

SCUOLA COMUNALE DELL'INFANZIA MAZZINI E1330

VIA LUIGI DOTTESIO 9, 16149, GENOVA (GE)

RAPPORTO DI DIAGNOSI ENERGETICA
FONDO KYOTO - SCUOLA 3



Aprile/2018

COMUNE DI GENOVA
STRUTTURA DI STAFF - ENERGY MANAGER



COMUNE DI GENOVA



INGEGNERIA QUALITÀ SERVIZI

SCUOLA COMUNALE DELL'INFANZIA MAZZINI E1330

VIA LUIGI DOTTESIO 9, 16149, GENOVA (GE)

RAPPORTO DI DIAGNOSI ENERGETICA

FONDO KYOTO - SCUOLA 3

[Aprile/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

I.Q.S. Ingegneria, Qualità e Servizi S.r.l.

Via Pertini, 39 • 20060 • Bussero (MI)

T [+39 02 953 34 022](tel:+390295334022) ; F [+39 02 953 30 543](tel:+390295330543) ; info@iqssrl.eu ; <http://www.iqssrl.eu>

REGISTRO REVISIONI E PUBBLICAZIONI

Revisione	Data	Realizzazione	Revisione	Approvazione	Descrizione
A	02/03/2018	Ing. Alice Frontini	Ing. Elena Mazzucco	Ing. Fabio Gianola	Prima pubblicazione
B	23/04/2018	Ing. Alice Frontini	Ing. Elisa Bezzone Ing. Elena Mazzucco	Ing. Fabio Gianola	Revisione come richiesto dalla PA in data 10/04/2018
C	25/05/2018	Ing. Alice Frontini	Ing. Elisa Bezzone Ing. Elena Mazzucco	Ing. Fabio Gianola	Revisione Figura 3.2
D	21/06/2018	Ing. Alice Frontini	Ing. Elisa Bezzone Ing. Elena Mazzucco	Ing. Fabio Gianola	Revisione Figure 0.1 – 0.2 9.20 – 9.26

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

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

INDICE

PAGINA

EXECUTIVE SUMMARY	I
1 INTRODUZIONE	1
1.1 PREMessa	1
1.2 SCOPO DELLA DIAGNOSI ENERGETICA	1
1.3 RIFERIMENTO E CONTATTI AUDITOR E PERSONALE COINVOLTO.....	2
1.4 IDENTIFICAZIONE DELL’EDIFICIO.....	2
1.5 METODOLOGIA DI LAVORO	3
1.6 STRUTTURA DEL REPORT	6
2 DATI DELL’EDIFICIO.....	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	9
3 DATI CLIMATICI	11
3.1 DATI CLIMATICI DI RIFERIMENTO.....	11
3.2 DATI CLIMATICI REALI.....	12
3.3 ANALISI DELL’ANDAMENTO DEI DATI CLIMATICI E PROFILI ANNUALI DEI GRADI GIORNO	12
4 AUDIT EDIFICIO E IMPIANTI ELETTRICI E MECCANICI	14
4.1 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE DELL’INVOLUCRO EDILIZIO	14
4.1.1 <i>Involucro opaco</i>	14
4.1.2 <i>Involucro trasparente</i>	15
4.2 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO DI RISCALDAMENTO/ CLIMATIZZAZIONE INVERNALE.....	16
4.2.1 <i>Sottosistema di emissione</i>	16
4.2.2 <i>Sottosistema di regolazione</i>	17
4.2.3 <i>Sottosistema di distribuzione</i>	18
4.2.4 <i>Sottosistema di generazione</i>	19
4.3 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO PRODUZIONE ACQUA CALDA SANITARIA	20
4.4 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO DI RAFFRESCAMENTO/CLIMATIZZAZIONE ESTIVA	21
4.5 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO DI VENTILAZIONE MECCANICA	21
4.6 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO ELETTRICO E PRINCIPALI UTENZE ELETTRICHE	21
4.7 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO ILLUMINAZIONE	21
4.8 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE DI IMPIANTI DI PRODUZIONE ENERGIA ELETTRICA O COGENERAZIONE	22
5 CONSUMI RILEVATI	23
5.1.1 <i>Energia termica</i>	23
5.1.2 <i>Energia elettrica</i>	26
5.2 INDICATORI DI PERFORMANCE ENERGETICI ED AMBIENTALI	31
6 MODELLO DEL FABBISOGNO ENERGETICO.....	35
6.1 METODOLOGIA DI CALCOLO ADOTTATA E VALIDAZIONE DEI MODELLI DI CALCOLO	35
6.1.1 <i>Validazione del modello termico</i>	36
6.1.2 <i>Validazione del modello elettrico</i>	37
6.2 FABBISOGNI ENERGETICI.....	38
6.3 PROFILI ENERGETICI MENSILI.....	39
7 ANALISI DEI COSTI PRE-INTERVENTO	41
7.1 COSTI RELATIVI ALLA FORNITURA DEI VETTORI ENERGETICI	41
7.1.1 <i>Vettore termico</i>	41
7.1.2 <i>Vettore elettrico</i>	45
7.2 TARIFFE E PREZZI VETTORI ENERGETICI UTILIZZATI NELL’ANALISI.....	48
7.3 COSTI DI GESTIONE E MANUTENZIONE DI EDIFICIO ED IMPIANTI.....	48

7.4	BASILINE DEI COSTI.....	49
8	IDENTIFICAZIONE DELLE MISURE DI EFFICIENZA ENERGETICA	51
8.1	DESCRIZIONE, FATTIBILITÀ E PRESTAZIONI DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI	51
8.1.1	<i>Involucro edilizio.....</i>	51
8.1.2	<i>Impianto riscaldamento.....</i>	57
8.1.3	<i>Impianto produzione acqua calda sanitaria</i>	60
8.1.4	<i>Impianto di ventilazione e climatizzazione estiva.....</i>	60
8.1.5	<i>Impianto di illuminazione ed impianto elettrico.....</i>	60
8.1.6	<i>Impianto di generazione da fonti rinnovabili.....</i>	62
9	VALUTAZIONE ECONOMICO-FINANZIARIA.....	63
9.1	ANALISI DEI COSTI DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI CONSIDERATI FATTIBILI.....	63
9.2	ANALISI DI CONVENIENZA DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI CONSIDERATI FATTIBILI.....	68
9.3	IDENTIFICAZIONE DELLE SOLUZIONI INTEGRATE D’INTERVENTO E SCENARI D’INVESTIMENTO	76
9.3.1	<i>Scenario 1: EEM4 + EEM5.....</i>	78
9.3.2	<i>Scenario 2: EEM3 + EEM4.....</i>	84
10	CONCLUSIONI	91
10.1	RIASSUNTO DEGLI INDICI DI PERFORMANCE ENERGETICA	91
10.2	RIASSUNTO DEGLI SCENARI DI INVESTIMENTO E DEI PRINCIPALI RISULTATI	91
10.3	CONCLUSIONI E COMMENTI.....	91
	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	2
	ALLEGATO E – RELAZIONE DI DETTAGLIO DEI CALCOLI	5
	ALLEGATO F – CERTIFICATO CTI SOFTWARE	6
	ALLEGATO G – ATTESTATO DI PRESTAZIONE ENERGETICA	7
	ALLEGATO H – BOZZA DI APE SCENARI.....	1
	ALLEGATO I – DATI CLIMATICI.....	1
	ALLEGATO J – SCHEDE DI AUDIT.....	1
	ALLEGATO K – SCHEDE ORE.....	1
	ALLEGATO L – PIANO ECONOMICO FINANZIARIO SCENARI	1
	ALLEGATO M – REPORT DI BENCHMARK.....	1
	ALLEGATO N – CD-ROM	A

EXECUTIVE SUMMARY

Caratteristiche dell’edificio oggetto della DE

Tabella 0.1 - Tabella riepilogativa dei dati dell’edificio

PARAMENTO	U.M.	VALORE
Anno di costruzione edificio	-	1550
Anno di ristrutturazione	-	2016: sostituzione generatore di calore (installazione di caldaia a condensazione)
Zona climatica	-	[D]
Destinazione d'uso		E.7 Attività scolastiche a tutti i livelli ed assimilabili
Superficie utile riscaldata	[m ²]	361
Superficie disperdente (S)	[m ²]	1.088
Volume lordo riscaldato (V)	[m ³]	1.835
Rapporto S/V	[1/m]	0,59
Superficie lorda aree interne (scaldate e non scaldate)	[m ²]	477
Superficie lorda aree esterne	[m ²]	120 (terrazza che funge da cortile/spazio gioco)
Superficie lorda complessiva (aree interne ed esterne)	[m ²]	597
Tipologia generatore riscaldamento		Generatore murale modulante a condensazione
Potenza totale impianto riscaldamento	[kW]	8,0-40,0 (75-60 °C) 8,9-43,0 (40-30 °C) (dati di P utile)
Potenza totale impianto raffrescamento	[kW]	-
Tipo di combustibile	-	Gas metano
Tipologia generatore Acqua Calda sanitaria (ACS)	-	Boiler Elettrico ad accumulo (bagno scuola) Generatore a gas di tipo B (cucina)
Emissioni CO ₂ di riferimento ⁽¹⁾	[t/anno]	16,34
Consumo di riferimento Gas Metano ⁽¹⁾	[kWh _{th} /anno]	56.539
Spesa annuale Gas Metano ⁽¹⁾	[€/anno]	4.870
Consumo di riferimento energia elettrica ⁽¹⁾	[kWh _{vel} /anno]	10.539
Spesa annuale energia elettrica ⁽¹⁾	[€/anno]	2.429

Nota (1): Valori di Baseline

Descrizione delle Misure di efficienza energetica proposte:

- EEM 1: chiusure verticali trasparenti: sostituzione dei serramenti e installazione di valvole termostatiche
- EEM 2: chiusure verticali opache: isolamento dall’esterno a cappotto
- EEM 3: copertura piana: isolamento dall’esterno
- EEM 4: riqualificazione sistema di regolazione e distribuzione: installazione valvole termostatiche, installazione pompa a giri variabili, isolamento tubazioni in centrale termica
- EEM 5: installazione di sorgenti luminose ad alta efficienza
- SCN 1: EEM4 + EEM5
- SCN 2: EEM3 + EEM4

E1330 – Scuola Comunale dell'Infanzia Mazzini

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

CON INCENTIVI														
	% Δ_E	% Δ_{CO_2}	ΔC_E	ΔC_{MO}	ΔC_{MS}	I_0	TRS	TRA	ANNI	VAN	TIR	IP	DSC R	LLCR
	[%]	[%]	[€/a]	[€/a]	[€/a]	[€]	[anni]	[anni]	[n]	[€]	[%]	[-]		
EEM 1	18,2	19,0	1.326	0	0	35.564	14,6	>25	30	2.587	4,9	0,07	-	-
EEM 2	16,2	17,0	1.185	0	0	54.302	>25	>25	30	-15.558	0,2	-0,29	-	-
EEM 3	21,8	22,8	1.588	0	0	22.353	7,7	10,6	30	14.399	10,5	0,64	-	-
EEM 4	7,7	8,1	566	112	12	3.294	4,8	5,6 [AF1]	15	3.589	18,2	1,09	-	-
EEM 5	8,0	7,3	587	0	0	6.551	5,9	8,4	8	-296	2,6	-0,05	-	-
SCN 1	15,0	14,7	898	91	10	9.845	13,8	>15	15	<0	0,8	-0,06	0,98	1,06
SCN 2	26,0%	28,1	1.609	91	10	25.648	16,7	>25	25	<0	6,9	0,01 5	1,02	1,06

Figura 0.1 – Scenario 1: analisi finanziaria

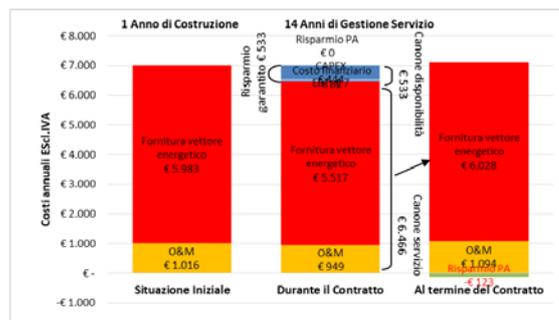
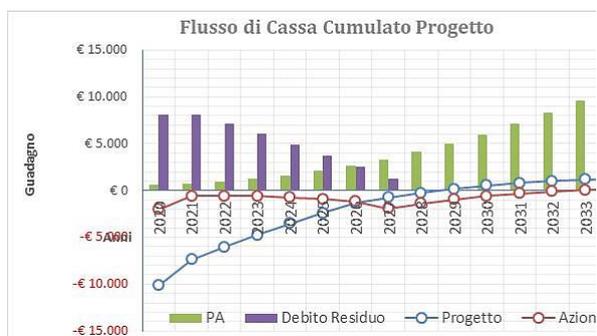
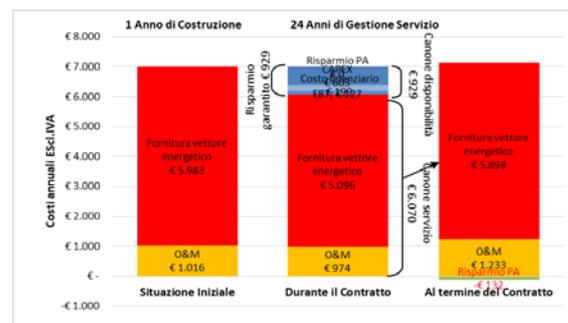
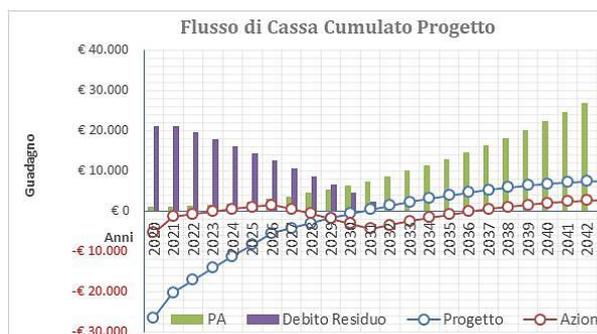


Figura 0.2 – Scenario 2: analisi finanziaria



L'edificio in esame è stato interessato dalla riqualificazione della centrale termica che, allo stato attuale, è costituita da una caldaia murale a condensazione con ottimi rendimenti.

Questo aspetto rende già di per sé non opportuna la sostituzione della caldaia, poiché non comporterebbe particolari risparmi e vanificherebbe il recente investimento sostenuto dalla PA. Anche la scelta di modificare il sistema di generazione in favore di una pompa di calore è da escludere, poiché l'unico modo per far fronte al notevole incremento di consumo elettrico sarebbe quello di compensarlo con l'ausilio di energia da fonte fotovoltaica. L'impianto non è tuttavia realizzabile per l'edificio oggetto di DE poiché esso risulta totalmente ombreggiato a Sud da uno stabile di diversi piani più alto.

È dunque stato necessario operare una scelta: tra i due requisiti richiesti dalla committenza, si è quindi ragionevolmente deciso di concentrarsi sul rispetto dei tempi di ritorno, attuando interventi effettivamente necessari per l’efficientamento dell’edificio, piuttosto che sul salto di classe mediante ipotesi impiantistiche non realizzabili e/o non appropriate per il caso in esame.

Si sono quindi definiti due scenari, incentrati, uno sull’ambito solo impiantistico (termico ed elettrico) e uno sulla combinazione di interventi sull’impianto termico e l’involucro.

Lo stato di fatto già efficiente dal punto di vista dell’impianto termico, unito all’assenza di meccanismi incentivanti per gli interventi realizzabili in tale ambito per l’edificio in esame, ha fatto sì che nessuno degli scenari consentisse di raggiungere combinazioni ottimali in termini di sostenibilità finanziaria. L’indice LLCR risulta adeguato per entrambi gli scenari, mentre DSCR, pur non raggiungendo l’intorno ottimale (1,3) presenta un valore accettabile (superiore all’unità) solo per lo scenario SCN2.

1 INTRODUZIONE

1.1 PREMESSA

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

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

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

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 o uguali rispettivamente a 25 o a 15 anni.

Figura 1.1 - Vista della facciata Sud (ingresso)



1.3 RIFERIMENTO E CONTATTI AUDITOR E PERSONALE COINVOLTO

La presente DE è stata eseguita dalla Società IQS S.r.l., il cui responsabile per il processo di audit è l’ing. Fabio Gianola, soggetto certificato Esperto in Gestione dell’Energia (EGE) ai sensi della norma UNI CEI 11339.

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

Tabella 1.1 – Soggetti coinvolti nella realizzazione del processo di Audit

NOME E COGNOME	RUOLO	ATTIVITÀ SVOLTA
Ing. Alice Frontini Ing. Alessandro Cieli		Sopralluogo in sito
Ing. Alice Frontini		Elaborazione dei dati relativi ai consumi energetici
Ing. Alice Frontini		Elaborazione dei dati geometrici e creazione del modello energetico
Ing. Alessandro Cieli		Tecnico Termografico secondo livello: rilievo termografico ed elaborazione report termografico
Ing. Alice Frontini		Redazione report di diagnosi energetica
Ing. Elena Mazzucco	Responsabile involucro	Revisione report di diagnosi energetica
Ing. Elisa Bezzone	Responsabile impianti	Revisione report di diagnosi energetica
Ing. Fabio Gianola	EGE	Approvazione report di diagnosi energetica

1.4 IDENTIFICAZIONE DELL’EDIFICIO

L’immobile oggetto della DE, catastalmente individuato al NCEU, sezione SAM, foglio 40 Mapp. 257, Sub. 2-3-5 è sito nel Comune di Genova e più precisamente nel Sampierdarena.

I dati catastali indicati sul file KyotoBaseline comprendono anche immobili non oggetto di diagnosi, tra cui l’edificio ospitante l’Istituto Superiore di Via Spinola di S. Pietro, di competenza provinciale. Le differenze riscontrate sono state prontamente comunicate via e-mail al contatto definito dalla Committenza.

L’edificio è di proprietà del Comune di Genova ed è attualmente adibito a Scuola dell’Infanzia.

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	-	1550
Anno di ristrutturazione	-	2016: sostituzione generatore di calore (installazione di caldaia a condensazione)
Zona climatica	-	[D]
Destinazione d'uso	-	E.7 Attività scolastiche a tutti i livelli ed assimilabili

Superficie utile riscaldata	[m ²]	361
Superficie disperdente (S)	[m ²]	1.088
Volume lordo riscaldato (V)	[m ³]	1.835
Rapporto S/V	[1/m]	0,59
Superficie lorda aree interne (scaldate e non scaldate)	[m ²]	477
Superficie lorda aree esterne	[m ²]	120 (terrazza che funge da cortile/spazio gioco)
Superficie lorda complessiva (aree interne ed esterne)	[m ²]	597
Tipologia generatore riscaldamento		Generatore murale modulante a condensazione
Potenza totale impianto riscaldamento	[kW]	8,0-40,0 (75-60 °C) 8,9-43,0 (40-30 °C) (dati di P utile)
Potenza totale impianto raffrescamento	[kW]	-
Tipo di combustibile	-	Gas metano
Tipologia generatore Acqua Calda sanitaria (ACS)	-	Boiler Elettrico ad accumulo (bagno scuola) Generatore a gas di tipo B (cucina)
Emissioni CO ₂ di riferimento ⁽¹⁾	[t/anno]	16,34
Consumo di riferimento Gas Metano ⁽¹⁾	[kWh _{th} /anno]	56.539
Spesa annuale Gas Metano ⁽¹⁾	[€/anno]	4.870
Consumo di riferimento energia elettrica ⁽¹⁾	[kWh _{el} /anno]	10.539
Spesa annuale energia elettrica ⁽¹⁾	[€/anno]	2.429

Nota (1): Valori di Baseline

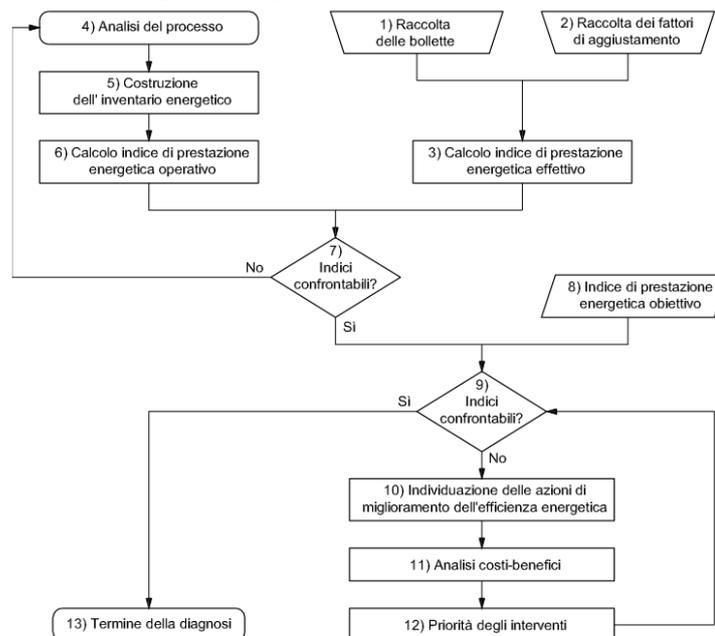
1.5 METODOLOGIA DI LAVORO

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

- Acquisizione della documentazione utile, fornita dalla PA, come riportato all' Allegato A – Elenco documentazione fornita dalla committenza;
- Analisi del quadro normativo di riferimento, incluso la verifica dei vincoli ambientali, storici, archeologici e paesaggistici interferenti sull'immobile interessato dall'intervento;
- Visita agli edifici, effettuata in data [24/11/2017] con verifica degli elaborati forniti e rilievo dei dati relativi alle caratteristiche degli elementi disperdenti ed impiantistici costituenti il sistema edificio-impianto;
- Visita alla centrale termica e/o frigorifera, con il supporto del personale incaricato della conduzione e manutenzione degli impianti e rilevamento dei dati utili;
- Preparazione e compilazione delle schede di Audit previste per la diagnosi di livello II di cui all'appendice A delle LGEE - Linee Guida per l'Efficienza Energetica negli Edifici - sett. 2013 - elaborato da AiCARR per Agesi, Assista, Assopetroli e Assoenergia, e riportate all'Allegato J – Schede di audit;
- Elaborazione del comportamento termico ed elettrico dell'edificio, realizzata utilizzando il software commerciale Termolog Epix8 in possesso di certificato di conformità rilasciato dal Comitato Termotecnico Italiano (CTI) [Numero certificato 65] ai sensi del D.lgs. 192/05 e s.m.i. e riportato all'Allegato F – Certificato CTI Software;
- Analisi dei profili annuali di consumi e costi dei servizi energetici reali dell'edificio, comprensivi della fornitura dei vettori energetici sia elettrici che di gas e degli oneri di O&M, relativamente alle annualità 2014-2015-2016;
- Analisi dei dati climatici reali del sito ove è ubicato l'edificio con conseguente calcolo dei Gradi Giorno reali (GG_{real}), utilizzando le temperature esterne rilevate dalla stazione meteo dell'Università di Genova e riportati all'Allegato I – Dati climatici;
- Individuazione della “baseline termica” di riferimento (e relative emissioni di CO₂) tramite opportuna ripartizione del consumo di combustibile tra le varie utenze a servizio dell'edificio e

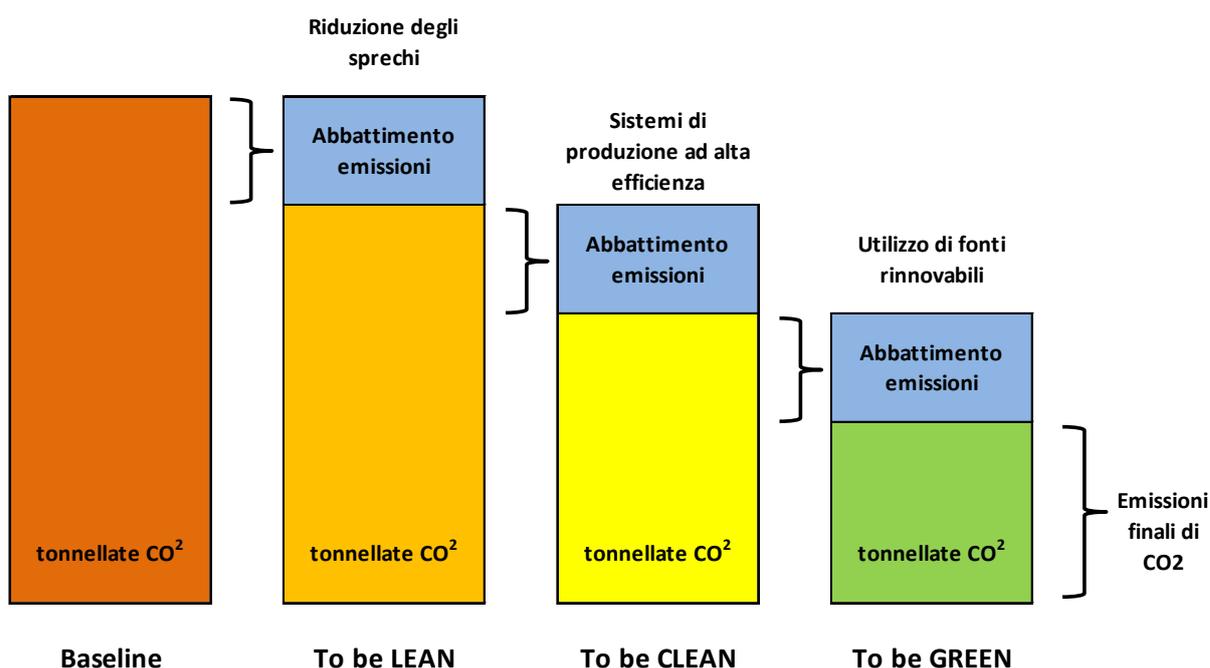
- destagionalizzazione dello stesso, utilizzando i relativi GG reali (GG_{real}), e conseguente normalizzazione secondo i GG di riferimento (GG_{rif});
- j) Individuazione della “baseline elettrica” di riferimento (e relative emissioni di CO_2) calcolata sulla media aritmetica dei valori relativi ai consumi elettrici reali per tre le annualità 2014, 2015, 2016;
 - k) Validazione del modello elaborato mediante il confronto con le baseline energetiche, al fine di ottenere uno scostamento inferiore al 5%;
 - l) Analisi delle possibili EEM necessarie per la riqualificazione energetica del sistema edificio-impianto analizzando gli aspetti tecnici, energetici, ed ambientali.
 - m) Simulazione del comportamento energetico dell'edificio a seguito dell'attuazione delle varie EEM proposte singolarmente, ed individuazione della nuova classe energetica raggiungibile;
 - n) Definizione di due scenari ottimali a partire dalla combinazione delle singole EEM proposte al fine di conseguire un miglioramento del parametro di efficienza energetica dell'edificio superiore a due classi energetiche e tempi di ritorno inferiore uguale rispettivamente a 25 e a 15 anni.
 - o) Analisi costi-benefici e di redditività finanziaria derivanti dalla realizzazione delle EEM previste singolarmente, con riferimento ai principali indicatori finanziari ed ai possibili sistemi di incentivazione;
 - p) Valutazione economico-finanziaria dei due scenari ottimali previsti, a partire dal “baseline di costi” e con riferimento ai principali indicatori finanziari e di sostenibilità finanziari ed ai possibili sistemi di incentivazione;
 - q) Identificazione dell'eventuale canone applicabile nel caso di attuazione dello scenario ottimale attraverso un Energy Performance Contract, con lo scopo di analizzare il possibile interesse nella realizzazione degli interventi studiati, tramite l'intervento di una ESCo;
 - r) Realizzazione di una relazione tecnica descrittiva di dettaglio dell'analisi effettuata (Rapporto di DE);
 - s) Realizzazione di un report dei Benchmark.

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



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

Figura 1.4 - Principio della Gerarchia Energetica



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

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

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

Pertanto, nel caso di soluzioni integrate, dapprima si è valutata la fattibilità di ridurre gli sprechi mediante misure sull’involucro e sulla domanda d’utenza (anche relativamente ai sistemi di emissione, regolazione, distribuzione, accumulo), partendo dalla baseline e 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 riqualificazione 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 un’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:

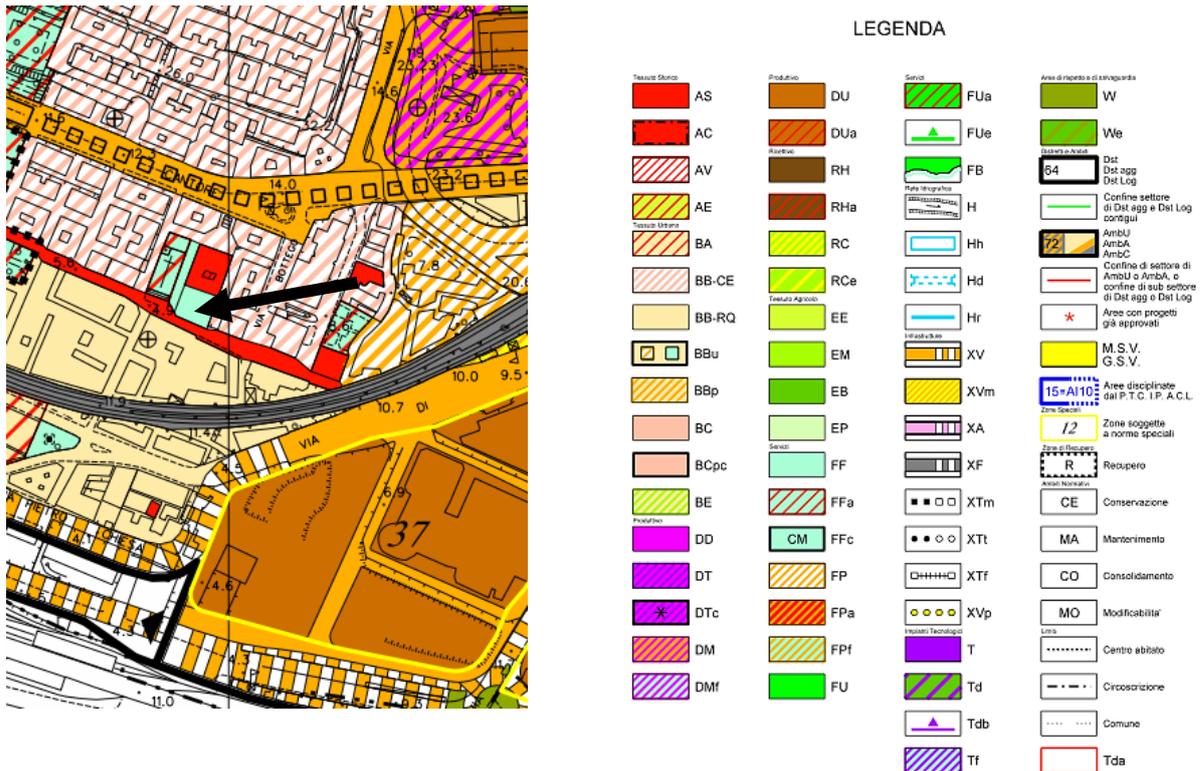
- Una prima parte nella quale sono descritti lo scopo ed i confini della DE e le metodologie di analisi adottate;
- Una seconda parte in cui sono riportate le informazioni dell’edificio rilevate in sede di sopralluogo e le valutazioni effettuate al fine di identificare le caratteristiche tecniche dei 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 del 03/12/2015, classifica l'edificio oggetto della DE in zona FF, zona destinata a "servizi di quartiere di livello urbano o territoriale destinati a istruzione, interesse comune, verde, gioco e sport e attrezzature pubbliche di interesse generale".

Figura 2.1 - Particolare estratto dal Piano Urbanistico Comunale



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

L'edificio ove è ubicata la Scuola dell'Infanzia Mazzini risale, secondo quanto riportato nel file *kyotoBaseline-E1330*, al 1550. Tuttavia, la non insistenza di vincoli tipici degli edifici del '500 (si veda paragrafo 2.3) e il rilievo in sito suggeriscono un'epoca costruttiva più recente, intorno ai primi anni del Novecento. L'edificio è adiacente a un altro stabile, che ospita l'Istituto Magistrale P. Gobetti, visibilmente più antico. Quest'ultimo risale presumibilmente al '500, aspetto confermato anche dall'insistenza di vincolo architettonico (si veda sempre paragrafo 2.3). Inoltre, il file *kyotoBaseline-E1330* riporta i dati catastali di entrambi gli edifici; si è quindi portati a pensare che vi sia stata confusione nel reperimento del dato di epoca costruttiva. Tale aspetto non influisce ad ogni modo sulle operazioni di calcolo.

