

Istituto Duchessa di Galliera E1627

Corso Mentana, 27

RAPPORTO DI DIAGNOSI ENERGETICA
FONDO KYOTO - SCUOLA 3



Agosto 2018

COMUNE DI GENOVA
STRUTTURA DI STAFF - ENERGY MANAGER



COMUNE DI GENOVA

N:ER
INGEGNERIA

Istituto Duchessa di Galliera E1627

Corso Mentana, 27

RAPPORTO DI DIAGNOSI ENERGETICA

**FONDO KYOTO - SCUOLA 3
Agosto 2018**

**COMUNE DI GENOVA
STRUTTURA DI STAFF - ENERGY MANAGER**

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

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

REGISTRO REVISIONI E PUBBLICAZIONI

Revisione	Data	Realizzazione	Revisione	Approvazione	Descrizione
A	11/07/2018	Loris Morichetti	Sarah Nicolini Antonio Aprea	Fabio Coccia	Prima Pubblicazione
B	03/08/2018	Loris Morichetti	Sarah Nicolini Antonio Aprea	Fabio Coccia	Prima revisione

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

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

INDICE

PAGINA

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.....	1
1.4 IDENTIFICAZIONE DELL'EDIFICIO.....	2
1.5 METODOLOGIA DI LAVORO	3
1.6 STRUTTURA DEL REPORT	6
2 DATI DELL'EDIFICIO.....	6
2.1 INFORMAZIONI SUL SITO	6
2.2 INQUADRAMENTO TERRITORIALE, SOCIO-ECONOMICO E DESTINAZIONE D'USO	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>	18
4.2.3 <i>Sottosistema di distribuzione</i>	19
4.2.4 <i>Sottosistema di generazione</i>	20
4.3 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO PRODUZIONE ACQUA CALDA SANITARIA	21
4.4 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO DI RAFFRESCAMENTO/CLIMATIZZAZIONE ESTIVA	22
4.5 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO DI VENTILAZIONE MECCANICA	ERRORE. IL SEGNAIBRO NON È DEFINITO.
4.6 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO ELETTRICO E PRINCIPALI UTENZE ELETTRICHE	22
4.7 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO ILLUMINAZIONE	23
4.8 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE DI IMPIANTI DI PRODUZIONE ENERGIA ELETTRICA O COGENERAZIONE	24
5 CONSUMI RILEVATI	25
5.1 CONSUMI ENERGETICI STORICI PER CIASCUN VETTORE E CONNESSIONE ALLE RETI GAS NATURALE ED ELETTRICA.....	25
5.1.1 <i>Energia termica</i>	25
5.1.2 <i>Energia elettrica</i>	28
5.2 INDICATORI DI PERFORMANCE ENERGETICI ED AMBIENTALI	32
6 MODELLO DEL FABBISOGNO ENERGETICO.....	32
6.1 METODOLOGIA DI CALCOLO ADOTTATA E VALIDAZIONE DEI MODELLI DI CALCOLO	36
6.1.1 <i>Validazione del modello termico</i>	37
6.1.2 <i>Validazione del modello elettrico</i>	38
6.2 FABBISOGNI ENERGETICI.....	38
6.3 PROFILI ENERGETICI MENSILI.....	40
7 ANALISI DEI COSTI PRE-INTREVENTO	42
7.1 COSTI RELATIVI ALLA FORNITURA DEI VETTORI ENERGETICI	42
7.1.1 <i>Vettore termico</i>	42
7.1.2 <i>Vettore elettrico</i>	44



7.2	TARIFE E PREZZI VETTORI ENERGETICI UTILIZZATI NELL'ANALISI.....	48
7.3	COSTI DI GESTIONE E MANUTENZIONE DI EDIFICIO ED IMPIANTI.....	49
7.4	BASELINE DEI COSTI.....	50
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>	<i>51</i>
8.1.2	<i>Impianto riscaldamento.....</i>	<i>54</i>
8.1.3	<i>Impianto produzione acqua calda sanitaria</i>	<i>Errore. Il segnalibro non è definito.</i>
8.1.4	<i>Impianto di ventilazione e climatizzazione estiva.....</i>	<i>Errore. Il segnalibro non è definito.</i>
8.1.5	<i>Impianto di illuminazione ed impianto elettrico</i>	<i>56</i>
8.1.6	<i>Impianto di generazione da fonti rinnovabili.....</i>	<i>58</i>
9	VALUTAZIONE ECONOMICO-FINANZIARIA.....	60
9.1	ANALISI DEI COSTI DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI CONSIDERATI FATTIBILI	60
9.2	ANALISI DI CONVENIENZA DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI CONSIDERATI FATTIBILI	65
9.3	IDENTIFICAZIONE DELLE SOLUZIONI INTEGRATE D'INTERVENTO E SCENARI D'INVESTIMENTO	72
9.3.1	<i>Scenario 1: EEM1+EEM3+EEM4:</i>	<i>74</i>
9.3.2	<i>Scenario 2: EEM1+EEM3+EEM4+EEM5:</i>	<i>79</i>
10	CONCLUSIONI	86
10.1	RIASSUNTO DEGLI INDICI DI PERFORMANCE ENERGETICA	86
10.2	RIASSUNTO DEGLI SCENARI DI INVESTIMENTO E DEI PRINCIPALI RISULTATI	87
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		1
ALLEGATO E – RELAZIONE DI DETTAGLIO DEI CALCOLI		1
ALLEGATO F – CERTIFICATO CTI SOFTWARE		1
ALLEGATO G – ATTESTATO DI PRESTAZIONE ENERGETICA		1
ALLEGATO H – BOZZA DI APE SCENARI.....		1
ALLEGATO I – DATI CLIMATICI		1
ALLEGATO J – SCHEDE DI AUDIT.....		1
ALLEGATO K – SCHEDE ORE.....		1
ALLEGATO L – PIANO ECONOMICO FINANZIARIO SCENARI		1
ALLEGATO M – REPORT DI BENCHMARK.....		1
ALLEGATO N – CD-ROM		1

EXECUTIVE SUMMARY

Caratteristiche dell'edificio oggetto della DE

Tabella 0.1 - Tabella riepilogativa dei dati dell'edificio

PARAMENTO	U.M.	VALORE
Anno di costruzione edificio		1961
Anno di ristrutturazione		-
Zona climatica		D
Destinazione d'uso	E.7 - Edifici adibiti ad attività scolastiche e assimilabili	
Superficie utile riscaldata	[m ²]	7103.5
Superficie disperdente (S)	[m ²]	6974.4
Volume lordo riscaldato (V)	[m ³]	27204
Rapporto S/V	[1/m]	0.26
Superficie lorda aree interne (scaldate e non scaldate)	[m ²]	7614.4
Superficie lorda aree esterne	[m ²]	140
Superficie lorda complessiva (aree interne ed esterne)	[m ²]	7754
Tipologia generatore riscaldamento	Generatore a condensazione	
Potenza totale impianto riscaldamento	[kW]	756
Potenza totale impianto raffrescamento	[kW]	39
Tipo di combustibile	Metano	
Tipologia generatore Acqua Calda sanitaria (ACS)	Boiler Elettrici	
Emissioni CO ₂ di riferimento ⁽¹⁾	[t/anno]	135
Consumo di riferimento Gas Metano ⁽¹⁾	[kWh _{ut} /anno]	380154
Spesa annuale Gas Metano ⁽¹⁾	[€/anno]	30586
Consumo di riferimento energia elettrica ⁽¹⁾	[kWh _{el} /anno]	124890
Spesa annuale energia elettrica ⁽¹⁾	[€/anno]	24385

Nota (1): Valori di Baseline

Descrizione delle Misure di efficienza energetica proposte:

- EEM 1: Installazione valvole termostatiche e pompe ad inverter
- EEM 2: Sostituzione degli infissi accoppiata a sostituzione valvole termostatiche e pompa ad inverter
- EEM 3: Sostituzione corpi illuminanti con lampade LED
- EEM 4: Installazione impianto fotovoltaico
- EEM 5: Realizzazione cappotto esterno

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

CON INCENTIVI														
	%Δ _E	%Δ _{CO2}	ΔC _E	ΔC _{MO}	ΔC _{MS}	I ₀	TRS	TRA	n	VAN	TIR	IP	DSC R	LLCR
	[%]	[%]	[€/a nno]	[€/anno]	[€/anno]	[€]	[anni]	[anni]	[an ni]	[€]	[%]	[-]		
EEM 1	22	16.7	16.4	0	100	22773	2.2	2.3	15	72518	43.1	3.26	n/a	n/a
EEM 2	43.4	33.4	32.8	0	100	680729	27.5	42.7	30	-208029	0.4	-0.31	n/a	n/a
EEM3	10	17.2	17.7	0	0	67195	4.3	4.8	15	57470	17.5	0.86	n/a	n/a
EEM4	11	18.3	18.8	100	200	125426	12	16.7	20	12103	5.2	0.1	n/a	n/a

EEM5	24	17.6	17.2	0	0	265910	14.5	24.7	30	18547	4.9	0.07	n/a	n/a
SCN 1	42	52.2	52.8	100	300	214832	10.4	11.7	15	18253	15.7	8.5	1.07	1.67
SCN 2	62	66.9	67.3	100	300	480742	15	20.6	25	13922	10.8	2.9	1	1.67

Figura 0.1 – Scenario 1: analisi finanziaria

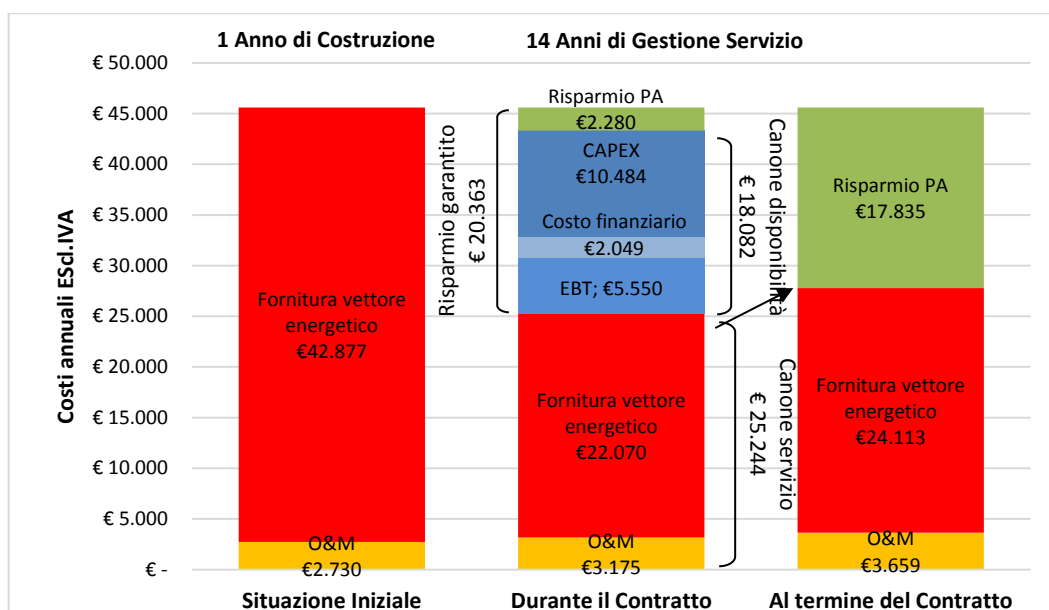
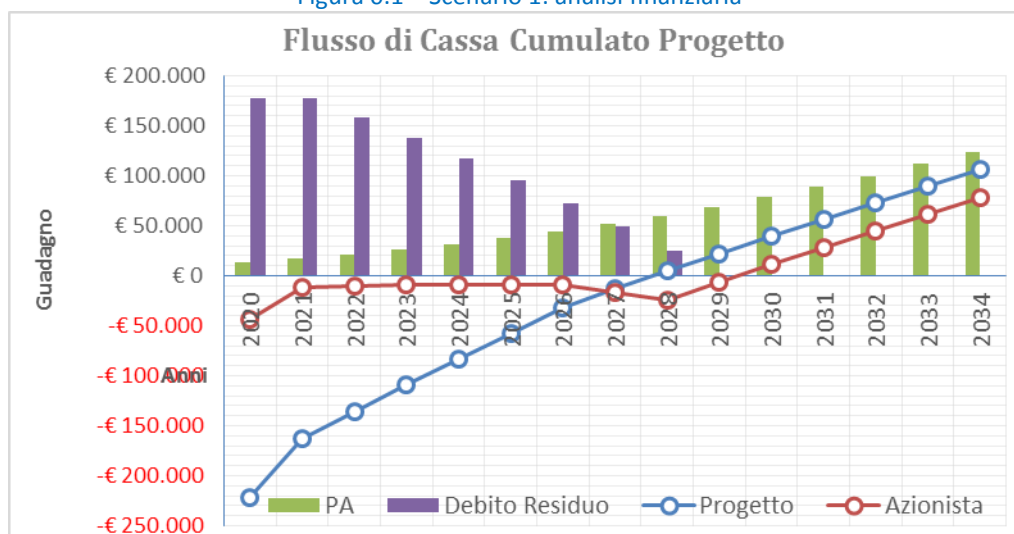
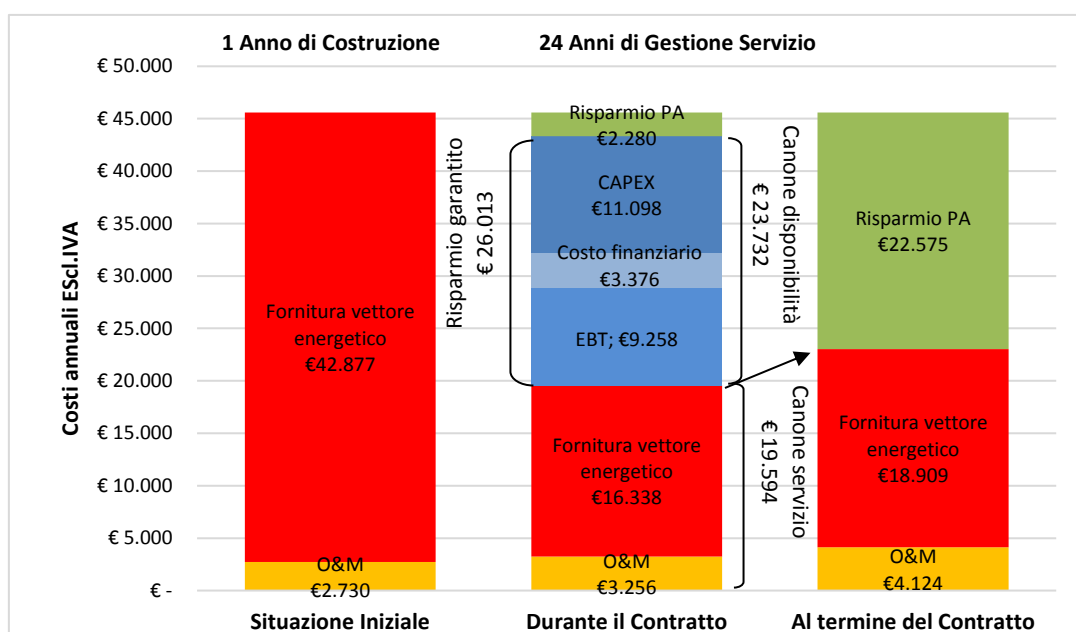
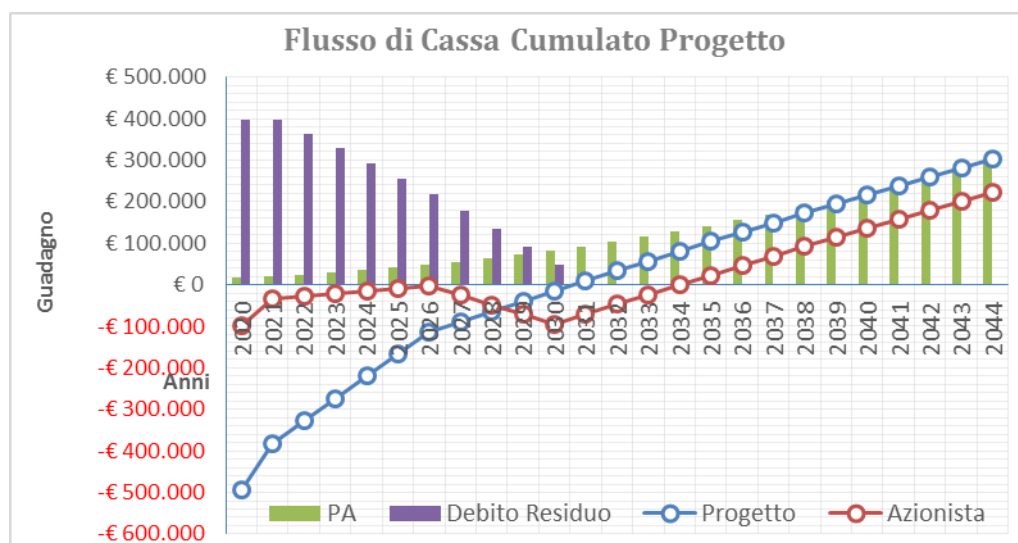


Figura 0.2 – Scenario 2: analisi finanziaria



1 INTRODUZIONE

1.1 PREMESSA

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

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

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

Figura 1.1 - Vista della facciata esposta a Est



1.2 SCOPO DELLA DIAGNOSI ENERGETICA

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

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

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

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

1.3 RIFERIMENTO E CONTATTI AUDITOR E PERSONALE COINVOLTO

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

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

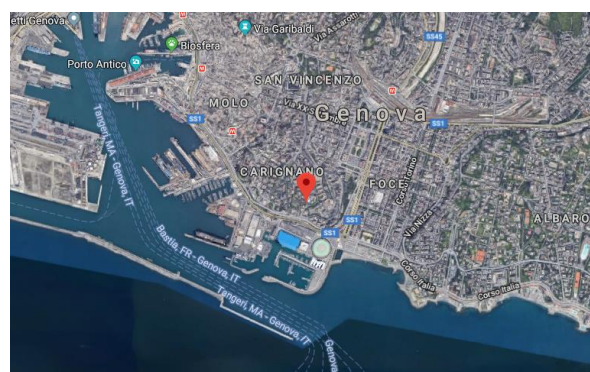
NOME E COGNOME	RUOLO	ATTIVITÀ SVOLTA
Mara Pignataro Sarah Nicolini		Sopralluogo in sito
Loris Morichetti		Elaborazione dei dati relativi ai consumi energetici
Loris Morichetti		Elaborazione dei dati geometrici ed alla creazione del modello energetico
Sarah Nicolini	Responsabile involucro	Revisione report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

1.4 IDENTIFICAZIONE DELL'EDIFICIO

L'immobile oggetto della DE, catastalmente individuato al NCEU F.99, GEA, Mapp. 403 Sub. 4 è sito nel Comune di Genova e più precisamente in Corso Mentana 27.

L'edificio è di proprietà del Comune di Genova ed è attualmente adibito ad attività scolastica. In particolare esso è utilizzato dall'Istituto Duchessa di Galliera.

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		1961
Anno di ristrutturazione		
Zona climatica		D
Destinazione d'uso	E.7 - Edifici adibiti ad attività scolastiche o assimilabili	
Superficie utile riscaldata	[m²]	7103.5
Superficie disperdente (S)	[m²]	6974.4
Volume lordo riscaldato (V)	[m³]	27204
Rapporto S/V	[1/m]	0.26
Superficie netta aree interne (scaldate e non scaldate)	[m²]	7103.5
Superficie lorda aree interne (scaldate e non scaldate)	[m²]	7614.4
Superficie lorda aree esterne	[m²]	140
Superficie lorda complessiva (aree interne ed esterne)	[m²]	7098
Tipologia generatore riscaldamento	Generatore a condensazione	
Potenza totale impianto riscaldamento	[kW]	756
Potenza totale impianto raffrescamento	[kW]	39
Tipo di combustibile	Energia Elettrica	
Inserire la tipologia di vettore energetico che alimenta i		

generatori a servizio dell'impianto di riscaldamento: Gas naturale, Gasolio, Energia Elettrica, ecc.]

Tipologia generatore Acqua Calda sanitaria (ACS)		Boiler Elettrici
Emissioni CO2 di riferimento ⁽¹⁾	[t/anno]	135
Consumo di riferimento Gas Metano ⁽¹⁾	[kWh _{tit} /anno]	380154
Spesa annuale Gas Metano ⁽¹⁾	[€/anno]	30586
Consumo di riferimento energia elettrica ⁽¹⁾	[kWh _{el} /anno]	124890
Spesa annuale energia elettrica ⁽¹⁾	[€/anno]	24385

Nota (2): Valori di Baseline

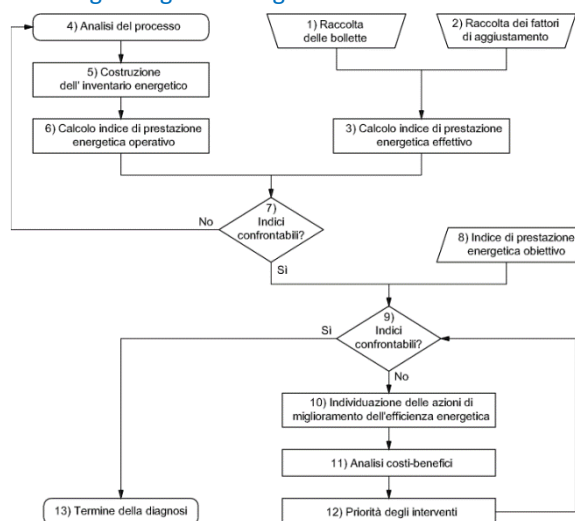
1.5 METODOLOGIA DI LAVORO

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; **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**
- Analisi del quadro normativo di riferimento, incluso la verifica dei vincoli ambientali, storici, archeologici e paesaggistici interferenti sull'immobile interessato dall'intervento;
- Visita agli edifici, effettuata in data 12/12/2017 con verifica degli elaborati forniti e rilievo dei dati relativi alle caratteristiche degli elementi disperdenti ed impiantistici costituenti il sistema edificio-impianto;
- Visita alla centrale termica e/o frigorifera, con il supporto del personale incaricato della conduzione e manutenzione degli impianti e rilevamento dei dati utili;
- Preparazione e compilazione delle schede di Audit previste per la diagnosi di livello II di cui all'appendice A delle LGEE - Linee Guida per l'Efficienza Energetica negli Edifici - sett. 2013 - elaborato da AiCARR per Agesi, Assistal, Assopetroli e Assoenergia, e riportate all'Allegato J – Schede di audit;
- Elaborazione del comportamento termico ed elettrico dell'edificio, realizzata utilizzando il software commerciale Edilclima EC700 in possesso di certificato di conformità rilasciato dal Comitato Termotecnico Italiano (CTI) 73 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 Centro Funzionale 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_{ref});
- Individuazione della "baseline elettrica" di riferimento (e relative emissioni di CO₂) calcolata sulla media aritmetica dei valori relativi ai consumi elettrici reali per tre le annualità 2014, 2015, 2016;
- Validazione del modello elaborato mediante il confronto con le baseline energetiche, al fine di ottenere uno scostamento inferiore al 5%;
- Analisi delle possibili EEM necessarie per la riqualificazione energetica del sistema edificio-impianto analizzando gli aspetti tecnici, energetici, ed ambientali.
- Simulazione del comportamento energetico dell'edificio a seguito dell'attuazione delle varie EEM proposte singolarmente, ed individuazione della nuova classe energetica raggiungibile;

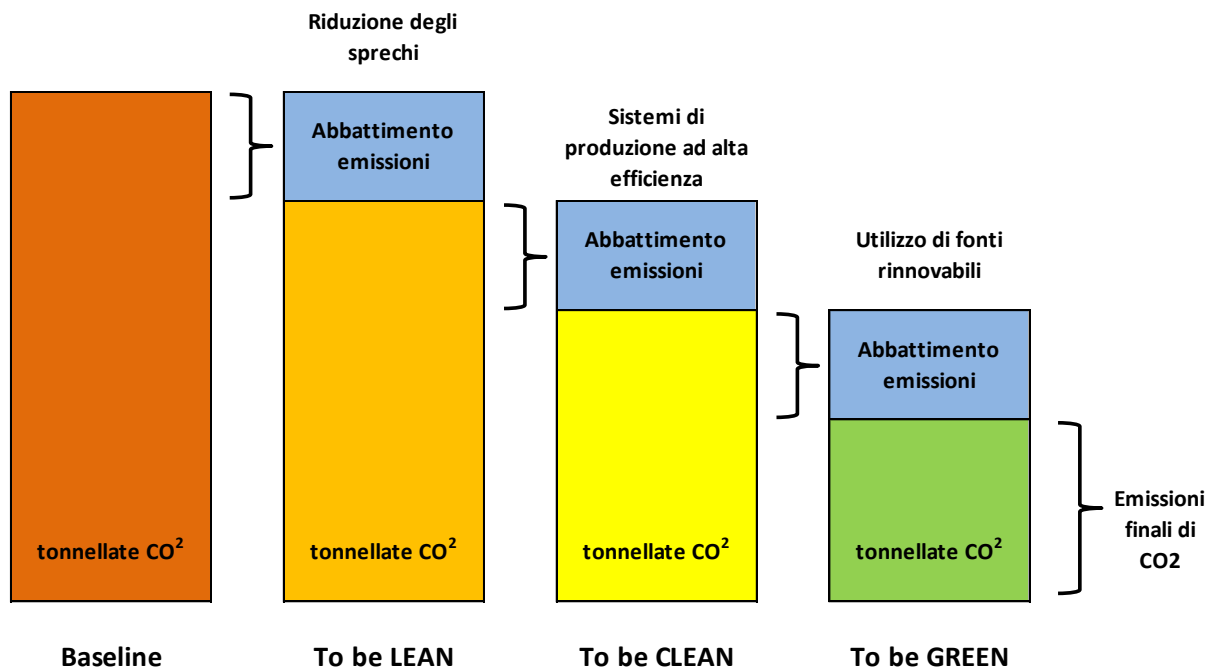
- n) Definizione di due scenari ottimali a partire dalla combinazione delle singole EEM proposte al fine di conseguire un miglioramento del parametro di efficienza energetica dell'edificio superiore a due classi energetiche e tempi di ritorno inferiori uguale rispettivamente a 25 e a 15 anni.
- o) Analisi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

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



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

Figura 1.4 - Principio della Gerarchia Energetica



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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

1.6 STRUTTURA DEL REPORT

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

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

2 DATI DELL'EDIFICIO

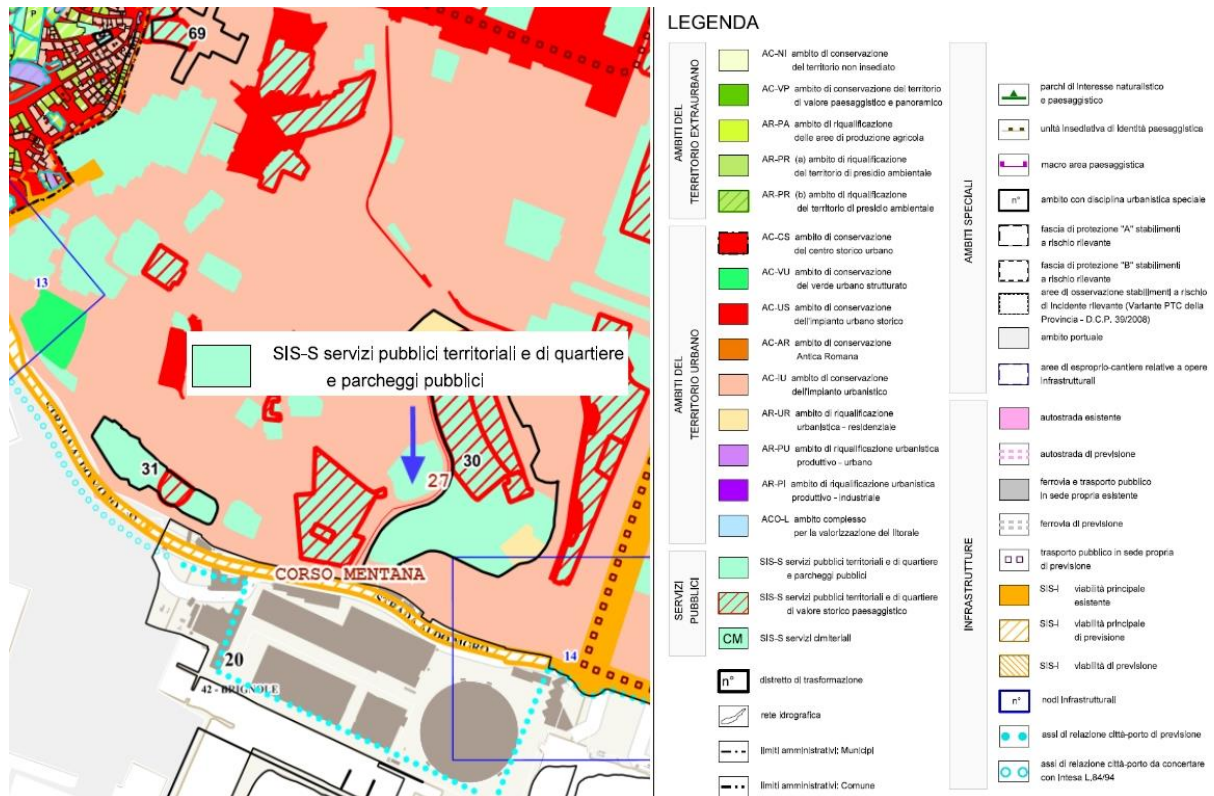
2.1 INFORMAZIONI SUL SITO

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

Al Livello Paesaggistico Puntuale l'edificio è inserito nell'area SUQ – Struttura Urbana Qualificata, che si riferisce ad aree territoriali estese e che comprendono siti di particolare pregio quali gli ambiti del paesaggio urbano strutturato, a partire dal centro fino alle propaggini a levante e a ponente, laddove i rapporti tra assetto insediativo, edificato storico e spazi verdi costituiscono un'immagine

consolidata da preservare. La finalità è quella di porre in evidenza le caratteristiche di quelle testimonianze culturali appartenenti al paesaggio urbano identitario della città e che contribuiscono a determinare la qualità ambientale della struttura urbana.

Figura 2.1 - Particolare estratto dal Piano Urbanistico Comunale



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

L'edificio ove è ubicato l'istituto scolastico Duchessa di Galliera risale all'incirca al 1961 per essere adibito ad edificio scolastico, pertanto ai sensi del DPR 412/93, attualmente ricade nella destinazione d'uso E.7 - Edifici adibiti ad attività scolastiche o assimilabili.

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

La scuola superiore Duchessa di Galliera rappresenta per il Comune di Genova una realtà consolidata. L'ipotesi di intervenire al fine di migliorarne l'efficienza energetica è innanzitutto volta ad una diminuzione delle emissioni di CO₂, la quale rientra negli obiettivi prefissati dal Comune di Genova all'interno del SEAP (Sustainable Energy Action Plan), ma può anche essere considerata di notevole interesse socio-culturale al fine della sensibilizzazione del pubblico alle tematiche di interesse ambientale ed energetico.

L'istituto, ogni anno, è frequentato giornalmente da circa 800 studenti ed è rilevante inoltre sottolineare come la corretta gestione e manutenzione del sistema edificio – impianto, comporterebbe il miglioramento delle condizioni di benessere percepite degli utenti, nonché alla corretta manutenzione dell'edificio, al fine di preservarlo al meglio. Si può pertanto affermare che la riqualificazione energetica dell'istituto potrebbe portare ad una maggiore valorizzazione socio-

economica dell'edificio, con conseguente miglioramento delle condizioni di comfort del personale e degli studenti.

L'edificio ospitante il complesso scolastico oggetto della DE è costituito complessivamente da sei piani fuori terra, nei quali si sviluppano le varie aree e tutte le attività collegate all'utilizzo scolastico della struttura.

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⁾
Terra	Attività scolastiche e assimilabili	[m ²]	586	538.3	-
Primo	Attività scolastiche e assimilabili	[m ²]	1109	1032.4	-
Secondo	Attività scolastiche e assimilabili	[m ²]	1212.6	1135.1	-
Terzo	Attività scolastiche e assimilabili	[m ²]	1384	1302.7	-
Quarto	Attività scolastiche e assimilabili	[m ²]	1153.7	1080	1080
Quinto	Attività scolastiche e assimilabili	[m ²]	1161.2	1085.1	-
Sesto	Attività scolastiche e assimilabili	[m ²]	1007.6	930	-
TOTALE		[m ²]	7614	7103.6	1080

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

La superficie riscaldata è coerente in quanto tutte le zone in cui sono presenti i terminali di emissione fanno parte della zona riscaldata. Per quanto riguarda la zona raffrescata non è stato possibile, in fase di sopralluogo, visionare tutte le aule dotate di sistema di raffrescamento. Per questo motivo, conoscendo il numero delle unità esterne presenti, si è assegnata una superficie equivalente di raffrescamento corrispondente con il piano quarto dell'edificio, dove erano presenti il maggior numero di split.

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

L'edificio oggetto di diagnosi si trova nell'ex circoscrizione di Portoria, un quartiere centrale di Genova, amministrativamente compreso nel Municipio I Centro Est.

Per secoli quartiere popolare e periferico, pur se compreso all'interno delle mura cittadine, con l'espansione urbanistica di fine Ottocento è divenuto il centro della città moderna. Sono comprese nell'area di Portoria alcune delle principali vie e piazze del centro di Genova: Piazza De Ferrari, Piazza Dante, Piazza Corvetto, parte della centralissima via XX Settembre, la principale arteria della zona commerciale di Genova e Via Roma.

Figura 2.3 - Particolare estratto dalla carta dei vincoli






Dalla ricerca effettuata sugli strumenti urbanistici comunali e sul portale dei Vincoli Architettonici, Archeologici e Paesaggistici della Regione Liguria, emerge che l'edificio non è soggetto a vincoli architettonici puntuali nè è inserito in un'area di interesse paesaggistico ai sensi del D. Lgs. 42/2004. L'edificio non ricade all'interno di una zona soggetta a vincolo idrogeologico. Tuttavia, poiché l'edificio ricade nella zona SUQ – Struttura Urbana Qualificata (vedi par. 2.1), in linea generale si ricorda che *gli interventi sul patrimonio edilizio esistente devono perseguire il miglioramento delle caratteristiche architettoniche dell'edificio stesso e contribuire alla qualificazione ambientale dell'intorno e degli spazi liberi.*

Nell'analisi delle EEM si è quindi resa necessaria l'identificazione delle possibili interferenze con le norme progettuali di Livello puntuale del PUC contenute nella relativa scheda d'ambito.

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: Installazione valvole termostatiche con pompe ad inverter			
EEM 2: Sostituzione infissi e installazione valvole termostatiche con pompe ad inverter			
EEM 3: Sostituzione dei corpi illuminanti			
EEM4: Installazione impianto fotovoltaico	Area SUQ		Consultare Ufficio tecnico comunale
EEM5: Realizzazione cappotto esterno	Area SUQ		Consultare Ufficio tecnico comunale

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 effettivo funzionamento dell'edificio, intesi come gli orari di espletamento delle lezioni e gli orari di effettiva presenza del personale all'interno dell'edificio scolastico. Gli orari di effettivo utilizzo dell'edificio sono stati forniti

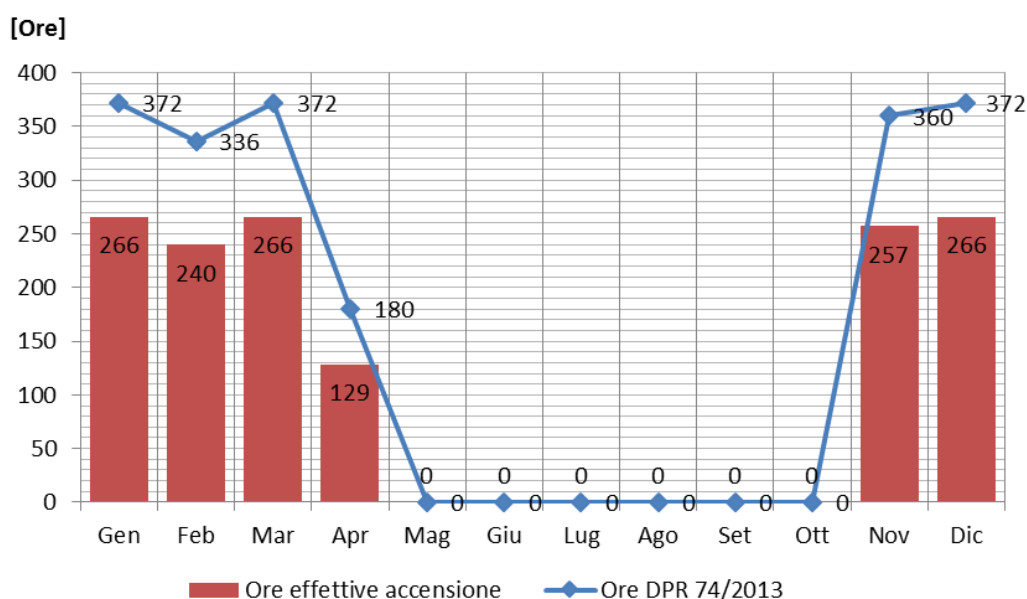
dal personale, mentre i periodi di attivazione e spegnimento degli impianti sono stati forniti dal manutentore.

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

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

PERIODO	GIORNI SETTIMENALI	ORARIO FUNZIONAMENTO EDIFICIO	ORARIO FUNZIONAMENTO IMPIANTO
Dal 20 Settembre al 20 Luglio	Dal lunedì al venerdì	7.30 – 19.00	7.30 – 19.30
Dal 20 Settembre al 20 Luglio	Sabato e Domenica	chiuso	spento
Dal 20 Luglio al 20 Settembre	Tutti i giorni	chiuso	spento

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



Dall'analisi effettuata è emerso che gli orari di funzionamento degli impianti non sono unicamente correlati agli orari di espletamento delle lezioni, ma dipendono anche dalla presenza di personale all'interno della struttura.

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

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

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

3 DATI CLIMATICI

3.1 DATI CLIMATICI DI RIFERIMENTO

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

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

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

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

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

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

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

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

Tabella 3.2 – Profili mensili dei GG_{rif}

[Riportare nella tabella il calcolo dei gradi giorno di riferimento così come calcolati nel file GG_Lotto.X-Exxxx]

	GIORNI MENSILI	TEMPERATURA ESTERNA UNI 10349:2016	GIORNI RISCALDAMENTO	GG	GIORNI DI UTILIZZO	GIORNI RISCALDAMENTO EFFETTIVI	GG _{rif}	PROFILO DI INCIDENZA
Mese		[°C]	[g/m]		[g/m]	[g/m]		
Gennaio	31	10,4	31	298	20	20	192	21%
Febbraio	28	10,5	28	266	20	20	190	21%
Marzo	31	11,1	31	276	21	21	187	21%
Aprile	30	15,3	15	71	20	11	56	6%
Maggio	31	18,7	-	-	21	-	-	0%
Giugno	30	22,4	-	-	20	-	-	0%
Luglio	31	24,6	-	-	20	-	-	0%
Agosto	31	23,6	-	-	-	-	-	0%
Settembre	30	22,2	-	-	20	-	-	0%
Ottobre	31	18,2	-	-	21	-	-	0%
Novembre	30	13,3	30	201	20	20	134	15%
Dicembre	31	10,0	31	310	15	15	150	17%

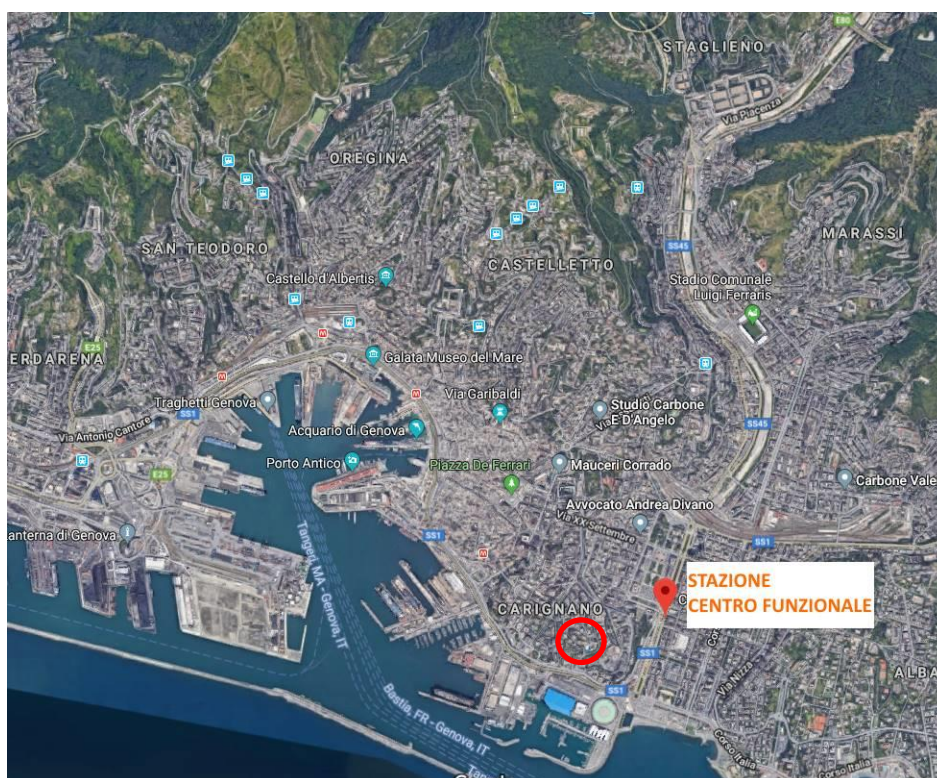
TOTALE	365	16,7	166	1421	218	107	909	100%
--------	-----	------	-----	------	-----	-----	-----	------

3.2 DATI CLIMATICI REALI

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

I dati climatici utilizzati sono stati rilevati dalla centralina meteo climatica Stazione Centro Funzionale. Si è deciso di utilizzare come riferimento tale centralina in quanto è ubicata in una zona limitrofa all'edificio oggetto della DE.

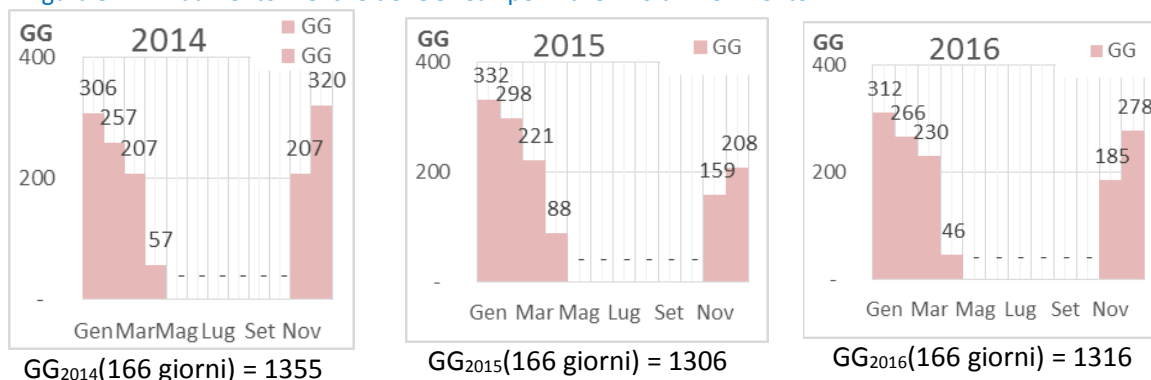
Figura 3.1 – Posizionamento della centralina meteo climatica rispetto all'edificio oggetto di DE



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

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

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

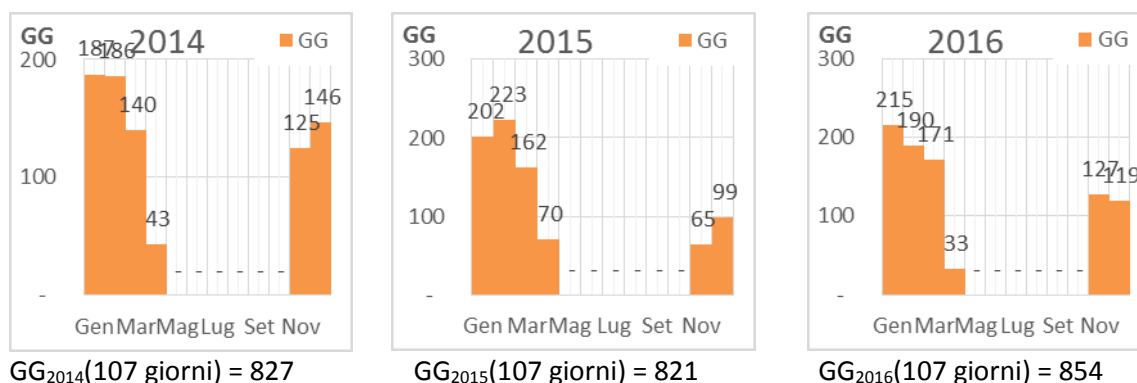


Considerando che il profilo di utilizzo degli impianti di riscaldamento prevede alcuni giorni di mancata accensione dell'impianto, come riportato nella Tabella 2.3, i GG reali sono stati ricalcolati in funzione del numero di giorni effettivi di accensione dell'impianto termico, pertanto si è ottenuto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

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

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

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



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

4 AUDIT EDIFICIO E IMPIANTI ELETTRICI E MECCANICI

4.1 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE DELL'INVOLUCRO EDILIZIO

4.1.1 Involucro opaco

L'involucro edilizio opaco che costituisce l'edificio è sostanzialmente composto da diverse tipologie di muratura. L'edificio infatti si presenta con una struttura a travi e pilastri e dei tamponamenti presumibilmente realizzati in blocchi forati. Alcune pareti dell'edificio evidenziano un rivestimento in pietra sulla superficie esterna.

Figura 4.1 - Particolare della porzione di involucro rivolta a sud/est.



Questa soluzione realizzativa incide profondamente sul comportamento termico dell'edificio, in quanto le differenze tra i materiali sono notevoli in termini di trasmittanze ed inerzia termica.

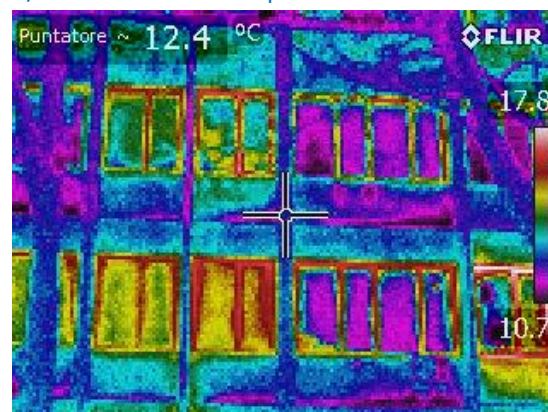
Figura 4.2 - Particolare della facciata rivestita in pietra, rivolta a sud/est.

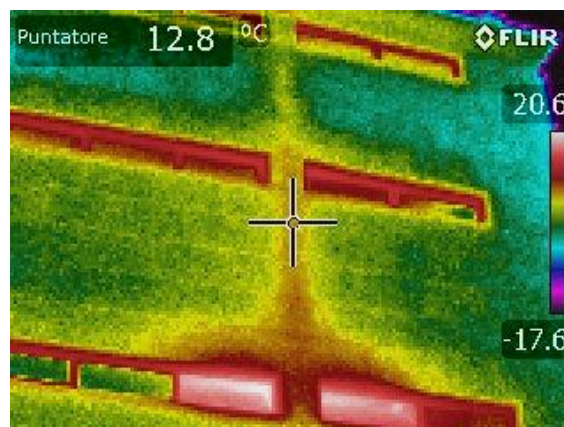


Ai fini di un'identificazione più precisa delle caratteristiche dei componenti dell'involucro opaco si è proceduto, in sede di sopralluogo, alla realizzazione delle seguenti indagini diagnostiche:

- Rilievo termografico eseguito tramite l'utilizzo di termo camera FLIR E40
- Indagine visiva dell'edificio

Figura 4.3 – Rilievo termografico della parete esposta a sud/est e della facciata esposta a est.





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

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

Tabella 4.1 – Trasmittanze termiche dei componenti dell'involucro opaco

TIPO DI COMPONENTE	CODICE	SPESSORE	ISOLAMENTO	TRASMITTANZA TERMICA	STATO DI CONSERVAZIONE
		[cm]		[W/m ² K]	
Muro in pietra	M1	35	Assente	0.72	Buono
Travi	M2	30	Assente	2.99	Pessimo
Tamponamento	M3	32	Assente	0.91	Cattivo
Pavimento su terreno	P1	53	Assente	1.29	Discreto
Copertura inclinata con controsoffitto	S2	68	Assente	1.29	Buono
Copertura inclinata	S3	21	Assente	2.14	Cattivo

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

4.1.2 Involucro trasparente

L'involucro trasparente che costituisce l'edificio è composto da serramenti con telaio in alluminio e vetri singoli.

Lo stato di conservazione degli stessi è molto scarso, pertanto si generano rilevanti infiltrazioni d'aria all'interno degli ambienti, causando elevati dispersioni termiche. Inoltre i vetri singoli non garantiscono un adeguato isolamento termico rappresentando uno dei componenti più sfavoriti per la trasmissione del calore.

Figura 4.4 - Particolare dei serramenti



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

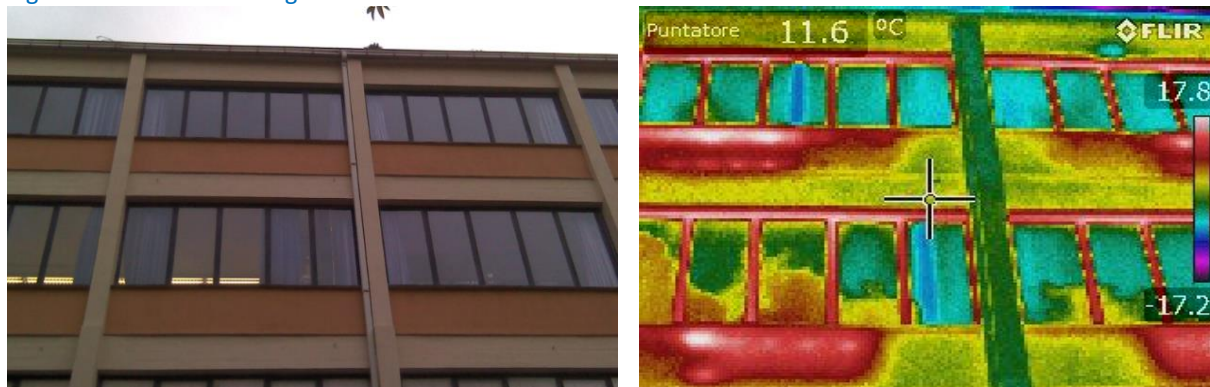
- Rilievo termografico eseguito secondo le seguenti modalità

- Indagine visiva delle strutture

La realizzazione delle suddette indagini ha portato alle seguenti conclusioni:

- Come si evidenzia nelle immagini seguenti, gli infissi costituiscono un elemento preferenziale di dispersione del calore, infatti i telai appaiono di colore rosso nella termografia e sono caratterizzati da temperature delle superfici esterne molto più elevate rispetto al resto della parete.

Figura 4.5 – Rilievo termografico dei serramenti



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

Tabella 4.2 – Trasmittanze termiche dei componenti dell'involucro trasparente

TIPO DI COMPONENTE	CODICE	DIMENSIONI [HXL] [cm]	TIPO TELAIO	TIPO VETRO	TRASMITTANZA TERMICA [W/mqK]	STATO DI CONSERVAZIONE
Finestra alluminio	W1	440X190	Alluminio	Vetro singolo	5	Scadente
Finestra alluminio	W9	160X190	Alluminio	Vetro singolo	5.2	Scadente
Finestra alluminio	W7	150X60	Alluminio	Vetro singolo	5.7	Scadente
Portafinestra Alluminio	W25	140X290	Alluminio	Vetro singolo	5.2	Scadente
Finestra alluminio	W11	300X240	Alluminio	Vetro singolo	5	Scadente

L'elenco dei componenti principali 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.

Tutti i componenti dell'involucro trasparente sono presenti all'interno dell'AllegatoE- Relazione di calcolo, estratto direttamente dal software.

4.2 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO DI RISCALDAMENTO/CLIMATIZZAZIONE INVERNALE

L'impianto di riscaldamento degli ambienti è costituito da una caldaia a condensazione, situata in centrale termica, ed ha come terminali di emissione dei radiatori installati su parete esterna non isolata. È presente un circuito primario che collega la caldaia ad uno scambiatore di calore a piastre. Il circuito secondario presenta un collettore unico da cui si diramano i circuiti che riscaldano i vari piani dell'edificio.

4.2.1 Sottosistema di emissione

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

[Figura 4.6 – Particolare dei radiatori installati](#)

- Radiatori su parete esterna o interna



Figura 4.8 - Particolare dei radiatori installati su parete interna.

Figura 4.7 – Particolare dei radiatori installati nella palestra dell'istituto, su parete esterna.



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

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

ZONA TERMICA	TIPOLOGIA DI TERMINALE	RENDIMENTO
Zona riscaldata	Radiatori	92.3
Zona riscaldata e raffrescata	Radiatori	92.3

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

Tabella 4.4 - Riepilogo caratteristiche dei terminali di emissione installati

PIANO	TIPO DI INSTALLAZIONE	NUMERO	POTENZA TERMICA UNITARIA [kW]	POTENZA TERMICA COMPLESSIVA [kW]	TIPO DI INSTALLAZIONE	NUMERO	POTENZA FRIGORIFERA A UNITARIA [kW]	POTENZA FRIGORIFERA COMPLESSIVA [kW]
Terra	Radiatori	10	2.67	26.7	-	-	-	-
Primo	Radiatori	24	2.1	50.4	-	-	-	-
Secondo	Radiatori	33	2.2	72.6	-	-	-	-
Terzo	Radiatori	48	2.1	101	Monosplit	3	3	9
Quarto	Radiatori	32	2.2	70.4	Monosplit	5	3	15
Quinto	Radiatori	31	2.4	74.4	Monosplit	3	3	9
Sesto	Radiatori	51	1.96	100	Monosplit	2	3	6
TOTALE		229		495.5				

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

4.2.2 Sottosistema di regolazione

La regolazione del funzionamento dell'impianto avviene attraverso l'impostazione degli orari di funzionamento e attraverso una regolazione climatica del generatore di calore.

In fase di sopralluogo è stato rilevato un numero molto limitato di valvole termostatiche, che non rappresentano un contributo consistente sul totale dei corpi di emissione. Per questo motivo non si sono considerate tali valvole nella taratura del modello di Edilclima e si è lasciato spazio ad un intervento di efficientamento che riguarda tale sistema di regolazione.

Figura 4.9 - Profilo di funzionamento invernale dell'impianto per la zona termica "zona riscaldata"

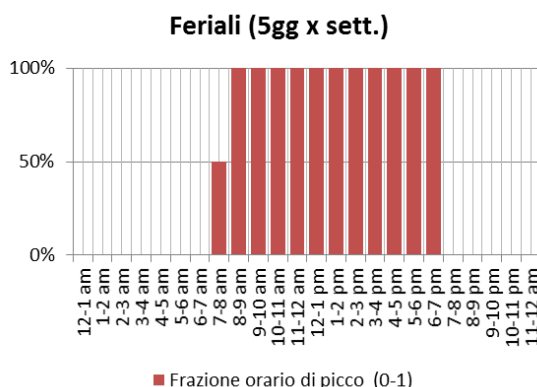
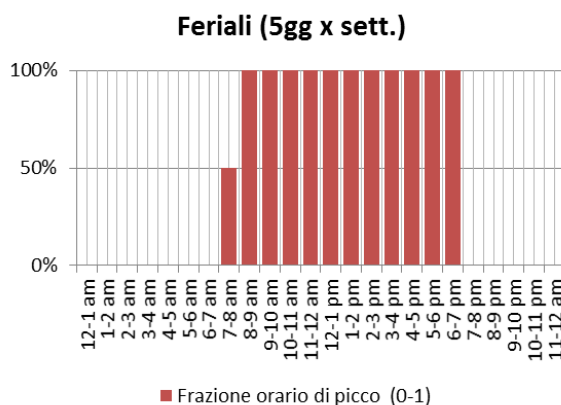


Figura 4.10 - Profilo di funzionamento invernale dell'impianto per la zona termica "zona riscaldata e raffrescata"



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
--------------	---------------------	------------

Zona riscaldata	Climatica	69.6 %
Zona riscaldata e raffrescata	Climatica	84 %

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

4.2.3 Sottosistema di distribuzione

Il sottosistema di distribuzione è costituito dai seguenti elementi:

- 1) Circuito primario di collegamento tra la caldaia e lo scambiatore di calore a piastre.
- 2) Circuito secondario con collettori comuni di mandata e ritorno ai circuiti dei diversi piani.

I due circuiti sono serviti ciascuno da una pompa di circolazione. Non sono presenti ulteriori circolatori sui singoli circuiti, per cui non è applicabile la definizione di funzionamento in “serie” o “parallelo”.

- 1) **Circuito primario:** è presente una pompa di circolazione che fa circolare il fluido termovettore (acqua) tra la caldaia e lo scambiatore di calore.

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

Tabella 4.6 - Riepilogo caratteristiche pompe circuito primario

NOME		SERVIZIO	PORTATA ⁽⁵⁾ [m ³ /h]	PREVALENZA ⁽⁶⁾ [kPa]	POTENZA ASSORBITA ⁽⁷⁾ [kW]
UPS Grundfos 65-120 F	EG01	Ritorno acqua scambiatore	28	8	1.15

Nota (5): 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 ⁽⁸⁾ °C	TEMPERATURA CALCOLO °C
Caldaia Unical Supermodulex 770	Mandata	Caldo	-	80
	Ritorno	Caldo	-	60

Nota (6): Valori utilizzati nel modello di calcolo, suggeriti dal software per la tipologia di generatore e di terminale installati. Non è stato possibile rilevare le temperature di funzionamento reale in fase di sopralluogo.

- **Circuito secondario:** è presente una pompa di circolazione gemellare che spinge il fluido termovettore (acqua) nel collettore di mandata.

Le caratteristiche dei circolatori a servizio dei circuiti secondari sono riportate nella Tabella 4.8.

Tabella 4.8 - Riepilogo caratteristiche pompe circuito secondario

NOME		SERVIZIO	PORTATA ⁽⁷⁾ m ³ /h	PREVALENZA ⁽⁷⁾ kPa	POTENZA ASSORBITA ⁽⁸⁾ kW
UPE Grundfos 80-120F	EG02	Mandata acqua al collettore caldo	41	7	1.5

Nota (7): Valori ricavati da dati di targa

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

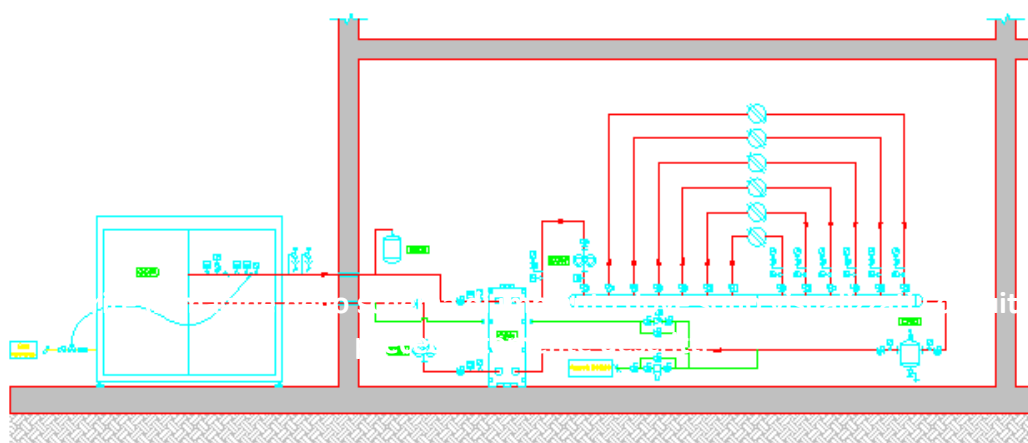
Tabella 4.9 – Temperature di mandata e ritorno del circuito secondario

CIRCUITO			TEMPERATURA RILEVATA ⁽⁸⁾	TEMPERATURA CALCOLO
			°C	°C
Collettore	Mandata	Caldo	-	70
Collettore	Ritorno	Caldo	-	50

Nota (8): Valori utilizzati nel modello di calcolo, suggeriti dal software in funzione dei terminali scelti.

Per quanto riguarda le temperature del fluido termovettore, nel circuito secondario, si è fatto riferimento alla stima delle temperature di mandata e ritorno del collettore comune dell'impianto. Tale scelta deriva da un'ipotesi di funzionamento con cui si è modellato l'edificio, in quanto in fase di sopralluogo non è stato possibile avere lettura dei valori di temperatura reale in centrale termica.

Figura 4.11 - Particolare dello schema di impianto [(Fonte: Tavola264-P00-AE-CENTRALE TERMICA.dwg)]



Il rendimento complessivo del sottosistema di distribuzione è stato assunto nella DE pari al 93 %, valore calcolato attraverso il software Edilclima.

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

4.2.4 Sottosistema di generazione

Il sottosistema di generazione è costituito da una caldaia a condensazione situata in centrale termica che produce, attraverso uno scambiatore di calore, acqua calda da inviare ai radiatori delle varie zone dell'edificio.

Il sistema di raffrescamento invece si costituisce di circa 13 unità esterne a pompa di calore, che effettuano il condizionamento di alcune aule e di alcuni uffici.

Figura 4.12 - Particolare della caldaia a condensazione



Figura 4.13 - Particolare del sistema di raffrescamento



Le caratteristiche dei sistemi di generazione sono riportate nella Tabella 4.10.

Tabella 4.10 - Riepilogo caratteristiche sistemi di generazione

	Servizio	MARCA	MODELLO	ANNO DI COSTRUZIONE	POTENZA AL FOCOLARE [kW]	POTENZA TERMICA UTILE [kW]	RENDIMENTO	POTENZA ASSORBITA COMPLESSIVA [kW]
Gen 1	Riscaldamento	Unical	Supermodulex 770	-	770	756	98.2 %	1.1
Gen 2	Raffrescamento	-	-	-	-	39	250 %	15.6

Nota (9): Sono state contate 13 unità esterne (presumibilmente monosplit) e sono stati considerati split della potenza termica di 3 kW ciascuno, con un rendimento, fornito dal modello di Edilclima, del 250 % per il raffrescamento. Il rendimento del generatore per il riscaldamento è stato rilevato dalla scheda tecnica della macchina.