L'impianto di riscaldamento è stato riqualificato nell'anno 2016: è stato installato un generatore murale modulante a condensazione.

L'edificio ricade nella destinazione d'uso E.7 – *Edifici adibiti ad attività scolastiche a tutti i livelli e assimilabili*.

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

L'edificio è frequentato giornalmente da circa 107 utenti tra bambini, educatori e collaboratori. Si può pertanto affermare che la riqualificazione energetica dell'edificio potrebbe portare ad una maggiore valorizzazione socio-economica dell'edificio stesso e rappresentare un importante momento formativo sulle tematiche di efficienza energetica e protezione ambientale.

L'edificio ospitante il complesso scolastico oggetto della DE è costituito complessivamente da 2 piani fuori terra, nei quali si sviluppano le aule ed i locali accessori.

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⁾
Piani terra + 1	Vano scale	[m ²]	42,90	0,00	0
Piano terra	Laboratori	[m ²]	122,40	97,00	0
Piano 1	Aule e servizi	[m ²]	279,90	240,90	0
Piano 1	Ufficio	[m ²]	12,60	9,30	0
Piano 1	Cucina	[m ²]	19,20	14,00	0
TOTALE		[m ²]	477,00	361,20	0,00

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

Il quartiere Sampierdarena era in origine un Comune autonomo dal 1798 fino al 1926, quando insieme con altri 18 comuni del genovesato fu inglobato nel comune di Genova. Era un'importante cittadina industriale alle porte del capoluogo ligure; nella ripartizione amministrativa del Comune fu dal 1969 una "delegazione" e dal 1978 una "circonscrizione". Nella nuova ripartizione, in vigore dal 2005, fa parte del Municipio II Centro Ovest, assieme al quartiere di San Teodoro.

Come mostra la Figura 2.3, che riporta un estratto dal portale della Regione Liguria (<http://geoportale.regione.liguria.it/geoviewer/pages/apps/vincoli/mappa.html>) l'edificio non risulta sottoposto a vincoli.

Nell'analisi delle EEM non è stato necessario identificare le possibili interferenze; si procede comunque alla compilazione della Tabella 2.2.

Non si identificano inoltre interferenze con gli aspetti geologici, geotecnici, idraulici o idrogeologici della zona.

Figura 2.3 - Particolare estratto dalla carta dei vincoli

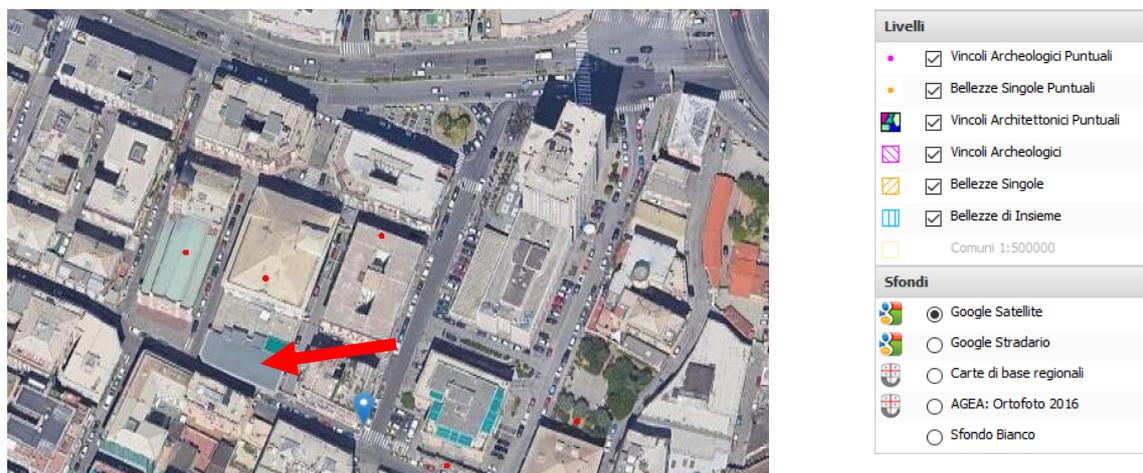


Tabella 2.2 - Misure di efficienza energetica individuate e valutazione delle interferenze con gli attuali vincoli

MISURA DI EFFICIENZA ENERGETICA	VINCOLO INTERESSATO	VALUTAZIONE INTERFERENZA ⁽⁴⁾	MISURA DI TUTELA DA ADOTTARE
EEM 1: chiusure verticali trasparenti: sostituzione dei serramenti e installazione di valvole termostatiche	-		-
EEM 2: chiusure verticali opache: coibentazione dall'esterno a cappotto	-		-
EEM 3: copertura piana: isolamento dall'esterno	-		-
EEM 4: installazione valvole termostatiche, installazione pompa giri variabili, isolamento tubazioni in centrale termica	-		-
EEM 5: installazione di sorgenti luminose ad alta efficienza	-		-

Nota (4): Legenda livelli di interferenza:

	Non perseguibile
	Perseguibile tramite adozione misure di tutela indicate
	Interferenza nulla

2.4 MODALITÀ DI GESTIONE E MANUTENZIONE DI EDIFICI ED IMPIANTO

Durante la fase di sopralluogo è stato possibile rilevare gli orari di occupazione dell'edificio, intesi come gli orari di espletamento delle lezioni e gli orari di effettiva presenza del personale all'interno dell'edificio scolastico (7.15 – 17.30 da lunedì a venerdì), mentre i periodi di funzionamento dell'impianto termico sono stati forniti dal personale di gestione e manutenzione degli impianti (12 ore giornaliere). Non sono invece disponibili i dati delle temperature di settaggio del riscaldamento ma li si è ipotizzati sulla base dei rilievi eseguiti.

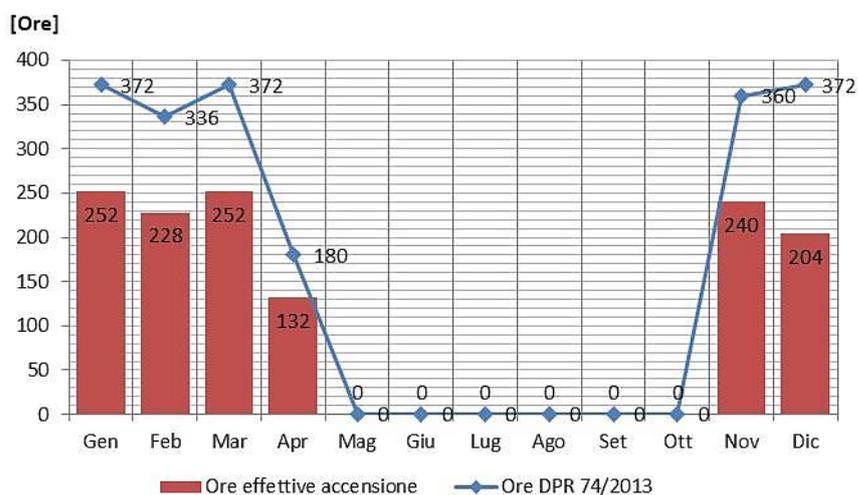
Nella Tabella 2.3 sono riportati gli orari di funzionamento dell'edificio e gli orari di funzionamento degli impianti termici.

Il calendario scolastico della Regione Liguria, riportato sul portale internet regionale, segnala l'inizio delle lezioni a metà settembre e la fine a metà giugno. Si sono considerati i mesi di giugno e settembre completi in quanto il personale docente utilizza l'edificio anche nelle prime settimane di settembre e nelle ultime di giugno per la preparazione/conclusione dell'anno scolastico.

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

PERIODO	GIORNI SETTIMENALI	ORARIO FUNZIONAMENTO EDIFICIO	ORARIO FUNZIONAMENTO IMPIANTO
Scuola dell'Infanzia Mazzini			
Dal 1 Settembre al 30 Giugno	dal lunedì al venerdì	7.15-17.30	6:00-18:00

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



Dal punto di vista manutentivo, gli impianti termici a servizio dell'edificio scolastico oggetto della DE sono soggetti ad un contratto di Conduzione e Manutenzione (O&M), mentre la fornitura avviene tramite un contratto di fornitura del solo vettore energetico, stipulato direttamente dalla PA con la società di fornitura.

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 929 GG calcolati su 109 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	21	21	202	22%
Febbraio	28	10,5	28	266	19	19	181	19%
Marzo	31	11,1	31	276	21	21	187	20%
Aprile	30	15,3	15	71	20	11	56	6%
Maggio	31	18,7	-	-	21	0	0	-
Giugno	30	22,4	-	-	20	0	0	-
Luglio	31	24,6	-	-	20	0	0	-
Agosto	31	23,6	-	-	0	0	0	-
Settembre	30	22,2	-	-	20	0	0	-
Ottobre	31	18,2	-	-	21	0	0	-
Novembre	30	13,3	30	201	20	20	134	14%
Dicembre	31	10,0	31	310	17	17	170	18%
TOTALE	365	16,7	166	1421	220	109	929	100%

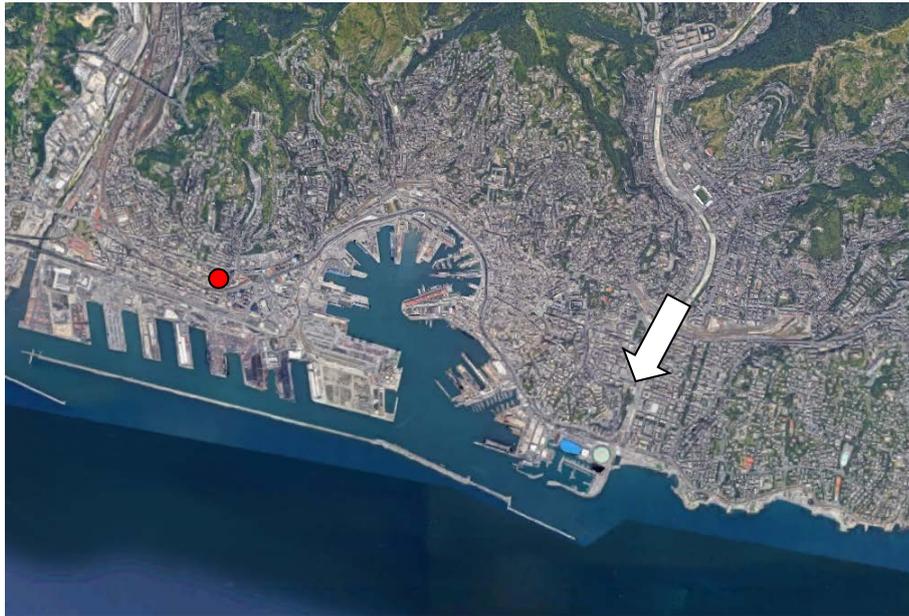
3.2 DATI CLIMATICI REALI

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

I dati climatici utilizzati sono stati rilevati dalla centralina meteo climatica Genova-Centro Funzionale-Foce (GECF).

Si è deciso di utilizzare come riferimento tale centralina in quanto è la stazione climatica con i dati disponibili per le tre annualità (2014-2015-2016) più vicina all’edificio oggetto di DE.

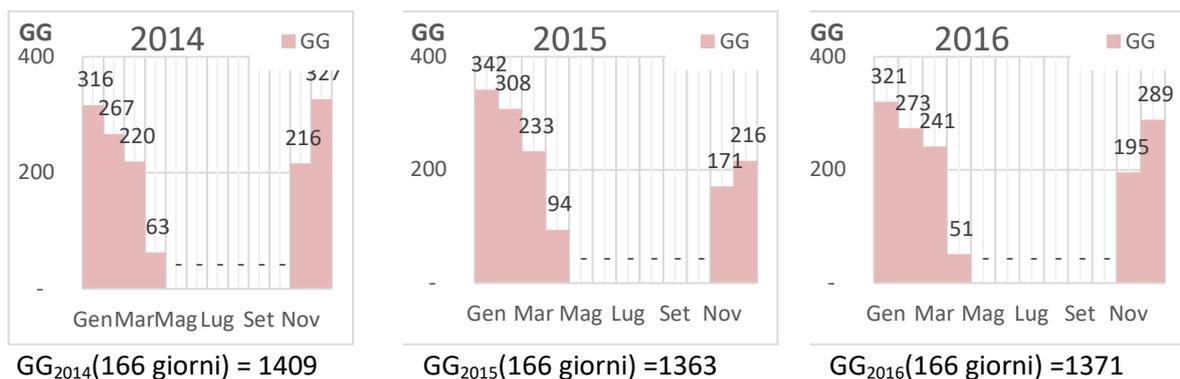
Figura 3.1 –Posizionamento della centralina meteo climatica (freccia bianca) rispetto all’edificio oggetto di DE (puntino rosso)



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

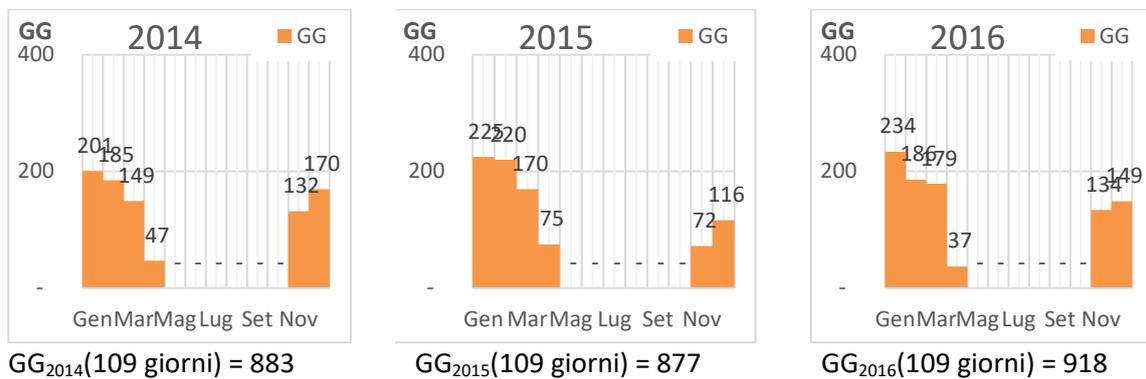


Considerando che il profilo di utilizzo degli impianti di riscaldamento prevede alcuni giorni di mancata accensione dell'impianto, come riportato nella Tabella 2.3, i GG reali sono stati ricalcolati in funzione del numero di giorni effettivi di accensione dell'impianto termico, pertanto si è ottenuto un valore di 893 GG calcolati su 109 giorni effettivi di utilizzo dell'impianto di riscaldamento.

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

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

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



Come si può notare dai grafici sopra riportati, l'andamento dei GG risulta differente per il triennio. In particolar modo nel 2014 sono state registrate temperature vicine alla temperatura di set point rispetto agli anni 2015 e 2016.

4 AUDIT EDIFICIO E IMPIANTI ELETTRICI E MECCANICI

4.1 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE DELL'INVOLUCRO EDILIZIO

4.1.1 Involucro opaco

L'edificio risulta costruito con una struttura in muratura portante.

L'involucro edilizio opaco di muratura esterna è composto da mattoni pieni e rivestimento o con intonaco o con lastre di pietra.

L'involucro opaco di copertura si compone di una struttura orizzontale in laterocemento ricoperta da una guaina bituminosa.

L'involucro opaco di basamento si compone presumibilmente di una soletta in calcestruzzo su terreno.

Ai fini di un'identificazione più precisa delle caratteristiche dei componenti dell'involucro opaco si è proceduto, in sede di sopralluogo, alla realizzazione di un rilievo termografico eseguito tramite l'utilizzo di termo camera Flir T 335.

La realizzazione delle suddette indagini ha portato alle seguenti conclusioni:

- dispersioni attraverso i telai dei serramenti;
- assenza di ponti termici lineari orizzontali e verticali, la quale fornisce indirettamente un'indicazione circa la tipologia edilizia, costituita certamente da una muratura portante;
- dispersioni attraverso i sottofinestra.

Le specifiche degli strumenti di misura sono riportate all'Allegato D - Report relativi ad altre prove diagnostiche strumentali.

Figura 4.1 - Particolare della porzione di involucro – parete verticale opaca



Figura 4.2 - Particolare della copertura



Figura 4.3 – Rilievo termografico del piano primo con esposizione Nord



Immagine IR



Immagine visibile

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

Mettendo in relazione le analisi effettuate con l’epoca costruttiva e la norma UNI 11552, 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/mqK]	
Muro esterno intonacato	M1 intonaco	45	assente	1,26	Sufficiente
Muro esterno rivestito pietra	M1/M3 pietra	45/60	assente	1,26/0,99	Sufficiente
Sottofinestra	SF1/2/3	28/34/42	assente	1,79/1,55/1,33	Sufficiente
Muro verso ZNR	M2 NR	38	assente	1,27	Sufficiente
Pavimento	P1	25	assente	1,94	Sufficiente
Pavimento su ZNR	P2	25	assente	1,94	Sufficiente
Copertura	C1	25	assente	1,5	Discreto

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

4.1.2 Involucro trasparente

L’involucro trasparente che costituisce l’edificio è composto da serramenti in legno con vetro singolo.

Lo stato di conservazione dei serramenti è insufficiente, come si può chiaramente evincere dalla documentazione fotografica, che mostra telai scrostati e vetri singoli non idonei.

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
- Indagine con spessivetro

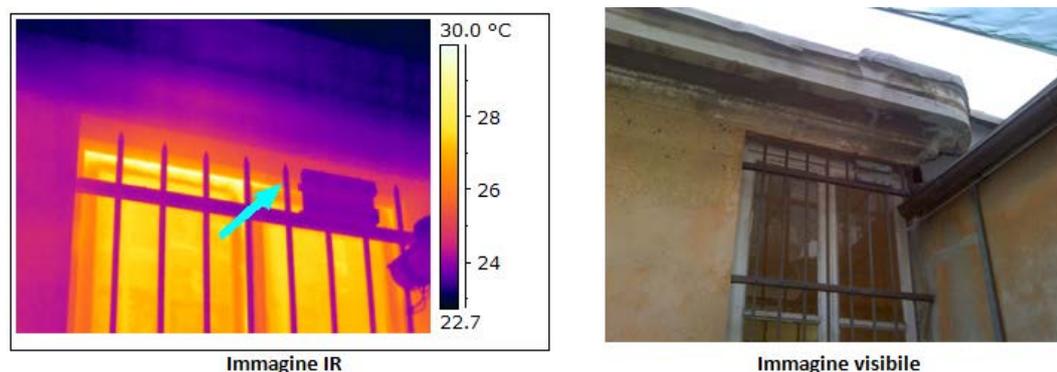
La realizzazione delle suddette indagini ha portato alle seguenti conclusioni:

- Serramenti in legno con vetro singolo da 2, 3 e 4 mm;
- Dispersioni termiche dai telai con spifferi all’intersezione tra telaio e muratura.

Figura 4.4 - Particolari dei serramenti



Figura 4.5 – Rilievo termografico dei serramenti



Mettendo in relazione le analisi effettuate con l’epoca costruttiva e la norma UNI 11552, sono stati identificati i valori di trasmittanza dei componenti dell’involucro trasparente riportati nella Tabella 4.2.

Tabella 4.2 – Trasmittanze termiche dei componenti dell’involucro trasparente

TIPO DI COMPONENTE	CODICE	DIMENSIONI [LXH] [cm]	TIPO TELAIO	TIPO VETRO	TRASMITTANZA TERMICA [W/mqK]	STATO DI CONSERVAZIONE
Serramento Tipo 1	F1; F1/2	F1 (137x218) - F1/2 (68x238)	Legno	Singolo	4,7	Insufficiente
Serramento Tipo 2	F2	94x225	Legno	Singolo	4,9	Insufficiente
	F3	137x218	Legno	Singolo	4,7	Insufficiente
	F4	100x100	Legno	Singolo	5,1	Insufficiente
	F5	77x175	Legno	Singolo	5,1	Insufficiente
Serramento Tipo 3	F6	250x230	Legno	Singolo	4,8	Insufficiente
	F7	168x230	Legno	Singolo	4,6	Insufficiente
	F8	120x90	Legno	Singolo	4,9	Insufficiente

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

4.2 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO DI RISCALDAMENTO/CLIMATIZZAZIONE INVERNALE

L’impianto di riscaldamento degli ambienti è costituito da un impianto con caldaia murale modulante a condensazione a gas metano e radiatori.

4.2.1 Sottosistema di emissione

Il sottosistema di emissione è costituito da radiatori senza valvole termostatiche.

I rendimenti di emissione desunti dal modello di calcolo delle DE sono i seguenti:

Figura 4.6 - Particolare sistema di emissione



Tabella 4.3 - Rendimenti del sottosistema di emissione per le varie zone termiche

ZONA TERMICA	TIPOLOGIA DI TERMINALE	RENDIMENTO
Edificio	radiatori	89%

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

Tabella 4.4 - Riepilogo caratteristiche dei terminali di emissione installati

PIANO	TIPO DI INSTALLAZIONE	NUMERO	POTENZA TERMICA COMPLESSIVA ⁽¹⁾	POTENZA FRIGORIFERA COMPLESSIVA
			[kW]	[kW]
Terra	Su parete interna/esterna non isolata	4	7,66	0,00
Primo	Su parete interna/esterna non isolata	15	32,38	0,00
TOTALE		19	40,04	0,00

Nota (1): La potenza è stata verificata secondo la UNI 10200 che definisce un codice forma-materiale.

In sede di sopralluogo si sono verificati i dati delle check list fornite dalla PA e sono state prese le misure ulteriori richieste dalla UNI 10200 per il calcolo della potenza.

4.2.2 Sottosistema di regolazione

La regolazione della centrale termica è realizzata mediante valvola miscelatrice e valvole deviatrici, comandate dalla sonda climatica esterna e dalla sonda di temperatura sulla tubazione di mandata del generatore.

Non sono presenti termostati ambiente e il personale scolastico non è in possesso di informazioni sulle temperature impostate.

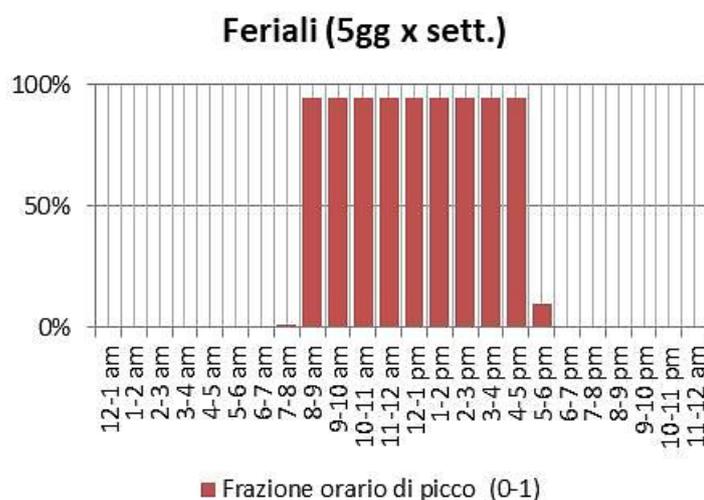
Figura 4.7 – Pannello di comando della caldaia



Figura 4.8 – Sonda climatica esterna



Figura 4.9 - Profilo di occupazione dell'edificio



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

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

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

ZONA TERMICA	TIPO DI REGOLAZIONE	RENDIMENTO
Edificio	Climatica	93%

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

4.2.3 Sottosistema di distribuzione

Il sottosistema di distribuzione è costituito da una pompa gemellare di mandata.

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

Tabella 4.6 - Riepilogo caratteristiche pompe

NOME	SERVIZIO	PORTATA ⁽¹⁾ [m ³ /h]	PREVALENZA ⁽²⁾ [m]	POTENZA ASSORBITA ⁽³⁾ [W]
Grundfos gemellare	mandata	-	-	300

Nota (1): Dato non disponibile da sopralluogo (libretto e visita centraletermica) e da scheda tecnica

Nota (2): Dato non disponibile da sopralluogo (libretto e visita centraletermica) e da scheda tecnica

Nota (3): Valori ricavati da dati di targa

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

Tabella 4.7 – Temperature di mandata e ritorno del circuito primario

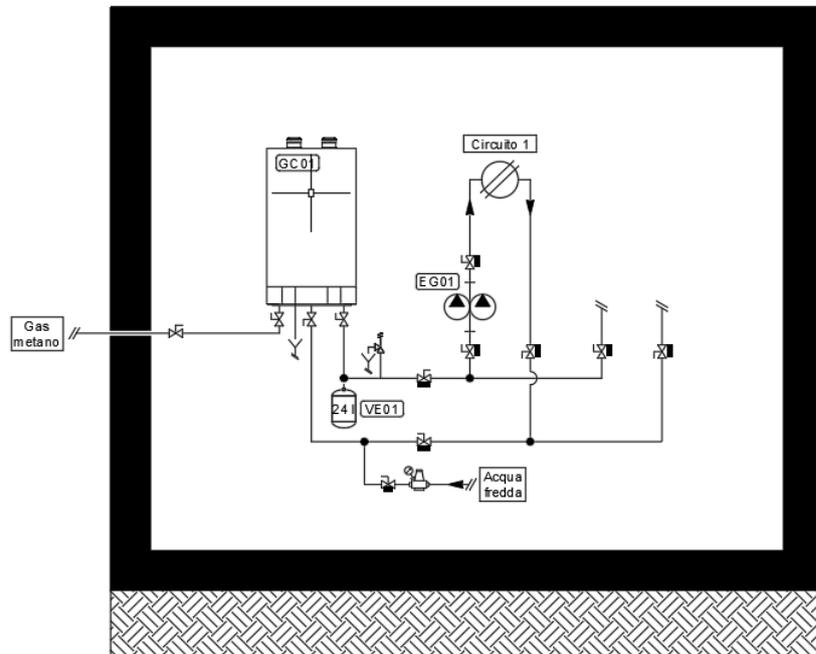
CIRCUITO			TEMPERATURA RILEVATA ⁽¹⁾	TEMPERATURA CALCOLO ⁽²⁾
			°C	°C
GEN1	Mandata	Caldo	-	80
	Ritorno	Caldo	-	65

Nota (1): Le temperature di mandata e ritorno del circuito primario rilevate in sede di sopralluogo non sono state acquisite e riportate in quanto nella data di esecuzione dello stesso, per via della temperatura esterna elevata, l'impianto non è mai andato a regime nel lasso

del tempo di visita al fabbricato. Si tratta pertanto di valori non rappresentativi e non necessari al fine della modellizzazione del sistema edificio-impianto.

Nota (2): Valori utilizzati nel modello di calcolo

Figura 4.10 - Particolare dello schema di impianto (Fonte: Tavola 235-P01-001.dwg)



Il rendimento complessivo del sottosistema di distribuzione è stato assunto nella DE pari al 87% (riferimento normativo 11300-2).

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

Figura 4.11 - Generatore di calore



Il sottosistema di generazione è costituito da una caldaia murale a condensazione Modula II 8-45, installata nel 2016.

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

Tabella 4.8 - Riepilogo caratteristiche centrale termica

Servizio	MARCA	MODELLO	ANNO DI COSTRUZIONE	POTENZA AL FOCOLARE [kW]	POTENZA TERMICA UTILE [kW]	RENDIMENTO ⁽⁷⁾	POTENZA ASSORBITA COMPLESSIVA [W]
Gen 1 Riscaldamento	Modula II	8-45	2016	8,2-41,2	8,9-43,0 (40-30 °C)[AF2] (40-30 °C)[MV3]	1,08-1,03 (40-30 °C)	0,30-0,85

Nota (7) rendimento da scheda tecnica.

Il rendimento complessivo del sottosistema di generazione, in regime di riscaldamento è stato assunto nella DE pari al 97%.

Il rendimento da scheda tecnica della caldaia in esame è pari al 97,2-97,6% (80-60 °C) e 108-103% (40-30 °C).

Il rendimento della scheda tecnica è in linea con quello relativo alla prova fumi e il rendimento della modellazione energetica risulta di poco inferiore.

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

La produzione di ACS è ottenuta mediante 1 bollitore elettrico ad accumulo, installato in bagno, per quanto riguarda la scuola, e tramite un generatore a gas di tipo B per la cucina.

Figura 4.12 - Bollitore elettrico ad accumulo e generatore a gas per la produzione 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 ⁽¹⁾	SOTTOSISTEMA DI ACCUMULO ⁽²⁾	SOTTOSISTEMA DI GENERAZIONE	RENDIMENTO GLOBALE MEDIO STAGIONALE ⁽³⁾
Bollitore elettrico ad accumulo					
95%	93%	-	-	75%	25,4 %
Generatore a gas					
95%	-	-	-	90%	

Nota (1): sottosistema non presente

Nota (2): sottosistema non presente

Nota (3): il rendimento globale medio stagionale comprende le perdite dovute alla rete elettrica nazionale. Fonte: modellazione energetica.

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

4.4 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO DI RAFFRESCAMENTO/CLIMATIZZAZIONE ESTIVA

Non presente

4.5 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO DI VENTILAZIONE MECCANICA

Non presente

4.6 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO ELETTRICO E PRINCIPALI UTENZE ELETTRICHE

Le utenze sottese all’impianto elettrico, oltre a quelle precedentemente descritte, sono costituite essenzialmente da utenze locali quali LIM, PC, stampanti e altri dispositivi di supporto alle 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]
Z4	PC desktop	1	200	200	880(4h x 220gg)
Z4	Stampante multifunzione	1	675	675	147(0,7h x 220gg)
Z4	Distributore caffè	1	1.500	1.500	122(0,33h x 365gg)
Z2	Televisore	1	250	250	37(0,33h x 110gg)
Z6	Forno elettrico	1	1.500	1.500	154(1h x 154gg)
Z6	Frigorifero	1	150	150	8.760(24h x 365gg)
Z6	Cappa	1	300	300	220(1h x 220gg)
Z6	Lavastoviglie	1	5.000	5.000	220(1h x 220gg)
Z2, Z3	Stereo	2	50	100	176(1h x 176gg)
Z2	Lettore DVD	1	n.d.	n.d.	67(0,33h x 200gg)

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

4.7 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO ILLUMINAZIONE

L’impianto di illuminazione è costituito da lampade fluorescenti lineari.

Figura 4.13 - 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	POTENZA COMPLESSIVA
			[kW]	[kW]
Z1	Fluorescenti lineari 2x36 W	2	0,072	0,144
Z2	Fluorescenti lineari 2x36 W	3	0,072	0,216
	Fluorescenti lineari 1x36 W	1	0,036	0,036
Z3	Fluorescenti lineari 1x58 W	15	0,058	0,870
Z4	Fluorescenti lineari 1x36 W	1	0,036	0,036
Z5	Fluorescenti lineari 4x18 W	4	0,072	0,288
	Fluorescenti lineari 1x36 W	2	0,036	0,072
	Fluorescenti lineari 1x18 W	3	0,018	0,054
Z6	Fluorescenti lineari 2x58 W	1	0,116	0,116

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

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

Non presente

5 CONSUMI RILEVATI

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 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 ² /Nm ²]	[kWh/Sm ³]
Metano	n/a	n/a	9,94 ⁽¹⁾	1,0549	9,42

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

La fornitura di Gas metano avviene tramite la presenza di 2 contatori, uno a servizio della caldaia del riscaldamento dell'edificio, l'altro relativo al generatore di ACS della cucina.

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 periodo di riferimento.

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

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

PDR	Utilizzo	2014	2015	2016	2014	2015	2016
		[Sm ³]	[Sm ³]	[Sm ³]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
3270020737607	Riscaldamento	4.696	5.567	5.150	44.237	52.440	48.517
3270020737506	ACS cucina	846	819	292	7.970	7.712	2.751

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

I consumi fatturati dalla società di fornitura, ove disponibili, sono stati riportati nella Tabella 5.3.