Il rendimento complessivo del sottosistema di generazione, in regime di riscaldamento è stato assunto nella DE pari al 94.2 %. Il confronto tra il rendimento di targa della macchina, riportato in Tabella 4.11, ed il rendimento rilevato nell'ultima prova fumi a disposizione, confermano che i due dati sono allineati. Si ottiene infatti un rendimento del 98,2% dalla scheda tecnica della macchina ed un valore di 98,3% dai risultati della prova fumi, in data 10/03/2014.

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

4.3 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO PRODUZIONE ACQUA CALDA SANITARIA

Il consumo di acqua calda sanitaria è relativamente ridotto data la destinazione d'uso dell'edificio. La produzione è eseguita tramite bollitori elettrici ad accumulo installati localmente nei servizi igienici a ad uso del personale e degli studenti. In fase di sopralluogo si è rilevata la presenza di un bollitore ad accumulo per ogni piano dell'edificio oggetto della DE.

I rendimenti caratteristici dei sottosistemi dell'impianto di produzione acqua calda sanitaria sono riportati nella Tabella 4.11.

Tabella 4.11 – Rendimenti dell'impianto di produzione acqua calda sanitaria

SOTTOSISTEMA DI EROGAZIONE	SOTTOSISTEMA DI DISTRIBUZIONE	SOTTOSISTEMA DI RICIRCOLO	SOTTOSISTEMA DI ACCUMULO	SOTTOSISTEMA DI GENERAZIONE	RENDIMENTO GLOBALE MEDIO STAGIONALE
100	89.3	-	-	75	28

Nota (10): I rendimenti dei sottosistemi sono stati ricavati dal modello di Edilclima

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

4.4 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO DI RAFFRESCAMENTO/CLIMATIZZAZIONE ESTIVA

La climatizzazione in regime estivo è effettuata grazie alla presenza di pompe di calore di tipo split, dotate di unità interne ed unità esterne. Il numero delle unità esterne presenti è stato identificato in circa 13.

Figura 4.14 - Particolare di un sistema monosplit



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

Tabella 4.12 – Rendimenti dell'impianto di climatizzazione estiva

Sottosistema di Emissione	Sottosistema di Regolazione	Sottosistema di Distribuzione	Sottosistema di Accumulo	Sottosistema di Generazione	Rendimento Globale medio stagionale
98	84	100	-	250	85

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

4.5 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO ELETTRICO E PRINCIPALI UTENZE ELETTRICHE

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

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

Tabella 4.13 – Elenco e caratteristiche delle altre utenze elettriche

ZONATERMICA	DESCRIZIONE	NUMERO	POTENZA NOMINALE	POTENZA COMPLESSIVA	ORE ANNUE DI UTILIZZO
			[W]	[W]	[ore]
Zona riscaldata	PC	19	150	2850	1440
Zona riscaldata	Proiettore	1	400	400	864
Zona riscaldata	Stampante	1	500	500	864
Edificio Duchessa di Galliera	Ascensore	2	3000	6000	960
Zona riscaldata	LIM	2	340	680	864

Le potenze riportate nella tabella sono i valori nominali. Per un adeguato calcolo dei consumi elettrici connessi alla presenza di tali attrezzature, è necessario considerare il fattore di carico di tali dispositivi, come è stato fatto nella modellazione dell'edificio.

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

- Indagine visiva dei locali e delle attrezzature presenti

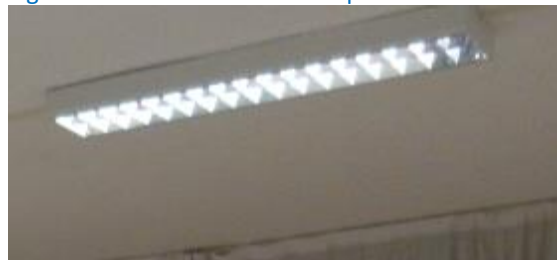
L'elenco delle altre utenze elettriche rilevate in sede di sopralluogo e delle relative caratteristiche tecniche è riportato nella Sezione 11 dell' Allegato J – Schede di audit.

4.6 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO ILLUMINAZIONE

L'impianto di illuminazione è costituito da lampade fluorescenti di potenze diverse a seconda dei locali. Le plafoniere presenti contengono solitamente da 1 a 4 lampade della stessa potenza.

- Lampade fluorescenti di potenza 18W
- Lampade fluorescenti di potenza 36W
- Lampade fluorescenti di potenza 58W

Figura 4.15 - Particolare dei corpi illuminanti



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

Tabella 4.14 – Elenco e caratteristiche dei corpi illuminanti

ZONATERMICA	DESCRIZIONE	NUMERO	POTENZA UNITARIA [W]	POTENZA COMPLESSIVA [W]
Zona riscaldata	Fluorescente	59	18	1062
Zona riscaldata	Fluorescente	1176	36	42336
Zona riscaldata	Fluorescente	19	58	1102
Zona riscaldata e raffrescata	Fluorescente	344	36	12384
Zona riscaldata e raffrescata	Fluorescente	4	18	72

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.

Figura 4.16 - Particolare dei corpi illuminanti

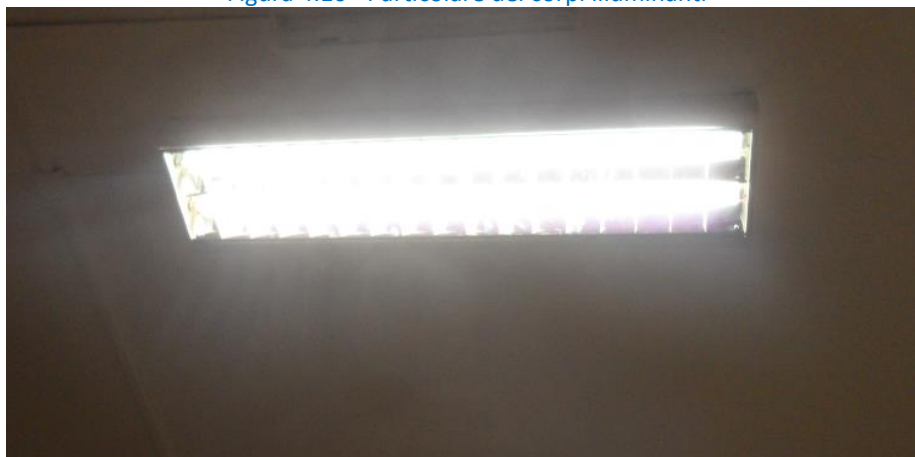


Figura 4.17 - Particolare dei corpi illuminanti



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

Attualmente è presente un impianto Fotovoltaico installato sul terrazzo al sesto piano dell'edificio.

Il suddetto impianto è costituito da soli 6 moduli, installati con inclinazione di circa 30 gradi, ma si sottolinea che non è stato possibile risalire a quale sia la produzione reale e l'utilizzo dell'energia elettrica prodotta. In fase di redazione della diagnosi energetica, vista la potenza dell'impianto molto limitata, si è deciso di trascurarne la presenza, vista l'assenza di informazioni riguardanti tale impianto.

Figura 4.18 - Vista dell'impianto fotovoltaico

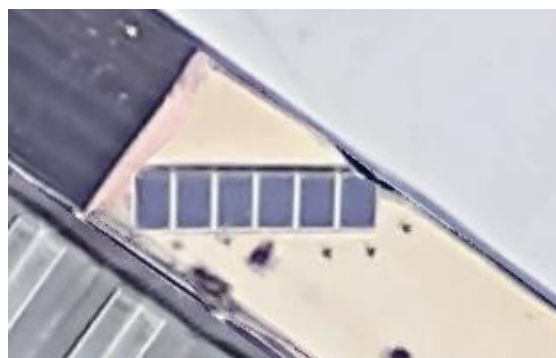


Tabella 4.15 – Caratteristiche impianto fotovoltaico

TIPO DI IMPIANTO	SUPERFICIE	TIPO DI MODULI	POTENZA INSTALLATA	RENDIMENTO IMPIANTO	ENERGIA PRODOTTA
	[mq]		[kW]		[kWh/anno]
Fotovoltaico	-	-	-	-	-

5 CONSUMI RILEVATI

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

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

I vettori energetici analizzati sono i seguenti:

- Gas metano;
- Energia elettrica;

5.1.1 Energia termica

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

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

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

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

Nota (11) Fonte: Prospetto B.19 UNI TS 11300-2:2014

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

- Centrale termica per il riscaldamento degli ambienti delle due zone termiche;

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

L'analisi dei consumi storici di Gas metano viene effettuata sulla base di m³ di gas rilevati dalla società di distribuzione nel triennio di riferimento.

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

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

PDR	Utilizzo	2014	2015	2016	2014	2015	2016
		[Sm ³]	[Sm ³]	[Sm ³]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
n/a	Riscaldamento	38.733	-	35.486	364.869	-	334.274

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

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

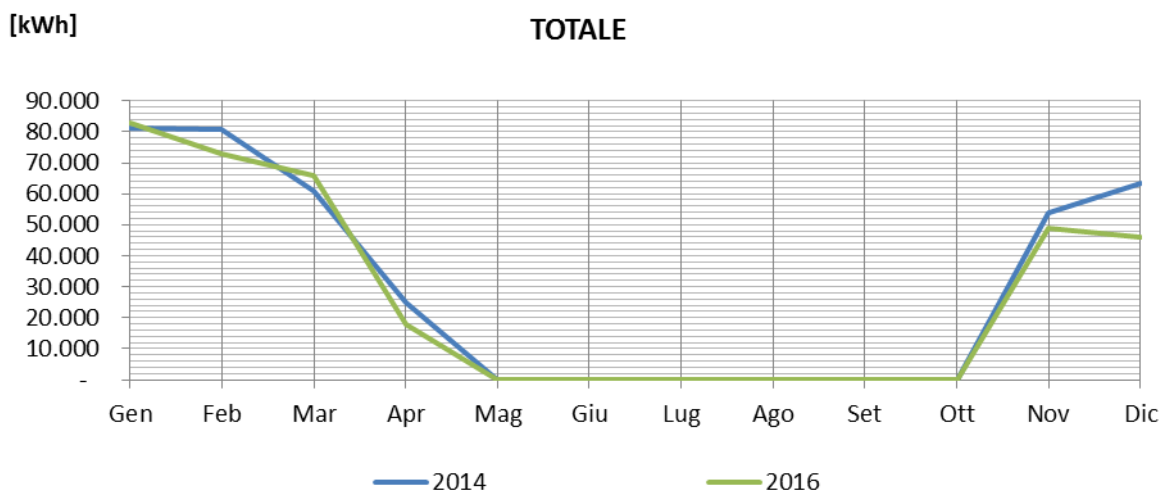
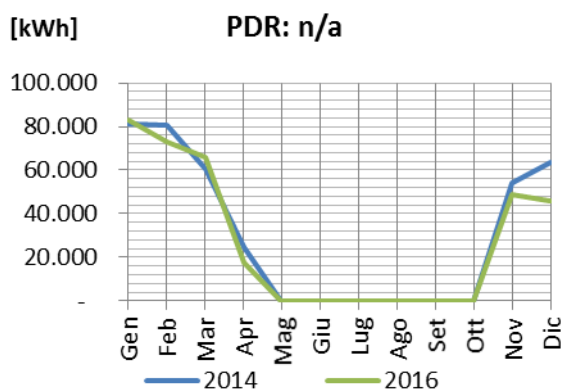
Tabella 5.3 - Consumi mensili di energia termica per il triennio di riferimento – Dati fatturati da società di fornitura

PDR: n/a	2014	2015	2016	2014	2015	2016
Mese	[Sm ³]	[Sm ³]	[Sm ³]	[kWh]	[kWh]	[kWh]

Gennaio	8.623	-	8.802	81.226	-	82.918
Febbraio	8.558	-	7.757	80.620	-	73.069
Marzo	6.453	-	6.994	60.790	-	65.880
Aprile	2.637	-	1.878	24.836	-	17.694
Maggio	-	-	-	-	-	-
Giugno	-	-	-	-	-	-
Luglio	-	-	-	-	-	-
Agosto	-	-	-	-	-	-
Settembre	-	-	-	-	-	-
Ottobre	-	-	-	-	-	-
Novembre	5.738	-	5.189	54.050	-	48.880
Dicembre	6.725	-	4.866	63.347	-	45.834
Totale	38.733	-	35.486	364.869	-	334.274

L'andamento dei consumi mensili fatturati è riportato nei grafici in **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata..**

Figura 5.1 – Andamento mensile dei consumi termici fatturati



Dall'analisi effettuata è emerso che il prelievo termico del triennio è caratterizzato da un valore minimo pari a zero nei mesi estivi e un valore di massimo prelievo pari a circa 80000 kWh nei mesi invernali. I consumi annui sono tra loro particolarmente allineati per le due annualità analizzate. Non è stato possibile effettuare un confronto con i dati presenti nel file Kyoto, in quanto non sono

presenti dati di consumo relativi all'edificio oggetto della DE. Le volumetrie di metano consumato negli anni 2014 e 2016 sono state fornite successivamente dalla PA.

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}_{ALTRO} = Consumo termico reale per eventuali altri utilizzi dell'edificio, kWh/anno, valutato come la media dei consumi per altri usi, nel triennio di riferimento. Tale contributo non è stato valutato poiché non risultano essere presenti usi secondari per il vettore termico.

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

Tabella 5.4 – Normalizzazione dei consumi annuali di energia termica

ANNO	GG _{REALI} SU [107] GIORNI	GG _{RIF} SU [107] GIORNI	CONSUMO REALE RISC. [Smc]	CONSUMO REALE RISC. [kWh]	α_{rif}	CONSUMO NORMALIZZATO A [926] GG [kWh]	CONSUMO ACS [kWh]	CONSUMO ALTRO [kWh]
2014	827	909	38733,4	364973	441,2	400.976	-	-
2015	821	909	-	-	-	-	-	-
2016	854	909	35845,6	337762	395,3	359.332	-	-
Media	834	909	37290	351368	418	380.154	-	-

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}	-
\bar{Q}_{ALTRO}	-

$$\bar{a}_{rif} \times GG_{rif}$$

380.154

 $Q_{baseline}$

380.154

Il calcolo della baseline termica evidenzia come sia presente il solo contributo di riscaldamento, poiché la produzione di acqua calda sanitaria viene effettuata mediante boiler elettrici, come descritto nella relativa sezione.

5.1.2 Energia elettrica

La fornitura di energia elettrica avviene tramite la presenza di 2 contatori.

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

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

L'analisi dei consumi storici di energia elettrica si basa sulla base dei kWh ottenuti dai dati di fatturazione rilevati nel triennio di riferimento, che in questo caso è costituito dalle annualità 2015, 2016, 2017. La motivazione della scelta risiede nel fatto che si era in possesso soltanto dei dati di consumo relativi a queste annualità.

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

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

POD	ZONA SERVITA	2015	2016	2017	MEDIA
		[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
IT001E00098661	-	87.002	97.923	102.427	95.784
IT001E02184572	-	27.167	29.111	31.041	29.106
TOTALE	-	EEbaseline = 124.890 kWh			

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

Si è pertanto definito un consumo $EE_{baseline}$ pari a 124890 kWh.

Non è stato possibile fare un confronto con i valori presenti nel file Kyoto, in quanto non sono presenti dati di consumo elettrico in merito all'edificio oggetto della DE nel suddetto file.

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

POD: IT001E00098661	F1	F2	F3	TOTALE
Anno 2015	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gen – 15	6.955	1.259	2.046	10.259
Feb – 15	7.126	1.119	1.646	9.890
Mar – 15	5.469	939	1.493	7.901
Apr – 15	4.409	771	1.466	6.646
Mag – 15	4.507	964	1.717	7.188
Giu – 15	2.872	855	1.472	5.199
Lug – 15	2.214	929	1.558	4.701
Ago – 15	1.004	594	1.098	2.696
Set – 15	4.000	957	1.497	6.454
Ott – 15	6.164	1.070	1.374	8.608
Nov – 15	6.643	1.185	1.638	9.466
Dic – 15	5.416	934	1.644	7.994
Totale	56.778	11.576	18.648	87.002

POD: IT001E00098661	F1	F2	F3	TOTALE
Anno 2016	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gen – 16	6.272	1.082	1.776	9.130
Feb – 16	6.665	1.055	1.500	9.220
Mar – 16	5.694	1.011	1.583	8.288
Apr – 16	4.880	1.194	1.812	7.886
Mag – 16	5.444	1.150	1.907	8.501
Giu – 16	3.261	1.074	1.762	6.097
Lug – 16	2.850	1.308	2.066	6.224
Ago – 16	2.616	1.182	2.113	5.911
Set – 16	4.882	1.238	1.792	7.912
Ott – 16	6.166	1.206	1.714	9.086
Nov – 16	7.047	1.231	1.773	10.051
Dic – 16	5.977	1.395	2.245	9.617
Totale	61.754	14.126	22.043	97.923
POD: IT001E00098661	F1	F2	F3	TOTALE
Anno 2017	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gen - 17	7.637	1.436	2.315	11.388
Feb – 17	7.586	1.182	1.791	10.559
Mar - 17	6.438	1.116	1.564	9.118
Apr – 17	4.400	1.085	1.924	7.409
Mag – 17	5.569	1.124	1.988	8.681
Giu - 17	4.348	1.301	2.488	8.137
Lug – 17	2.823	1.192	1.999	6.014
Ago – 17	1.835	910	1.690	4.435
Set – 17	4.429	1.034	1.525	6.988
Ott – 17	6.648	1.156	1.755	9.559
Nov – 17	7.521	1.206	1.690	10.417
Dic – 17	6.496	1.197	2.029	9.722
Totale	65.730	13.939	22.758	102.427

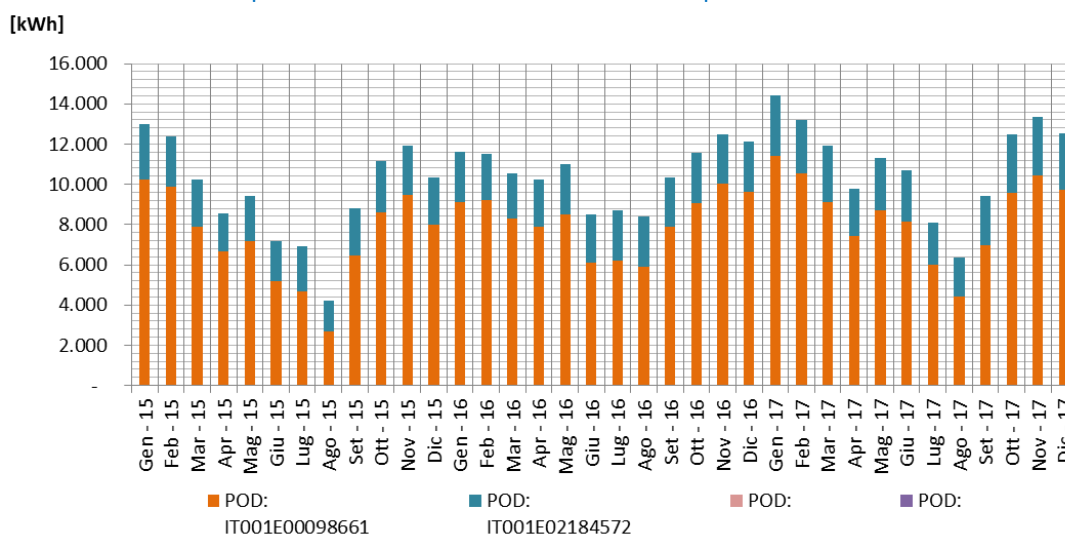
Tabella 5.8 – Consumi mensili di energia elettrica suddivisi per fasce, per il triennio di riferimento

POD: IT001E02184572	F1	F2	F3	TOTALE
Anno 2015	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gen – 15	1.772	349	635	2.755
Feb – 15	1.610	342	533	2.484
Mar – 15	1.361	348	613	2.322
Apr – 15	1.058	279	576	1.913
Mag – 15	1.120	377	738	2.235
Giu – 15	973	360	662	1.995
Lug – 15	1.038	431	733	2.202
Ago – 15	503	349	684	1.536
Set – 15	1.258	419	692	2.369
Ott – 15	1.607	379	573	2.559
Nov – 15	1.536	332	570	2.438
Dic – 15	1.445	299	615	2.359

Totale	15.281	4.263	7.624	27.167
POD: IT001E02184572	F1	F2	F3	TOTALE
Anno 2016	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gen – 16	1.549	326	612	2.487
Feb – 16	1.478	323	513	2.314
Mar – 16	1.327	342	593	2.262
Apr – 16	1.239	404	684	2.327
Mag – 16	1.313	433	749	2.495
Giu – 16	1.271	420	725	2.416
Lug – 16	1.313	434	750	2.497
Ago – 16	1.313	433	749	2.495
Set – 16	1.271	420	726	2.417
Ott – 16	1.314	434	749	2.497
Nov – 16	1.271	420	726	2.417
Dic – 16	1.463	371	653	2.487
Totale	16.122	4.760	8.229	29.111
POD: IT001E02184572	F1	F2	F3	TOTALE
Anno 2017	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gen - 17	1.995	371	657	3.023
Feb – 17	1.741	360	553	2.654
Mar - 17	1.759	399	630	2.788
Apr – 17	1.269	376	722	2.367
Mag – 17	1.477	406	720	2.603
Giu - 17	1.211	479	885	2.575
Lug – 17	801	464	812	2.077
Ago – 17	687	429	789	1.905
Set – 17	1.244	458	714	2.416
Ott – 17	1.763	431	722	2.916
Nov – 17	1.897	381	631	2.909
Dic – 17	1.700	381	727	2.808
Totale	17.544	4.935	8.562	31.041

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

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



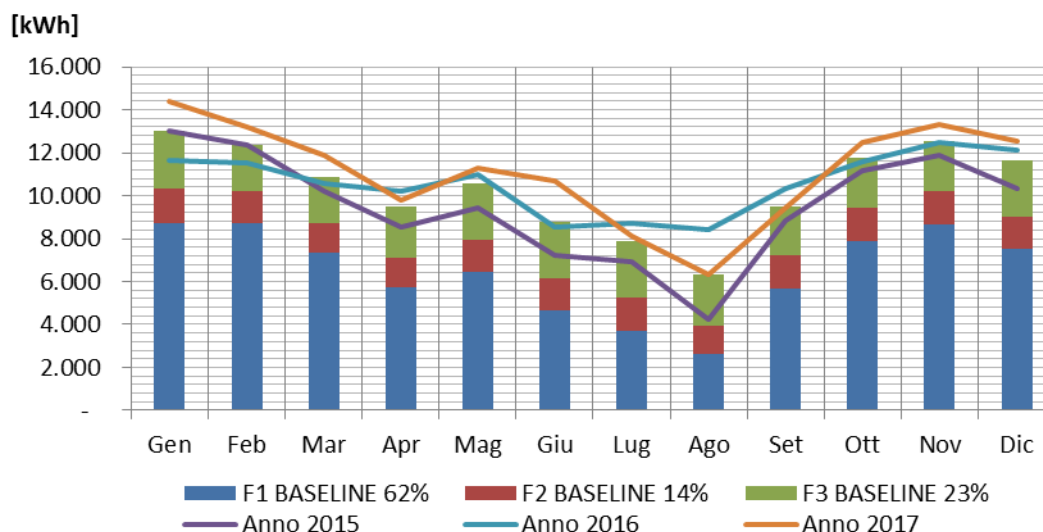
Dall'analisi effettuata è stato possibile definire i profili mensili dei consumi elettrici di Baseline, valutati come la media dei valori mensili analizzati nel triennio considerato. Tali valori sono riportati nella Tabella 5.9.

Tabella 5.9 – Consumi mensili di Baseline

BASILINE	F1	F2	F3	TOTALE
	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gennaio	8.727	1.608	2.680	13.014
Febbraio	8.735	1.460	2.179	12.374
Marzo	7.349	1.385	2.159	10.893
Aprile	5.752	1.370	2.395	9.516
Maggio	6.477	1.485	2.606	10.568
Giugno	4.645	1.496	2.665	8.806
Luglio	3.680	1.586	2.639	7.905
Agosto	2.653	1.299	2.374	6.326
Settembre	5.695	1.509	2.315	9.519
Ottobre	7.887	1.559	2.296	11.742
Novembre	8.638	1.585	2.343	12.566
Dicembre	7.499	1.526	2.638	11.662
Totale	77.736	17.866	29.288	124.890

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

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



I profili di prelievo mensili nel triennio presentano andamenti molto simili tra loro, evidenza del fatto che i consumi elettrici mensili dell'edificio si mantengono circa gli stessi nei diversi anni. Si mette in luce attraverso il grafico che è presente una base di consumo anche nei periodi di inutilizzo dell'edificio. Ciò può essere attribuito all'utilizzo di luci di emergenza. Inoltre si precisa che la fine del periodo di espletamento delle lezioni non comporta la totale assenza di personale all'interno della struttura.

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 5.10 - Fattori di emissione di CO₂. Tabella 5.10.

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

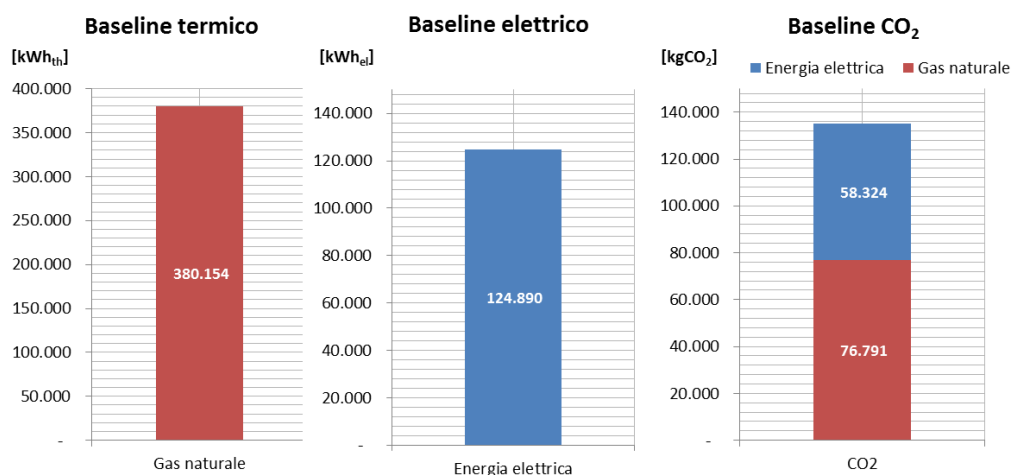
* da "Linee Guida Patto dei Sindaci" per anno 2010

Applicando tali fattori di conversione è stato possibile valutare la Baseline delle emissioni di CO₂, come riportato nella Tabella 5.11 – Baseline delle emissioni di CO₂. Tabella 5.11 e nella Figura 5.4

Tabella 5.11 – Baseline delle emissioni di CO₂.

COMBUSTIBILE	CONSUMO DI BASELINE	FATTORE DI CONVERSIONE
--------------	---------------------	------------------------

	[kWh]	[tCO ₂ /MWh]	[tCO ₂]
[Energia elettrica]	380.154	0,202	76.791
[Gas naturale]	124.890	0,467	58.324

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

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

Tabella 5.12 - 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 5.13.

Tabella 5.13 – Fattori di riparametrizzazione

	PARAMETRO	VALORE	U.M.
FATTORE 1	Superficie netta riscaldata	7.104	m ²
FATTORE 1	Superficie netta complessiva delle aree interne (riscaldate e non riscaldate)	7.104	m ²
FATTORE 1	Volume lordo complessivo (aree interne riscaldate e non riscaldate)	27.204	m ³

Nella Tabella 5.14 e Tabella 5.15 sono riportati gli indicatori di performance valutati coerentemente con quanto riportato nella sezione 2.5 dell’Allegato J – Schede di audit.

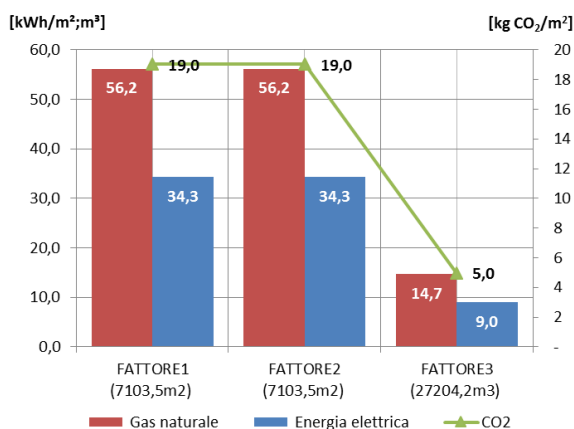
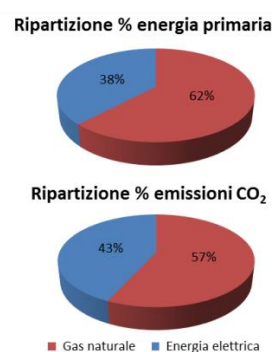
Tabella 5.14 – Indicatori di performance calcolati con riferimento all’energia primaria totale

VETTORE ENERGETICO	CONSUMO ENERGETICO DI BASELINE	FATTORE DI CONVERSIONE ENERGIA PRIMARIA TOTALE	CONSUMO DI ENERGIA PRIMARIA TOTALE	INDICATORI DI CONSUMO ENERGIA PRIMARIA TOTALE			INDICATORI AMBIENTALI		
				FATTORE 1	FATTORE 2	FATTORE 3	FATTORE 1	FATTORE 2	FATTORE 3
	[kWh/anno]		[kWh/anno]	[kWh/m ²]	[kWh/m ²]	[kWh/m ³]	[Kg CO ₂ /m ²]	[Kg CO ₂ /m ²]	[Kg CO ₂ /m ³]
Gas naturale	380.154	1,05	399.162	56,2	56,2	14,7	10,81	10,81	2,82
Energia elettrica	124.890	2,42	302.234	42,5	42,5	11,1	8,21	8,21	2,14

TOTALE	701.396	99	99	26	19	19	5
--------	---------	----	----	----	----	----	---

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/m²]	FATTORE 2 [kWh/m²]	FATTORE 3 [kWh/m³]	FATTORE 1 [Kg CO ₂ /m²]	FATTORE 2 [Kg CO ₂ /m²]	FATTORE 3 [Kg CO ₂ /m³]
Gas naturale	380.154	1,05	399.162	56,2	56,2	14,7	10,81	10,81	2,82
Energia elettrica	124.890	1,95	243.536	34,3	34,3	9,0	8,21	8,21	2,14
TOTALE			642.698	90	90	24	19	19	5

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

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

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

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

La formula definita è sotto riportata:

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

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

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

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

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

Tabella 5.16 – Indicatori di performance energetici

COMBUSTIBILE	IEN _R			IEN _E		
	Wh/(m³ GG anno)			Wh/(m³ anno)		
	2014	2015	2016	2015	2016	2017
Gas Naturale	7,48	-	6,85	-	-	-
Energia elettrica	-	-	-	12,0	13,3	14,0
Media		7.16			13.12	
Classe di merito		Buono			Sufficiente	

E' stato quindi possibile effettuare un raffronto con le classi di merito riportate nelle suddette Linee Guida ENEA - FIRE, ottenendo un valore medio di 7,16 per l'IENr ed un valore di 13.12 per l'IENE.