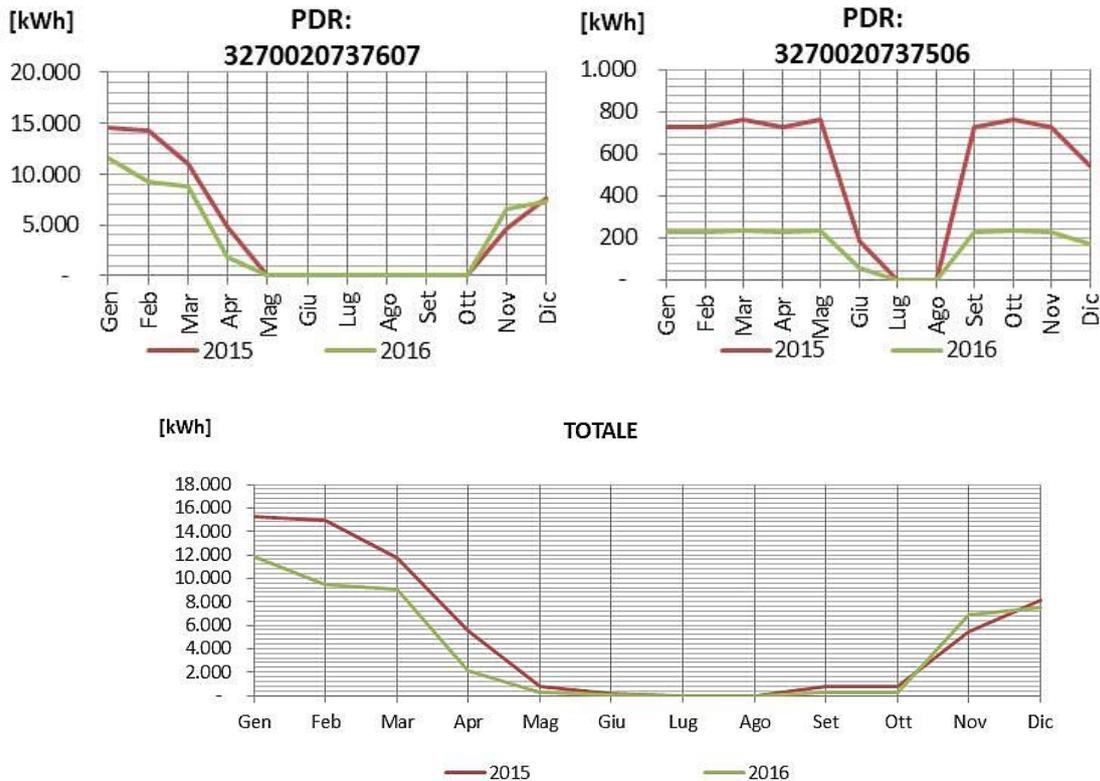
I dati suddetti sono disponibili alla PA solo per gli anni 2015 e 2016.

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

PDR: 3270020737607	2014	2015	2016	2014	2015	2016
Mese	[Sm ³]	[Sm ³]	[Sm ³]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gen	-	1.546	1.229	-	14.560	11.574
Feb	-	1.511	977	-	14.235	9.201
Mar	-	1.167	939	-	10.996	8.845
Apr	-	514	196	-	4.846	1.844
Mag	-	-	-	-	-	-
Giu	-	-	-	-	-	-
Lug	-	-	-	-	-	-
Ago	-	-	-	-	-	-
Set	-	-	-	-	-	-
Ott	-	-	-	-	-	-
Nov	-	497	703	-	4.681	6.620
Dic	-	802	781	-	7.550	7.357
Totale	-	6.037	4.824	-	56.869	45.442
DR: 3270020737506	2014	2015	2016	2014	2015	2016
Mese	[Sm ³]	[Sm ³]	[Sm ³]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gen	-	77	24	-	726	226
Feb	-	77	24	-	726	226
Mar	-	81	25	-	762	238
Apr	-	77	24	-	726	226
Mag	-	81	25	-	762	238
Giu	-	19	6	-	181	57
Lug	-	-	-	-	-	-
Ago	-	-	-	-	-	-
Set	-	77	24	-	726	226
Ott	-	81	25	-	762	238
Nov	-	77	24	-	726	226
Dic	-	58	18	-	544	170
Totale	-	705	220	-	6.641	2.072

Il profilo così ottenuto è rappresentato nel grafico in Figura 5.1

Figura 5.1 – Andamento mensile dei consumi termici fatturati



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

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

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

Dove:

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

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

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

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

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

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

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

\bar{Q}_{ALTR0} = Consumo termico reale per eventuali altri utilizzi dell’edificio, kWh/anno, valutato come la media dei consumi per altri usi, nel triennio di riferimento

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

Tabella 5.4 – Normalizzazione dei consumi annuali di energia termica

ANNO	GG _{REAL} SU [109] GIORNI	GG _{RIF} SU [109] GIORNI	CONSUMO REALE RISC. [Sm ³]	CONSUMO REALE RISC. [kWh]	α_{rif}	CONSUMO NORMALIZZATO A [929] GG [kWh]	CONSUMO ACS [kWh]	CONSUMO ALTRO [kWh]
2014	883	929	4.696	44.236	50	46.541	7.970	0
2015	877	929	5.567	52.441	60	55.551	7.712	0
2016	918	929	5.150	48.513	53	49.094	2.751	0
Media	893	929	5.138	48.397	54	50.395	6.144	0

Come si può notare dai dati riportati, il comportamento energetico dell’edificio, negli anni considerati, è stato caratterizzato da un maggior consumo nel 2015.

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}	6.144
\bar{Q}_{ALTR0}	0,0
$\bar{\alpha}_{rif} \times GG_{rif}$	50.395
$Q_{baseline}$	56.539

5.1.2 Energia elettrica

La fornitura di energia elettrica avviene tramite la presenza di 1 contatore a servizio dell’intero edificio.

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 è effettuata sui kWh ottenuti dai dati di fatturazione rilevati nel periodo di riferimento. Tali consumi annuali derivanti dall’analisi delle fatture elettriche sono riportati nella Tabella 5.5 con indicazione dei POD di riferimento.

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

POD	ZONA SERVITA	2014	2015	2016	MEDIA
		[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
IT001E00097013	Intero edificio	10.735	10.517	10.365	10.539,00

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-E1330 e sono emerse le seguenti differenze:

- i dati delle fatture per l'anno 2014 coincidono con quelli del file kyotoBaseline-E1330;
- i dati delle fatture per gli anni 2015 e 2016 sono inferiori a quanto indicato nel file kyotoBaseline-E1330, rispettivamente di 97 kWh e 1.912 kWh.

Dati relativi a Kyoto Baseline: anno 2014 10.735 kWh; anno 2015 10.614 kWh; anno 2016 12.277 kWh.

La 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 10.539 kWh.

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

POD: IT001E00097013	F1	F2	F3	TOTALE
Anno 2014	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gen - 14	829	197	267	1.293
Feb - 14	892	201	235	1.328
Mar - 14	884	215	274	1.373
Apr - 14	702	149	202	1.053
Mag - 14	696	124	139	959
Giu - 14	530	102	143	775
Lug - 14	88	40	48	176
Ago - 14	45	27	39	111
Set - 14	659	101	119	879
Ott - 14	691	85	90	866
Nov - 14	643	117	169	929
Dic - 14	648	134	211	993
Totale	7.307	1.492	1.936	10.735
POD: IT001E00097013	F1	F2	F3	TOTALE
Anno 2015	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gen - 15	737	146	196	1.079
Feb - 15	827	153	187	1.167
Mar - 15	861	158	211	1.230
Apr - 15	698	124	179	1.001
Mag - 15	669	113	136	918
Giu - 15	541	125	150	816
Lug - 15	83	43	70	196
Ago - 15	46	33	68	147
Set - 15	624	122	120	866
Ott - 15	770	135	112	1.017
Nov - 15	694	142	187	1.023
Dic - 15	717	146	194	1.057
Totale	7.267	1.440	1.810	10.517
POD: IT001E00097013	F1	F2	F3	TOTALE
Anno 2016	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gen - 16	487	147	216	850
Feb - 16	832	157	181	1.170
Mar - 16	788	167	199	1.154
Apr - 16	736	153	194	1.083

Mag - 16	744	117	122	983
Giu - 16	551	101	122	774
Lug - 16	102	62	100	264
Ago - 16	45	19	34	98
Set - 16	594	99	111	804
Ott - 16	680	134	151	965
Nov - 16	767	154	189	1.110
Dic - 16	767	154	189	1.110
Totale	7.093	1.464	1.808	10.365

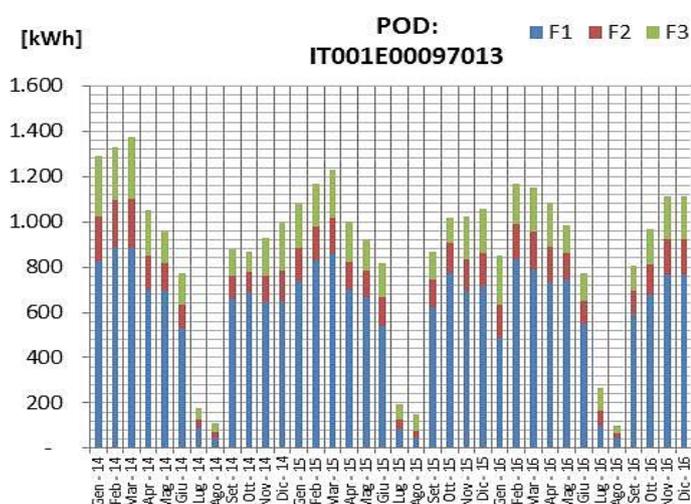
Dall'analisi effettuata è stato possibile definire i profili mensili dei consumi elettrici di Baseline, valutati come la media dei valori mensili analizzati nel triennio di riferimento. Tali valori sono riportati nella Tabella 5.8.

Tabella 5.8 – Consumi mensili di Baseline

BASELINE	F1	F2	F3	TOTALE
	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gennaio	684	163	226	1.074
Febbraio	850	170	201	1.222
Marzo	844	180	228	1.252
Aprile	712	142	192	1.046
Maggio	703	118	132	953
Giugno	541	109	138	788
Luglio	91	48	73	212
Agosto	45	26	47	119
Settembre	626	107	117	850
Ottobre	714	118	118	949
Novembre	701	138	182	1.021
Dicembre	711	145	198	1.053
Totale	7.222	1.465	1.851	10.539

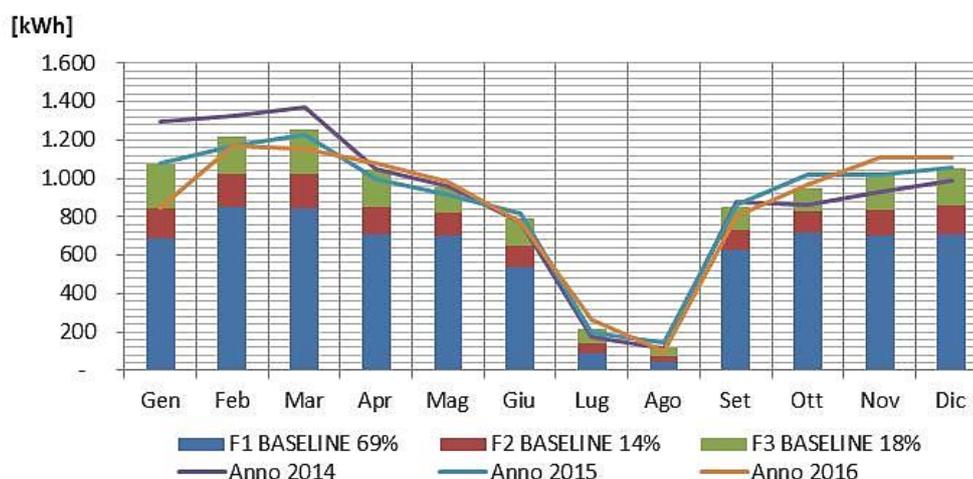
Il profilo così ottenuto è rappresentato nel grafico in Figura 5.2

Figura 5.2 – Profili mensili di Baseline riferimento



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 ed i valori di Baseline per il triennio di riferimento



I profili di prelievo mensili nel triennio di riferimento presentano andamenti maggiori nei mesi invernali, durante i quali si utilizza maggiormente l'illuminazione, e più bassi per i mesi primaverili/autunnali. I consumi sono invece molto bassi durante i mesi estivi (luglio e agosto) di chiusura della scuola, periodo durante il quale la struttura viene utilizzata saltuariamente solo dal corpo docenti.

In considerazione del fatto che sul portale e-distribuzione sono presenti le letture dei contatori con potenza superiore a 55 kW, non è stato possibile effettuare l'analisi dei profili orari dei consumi elettrici del POD IT001E00097013.

Per questa ragione si è proceduto ad effettuare delle stime finalizzate alla verifica dei seguenti aspetti:

- compatibilità degli andamenti mensili deducibili dalla analisi delle letture riportate dal distributore con l'utilizzo delle utenze effettivamente presenti nell'edificio;
- adeguatezza della potenza impegnata del contatore.

La procedura utilizzata per le stime è la seguente:

- essendo il fabbricato non utilizzato per tutto il mese di agosto è possibile ipotizzare che i consumi di tale mese siano simili per ciascun giorno, ricavando quindi il consumo giornaliero dell'edificio in assenza di fruizione; è stato quindi possibile assumere per l'edificio oggetto di DE un consumo di base costante di circa 3,16 kWh/giorno;
- a partire da dati noti relativi ai profili di carico quarto-orari del mese di agosto di un edificio con caratteristiche analoghe, in termini di destinazione d'uso e tipologie di apparecchiature elettriche presenti, sono state individuate le percentuali di consumo di ciascun quarto d'ora rispetto al totale della giornata tipo del mese di agosto;
- proporzionando il consumo di base dell'edificio alle percentuali di cui sopra, è stato possibile stimare l'andamento del profilo di carico del giorno tipo del mese di agosto;
- per tutti gli altri mesi si è proceduto sottraendo al consumo mensile il consumo di tutti i giorni in cui l'edificio non è fruito (assumendo come consumo giornaliero il consumo di base sopra definito); il consumo residuo è stato ripartito per i giorni di fruizione del singolo mese ed infine è stato riproporzionato sul singolo quarto d'ora in funzione di percentuali di utilizzo rappresentative del fabbricato, tenendo conto della stagione e degli orari di occupazione;

- avendo così determinato per ciascun mese dell'anno il profilo di carico di un giorno tipo, è stato infine possibile individuare, per ciascun mese e per ciascuna fascia oraria di consumo, una stima dei profili di potenza massima.

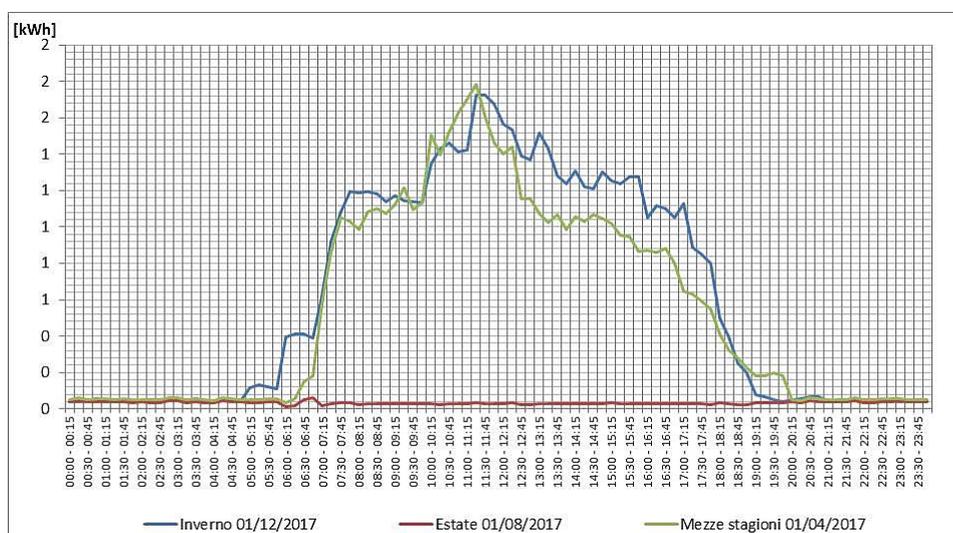
Nella tabella seguente si riporta l'analisi relativa a 3 giornate tipologiche.

Tabella 5.9 – Giornate valutate per l'analisi dei profili giornalieri di consumo elettrico

PROFILO	DATA	GIORNO DELLA SETTIMANA	PERIODO	TEMPERATURA ESTERNA MEDIA [°C]
Profilo 1	09/02/2016	Martedì	Periodo invernale	13,2
Profilo 2	24/08/2016	Mercoledì	Periodo di chiusura	28,2
Profilo 3	29/04/2016	Venerdì	Mezza stagione	16,2

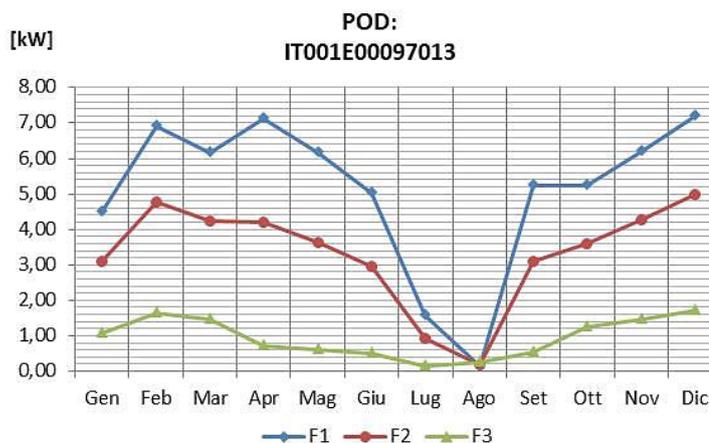
L'andamento dei profili giornalieri di consumo è riportato nei grafici a seguire.

Figura 5.4 – Profili giornalieri tipo dei consumi elettrici per il POD IT001E00097013



Dai grafici così ottenuti si rileva un andamento dei consumi di tipo "a campana", dovuto ai limitati consumi dell'edificio durante il periodo di non utilizzo (dalla sera dopo le 18.30/19 fino al mattino alle 6.30), e all'entrata in funzione graduale delle varie utenze durante il giorno fino a raggiungere un picco di consumo nelle ore centrali della giornata. Fa eccezione l'andamento del giorno tipo estivo, nel quale i consumi diurni risultano analoghi a quelli notturni, essendo l'edificio non fruito in tale periodo. Si osserva inoltre come nelle mezza stagioni i consumi abbiano un andamento simile ma quantitativamente inferiore nelle ore pomeridiane, presumibilmente per via della maggiore disponibilità di luce naturale e della conseguente minore accensione del sistema di illuminazione interna. Tali andamenti risultano coerenti rispetto alle caratteristiche delle utenze rilevate in sede di sopralluogo ed i consumi notturni ed estivi sono compatibili con le poche utenze che rimangono costantemente in funzione, come il frigorifero.

Figura 5.5 – Profili di potenza giornalieri per il POD IT001E00097013



I profili di potenza giornalieri risultano coerenti con l'effettivo utilizzo dell'edificio e delle utenze elettriche presenti, essendo le fasce di maggiore e minore consumo rispettivamente la F1 e la F3 ed essendo il periodo invernale quello con la potenza assorbita superiore.

Il prelievo di potenza massima stimato è pari a 7,21 kW e si verifica nel mese di dicembre in fascia F1. Tale potenza richiesta risulta coerente con la potenza impegnata del contatore installato.

5.2 INDICATORI DI PERFORMANCE ENERGETICI ED AMBIENTALI

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

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

Tabella 5.10 - Fattori di emissione di CO₂.

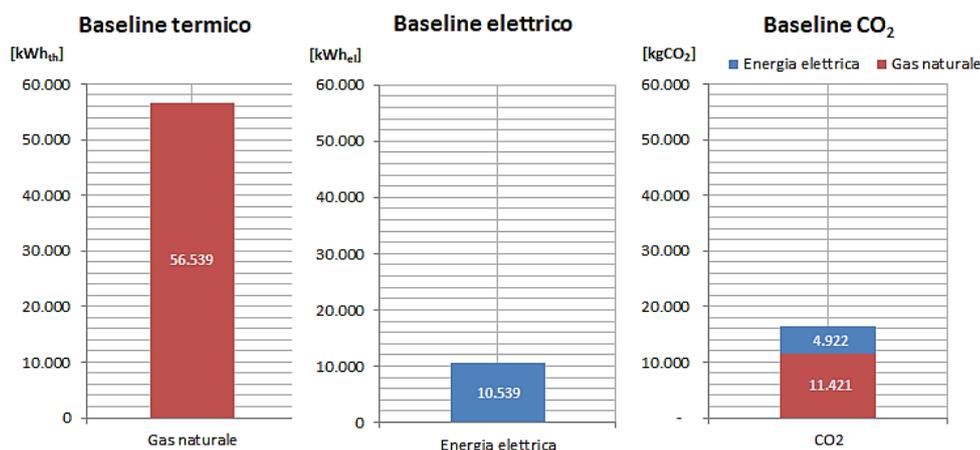
COMBUSTIBILE	FATTORE DI CONVERSIONE
	kgCO ₂ /kWh
Energia elettrica	* 0,467
Gas naturale	* 0,202
GPL	* 0,227
Olio combustibile	* 0,267
Gasolio	* 0,267
Benzina	* 0,249

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

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

Tabella 5.11 – Baseline delle emissioni di CO₂.

COMBUSTIBILE	CONSUMO DI BASELINE	FATTORE DI CONVERSIONE	
	[kWh]	[tCO ₂ /MWh]	[tCO ₂]
Energia elettrica	10.539	* 0,467	4,92
Gas naturale	56.539	* 0,202	11,42

Figura 5.6 – 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 5.12 - 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 5.13 – Fattori di riparametrizzazione

PARAMETRO		VALORE	U.M.
FATTORE 1	Superficie netta riscaldata	373	m ²
FATTORE 2	Superficie netta complessiva delle aree interne (riscaldate e non riscaldate)	408	m ²
FATTORE 3	Volume lordo complessivo (aree interne riscaldate e non riscaldate)	1.954	m ³

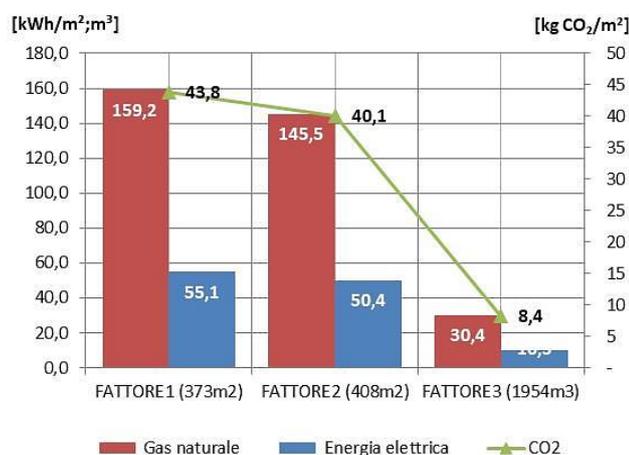
Nella Tabella 5.13 e Tabella 5.14 sono riportati gli indicatori di performance valutati coerentemente con quanto riportato nella sezione 2.5 dell’Allegato J – Schede di audit.

Tabella 5.14 – Indicatori di performance calcolati con riferimento all'energia primaria totale

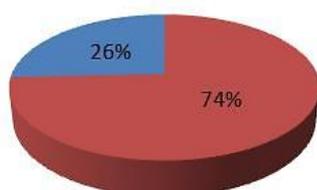
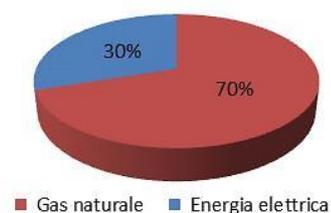
VETTORE ENERGETICO	CONSUMO ENERGETICO DI BASELINE [kWh/anno]	FATTORE DI CONVERSIONE ENERGIA PRIMARIA TOTALE	CONSUMO DI ENERGIA PRIMARIA TOTALE [kWh/anno]	INDICATORI DI CONSUMO ENERGIA PRIMARIA TOTALE			INDICATORI AMBIENTALI		
				FATTORE 1 [kWh/m ²]	FATTORE 2 [kWh/m ²]	FATTORE 3 [kWh/m ³]	FATTORE 1 [Kg CO ₂ /m ²]	FATTORE 2 [Kg CO ₂ /m ²]	FATTORE 3 [Kg CO ₂ /m ³]
Gas naturale	56.539	1,05	59.366	159,2	145,5	30,4	30,62	27,99	5,84
Energia elettrica	10.539	2,42	25.504	68,38	62,45	13,05	13,19	12,05	2,52
TOTALE			84.870	228	208	43	44	40	8

Tabella 5.15 – Indicatori di performance calcolati con riferimento all'energia primaria non rinnovabile

VETTORE ENERGETICO	CONSUMO ENERGETICO DI BASELINE [kWh/anno]	FATTORE DI CONVERSIONE ENERGIA PRIMARIA NON RINN.	CONSUMO DI ENERGIA PRIMARIA NON RINN. [kWh/anno]	INDICATORI DI CONSUMO ENERGIA PRIMARIA NON RINNOVABILE			INDICATORI AMBIENTALI		
				FATTORE 1 [kWh/m ²]	FATTORE 2 [kWh/m ²]	FATTORE 3 [kWh/m ³]	FATTORE 1 [Kg CO ₂ /m ²]	FATTORE 2 [Kg CO ₂ /m ²]	FATTORE 3 [Kg CO ₂ /m ³]
Gas naturale	56.539	1,05	59.366	159,2	145,5	30,4	30,62	27,99	5,84
Energia elettrica	10.539	1,95	20.551	55,1	50,4	10,5	13,19	12,06	2,52
TOTALE			79.917	214	196	41	44	40	8

Figura 5.7 – Indici di performance e relative emissioni di CO₂ valutati in funzione dei fattori di riparametrizzazioneFigura 5.8 – Ripartizione % dei consumi di energia primaria e delle relative emissioni di CO₂

Ripartizione % energia primaria

Ripartizione % emissioni CO₂

Trattandosi di edifici scolastici, 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, in funzione del 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 5.16 – Indicatori di performance energetici

COMBUSTIBILE	IEN _R			IEN _E		
	Wh/(m ³ GG anno)			Wh/(m ³ anno)		
	2014	2015	2016	2014	2015	2016
Gas Naturale	22,4	25,2	22,6	-	-	-
Energia elettrica	-	-	-	24,5	24,0	23,6

E’ stato quindi possibile effettuare un raffronto con le classi di merito riportate nelle suddette Linee Guida ENEA - FIRE, ottenendo valori SUFFICIENTI (2014 e 2016) / INSUFFICIENTE (2015) per l’indice IEN_R e INSUFFICIENTI per l’indice IEN_E.

I dettagli dell’analisi degli indici di performance energetici sono riportati 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 non rinnovabile	$EP_{gl,nren}$	kWh/mq anno	1.045,33	1.035,53
Climatizzazione invernale	EP_H	kWh/mq anno	374,09	372,77
Produzione di acqua calda sanitaria	EP_w	kWh/mq anno	632,69	631,70
Ventilazione	EP_v	kWh/mq anno	-	-
Raffrescamento	EP_c	kWh/mq anno	-	-
Illuminazione artificiale	EP_L	kWh/mq anno	38,55	31,06
Trasporto di persone e cose	EP_T	kWh/mq anno	-	-
Emissioni equivalenti di CO2	CO_{2eq}	Kg/mq anno	215,14	215,14

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	U.M.	CONSUMO ENERGIA PRIMARIA NON RINNOVABILE
			[kWh/anno]
Gas Naturale	36.213	[m ³ /anno]	359.323
Energia Elettrica	7.222	[kWh/anno]	14.083

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

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

Dove:

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

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

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

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

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

Nota (1) Tale contributo non è definito all’interno delle norme UNITS 11300 pertanto è stato valutato dall’Auditor sulla base del censimento delle utenze e del relativo tempo di utilizzo, rilevati in sede di sopralluogo.

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 le temperature medie reali di ogni mese, il profilo di utilizzo dell’edificio e le temperature interne rilevate durante il sopralluogo.

I valori effettivi di temperatura rilevati ed utilizzati all’interno della modellazione, e gli altri eventuali parametri che sono stati modificati rispetto alla condizione standard sono riportati nell’Allegato E – Relazione di dettaglio dei calcoli.

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

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

INDICE DI PRESTAZIONE ENERGETICA		U.M.	ENERGIA PRIMARIA TOTALE	ENERGIA PRIMARIA NON RINNOVABILE
Globale non rinnovabile	$EP_{g, nren}$	kWh/mq anno	248,82	233,40
Climatizzazione invernale	EP_H	kWh/mq anno	172,14	171,05
Produzione di acqua calda sanitaria	EP_w	kWh/mq anno	38,13	31,29
Ventilazione	EP_v	kWh/mq anno	-	-
Raffrescamento	EP_c	kWh/mq anno	-	-
Illuminazione artificiale	EP_L	kWh/mq anno	38,55	31,06
Trasporto di persone e cose	EP_T	kWh/mq anno	-	-
Emissioni equivalenti di CO ₂	CO_{2eq}	Kg/mq anno	55,93	55,93

Nota 1: i fattori utilizzati per il calcolo della produzione di CO₂ dal software di modellazione energetica sono 0,227 kgCO₂/kWh per il gas metano e 0,200 kgCO₂/kWh per l'energia elettrica.

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

Gli indicatori di performance energetica ricavati dai consumi di baseline (Tabelle 5.13 e 5.14) e quelli ricavati dalla modellazione in modalità adattata all'utenza (Tabella 6.4) non sono congruenti in quanto non è possibile eseguire una validazione del modello elettrico mediante il software per la modellazione energetica.

Il metodo utilizzato per la validazione del modello elettrico è riportato al paragrafo 6.1.2 Validazione del modello elettrico.

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

FONTE ENERGETICA UTILIZZATA	CONSUMO [mc/anno]	CONSUMO [kWh/anno]
Gas Naturale (modello termico)	6.187	58.280
Energia Elettrica (modello elettrico)	-	10.886

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

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

$Q_{teorico}$ [kWh /anno]	$Q_{baseline}$ [kWh /anno]	Congruità [%]
58.280	56.539	3,00

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.

Il dettaglio dei calcoli effettuati ai fini della definizione del modello elettrico è riportato nell'Allegato B – Elaborati.

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

$EE_{teorico}$	$EE_{baseline}$	Congruità
[kWh/anno]	[kWh/anno]	[%]
10.886	10.539	3,2

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

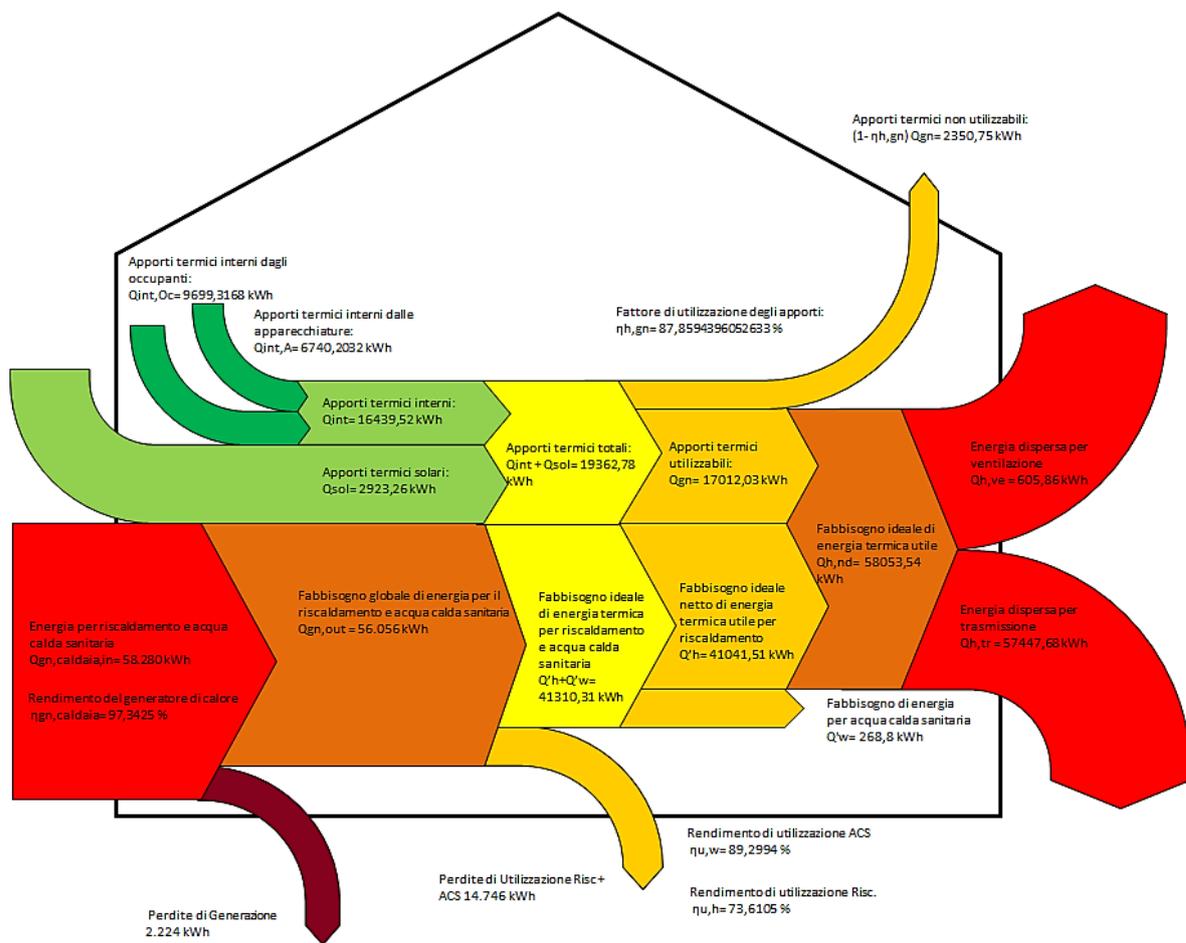
6.2 FABBISOGNI ENERGETICI

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.