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

6 MODELLO DEL FABBISOGNO ENERGETICO

6.1 METODOLOGIA DI CALCOLO ADOTTATA E VALIDAZIONE DEI MODELLI DI CALCOLO

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

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

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

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

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

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

INDICE DI PRESTAZIONE ENERGETICA		U.M.	ENERGIA PRIMARIA TOTALE	ENERGIA PRIMARIA NON RINNOVABILE
Globale non rinnovabile	EP _{gl}	kWh/mq anno	126.5	115.5
Climatizzazione invernale	EP _H	kWh/mq anno	70.7	70.5
Produzione di acqua calda sanitaria	EP _w	kWh/mq anno	0.67	0.54
Ventilazione	EP _v	kWh/mq anno	-	-
Raffrescamento	EP _c	kWh/mq anno	9.6	7.7
Illuminazione artificiale	EP _L	kWh/mq anno	45	36.4
Trasporto di persone e cose	EP _T	kWh/mq anno	0.41	0.33
Emissioni equivalenti di CO ₂	CO _{2eq}	Kg/mq anno	24.7	

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

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

FONTE ENERGETICA UTILIZZATA	CONSUMO	CONSUMO ENERGIA PRIMARIA NON RINNOVABILE
	[Nm ³ /anno]	[kWh/anno]
Gas Naturale	47363	494327
Energia Elettrica	-	329244

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)	$E_T + E_{altro}^{(*)}$
Perdite al trasformatore	$E_{trasf}^{(*)}$
Energia elettrica esportata dall'impianto a fonti rinnovabili	$E_{exp, el}$

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, tenendo conto delle giornate di chiusura della struttura durante il periodo estivo e le altre festività.

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

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

INDICE DI PRESTAZIONE ENERGETICA		U.M.	ENERGIA PRIMARIA TOTALE	ENERGIA PRIMARIA NON RINNOVABILE
Globale non rinnovabile	EP_{gl}	kWh/mq anno	96.9	88.7
Climatizzazione invernale	EP_H	kWh/mq anno	55.7	55.5
Produzione di acqua calda sanitaria	EP_w	kWh/mq anno	0.67	0.54
Ventilazione	EP_v	kWh/mq anno	-	-
Raffrescamento	EP_c	kWh/mq anno	9.6	7.7
Illuminazione artificiale	EP_L	kWh/mq anno	30.5	24.6

Trasporto di persone e cose	EP _T	kWh/mq anno	0.41	0.33
Emissioni equivalenti di CO ₂	CO _{2eq}	Kg/mq anno	19	

I valori riportati in Tabella 6.4 sono coerenti con quelli ottenuti nella Tabella 5.14, a meno di approssimazioni. Gli indici di prestazione energetica sopra riportati corrispondono ad un quantitativo annuo di vettore energetico consumato, riportato nella Tabella 6.5.

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

FONTE ENERGETICA UTILIZZATA	CONSUMO	CONSUMO
	[Nmc/anno]	[kWh/anno]
Gas Naturale	37309	370851.5
Energia Elettrica	-	125321

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

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

$Q_{teorico}$	$Q_{baseline}$	Congruità
[kWh/anno]	[kWh/anno]	[%]
370851.5	380154	2.4

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

6.1.2 Validazione del modello elettrico

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

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

$EE_{teorico}$	$EE_{baseline}$	Congruità
[kWh/anno]	[kWh/anno]	[%]
125321	124890	0

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

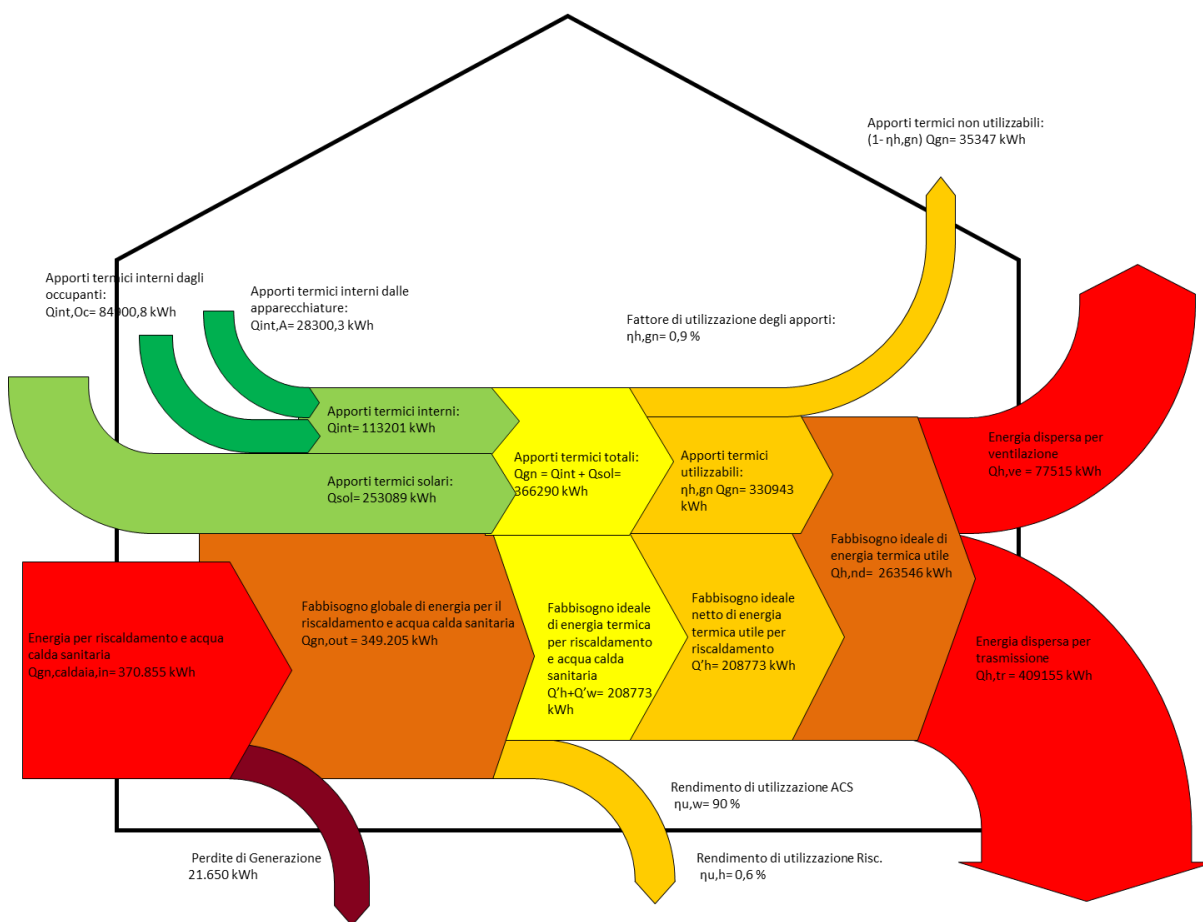
6.2 FABBISOGNI ENERGETICI

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

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

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

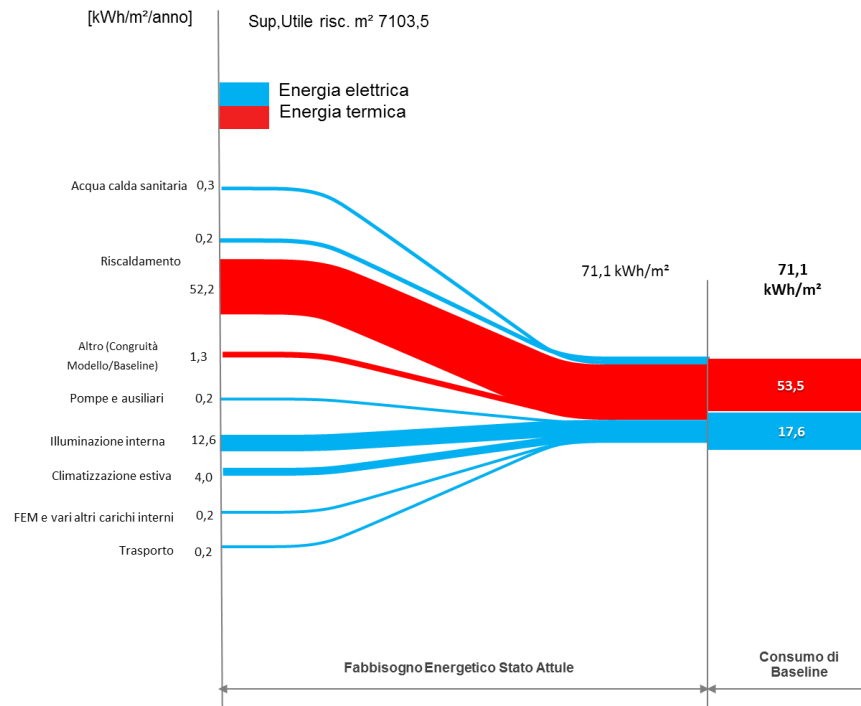
Figura 6.1 – Diagramma di Sankey relativo al fabbisogno termico dell'edificio allo stato attuale



Dall'analisi del diagramma di Sankey relativo al fabbisogno termico dell'edificio è possibile notare che il meccanismo principale di dispersione termica è la trasmissione attraverso l'involucro edilizio, opaco e trasparente.

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

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



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

Il contributo definito come “Altro – 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.

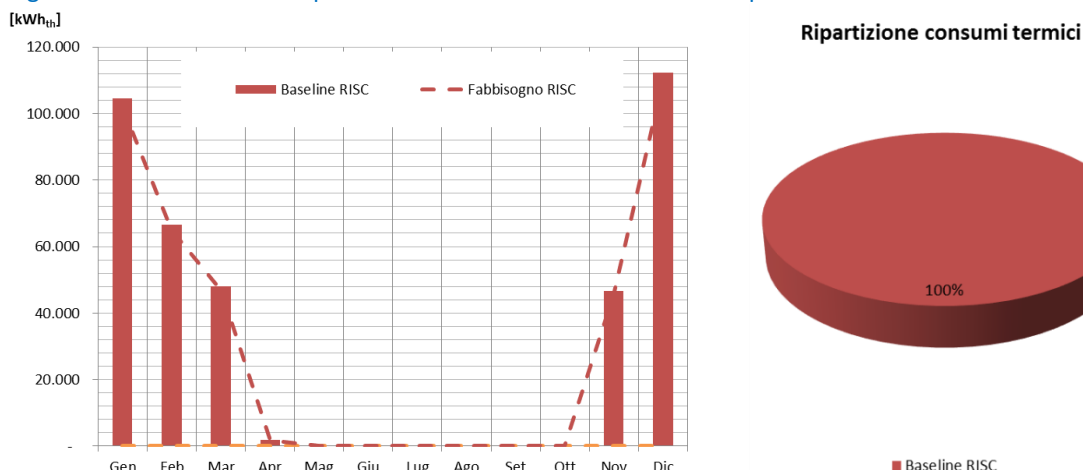
Dall'analisi del diagramma di Sankey relativo al bilancio energetico complessivo dell'edificio è possibile notare che il riscaldamento costituisce l'unico servizio legato al consumo di gas metano. Per quanto riguarda invece l'energia elettrica, il servizio più oneroso è quello di illuminazione interna.

6.3 PROFILI ENERGETICI MENSILI

La creazione di un modello energetico consente di effettuare una più corretta ripartizione dei consumi energetici 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 totalità dei consumi termici sia da attribuirsi all'utilizzo per la climatizzazione invernale dei locali. Gli interventi migliorativi quindi dovranno agire anche sull'impianto di riscaldamento e/o sulle dispersioni termiche di involucro.

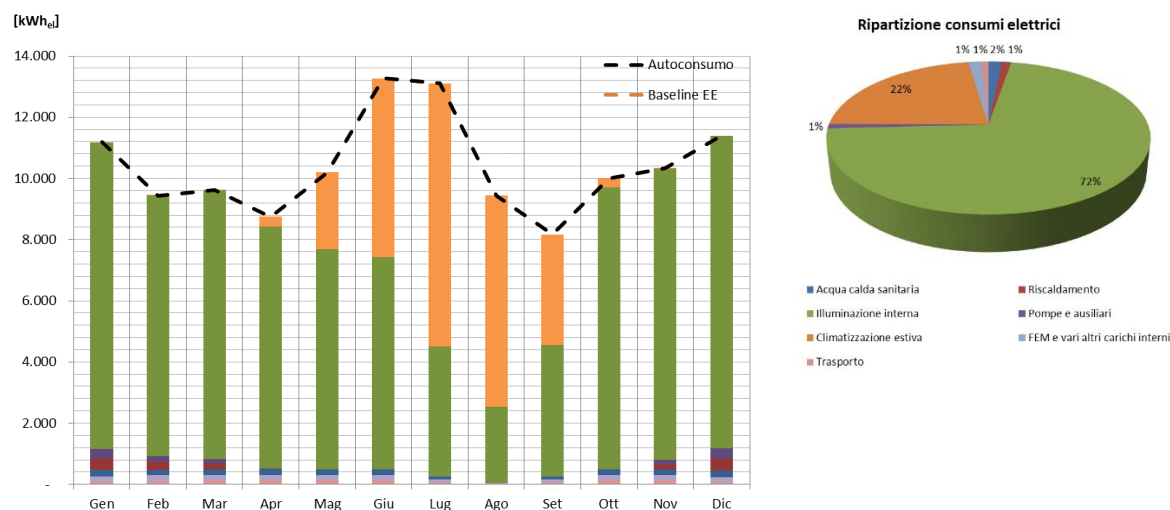
Le informazioni relative ai profili mensili del fabbisogno sono riportate anche nel report di calcolo, fornito come Allegato E.

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

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

I risultati di tale valutazione sono riportati nella Figura 6.4.

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'illuminazione interna dei locali. Come si vedrà nel seguito, uno degli interventi migliorativi coinvolgerà il cambio delle lampade. Il secondo contributo al consumo di energia elettrica è rappresentato dalla climatizzazione estiva effettuata mediante le pompe di calore monosplit, con un evidente picco nel periodo estivo. Nel grafico si evidenzia anche la ripartizione mensile delle attrezzature elettriche che vanno a costituire la voce di consumo identificata come FEM e calcolata in relazione ai fattori di carico stimati per le diverse strumentazioni.

7 ANALISI DEI COSTI PRE-INTREVENTO

7.1 COSTI RELATIVI ALLA FORNITURA DEI VETTORI ENERGETICI

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

7.1.1 Vettore termico

La fornitura del vettore termico avviene tramite un unico PDR, come di seguito elencato:

- PDR 1 – 03270049123456: contratto di Servizio Integrato Energia 3 (SIE3) stipulato dalla PA con un soggetto terzo, comprensivo sia la fornitura del vettore energetico che la conduzione e manutenzione degli impianti.

Nella Tabella 7.1 si riporta l'andamento del costo del vettore termico nel triennio di riferimento, suddiviso nelle varie componenti.

Tabella 7.1 – Andamento del costo del vettore termico nel triennio di riferimento

PDR: n/d	QUOTA ENERGIA	ONERI DI SISTEMA PARTE FISSA	ONERI DI SISTEMA PARTE VARIABILE	IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO (IVA INCLUSA)
ANNO 2014	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[KWH]	[€/kWh]
Gennaio	3.209	27	1.015	1.395	1.242	6.888	81.226	0,085
Febbraio	3.185	26	1.007	1.385	1.233	6.836	80.620	0,085
Marzo	2.402	20	759	1.044	930	5.155	60.790	0,085
Aprile	904	8	314	427	364	2.017	24.836	0,081
Maggio	-	-	-	-	-	-	-	-
Giugno	-	-	-	-	-	-	-	-
Luglio	-	-	-	-	-	-	-	-
Agosto	-	-	-	-	-	-	-	-
Settembre	-	-	-	-	-	-	-	-
Ottobre	-	-	-	-	-	-	-	-
Novembre	1.916	18	687	928	781	4.329	54.050	0,080
Dicembre	2.245	21	805	1.088	915	5.074	63.347	0,080
Totale	13.861	119	4.588	6.267	5.464	30.300	364.869	0,083
PDR: n/d	QUOTA ENERGIA	ONERI DI SISTEMA PARTE FISSA	ONERI DI SISTEMA PARTE VARIABILE	IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO (IVA INCLUSA)
ANNO 2015	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[KWH]	[€/kWh]
Gennaio	-	-	-	-	-	-	-	-
Febbraio	-	-	-	-	-	-	-	-
Marzo	-	-	-	-	-	-	-	-
Aprile	-	-	-	-	-	-	-	-
Maggio	-	-	-	-	-	-	-	-
Giugno	-	-	-	-	-	-	-	-
Luglio	-	-	-	-	-	-	-	-
Agosto	-	-	-	-	-	-	-	-
Settembre	-	-	-	-	-	-	-	-

Ottobre	-	-	-	-	-	-	-	-
Novembre	-	-	-	-	-	-	-	-
Dicembre	-	-	-	-	-	-	-	-
Totale	-	-	-	-	-	-	-	-
PDR: n/d	QUOTA ENERGIA	ONERI DI SISTEMA PARTE FISSA	ONERI DI SISTEMA PARTE VARIABILE	IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO (IVA INCLUSA)
ANNO 2016	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[KWH]	[€/kWh]
Gennaio	2.459	106	1.202	1.424	1.142	6.333	82.918	0,076
Febbraio	2.167	93	1.059	1.255	1.006	5.581	73.069	0,076
Marzo	1.954	84	955	1.132	907	5.032	65.880	0,076
Aprile	413	23	248	304	217	1.205	17.694	0,068
Maggio	-	-	-	-	-	-	-	-
Giugno	-	-	-	-	-	-	-	-
Luglio	-	-	-	-	-	-	-	-
Agosto	-	-	-	-	-	-	-	-
Settembre	-	-	-	-	-	-	-	-
Ottobre	-	-	-	-	-	-	-	-
Novembre	1.191	62	692	840	613	3.399	48.880	0,070
Dicembre	1.117	58	649	787	575	3.187	45.834	0,070
Totale	9.302	426	4.805	5.742	4.460	24.735	334.274	0,074

Per le forniture di gas metano gestite tramite il Contratto di Servizio Energia SIE3, non essendo disponibile la fatturazione, è stato considerato il costo unitario del vettore termico definito dall'Autorità per l'energia elettrica il gas e il sistema idrico (AEEGSI)

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

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

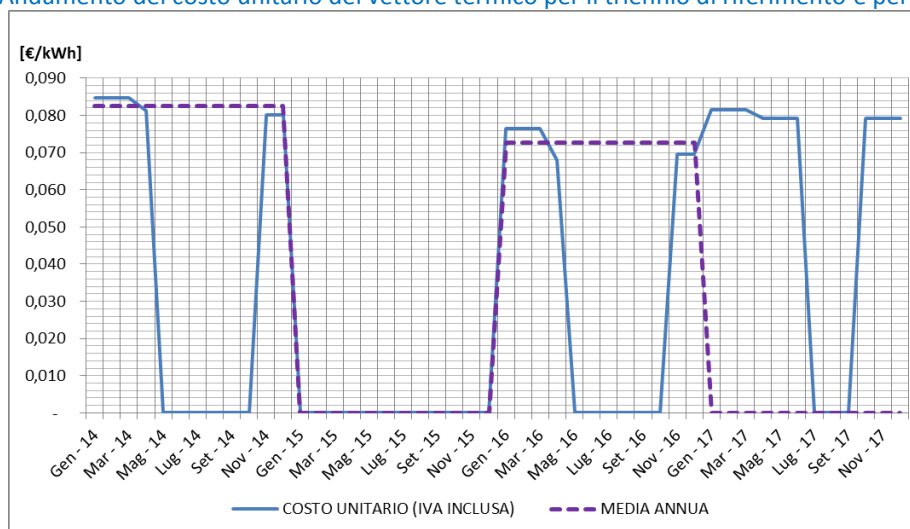
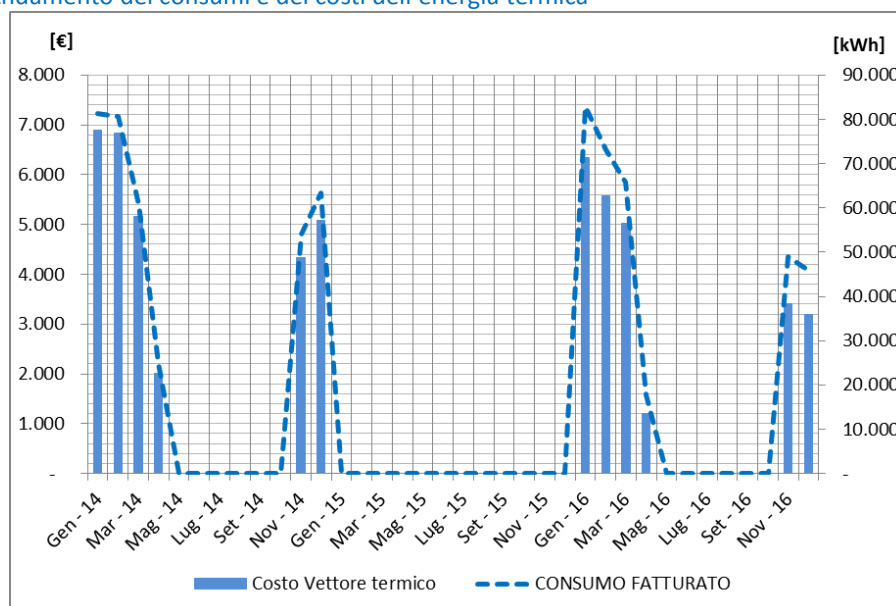


Figura 7.2 – Andamento dei consumi e dei costi dell'energia termica



7.1.2 Vettore elettrico

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

- POD 1 – IT001E00098661: contratto di fornitura del vettore energetico, stipulato direttamente dalla PA con la società di fornitura. E' stato quindi possibile effettuare un'analisi di dettaglio dei costi fatturati e delle caratteristiche del contratto di fornitura.
- POD 2 – IT001E02184572: 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 7.2 si riportano le principali caratteristiche del contratto di fornitura del vettore elettrico per gli anni considerati.

Tabella 7.2 – Caratteristiche dei contratti di fornitura del vettore elettrico per il triennio di riferimento

POD: IT001E00098661	2015	2016	2017
Indirizzo di fornitura	FONDAZIONE URBAN LAB GENOA INTERN SCHOOL	FONDAZIONE URBAN LAB GENOA INTERN SCHOOL	FONDAZIONE URBAN LAB GENOA INTERN SCHOOL
Dati di intestazione fattura			
Società di fornitura	IREN	IREN	IREN
Inizio periodo fornitura	-	-	-
Fine periodo fornitura	-	-	-
Potenza elettrica impegnata	62	62	62
Potenza elettrica disponibile	69	69	69
Tipologia di contratto	BT	BT	BT
Opzione tariffaria ⁽¹⁾	-	-	-
Prezzi del forniture dell'energia elettrica ⁽²⁾	0,056 €/kWh	0,062 €/kWh	0,078 €/kWh

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

POD: IT001E02184572	2015	2016	2017
Indirizzo di fornitura			

Dati di intestazione fattura	FONDAZIONE URBAN LAB GENOA INTERN SCHOOL	FONDAZIONE URBAN LAB GENOA INTERN SCHOOL	FONDAZIONE URBAN LAB GENOA INTERN SCHOOL
Società di fornitura	IREN	IREN	IREN
Inizio periodo fornitura	-	-	-
Fine periodo fornitura	-	-	-
Potenza elettrica impegnata	27	27	27
Potenza elettrica disponibile	30	30	30
Tipologia di contratto	BT	BT	BT
Opzione tariffaria ⁽¹²⁾	-	-	-
Prezzi del forniture dell'energia elettrica ⁽¹³⁾	0,056 €/kWh	0,061 €/kWh	0,077 €/kWh

Nota (12) per fatturazioni non mensili la spesa economica mensile andrà calcolata suddividendo percentualmente la spesa aggregata in base ai valori di consumo energetico mensile.

Nota (13): con prezzo di fornitura s'intende soltanto la quota variabile del servizio di acquisto e vendita, sono escluse le imposte, i corrispettivi per il dispacciamento e lo sbilanciamento, per l'uso della rete, e il servizio di misura e ogni altra voce.

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

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

POD: IT001E00098 661	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	793	171	768	128	409	2.269	10.259	0,221
Feb – 15	617	157	742	124	361	1.999	9.890	0,202
Mar – 15	485	132	605	99	291	1.611	7.901	0,204
Apr – 15	393	141	514	83	249	1.380	6.646	0,208
Mag – 15	411	130	556	90	261	1.448	7.188	0,201
Giu – 15	292	92	402	65	187	1.038	5.199	0,200
Lug – 15	250	57	373	59	163	902	4.701	0,192
Ago – 15	144	44	218	34	97	536	2.696	0,199
Set – 15	311	122	512	81	226	1.251	6.454	0,194
Ott – 15	374	139	713	108	293	1.627	8.608	0,189
Nov – 15	413	152	785	118	323	1.792	9.466	0,189
Dic – 15	347	155	663	100	278	1.542	7.994	0,193
Totale	4.831	1.491	6.849	1.088	3.137	17.396	87.002	0,200
POD: IT001E00098 661	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	415	163	703	114	307	1.701	9.130	0,186
Feb – 16	390	145	710	115	299	1.660	9.220	0,180

Mar – 16	333	145	639	104	269	1.489	8.288	0,180
Apr – 16	336	122	610	99	257	1.423	7.886	0,180
Mag – 16	467	135	657	106	300	1.665	8.501	0,196
Giu – 16	352	97	470	76	219	1.215	6.097	0,199
Lug – 16	432	65	480	78	232	1.286	6.224	0,207
Ago – 16	366	67	456	74	212	1.175	5.911	0,199
Set – 16	558	122	611	99	306	1.697	7.912	0,215
Ott – 16	714	160	709	114	373	2.069	9.086	0,228
Nov – 16	874	155	783	126	426	2.364	10.051	0,235
Dic – 16	792	178	749	120	405	2.244	9.617	0,233
Totale	6.030	1.555	7.576	1.224	3.605	19.990	97.923	0,204
POD: IT001E00098 661	QUOTA ENERGIA	ONERI DI SISTEMA PARTE FISSA	ONERI DI SISTEMA PARTE VARIABILE	IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO (IVA INCLUSA)
ANNO 2017	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[KWH]	[€/kWh]
Gen – 17	1.171	178	833	142	512	2.837	11.388	0,249
Feb – 17	844	168	773	132	422	2.339	10.559	0,222
Mar – 17	582	153	668	114	334	1.852	9.118	0,203
Apr – 17	471	155	522	93	273	1.514	7.409	0,204
Mag – 17	546	148	611	109	311	1.724	8.681	0,199
Giu – 17	565	118	573	102	299	1.656	8.137	0,204
Lug – 17	433	63	423	75	219	1.213	6.014	0,202
Ago – 17	342	63	312	55	170	942	4.435	0,212
Set – 17	492	133	494	87	265	1.471	6.988	0,211
Ott – 17	704	143	684	119	363	2.014	9.559	0,211
Nov – 17	963	168	745	130	441	2.447	10.417	0,235
Dic – 17	899	157	695	122	412	2.284	9.722	0,235
Totale	8.012	1.647	7.334	1.280	4.020	22.294	102.427	0,218

Tabella 7.5 – Andamento del costo del vettore elettrico nel triennio di rierimento

POD: IT001E02184 572	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	213	73	206	34	116	642	2.755	0,233
Feb – 15	155	70	186	31	97	540	2.484	0,218
Mar – 15	145	48	178	29	88	488	2.322	0,210
Apr – 15	115	51	148	24	74	413	1.913	0,216
Mag – 15	131	49	173	28	84	464	2.235	0,207
Giu – 15	113	43	154	25	74	409	1.995	0,205
Lug – 15	117	36	175	28	78	432	2.202	0,196

Ago – 15	82	25	122	19	55	302	1.536	0,197
Set – 15	116	44	188	30	83	460	2.369	0,194
Ott – 15	113	52	212	32	90	500	2.559	0,195
Nov – 15	109	52	202	30	87	480	2.438	0,197
Dic – 15	104	55	196	29	85	469	2.359	0,199
Totale	1.512	599	2.139	340	1.010	5.599	27.167	0,206
POD: IT001E00098 661	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	116	57	192	31	87	483	2.487	0,194
Feb – 16	101	52	178	29	79	439	2.314	0,190
Mar – 16	94	52	174	28	77	426	2.262	0,188
Apr – 16	103	47	180	29	79	437	2.327	0,188
Mag – 16	136	90	193	31	99	548	2.495	0,220
Giu – 16	139	90	186	30	98	543	2.416	0,225
Lug – 16	174	90	192	31	107	595	2.497	0,238
Ago – 16	155	90	192	31	103	571	2.495	0,229
Set – 16	168	90	186	30	104	578	2.417	0,239
Ott – 16	190	90	194	31	111	617	2.497	0,247
Nov – 16	202	90	188	30	112	622	2.417	0,257
Dic – 16	203	90	194	31	114	631	2.487	0,254
Totale	1.780	927	2.249	364	1.171	6.491	29.111	0,223
POD: IT001E00098 661	QUOTA ENERGIA	ONERI DI SISTEMA PARTE FISSA	ONERI DI SISTEMA PARTE VARIABILE	IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO (IVA INCLUSA)
ANNO 2017	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[KWH]	[€/kWh]
Gen – 17	310	88	221	38	145	801	3.023	0,265
Feb – 17	210	88	194	33	116	641	2.654	0,242
Mar – 17	177	88	204	35	111	615	2.788	0,221
Apr – 17	150	88	167	30	95	529	2.367	0,224
Mag – 17	163	88	183	33	103	569	2.603	0,218
Giu – 17	177	88	181	32	105	584	2.575	0,227
Lug – 17	148	88	146	26	90	497	2.077	0,239
Ago – 17	146	88	134	24	86	478	1.905	0,251
Set – 17	168	88	170	30	100	556	2.416	0,230
Ott – 17	212	88	208	36	120	663	2.916	0,228
Nov – 17	263	88	207	36	131	726	2.909	0,249
Dic – 17	254	85	200	35	126	700	2.808	0,249
Totale	2.377	1.051	2.217	388	1.327	7.361	31.041	0,237

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

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

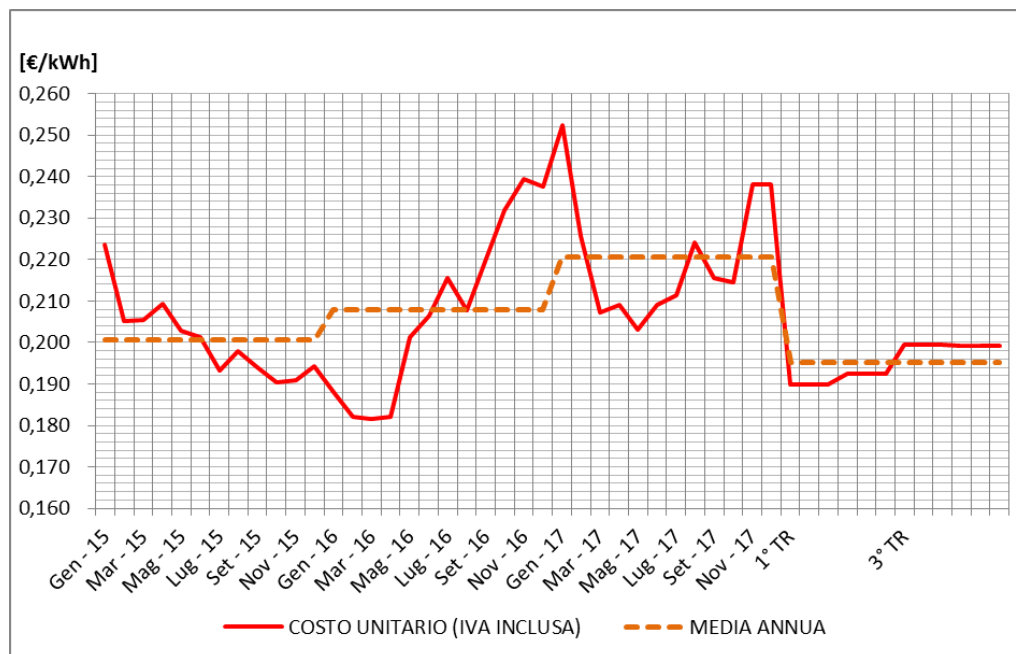
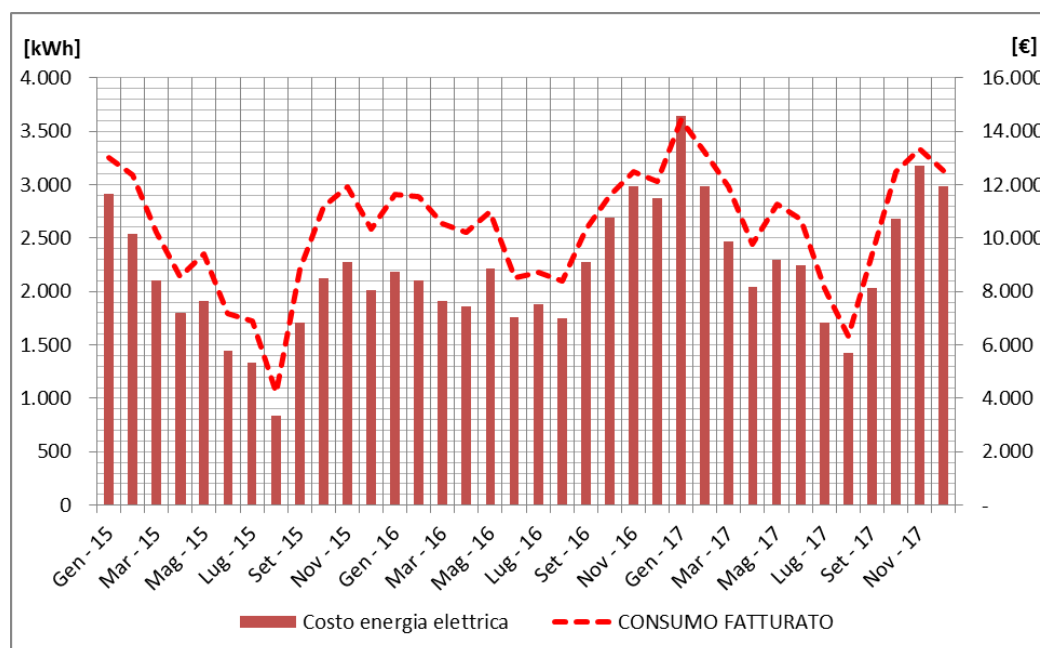


Figura 7.4 – Andamento dei consumi e dei costi dell'energia elettrica



7.2 TARIFFE E PREZZI VETTORI ENERGETICI UTILIZZATI NELL'ANALISI

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

Nella Tabella 7.6 sono sintetizzati i costi ed i consumi energetici precedentemente analizzati.