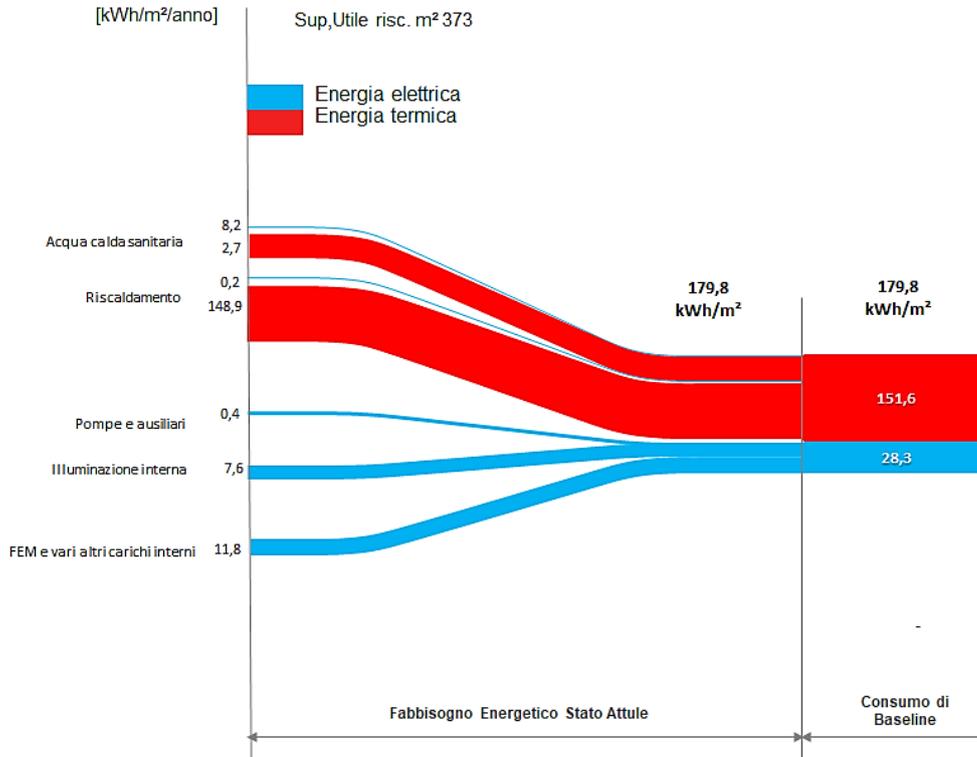
Figura 6.1 – Diagramma di Sankey relativo al fabbisogno termico dell'edificio allo stato attuale



Dall'analisi del diagramma di Sankey relativo al fabbisogno termico dell'edificio non emerge la presenza di una quota di energia recuperata, nonostante la simulazione, nel modello dello stato di fatto, della caldaia a condensazione; questo è dovuto al fatto che, con il metodo di calcolo utilizzato dal software (UNI TS 11300), il generatore non risulta operare in condensazione.

Il fattore di utilizzazione degli apporti gratuiti è pari a 88% e i rendimenti di utilizzazione del sistema di riscaldamento e produzione di acs sono rispettivamente di 74% e 89%.
 E’ quindi possibile creare un bilancio energetico complessivo dell’edificio, riportato nella Figura 6.2.

Figura 6.2 – Bilancio energetico complessivo dell’edificio



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

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

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

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

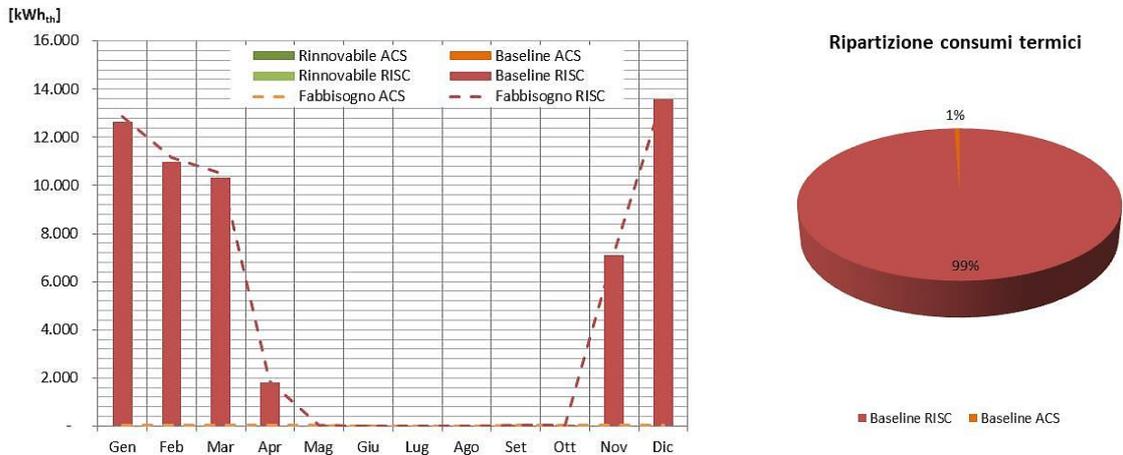
Dall’analisi del diagramma di Sankey relativo al bilancio energetico complessivo dell’edificio è possibile notare che il gas naturale viene utilizzato prevalentemente per il riscaldamento e, in quota minore, per la produzione di ACS. La produzione di ACS avviene anche mediante vettore elettrico. La quota principale di consumo elettrico è dovuta all’uso FEM e altri carichi interni.

6.3 PROFILI ENERGETICI MENSILI

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

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

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



Si può notare come la maggioranza dei consumi termici sia da attribuirsi all'utilizzo per la climatizzazione dei locali, pertanto, gli interventi migliorativi proposti andranno ad interessare principalmente tale utilizzo.

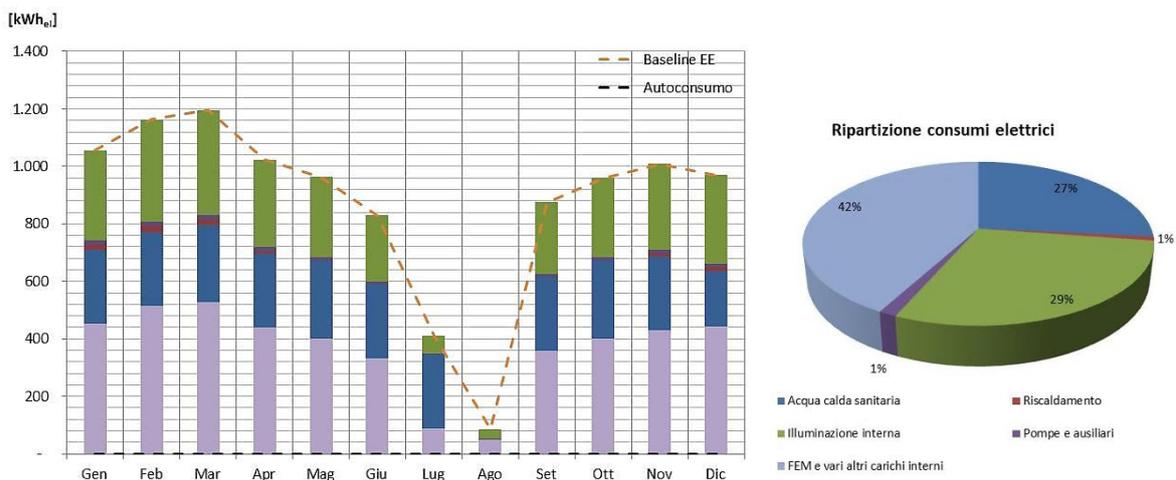
Anche relativamente all'analisi dei fabbisogni di energia elettrica, la ripartizione tra i vari utilizzi è stata effettuata in funzione degli esiti della modellazione.

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

Il dato di FEM è stato calcolato come prodotto tra la potenza elettrica complessiva delle apparecchiature elettriche e i relativi profili di utilizzo.

I risultati di tale valutazione sono riportati nella Figura 6.4.

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



Si può notare come la maggior parte dei consumi sia da attribuirsi all'utilizzo FEM e altri carichi interni e all'impianto di illuminazione interna, pertanto, uno degli interventi migliorativi proposti andrà ad interessare l'impianto di illuminazione.

7 ANALISI DEI COSTI PRE-INTERVENTO

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 assume come periodo di riferimento il biennio 2015 – 2016 per il gas e il triennio 2014-2015-2016 per l'energia elettrica.

7.1.1 Vettore termico

La fornitura del vettore termico riferito ai PDR 3270020737607 e 3270020737506 avviene tramite un 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 dei contratti di fornitura del vettore termico per gli anni di riferimento.

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

PDR: 3270020737607	2014	2015	2016
Indirizzo di fornitura			
Dati di intestazione fattura	n/d	COMUNE DI GENOVA	COMUNE DI GENOVA
Società di fornitura	n/d	IREN MERCATO SPA - ENI S.P.A.	ENI S.P.A.- ENERGETIC S.p.A.
Inizio periodo fornitura	n/d	IREN MERCATO SPA 01/01/2015- ENI S.P.A. 01/04/2015	ENI SPA 01/01/2015- ENERGETIC S.p.A. 01/04/2015
Fine periodo fornitura	n/d	IREN MERCATO SPA 31/03/2015- ENI S.P.A. 31/12/2015	ENI SPA 31/03/2015- ENERGETIC S.p.A. 31/12/2015
Classe del contatore	n/d	Classe G004 Contatore Tradizionale	Classe G004 Contatore Tradizionale
Tipologia di contratto	n/d	Prodotto Consip 7 Gas	Prodotto per la gara CONSIP 8 Indiretti
Opzione tariffaria (*)	n/d	oP1208	-
Valore del coefficiente correttivo dei consumi	n/d	1,023328	1,023328
Potere calorifico inferiore convenzionale del combustibile	n/d	38, 19 mJ/MC	39,19 mJ/MC
Prezzi di fornitura del combustibile (*) (IVA INCLUSA)	n/d	0,43 €/mc	0,24 €/mc
PDR: 3270020737506	2014	2015	2016
Indirizzo di fornitura			
Dati di intestazione fattura	n/d	COMUNE DI GENOVA	COMUNE DI GENOVA
Società di fornitura	n/d	IREN MERCATO SPA - ENI S.P.A.	ENI S.P.A.- ENERGETIC S.p.A.
Inizio periodo fornitura	n/d	IREN MERCATO SPA 01/01/2015- ENI S.P.A. 01/04/2015	ENI SPA 01/01/2015- ENERGETIC S.p.A. 01/04/2015
Fine periodo fornitura	n/d	IREN MERCATO SPA 31/03/2015- ENI S.P.A. 31/12/2015	ENI SPA 01/01/2015- ENERGETIC S.p.A. 01/04/2015
Classe del contatore	n/d	Classe G010	Classe G010

Tipologia di contratto	n/d	Prodotto Consip 7 Gas	Prodotto Consip 7 Gas
Opzione tariffaria (*)	n/d	oP1208	oP1208
Valore del coefficiente correttivo dei consumi	n/d	1	1
Potere calorifico inferiore convenzionale del combustibile	n/d	38, 19 MJ/MC	39,31 MJ/MC
Prezzi di fornitura del combustibile (*) (IVA INCLUSA)	n/d	0,40 €/mc	0,24 €/mc

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

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

PDR: 3270020737607	QUOTA ENERGIA	ONERI DI SISTEMA	ONERI DI SISTEMA	IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO
		PARTE FISSA	PARTE VARIABILE					(IVA INCLUSA) ¹
ANNO 2015	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[KWh]	[€/kWh]
Gen - 15	529	13	191	315	221	1.269	12.856	0,087
Feb - 15	553	14	200	329	231	1.326	13.440	0,087
Mar - 15	457	12	165	272	191	1.097	11.119	0,087
Apr - 15	201	5	73	120	84	483	4.894	0,085
Mag - 15	-	-	-	-	-	-	-	0,085
Giu - 15	-	-	-	-	-	-	-	0,085
Lug - 15	-	-	-	-	-	-	-	0,083
Ago - 15	-	-	-	-	-	-	-	0,083
Set - 15	-	-	-	-	-	-	-	0,083
Ott - 15	-	-	-	-	-	-	-	0,085
Nov - 15	281	7	102	167	117	675	6.838	0,085
Dic - 15	318	8	115	189	133	762	7.721	0,085
Totale	2.339	59	845	1.392	977	5.612	56.869	0,0861
PDR: 3270020737607	QUOTA ENERGIA	ONERI DI SISTEMA	ONERI DI SISTEMA	IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO
ANNO 2016	[€]	PARTE FISSA	PARTE VARIABILE					[€]
Gen - 16	240	8	127	224	124	722	10.273	0,087
Feb - 16	250	8	133	234	130	755	10.740	0,087
Mar - 16	207	7	110	193	107	625	8.885	0,087
Apr - 16	91	3	48	85	47	275	3.911	0,085
Mag - 16	-	-	-	-	-	-	-	0,085
Giu - 16	-	-	-	-	-	-	-	0,085
Lug - 16	-	-	-	-	-	-	-	0,083

Ago - 16	-	-	-	-	-	-	-	0,083
Set - 16	-	-	-	-	-	-	-	0,083
Ott - 16	-	-	-	-	-	-	-	0,085
Nov - 16	127	4	68	119	66	384	5.464	0,085
Dic - 16	144	5	76	134	75	434	6.170	0,085
Totale	1.060	34	563	989	550	3.196	45.442	0,0861

Nota 1: costo unitario ARERA 2017

PDR: 3270020737506	QUOTA ENERGIA	ONERI DI SISTEMA		IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO (IVA INCLUSA) ¹
		PARTE FISSA	PARTE VARIABILE					
ANNO 2015	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[KWh]	[€/kWh]
Gen - 15	24	26	9	12	13	83	609	0,087
Feb - 15	24	26	9	12	13	83	609	0,087
Mar - 15	25	27	9	12	13	87	640	0,087
Apr - 15	24	26	9	12	13	83	609	0,085
Mag - 15	25	27	9	12	13	87	640	0,085
Giu - 15	24	26	9	12	13	83	609	0,085
Lug - 15	24	26	9	12	13	83	609	0,083
Ago - 15	-	-	-	-	-	-	-	0,083
Set - 15	24	26	9	12	13	83	609	0,083
Ott - 15	25	27	9	12	13	87	640	0,085
Nov - 15	24	26	9	12	13	83	609	0,085
Dic - 15	18	19	7	9	10	62	457	0,085
Totale	259	283	97	126	140	905	6.641	0,0861
PDR: 3270020737506	QUOTA ENERGIA	ONERI DI SISTEMA		IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO (IVA INCLUSA) ¹
ANNO 2016	[€]	[€]	[€]					
Gen - 16	4	30	2	4	6	46	190	0,087
Feb - 16	4	30	2	4	6	46	190	0,087
Mar - 16	5	31	2	4	7	48	200	0,087
Apr - 16	4	30	2	4	6	46	190	0,085
Mag - 16	5	31	2	4	7	48	200	0,085
Giu - 16	4	30	2	4	6	46	190	0,085
Lug - 16	4	30	2	4	6	46	190	0,083
Ago - 16	-	-	-	-	-	-	-	0,083

Set - 16	4	30	2	4	6	46	190	0,083
Ott - 16	5	31	2	4	7	48	200	0,085
Nov - 16	4	30	2	4	6	46	190	0,085
Dic - 16	3	22	1	3	5	34	143	0,085
Totale	48	325	20	38	69	501	2.072	0,0861

Nota 1: costo unitario ARERA 2017

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

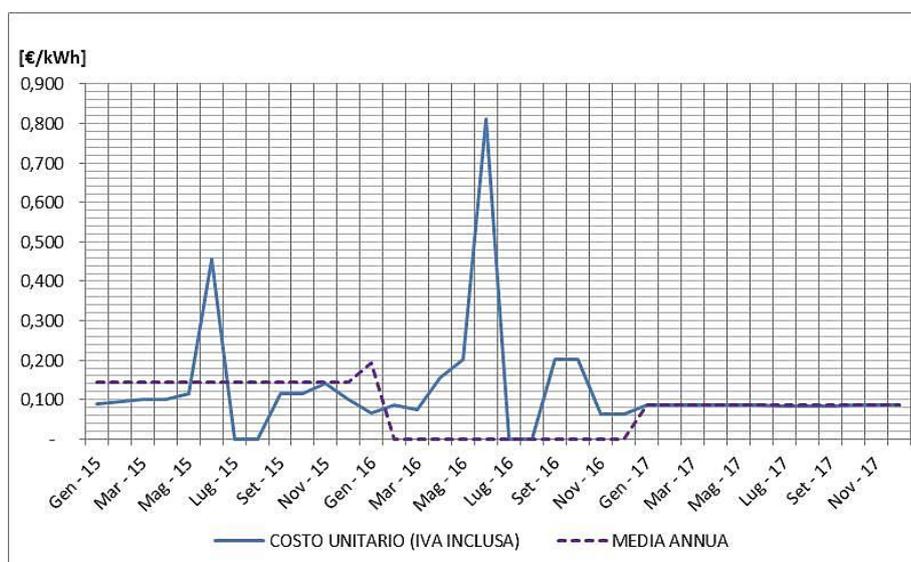
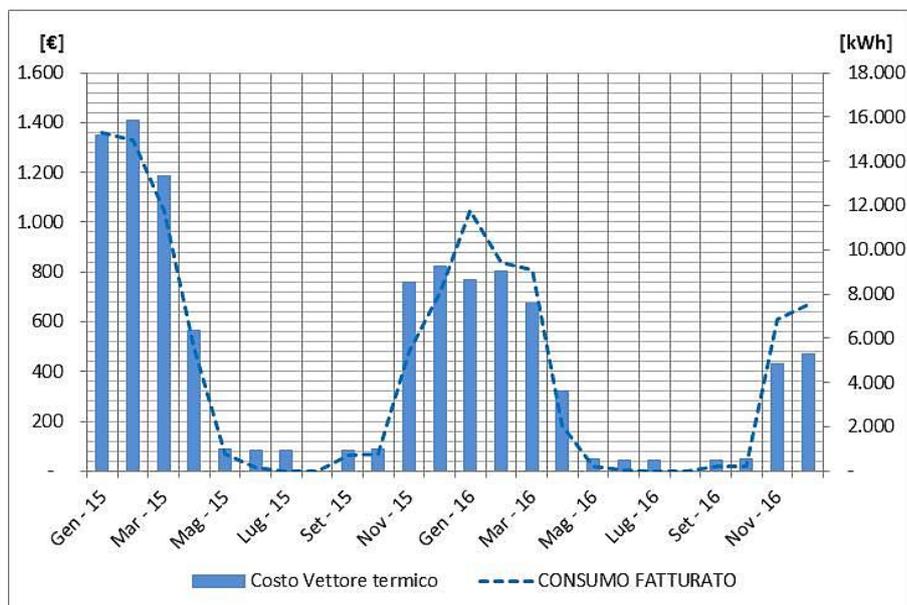


Figura 7.2 – Andamento dei consumi e dei costi dell'energia termica



Dall'analisi effettuata risulta evidente che l'andamento dei costi segue il consumo di gas metano per riscaldamento e produzione di ACS.

7.1.2 Vettore elettrico

La fornitura del vettore elettrico riferito al POD IT001E00097013 avviene tramite un 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 elettrico per gli anni di riferimento.

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

POD: IT001E00097013	2014	2015	2016
Indirizzo di fornitura	SALITA DI GRANAROLO, 24 - GENOVA		
Dati di intestazione fattura	COMUNE DI GENOVA, Via Francia 1, 16124 Genova	COMUNE DI GENOVA / COMUNE DI GENOVA – DIREZIONE PATRIMONIO, Via Francia 1, 16124 Genova	COMUNE DI GENOVA – DIREZIONE PATRIMONIO, Via Francia 1, 16124 Genova; COMUNE DI GENOVA, VIA GARIBALDI 9, 16124 GENOVA
Società di fornitura	Edison	Edison; Gala	Gala; Iren Mercato
Inizio periodo fornitura	01/01/2014	01/01/2015; 01/04/2015	01/01/2016 ; 01/04/2016
Fine periodo fornitura	31/12/2014	31/03/2015; 31/12/2015	31/03/2016 ; 31/12/2016
Potenza elettrica impegnata	10 kW	10 kW	10 kW
Potenza elettrica disponibile	11 kW	11 kW	11 kW
Tipologia di contratto	BT	BT	BT
Opzione tariffaria ⁽¹⁾	Genova 2013 - NEW	Genova 2013 – NEW; CONSIP EE12 - Lotto 2 - Tariffa BTA4	CONSIP EE12 - Lotto 2 - Tariffa BTA4; CONSIP13 VERDE - L0390
Prezzi del fornitura dell'energia elettrica ⁽²⁾ [€/kWh]	0,09	0,07	0,05

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

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

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

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

POD: IT001E00097013	QUOTA ENERGIA	ONERI DI SISTEMA	ONERI DI SISTEMA	IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO
	FISSA	PARTE FISSA	PARTE VARIABILE					
ANNO 2014	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[kWh]	[€/kWh]
Gen - 14	59,34	0,00	95,52	8,93	16,38	180	1.293	0,139
Feb - 14	120,38	0,00	141,78	16,60	27,88	307	1.328	0,231
Mar - 14	123,65	0,00	145,18	17,16	28,60	315	1.373	0,229
Apr - 14	99,87	0,00	123,48	13,16	23,65	260	1.053	0,247
Mag - 14	91,44	0,00	116,19	11,99	21,96	242	959	0,252
Giu - 14	73,12	0,00	76,55	9,69	15,94	175	775	0,226
Lug - 14	15,94	0,00	55,58	2,20	7,37	81	176	0,461
Ago - 14	9,90	0,00	50,49	1,39	6,18	68	111	0,612
Set - 14	82,63	0,00	110,57	10,99	20,42	225	879	0,256

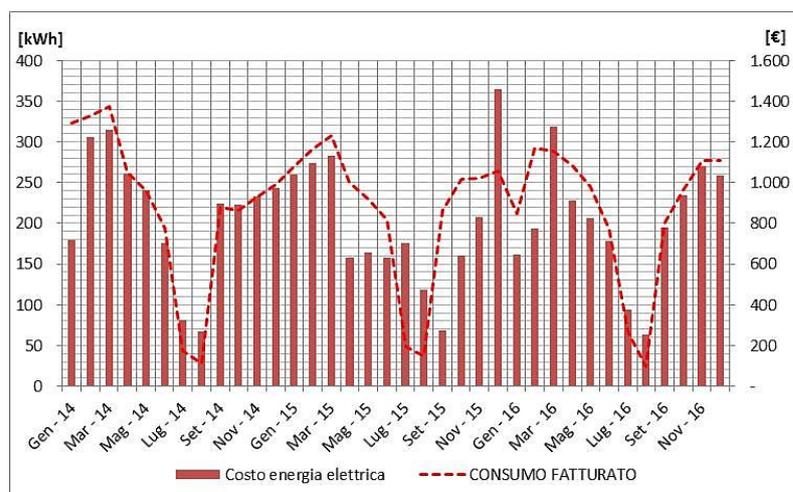
Ott - 14	80,54	0,00	111,38	10,83	20,28	223	866	0,258
Nov - 14	83,87	0,00	116,43	11,61	21,19	233	929	0,251
Dic - 14	87,27	0,00	121,58	12,41	22,13	243	993	0,245
Totale	928	-	1.265	127	232	2.552	10.735	0,238
POD: IT001E00097013	QUOTA ENERGIA	ONERI DI SISTEMA PARTE FISSA	ONERI DI SISTEMA PARTE VARIABILE	IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO (IVA INCLUSA)
ANNO 2015	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[KWH]	[€/kWh]
Gen - 15	91,15	0,00	132,17	13,49	23,68	260	1.079	0,241
Feb - 15	95,23	0,00	139,43	14,59	24,93	274	1.167	0,235
Mar - 15	96,83	0,00	144,66	15,38	25,69	283	1.230	0,230
Apr - 15	37,70	0,00	97,84	8,19	14,37	158	1.001	0,158
Mag - 15	39,23	0,00	101,69	8,76	14,97	165	918	0,179
Giu - 15	36,20	0,00	99,17	8,39	14,38	158	816	0,194
Lug - 15	54,06	0,00	98,03	7,98	16,01	176	196	0,898
Ago - 15	-0,41	0,00	99,83	8,24	10,77	118	147	0,806
Set - 15	-44,01	0,00	98,80	8,09	6,29	69	866	0,080
Ott - 15	31,99	0,00	105,49	8,64	14,61	161	1.017	0,158
Nov - 15	74,01	0,00	105,65	8,66	18,83	207	1.023	0,202
Dic - 15	130,49	0,00	181,04	19,61	33,12	364	1.057	0,345
Totale	642	-	1.404	130	218	2.394	10.517	0,228
POD: IT001E00097013	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	32,99	0,00	104,51	9,41	14,69	162	850	0,190
Feb - 16	41,35	0,00	122,22	12,07	17,56	193	1.170	0,165
Mar - 16	108,93	0,00	163,06	18,21	29,02	319	1.154	0,277
Apr - 16	59,33	40,38	93,80	13,54	20,71	228	1.083	0,210
Mag - 16	53,86	36,66	85,14	12,29	18,79	207	983	0,210
Giu - 16	46,59	36,08	70,31	9,68	16,27	179	774	0,231
Lug - 16	18,63	31,28	32,54	3,30	8,58	94	264	0,357
Ago - 16	6,26	29,72	20,27	1,23	5,75	63	98	0,645
Set - 16	58,19	36,37	72,45	10,05	17,71	195	804	0,242
Ott - 16	78,21	38,31	84,66	12,06	21,32	235	965	0,243
Nov - 16	97,05	39,74	95,43	13,88	24,61	271	1.110	0,244
Dic - 16	84,89	20,01	105,01	25,45	23,53	259	1.110	0,233
Totale	686	309	1.049	141	219	2.404	10.365	0,232

Nel grafico in Figura 7.5 è riportato l'andamento del costo unitario del vettore elettrico nel triennio di riferimento e per le mensilità dell'anno 2017 per cui è stato possibile ricavare i costi unitari forniti dall'ARERA.

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



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



Dall'analisi effettuata risulta evidente che l'andamento dei costi segue l'andamento dei consumi di energia elettrica.

7.2 TARIFFE E PREZZI VETTORI ENERGETICI UTILIZZATI NELL’ANALISI

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

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

Tabella 7.5 - Sintesi dei consumi nel periodo di riferimento

ANNO	VETTORE TERMICO			VETTORE ELETTRICO		
	[kWh]	[€]	[€/kWh]	[kWh]	[€]	[€/kWh]
2014	PDR1: 44.237	n/d	n/d	10.735	2.552	0,24
	PDR2: 7.970	n/d	n/d			
2015	PDR1: 56.869	5.612	0,10	10.517	2.394	0,23
	PDR2: 6.641	905	0,14			
2016	PDR1: 45.442	3.196	0,07	10.365	2.404	0,23
	PDR2: 2.072	501	0,24			
Media	PDR1: 48.849	4.404	0,09	10.539	2.450	0,23
	PDR2: 5.561	703	0,19			

Nota: i valori di consumo termico 2014 indicati provengono dal file KyotoBaseline – E1330 poiché le fatture non sono disponibili, mentre per il 2015 e 2016 sono indicati quelli fatturati.

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

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

Definizione		Valore	U.M.
Costo unitario dell’energia termica	Valore ARERA scontato del 5%	Cu _Q 0,086	[€/m ³]
Costo unitario dell’energia elettrica	Valore ARERA scontato del 5%	Cu _{EE} 0,231	[€/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:

- L1-042-235: servizio O&M<35

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

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

Tali servizi prevedono il pagamento di un canone annuale da parte della PA pari a 1.239,62 €.

Nel caso di impianti non oggetto di fornitura di energia, il costo della manutenzione C_M è pari al valore contrattuale della conduzione e manutenzione (C_{SIE3}) come fornito all’interno del file kyotoBaseline. In questo caso i costi della manutenzione sono ripartiti in una quota ordinaria (C_{MO}) e in una quota straordinaria (C_{MS}) come segue:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Definizione		Valore	U.M.
Costo per la gestione e manutenzione ordinaria	Corrispettivo annuale relativo al contratto O&M in essere	CM_o 1.116	[€/anno]
Costo per la manutenzione straordinaria	Media relativa a gli stessi anni considerati per il rilevamento dei consumi storici	CM_s 124	[€/anno]

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

7.4 BASELINE DEI COSTI

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

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

Per la componente energetica vale la seguente formula:

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

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

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

Ne risulta quindi un C_E pari a 7.299 € e un $C_{baseline}$ pari a 8.539 €.

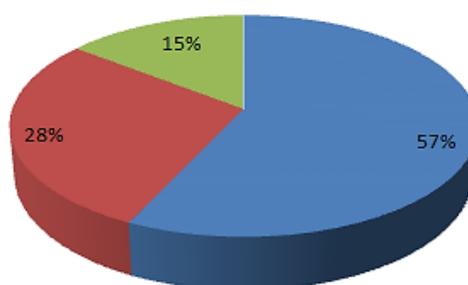
Tabella 7.8 – Valori di costo individuati per il calcolo della Baseline

VETTORE TERMICO			VETTORE ELETTRICO			O&M (C _{MO} + C _{MS})		TOTALE	
Q _{baseline}	C _{UQ}	C _Q	EE _{baseline}	C _{UEE}	C _{EE}	C _M	C _{MO}	C _{MS}	C _Q +C _{EE} +C _M
[kWh]	[€/kWh]	[€]	[kWh]	[€/kWh]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]
56.539	0,086	4.870	10.539	0,231	2.429	1.240	1.116	124	8.539

Figura 7.5 – Confronto tra i costi medi e di baseline



Figura 7.6 – Ripartizione costi di baseline



8 IDENTIFICAZIONE DELLE MISURE DI EFFICIENZA ENERGETICA

8.1 DESCRIZIONE, FATTIBILITÀ E PRESTAZIONI DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI

8.1.1 Involucro edilizio

EEM1: chiusure verticali trasparenti: sostituzione dei serramenti e installazione di valvole termostatiche

Generalità

La misura prevede la sostituzione di tutti i serramenti e l'installazione delle valvole termostatiche sui radiatori.

Figura 8.1 - Particolare serramenti da sostituire.