Tabella 7.6 – Sintesi dei consumi nel triennio di riferimento

ANNO	VETTORE TERMICO			VETTORE ELETTRICO			TOTALE
	[kWh]	[€]	[€/kWh]	[kWh]	[€]	[€/kWh]	[€]
2014	364869	30300	0.083	-	-	-	-
2015	-	-	-	114169	22995	0.201	-
2016	334274	24735	0.074	127034	26481	0.208	51216
2017	380154	30586	0.085	133468	29654	0.222	60150
Media							

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 individuati per il calcolo della Baseline

Definizione		Valore	U.M.
Costo unitario dell'energia termica	Valore relativo all'ultimo anno a disposizione	Cu _Q 0.080	[€/kWh]
Costo unitario dell'energia elettrica	Valore relativo all'ultimo anno a disposizione	Cu _{EE} 0.195	[€/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:

- L1-042-264: O&M > 35 kW

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

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

Tali servizi prevedono il pagamento di un canone annuale da parte della PA pari a 2730 €.

Ai fini del calcolo della Baseline dei costi si sono pertanto assunti i valori di riportati nella Tabella 7.8

Tabella 7.8 – 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 ₀ 2100	[€/anno]
Costo per la manutenzione straordinaria	Media relativa a gli stessi anni considerati per il rilevamento dei consumi storici	CM _s 630	[€/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:

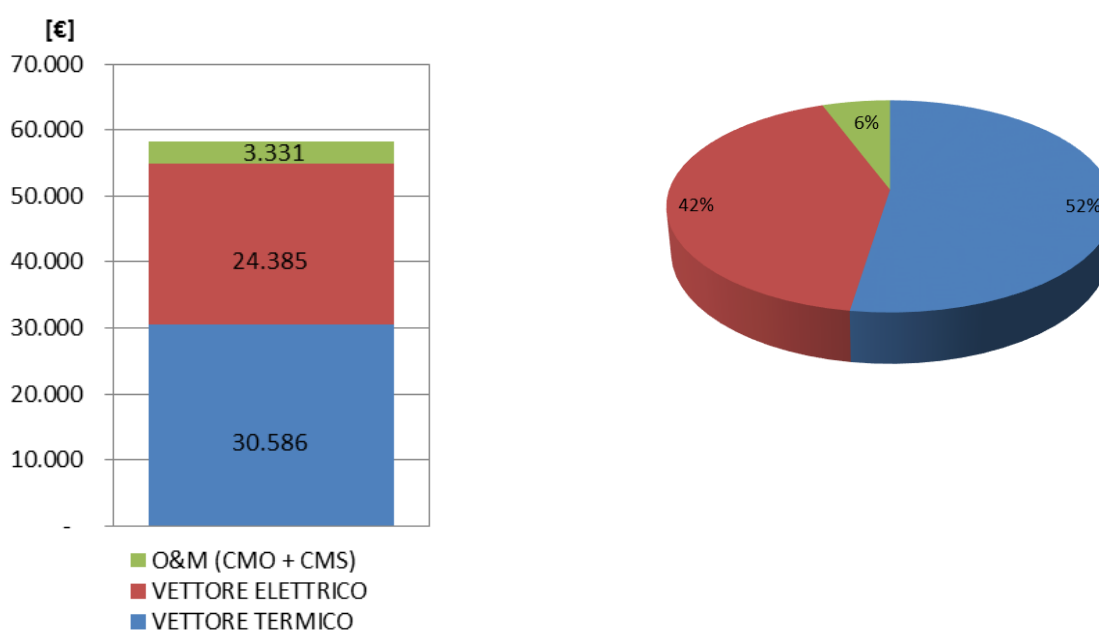
$$C_{baseline} = C_E + C_{MO} + C_{MS}$$

Ne risulta quindi un C_E pari a € 54971 e un $C_{baseline}$ pari a € 58301

Tabella 7.9 – Valori di costo individuati per il calcolo della Baseline

VETTORE TERMICO			VETTORE ELETTRICO				O&M ($C_{MO} + C_{MS}$)		TOTALE
$Q_{baseline}$	Cu_Q	C_Q	$EE_{baseline}$	Cu_{EE}	C_{EE}	C_M	C_{MO}	C_{MS}	$C_Q + C_{EE} + C_M$
[kWh]	[€/kWh]	[€]	[kWh]	[€/kWh]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]
380.154	0,080	30.586	124.890	0,195	24.385	3.331	2.565	766	58.301

Figura 7.5 – Baseline dei costi e loro ripartizione



8 IDENTIFICAZIONE DELLE MISURE DI EFFICIENZA ENERGETICA

8.1 DESCRIZIONE, FATTIBILITÀ E PRESTAZIONI DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI

8.1.1 Involucro edilizio

8.1.2 EEM5: Realizzazione di un cappotto esterno

Generalità

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

Nell'edificio in esame, la struttura edilizia principale è costituita da travi e pilastri in cemento armato e presenta dei tamponamenti realizzati in laterizio forato. Questo intervento comporta una notevole diminuzione dei consumi energetici a carico dell'impianto di riscaldamento invernale e conseguentemente una riduzione delle emissioni di CO² in ambiente.

Caratteristiche funzionali e tecniche

Dal punto di vista tecnologico, l'intervento prevede, l'installazione di un cappotto esterno rispetto alle pareti verticali dell'edificio con l'applicazione di uno strato di materiale isolante.

In questa fase abbiamo considerato, nella riproduzione su modello termico dell'intervento, il sistema isolante che consenta il raggiungimento delle trasmittanze limite per l'accesso al Conto Termico (per la zona termica D – 0,26 W/mqK).

Descrizione dei lavori

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

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

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

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

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

Prestazioni raggiungibili

I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione della EEM5 sono riportati nella Tabella 8.1 e nella Figura 8.6

Tabella 8.1 – Risultati analisi EEM5 – Realizzazione cappotto esterno

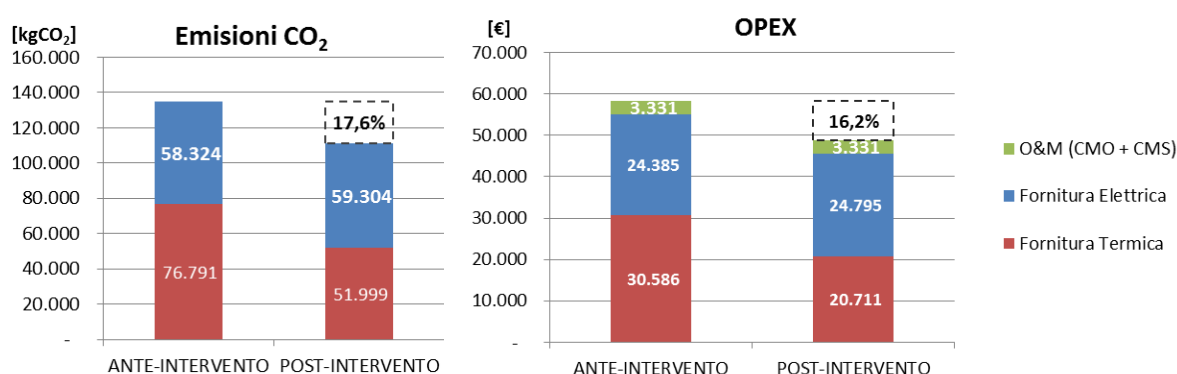
CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
Dispersioni per trasmissione	[kW]	409155	334668	18,2%
Q _{teorico}	[kWh]	370.855	251.124	32,3%
EE _{teorico}	[kWh]	125.321	127.427	-1,7%
Q _{baseline}	[kWh]	380.154	257.421	32,3%
EE _{baseline}	[kWh]	124.890	126.989	-1,7%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	76.791	51.999	32,3%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	58.324	59.304	-1,7%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	135.115	111.303	17,6%
Fornitura Termica, C _q	[€]	30.586	20.711	32,3%

Fornitura Elettrica, C _{EE}	[€]	24.385	24.795	-1,7%
Fornitura Energia, C_E	[€]	54.970	45.506	17,2%
C _{MO}	[€]	2.565	2.565	0,0%
C _{MS}	[€]	766	766	0,0%
O&M (C _{MO} + C _{MS})	[€]	3.331	3.331	0,0%
OPEX	[€]	58.301	48.836	16,2%
Classe energetica	[-]	E	D	+1 classe

Nota (14) I fattori di emissione per il calcolo delle emissioni di CO₂ sono: 0,202 [kgCO₂/kWh] per il vettore termico e 0,467 per l'elettrico.

I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,073 [€/kWh] per il vettore termico e 0,26 €/kWh per il vettore elettrico.

Figura 8.1 – EEM5: Riduzione dei costi operativi e delle emissioni di CO₂ a partire dalla baseline



8.1.3 EEM2: Sostituzione infissi ed installazione valvole termostatiche

Generalità

La misura prevede la sostituzione del telaio e della parte vetrata degli infissi. Questo intervento ha l'obiettivo di ottimizzare le prestazioni termiche dell'edificio, diminuendo le dispersioni termiche attraverso il componente, migliorare le condizioni di comfort interno e contenere i consumi energetici e le emissioni di CO₂ in ambiente.

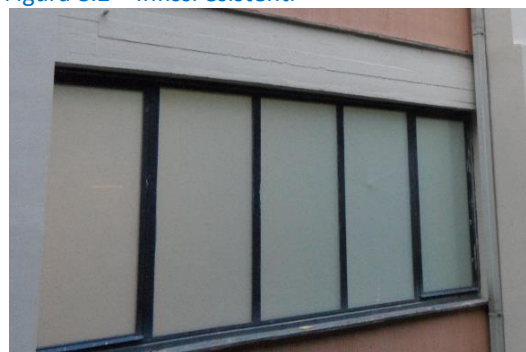
I serramenti presenti sono piuttosto datati ed in condizioni non propriamente buone. La maggior parte sono dotati di telaio in alluminio e vetro singolo.

Contestualmente alla sostituzione dei serramenti è stata considerata l'installazione di un sistema di regolazione dotato di valvole termostatiche e pompa ad inverter, al fine di ottimizzare l'investimento e rientrare nel campo di applicazione del Conto Termico.

Caratteristiche funzionali e tecniche

Dal punto di vista tecnologico, l'intervento prevede, la sostituzione dei componenti vetrati della struttura mediante l'installazione di vetri con telaio in PVC con

Figura 8.2 – Infissi esistenti



taglio termico e vetrocamera con gas inerte nell'intercapedine che conferisce caratteristiche basso emissive all'infisso.

In questa fase abbiamo considerato, nella riproduzione su modello termico dell'intervento, la sostituzione dei serramenti con caratteristiche tecniche tali da consentire il raggiungimento delle trasmittanze limite per l'accesso al Conto Termico

(per la zona termica D – 1,67 W/mqK). E' stato possibile rientrare nei limiti di legge anche per la sostituzione del vetrocemento.

Inoltre, come richiesto dal Conto Termico, è stato inserito un sistema di controllo delle temperature dei singoli locali mediante valvole termostatiche installate sui terminali di emissione del calore e sostituita la pompa di circolazione dedicata all'edificio E1602 (EG02) con una pompa gemellare a giri variabili.

Descrizione dei lavori

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

È importante verificare in sede di installazione la corretta posa degli infissi e del vetrocemento nonché la tenuta all'aria e all'acqua. Inoltre occorre verificare la migliore risoluzione del ponte termico perimetrale dell'infisso stesso in sede di progettazione. Una soluzione potrebbe essere offerta dall'installazione di un controtelaio coibentato e successivamente sigillato.

Il miglioramento offerto da questo intervento aumenta se realizzato in sinergia con gli interventi di coibentazione dell'involucro opaco. Ai fini di una migliore verifica della corretta installazione e tenuta dei nuovi serramenti è possibile realizzare un blowerdoor test sull'edificio e ulteriori indagini termografiche.

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

Prestazioni raggiungibili

I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione della EEM2 sono riportati nella Tabella 8.2 e nella **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**

Nonostante l'efficacia dell'intervento non è stato possibile ottenere un cambiamento di classe rispetto allo stato di fatto.

Tabella 8.2 – Risultati analisi EEM2 – Sostituzione infissi ed installazione valvole termostatiche

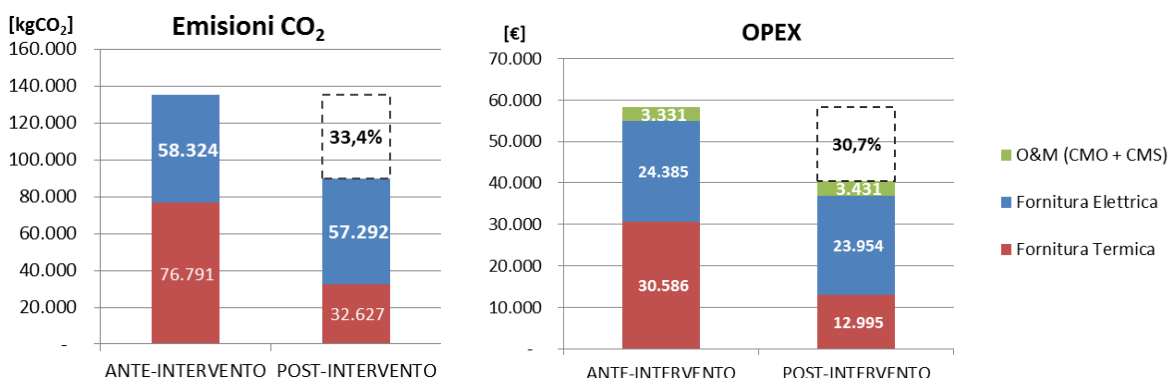
CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
Dispersioni per trasmissione di involucro	[kW]	409.155	262953	35,7%
$Q_{teorico}$	[kWh]	370.855	157568	57,5%
$EE_{teorico}$	[kWh]	125.321	123.105	1,8%
$Q_{baseline}$	[kWh]	380.154	161.519	57,5%
$EE_{baseline}$	[kWh]	124.890	122.682	1,8%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	76.791	32.627	57,5%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	58.324	57.292	1,8%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	135.115	89.919	33,4%
Fornitura Termica, C _q	[€]	30.586	12.995	57,5%
Fornitura Elettrica, C _{EE}	[€]	24.385	23.954	1,8%
Fornitura Energia, C_E	[€]	54.970	36.949	32,8%
C _{MO}	[€]	2.565	2.565	0,0%
C _{MS}	[€]	766	866	-13,0%

O&M ($C_{MO} + C_{MS}$)	[€]	3.331	3.431	-3,0%
OPEX	[€]	58.301	40.380	30,7%
Classe energetica	[-]	E	C	+2 classi

Nota (15) I fattori di emissione per il calcolo delle emissioni di CO₂ sono: 0,202 [kgCO₂/kWh] per il vettore termico e 0,467 per l'elettrico.

I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,073 [€/kWh] per il vettore termico e 0,26 €/kWh per il vettore elettrico.

Figura 8.3 – EEM2: Riduzione dei costi operativi e delle emissioni di CO₂ a partire dalla baseline



8.1.4 Impianto riscaldamento

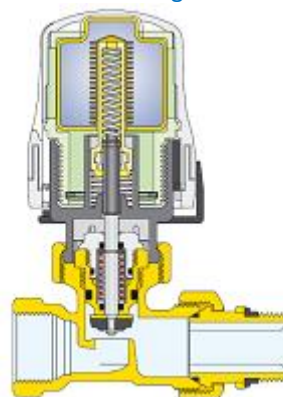
EEM1: Installazione valvole termostatiche e pompe ad inverter

Generalità

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

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

Figura 8.4 – Particolare di una valvola termostatiche di regolazione



Caratteristiche funzionali e tecniche

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

- valvole termostatiche programmabili singolarmente su due livelli di set-point di temperatura giornalieri, con controllo PID e regolazione variabile con intervalli da 0,5°C
- centralina di controllo che gestisce le valvole

Figura 8.5 – Particolari sistema building automation

ad essa connesse attraverso una comunicazione senza fili e consente la regolazione del riscaldamento nei singoli locali da un unico punto di controllo, anche attraverso una applicazione per dispositivi mobili

- relè di caldaia per l'accensione e lo spegnimento del generatore di calore in funzione della richiesta termica dell'edificio a cui si aggiunge l'elettropompa gemellare di circolazione a giri variabili da installare in centrale termica in sostituzione di quella già presente a velocità di rotazione fissa EG02.



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

Descrizione dei lavori

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

Prestazioni raggiungibili

I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione della EEM1 sono riportati nella Tabella 8.3 e nella Figura 8.6.

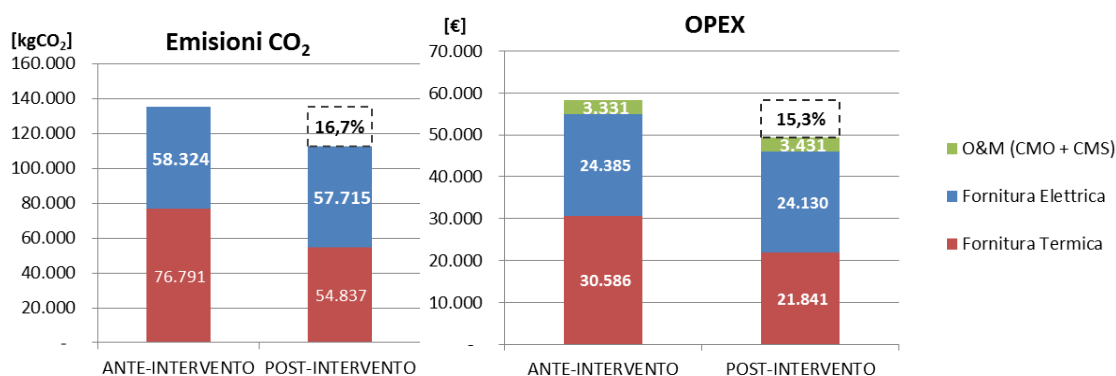
Tabella 8.3 – Risultati analisi EEM1 – Installazione valvole termostatiche e pompe ad inverter

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
Rendimento di regolazione riscaldamento	-	69,3	98	-41,4%
$Q_{teorico}$	[kWh]	370.855	264.831	28,6%
$EE_{teorico}$	[kWh]	125.321	124.012	1,0%
$Q_{baseline}$	[kWh]	380.154	271.472	28,6%
$EE_{baseline}$	[kWh]	124.890	123.586	1,0%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	76.791	54.837	28,6%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	58.324	57.715	1,0%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	135.115	112.552	16,7%
Fornitura Termica, C_Q	[€]	30.586	21.841	28,6%
Fornitura Elettrica, C_{EE}	[€]	24.385	24.130	1,0%
Fornitura Energia, C_E	[€]	54.970	45.972	16,4%
C_{MO}	[€]	2.565	2.565	0,0%
C_{MS}	[€]	766	866	-13,0%

O&M (C _{MO} + C _{MS})	[€]	3.331	3.431	-3,0%
OPEX	[€]	58.301	49.403	15,3%
Classe energetica	[-]	E	D	+1 classe

Nota (16) I fattori di emissione per il calcolo delle emissioni di CO₂ sono: 0,202 [kgCO₂/kWh] per il vettore termico e 0,467 [kgCO₂/kWh] per il vettore elettrico. I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,08 [€/kWh] per il vettore termico e 0,195 [€/kWh] per il vettore elettrico.

Figura 8.6 – EEM1: Riduzione dei costi operativi e delle emissioni di CO₂ a partire dalla baseline



Nell'ambito di un intervento sull'impianto di riscaldamento, non è stata considerata la possibilità di intervenire sul sistema di distribuzione, poiché esso si presenta in buono stato.

8.1.5 Impianto di illuminazione ed impianto elettrico

EEM3: Sostituzione corpi illuminanti ed installazione di lampade LED

Generalità

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

Ad un maggior costo iniziale per un determinato tipo di lampada, corrisponde un minor costo di gestione, dovuto a minori consumi e a una vita più lunga, una lampada LED ha infatti un'efficienza maggiore rispetto ad una tradizionale T8.

Figura 8.7 – Particolare dei corpi illuminanti



L'intervento che si intende proporre è finalizzato alla riduzione del consumo elettrico dell'impianto, tramite il comando automatico dei corpi illuminanti in funzione della presenza di persone all'interno dei locali servizi igienici. L'accensione delle luci tramite gli interruttori a infrarossi è la soluzione più semplice ed economica per ottenere un risparmio energetico in ambienti medio piccoli. Si ipotizza di installare i rilevatori di movimento saranno in sostituzione dell'interruttore per l'accensione delle luci esistente o in apposito contenitore fissato alla parete o soffitto. L'accensione e lo spegnimento degli

apparecchi d'illuminazione sono gestiti automaticamente dagli interruttori a infrarossi in funzione della presenza e del contributo di luce naturale.

Utilizzando gli interruttori a infrarossi è possibile ottenere un risparmio fino al 40% secondo EN15193. Nell'ambito del terziario vi sono diverse voci che contribuiscono al consumo di energia, ma l'illuminazione rappresenta quella di maggior rilievo. Una gestione intelligente dell'illuminazione permette quindi di ottenere risparmi significativi e contribuisce a ridurre le emissioni di CO² con un tangibile beneficio per l'ambiente. Si ipotizza l'installazione dei sensori di controllo automatico accensione spegnimento luci all'interno dei bagni.

Caratteristiche funzionali e tecniche

Si consiglia di installare dei corpi illuminanti di diverse potenze. La scelta si giustifica considerando che le nuove lampade devono sostituire i vecchi corpi illuminanti, caratterizzati da potenze diverse a seconda degli ambienti.

Descrizione dei lavori

Verificare la compatibilità con la tipologia di lampadari presenti, sia a livello di potenza richiesta che di resa cromatica, oltre che le caratteristiche dimensionali delle sorgenti luminose

Prestazioni raggiungibili

I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione della EEM3 sono riportati nella Tabella 8.3 e nella Figura 8.6.

Tabella 8.4 – Risultati analisi EEM3 – Installazione di lampade LED

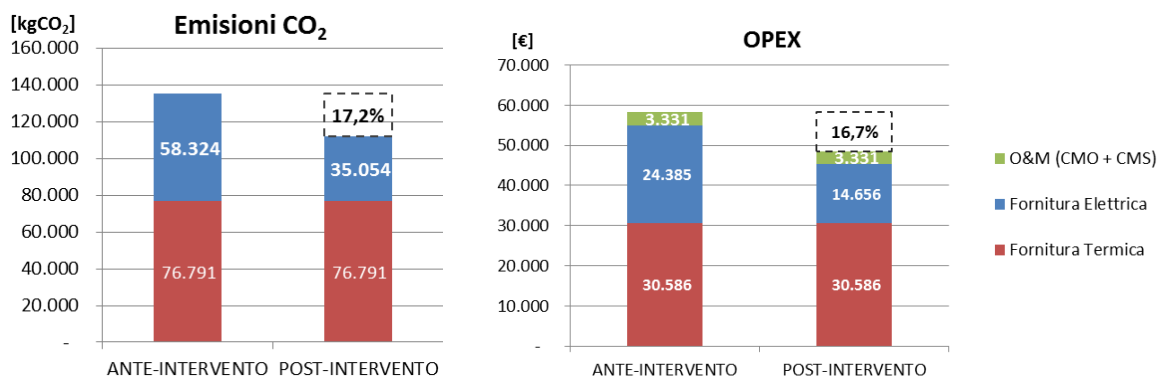
CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
Fabbisogno di energia elettrica per illuminazione	[kWh]	89637	38927	56.6 %
Q _{teorico}	[kWh]	370.855	370.855	0,0%
EE _{teorico}	[kWh]	125.321	75.322	39,9%
Q _{baseline}	[kWh]	380.154	380.154	0,0%
EE _{Baseline}	[kWh]	124.890	75.063	39,9%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	76.791	76.791	0,0%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	58.324	35.054	39,9%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	135.115	111.846	17,2%
Fornitura Termica, C _Q	[€]	30.586	30.586	0,0%
Fornitura Elettrica, C _{EE}	[€]	24.385	14.656	39,9%
Fornitura Energia, C_E	[€]	54.970	45.242	17,7%
C _{MO}	[€]	2.565	2.565	0,0%
C _{MS}	[€]	766	766	0,0%
O&M (C _{MO} + C _{MS})	[€]	3.331	3.331	0,0%
OPEX	[€]	58.301	48.573	16,7%
Classe energetica	[-]	E	F	-1 classe

Nota (17) I fattori di emissione per il calcolo delle emissioni di CO₂ sono: 0,202 [kgCO₂/kWh] per il vettore termico e 0.467 [kgCO₂/kWh] per il vettore elettrico.

Nota (18): Come si osserva, la classe energetica risulta peggiorata nella situazione post intervento. Ciò non deve trarre in inganno, infatti, nonostante le modalità di calcolo della classe secondo quanto previsto dal confronto con l'edificio di riferimento producano questo risultato, si attesta una notevole diminuzione del consumo di energia elettrica dell'edificio oggetto della DE.

Nota (19): I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,08 [€/kWh] per il vettore termico e 0.195 [€/kWh] per il vettore elettrico.

Figura 8.8 – EEM3: Riduzione dei costi operativi e delle emissioni di CO₂ a partire dalla baseline



8.1.6 Impianto di generazione da fonti rinnovabili

EEM4: Installazione impianto fotovoltaico

Caratteristiche funzionali e tecniche

Il presente intervento di installazione di impianti ad energie rinnovabili propone l'installazione di un impianto fotovoltaico di potenza di picco pari a 51.7 kW_p da installarsi sulla copertura a falda dell'edificio oggetto di diagnosi. In particolare si è presa in considerazione solo una certa superficie della copertura, ovvero quella rivolta verso sud/est, che risulta favorevole dal punto di vista dell'irraggiamento solare incidente.

Al fine di valutare l'efficientamento derivante dall'installazione di un impianto fotovoltaico sono stati presi in considerazione i seguenti fattori:

- Valutazione del profilo di utilizzo dell'edificio in base alla destinazione d'uso
- Valutazione del fabbisogno di energia elettrica
- Esposizione dell'edificio

La stima dell'energia elettrica prodotta è stata effettuata sulla base dei dati radiometrici relativi alla norma UNI 10349, utilizzando il metodo di calcolo relativo alla norma UNI 8477 e considerando le seguenti caratteristiche per il campo fotovoltaico:

- Potenza di picco singolo modulo: 235 W (STC)
- Dimensioni modulo: 1.46 m²
- Numero di moduli: 220
- Orientamento rispetto a Sud: -45° (sud/est)
- Inclinazione rispetto all'orizzontale: 15°
- Albedo: 0,60
- Fattore di efficienza: 0,75
- Superficie totale: 320 m²

La radiazione globale annua sulla superficie orizzontale ricavata dalla UNI 10349 per Genova corrisponde a 1299,8 kWh/m².

Descrizione dei lavori

Si consiglia di fare eseguire l'intervento solo da personale specializzato; occorre verificare preventivamente gli spazi di installazione in copertura e determinare con un rilievo specifico le possibili cause di ombreggiamento. L'impianto deve essere installato secondo la normativa tecnica di riferimento, sia per quanto riguarda i collegamenti elettrici, che i materiali utilizzati e i dispositivi di sicurezza. Si consiglia inoltre, in fase di progetto, di eseguire una configurazione delle stringhe del campo fotovoltaico che sia la più adatta ed efficiente possibile, al fine di ridurre al minimo le possibili perdite per irraggiamento disomogeneo del campo.