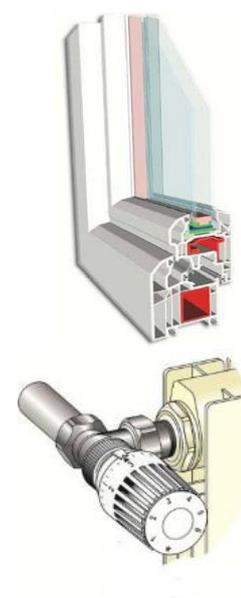


Caratteristiche funzionali e tecniche

L'intervento permette la diminuzione delle dispersioni attraverso i serramenti e gli spifferi esistenti e un netto miglioramento del confort interno e della sicurezza.

Serramenti in PVC vetro doppio basso emissivo con trasmittanza complessiva pari a 1,5 W/m²K.

Infissi in pvc con sistema a giunto aperto, permeabilità all'aria secondo norma EN 12207, tenuta alla pioggia battente secondo norma EN 12208, resistenza al vento secondo la norma EN 12210. Vetrocamera costituito da due lastre antieffrazione e anticaduta; una lastra è rifinita con uno speciale trattamento basso-emissivo che garantisce un elevato isolamento termico. L'intercapedine tra i vetri è riempita con argon.



La valvola termostatica è una valvola la cui apertura è proporzionale alla differenza fra la temperatura impostata dall'utente sul sensore di temperatura chiamato testa termostatica e la temperatura ambiente misurata.

Lo scopo della valvola termostatica è mantenere la temperatura ambiente pari a quella impostata sulla testa termostatica, perciò quando la temperatura ambiente è uguale alla temperatura impostata, la valvola regola in chiusura.

Descrizione dei lavori

SERRAMENTI

Inserire nell'opera muraria un'apposita controcassa, su misura da progetto. Successivamente effettuare l'installazione del serramento completo di ferramenta, guarnizioni e vetro per garantire il corretto isolamento termico e acustico.

Il piano di separazione tra clima ambiente e clima esterno sarà realizzato in modo da garantire la protezione del giunto dal clima ambiente. Il rispetto di questo requisito viene assicurato dall'esecuzione in forma di barriera al vapore (nastri di tenuta, sigillanti, membrane impermeabili).

Grazie alla sigillatura esterna, il piano di protezione dagli agenti atmosferici nella zona di raccordo correrà sulla superficie esterna della costruzione.

I fissaggi dovranno trasmettere all'edificio, con la necessaria sicurezza, tutte le forze che agiscono a livello della finestra, tenendo conto dei movimenti che intervengono nella zona di raccordo. Nella fase di progettazione valutare le condizioni della struttura esistente, il rilevamento delle forze agenti nella zona di raccordo e dei movimenti che interessano tale zona. A seguito di tale analisi verranno scelti i punti e gli elementi di fissaggio.

L'installazione del profilo tramite viti autofilettanti in acciaio, garantirà il diretto fissaggio tra i componenti edilizi, aumentato ulteriormente dall'inserimento di schiuma poliuretanica negli spazi rimanenti, materiale che permette il continuo assestamento del serramento.

VALVOLE TERMOSTATICHE

Fasi di installazione:

1. Scollegamento del radiatore dal vecchio corpo valvola esistente e dal circuito di riscaldamento.
2. Eliminazione dei raccordi dai tubi del circuito.
3. Montaggio della nuova valvola sul tubo di mandata, e del nuovo detentore sul tubo di ritorno.
4. Montaggio dei nuovi codoli di raccordo alle estremità.
5. Ricollegamento del radiatore ai tubi del circuito.

Prestazioni raggiungibili

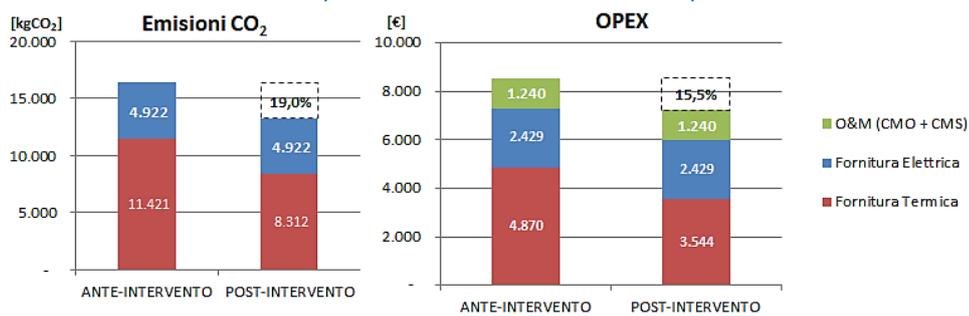
I miglioramenti ottenibili tramite l’attuazione della EEM1 sono riportati nella Tabella 8.1

Tabella 8.1 – Risultati analisi EEM1 – Chiusure verticali trasparenti: sostituzione dei serramenti e installazione di valvole termostatiche

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE
EEM1 Trasmittanza	[W/m ² K]	4,8	1,5	68,8%
Q _{teorico}	[kWh]	58.280	42.416	27,2%
EE _{teorico}	[kWh]	10.886	10.886	0,0%
Q _{baseline}	[kWh]	56.539	41.148	27,2%
EE _{baseline}	[kWh]	10.539	10.539	0,0%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	11.421	8.312	27,2%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	4.922	4.922	0,0%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	16.343	13.234	19,0%
Fornitura Termica, C _Q	[€]	4.870	3.544	27,2%
Fornitura Elettrica, C _{EE}	[€]	2.429	2.429	0,0%
Fornitura Energia, C_E	[€]	7.299	5.974	18,2%
C _{MO}	[€]	1.116	1.116	0,0%
C _{MS}	[€]	124	124	0,0%
O&M (C _{MO} + C _{MS})	[€]	1.240	1.240	0,0%
OPEX	[€]	8.539	7.213	15,5%
Classe energetica	[-]	E	E	stessa classe

Nota: I fattori di emissione per il calcolo delle emissioni di CO₂ sono: 0,202 [kgCO₂/kWh] per il vettore termico e 0,476 [kgCO₂/kWh] per il vettore elettrico
I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,086 [€/kWh] per il vettore termico e 0,231 [€/kWh] per il vettore elettrico

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



EEM2: chiusure verticali opache: isolamento dall'esterno a cappotto

Generalità

La misura prevede la posa di uno strato di materiale isolante con sistema a cappotto sulla chiusura verticale opaca dell'intero edificio al fine di raggiungere un valore di trasmittanza totale per la struttura conforme da quanto incentivabile attraverso il conto termico vigente.

Figura 8.3 – Particolare della facciata da isolare esposta a nord



Caratteristiche funzionali e tecniche

L'isolamento a cappotto consiste nell'applicazione di uno strato di materiale coibente sulle pareti perimetrali verticali all'esterno dell'edificio, in modo da ridurre considerevolmente la dispersione di calore attraverso l'involucro. L'isolamento a cappotto presenta gli ulteriori vantaggi di annullare l'effetto di dissipazione dei ponti termici e di aumentare il comfort interno dell'edificio, grazie ad un innalzamento delle temperature superficiali delle facciate interne.

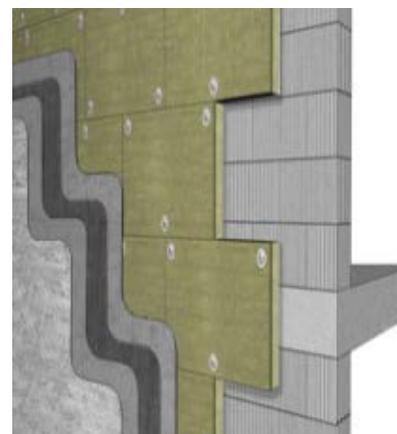
Lana di roccia, conduttività termica lambda **0,037 W/mK**, 150 kg/m³

Spessore isolante: 12 cm

Descrizione dei lavori

Per eseguire una posa del cappotto a regola d'arte è necessario, in primo luogo, fissare al muro, tramite tasselli ad espansione, le basi di partenza. Per la posa del cappotto termico è necessario inoltre selezionare un collante per cappotto idoneo per isolamento termico a cappotto: il collante per cappotto termico si applica con il sistema a cordolo e tre punti centrali, oppure su supporti complanari, con il sistema del collaggio totale con spatola in acciaio inox dentata. Il collante deve ricoprire almeno il 40% della superficie totale del pannello isolante.

Per eseguire correttamente il cappotto termico, durante la posa del cappotto i pannelli isolanti per cappotto devono essere posati a "mattoncino", sfalsati di almeno 25 cm partendo dal basso verso l'alto. Eventuali giunti aperti tra le lastre, durante la posa del cappotto termico, dovranno essere colmati con adeguata schiuma espansa.



I tasselli per l'ancoraggio meccanico, dove necessari, devono essere applicati a due o tre giorni di distanza dalla posa dei pannelli. La tipologia di tassello per la corretta posa del cappotto termico va scelta in base al tipo di supporto su cui si andrà a posare il cappotto termico.

Dopo un periodo di tre/quattro giorni, si applica una prima rasatura di adesivo rasante.

La posa del cappotto termico prevede poi di applicare il primer, una volta che il rasante si è asciugato.

Il rivestimento della facciata deve essere di 1,2 o 1,5 millimetri e deve essere applicato con temperature e umidità idonee, di colore chiaro, usando prodotti vernicianti con indice di riflessione superiore al 25%.

La posa del cappotto termico si conclude infine con l'applicazione di accessori dedicati quali il nastro autoespandente, il profilo per davanzale, giunti di dilatazione.

Prestazioni raggiungibili

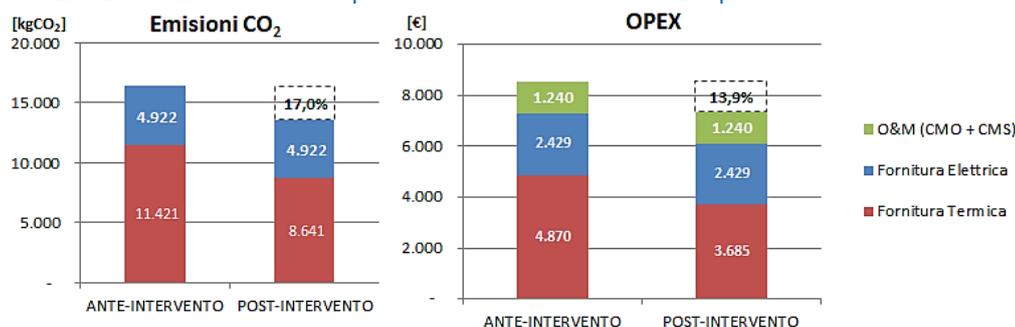
I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione della EEM2 sono riportati nella Tabella 8.2.

Tabella 8.2 – Risultati analisi EEM2 – Chiusure verticali opache: isolamento dall'esterno a cappotto

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE
EEM2 Trasmittanza	[W/m ² K]	1,2	0,24	80,0%
Q _{teorico}	[kWh]	58.280	44.096	24,3%
EE _{teorico}	[kWh]	10.886	10.886	0,0%
Q _{baseline}	[kWh]	56.539	42.778	24,3%
EE _{baseline}	[kWh]	10.539	10.539	0,0%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	11.421	8.641	24,3%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	4.922	4.922	0,0%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	16.343	13.563	17,0%
Fornitura Termica, C _Q	[€]	4.870	3.685	24,3%
Fornitura Elettrica, C _{EE}	[€]	2.429	2.429	0,0%
Fornitura Energia, C_E	[€]	7.299	6.114	16,2%
C _{MO}	[€]	1.116	1.116	0,0%
C _{MS}	[€]	124	124	0,0%
O&M (C _{MO} + C _{MS})	[€]	1.240	1.240	0,0%
OPEX	[€]	8.539	7.354	13,9%
Classe energetica	[-]	E	E	stessa classe

Nota: I fattori di emissione per il calcolo delle emissioni di CO₂ sono: 0,202 [kgCO₂/kWh] per il vettore termico e 0,476 [kgCO₂/kWh] per il vettore elettrico
I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,086 [€/kWh] per il vettore termico e 0,231 [€/kWh] per il vettore elettrico

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



EEM3: copertura piana: isolamento dall'esterno

Generalità

La misura prevede la posa di uno strato di materiale isolante all'estradosso della copertura piana al fine di raggiungere un valore di trasmittanza totale per la struttura orizzontale opaca conforme da quanto incentivabile attraverso il conto termico vigente.

Il sistema comporta l'applicazione al di sopra della struttura esistente, di un nuovo strato isolante, di un nuovo manto impermeabile ed infine e di una eventuale protezione del manto stesso.

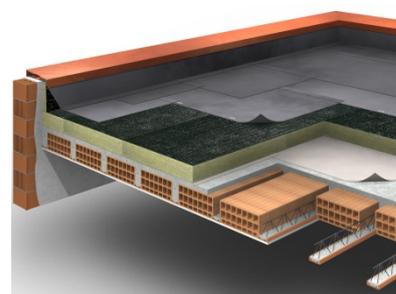
Figura 8.5 - Particolare copertura piana su cui intervenire.



Caratteristiche funzionali e tecniche

Questo tipo di soluzione prevede che l'elemento di tenuta sia posto al di sopra dell'elemento termoisolante realizzando così una copertura continua. È molto importante in questo caso la scelta della membrana impermeabile in quanto, essendo a contatto con gli agenti atmosferici, deve resistere con successo alle sollecitazioni termiche e meccaniche (vento).

La protezione dell'elemento termoisolante dall'umidità proveniente dagli ambienti sottostanti mediante barriera al vapore consente al materiale coibente di mantenere le sue caratteristiche di resistenza alla trasmissione del calore.



Lana di roccia ad alta resistenza meccanica, conduttività termica lambda **0,037 W/mK**, 150 kg/m³

Spessore isolante: 14 cm

Descrizione dei lavori

L'intervento è così articolato:

- verifica della planarità della superficie destinata a ricevere la barriera al vapore ed eliminazione di eventuali asperità;
- posa della barriera al vapore;
- posa a secco dei pannelli isolanti in un unico strato sfalsati, avendo cura di accostarli perfettamente fra loro per non creare ponti termici in corrispondenza dei giunti: si utilizzano, per questo, pannelli con bordi perimetrali a battente;
- stesura dello strato di separazione costituito da un tessuto non tessuto in poliestere
- posa del manto impermeabile

posa di un eventuale strato di protezione della membrana impermeabile

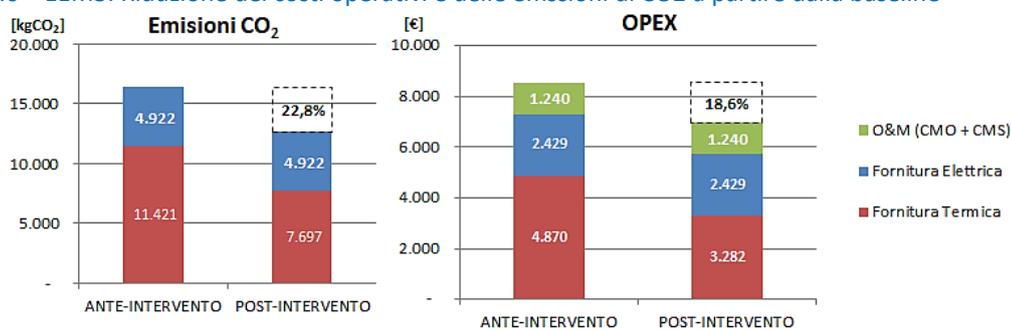
Prestazioni raggiungibili

I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione della EEM3 sono riportati nella Tabella 8.3.

Tabella 8.3 – Risultati analisi EEM3 – Copertura piana: isolamento dall'esterno

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE
EEM3 Trasmittanza	[W/m ² K]	1,5	0,22	85,3%
Q _{teorico}	[kWh]	58.280	39.278	32,6%
EE _{teorico}	[kWh]	10.886	10.886	0,0%
Q _{baseline}	[kWh]	56.539	38.104	32,6%
EE _{baseline}	[kWh]	10.539	10.539	0,0%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	11.421	7.697	32,6%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	4.922	4.922	0,0%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	16.343	12.619	22,8%
Fornitura Termica, C _Q	[€]	4.870	3.282	32,6%
Fornitura Elettrica, C _{EE}	[€]	2.429	2.429	0,0%
Fornitura Energia, C_E	[€]	7.299	5.711	21,8%
C _{MO}	[€]	1.116	1.116	0,0%
C _{MS}	[€]	124	124	0,0%
O&M (C _{MO} + C _{MS})	[€]	1.240	1.240	0,0%
OPEX	[€]	8.539	6.951	18,6%
Classe energetica	[-]	E	E	stessa classe

Nota: I fattori di emissione per il calcolo delle emissioni di CO₂ sono: 0,202 [kgCO₂/kWh] per il vettore termico e 0,476 [kgCO₂/kWh] per il vettore elettrico
 I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,086 [€/kWh] per il vettore termico e 0,231 [€/kWh] per il vettore elettrico

Figura 8.6 – EEM3: Riduzione dei costi operativi e delle emissioni di CO₂ a partire dalla baseline

8.1.2 Impianto riscaldamento

EEM4: installazione di valvole termostatiche, installazione di pompa a giri variabili, isolamento delle tubazioni in centrale termica

Generalità

VALVOLE TERMOSTATICHE

La misura prevede l'installazione di valvole termostatiche su ciascun corpo scaldante.

Su ciascun corpo scaldante verranno sostituite le valvole ed i detentori per permettere l'installazione di testine di termoregolazione a bassa inerzia.

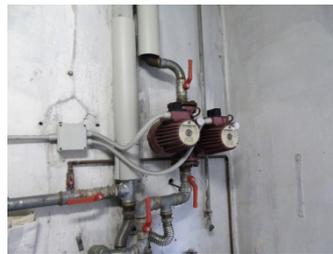
Figura 8.7 – Particolare sistema di emissione



POMPA A PORTATA VARIABILE

La misura prevede la sostituzione dell'attuale circolatore gemellare di mandata dell'impianto di riscaldamento con una pompa gemellare a giri variabili.

Figura 8.8 – Particolare sistema di distribuzione



ISOLAMENTO TUBAZIONI

L'intervento consiste nell'isolamento delle tubazioni in centrale termica, attualmente insufficiente e/o completamente assente in alcuni tratti.

Figura 8.9 - Particolare tubazioni in CT.

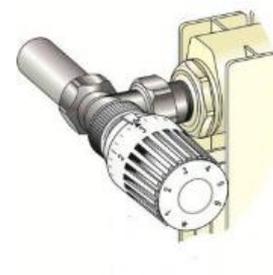


Caratteristiche funzionali e tecniche

VALVOLE TERMOSTATICHE

La valvola termostatica è una valvola la cui apertura è proporzionale alla differenza fra la temperatura impostata dall'utente sul sensore di temperatura chiamato testa termostatica e la temperatura ambiente misurata.

Lo scopo della valvola termostatica è mantenere la temperatura ambiente pari a quella impostata sulla testa termostatica, perciò quando la temperatura ambiente è uguale alla temperatura impostata, la valvola regola in chiusura.



POMPA A PORTATA VARIABILE

In qualunque edificio, le richieste di riscaldamento cambiano continuamente a causa di diversi fattori, tra cui:

- temperatura ambientale;
- cambi di stagione;
- attività umana;
- presenza di altre fonti di calore.

Sia i circolatori a velocità fissa sia quelli a velocità variabile possono soddisfare le richieste di riscaldamento. Lo fanno, però, in modi molto diversi.



Nei sistemi dotati di circolatori a velocità fissa, come quello attualmente installato, la pressione aumenta con il diminuire della portata; è richiesta una valvola bypass di pressione differenziale per ridurre la pressione a carico parziale; il motore funziona sempre alla velocità massima. I circolatori a velocità variabile adattano invece automaticamente la velocità alle continue richieste, consentendo quindi un risparmio energetico.

L'intervento si esegue sempre in presenza di valvole termostatiche a due vie. La chiusura delle valvole termostatiche, infatti, comporta una riduzione della portata idraulica, di conseguenza una pompa di circolazione a giri fissi si troverebbe a lavorare con prevalenze elevatissime. Una pompa a giri variabili è, invece, in grado, attraverso un differenziale di pressione, di percepire la graduale riduzione della portata, causata dalla proporzionale chiusura delle valvole termostatiche, e quindi ridurre il numero di giri, attraverso un inverter, con limitazione della prevalenza data al circuito idraulico. Le pompe a inverter possono funzionare a pressione costante o proporzionale. La scelta e la programmazione dipendono dalle esigenze idrauliche dell'impianto di riscaldamento.

ISOLAMENTO TUBAZIONI

La rete di distribuzione del fluido termovettore è la componente dell'impianto termico con maggior superficie disperdente; gli interventi applicabili per il contenimento del calore sono la coibentazione delle tubazioni, delle valvole e dello scambiatore, ove presente. Considerato che il grado di isolamento delle tubazioni di distribuzione influisce sul rendimento del sottosistema di distribuzione dell'impianto termico, andando così ad influire sull'energia primaria necessaria per soddisfare il fabbisogno termico dell'edificio, il beneficio maggiore ottenibile è l'incremento del rendimento dell'impianto di distribuzione del calore grazie alla riduzione delle dispersioni in ambiente.

Coibentazione per tubazioni (es. materiale a base di poliolefine, reticolato chimicamente ed espanso a cellule chiuse).



Caratteristiche tecniche	Norma
Coefficiente di conducibilità termica a 0 °C (λ)	EN 12667
Coefficiente di conducibilità termica a 40 °C (λ)	EN 12667
Coefficiente di resistenza alla diffusione del vapore acqueo	EN 12086 EN ISO 12572
Densità	EN ISO 845
Spessore	EN ISO 1923
Colore	Spec. BASE
Lunghezza	
Resistenza alla compressione al 10%	EN ISO 3386/1
Permeabilità al vapore acqueo	EN ISO 12572
Assorbimento d'acqua dopo 28 giorni	ISO 2896
Stabilità dimensionale (< 5%)	ISO 2796
Massime temperature di impiego	
Temperatura di impiego con sollecitazione meccanica	

Descrizione dei lavori

VALVOLE TERMOSTATICHE

Fasi di installazione:

1. Scollegamento del radiatore dal vecchio corpo valvola esistente e dal circuito di riscaldamento.
2. Eliminazione dei raccordi dai tubi del circuito.
3. Montaggio della nuova valvola sul tubo di mandata, e del nuovo detentore sul tubo di ritorno.
4. Montaggio dei nuovi codoli di raccordo alle estremità.
5. Ricollegamento del radiatore ai tubi del circuito

POMPA A PORTATA VARIABILE

Fasi di installazione:

1. Svuotamento dell'impianto di riscaldamento.
2. Dopo aver tolto l'alimentazione elettrica e protetto i dispositivi elettrici sottostanti dall'eventuale fuoriuscita d'acqua, scollegamento del cavo di alimentazione del circolatore esistente.
3. Inserimento del nuovo circolatore.
4. Esecuzione dei collegamenti elettrici.
5. Se l'impianto è dotato di una valvola di non ritorno, verifica della pressione di mandata minima impostata (che sia superiore alla pressione di chiusura della valvola di regolazione)

ISOLAMENTO TUBAZIONI

L'isolamento delle tubazioni deve essere dimensionato in modo tale da assicurare una temperatura superficiale minore o uguale a 40°C, e composto da materiali ignifughi; per le valvole invece, si può ipotizzare l'allungamento dell'alberino di manovra per poter applicare adeguatamente la coibentazione, oppure, per non intralciare gli addetti alla manutenzione, può essere prevista una coppella rimovibile, adeguatamente protetta e atta a frequenti rimozioni e ripristini.

Anche per quanto riguarda lo scambiatore di calore, è utile applicare una coibentazione adeguata, al fine di ridurre al minimo la dispersione di calore.

Su impianti in corso di esecuzione, le guaine possono essere infilate sulle tubazioni che non siano soggette a successive ispezioni. Su impianti già esistenti, le guaine devono essere tagliate longitudinalmente. Per l'incollaggio delle superfici tagliate è indicato l'uso di una colla apposita, di elevata tenuta.

Prestazioni raggiungibili

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

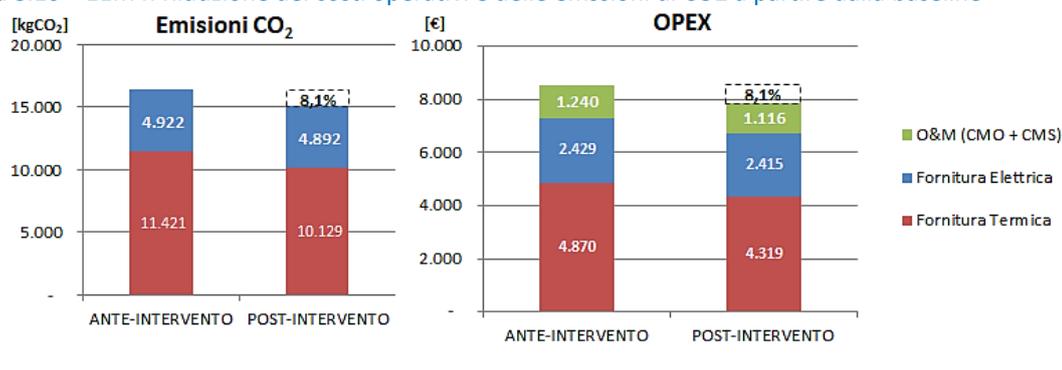
Tabella 8.4 – Risultati analisi EEM4 – installazione di valvole termostatiche, installazione di pompa a giri variabili, isolamento delle tubazioni in centrale termica

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE
EEM4 [rendimento distribuzione]	[%]	86,6	93,3	-7,7%
$Q_{teorico}$	[kWh]	58.280	51.686	11,3%
$EE_{teorico}$	[kWh]	10.886	10.821	0,6%
$Q_{baseline}$	[kWh]	56.539	50.141	11,3%
$EE_{baseline}$	[kWh]	10.539	10.476	0,6%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	11.421	10.129	11,3%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	4.922	4.892	0,6%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	16.343	15.021	8,1%

Fornitura Termica, C _Q	[€]	4.870	4.319	11,3%
Fornitura Elettrica, C _{EE}	[€]	2.429	2.415	0,6%
Fornitura Energia, C_E	[€]	7.299	6.734	7,7%
C _{MO}	[€]	1.116	1.004	10,0%
C _{MS}	[€]	124	112	10,0%
O&M (C _{MO} + C _{MS})	[€]	1.240	1.116	10,0%
OPEX	[€]	8.539	7.849	8,1%
Classe energetica	[-]	E	E	stessa classe

Nota: I fattori di emissione per il calcolo delle emissioni di CO₂ sono: 0,202 [kgCO₂/kWh] per il vettore termico e 0,476 [kgCO₂/kWh] per il vettore elettrico
 I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,086 [€/kWh] per il vettore termico e 0,231 [€/kWh] per il vettore elettrico

Figura 8.10 – EEM4: Riduzione dei costi operativi e delle emissioni di CO₂ a partire dalla baseline



8.1.3 Impianto produzione acqua calda sanitaria

Nessuna EEM prevista in quanto il consumo dell'acqua calda della cucina viene già soddisfatto con un generatore istantaneo, e il boiler del bagno è più che sufficiente per rispondere alle esigenze, pertanto non si ritiene conveniente applicare misure di efficientamento energetico in termini di costi-benefici.

8.1.4 Impianto di ventilazione e climatizzazione estiva

Nessuna EEM prevista perché l'impianto di ventilazione e climatizzazione estiva non è presente.

8.1.5 Impianto di illuminazione ed impianto elettrico

EEM5: installazione di sorgenti luminose ad alta efficienza

Generalità

Il miglioramento delle prestazioni energetiche dell'impianto di illuminazione si può ottenere sostituendo le attuali lampade fluorescenti con lampade a led.

L'intervento interessa tutte le lampade della scuola, e comporta la sostituzione degli apparecchi esistenti con nuovi apparecchi dotati di lampade LED.

Figura 8.11 - Particolare impianto illuminazione su cui intervenire.



Caratteristiche funzionali e tecniche

Alcuni dei vantaggi che si possono ottenere grazie all'utilizzo della tecnologia a led sono i seguenti:

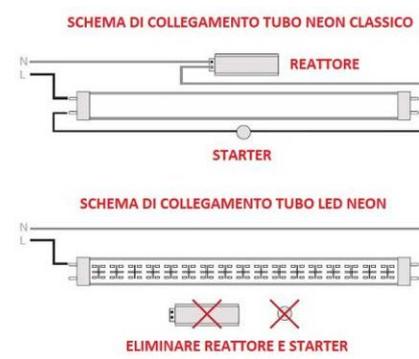
- Risparmio energetico: il consumo dei led è provato nettamente inferiore alle tecnologie tradizionali.
- Durata del ciclo di vita: la durata media di una lampada a LED viene stimata da laboratori specializzati intorno alle 60.000 ore (ovvero 13 anni con un funzionamento di 12 ore/giorno); tale ciclo di vita stimato è tuttavia conservativo; di fatto si stima che può facilmente raggiungere oltre le 80.000 – 100.000 ore (ovvero fino a 23 anni con un uso di 12 ore al giorno). Per fare un confronto con le lampade al sodio ad alta pressione queste hanno una durata di 4.000 – 5.000 ore (tradotto dagli 11 ai 14 mesi sempre con un uso di 12 ore/giorno) e dopo 3.000 ore subiscono una riduzione del 40% del flusso luminoso.
- Qualità della luce: i LED emettono luce bianca che consente di far risaltare in modo ottimale i colori.
- Efficienza luminosa: l'efficienza luminosa di una sorgente di luce è il rapporto tra il flusso luminoso e la potenza in ingresso ed è espressa in lumen/watt. La tecnologia a LED proposta ha una efficienza luminosa che va da **90 lm/W** per il modello standard a **150 lm/W**.
- Salubrità e rischio inquinamento: i LED non contengono gas nocivi alla salute e le emissioni di raggi ultravioletti che possono essere dannose per l'uomo in caso di lunghe esposizioni sono nulle.

Descrizione dei lavori

Per effettuare la sostituzione di un tubo neon classico con tubo led bisogna applicare due modifiche, in quanto il LED richiede una tensione di 220V diretti:

- eliminare lo STARTER
- eliminare il REATTORE connettendo tutti e due i fili sullo stesso morsetto

In questo caso si prevede la sostituzione dell'INTERA PLAFONIERA, cioè andando a sostituire la vecchia plafoniera per tubi neon con un prodotto già privo di alimentatore e starter dotato di apposita certificazione.



Prestazioni raggiungibili

I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione della EEM5 sono riportati nella Tabella 8.7.

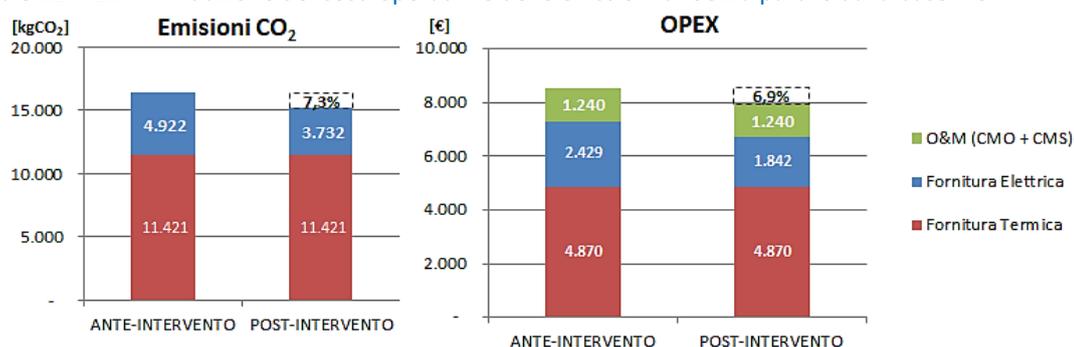
Tabella 8.5 – Risultati analisi EEM5 – Installazione di sorgenti luminose ad alta efficienza

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE
EEM7 [efficienza luminosa]	[lm/W]	84	150	-78,6%
Q _{teorico}	[kWh]	58.280	58.280	0,0%
EE _{teorico}	[kWh]	10.886	8.254	24,2%
Q _{baseline}	[kWh]	56.539	56.539	0,0%
EE _{baseline}	[kWh]	10.539	7.991	24,2%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	11.421	11.421	0,0%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	4.922	3.732	24,2%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	16.343	15.153	7,3%
Fornitura Termica, C _Q	[€]	4.870	4.870	0,0%
Fornitura Elettrica, C _{EE}	[€]	2.429	1.842	24,2%
Fornitura Energia, C_E	[€]	7.299	6.712	8,0%

C_{MO}	[€]	1.116	1.116	0,0%
C_{MS}	[€]	124	124	0,0%
O&M ($C_{MO} + C_{MS}$)	[€]	1.240	1.240	0,0%
OPEX	[€]	8.539	7.952	6,9%
Classe energetica	[-]	E	E	stessa classe

Nota: I fattori di emissione per il calcolo delle emissioni di CO₂ sono: 0,202 [kgCO₂/kWh] per il vettore termico e 0,476 [kgCO₂/kWh] per il vettore elettrico
 I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,086 [€/kWh] per il vettore termico e 0,231 [€/kWh] per il vettore elettrico

Figura 8.12 – EEM7: Riduzione dei costi operativi e delle emissioni di CO₂ a partire dalla baseline



8.1.6 Impianto di generazione da fonti rinnovabili

L'ombreggiamento totale a Sud, dovuto alla presenza di un edificio di diversi piani più alto rispetto a quello oggetto di DE, impedisce lo sfruttamento della superficie di copertura ai fini dell'installazione di pannelli per fotovoltaico e/o solare termico.

9 VALUTAZIONE ECONOMICO-FINANZIARIA

9.1 ANALISI DEI COSTI DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI CONSIDERATI FATTIBILI

EEM1: chiusure verticali trasparenti: sostituzione dei serramenti e installazione di valvole termostatiche

Nella Tabella 9.2 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM 1, che consiste nella sostituzione dei serramenti e installazione di valvole termostatiche.

La realizzazione di tale intervento consentirebbe l'ottenimento degli incentivi previsti dal Conto Termico 2.0, i quali possono essere quantificati in un incentivo complessivo di 13.257 euro.

Tabella 9.1– Stima dell'incentivo da Conto Termico

STIMA INCENTIVO CONTO TERMICO	
Percentuale spesa ammissibile	40%
Costo massimo ammissibile	450 €/m ²
Valore massimo incentivo	100.000 €

Tabella 9.2– Analisi dei costi della EEM1

DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO	PREZZO UNITARIO SCONTATO	TOTALE (IVA ESCLUSA)	IVA	TOTALE (IVA INCLUSA)
				[€/n° o €/m ₂]	[€/n° o €/m ₂]	[€]	[%]	[€]
Smontaggio e recupero delle parti riutilizzabili, incluso accantonamento nell'ambito del cantiere, di: serramenti in legno (misura minima 2,00 m ²)	Prezziario Regione Liguria - voce: 25.A05.H01.110	73,65	mq	10,15	9,23	679,59	22%	829,10
Finestra o portafinestra in PVC apertura ad una o due ante	Prezziario Regione Liguria - voce: PR.A23.A30.010	73,65	mq	328,90	299,00	22.021,35	22%	26.866,05
Posa serramento	Prezziario Regione Liguria - voce: 25.A80.A30.010	73,65	mq	47,62	43,29	3.188,38	22%	3.889,82
Costi per la sicurezza	-	3%	%			776,68	22%	947,55
Costi progettazione (in % su importo lavori)	-	7%	%			1.812,25	22%	2.210,95
TOTALE (I₀ – EEM1-a)						28.478,25	22%	34.743,46

DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO	PREZZO UNITARIO SCONTATO	TOTALE (IVA ESCLUSA)	IVA	TOTALE (IVA INCLUSA)
				[€/n° o €/m ₂]	[€/n° o €/m ₂]	[€]	[%]	[€]
Valvole micrometriche a squadra complete di testa termostatica con elemento sensibile a gas: Ø 15 mm	Prezziario Regione Liguria PR.C17.A15.010	19	cad	35,42	32,20	611,80	22%	746,40
Costi per la sicurezza	-	3%	%			18,35	22%	22,39
Costi progettazione (in % su importo lavori)	-	7%	%			42,83	22%	52,25
TOTALE (I₀ – EEM1-b)						672,98	22%	821,04

Incentivi	Conto termico 2.0	13.257
Durata incentivi		5 anni
Incentivo annuo		2.651

EEM2: chiusure verticali opache: isolamento dall'esterno a cappotto

Nella Tabella 9.4 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM 2, che consiste nella coibentazione della muratura esterna a cappotto.

La realizzazione di tale intervento consentirebbe l'ottenimento degli incentivi previsti dal Conto Termico 2.0, i quali possono essere quantificati in un incentivo complessivo di 13.601 euro.

Tabella 9.3– Stima dell'incentivo da Conto Termico

STIMA INCENTIVO CONTO TERMICO	
Percentuale spesa ammissibile	40%
Costo massimo ammissibile	100 €/m ²
Valore massimo incentivo	400.000 €

Tabella 9.4– Analisi dei costi della EEM2

DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO	PREZZO UNITARIO SCONTATO	TOTALE (IVA ESCLUSA)	IVA	TOTALE (IVA INCLUSA)
				[€/n° o €/m ²]	[€/n° o €/m ²]	[€]	[%]	[€]
Posa di isolamento termico-acustico superfici verticali (intercapedini e simili)	Prezziario Regione Liguria - voce: 25.A44.A30.010	340,03	m ²	13,98	12,71	4.321,47	22%	5.272,20
Pannelli rigidi in lana di roccia della densità di 150 kg/mc e lambda pari a 0,037 W/mK	Prezziario Regione Liguria - voce: PR.A17.Y04.010	4080,36	m ² cm	2,00	1,82	7.418,84	22%	9.050,98
Intonaco esterno in malta cementizia	Prezziario Regione Liguria - voce: 1.16.1.A10	340,03	m ²	21,79	19,81	6.735,69	22%	8.217,54
Strato aggrappante a base di cemento portland, sabbie classificate e additivi specifici	Prezziario Regione Liguria - voce: 20.A54.A10.010	340,03	m ²	5,32	4,84	1.644,51	22%	2.006,30
Strato di fondo a base di calce idrata, cemento portland, sabbie classificate e additivi specifici	Prezziario Regione Liguria - voce: 20.A54.A10.020	340,03	m ²	19,79	17,99	6.117,45	22%	7.463,29
Strato di finitura a base di calce idrata, cemento portland, sabbie classificate e additivi specifici	Prezziario Regione Liguria - voce: 20.A54.A10.030	340,03	m ²	7,91	7,19	2.445,12	22%	2.983,05
Strollato tirato a fratazzo su pareti verticali o soffitti	Prezziario Regione Liguria - voce: 20.A54.A10.040	340,03	m ²	13,48	12,25	4.166,91	22%	5.083,63
Tinteggiatura superfici murarie esterne con idropittura acrilica (prime due mani)	Prezziario Regione Liguria - voce: 0.A90.A20.010	340,03	m ²	5,98	5,44	1.848,53	22%	2.255,20
Ponteggio: nolo, montaggio e smontaggio per il primo mese	Prezziario Regione Liguria - voce: 95.B10.S10.010	413,68	m ²	14,03	12,75	5.276,30	22%	6.437,09
Noleggio per ponteggio per ogni mese successivo al primo	Prezziario Regione Liguria - voce:	413,68	m ² /mese	1,30	1,18	488,89	22%	596,45

95.B10.S10.015

Costi per la sicurezza	-	3%	%	1.213,91	22%	1.480,97
Costi progettazione (in % su importo lavori)	-	7%	%	2.832,46	22%	3.455,60
TOTALE (I₀ – EEM2)				44.510,08	22%	54.302,30

Incentivi	Conto termico 2.0	13.601
Durata incentivi		5 anni
Incentivo annuo		2.720

EEM3: copertura piana: isolamento dall'esterno

Nella Tabella 9.6 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM 3, che consiste nella posa di isolamento sulla copertura piana.

La realizzazione di tale intervento consentirebbe l'ottenimento degli incentivi previsti dal Conto Termico 2.0, i quali possono essere quantificati in un incentivo complessivo di 8.941 euro.

Tabella 9.5– Stima dell'incentivo da Conto Termico

STIMA INCENTIVO CONTO TERMICO	
Percentuale spesa ammissibile	40%
Costo massimo ammissibile	200 €/m ²
Valore massimo incentivo	400.000 €

Tabella 9.6 Analisi dei costi della EEM3

DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO	PREZZO UNITARIO SCONTATO	TOTALE (IVA ESCLUSA)	IVA	TOTALE (IVA INCLUSA)
				[€/n° o €/m ₂]	[€/n° o €/m ₂]	[€]	[%]	[€]
Posa isolamento termo-acustico superfici orizzontali (coperture e simili)	Prezziario Regione Liguria - voce: 25.A44.A50.010	323	mq	6,55	5,95	1.923,32	22%	2.346,45
Membrana elastoplastomerica munita di adesivo incorporata	Prezziario Regione Liguria - voce: PR.A18.A25.039	323	mq	5,67	5,15	1.664,92	22%	2.031,20
Pannelli rigidi in lana di roccia della densità di 150 kg/mc e lambda pari a 0,037 W/mK	Prezziario Regione Liguria - voce: PR.A17.Y04.010	4522	mq cm	2,00	1,82	8.221,82	22%	10.030,62
Ponteggio: nolo, montaggio e smontaggio per il primo mese	Prezziario Regione Liguria - voce: 95.B10.S10.010	380	mq	14,03	12,75	4.846,73	22%	5.913,01
Costi per la sicurezza	-	3%	%			499,70	22%	609,64
Costi progettazione (in % su importo lavori)	-	7%	%			1.165,97	22%	1.422,49
TOTALE (I₀ – EEM1)						18.322,46	22%	22.353,40
Incentivi	Conto termico 2.0							8.941
Durata incentivi								5 anni
Incentivo annuo								1.788

EEM4: installazione valvole termostatiche, installazione pompa a giri variabili, isolamento delle tubazioni in centrale termica

Nella Tabella 9.7 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM 4, che consiste nell'isolamento delle tubazioni presenti nel locale caldaia.

La realizzazione di tale intervento non è soggetta a incentivi.

Tabella 9.7– Analisi dei costi della EEM4

DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO	PREZZO UNITARIO SCONTATO	TOTALE (IVA ESCLUSA)	IVA	TOTALE (IVA INCLUSA)
				[€/n° o €/m ₂]	[€/n° o €/m ₂]	[€]	[%]	[€]
Valvole micrometriche a squadra complete di testa termostatica con elemento sensibile a gas: Ø 15 mm	Prezziario Regione Liguria PR.C17.A15.010	19	cad	35,42	32,20	611,80	22%	746,40
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 40, PN6-10, prevalenza da 1 a 8 m, portata da 1 a 12 m ³ /h	Prezziario Regione Liguria PR.C47.H10.115	1	cad	€ 1.916,48	€ 1.742,25	€ 1.742,25	22%	2.125,55
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: fino a 40 mm	Prezziario Regione Liguria 40.E10.A10.010	1	cad	€ 43,05	€ 39,14	€ 39,14	22%	47,75
Interruttore automatico magnetotermico con potere di interruzione 4,5KA bipolare fino a 32 A - 230 V	Prezziario Regione Liguria PR.E40.B05.210	1	cad	€ 22,69	€ 20,63	€ 20,63	22%	25,17
Costi per la sicurezza	-	3%	%			72,41	22%	88,35
Costi progettazione (in % su importo lavori)	-	7%	%			168,97	22%	206,14
TOTALE (I₀ – EEM4-a+b)						2.655,20	0,22	3.239,34

DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO	PREZZO UNITARIO SCONTATO	TOTALE (IVA ESCLUSA)	IVA	TOTALE (IVA INCLUSA)
				[€/n° o €/m ₂]	[€/n° o €/m ₂]	[€]	[%]	[€]
Coibentazione per tubazioni con elastomero espanso, compresa posa in opera - DN40	Prezziario Comune di Milano - voce: 1M.16.040.0030.e	2,5	m	18,05	16,41	41,02	22%	50,05
Costi per la sicurezza	-	3%	%			1,23	22%	1,50
Costi progettazione (in % su importo lavori)	-	7%	%			2,87	22%	3,50
TOTALE (I₀ – EEM4-c)						45,13	22%	55,05

EEM5: installazione di sorgenti luminose ad alta efficienza

Nella Tabella 9.12 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM 5, che consiste nella sostituzione delle attuali lampade fluorescenti in favore di apparecchi LED.

La realizzazione di tale intervento consentirebbe l'ottenimento degli incentivi previsti dal Conto Termico 2.0, i quali possono essere quantificati in un incentivo complessivo di 2.620 euro.

Tabella 9.11– Stima dell'incentivo da Conto Termico

STIMA INCENTIVO CONTO TERMICO	
Percentuale spesa ammissibile	40%
Costo massimo ammissibile	35 €/m ²
Valore massimo incentivo	70.000 €

Tabella 9.12– Analisi dei costi della EEM5

DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO	PREZZO UNITARIO SCONTATO	TOTALE (IVA ESCLUSA)	IVA	TOTALE (IVA INCLUSA)
				[€/n° o €/m ₂]	[€/n° o €/m ₂]	[€]	[%]	[€]
Rimozione e smaltimento di corpo illuminante	Prezziario Comune di Milano - voce: 1E.02.070.0020	33	cad	5,73	5,21	171,90	22%	209,72
Plafoniera per installazione a soffitto o a sospensione - lampada led 4000K 3700lm potenza 31 W - modulo da 600x600 mm	Prezziario Comune di Milano - voce: 1E.06.060.0120.b	4	cad	246,63	224,21	896,84	22%	1.094,14
Plafoniera per installazione a soffitto o a sospensione - lampada led 4000K 3700lm potenza 31 W - modulo da 300x1200 mm	Prezziario Comune di Milano - voce: 1E.06.060.0120.a	5	cad	260,87	237,15	1.185,77	22%	1.446,64
Plafoniera a tenuta stagna per installazione diretta a parete o a soffitto - monolampada led 4000K 2800 lm potenza 29 W - lunghezza 1600 mm	Prezziario Comune di Milano - voce: 1E.06.060.0140.c	15	cad	139,50	126,82	1.902,27	22%	2.320,77
Plafoniera a tenuta stagna per installazione diretta a parete o a soffitto - monolampada led 4000K 1600 lm potenza 13 W - lunghezza 690 mm	Prezziario Comune di Milano - voce: 1E.06.060.0140.a	4	cad	96,24	87,49	349,96	22%	426,96
Plafoniera a tenuta stagna per installazione diretta a parete o a soffitto - bilampada led 4000K 7500 lm potenza 56 W - lunghezza 1600 mm	Prezziario Comune di Milano - voce: 1E.06.060.0140.f	2	cad	183,70	167,00	334,00	22%	407,48
Lampade a led corpo ceramico, temperatura di colore 2700° K - potenza 6 W	Prezziario Comune di Milano - voce: 1E.06.060.0180.b	3	cad	14,85	13,50	40,50	22%	49,41
Costi per la sicurezza	-	3%	%			146,44	22%	178,65
Costi progettazione (in % su importo lavori)	-	7%	%			341,69	22%	416,86
TOTALE (I₀– EEM5)						5.369,37	22%	6.550,63
Incentivi	Conto termico 2.0							2.620
Durata incentivi								5 anni
Incentivo annuo								524

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.

In attuazione delle disposizioni di cui all'articolo 7, comma 6 del decreto legislativo 102/2014, le amministrazioni pubbliche che optino, anche per il tramite di una ESCO, per la procedura di prenotazione dell'incentivo del Conto Termico, possono richiedere l'erogazione di una rata di acconto al momento della comunicazione dell'avvio dei lavori e di una rata di saldo a seguito della sottoscrizione della scheda-contratto. A tal fine, il GSE eroga la rata di acconto entro 60 giorni dalla ricezione della comunicazione di avvio dei lavori suddetta. La rata di acconto è pari ai due quinti del beneficio complessivamente riconosciuto, se la durata dell'incentivo è di cinque anni, ovvero al 50%, nel caso in cui la durata sia di due anni.

Gli indicatori economici d'investimento utilizzati sono:

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

Essi sono così definiti:

1) Tempo di ritorno semplice (TRS):

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

Dove:

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

2) Tempo di ritorno attualizzato (TRA):

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

Dove:

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

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

Dove:

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

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

3) Valore Attuale Netto (VAN) del progetto:

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

Dove:

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

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

5) Indice di Profitto (IP):

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

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

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

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

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

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

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

EEM1: chiusure verticali trasparenti: sostituzione dei serramenti e installazione di valvole termostatiche

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

Tabella 9.1 – Risultati dell’analisi di convenienza della EEM1

PARAMETRO FINANZIARIO		U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	I_0	€	35.564
Oneri Finanziari % I_0	OF	[%]	3,0%
Aliquota IVA	%IVA	[%]	22,0%
Anno recupero erariale IVA	n_{IVA}	anni	3
Vita utile	n	anni	30
Incentivo annuo	B	€/anno	2.651
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	23,9	14,6
Tempo di rientro attualizzato	TRA	40,1	24,6
Valore attuale netto	VAN	- 9.217	2.587
Tasso interno di rendimento	TIR	1,4%	4,9%
Indice di profitto	IP	-0,26	0,07

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

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

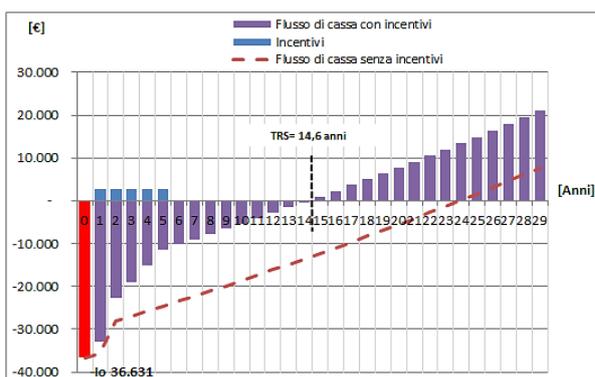
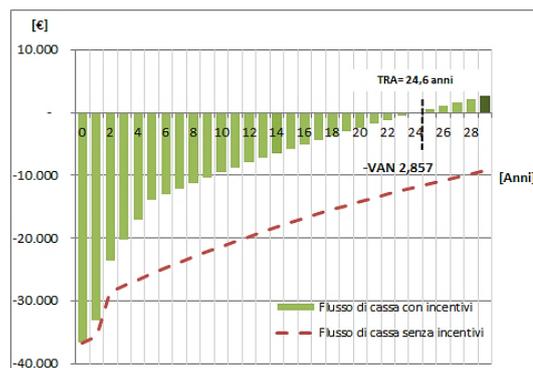


Figura 9.2 – EEM1: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



Dall’analisi effettuata è emerso che la EEM1 risulta economicamente fattibile ma con TRA che si avvicina al limite di vita utile, ciononostante la si consiglia per il miglioramento dell’efficienza del sistema edificio-impianto e del comfort degli utenti.

EEM2: chiusure verticali opache: isolamento dall’esterno a cappotto

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

Tabella 9.2 – Risultati dell’analisi di convenienza della EEM2

PARAMETRO FINANZIARIO		U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	I_0	€	54.302
Oneri Finanziari % I_0	OF	[%]	3,0%
Aliquota IVA	%IVA	[%]	22,0%
Anno recupero erariale IVA	n_{IVA}	anni	3
Vita utile	n	anni	30
Incentivo annuo	B	€/anno	2.720
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	38,4	28,3
Tempo di rientro attualizzato	TRA	59,4	41,6
Valore attuale netto	VAN	- 27.668	- 15.558
Tasso interno di rendimento	TIR	-1,8%	0,2%
Indice di profitto	IP	-0,51	-0,29

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

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

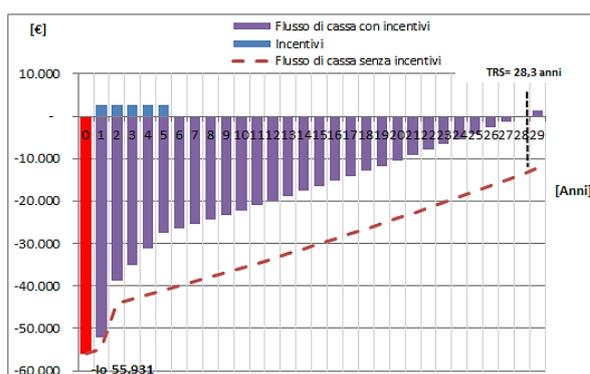
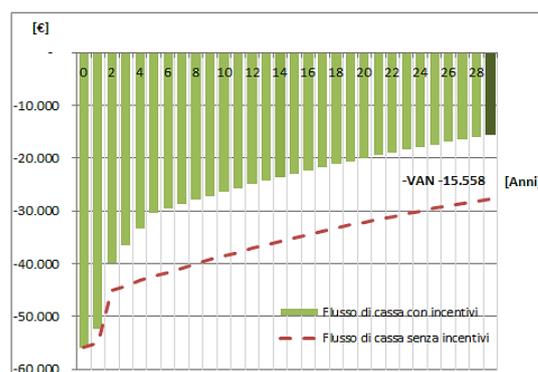


Figura 9.4 – EEM2: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



Dall’analisi effettuata è emerso che la EEM2 non risulta economicamente vantaggiosa; si tratta tuttavia di un intervento sull’involucro che ridurrebbe significativamente la dispersione termica e, di conseguenza, il fabbisogno per il riscaldamento.

EEM3: copertura piana: isolamento dall’esterno

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

Tabella 9.3 – Risultati dell’analisi di convenienza della EEM3

PARAMETRO FINANZIARIO		U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	I_0	€	22.353
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	1.788
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	13,4	7,7
Tempo di rientro attualizzato	TRA	19,6	10,6
Valore attuale netto	VAN	6.438	14.399
Tasso interno di rendimento	TIR	6,4%	10,5%
Indice di profitto	IP	0,29	0,64

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

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

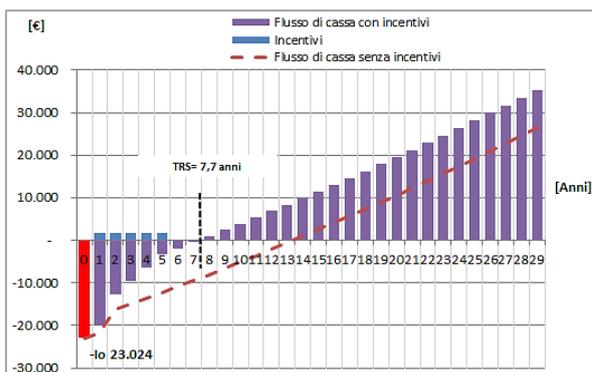
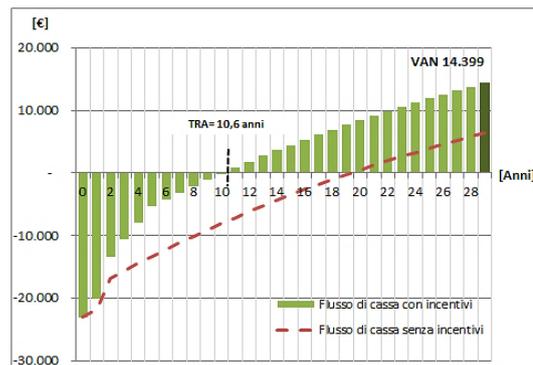


Figura 9.6 – EEM3: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



Dall’analisi effettuata è emerso che la EEM3 risulta economicamente vantaggiosa e prioritaria per il miglioramento dell’efficienza del sistema edificio-impianto e del comfort degli utenti.

EEM4: installazione valvole termostatiche, installazione pompa a giri variabili, isolamento tubazioni in centrale termica

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

Tabella 9.4 – Risultati dell’analisi di convenienza della EEM4

PARAMETRO FINANZIARIO		U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	I_0	€	3.294
Oneri Finanziari % I_0	OF	[%]	3,0%
Aliquota IVA	%IVA	[%]	22,0%
Anno recupero erariale IVA	n_{IVA}	anni	3
Vita utile	n	anni	15
Incentivo annuo	B	€/anno	-
Durata incentivo	n_B	anni	5
Tasso di attualizzazione	i	[%]	3,5%

INDICE FINANZIARIO DI PROGETTO		VALORE SENZA INCENTIVI	VALORE CON INCENTIVI
Tempo di rientro semplice	TRS	4,8	4,8
Tempo di rientro attualizzato	TRA	5,6	5,6
Valore attuale netto	VAN	3.589	3.589
Tasso interno di rendimento	TIR	18,2%	18,2%
Indice di profitto	IP	1,09	1,09

I flussi di cassa rappresentativi dell’analisi sono riportati in Figura 9.7 e Figura 9.8.

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

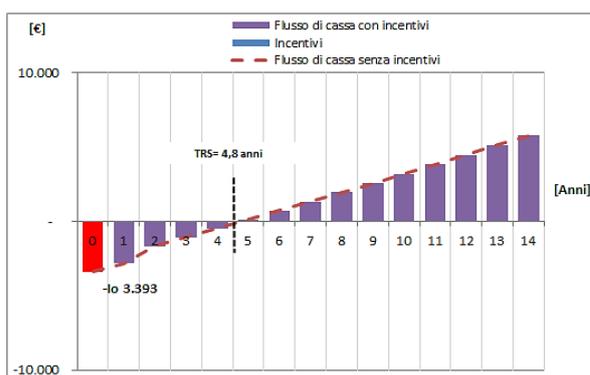
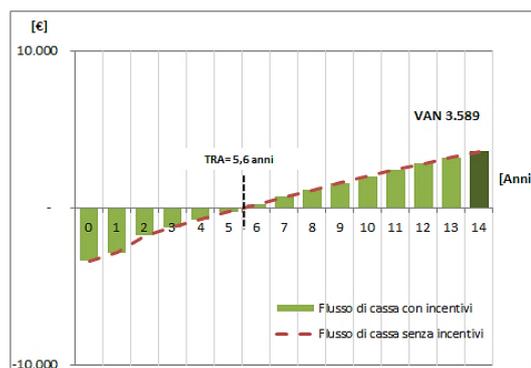


Figura 9.8 – EEM4: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



Dall’analisi effettuata è emerso che la EEM4 risulta economicamente molto vantaggiosa.

EEM5: installazione di sorgenti luminose ad alta efficienza

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

Tabella 9.5 – Risultati dell'analisi di convenienza della EEM5

PARAMETRO FINANZIARIO		U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	I_0	€	6.551
Oneri Finanziari % I_0	OF	[%]	3,0%
Aliquota IVA	%IVA	[%]	22,0%
Anno recupero erariale IVA	n_{IVA}	anni	3
Vita utile	n	anni	8
Incentivo annuo	B	€/anno	524
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	11,4	5,9
Tempo di rientro attualizzato	TRA	13,1	8,4
Valore attuale netto	VAN	- 2.629	296
Tasso interno di rendimento	TIR	-9,2%	2,6%
Indice di profitto	IP	-0,40	-0,05

I flussi di cassa rappresentativi dell'analisi sono riportati in Figura 9.13 e Figura 9.14.

Figura 9.9 –EEM7: Flussi di Cassa, con e senza incentivi

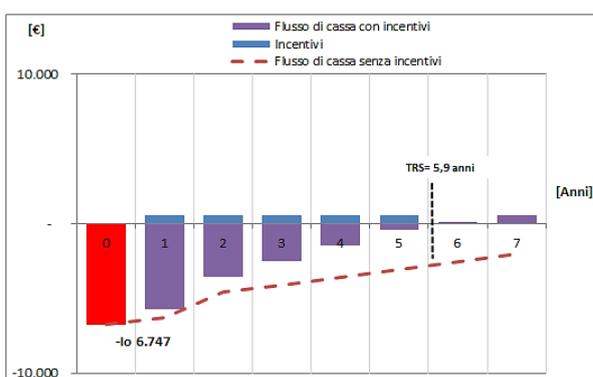
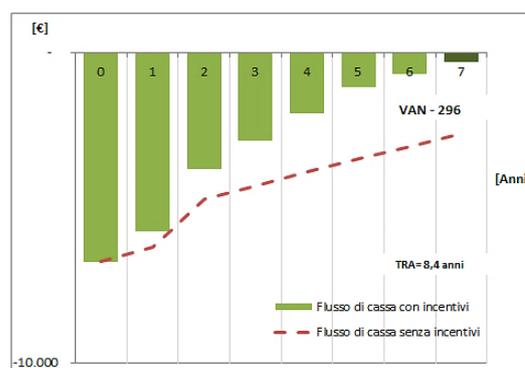


Figura 9.10 – EEM7: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



Dall'analisi effettuata è emerso che la EEM5 risulta economicamente sostenibile in termini di TRS. Il TRA coincide con il tempo di vita utile che, tuttavia, è basso per la tipologia di lampada che si andrebbe a installare; il LED è infatti caratterizzato da tempi di vita generalmente maggiori. Di conseguenza la EEM è da considerarsi sostenibile e vantaggiosa, ed è quindi consigliata al fine della riduzione del consumo elettrico e dell'adeguamento dell'efficienza luminosa.

Sintesi

La sintesi della valutazione economico – finanziaria delle EEM proposte è riportata in Tabella 9.15 e in Tabella 9.16.

Tabella 9.6 – 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	ANNI	VAN	TIR	IP
	[%]	[%]	[€/anno]	[€/anno]	[€/anno]	[€]	[anni]	[anni]	[n]	[€]	[%]	[-]
EEM 1	18,2	19,0	1.326	0	0	35.564	23,9	>30	30	-9.217	1,4	-0,26
EEM 2	16,2	17,0	1.185	0	0	54.302	38,4	>30	30	-27.668	-1,8	-0,51
EEM 3	21,8	22,8	1.588	0	0	22.353	13,4	19,6	30	6.438	6,4	0,29
EEM 4	7,7	8,1	566	112	12	3.294	4,8	5,6	15	3.589	18,2	1,09
EEM 5	8,0	7,3	587	0	0	6.551	11,4	13,1	8	-2.629	-9,2	-0,40

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 con un risparmio energetico maggiore sono quelli sull'involucro; essi comportano però investimenti onerosi che si riflettono su tempi di ritorno non appetibili. Ciononostante gli interventi sull'involucro sarebbero proprio quelli da preferire nell'ottica di un vero efficientamento dell'edificio. Tra le misure che riguardano l'involucro, la più sostenibile risulta essere la EEM3.

Tabella 9.7 – 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	ANNI	VAN	TIR	IP
	[%]	[%]	[€/anno]	[€/anno]	[€/anno]	[€]	[anni]	[anni]	[n]	[€]	[%]	[-]
EEM 1	18,2	19,0	1.326	0	0	35.564	14,6	>25	30	2.587	4,9	0,07
EEM 2	16,2	17,0	1.185	0	0	54.302	>25	>25	30	-15.558	0,2	-0,29
EEM 3	21,8	22,8	1.588	0	0	22.353	7,7	10,6	30	14.399	10,5	0,64
EEM 4	7,7	8,1	566	112	12	3.294	4,8	5,6	15	3.589	18,2	1,09
EEM 5	8,0	7,3	587	0	0	6.551	5,9	8,4	8	-296	2,6	-0,05

Dall'analisi dei risultati considerando gli incentivi del Conto Termico emerge che i tempi di ritorno degli investimenti diminuiscono in modo proporzionale. In particolare la EEM3 diviene del tutto vantaggiosa, mentre le altre sull'involucro continuano a non essere sostenibili.

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 intendere accettabili le soluzioni che verificano i seguenti scenari economici:

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

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

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

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

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

Dove:

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

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

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

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

Essi sono così definiti:

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

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

Dove:

- FCO_n sono i flussi di cassa operativi nell’anno corrente n-esimo;
- K_n è la quota capitale da rimborsare nell’anno n-esimo;
- I_n è la quota interessi da ripagare nell’anno 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: [EEM4 + EEM5]:** Tale scenario consiste nella coibentazione delle tubazioni in centrale termica ed efficientamento dei sistemi di regolazione e distribuzione, rispettivamente mediante installazione di valvole termostatiche sui radiatori e installazione di circolatore a portata variabile, unitamente all’efficientamento degli apparecchi di illuminazione interna.
- **Scenario 2: [EEM3 + EEM4]:** Tale scenario consiste nell’isolamento della copertura piana unitamente alla coibentazione delle tubazioni in centrale termica ed efficientamento dei sistemi di regolazione e distribuzione, rispettivamente mediante installazione di valvole termostatiche sui radiatori e installazione di circolatore a portata variabile.