Prestazioni raggiungibili

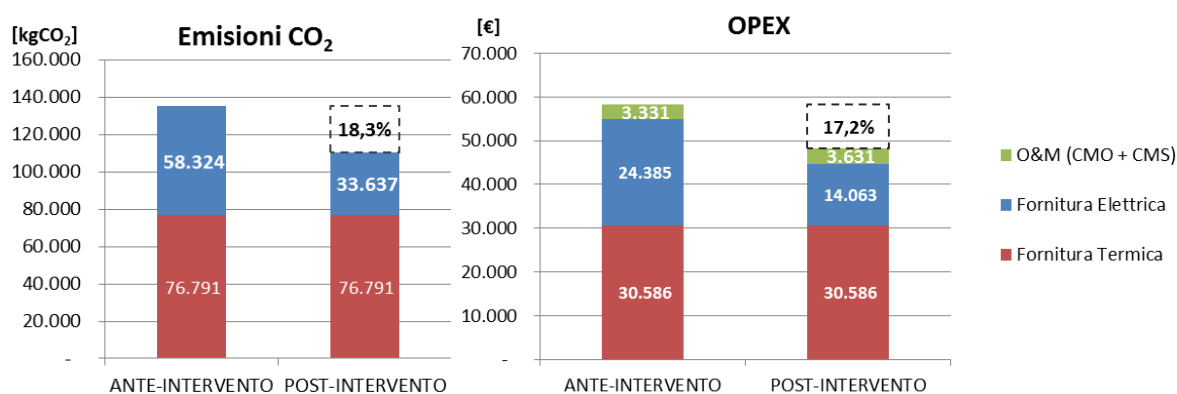
I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione della EEM4 sono riportati nella Tabella 8.5 e nella Figura 8.6.

Tabella 8.5 – Risultati analisi EEM4 – Installazione impianto fotovoltaico

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
Energia elettrica prelevata dalla rete	kWh	127079	72276	43,1%
$Q_{teorico}$	[kWh]	370.855	370.855	0,0%
$EE_{teorico}$	[kWh]	125.321	72.276	42,3%
$Q_{baseline}$	[kWh]	380.154	380.154	0,0%
$EE_{baseline}$	[kWh]	124.890	72.028	42,3%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	76.791	76.791	0,0%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	58.324	33.637	42,3%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	135.115	110.428	18,3%
Fornitura Termica, C_Q	[€]	30.586	30.586	0,0%
Fornitura Elettrica, C_{EE}	[€]	24.385	14.063	42,3%
Fornitura Energia, C_E	[€]	54.970	44.649	18,8%
C_{MO}	[€]	2.565	2.665	-3,9%
C_{MS}	[€]	766	966	-26,1%
O&M ($C_{MO} + C_{MS}$)	[€]	3.331	3.631	-9,0%
OPEX	[€]	58.301	48.280	17,2%
Classe energetica	[-]	E	D	+1 classe

Nota (20) I fattori di emissione per il calcolo delle emissioni di CO₂ sono: 0,202 [kgCO₂/kWh] per il vettore termico e 0,467 per l'elettrico.

I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,073 [€/kWh] per il vettore termico e 0,26 €/kWh per il vettore elettrico.

Figura 8.9 – EEM4: Riduzione dei costi operativi e delle emissioni di CO₂ a partire dalla baseline

9 VALUTAZIONE ECONOMICO-FINANZIARIA

9.1 ANALISI DEI COSTI DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI CONSIDERATI FATTIBILI

EEM1: Installazione valvole termostatiche e pompe ad inverter

Nella cati come riportato nel seguito.

Tabella 9.1 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM 1, che consiste nell'installazione di un efficiente sistema di termoregolazione per l'impianto di riscaldamento.

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

Tabella 9.1 – Analisi dei costi della EEM1 – Installazione valvole termostatiche e pompe ad inverter

DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZAT O	QUAN TITÀ	U.M .	PREZZO UNITARIO [€/n° o €/m ₂]	TOTALE (IVA ESCLUSA) [€]	IVA [€]	TOTALE (IVA INCLUSA) [€]
PR.C17.A1 5.010	Valvole micrometriche a squadra complete di testa termostatica con elemento sensibile a gas: Ø 15 mm Prezzario Regione Liguria	229	m2	€ 32,20	€ 7.373,80	€ 1.622,24	€8.996,04
PR.C47.H1 0.135	Circolatori per impianti di riscaldamento e condizionamento a velocità variabile, regolate elettronicamente, classe di protezione IP44, classe energetica A, 230V, del tipo: versione gemellare con attacchi flangiati, Ø 50, PN6-10, prevalenza da 1 a 11 m, portata da 1 a 26 m ³ /h Prezzario Regione Liguria	2	m2	€ 2.727,23	€ 5.454,45	€ 1.199,98	€ 6.654,4
40.E10.A1 0.020	Sola posa in opera di pompe e/o circolatori singoli o gemellari per fluidi caldi o freddi, compreso bulloni, guarnizioni e il collegamento alla linea elettrica, escluse le flange. Per attacchi del diametro nominale di: maggiore di 40 mm fino a 65 mm Prezzario Regione Liguria	2	m	€ 45,51	€ 91,02	€ 20,02	€ 111,0
PR.E40.B0 5.210	Interruttore automatico magnetotermico con potere di interruzione 4,5KA bipolare fino a 32 A - 230 V Prezzario Regione Liguria	1	m3	€ 20,63	€ 20,63	€ 4,5	€ 25,17
PR.C74.C1 0.010	Interruttore orario digitale modulare per la programmazione settimanale a due canali Prezzario Regione Liguria	1	cad	€ 133,40	€ 133,40	€ 29,4	€ 162,75
RU.M01.E 01.020	Impianti Elettrici Idraulici Riscaldamento Installatore 4° cat. ex operaio specializzato Prezzario Regione Liguria	120	cad	€ 28,98	€ 3.477,8	€ 765,12	€ 4.242,9
	Costi per la sicurezza	-	3%	%	€ 496,5	€ 109,24	€ 605,8
	Costi progettazione (in % su importo lavori)	-	7%	%	€ 1.158,6	€ 254,9	€1.413,5
TOTALE (I₀)					€ 18.206	€ 4.005,37	€ 22.212
Incentivi		[Conto termico]					€ 8.884,6
Durata incentivi							5
Incentivo annuo							€ 1.776,9

EEM2: Sostituzione infissi e installazione termoregolazione

Nella tabella è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM 2, che consiste nell'installazione di infissi con bassa trasmittanza termica.

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

Tabella 9.2 – Analisi dei costi della EEM2 – Sostituzione di infissi e installazione di valvole termostatiche

DESCRIZIONE	FORTE PREZZO UTILIZZAT O	QUANTI TÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO	TOTALE (IVA ESCLUSA)	IVA	TOTALE (IVA INCLUSA)
				[€/n° o €/m²]	[€]	[€]	[€]
25.A05.H01.100	Smontaggio e recupero delle parti riutilizzabili, incluso accantonamento nell'ambito del cantiere, di: serramenti in acciaio, PVC, alluminio, compreso telaio (misura minima 2,00 m²)	Prezziario Regione Liguria	1388	m2	€ 36,0	€ 49.980,6	22% € 60.976,4
PR.A23.A30.010	Finestra o portafinestra in PVC completa di vetrocamera, qualità media, con valore massimo di trasmittanza $U=2,8$ W/m²K, controtelaio escluso, misurazione minima per serramento m² 1,0 apertura ad una o due ante o a vasistas	Prezziario Regione Liguria	1388	m2	€ 299,0	€ 415.012	22% € 506.314,6
PR.A23.B10.020	Controtelaio per finestre, portefinestre e simili.	Prezziario Regione Liguria	3342	m	€ 6,9	€ 23.059,8	22% € 28.132,9
25.A15.C10.020	Trasporto eseguito con autocarro, motocarro o simili, della portata fino a 1000 kg, di materiali di risulta da scavi e/o demolizioni, per ogni km del tratto entro i primi 5. Misurato in banco	Prezziario Regione Liguria	208	m3	€ 10,7	€ 2.227,7	22% € 2.717,8
PR.C17.A15.010	Valvole micrometriche a squadra complete di testa termostatica con elemento sensibile a gas: Ø 15 mm	Prezziario Regione Liguria	229	cad	€ 32,2	€ 7.373,8	22% € 8.996,0
PR.C47.H10.135	Circolatori per impianti di riscaldamento e condizionamento a velocità variabile, regolate elettronicamente, classe di protezione IP44, classe energetica A, 230V, del tipo: versione gemellare con attacchi flangiati, Ø 50, PN6-10, prevalenza da 1 a 11 m, portata da 1 a 26 m³/h	Prezziario Regione Liguria	2	cad	€ 2.727,3	€ 5.454,5	22% € 6.654,4
40.E10.A10.020	Sola posa in opera di pompe e/o circolatori singoli o gemellari per fluidi caldi o freddi, compreso bulloni, guarnizioni e il collegamento alla linea elettrica, escluse le flange. Per attacchi del	Prezziario Regione Liguria	2	cad	€ 45,5	€ 91,0	22% € 111

	diametro nominale di: maggiore di 40 mm fino a 65 mm								
PR.C74.C10.010	Interruttore orario digitale modulare per la programmazione settimanale a due canali	Prezzario Regione Liguria	1	cad	€ 133,40	€ 133,4	22%	€ 162,8	
PR.E40.B05.210	Interruttore automatico magnetotermico con potere di interruzione 4,5KA bipolare fino a 32 A - 230 V	Prezzario Regione Liguria	1	cad	€ 20,63	€ 20,6	22%	€ 25,2	
RU.M01.E01.020	Impianti Elettrici Idraulici Riscaldamento Installatore 4° cat. ex operaio specializzato	Prezzario Regione Liguria	120	h	€ 28,98	€ 3.477,8	22%	€ 4.242,9	
	Costi per la sicurezza		3%	%		€ 15.204,9	22%	€ 18.550	
	Costi progettazione (in % su importo lavori)		7%	%		€ 35.478,2	22%	€ 43.283,4	
TOTALE (I₀)						€ 557.514	22%	€ 680.168	
Incentivi						[Conto termico]		€ 100.000	
Durata incentivi								5	
Incentivo annuo								€ 20.000,00	

EEM3: Sostituzione corpi illuminanti

Nella tabella è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM3, che consiste nell'installazione di moderne lampade a LED che permettono di abbattere i consumi di energia elettrica.

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

Tabella 9.3 – Analisi dei costi della EEM3 – Sostituzione dei corpi illuminanti con lampade LED

DESCRIZIONE		FORTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO	TOTALE (IVA ESCLUSA)	IVA	TOTALE (IVA INCLUSA)
					[€/n° o €/m ²]	[€]	[€]	[€]
1E.06.060.0210.a	Lampade a led a tubo per applicazione in lampade a tubi fluorescenti tradizionali compatibili alimentazione 230 V c.a. 50 Hz. Durata nominale 40.000 ore - Lunghezza 600 mm - flusso luminoso 825 lm potenza 10 w	Prezzario Milano	63	cad	€ 21,46	€ 1.352,2	€ 297,5	€ 1.649,7
1E.06.060.0210.c	Lampade a led a tubo per applicazione in lampade a tubi fluorescenti tradizionali compatibili alimentazione 230 V c.a. 50 Hz. Durata nominale 40.000 ore - Lunghezza 1200 mm - flusso luminoso 1600 lm potenza 16 w	Prezzario Milano	1520	cad	€ 31,54	€ 47.935,3	€ 10.545,8	€ 58.481,0
1E.06.060.0210.d	Lampade a led a tubo per applicazione in lampade a tubi fluorescenti tradizionali compatibili alimentazione 230 V c.a. 50 Hz. Durata nominale 40.000 ore - flusso luminoso 2065 lm potenza 24 w	Prezzario Milano	19	cad	€ 41,21	€ 783	€ 172,3	€ 955,2
	Costi per la sicurezza	-	3%	%		€ 1.502,1	€ 330,5	€ 1.832,6
	Costi progettazione (in % su importo lavori)	-	7%	%		€ 3.504,9	€ 771,1	€ 4.276,0
TOTALE (I₀)						€ 55.077,5	€ 2.423,4	€ 67.194,6

Incentivi	[Conto termico]	€ 26.877,8
Durata incentivi		5
Incentivo annuo		€ 5.375,6

EEM4: Installazione impianto fotovoltaico

Nella tabella è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM 4, che consiste nell'installazione di un impianto fotovoltaico sulla copertura dell'edificio. L'impianto permetterebbe di ridurre la quantità di energia elettrica prelevata dalla rete in misura molto consistente. Non si è considerato il contributo dello scambio sul posto in quanto l'impianto è di potenza evidentemente superiore ai 20 kW di picco.

Tabella 9.4 – Analisi dei costi della EEM4 – Installazione impianto fotovoltaico

DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO [€/n° o €/m²]	TOTALE (IVA ESCLUSA) [€]	IVA [€]	TOTALE (IVA INCLUSA) [€]
1E.17.010.0010 Fornitura e posa di impianto fotovoltaico costituito da: 1. Modulo fotovoltaico a struttura rigida in silicio monocristallino/policristallino (compreso: sostegno e struttura per qualsiasi tipo di tetto in materiale anticorrosivo inossidabile; cablaggi, condutture, connettori e scatole IP 65, diodi di bypass, involucro in classe II con struttura sandwich e telaio anodizzato). 2. Inverter bidirezionale, filtri e controllore di isolamento. 3. Quadro di parallelo inverter. 4. Oneri relativi a tutte le pratiche documentali e fiscali necessarie. 5. Dichiarazioni di conformità, garanzie, manuale. Sono comprese nel prezzo le assistenze murarie Con potenza complessiva per singolo impianto:	Prezzario Milano	51,7	kWp	€ 1.807,77	€ 93.461,85	€ 20.561,61	€ 114.023,5
Costi per la sicurezza	-	3%	%		€ 2.803,86	22%	€ 3.420,7
Costi progettazione (in % su importo lavori)	-	7%	%		€ 6.542,33	22%	€ 7.981,6
TOTALE (I₀)					€ 102.808	22%	€ 125.426

EEM5: Realizzazione cappotto esterno

Nella tabella è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM 5, che consiste nella realizzazione di un cappotto esterno, che permetta di abbattere le dispersioni termiche per trasmissione. La realizzazione di tale intervento consentirebbe l'ottenimento degli incentivi previsti dal conto termico 2.0, i quali possono essere quantificati come riportato nel seguito.

Tabella 9.5 – Analisi dei costi della EEM5 – Realizzazione cappotto esterno

DESCRIZIONE		FONTE PREZZO UTILIZZ ATO	QUANTI TÀ	U.M .	PREZZO UNITARIO	TOTALE (IVA ESCLUSA)	IVA	TOTALE (IVA INCLUSA)
					[€/n° o €/m ²]	[€]	[€]	[€]
95.B1 0.S10. 010	Ponteggiature "di facciata", in elementi metallici prefabbricati e/o "giunto-tubo", compreso il montaggio e lo smontaggio finale, i piani di lavoro, idonea segnaletica, impianto di messa a terra, compresi gli eventuali oneri di progettazione, escluso: mantovane, illuminazione notturna e reti di protezione - Montaggio, smontaggio e noleggio per il primo mese di utilizzo.	Prezzari o Regione Liguria	3725,8	m2	€ 12,98	€ 48.367,7	€ 10.640,9	€ 59.008,5
25.A0 5.E20. 010	Picchettatura di intonaco per favorire l'aggrappaggio a lavorazioni successive, interno o esterno	Prezzari o Regione Liguria	3725,8	m2	€ 5,15	€ 19.170,9	€ 4.217,6	€ 23.388,5
01.P0 9.A26. 020	Pannello in polistirene espanso sintetizzato (EPS), esenti da CFC o HCFC, resistenza a compressione pari a 100 kpa e densità compresa tra 18-28 kg/m ³ (secondo la norma UNI EN 13163), euroclasse E di resistenza al fuoco, marchiatura CE, lambda pari a 0,033 W/mK., con canale di ventilazione per lo smaltimento del vapore acqueo in eccesso. Per isolamento termico a cappotto - spessore 120 mm	Prezzari o Regione Piemont e	3725,8	m2	€ 15,47	€ 57.648,3	€ 12.682,6	€ 70.330,9
03.A0 7.A01. 005	Realizzazione di isolamento termico a cappotto con lastre di qualsiasi dimensione e spessore, compreso il carico, lo scarico, il trasporto e deposito a qualsiasi piano del fabbricato. Sono compresi inoltre gli oneri relativi a: incollaggio e/o tassellatura e sagomatura dei pannelli, rasatura, stesura di fissativo, applicazione del rasante a base di calce idraulica naturale steso con spatola d'acciaio, compresa la posa di rete d'armatura e di ogni altro onere necessario per dare l'opera finita a perfetta regola d'arte. (esclusa la fornitura dell'isolante)	Prezzari o Regione Piemont e	3725,8	m2	€ 12,95	€ 48.266,1	€ 10.618,5	€ 58.884,6
25.A9 0.A20. 010	Tinteggiatura di superfici murarie esterne con idropittura acrilica (prime due mani).	Prezzari o Regione Liguria	3725,8	m2	€ 6,63	€ 24.691,9	€ 5.432,2	€ 30.124,1
Costi per la sicurezza		-	3%	%		€ 5.944,3	€ 1.307,8	€ 7.252,1
Costi progettazione (in % su importo lavori)		-	7%	%		€ 13.870,1	€ 3.051,4	€ 16.921,6
TOTALE (I ₀)						€ 217.959	€ 47.951,0	€ 265.910,3
Incentivi		[Conto termico]					€ 106.364,1	
Durata incentivi							5	
Incentivo annuo							€ 21.272,8	

9.2 ANALISI DI CONVENIENZA DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI CONSIDERATI FATTIBILI

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

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

Gli indicatori economici d'investimento utilizzati sono:

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

Essi sono così definiti:

1) Tempo di ritorno semplice (TRS):

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

Dove:

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

2) Tempo di ritorno attualizzato (TRA):

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

Dove:

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

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

Dove:

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

3) Valore Attuale Netto (VAN) del progetto:

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

Dove:

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

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

5) Indice di Profitto (IP):

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

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

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

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

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

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

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

EEM1: Installazione valvole termostatiche e pompe ad inverter

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

Tabella 9.6 – Risultati dell'analisi di convenienza della EEM1– Installazione valvole termostatiche e pompe ad inverter

PARAMETRO FINANZIARIO	U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	I_0	€ 22.212
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 1.777
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	2,6 2,2
Tempo di rientro attualizzato	TRA	2,8 2,3
Valore attuale netto	VAN	64.607 72.518
Tasso interno di rendimento	TIR	36,3% 43,1%
Indice di profitto	IP	2,91 3,26

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

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

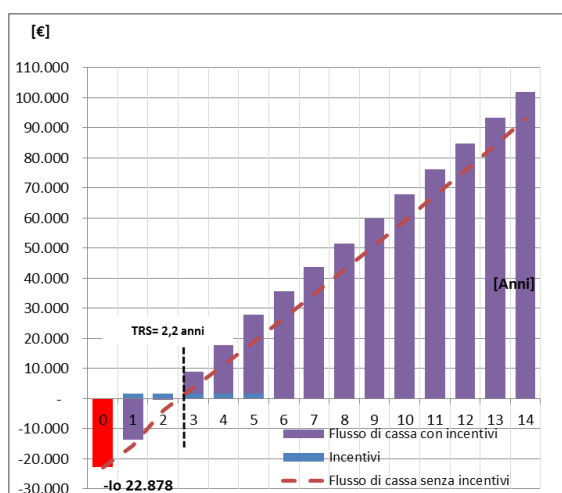
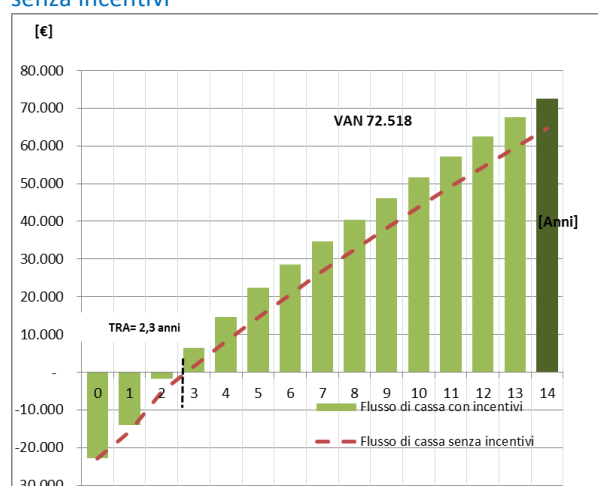


Figura 9.2 – EEM1: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



Dall'analisi effettuata è emerso che l'intervento di termoregolazione ha effetti molto importanti sul risparmio energetico ed il tempo di ritorno è di conseguenza brevissimo. In definitiva l'intervento sulla termoregolazione è tra quelli più convenienti da effettuare sull'edificio.

EEM2: Sostituzione degli infissi e termoregolazione

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

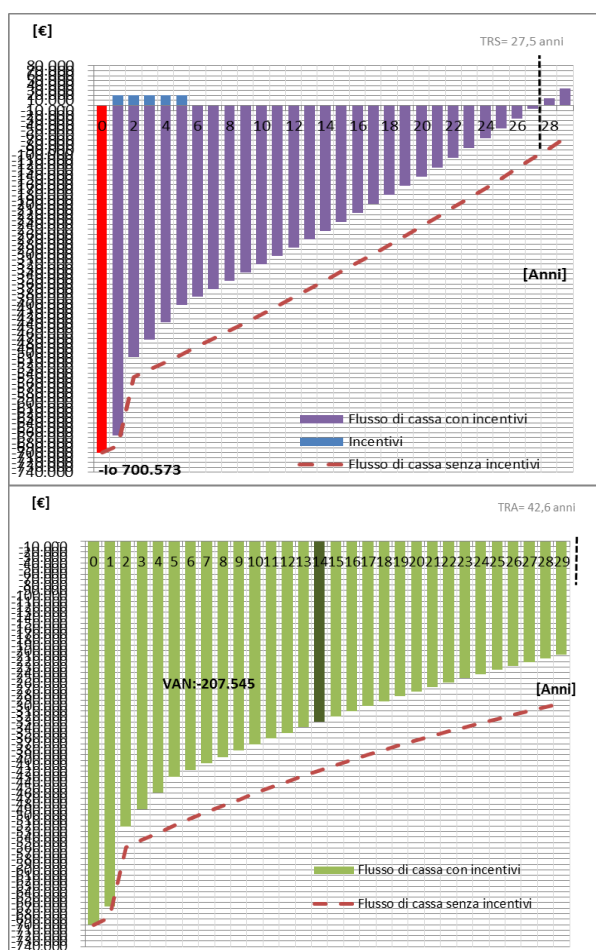
Tabella 9.7 – Risultati dell'analisi di convenienza della EEM2– Installazione valvole termostatiche e pompe ad inverter

PARMETRO FINANZIARIO		U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	I_0	€	680.168
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	20.000
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	33,1	27,5
Tempo di rientro attualizzato	TRA	52,0	42,6
Valore attuale netto	VAN	- 296.581	- 207.545
Tasso interno di rendimento	TIR	-0,7%	0,4%
Indice di profitto	IP	-0,44	-0,31

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

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

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



Dall'analisi effettuata è emerso che l'intervento di sostituzione degli infissi è il più oneroso tra quelli analizzati. In particolare si evidenzia che, vista la numerosità delle finestre presenti, la spesa connessa all'intervento è estremamente alta. I vantaggi energetici portati dall'intervento sono evidenti, infatti si ridurrebbero in modo consistente i consumi di gas metano per il riscaldamento e si realizzerebbe un salto di due classi energetiche. Nonostante ciò, l'analisi economica dell'investimento è molto sfavorevole. Tuttavia si consiglia di prendere in considerazione l'ipotesi di sostituzione degli infissi nel prossimo futuro, poiché le condizioni degli stessi compromettono gravemente, insieme agli altri fattori, la prestazione termica dell'edificio.

EEM3: Sostituzione dei corpi illuminanti con lampade LED

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

Tabella 9.8 – Risultati dell'analisi di convenienza della EEM3– Sostituzione dei corpi illuminanti con lampade LED

PARMETRO FINANZIARIO		U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	I_0	€	67.195
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	5.376
Durata incentivo	n_B	anni	5
Tasso di attualizzazione	i	[%]	3,5%
INDICE FINANZIARIO DI PROGETTO		VALORE SENZA INCENTIVI	VALORE CON INCENTIVI
Tempo di rientro semplice	TRS	6,9	4,3

Tempo di rientro attualizzato	TRA	8,4	4,8
Valore attuale netto	VAN	33.539	57.470
Tasso interno di rendimento	TIR	11,1%	17,5%
Indice di profitto	IP	0,50	0,86

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

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

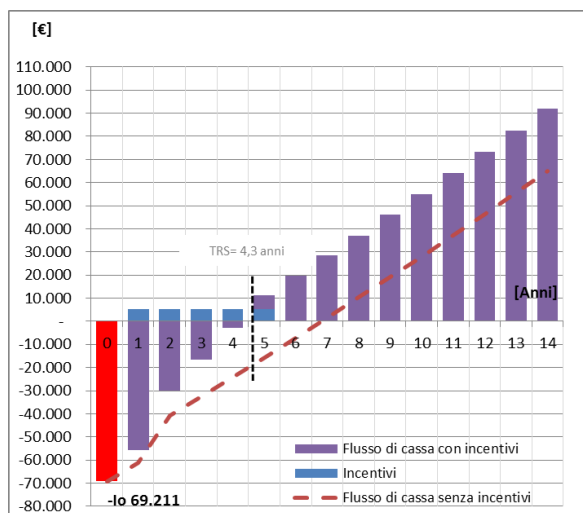
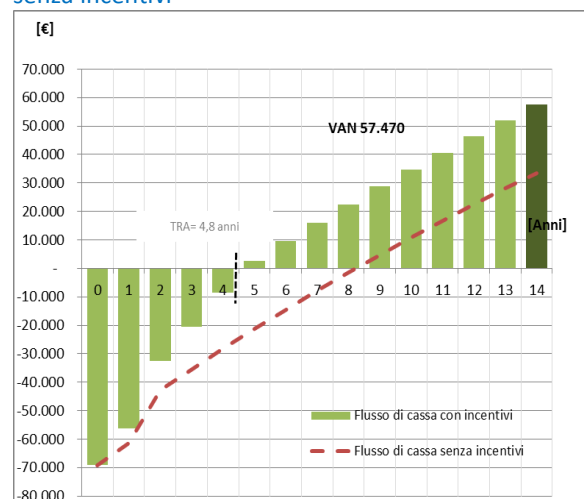


Figura 9.6 – EEM3: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



Dall'analisi effettuata è emerso che l'intervento di sostituzione dei corpi illuminanti ha un peso notevole sulla prestazione energetica dell'edificio. La riduzione della potenza dei corpi installati è consistente e l'analisi finanziaria dell'intervento fornisce ottimi risultati, grazie anche alla presenza degli incentivi del Conto Termico.

EEM4: Installazione impianto fotovoltaico

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

Tabella 9.9 – Risultati dell'analisi di convenienza della EEM4– Installazione impianto fotovoltaico

PARAMETRO FINANZIARIO	U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	Io	€ 125.426
Oneri Finanziari %Io	OF	[%] 3,0%
Aliquota IVA	%IVA	[%] 22,0%
Anno recupero erariale IVA	n_{IVA}	anni 3
Vita utile	n	anni 20
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	12,0
Tempo di rientro attualizzato	TRA	16,7
Valore attuale netto	VAN	12.103
Tasso interno di rendimento	TIR	5,2%
Indice di profitto	IP	0,10

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

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

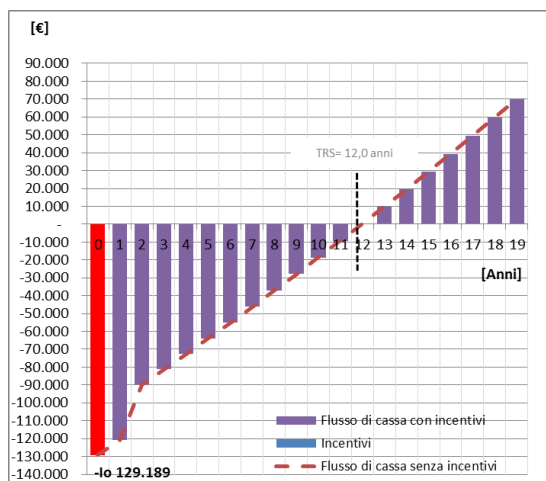
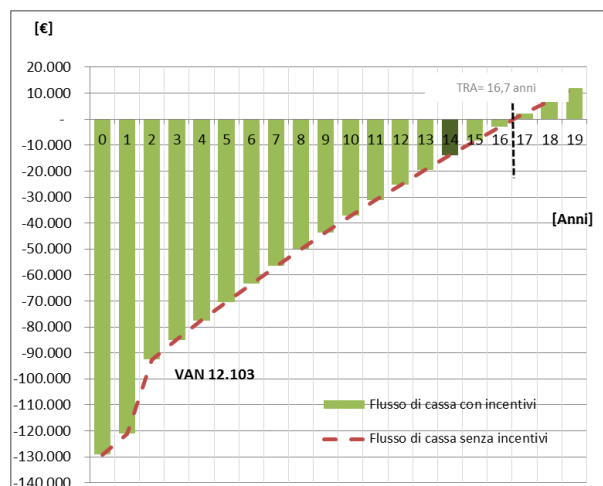


Figura 9.8 – EEM4: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



Dall'analisi effettuata è emerso che l'intervento ha un effetto molto positivo sulla riduzione dell'energia elettrica prelevata dalla rete. Il tempo di ritorno dell'investimento è anch'esso accettabile, anche se leggermente più elevato a causa dell'assenza di incentivi. Si è notato in fase di modellazione che l'installazione di un impianto di potenza inferiore, seppur meno conveniente dal punto di vista economico, porta comunque a buoni risultati in termini di risparmio energetico. Nella configurazione scelta, l'energia viene interamente autoconsumata.

EEM5: Realizzazione di un cappotto esterno

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

Tabella 9.10 – Risultati dell'analisi di convenienza della EEM5– Realizzazione di un cappotto esterno

PARMETRO FINANZIARIO	U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	I ₀	€ 265.910
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 21.273
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 24,9	14,5
Tempo di rientro attualizzato	TRA 41,6	24,7
Valore attuale netto	VAN - 76.156	18.547
Tasso interno di rendimento	TIR 1,1%	4,9%
Indice di profitto	IP -0,29	0,07

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

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

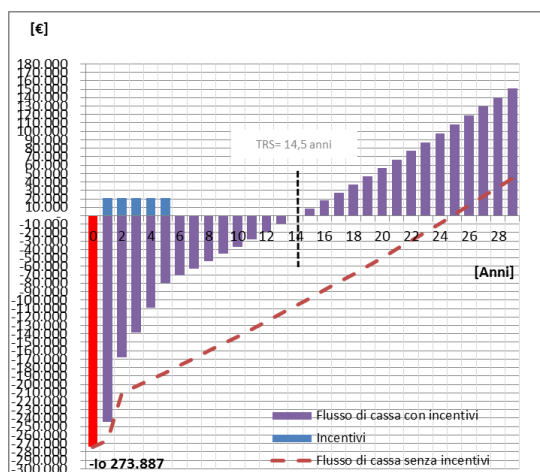
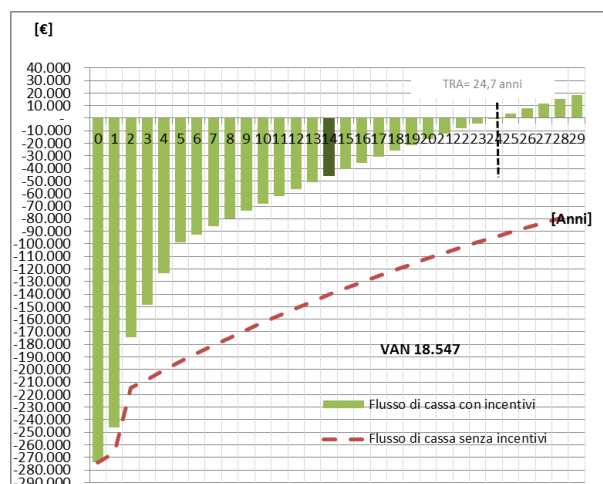


Figura 9.10 – EEM4: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



Dall'analisi effettuata è emerso che l'intervento ha un effetto molto positivo sulla riduzione dell'utilizzo del vettore termico per il servizio di riscaldamento. Il tempo di ritorno dell'investimento può essere considerato accettabile se si considera la vita utile dell'intervento, che può essere considerata di ben 30 anni.

Sintesi

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

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

	SENZA INCENTIVI											
	% ΔE	% Δ_{CO2}	ΔC_E	ΔC_{MO}	ΔC_{MS}	I_0	TRS	TRA	n	VAN	TIR	IP
	[%]	[%]	[€/anno]	[€/anno]	[€/anno]	[€]	[anni]	[anni]	[anni]	[€]	[%]	[.]
EEM 1	22	16.7	16.4	0	100	22773	2.6	2.8	15	64607	36.6	2.91
EEM 2	43.4	33.4	32.8	0	100	680729	33.1	52	30	-296581	-0.7	-0.44
EEM 3	10	17.2	17.7	0	0	67195	6.9	8.4	15	33539	11.1	0.5
EEM 4	11	18.3	18.8	100	200	125426	12	16.7	20	12103	5.2	0.1
EEM 5	24	17.6	17.2	0	0	265910	24.9	41.6	30	-76156	1.1	-0.29

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

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

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

	CON INCENTIVI											
	% ΔE	% Δ_{CO2}	ΔC_E	ΔC_{MO}	ΔC_{MS}	I_0	TRS	TRA	n	VAN	TIR	IP
	[%]	[%]	[€/anno]	[€/anno]	[€/anno]	[€]	[anni]	[anni]	[anni]	[€]	[%]	[.]

EEM 1	22	16.7	16.4	0	100	22773	2.2	2.3	15	72518	43.1	3.26
EEM 2	43.4	33.4	32.8	0	100	680729	27.5	42.7	30	- 208029	0.4	-0.31
EEM3	10	17.2	17.7	0	0	67195	4.3	4.8	15	57470	17.5	0.86
EEM4	11	18.3	18.8	100	200	125426	12	16.7	20	12103	5.2	0.1
EEM5	24	17.6	17.2	0	0	265910	14.5	24.7	30	18547	4.9	0.07

Dall'analisi dei risultati emerge che gli interventi che mostrano maggiore convenienza sono quelli relativi alla termoregolazione ed alla sostituzione dei corpi illuminanti, in quanto hanno un costo ridotto ma producono ottimi risultati in termini di abbattimento dei costi della fornitura di energia.

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

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

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

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

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

Dove:

- 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: EEM1+EEM3+EEM4:** Tale scenario consiste nell'installazione di un sistema di termoregolazione unito alla sostituzione dei corpi illuminanti con lampade LED e alla realizzazione di un impianto fotovoltaico.
- **Scenario 2: EEM1+EEM3+EEM4+EEM5:** Tale scenario consiste nella realizzazione, in aggiunta a quanto fatto nello SCN1, di un cappotto esterno per l'abbattimento delle dispersioni termiche.

9.3.1 Scenario 1: EEM1+EEM3+EEM4

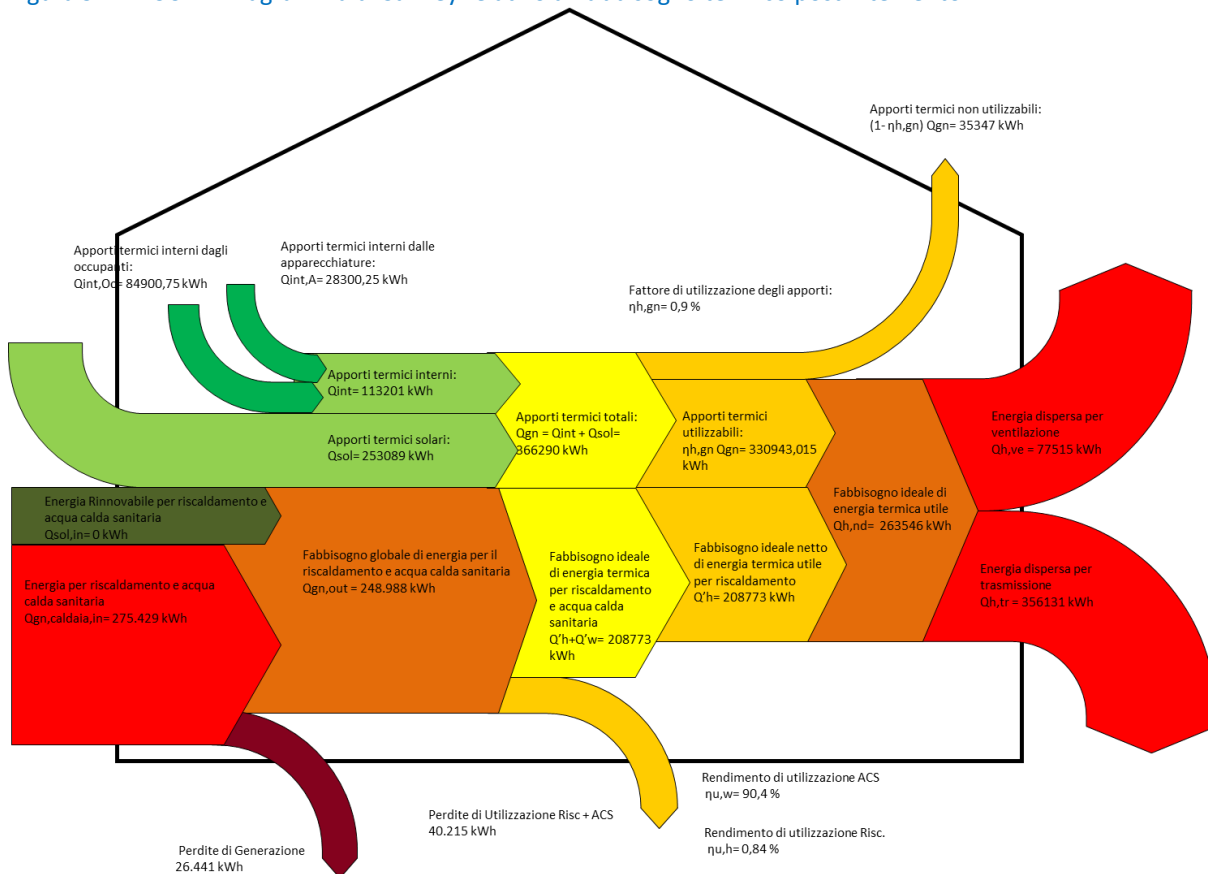
La realizzazione dello scenario 1 consiste nella combinazione delle EEM di seguito elencate:

Tabella 9.13 – Combinazione di EEM proposta per lo scenario 1

VOCE INVESTIMENTO	TOTALE (IVA ESCLUSA)	IVA AL 22%	TOTALE (IVA INCLUSA)
	[€]	[€]	[€]
EEM1 - Fornitura e posa in opera di Valvole termostatiche e pompa inverter	€ 16.551,12	€ 3.641	€ 20.192
EEM3 – Fornitura e posa di lampade LED	€ 50.070,45	€ 11.016	€ 61.086
EEM4 – Fornitura e posa di impianto fotovoltaico	€ 93.461,85	€ 20.562	€ 114.023
Costi per la sicurezza	€ 4.803	€ 1.057	€ 5.859
Costi per la progettazione	€ 11.206	€ 2.465	€ 13.671
TOTALE (I₀)	€ 176.092	€ 38.740	€ 214.832
VOCE MANUTENZIONE	C _{MO} (IVA INCLUSA)	C _{MS} (IVA INCLUSA)	C _M (IVA INCLUSA)
	[€]	[€]	[€]
EEM1 O&M	0	100	100
EEM3 O&M	0	0	0
EEM4 O&M	100	200	300
TOTALE (C_M)	100	300	400
VOCE INCENTIVO	DESCRIZIONE	TOTALE (IVA INCLUSA)	
		[€]	
Incentivi	Conto termico	€ 35.763,0	
Durata incentivi		5	
Incentivo annuo		€ 7.152,6	

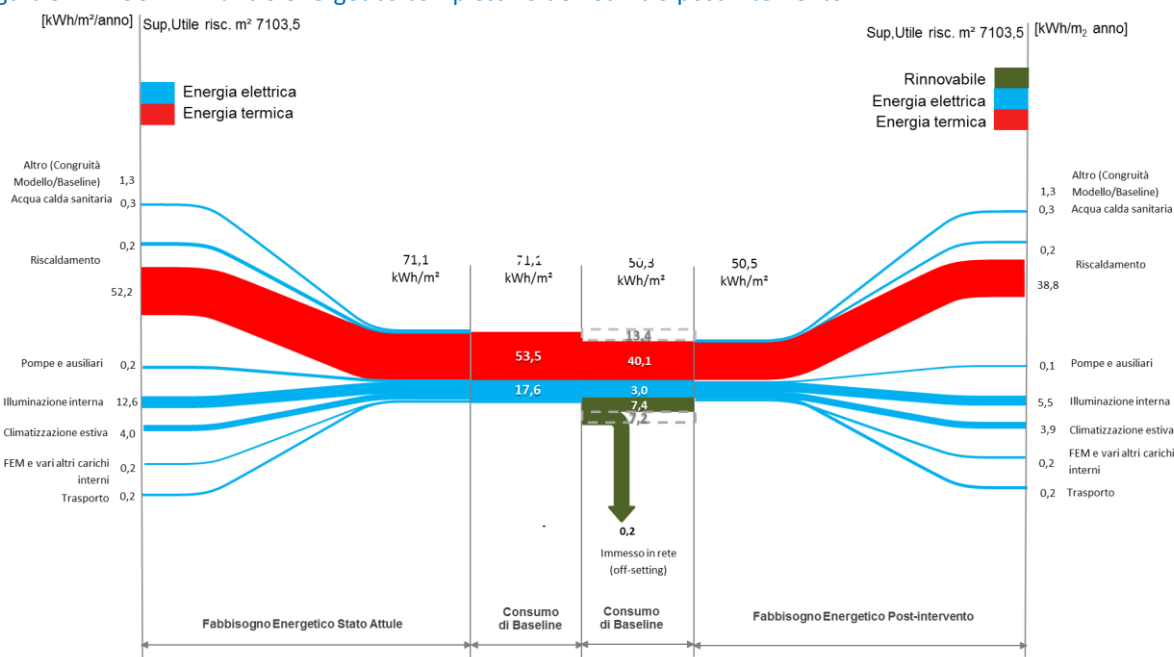
A seguito della modellazione dei due scenari ottimali è stato possibile rappresentare i risultati del bilancio energetico termico nella forma di diagramma di Sankey relativo alle situazioni post-intervento.

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



Dall'analisi dei diagrammi di Sankey relativo al fabbisogno termico dell'edificio post intervento è possibile notare che si è avuta una notevole diminuzione delle perdite dovute alla trasmissione attraverso l'involucro, legate al consumo di vettore termico.

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



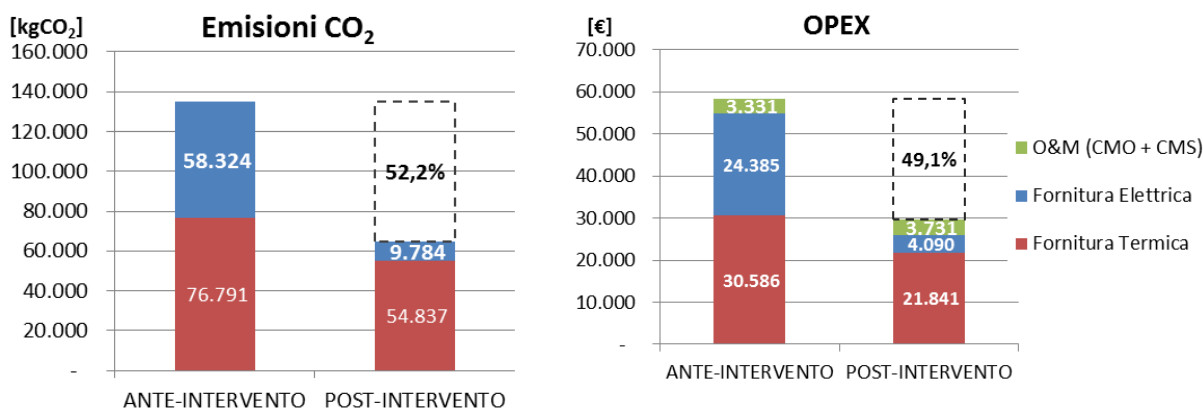
I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione dello Scenario 1 sono riportati nella Tabella 9.14 e nella Figura 9.13

Tabella 9.14 – Risultati analisi SCN1 – EEM1+EEM3+EEM4

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE %
EM1 [Rendimento di regolazione riscaldamento]	-	69,3	98	-41,4%
EM3 [Fabbisogno di energia elettrica per illuminazione]	[kWh]	89637	38927	56,6%
EM4 [Energia elettrica prelevata dalla rete]	[kWh]	127079	72276	43,1%
$Q_{teorico}$	[kWh]	370.855	264.831	28,6%
$EE_{teorico}$	[kWh]	125.321	21.022	83,2%
$Q_{baseline}$	[kWh]	380.154	271.472	28,6%
$EE_{baseline}$	[kWh]	124.890	20.950	83,2%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	76.791	54.837	28,6%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	58.324	9.784	83,2%
Emiss. CO2 Totale	[kgCO₂]	135.115	64.621	52,2%
Fornitura Termica, C_Q	[€]	30.586	21.841	28,6%
Fornitura Elettrica, C_{EE}	[€]	24.385	4.090	83,2%
Fornitura Energia, C_E	[€]	54.970	25.932	52,8%
Costo Manutenzione Ordinaria, C_{MO}	[€]	2.565	2.665	-3,9%
Costo Manutenzione Straordinaria, C_{MS}	[€]	766	1.066	-39,2%
Costo per O&M ($C_M = C_{MO} + C_{MS}$)	[€]	3.331	3.731	-12,0%
OPEX	[€]	58.301	29.663	49,1%
Classe energetica	[-]	E	D	+1 classe

Nota (21) I fattori di emissione per il calcolo delle emissioni di CO₂ sono: 0,202 [kgCO₂/kWh] per il vettore termico e 0,467 [kgCO₂/kWh] per il vettore elettrico.

I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,08 [€/kWh] per il vettore termico e 0,195 [€/kWh] per il vettore elettrico.

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

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

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

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	8
Anni Equity	n_E	14
Costi d'Investimento diretti, IVA incl.	I_o	€ 214.832
Oneri Finanziari (costi indiretti)	%Of	3,00%
Costi d'Investimento indiretti, IVA incl.	Of	€ 6.445
Costi d'Investimento (diretti+Indiretti) , IVA incl.	CAPEX	€ 221.277
%CAPEX a Debito	D	80,0%
%CAPEX a Equity	E	20,00%
Debito	I_D	€ 177.022
Equity	I_E	€ 44.255
Fattore di annualità Debito	FA_D	6,88
Rata annua debito	q_D	€ 25.713
Costo finanziamento,(D+INT _D)	$q_D * n_D$	€ 205.705

Costi per interessi debito, INT_D	$INT_D = q_D * n_D - D$	€ 28.684
-------------------------------------	-------------------------	----------

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

PARAMETRI ECONOMICI		
Costo annuo energia pre-intervento, IVA escl.	C_{E0}	€ 42.877
Costo annuo O&M pre-intervento, IVA escl.	C_{M0}	€ 2.730
Spesa PA pre-intervento (Baseline)	$C_{Baseline}$	€ 45.607
Altri costi di gestione ESCo post-intervento, IVA escl.	C_{Altro}	€ -
Riduzione% costi fornitura Energia	$\% \Delta C_E$	53,0%
Riduzione% costi O&M	$\% \Delta C_M$	-12,0%
Obiettivo riduzione spesa PA	$\% C_{Baseline}$	5,0%
Risparmio annuo PA garantito	45,6%	€ 20.363
Risparmio annuo PA immediato durante la gestione	Risp.IM	€ 2.280
Risparmio PA durante la concessione	14%	€ 124.076
Risparmio annuo PA al termine della concessione	Risp.Term.	€ 26.800
N° di Canoni annuali	anni	14
Utile lordo della ESCO	$\% CAPEX$	35,11%
Costo Contrattuale ESCO €/anno IVA escl.	C_{ESCO}	€ 5.550
Costi FTT €/anno IVA escl.	C_{FTT}	€ 2.049
Costi CAPEX €/anno IVA escl.	C_{CAPEX}	€ 10.484
Canone O&M €/anno	C_{nM}	€ 3.175
Canone Energia €/anno	C_{nE}	€ 22.070
Canone Servizi €/anno IVA escl.	C_{nS}	€ 25.244
Canone Disponibilità €/anno IVA escl.	C_{nD}	€ 18.082
Canone Totale €/anno IVA escl.	C_n	€ 43.327
Aliquota IVA %	IVA	22%
Rimborso erariale IVA	R_{IVA}	€ 38.740
Ricavi da Incentivi, esenti d'IVA	R_B	€ 35.763
Durata Incentivi, anni	n_B	5
Inizio erogazione Incentivi, anno		2022

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

INDICATORI DI REDDITIVITA' DEL PROGETTO PRE-IMPOSTE		
Tempo di Ritorno Semplice, $Spb = Io / FC$, Anni	T.R.S.	8,74
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	T.R.A.	11,13
Valore Attuale Netto, $VAN = VA - Io$	$VAN > 0$	€ 39.467
Tasso interno di rendimento del progetto	$TIR > WACC$	7,30%
Indice di Profitto	IP	18,37%
INDICATORI DI REDDITIVITA' DELLA ESCO PRE-IMPOSTE		
Tempo di Ritorno Semplice, $Spb = Io / FC$, Anni	T.R.S.	10,37
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	T.R.A.	11,69
Valore Attuale Netto, $VAN = VA - Io$	$VAN > 0$	€ 18.253
Tasso interno di rendimento dell'azionista	$TIR > k_e$	15,96%
Debit Service Cover Ratio	$DSCR < 1,3$	1,067
Loan Life Cover Ratio	$LLCR > 1$	1,666

Indice di Profitto Azionista

IP

8,50%

Figura 9.14 –SCN1: Flussi di cassa del progetto

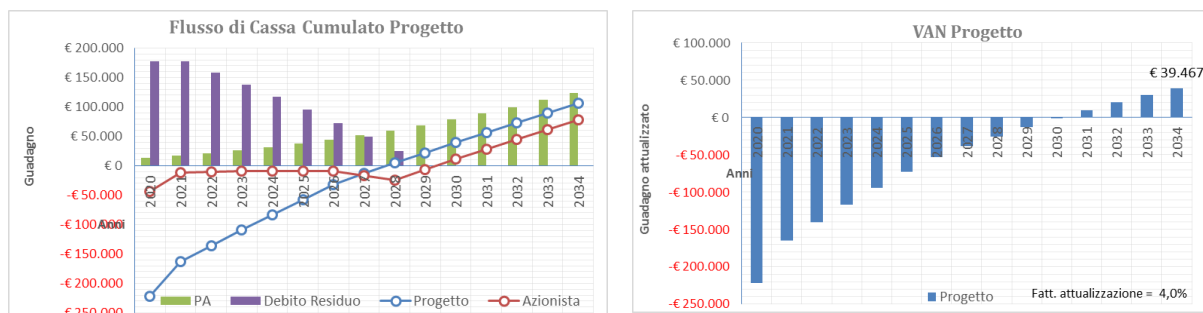
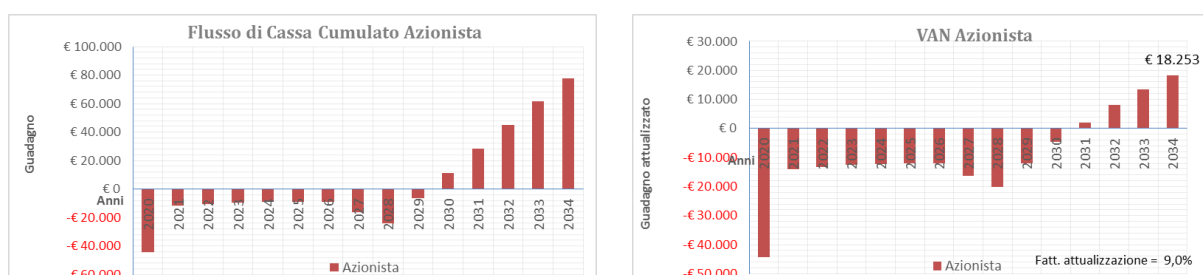
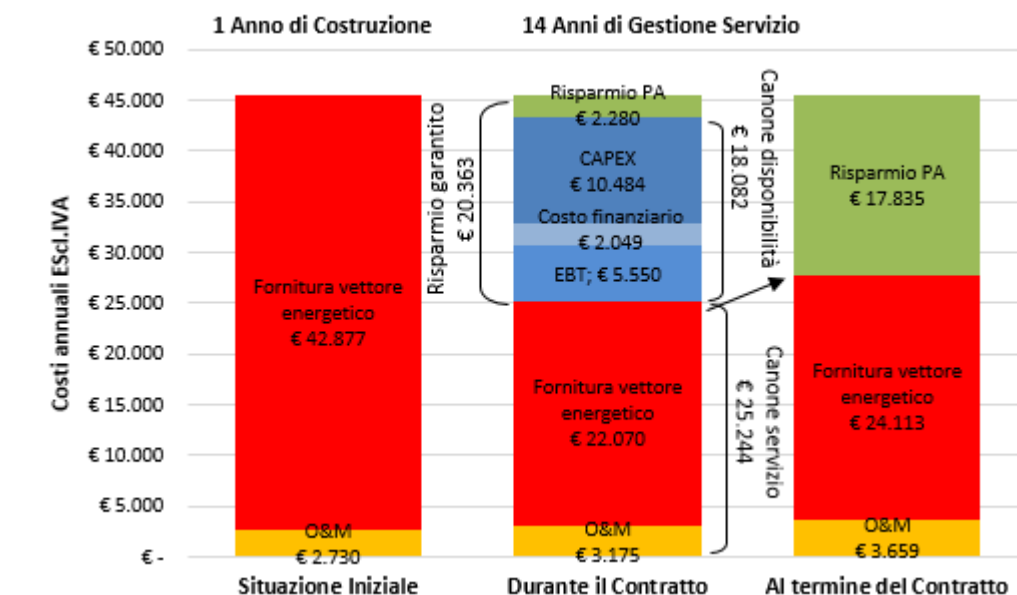


Figura 9.15 – SCN1: Flussi di cassa dell'azionista



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

Figura 9.16 – Scenario 1: Schema di Energy Performance Contract



9.3.2 Scenario 2: EEM1+EEM3+EEM4+EEM5

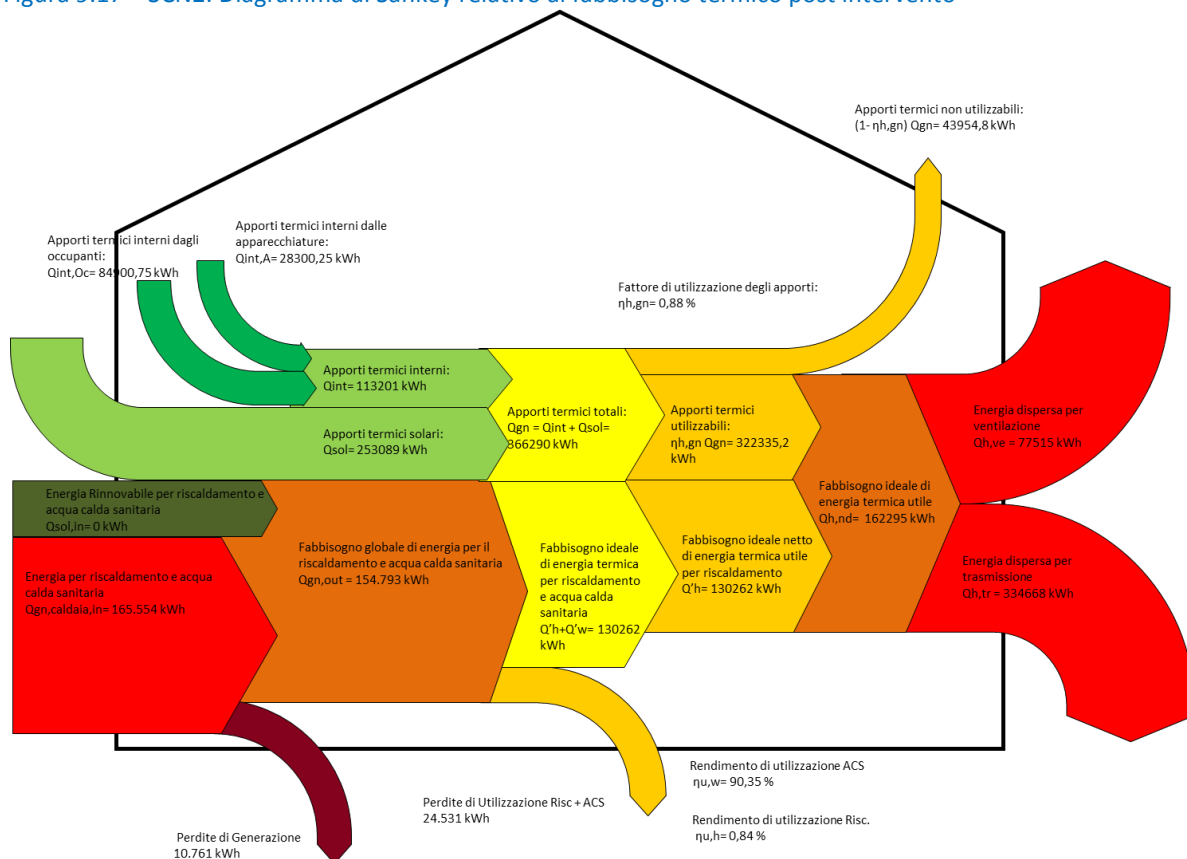
La realizzazione dello scenario 2 consiste nella combinazione delle EEM di seguito elencate:

Tabella 9.18 – Combinazione di EEM proposta per lo scenario 2

VOCE INVESTIMENTO	TOTALE (IVA ESCLUSA)	IVA Al 22%	TOTALE (IVA INCLUSA)
	[€]	[€]	[€]
EEM1 - Fornitura e posa in opera di Valvole termostatiche e pompa inverter	€ 16.551,1	€ 3.641	€ 20.192
EEM3 – Fornitura e posa di lampade LED	€ 50.070,5	€ 11.016	€ 61.086
EEM4 – Fornitura e posa di impianto fotovoltaico	€ 93.461,9	€ 20.562	€ 114.023
EEM5 – Realizzazione di un cappotto esterno	€ 198.144,8	€ 43.592	€ 241.737
Costi per la sicurezza	€ 10.747	€ 2.364	€ 13.111
Costi per la progettazione	€ 25.076	€ 5.517	€ 30.593
TOTALE (I₀)	€ 394.051	€ 86.691	€ 480.742
VOCE MANUTENZIONE	C _{MO} (IVA INCLUSA)	C _{MS} (IVA INCLUSA)	C _M (IVA INCLUSA)
	[€]	[€]	[€]
EEM1 O&M	0	100	100
EEM4 O&M	0	0	0
EEM4 O&M	100	200	300
EEM5 O&M	0	0	0
TOTALE (C_M)	100	300	400
VOCE INCENTIVO	DESCRIZIONE	TOTALE (IVA INCLUSA)	
		[€]	
Incentivi	Conto termico	€ 142.127,00	
Durata incentivi		5	
Incentivo annuo		€ 28.425,40	

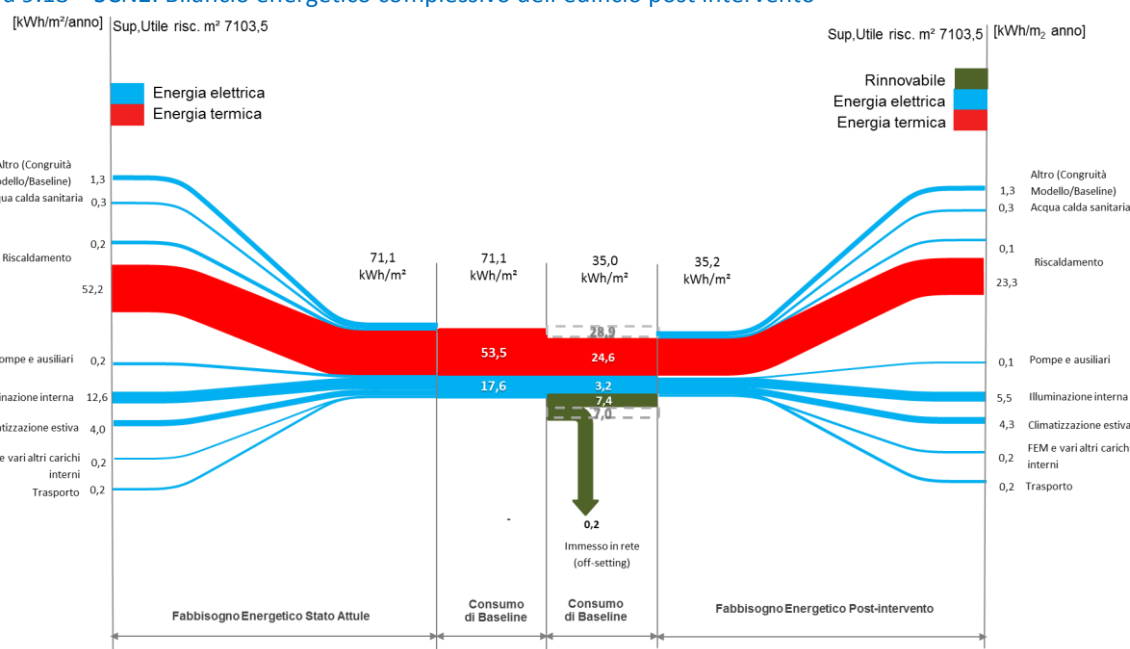
A seguito della modellazione dei due scenari ottimali è stato possibile rappresentare i risultati del bilancio energetico termico nella forma di diagramma di Sankey relativo alle situazioni post-intervento.

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



Dall'analisi dei diagrammi di Sankey relativo al fabbisogno termico dell'edificio post intervento è possibile notare che si è avuta una ulteriore diminuzione delle perdite dovute alla trasmissione attraverso l'involucro, legate al consumo di vettore termico. Tale diminuzione deriva dall'intervento di realizzazione del cappotto esterno.