9.3.1 Scenario 1: EEM4 + EEM5

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

- EEM 4: installazione valvole termostatiche, installazione pompa a giri variabili, isolamento tubazioni in centrale termica
- EEM 5: installazione di sorgenti luminose ad alta efficienza (LED)

Tabella 9.8 – Combinazione di EEM proposta per lo scenario 1

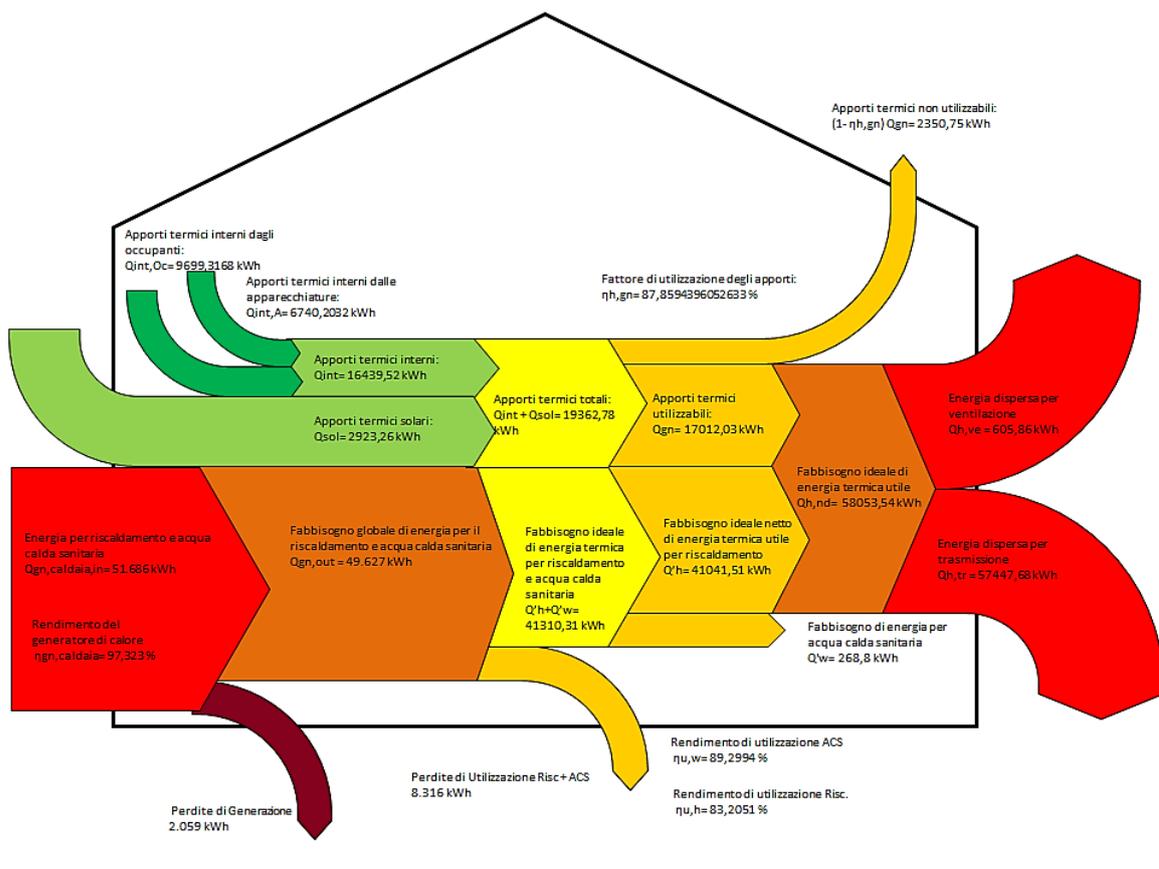
VOCE INVESTIMENTO	TOTALE (IVA ESCLUSA)	IVA AI 22%	TOTALE (IVA INCLUSA)
	[€]	[€]	[€]
EEM4 Fornitura & Posa	2.454,84	540,065	2.994,91
EEM5 Fornitura & Posa	4.881	1.073,874	5.955,12
Costi per la sicurezza	220	48,42	268,50
Costi per la progettazione	514	112,97	626,50
TOTALE (I₀)	8.069,70	1.775,33	9.845,03
VOCE MANUTENZIONE	C _{MO} (IVA INCLUSA)	C _{MS} (IVA INCLUSA)	C _M (IVA INCLUSA)
	[€]	[€]	[€]
EEM4 O&M	1.004	112	1116
EEM6 O&M	-	-	-
TOTALE (C_M)	1.004	112	1116
VOCE INCENTIVO	DESCRIZIONE	TOTALE (IVA INCLUSA)	
		[€]	
Incentivi	Conto termico	2.620	
Durata incentivi		5	
Incentivo annuo		524	

Tabella 9.9– Stima dell’incentivo da Conto Termico

STIMA INCENTIVO CONTO TERMICO	
Percentuale spesa ammissibile per EEM4	n/a
Percentuale spesa ammissibile per EEM5	40%
Costo massimo ammissibile per EEM4	n/a
Costo massimo ammissibile per EEM5	35 €/m ²
Valore massimo incentivo EEM4	n/a
Valore massimo incentivo EEM5	70.000 €

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

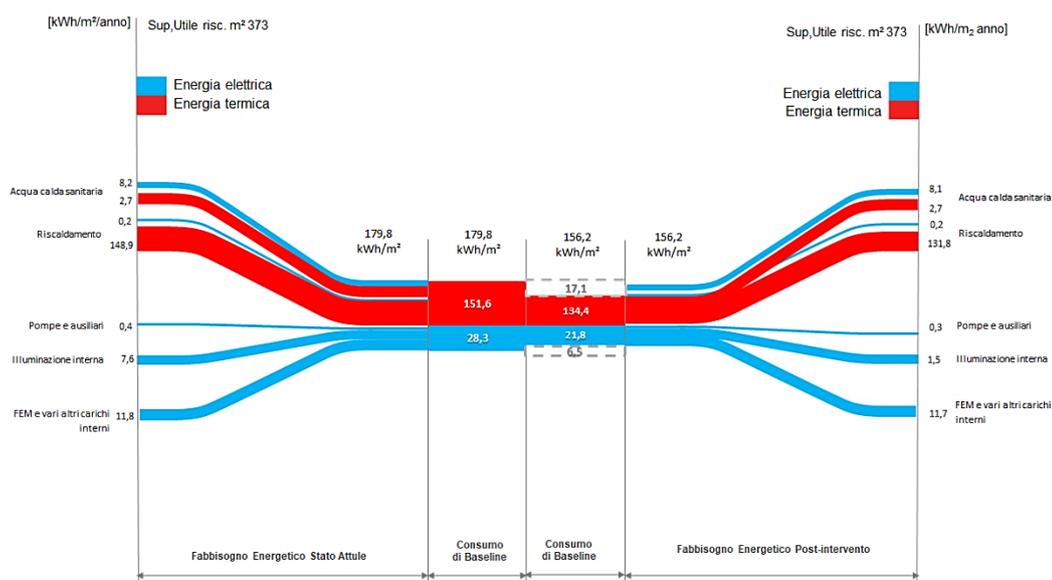
Figura 9.11 – Scenario 1: Diagramma di Sankey relativo al fabbisogno termico post intervento



Dall'analisi dei diagrammi di Sankey relativo al fabbisogno termico dell'edificio post intervento è possibile notare che non emerge la presenza di una quota di energia recuperata, nonostante la caldaia a condensazione; questo è dovuto al fatto che, con il metodo di calcolo utilizzato dal software (UNI TS 11300), il generatore non risulta operare in condensazione.

Il rendimento del generatore è del 97%, il fattore di utilizzazione degli apporti è pari a 88% mentre i rendimenti di utilizzazione per il riscaldamento e ACS sono rispettivamente pari a 83% e 89%.

Figura 9.12 – Scenario 1: Bilancio energetico complessivo dell'edificio post intervento



I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione dello Scenario 1 sono riportati nella Tabella 9.18 e nella Figura 9.17

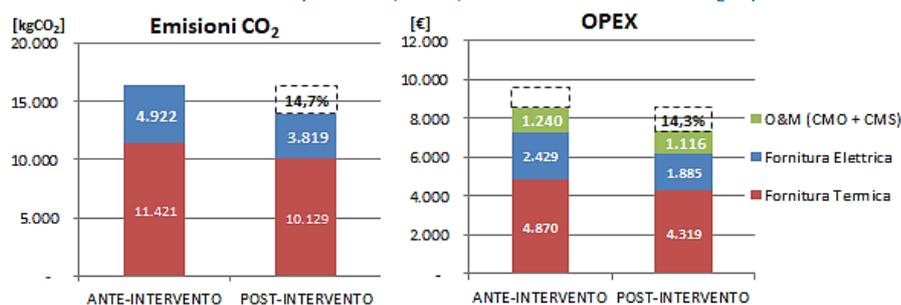
Tabella 9.10 – Risultati analisi SCN1 – EEM4+ EEM5

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
EEM5 [efficienza luminosa]	[W/m²K]	82	150	-82,9%
EEM4-a [rendimento distribuzione]	[%]	86,6	93,3	-7,7%
EEM4-b [rendimento regolazione]	[%]	93	97	-4,3%
$Q_{teorico}$	[kWh]	58.280	51.686	11,3%
$EE_{teorico}$	[kWh]	10.886	8.448	22,4%
$Q_{baseline}$	[kWh]	56.539	50.141	11,3%
$EE_{baseline}$	[kWh]	10.539	8.178	22,4%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	11.421	10.129	11,3%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	4.922	3.819	22,4%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	16.343	13.948	14,7%
Fornitura Termica, C_Q	[€]	4.870	4.319	11,3%
Fornitura Elettrica, C_{EE}	[€]	2.429	1.885	22,4%
Fornitura Energia, C_E	[€]	7.299	6.204	15,0%
C_{MO}	[€]	1.116	1.004	10,0%

C_{MS}	[€]	124	112	10,0%
O&M ($C_{MO} + C_{MS}$)	[€]	1.240	1.116	10,0%
OPEX	[€]	8.539	7.320	14,3%
Classe energetica	[-]	E	E	stessa classe

Nota: I fattori di emissione per il calcolo delle emissioni di CO₂ sono: 0,202 [kgCO₂/kWh] per il vettore termico e 0,476 [kgCO₂/kWh] per il vettore elettrico. I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,086 [€/kWh] per il vettore termico e 0,231 [€/kWh] per il vettore elettrico.

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



E' stato quindi possibile presentare un modello semplificato di Piano Economico Finanziario (PEF) indicativo, i cui calcoli di dettaglio sono riportati all'Allegato L – Piano Economico Finanziario scenari. I risultati dell'analisi sono riportati nella Tabella 9.19, Tabella 9.20 e Tabella 9.21 e nelle successive figure.

Tabella 9.11 – Parametri finanziari dell'analisi di redditività dello SCN1–EEM1+EEM3+EEM4

PARAMETRI FINANZIARI		
Anni Costruzione	n_i	1
Anni Gestione Servizio	n_s	14
Anni Concessione	n	15
Anno inizio Concessione	n_0	2020
Anni dell'ammortamento	n_A	10
Saggio Cassa Deposito e Prestiti	k_{CdP}	2,00%
Costo Capitale Azienda	WACC	4,00%
$k_{progetto} = \text{Max}(WACC; k_{CdP})$	$k_{progetto}$	4,00%
Inflazione ISTAT	f	0,50%
deriva dell'inflazione	f'	0,70%
%, interessi debito	k_D	3,82%
%, interessi equity	k_E	9,00%
Aliquota IRES	IRES	24,0%
Aliquota IRAP	IRAP	3,9%
Aliquota fiscale	τ	27,90%
Anni debito (finanziamento)	n_D	7
Anni Equity	n_E	14
Costi d'Investimento diretti, IVA incl.	I_0	€ 9.845
Oneri Finanziari (costi indiretti)	%Of	3,00%
Costi d'Investimento indiretti, IVA incl.	Of	€ 295
Costi d'Investimento (diretti+Indiretti) , IVA incl.	CAPEX	€ 10.140
%CAPEX a Debito	D	80,0%
%CAPEX a Equity	E	20,00%

Debito	I_D	€	8.112
Equity	I_E	€	2.028
Fattore di annualità Debito	FA_D		6,13
Rata annua debito	q_D	€	1.322
Costo finanziamento, $(D+INT_D)$	$q_D * n_D$	€	9.257
Costi per interessi debito, INT_D	$INT_D = q_D * n_D - D$	€	1.145

Tabella 9.12 – Parametri Economici dell'analisi di redditività dello SCN1

PARAMETRI ECONOMICI			
Costo annuo energia pre-intervento, IVA escl.	C_{E0}	€	5.983
Costo annuo O&M pre-intervento, IVA escl.	C_{M0}	€	1.016
Spesa PA pre-intervento (Baseline)	$C_{Baseline}$	€	6.999
Altri costi di gestione ESCo post-intervento, IVA escl.	C_{Altro}	€	-
Riduzione% costi fornitura Energia	$\% \Delta C_E$		15,8%
Riduzione% costi O&M	$\% \Delta C_M$		10,0%
Obiettivo riduzione spesa PA	$\% C_{Baseline}$		0,0%
Risparmio annuo PA garantito	45,6%	€	533
Risparmio annuo PA immediato durante la gestione	Risp.IM	€	-
Risparmio PA durante la concessione	14%	€	11.026
Risparmio annuo PA al termine della concessione	Risp.Term.	€	1.253
N° di Canoni annuali	anni		14
Utile lordo della ESCO	$\% CAPEX$		0,93%
Costo Contrattuale ESCO €/anno IVA escl.	C_{ESCO}	€	7
Costi FTT €/anno IVA escl.	C_{FTT}	€	82
Costi CAPEX €/anno IVA escl.	C_{CAPEX}	€	444
Canone O&M €/anno	CnM	€	949
Canone Energia €/anno	CnE	€	5.517
Canone Servizi €/anno IVA escl.	CnS	€	6.466
Canone Disponibilità €/anno IVA escl.	CnD	€	533
Canone Totale €/anno IVA escl.	Cn	€	6.999
Aliquota IVA %	IVA		22%
Rimborso erariale IVA	R_{IVA}	€	1.775
Ricavi da Incentivi, esenti d'IVA	R_B	€	2.148
Durata Incentivi, anni	n_B		5
Inizio erogazione Incentivi, anno			2022

Tabella 9.13 – Risultati dell'analisi di redditività e sostenibilità finanziaria della SCN1

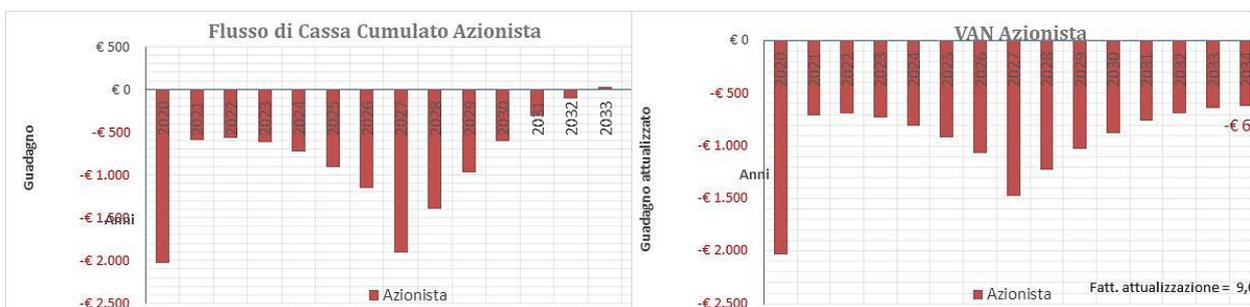
INDICATORI DI REDDITIVITA' DEL PROGETTO PRE-IMPOSTE			
Tempo di Ritorno Semplice, $Spb = I_0 / FC$, Anni	T.R.S.		9,59
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	T.R.A.		28,79
Valore Attuale Netto, $VAN = VA - I_0$	$VAN < 0$	-€	496
Tasso interno di rendimento del progetto	$TIR < WACC$		2,73%
Indice di Profitto	IP		-5,04%
INDICATORI DI REDDITIVITA' DELLA ESCO PRE-IMPOSTE			
Tempo di Ritorno Semplice, $Spb = I_0 / FC$, Anni	T.R.S.		13,77
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	T.R.A.		48,54
Valore Attuale Netto, $VAN = VA - I_0$	$VAN < 0$	-€	625
Tasso interno di rendimento dell'azionista	$TIR < ke$		0,75%

Debit Service Cover Ratio	DSCR < 1,3	0,978
Loan Life Cover Ratio	LLCR > 1	1,064
Indice di Profitto Azionista	IP	-6,35%

Figura 9.14 –SCN1: Flussi di cassa del progetto



Figura 9.15 – SCN1: Flussi di cassa dell'azionista

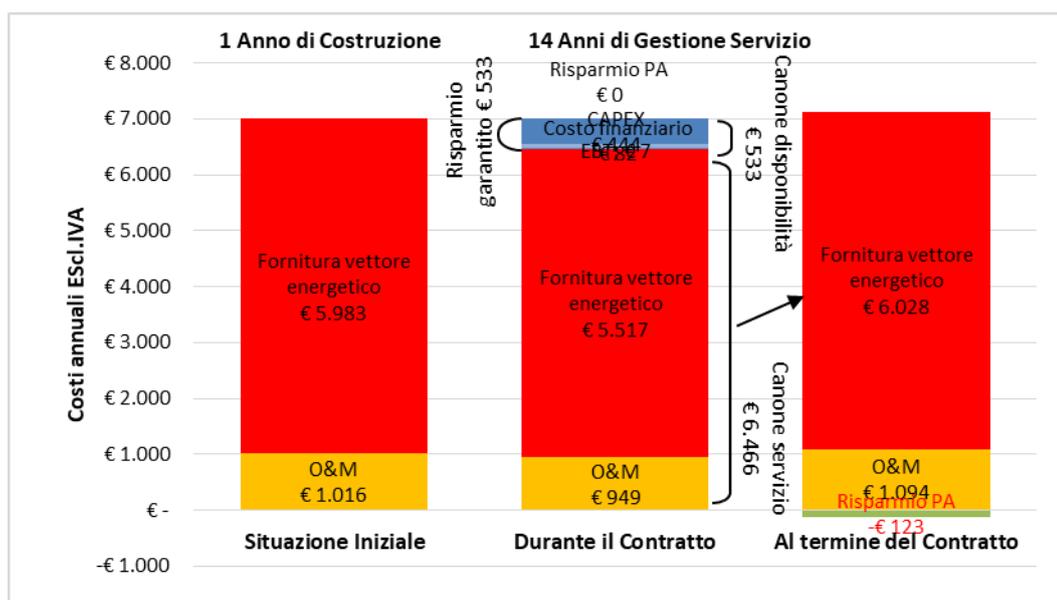


Dall'analisi effettuata è emerso che lo Scenario 1 risulta avere un TRS di poco inferiore ai 15 anni.

Come premesso nell'Executive Summary, in termini di sostenibilità finanziaria degli investimenti, si è cercato di individuare interventi che consentissero l'ottenimento di valori adeguati degli indici DSCR e LLCR; tuttavia, le limitazioni dello stato di fatto (impianto nuovo a condensazione, impossibilità di fotovoltaico) non lo hanno reso sempre possibile. Per lo scenario 1 si rileva un buon valore di LLCR, e un valore prossimo all'unità per DSCR, non coincidente con l'intorno ottimale (1,3).

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 9.16 – Scenario 1: Schema di Energy Performance Contract



9.3.2 Scenario 2: EEM3 + EEM4

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

- EEM 3: isolamento copertura piana
- EEM 4: installazione di valvole termostatiche, installazione di pompa a portata variabile, isolamento tubazioni in centrale termica

Tabella 9.14 – Combinazione di EEM proposta per lo scenario 2

VOCE INVESTIMENTO	TOTALE (IVA ESCLUSA) [€]	IVA AL 22% [€]	TOTALE (IVA INCLUSA) [€]
EEM3 Fornitura & Posa	16.656,78	3.664,49	20.321,27
EEM4 Fornitura & Posa	2.455	540	2.995
Costi per la sicurezza	573	126,14	699,49
Costi per la progettazione	1.338	294,31899	1.632,13
TOTALE (I₀)	21.022,79	4.625,01	25.647,80
VOCE MANUTENZIONE	C _{MO} (IVA INCLUSA) [€]	C _{MS} (IVA INCLUSA) [€]	C _M (IVA INCLUSA) [€]
EEM3 O&M	-	-	-
EEM4 O&M	1.004	112	1116
TOTALE (C_M)	1.004	112	1116
VOCE INCENTIVO	DESCRIZIONE	TOTALE (IVA INCLUSA) [€]	
Incentivi	Conto termico	8.941	
Durata incentivi		5	
Incentivo annuo		1.788	

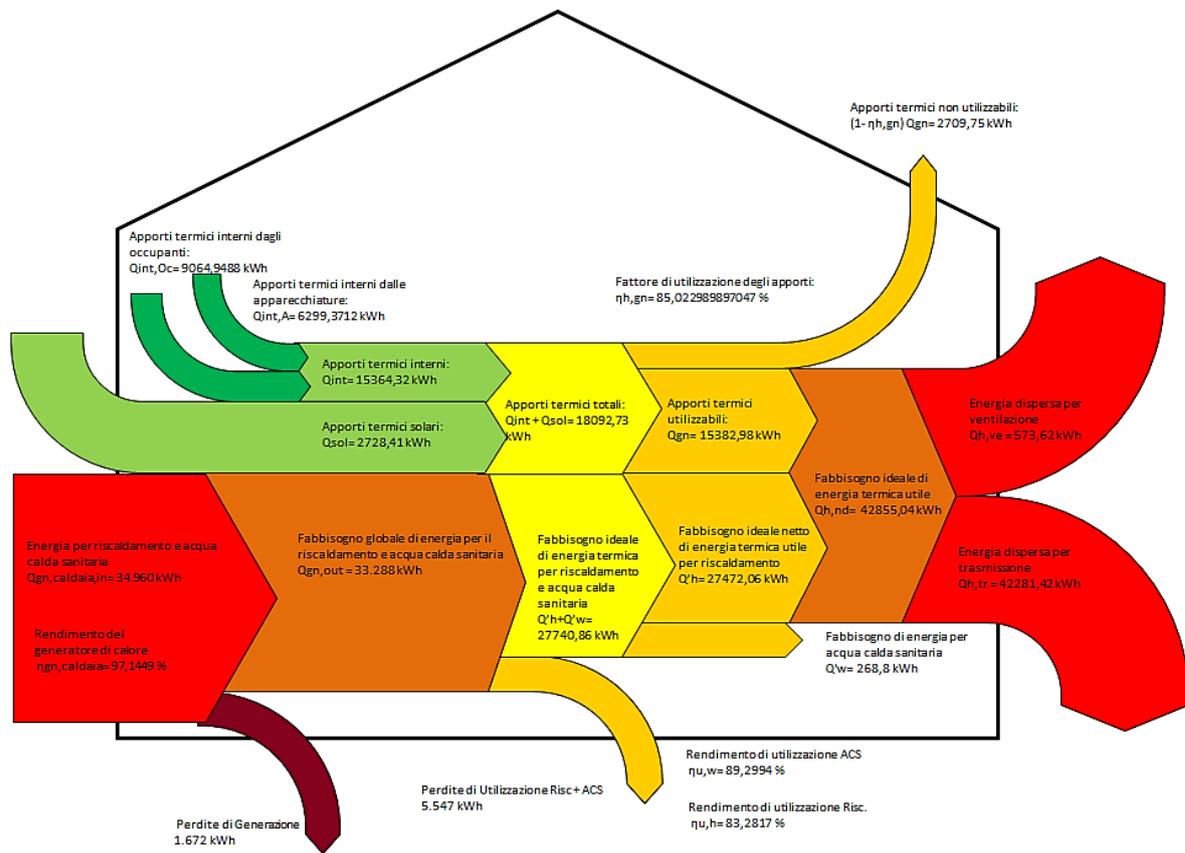
Tabella 9.15– Stima dell'incentivo da Conto Termico

STIMA INCENTIVO CONTO TERMICO	
Percentuale spesa ammissibile per EEM3	40%

Percentuale spesa ammissibile per EEM4	n/a
Costo massimo ammissibile per EEM3	200 €/m ²
Costo massimo ammissibile per EEM4	n/a
Valore massimo incentivo EEM3	400.000 €
Valore massimo incentivo EEM4	n/a

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

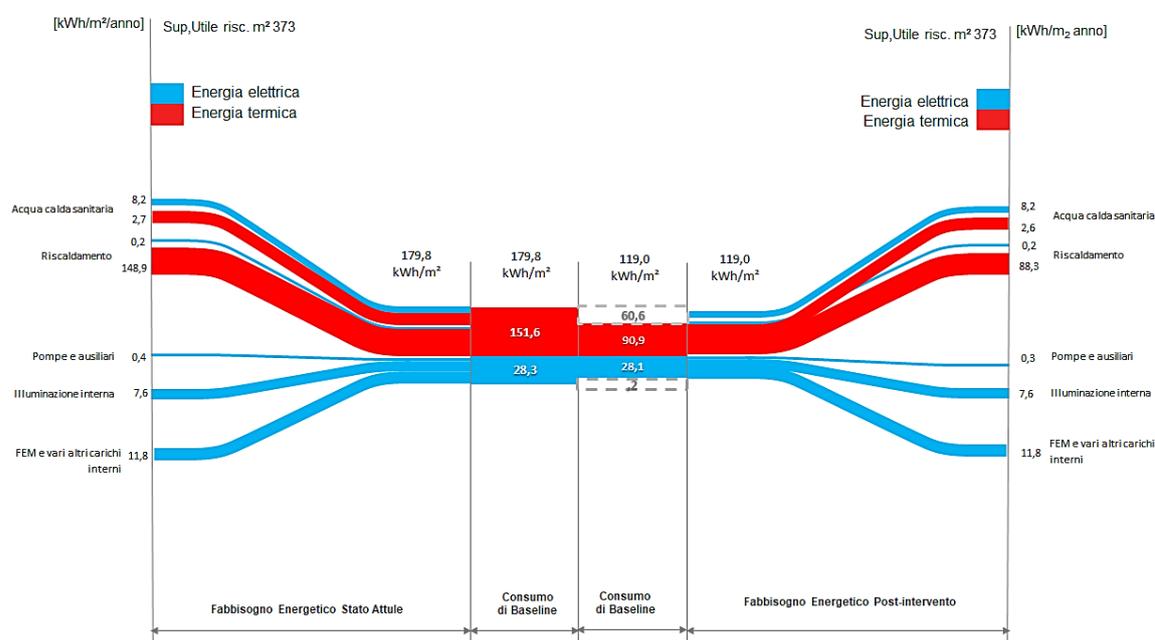
Figura 9.17 – SCN2: Diagramma di Sankey relativo al fabbisogno termico post intervento



Dall'analisi dei diagrammi di Sankey relativo al fabbisogno termico dell'edificio post intervento è possibile notare che non emerge la presenza di una quota di energia recuperata, nonostante la caldaia a condensazione; questo è dovuto al fatto che, con il metodo di calcolo utilizzato dal software (UNI TS 11300), il generatore non risulta operare in condensazione.

Il rendimento del generatore è del 97%, il fattore di utilizzazione degli apporti è pari a 85% mentre i rendimenti di utilizzazione per il riscaldamento e ACS sono rispettivamente pari a 83% e 89%.

Figura 9.18 – SCN2: Bilancio energetico complessivo dell'edificio post intervento



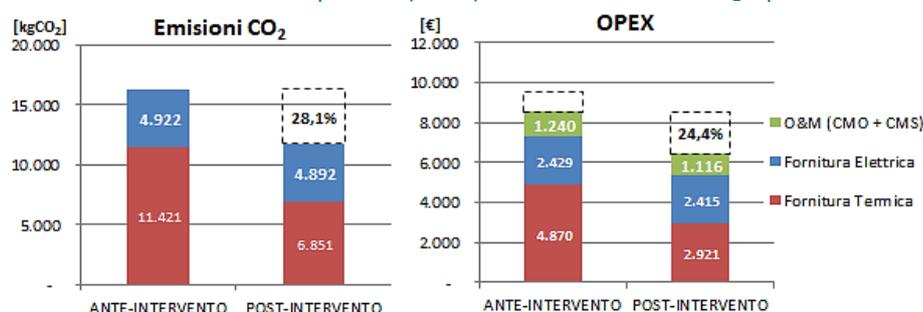
I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione dello Scenario 2 sono riportati nella Tabella 9.23 e nella Figura 9.23.

Tabella 9.16 – Risultati analisi SCN2 – EEM3 + EEM4

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
EEM3 [trasmissione]	[W/m ² K]	1,5	0,22	85,3%
EEM4-a [rendimento distribuzione]	[%]	86,6	93,3	-7,7%
EEM4-b [rendimento regolazione]	[%]	93	97	-4,3%
Q _{teorico}	[kWh]	58.280	34.960	40,0%
EE _{teorico}	[kWh]	10.886	10.821	0,6%
Q _{baseline}	[kWh]	56.539	33.915	40,0%
EE _{baseline}	[kWh]	10.539	10.476	0,6%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	11.421	6.851	40,0%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	4.922	4.892	0,6%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	16.343	11.743	28,1%
Fornitura Termica, C _Q	[€]	4.870	2.921	40,0%

Fornitura Elettrica, C_{EE}	[€]	2.429	2.415	0,6%
Fornitura Energia, C_E	[€]	7.299	5.336	26,9%
C_{MO}	[€]	1.116	1.004	10,0%
C_{MS}	[€]	124	112	10,0%
O&M ($C_{MO} + C_{MS}$)	[€]	1.240	1.116	10,0%
OPEX	[€]	8.539	6.452	24,4%
Classe energetica	[-]	E	E	stessa classe

Nota: I fattori di emissione per il calcolo delle emissioni di CO₂ sono: 0,202 [kgCO₂/kWh] per il vettore termico e 0,476 [kgCO₂/kWh] per il vettore elettrico
 I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,086 [€/kWh] per il vettore termico e 0,231 [€/kWh] per il vettore elettrico

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


E' stato quindi possibile presentare un modello semplificato di Piano Economico Finanziario (PEF) indicativo, i cui calcoli di dettaglio sono riportati all'Allegato L – Piano Economico Finanziario scenari. I risultati dell'analisi sono riportati nella Tabella 9.24, Tabella 9.25 e Tabella 9.26, e nelle successive figure.

Tabella 9.17 – Parametri finanziari dell'analisi di redditività dello SCN2–EEM3+EEM4

PARAMETRI FINANZIARI		
Anni Costruzione	n_i	1
Anni Gestione Servizio	n_s	24
Anni Concessione	n	25
Anno inizio Concessione	n_0	2020
Anni dell'ammortamento	n_A	10
Saggio Cassa Deposito e Prestiti	k_{CdP}	2,00%
Costo Capitale Azienda	WACC	4,00%
$k_{progetto} = \text{Max}(WACC; k_{CdP})$	$k_{progetto}$	4,00%
Inflazione ISTAT	f	0,50%
deriva dell'inflazione	f'	0,70%
%, interessi debito	k_D	3,82%
%, interessi equity	k_E	9,00%
Aliquota IRES	IRES	24,0%
Aliquota IRAP	IRAP	3,9%
Aliquota fiscale	τ	27,90%
Anni debito (finanziamento)	n_D	11
Anni Equity	n_E	24
Costi d'Investimento diretti, IVA incl.	I_0	€ 25.648

Oneri Finanziari (costi indiretti)	%Of	3,00%
Costi d'Investimento indiretti, IVA incl.	Of	€ 769
Costi d'Investimento (diretti+Indiretti) , IVA incl.	CAPEX	€ 26.417
%CAPEX a Debito	D	80,0%
%CAPEX a Equity	E	20,00%
Debito	I _D	€ 21.134
Equity	I _E	€ 5.283
Fattore di annualità Debito	FA _D	8,97
Rata annua debito	q _D	€ 2.356
Costo finanziamento,(D+INT _D)	q _D *n _D	€ 25.914
Costi per interessi debito, INT _D	INT _D =q _D *n _D -D	€ 4.780

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

PARAMETRI ECONOMICI		
Costo annuo energia pre-intervento, IVA escl.	C _{E0}	€ 5.983
Costo annuo O&M pre-intervento, IVA escl.	C _{M0}	€ 1.016
Spesa PA pre-intervento (Baseline)	C _{Baseline}	€ 6.999
Altri costi di gestione ESCo post-intervento, IVA escl.	C _{Altro}	€ -
Riduzione% costi fornitura Energia	%ΔC _E	26,9%
Riduzione% costi O&M	%ΔC _M	10,0%
Obiettivo riduzione spesa PA	%C _{Baseline}	0,0%
Risparmio annuo PA garantito	45,6%	€ 929
Risparmio annuo PA immediato durante la gestione	Risp.IM	€ -
Risparmio PA durante la concessione	14%	€ 31.931
Risparmio annuo PA al termine della concessione	Risp.Term.	€ 2.308
N° di Canoni annuali	anni	24
Utile lordo della ESCO	%CAPEX	11,53%
Costo Contrattuale ESCO €/anno IVA escl.	C _{ESCO}	€ 127
Costi FTT €/anno IVA escl.	C _{FTT}	€ 199
Costi CAPEX €/anno IVA escl.	C _{CAPEX}	€ 603
Canone O&M €/anno	CnM	€ 974
Canone Energia €/anno	CnE	€ 5.096
Canone Servizi €/anno IVA escl.	CnS	€ 6.070
Canone Disponibilità €/anno IVA escl.	CnD	€ 929
Canone Totale €/anno IVA escl.	Cn	€ 6.999
Aliquota IVA %	IVA	22%
Rimborso erariale IVA	R _{IVA}	€ 4.625
Ricavi da Incentivi, esenti d'IVA	R _B	€ 7.329
Durata Incentivi, anni	n _B	5
Inizio erogazione Incentivi, anno		2022

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

INDICATORI DI REDDITIVITA' DEL PROGETTO PRE-IMPOSTE		
Tempo di Ritorno Semplice, Spb = Io / FC, Anni	T.R.S.	11,58
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	T.R.A.	21,69
Valore Attuale Netto, VAN = VA - Io	VAN > 0	€ 313
Tasso interno di rendimento del progetto	TIR > WACC	4,21%
Indice di Profitto	IP	1,22%

INDICATORI DI REDDITIVITA' DELLA ESCO PRE-IMPOSTE

Tempo di Ritorno Semplice, Spb = Io / FC, Anni	T.R.S.	16,68
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	T.R.A.	37,61
Valore Attuale Netto, VAN = VA - Io	VAN < 0	-€ 385
Tasso interno di rendimento dell'azionista	TIR < ke	6,85%
Debit Service Cover Ratio	DSCR < 1,3	1,017
Loan Life Cover Ratio	LLCR > 1	1,057
Indice di Profitto Azionista	IP	-1,50%

Figura 9.20 –SCN2: Flussi di cassa del progetto

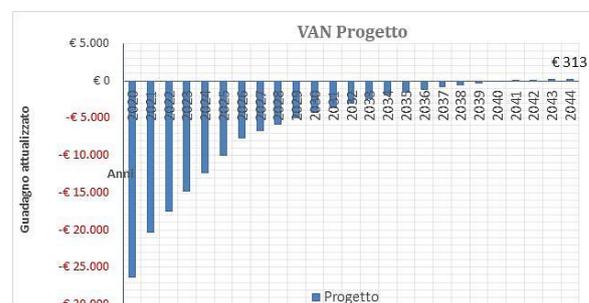
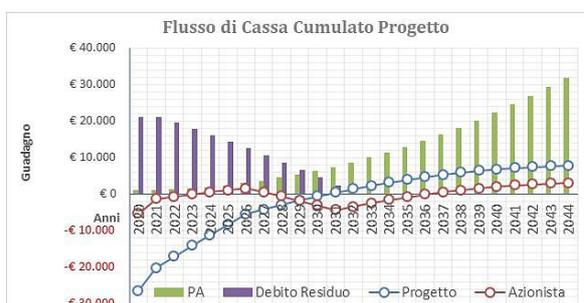


Figura 9.21 – SCN2: Flussi di cassa dell'azionista

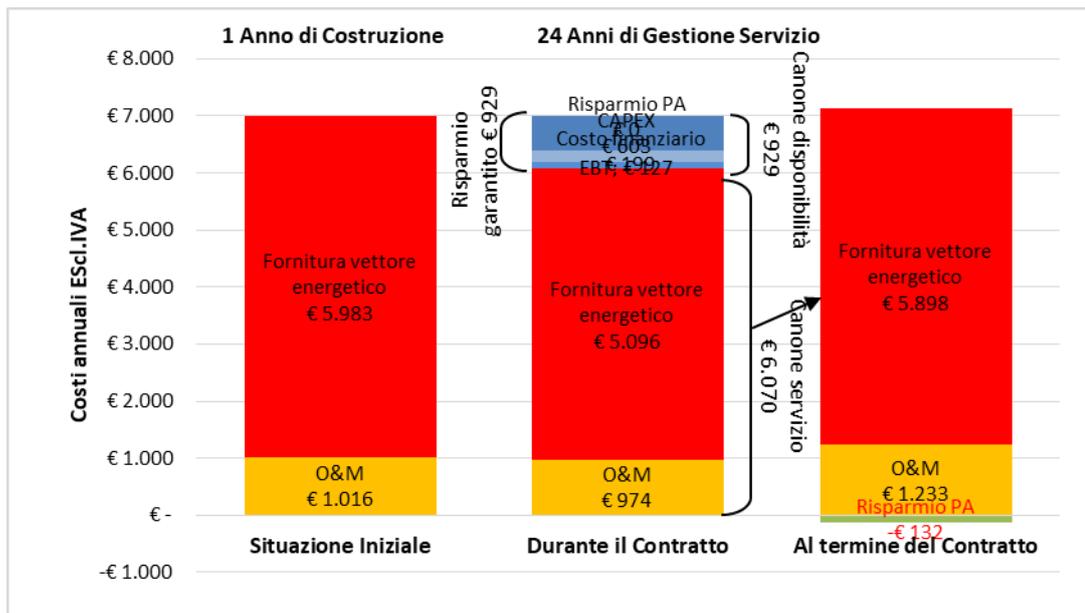


Dall'analisi effettuata è emerso che lo Scenario 2 risulta avere un TRS di circa 9 anni inferiore al limite di vita (25 anni).

In termini di sostenibilità finanziaria degli investimenti, lo scenario SCN2 mostra un buon valore di LLCR e un DSCR che, pur non raggiungendo l'intorno ottimale (1,3), supera l'unità, ed è quindi considerevole accettabile.

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 9.26.

Figura 9.22 – Scenario 2: Schema di Energy Performance Contract



10 CONCLUSIONI

10.1 RIASSUNTO DEGLI INDICI DI PERFORMANCE ENERGETICA

La classe di merito che si ottiene confrontando gli indici di performance energetica dell'edificio oggetto di analisi con la classificazione riportata nelle Linee Guida ENEA – FIRE porta a un giudizio SUFFICIENTE (2014 e 2016) / INSUFFICIENTE (2015) per l'indice IEN_R e INSUFFICIENTE per l'indice IEN_E .

COMBUSTIBILE	IEN_R			IEN_E		
	Wh/(m ³ GG anno)			Wh/(m ³ anno)		
	2014	2015	2016	2014	2015	2016
Gas Naturale	22,4	25,2	22,6	-	-	-
Energia elettrica	-	-	-	24,5	24,0	23,6

10.2 RIASSUNTO DEGLI SCENARI DI INVESTIMENTO E DEI PRINCIPALI RISULTATI

L'analisi di sostenibilità finanziaria dei due scenari ha fornito risultati migliori per lo Scenario SCN2. Di seguito si riassumono i risultati dello scenario sopra citato.

	SENZA INCENTIVI												
	% Δ_E	% Δ_{CO_2}	ΔC_E	ΔC_{MO}	ΔC_{MS}	I_0	TRS	TRA	VAN	TIR	IP	DSCR	LLCR
	[%]	[%]	[€/anno]	[€/anno]	[€/anno]	[€]	[anni]	[anni]	[€]	[%]	[-]		
SCN 2	26,9	28,1	1.609	91	10	25.648	>25	>25	<0	-4,3	-0,22	0,75	0,93
	CON INCENTIVI												
	% Δ_E	% Δ_{CO_2}	ΔC_E	ΔC_{MO}	ΔC_{MS}	I_0	TRS	TRA	VAN	TIR	IP	DSCR	LLCR
	[%]	[%]	[€/anno]	[€/anno]	[€/anno]	[€]	[anni]	[anni]	[€]	[%]	[-]		
SCN 2	26,9	28,1	1.609	91	10	25.648	16,7	>25	<0	6,9%	-0,015	1,02	1,06

10.3 CONCLUSIONI E COMMENTI

L'analisi dei consumi di energia termica ed elettrica e dei possibili scenari di intervento dell'edificio oggetto di DE ha portato alle seguenti conclusioni:

- L'impianto di riscaldamento presenta elevati rendimenti di generazione ma bassi di distribuzione, a causa dell'isolamento delle tubazioni in centrale termica quasi del tutto assente, e di regolazione, poiché la caldaia a condensazione non è stata combinata con valvole termostatiche;
- è stata constatata la presenza di elevate dispersioni di calore attraverso l'involucro;
- non è stato constatato un discomfort termoigrometrico degli ambienti.

Si ritiene prioritario intervenire sul miglioramento delle prestazioni dell'involucro; tra i vari interventi valutati, solo l'isolamento della copertura mostra un tempo di ritorno appetibile, tuttavia si segnala che il rilievo in sito ha anche evidenziato uno stato di conservazione insufficiente dei serramenti.

Per quanto riguarda l'impianto termico, le uniche misure realizzabili sono il miglioramento del rendimento di distribuzione, mediante messa a norma dell'isolamento delle tubazioni nel locale caldaia, e la realizzazione della regolazione per singolo ambiente (+ climatica già esistente) tramite montaggio di valvole termostatiche sui radiatori. Si tratta di interventi caratterizzati da basso costo di investimento, che consentirebbero di ottimizzare appieno il generatore a condensazione già installato. In aggiunta è opportuno dotare la centrale termica di una pompa a portata variabile.

L'edificio in esame è stato interessato dalla riqualificazione della centrale termica che, allo stato attuale, è costituita da una caldaia murale a condensazione con ottimi rendimenti.

Questo aspetto rende già di per sé non opportuna la sostituzione della caldaia, poiché non comporterebbe particolari risparmi e vanificherebbe il recente investimento sostenuto dalla PA. Anche la scelta di modificare il sistema di generazione in favore di una pompa di calore è da escludere, poiché l'unico modo per far fronte al notevole incremento di consumo elettrico sarebbe quello di compensarlo con l'ausilio di energia da fonte fotovoltaica. L'impianto non è tuttavia realizzabile per l'edificio oggetto di DE poiché esso risulta totalmente ombreggiato a Sud da uno stabile di diversi piani più alto.

È dunque stato necessario operare una scelta: tra i due requisiti richiesti dalla committenza, si è quindi ragionevolmente deciso di concentrarsi sul rispetto dei tempi di ritorno, attuando interventi effettivamente necessari per l'efficientamento dell'edificio, piuttosto che sul salto di classe mediante ipotesi impiantistiche non realizzabili e/o non appropriate per il caso in esame.

Si sono quindi definiti due scenari, incentrati, uno sull'ambito solo impiantistico (termico ed elettrico) e uno sulla combinazione di interventi sull'impianto termico e l'involucro.

Lo stato di fatto già efficiente dal punto di vista dell'impianto termico, unito all'assenza di meccanismi incentivanti per gli interventi realizzabili in tale ambito per l'edificio in esame, ha fatto sì che nessuno degli scenari consentisse di raggiungere combinazioni ottimali in termini di sostenibilità finanziaria. L'indice LLCR risulta adeguato per entrambi gli scenari, mentre DSCR, pur non raggiungendo l'intorno ottimale (1,3) presenta un valore accettabile (superiore all'unità) solo per lo scenario SCN2.

Si propone l'attuazione di un Piano di Misure e Verifiche (PMV) in accordo con il protocollo EVO (Efficiency Valuation Organization) per accertare i risparmi energetici conseguiti dopo l'implementazione delle raccomandazioni.

Per poter massimizzare i benefici delle EEM proposte si suggerisce la realizzazione di campagne di sensibilizzazione degli utenti finali volte a:

- favorire un uso più razionale dell'energia incrementando la consapevolezza delle proprie azioni sul risparmio energetico
- migliorare la gestione dei sistemi di regolazione, come ad esempio le valvole termostatiche, attraverso l'informazione agli utenti circa il loro funzionamento;

ALLEGATO A – ELENCO DOCUMENTAZIONE FORNITA DALLA COMMITTENZA

	Titolo	Data	Nome file
01	TAVOLA DI INQUADRAMENTO COMPLESSO/EDIFICIO	04/2000	E01330
02	PIANTA SEMINTERRATO ISTITUTO GOBETTI / PIANO TERRA SCUOLA MAZZINI	04/2000	PIAN1SS
03	PIANTA PIANO TERRA ISTITUTO GOBETTI/PIANO 1 SCUOLA MAZZINI	04/2000	PIANT
04	PIANTA PIANO 1 ISTITUTO GOBETTI	04/2000	PIAN1
05	PIANTE PIANO 2 ISTITUTO GOBETTI	04/2000	PIAN2A-2B
06	PIANTA PIANO 3 ISTITUTO GOBETTI	04/2000	PIAN3
07	PIANTA PIANO 4 ISTITUTO GOBETTI	04/2000	PIAN4
08	PIANTA PIANO 5 ISTITUTO GOBETTI	04/2000	PIAN5
09	PIANTA PIANO COPERTURA ISTITUTO GOBETTI	04/2000	PIANC
10	PIANTA NEGOZIO ADIACENTE	04/2000	UIU005
11	SCHEMA CENTRALE TERMICA	05/2017	235-P01-001
12	CENSIMENTO - PIANO TERRA SCUOLA MAZZINI	05/2017	L1-042-235-P00
13	CENSIMENTO - PIANO 1 SCUOLA MAZZINI	05/2017	L1-042-235-P01
14	CENSIMENTO PIANO TERRA SCUOLA MAZZINI-CHECKLIST	05/2017	L1-042-235-P00-Checklist
15	CENSIMENTO PIANO 1 SCUOLA MAZZINI-CHECKLIST	05/2017	L1-042-235-P01-Checklist
16	FATTURA DEL 06/03/2014	-	5700065499
17	FATTURA DEL 20/03/2014	-	5700098221
18	FATTURA DEL 23/04/2014	-	5700134954
19	FATTURA DEL 27/05/2014	-	5700176200
20	FATTURA DEL 23/06/2014	-	5700214973
21	FATTURA DEL 21/07/2014	-	5700248946
22	FATTURA DEL 08/08/2014	-	5700261641
23	FATTURA DEL 12/09/2014	-	5700291259
24	FATTURA DEL 14/10/2014	-	5700345571
25	FATTURA DEL 13/11/2014	-	5700373395
26	FATTURA DEL 12/12/2014	-	5700411457
27	FATTURA DEL 24/02/2015	-	5700477402
28	FATTURA DEL 06/03/2015	-	5700510846
29	FATTURA DEL 13/04/2015	-	5750081986
30	FATTURA DEL 17/03/2015	-	5700544221
31	FATTURA DEL 07/05/2015	-	E000140843
32	FATTURA DEL 11/03/2016	-	E000163928
33	FATTURA DEL 03/06/2015	-	E000175671
34	FATTURA DEL 02/09/2015	-	E000337521
35	FATTURA DEL 01/07/2015	-	E000234064
36	FATTURA DEL 03/08/2015	-	E000281519
37	FATTURA DEL 02/10/2015	-	E000386675
38	FATTURA DEL 02/11/2015	-	E000432862
39	FATTURA DEL 01/12/2015	-	E000483581
40	FATTURA DEL 02/01/2016	-	E000018556
41	FATTURA DEL 02/02/2016	-	E000084133
42	FATTURA DEL 16/06/2016	-	E000310244
43	FATTURA DEL 03/03/2016	-	E000150589
44	FATTURA DEL 02/02/2016	-	E000084134
45	FATTURA DEL 17/06/2016	-	E000334603
46	FATTURA DEL 02/05/2016	-	E000238236
47	FATTURA DEL 01/04/2016	-	E000194172
48	FATTURA DEL 01/06/2016	-	E000278553
50	FATTURA DEL 28/06/2016	-	011640025275
51	FATTURA DEL 13/10/2016	-	011640087943

*E1330 – Scuola Comunale dell'Infanzia Mazzini*

52	FATTURA DEL 25/07/2016	-	011640048519
53	FATTURA DEL 24/08/2016	-	011640060830
54	FATTURA DEL 26/09/2016	-	011640074903
55	FATTURA DEL 19/12/2016	-	011640126637
56	FATTURA DEL 14/03/2017	-	011740042570
57	FATTURA DEL 15/11/2016	-	011640100078
58	FATTURA DEL 16/01/2017	-	011740001581
59	FATTURA DEL 16/02/2017	-	011740023038
60	FATTURA DEL 25/08/2015	-	20151563
61	FATTURA DEL 15/07/2015	-	P150007518
62	FATTURA DEL 18/08/2015	-	P150015576
63	FATTURA DEL 16/09/2015	-	P150019771
64	FATTURA DEL 16/10/2015	-	P150032667
65	FATTURA DEL 16/11/2015	-	P150037967
66	FATTURA DEL 16/12/2015	-	P150048624
67	FATTURA DEL 19/01/2016	-	P160003881
68	FATTURA DEL 17/06/2016	-	P160042610
69	FATTURA DEL 16/02/2016	-	P160012671
70	FATTURA DEL 16/03/2016	-	P160023980
71	FATTURA DEL 15/04/2016	-	P160031417
72	FATTURA DEL 18/05/2016	-	P160041242
73	FATTURA DEL 19/07/2016	-	P160053190
74	FATTURA DEL 17/06/2016	-	P160042610
75	FATTURA DEL 06/05/2016	-	EX15066/2016
76	FATTURA DEL 10/06/2016	-	EX19107/2016
77	FATTURA DEL 04/07/2016	-	EX22893/2016
78	FATTURA DEL 08/08/2016	-	EX26900/2016
79	FATTURA DEL 05/09/2016	-	EX31010/2016
80	FATTURA DEL 06/10/2016	-	EX33534/2016
81	FATTURA DEL 14/11/2016	-	EX38844/2016
82	FATTURA DEL 12/12/2016	-	EX43773/2016
83	FATTURA DEL 10/01/2017	-	EX03011/2017
84	FATTURA DEL 25/08/2015	-	20151830
85	FATTURA DEL 15/07/2015	-	P150007518
86	FATTURA DEL 18/08/2015	-	P150015576
87	FATTURA DEL 16/09/2015	-	P150019771
88	FATTURA DEL 16/10/2015	-	P150032667
89	FATTURA DEL 16/11/2015	-	P150037967
90	FATTURA DEL 16/12/2015	-	P150048624
91	FATTURA DEL 19/01/2016	-	P160003881
92	FATTURA DEL 17/06/2016	-	P160042610
93	FATTURA DEL 16/02/2016	-	P160012671
94	FATTURA DEL 16/03/2016	-	P160023980
95	FATTURA DEL 15/04/2016	-	P160031417
96	FATTURA DEL 18/05/2016	-	P160041242
97	FATTURA DEL 19/07/2016	-	P160053190
98	FATTURA DEL 17/06/2016	-	P160042610
99	FATTURA DEL 06/05/2016	-	EX15066/2016
100	FATTURA DEL 10/06/2016	-	EX19107/2016
101	FATTURA DEL 04/07/2016	-	EX22893/2016
102	FATTURA DEL 08/08/2016	-	EX26900/2016
103	FATTURA DEL 05/09/2016	-	EX31010/2016
104	FATTURA DEL 06/10/2016	-	EX33534/2016
105	FATTURA DEL 14/11/2016	-	EX38844/2016
106	FATTURA DEL 12/12/2016	-	EX43773/2016



COMUNE DI GENOVA

E1330 – Scuola Comunale dell'Infanzia Mazzini

107	FATTURA DEL 10/01/2017	-	EX03011/2017
108	FATTURA DEL 29/05/2017	-	EX26104/2017

ALLEGATO B – ELABORATI

	Titolo	Data	Nome file
01	ALLEGATO B – Elaborato planimetrico piano terra	03/2018	DE_Lotto.2-E1330_revA-AllegatoB-ElaboratoPlanimetricoP0
02	ALLEGATO B – Elaborato planimetrico piano 1	03/2018	DE_Lotto.2-E1330_revA-AllegatoB-ElaboratoPlanimetricoP1
03	ALLEGATO B – Analisi fatture fornitura	03/2018	DE_Lotto.2-E1330_revA-AllegatoB-AnalisiFattureFornituraElettrica
04	ALLEGATO B- DEFINIZIONE DEL MODELLO ELETTRICO	04/2018	DE_Lotto.2-E1330_revA-AllegatoB-DefinizioneDelModelloElettrico
05	ALLEGATO B –DETTAGLIO DEI CALCOLI DELLE SINGOLE EEM	04/2018	E1330 Grafici_Template_rev13

ALLEGATO C – REPORT DI INDAGINE TERMOGRAFICA

	Titolo	Data	Nome file
01	ALLEGATO C – REPORT DI INDAGINE TERMOGRAFICA	03/2018	DE_Lotto.2-E1330_revA-AllegatoC-ReportDiIndagineTermografica

ALLEGATO D – REPORT RELATIVI AD ALTRE PROVE DIAGNOSTICHE STRUMENTALI

Il presente allegato è finalizzato ad illustrare l'utilizzo o motivare il mancato utilizzo degli strumenti di diagnostica strumentale dichiarati nella Proposta Tecnica (Relazione illustrativa sulla metodologia di lavoro e gestione della commessa).

RISORSE STRUMENTALI DEDICATE ALL’APPALTO

Le risorse strumentali in dotazione dedicate all’appalto, descritte nel suddetto documento, sono di seguito elencate.

N.	Strumento
01	DISTANZIOMETRO LASER LEICA Disto A2
02	SPESSIVETRO MERLIN GLAZER GMGlass
03	LUXMETRO DELTA-OHM HD 2102.2
04	TERMOFLUSSIMETRO EXTRATECH THERMOZIG SN20/21/22/23/24
05	TERMOCAMERA FLIR T335
06	TERMOIGROMETRO EXTECH MO297
07	Centralina Microclimatica DELTA-OHM HD 32.3
08	PINZA AMPEROMETRICA FLUKE 345

STRUMENTAZIONE E CAMPAGNE DI MISURA

MISURE METRICHE

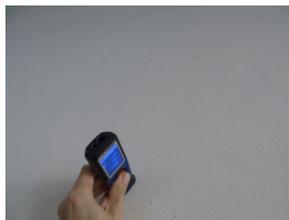
Distanziometro e bindella metrica

Durante i sopralluoghi ci si è avvalsi di metro laser e bindella metrica al fine di verificare le misure planimetriche del fabbricato e rilevare le dimensioni dei serramenti, le quote e gli spessori dei componenti edilizi.

A seconda del tipo di misura da rilevare è stato utilizzato il primo o il secondo strumento, sulla base della praticità di impiego.

Tali strumenti, per loro natura, non producono un output ma restituiscono valori da leggere istantaneamente; ad ogni modo il modello tridimensionale dell’edificio elaborato con il software di calcolo è da considerarsi come il risultato delle misure effettuate, riproducendo fedelmente tutte le caratteristiche plani-volumetriche reali.

Di seguito si riporta una fotografia che documenta l’utilizzo degli strumenti durante il sopralluogo presso l’edificio oggetto di DE.



Spessivetro

Durante i sopralluoghi ci si è avvalsi di uno spessivetro al fine di rilevare le caratteristiche dimensionali dei vetri.

Analogamente alle altre misure metriche, lo strumento, per sua natura, non produce un output ma restituisce valori da visualizzare istantaneamente; gli esiti delle misure sono riportati nel paragrafo 4.1.2.

Di seguito si riporta una fotografia che documenta l’utilizzo dello strumento durante il sopralluogo presso l’edificio oggetto di DE.



MISURE ILLUMINOTECNICHE

Durante il sopralluogo non sono stati rilevate palesi situazioni di inadeguatezza del livello di illuminamento e non sono state riscontrate segnalazioni di particolari criticità in merito da parte degli utenti intervistati. Non essendo l’illuminamento un parametro di input della modellazione energetica e non essendo la progettazione illuminotecnica ambito del presente lavoro, si è ritenuto non necessario, stante l’assenza di anomalie, un approfondimento diagnostico attraverso l’utilizzo di un luxmetro.

ANALISI TERMOGRAFICA

Si veda ALLEGATO C – REPORT DI INDAGINE TERMOGRAFICA.

RILIEVO TERMOFLUSSIMETRO

Metodi di calcolo e misura della trasmittanza

L’acquisizione dei dati necessari per la diagnosi energetica di un edificio esistente risulta spesso problematica a causa delle difficoltà di reperimento dei dati progettuali. Per questo motivo, in assenza di informazioni precise, risulta indispensabile effettuare delle misure strumentali sul campo. Per quanto concerne la valutazione della trasmittanza termica dell’involucro edilizio si procede tenendo conto dei seguenti possibili scenari:

Condizione	Metodo
Stratigrafia della struttura nota (sono disponibili i disegni aggiornati del progetto architettonico o della relazione di legge 10/91)	La trasmittanza viene calcolata in accordo con la norma UNI EN ISO 6946
Stratigrafia della struttura non nota ma edificio riconducibile ad una determinata tipologia edilizia di cui si conoscono le stratigrafie	La trasmittanza viene stimata avvalendosi di opportuni abachi di riferimento (ES: raccomandazioni CTI, norma UNI / TS 11300)
Stratigrafia della struttura non nota	Si esegue un foro nella struttura (endoscopio o carotaggio) per determinare la stratigrafia e si procede al calcolo in accordo con la norma UNI EN ISO 6946 Si determina la trasmittanza mediante misura in opera (termoflussimetria) in accordo con la norma ISO 9869

Nel caso non sia possibile determinare la stratigrafia della struttura o non siano note le proprietà termofisiche dei materiali utilizzati, il rilievo termoflussimetrico risulta essere l’unica metodologia di indagine non invasiva.

Stima della trasmittanza della muratura dell’edificio oggetto di audit

Nel caso in esame le strutture del fabbricato sono riconducibili a tipologie edilizie di cui si conoscono le stratigrafie, grazie alla ridondanza di informazioni a disposizione:

Tipo di informazione	Dettaglio
Informazioni reperite sull’edificio	Epoca costruttiva
Evidenze di sopralluogo	Riscontro acustico (suono pieno/vuoto) Spessori murari rilevati con bindella metrica
Rilievo termografico	Osservazione diretta della trama muraria attraverso la tecnica della termografia attiva Osservazione indiretta della composizione muraria attraverso l’analisi dei ponti termici caratteristici della tipologia edilizia

RILIEVI TERMOIGROMETRICI

Durante il sopralluogo sono state effettuate misure di temperatura e umidità relativa sia all’esterno sia all’interno degli ambienti, aventi le seguenti finalità:

- 1) individuazione di eventuali anomalie legate al comfort termoigrometrico;
- 2) individuazione di eventuali anomalie legate alla regolazione degli impianti termici;
- 3) quantificazione dei parametri di settaggio della termocamera.

Per quanto concerne i primi due punti, le misurazioni istantanee effettuate tramite il termoigrometro sono risultate congruenti con quanto dichiarato dagli utenti, pertanto non si è ritenuto necessario procedere all’installazione della centralina climatica per acquisire dati in continuo.

Per l’ultimo punto, il termoigrometro rappresenta infine l’unico strumento idoneo, in quanto la termocamera richiede come dati di input i valori di temperatura e umidità relativa registrati istantaneamente al momento del rilievo.

Di seguito si riporta la fotografia che documenta l’utilizzo del termoigrometro durante il sopralluogo presso l’edificio oggetto di DE.



MISURE ELETTRICHE

Durante il sopralluogo è stato effettuato un censimento di dettaglio di tutte le utenze elettriche presenti all’interno del fabbricato. Ove possibile sono stati rilevati i dati di targa riportanti la potenza o l’assorbimento nominale. Tali dati sono stati utilizzati, congiuntamente agli orari di utilizzo, per stimare il consumo annuo di ciascuna utenza. Per le apparecchiature sprovviste di targa non è stato ad ogni modo necessario effettuare rilievi strumentali, infatti, trattandosi di dispositivi di comune utilizzo nelle scuole è stato possibile avvalersi di valori di letteratura e/o derivanti dall’esperienza pregressa in attività svolte in edifici aventi una dotazione analoga.

ALLEGATO E – RELAZIONE DI DETTAGLIO DEI CALCOLI

	Titolo	Data	Nome file
01	ALLEGATO E – RELAZIONE DI DETTAGLIO DEI CALCOLI	04/2018	DE_Lotto.2-E1330_revA-AllegatoE-RelazioneDiCalcolo
02	ALLEGATO E – EXCEL DETTAGLIO DEI CALCOLI	04/2018	DE_Lotto.2-E1330_revA-AllegatoE-DettagliDiCalcolo

ALLEGATO F – CERTIFICATO CTI SOFTWARE

	Titolo	Data	Nome file
01	ALLEGATO F – CERTIFICATO CTI SOFTWARE	03/2017	DE_Lotto.2-E1330_revA-AllegatoF-CertificatoDiConformita

ALLEGATO G – ATTESTATO DI PRESTAZIONE ENERGETICA

Viene analizzato il fabbricato nel suo complesso, tuttavia l’APE ufficiale viene emesso solo per l’effettivo spazio accatastato come Scuola, che coincide con il Piano 1 dell’edificio e con gli effettivi spazi scolastici, escludendo cioè i due locali a piano terra che vengono utilizzati saltuariamente per attività ricreative ma che non appartengono, di fatto, alla scuola.

Al fine di consentire il confronto con le bozze di APE degli scenari SCN1 ed SCN2, viene quindi allegato anche un fac simile dell’APE dell’intero edificio.

	Titolo	Data	Nome file
01	ALLEGATO G – ATTESTATO DI PRESTAZIONE ENERGETICA	01/2018	ALLEGATO G_Lotto.2 - E1330_fac-simile DE_Lotto.2-E1330_revA-AllegatoG- ApeStatoDiFatto

ALLEGATO H – BOZZA DI APE SCENARI

	Titolo	Data	Nome file
01	ALLEGATO H – BOZZA DI APE SCENARIO 1	04/2018	DE_Lotto.2-E1330_revA-AllegatoH-ApeScenario1
02	ALLEGATO H – BOZZA DI APE SCENARIO 2	04/2018	DE_Lotto.2-E1330_revA-AllegatoH-ApeScenario2

ALLEGATO I – DATI CLIMATICI

	Titolo	Data	Nome file
01	ALLEGATO I – DATI CLIMATICI	04/2018	DE_Lotto.2-E1330_revA-AllegatoI-Dati climatici

ALLEGATO J – SCHEDE DI AUDIT

	Titolo	Data	Nome file
01	ALLEGATO J – SCHEDE DI AUDIT	04/2018	DE_Lotto.2-E1330_revA-AllegatoJ-SchedaAudit

ALLEGATO K – SCHEDE ORE

	Titolo	Data	Nome file
01	ALLEGATO K – SCHEDE ORE	04/2018	DE_Lotto.2-E1330_revA-AllegatoK-SchedeOre

ALLEGATO L – PIANO ECONOMICO FINANZIARIO SCENARI

	Titolo	Data	Nome file
01	ALLEGATO L – PEF SCENARI CON INCENTIVI	04/2018	DE_Lotto.2-E1330_revA-AllegatoL-AnalisiPEF_con incentivi
02	ALLEGATO L – PEF SCENARI SENZA INCENTIVI	04/2018	DE_Lotto.2-E1330_revA-AllegatoL-AnalisiPEF_senza incentivi

ALLEGATO M – REPORT DI BENCHMARK

	Titolo	Data	Nome file
01	ALLEGATO M – REPORT DI BENCHMARK	04/2018	DE_Lotto.2-E1330_revA-AllegatoM-ReportDiBenchmark

ALLEGATO N – CD-ROM