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



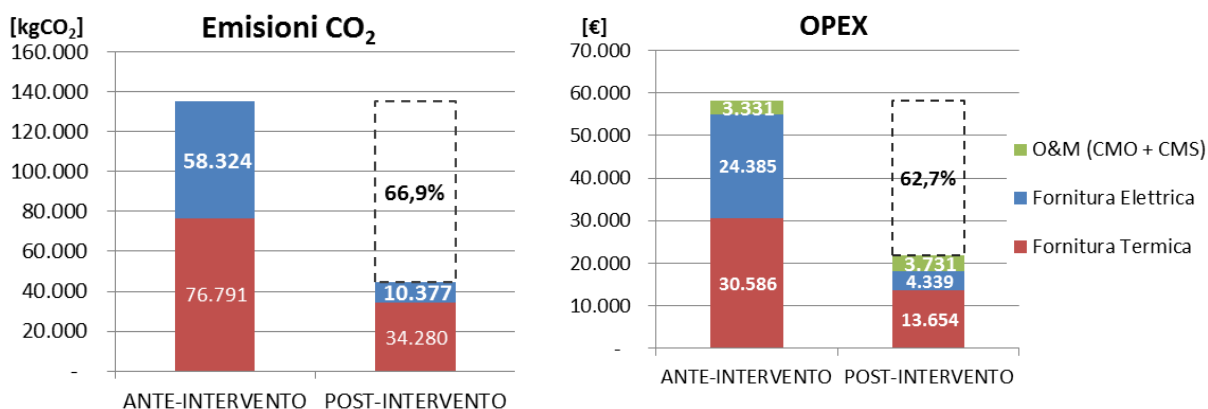
I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione dello Scenario 2 sono riportati nella Tabella 9.14 e nella Figura 9.13

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

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE %
EM1 [Rendimento di regolazione riscaldamento]	-	69,6	98	-40,8%
EM3 [Fabbisogno di energia elettrica per illuminazione]	[kWh]	89637	38927	56,6%
EM4 [Energia elettrica prelevata dalla rete]	[kWh]	127079	72276	43,1%
EM5 [Dispersioni per trasmissione]	[kWh]	409155	334668	18,2%
$Q_{teorico}$	[kWh]	370.855	165.551	55,4%
$EE_{teorico}$	[kWh]	125.321	22.298	82,2%
$Q_{baseline}$	[kWh]	380.154	169.702	55,4%
$EE_{baseline}$	[kWh]	124.890	22.221	82,2%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	76.791	34.280	55,4%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	58.324	10.377	82,2%
Emiss. CO2 Totale	[kgCO₂]	135.115	44.657	66,9%
Fornitura Termica, C_q	[€]	30.586	13.654	55,4%
Fornitura Elettrica, C_{EE}	[€]	24.385	4.339	82,2%
Fornitura Energia, C_e	[€]	54.970	17.992	67,3%
Costo Manutenzione Ordinaria, C_{MO}	[€]	2.565	2.665	-3,9%
Costo Manutenzione Straordinaria, C_{MS}	[€]	766	1.066	-39,2%
Costo per O&M ($C_M = C_{MO} + C_{MS}$)	[€]	3.331	3.731	-12,0%
OPEX	[€]	58.301	21.723	62,7%
Classe energetica	[-]	F	C	+2 classi

Nota (22) I fattori di emissione per il calcolo delle emissioni di CO₂ sono: 0,202 [kgCO₂/kWh] per il vettore termico e 0,467 [kgCO₂/kWh] per il vettore elettrico. I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,08 [€/kWh] per il vettore termico e 0,195 [€/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 9.15, Tabella 9.16 e Tabella 9.17 e nelle successive figure.

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

PARAMETRI FINANZIARI		
Anni Costruzione	n_i	1
Anni Gestione Servizio	n_s	24
Anni Concessione	n	25
Anno inizio Concessione	n_0	2020
Anni dell'ammortamento	n_A	10
Saggio Cassa Deposito e Prestiti	k_{CdP}	2,00%
Costo Capitale Azienda	WACC	4,00%
$k_{progetto} = \text{Max}(WACC; k_{CdP})$	$k_{progetto}$	4,00%
Inflazione ISTAT	f	0,50%
deriva dell'inflazione	f'	0,70%
%, interessi debito	k_D	3,82%
%, interessi equity	k_E	9,00%
Aliquota IRES	IRES	24,0%
Aliquota IRAP	IRAP	3,9%
Aliquota fiscale	τ	27,90%
Anni debito (finanziamento)	n_D	10
Anni Equity	n_E	24
Costi d'Investimento diretti, IVA incl.	I_0	€ 480.742
Oneri Finanziari (costi indiretti)	%Of	3,00%
Costi d'Investimento indiretti, IVA incl.	Of	€ 14.422
Costi d'Investimento (diretti+Indiretti) , IVA incl.	CAPEX	€ 495.164
%CAPEX a Debito	D	80,0%
%CAPEX a Equity	E	20,00%
Debito	I_D	€ 396.131
Equity	I_E	€ 99.033
Fattore di annualità Debito	FA_D	8,30
Rata annua debito	q_D	€ 47.716
Costo finanziamento, (D+INT _D)	$q_D * n_D$	€ 477.163
Costi per interessi debito, INT _D	INT_D=q_D*n_D-D	€ 81.031

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

PARAMETRI ECONOMICI		
Costo annuo energia pre-intervento, IVA escl.	C_{E0}	€ 42.877
Costo annuo O&M pre-intervento, IVA escl.	C_{M0}	€ 2.730
Spesa PA pre-intervento (Baseline)	C_{Baseline}	€ 45.607
Altri costi di gestione ESCo post-intervento, IVA escl.	C_{Altro}	€ -
Riduzione% costi fornitura Energia	%ΔC_E	67,3%
Riduzione% costi O&M	%ΔC_M	-12,0%
Obiettivo riduzione spesa PA	%C_{Baseline}	5,0%
Risparmio annuo PA garantito	45,6%	€ 26.013
Risparmio annuo PA immediato durante la gestione	Risp.IM	€ 2.280
Risparmio PA durante la concessione	14%	€ 296.869
Risparmio annuo PA al termine della concessione	Risp.Term.	€ 38.474
N° di Canoni annuali	anni	24
Utile lordo della ESCO	%CAPEX	44,87%
Costo Contrattuale ESCO €/anno IVA escl.	C_{ESCO}	€ 9.258

Costi FTT €/anno IVA escl.	C_{FTT}	€ 3.376
Costi CAPEX €/anno IVA escl.	C_{CAPEX}	€ 11.098
Canone O&M €/anno	C_{nM}	€ 3.256
Canone Energia €/anno	C_{nE}	€ 16.338
Canone Servizi €/anno IVA escl.	C_{nS}	€ 19.594
Canone Disponibilità €/anno IVA escl.	C_{nD}	€ 23.732
Canone Totale €/anno IVA escl.	C_n	€ 43.327
Aliquota IVA %	IVA	22%
Rimborso erariale IVA	R_{IVA}	€ 86.691
Ricavi da Incentivi, esenti d'IVA	R_B	€ 142.127
Durata Incentivi, anni	n_B	5
Inizio erogazione Incentivi, anno		2022

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

INDICATORI DI REDDITIVITA' DEL PROGETTO PRE-IMPOSTE		
Tempo di Ritorno Semplice, Spb = Io / FC, Anni	T.R.S.	11,59
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	T.R.A.	17,14
Valore Attuale Netto, VAN = VA - Io	VAN > 0	€ 77.660
Tasso interno di rendimento del progetto	TIR > WACC	6,14%
Indice di Profitto	IP	16,15%
INDICATORI DI REDDITIVITA' DELLA ESCO PRE-IMPOSTE		
Tempo di Ritorno Semplice, Spb = Io / FC, Anni	T.R.S.	15,01
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	T.R.A.	20,63
Valore Attuale Netto, VAN = VA - Io	VAN > 0	€ 13.922
Tasso interno di rendimento dell'azionista	TIR > ke	10,81%
Debit Service Cover Ratio	DSCR < 1,3	1,001
Loan Life Cover Ratio	LLCR > 1	1,665
Indice di Profitto Azionista	IP	2,90%

Figura 9.20 –SCN2: Flussi di cassa del progetto

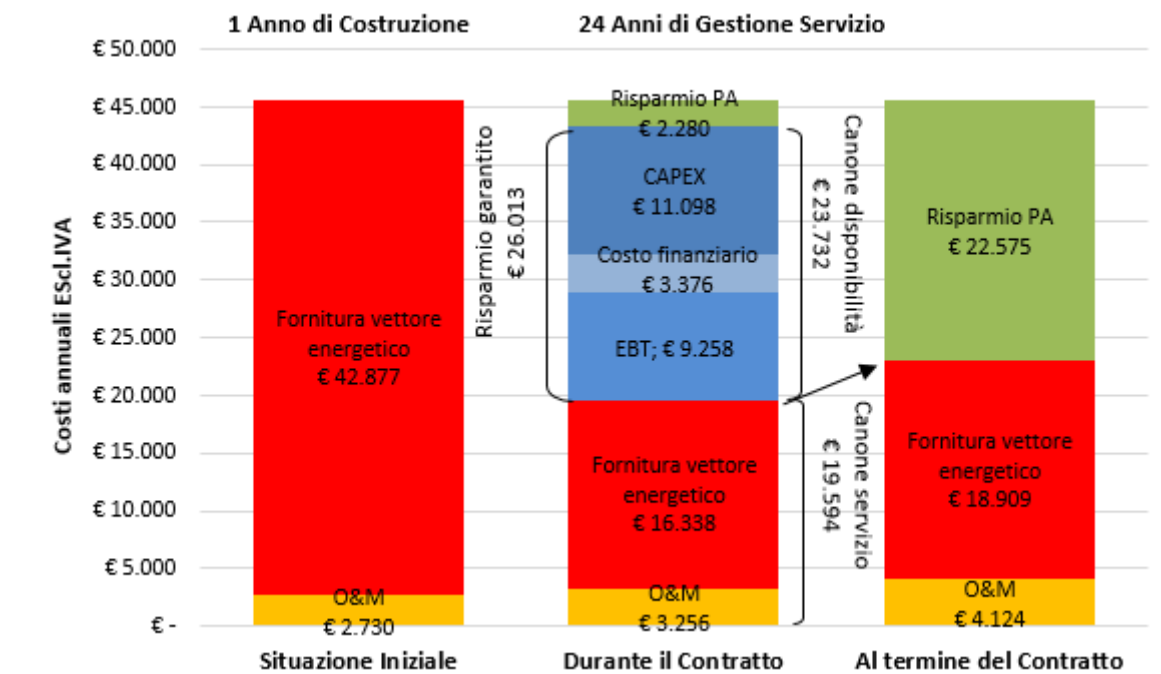


Figura 9.21 – SCN2: Flussi di cassa dell'azionista



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

Figura 9.22 – Scenario 2: Schema di Energy Performance Contract



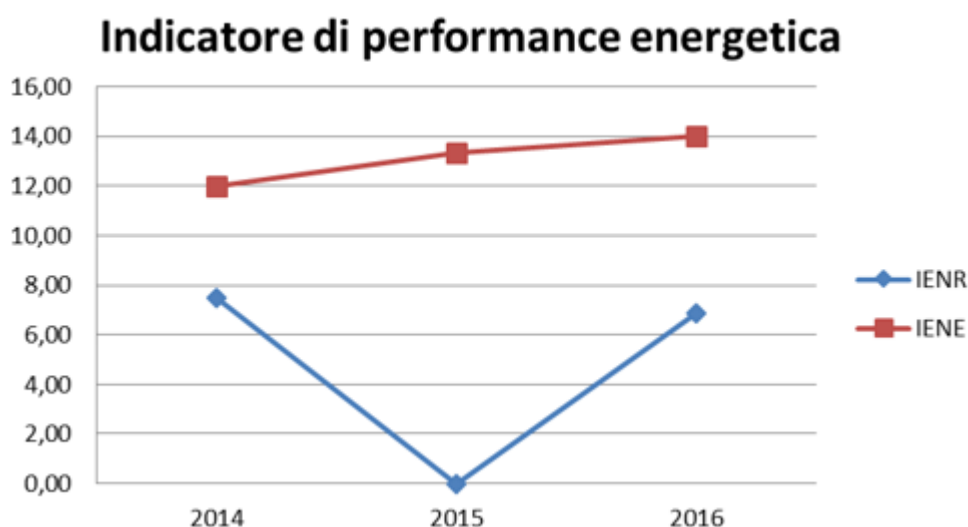
10 CONCLUSIONI

10.1 RIASSUNTO DEGLI INDICI DI PERFORMANCE ENERGETICA

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

E’ stato quindi possibile effettuare un raffronto con le classi di merito riportate nelle suddette Linee Guida, ottenendo relativamente ad IEN_r dei valori circa allineati nel periodo considerato, La classe di merito per l’IEN_r è “buono”, mentre quello per l’IENE è “sufficiente”, trascurando il valore relativo all’anno 2015 per il quale non si dispone dei consumi di vettore termico.

Figura 10.1 – Indicatori di performance energetica



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

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

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

INDICE DI PRESTAZIONE ENERGETICA		U.M.	ENERGIA PRIMARIA TOTALE	ENERGIA PRIMARIA NON RINNOVABILE
Globale non rinnovabile	EP _{gl}	kWh/mq anno	126.5	115.5
Climatizzazione invernale	EP _H	kWh/mq anno	70.7	70.5
Produzione di acqua calda sanitaria	EP _w	kWh/mq anno	0.67	0.54
Ventilazione	EP _v	kWh/mq anno	-	-
Raffrescamento	EP _c	kWh/mq anno	9.6	7.7
Illuminazione artificiale	EP _L	kWh/mq anno	45	36.4
Trasporto di persone e cose	EP _T	kWh/mq anno	0.41	0.33
Emissioni equivalenti di CO ₂	CO _{2eq}	Kg/mq anno	24.7	

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

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

INDICE DI PRESTAZIONE ENERGETICA		U.M.	ENERGIA PRIMARIA TOTALE	ENERGIA PRIMARIA NON RINNOVABILE
Globale	EP _{gl}	kWh/mq anno	78	66.4
Climatizzazione invernale	EP _H	kWh/mq anno	50.1	49.9
Produzione di acqua calda sanitaria	EP _w	kWh/mq anno	0.5	0.3
Ventilazione	EP _v	kWh/mq anno	-	-
Raffrescamento	EP _c	kWh/mq anno	6.7	3.7
Illuminazione artificiale	EP _L	kWh/mq anno	20.4	12.3
Trasporto di persone e cose	EP _T	kWh/mq anno	0.3	0.2
Emissioni equivalenti di CO2	CO _{2eq}	Kg/mq anno	13.9	

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

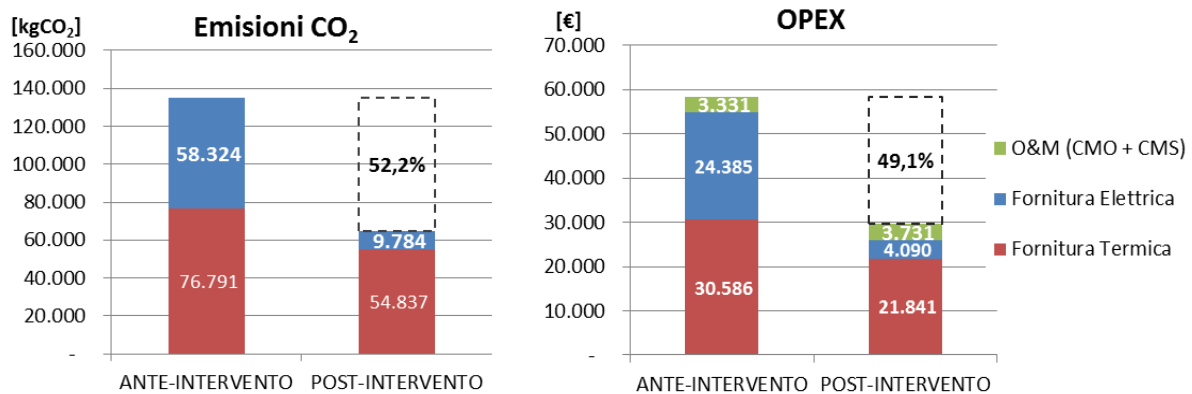
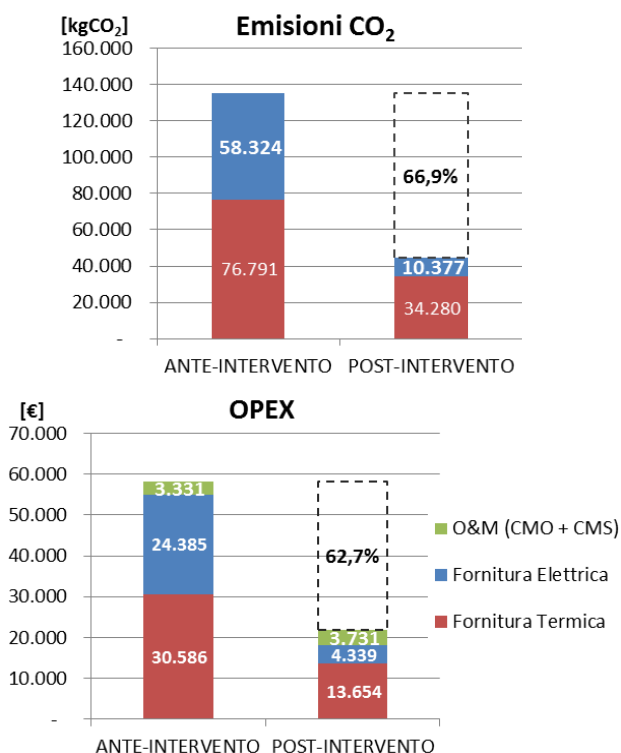
INDICE DI PRESTAZIONE ENERGETICA		U.M.	ENERGIA PRIMARIA TOTALE	ENERGIA PRIMARIA NON RINNOVABILE
Globale	EP _{gl}	kWh/mq anno	59.7	48
Climatizzazione invernale	EP _H	kWh/mq anno	31	30.9
Produzione di acqua calda sanitaria	EP _w	kWh/mq anno	0.5	0.3
Ventilazione	EP _v	kWh/mq anno	-	-
Raffrescamento	EP _c	kWh/mq anno	7.3	4.1
Illuminazione artificiale	EP _L	kWh/mq anno	20.6	12.5
Trasporto di persone e cose	EP _T	kWh/mq anno	0.3	0.2
Emissioni equivalenti di CO2	CO _{2eq}	Kg/mq anno	10.2	

10.2 RIASSUNTO DEGLI SCENARI DI INVESTIMENTO E DEI PRINCIPALI RISULTATI

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

- **Scenario 1: SCN1** – Tale scenario consiste nell'installazione di valvole termostatiche con pompa ad inverter, sostituzione dei corpi illuminanti ed installazione di un impianto fotovoltaico.
- **Scenario 2: SCN2** – Tale scenario consiste nella sostituzione del generatore di calore, la realizzazione di un cappotto esterno, oltre l'intervento previsto nello SCN1.

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

Figura 10.2 - SCN1: Riduzione dei costi operativi (OPEX) e delle emissioni di CO₂ a partire dalla baselineFigura 10.3 – SCN2: Riduzione dei costi operativi (OPEX) e delle emissioni di CO₂ a partire dalla baseline

Come è possibile notare sono maggiori i risparmi in costi operativi e in emissioni nello scenario a 25 anni (SCN2), infatti sono più numerosi e più incisivi gli interventi effettuati sull'edificio. In entrambi gli scenari si raggiungono comunque buoni risultati sia in termini di emissioni di anidride carbonica sia in termini di spesa per l'energia.

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

L'intervento che non è stato incluso negli scenari è quello relativo alla sostituzione degli infissi, in quanto estremamente oneroso e con tempi di ritorno dell'investimento inaccettabili. Tuttavia, essendo gli infissi presenti in cattive condizioni di conservazione, è necessario pensare alla sostituzione di tali componenti nel prossimo futuro.

Dagli approfondimenti eseguiti non esistono particolari interferenze tra gli interventi proposti sull'impianto termico e nemmeno con l'intervento di sostituzione dei corpi illuminanti.

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

Al fine di misurare in modo efficace i risparmi energetici a valle delle azioni di efficientamento intraprese, si dovrebbe dotare l'edificio di un semplice sistema di monitoraggio dell'energia elettrica e termica. Per quanto riguarda il fabbisogno elettrico, si potrebbe prevedere l'installazione di una apparecchiatura di misura a trasformatori amperometrici sui quadri elettrici generali delle due scuole; in questo modo si riuscirebbero a tenere sotto controllo i consumi globali della struttura e confrontarli con ciò che arriva dalla misura del distributore in fattura. Tuttavia l'installazione di diversi punti di misura per le diverse utenze (illuminazione, FEM, etc), consentirebbe di valutare più accuratamente altri possibili margini di risparmio dell'energia, principalmente per quanto riguarda il comportamento delle persone che usufruiscono della struttura.

10.3 RACCOMANDAZIONI

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

Ambito	Raccomandazioni	Considerazioni
Acquisti	Acquistare attrezzature ad alta efficienza energetica.	<p>In caso di nuovo acquisto di apparecchiature elettriche di vario tipo e soggette ad etichettatura energetica, verificare che siano in classe A o superiore.</p> <p>Nel caso di acquisto di notebook, fotocopiatrici e stampanti verificare la predisposizione alla modalità di funzionamento in stand-by.</p>
Apparecchiature elettriche	Spegnere le fotocopiatrici, le stampanti, i monitor, i pc e le altre attrezzature elettriche se non utilizzate per lungo tempo e nei periodi di chiusura della struttura.	<p>Per non avere sprechi nelle ore di chiusura dell'edificio è possibile spegnere manualmente le apparecchiature elettriche prima dell'uscita del personale o programmare adeguatamente il temporizzatore già inserito a bordo macchina dei modelli più recenti.</p> <p>Predisporre prese comandate per togliere l'alimentazione dai pc, dalle stampanti multifunzione e dalle apparecchiature informatiche in generale, in quanto il consumo in stand-by dei dispositivi elettrici / informatici può essere notevole quando questi sono molto numerosi all'interno dell'edificio (si stima che un pc spento consumi circa 7-8 Wh).</p> <p>Terminato l'uso, spegnere le macchinette portatili del caffè, in quanto il consumo di energia elettrica derivante da queste è significativo. Si stima che una macchinetta da caffè espresso consumi fino a 50 kWh all'anno dovuti al suo consumo in modalità stand-by.</p>

Ambito	Raccomandazioni	Considerazioni
Climatizzazione	Mantenere la temperatura di set-point di legge pari a 20°C.	Evitare di modificare i valori di temperatura imposti dalla legge pari a 20°C agendo con una modifica su valvola termostatica (una volta installata) o termostato, si stima un consumo medio maggiore del 7-8 % per ogni grado che si discosta dalla temperatura di set-point invernale.
	Corretta regolazione delle centraline climatiche	Si consiglia di verificare con il manutentore i settaggi delle centraline climatiche. Le centraline climatiche dovrebbero essere una per ogni zona termica, in modo tale da poter personalizzare gli orari di funzionamento e le temperatura di mandata a seconda del tipo di utenza servita.
	Non utilizzare altri generatori di calore esterni al circuito del riscaldamento principale.	Non usare stufette elettriche che, oltre che creare ulteriori consumi, spesso comportano rischi per la sicurezza e discomfort nell'ambiente di lavoro (sovratemperatura indesiderata, secchezza dell'aria, pericoli di folgorazione e di incendio). Si stima che il risparmio annuale dovuto alla mancata accensione di una stufa elettrica sia pari a 300 kWh.
	Regolazione dell'impianto termico in funzione dei locali effettivamente utilizzati.	In caso di mancato utilizzo di un locale, per un solo giorno o per un periodo di tempo più prolungato, prevedere, se possibile, l'eventuale spegnimento del terminale di emissione. Il beneficio dovuto a questo accorgimento può fare risparmiare dall'1% al 3% di energia primaria all'anno.
	Limitare la ventilazione naturale dei locali a brevi periodi e negli orari corretti.	L'apertura delle finestre deve essere limitata ad una durata di pochi minuti, specie con temperature esterne estreme, in quanto le perdite di energia termica per ventilazione ricoprono una quota importante delle dispersioni termiche degli edifici. Tuttavia se ben utilizzata la ventilazione naturale garantisce un'adeguata qualità dell'aria degli ambienti. Le perdite di energia termica per ventilazione ricoprono una quota importante delle dispersioni termiche degli edifici e per limitare questi effetti è importante che il ricambio d'aria venga realizzato quanto possibile negli orari corretti, ovvero la mattina presto in estate e nelle ore di piena insolazione in inverno. Il personale deve inoltre assicurarsi della chiusura di tutte le aperture vetrate prima dell'uscita dall'edificio.

Ambito	Raccomandazioni	Considerazioni
	<p>Tenere i terminali di emissione del calore liberi da eventuali ostruzioni.</p> <p>Spegnimento dell'impianto di produzione del calore.</p>	<p>I terminali di emissione di calore devono essere liberi e non coperti da tendaggi o altro materiale che ostruisce la diffusione del calore nell'ambiente e riduce l'efficienza dell'impianto. Avere dei terminali più efficienti può permettere di regolare la temperatura di mandata del fluido termovettore ad un valore più basso, e di conseguenza può ridurre i consumi di metano o gasolio.</p> <p>Dopo diverse ore di funzionamento l'edificio mantiene una propria inerzia termica, è pertanto consigliabile spegnere l'impianto termico 30-60 minuti prima dell'uscita, ottenendo anche un adattamento alle condizioni esterne. Si può prevedere un ulteriore risparmio fino al 4%.</p>
Formazione del personale	Eseguire una campagna informativa in tema di risparmio energetico.	<p>Fornire informazioni su tutte le possibili azioni di risparmio energetico realizzate e di potenziale realizzazione all'interno dell'edificio.</p> <p>Realizzare incontri per la diffusione della cultura del risparmio energetico.</p> <p>Distribuzione di materiale informativo sull'efficienza energetica negli edifici.</p>
Illuminazione	<p>Prediligere l'utilizzo della luce naturale durante il giorno.</p> <p>Evitare gli sprechi.</p>	<p>Non tenere la tapparella abbassata con l'illuminazione accesa.</p> <p>Uscendo dalla stanza o da un altro ambiente spegnere le luci, specialmente negli ambienti poco frequentati (archivi, sale riunioni e bagni).</p> <p>Il personale deve inoltre assicurarsi dello spegnimento di tutte le luci prima dell'uscita dall'edificio.</p>

10.4 CONCLUSIONI E COMMENTI

La Scuola superiore Duchessa di Galliera presenta uno stato di fatto, al momento del sopralluogo avvenuto a dicembre 2017, in condizioni sufficienti. Dall'intervista eseguita agli occupanti della struttura non sono emerse particolari criticità relative all'impianto termico od elettrico, ma sono state rilevate criticità in relazione soprattutto agli infissi di tipologia con telaio in alluminio e vetro singolo non dotato di taglio termico ad alta trasmittanza e al sistema di regolazione della temperatura ambiente inesistente, eccetto per alcune valvola termostatica presente su alcuni radiatori.

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

Nei due scenari individuati si presentano due situazioni diverse, nello SCN 1 si ha un intervento di regolazione dell'impianto di riscaldamento invernale, che prevede l'installazione di valvole

termostatiche e di pompe ad inverter. Si ha inoltre una sostituzione dei copri illuminanti e l'installazione di pannelli fotovoltaici sulla copertura.

Nello SCN2, oltre all'intervento contenuto nello SCN1, sono stati eseguiti interventi di cappottatura esterna che abbattano ulteriormente il fabbisogno di gas metano per il riscaldamento invernale.

ALLEGATO A – ELENCO DOCUMENTAZIONE FORNITA DALLA COMMITTENZA

	Titolo	Data	Nome file
1	Elenco documentazione fornita	03/08/2018	DE_Lotto.1-E1627_revA-AllegatoA-Elenco documentazione fornita.docx

ALLEGATO B – ELABORATI

	Titolo	Descrizione	Data	Nome file
1	Pianta posizione impianti		11/07/2018	DE_Lotto.1-E1627_revA-AllegatoB-CT.dwg
2	Pianta zone riscaldate piano terra		11/07/2018	DE_Lotto.1-E1627_revA-AllegatoB-P0-ZONA RISC.dwg
3	Pianta zone riscaldate piano primo		11/07/2018	DE_Lotto.1-E1627_revA-AllegatoB-P01-ZONA RISC.dwg
4	Pianta zone riscaldate piano secondo		11/07/2018	DE_Lotto.1-E1627_revA-AllegatoB-P02-ZONA RISC.dwg
5	Pianta zone riscaldate piano terzo		11/07/2018	DE_Lotto.1-E1627_revA-AllegatoB-P03-ZONA RISC.dwg
6	Pianta zone riscaldate piano quarto		11/07/2018	DE_Lotto.1-E1627_revA-AllegatoB-P04-ZONA RISC.dwg
7	Pianta zone raffrescate piano quarto		11/07/2018	DE_Lotto.1-E1627_revA-AllegatoB-P04-ZONA RAFF.dwg
8	Pianta zone riscaldate piano quinto		11/07/2018	DE_Lotto.1-E1627_revA-AllegatoB-P05-ZONA RISC.dwg
9	Pianta zone riscaldate piano sesto		11/07/2018	DE_Lotto.1-E1627_revA-AllegatoB-P06-ZONA RISC.dwg
10	Fogli di calcolo grafici e tabelle		03/08/2018	DE_Lotto.1-E1627_revA-AllegatoB-GraficiTemplate.xlsx
11	Riepilogo fatture energia elettrica		03/08/2018	DE_Lotto.1-E1627_revA-AllegatoB-RiepilogoFatture.xlsx
12	Schema a blocchi impianto elettrico		03/08/2018	DE_Lotto1-E1627_revA-AllegatoB_Schema a blocchi elettrico.xlsx
13	Planimetria catastale		03/08/2018	DE_Lotto.1-E1627_revA-AllegatoB-Planimetria catastale.pdf

ALLEGATO C – REPORT DI INDAGINE TERMOGRAFICA

	Titolo	Data	Nome file
1	Report termografico	03/08/2018	DE_Lotto.1-E1627_revA-AllegatoC-R.Termografico.docx

ALLEGATO D – REPORT RELATIVI AD ALTRE PROVE DIAGNOSTICHE STRUMENTALI

Titolo	Data	Nome file
Report diagnosi strumentali		DE_Lotto.1-E1627_revB-AllegatoD-Report strumentali

ALLEGATO E – RELAZIONE DI DETTAGLIO DEI CALCOLI

	Titolo	Data	Nome file
1	Relazione di calcolo energetico	03/08/2018	DE_Lotto.1-E1627_revA-AllegatoE-Relazione di calcolo.rtf

ALLEGATO F – CERTIFICATO CTI SOFTWARE

	Titolo	Data	Nome file
1	Certificato CTI software	03/08/2018	DE_Lotto.1-E1627_revA-AllegatoF-CertCTI.pdf

ALLEGATO G – ATTESTATO DI PRESTAZIONE ENERGETICA

	Titolo	Data	Nome file
1	APE stato di fatto	03/08/2018	DE_Lotto.1-E1627_revA-AllegatoG-APE-SdF.rtf

ALLEGATO H – BOZZA DI APE SCENARI

Titolo		Data	Nome file
1	Bozza APE scenario 1	03/08/2018	DE_Lotto.1-E1627_revA-AllegatoH-APE-SCN1.rtf
2	Bozza APE scenario 2	03/08/2018	DE_Lotto.1-E1627_revA-AllegatoH-APE-SCN2.rtf

ALLEGATO I – DATI CLIMATICI

	Titolo	Data	Nome file
1	Dati climatici di riferimento	03/08/2018	GG_Lotto.1-E1627_revA.xlsx

ALLEGATO J – SCHEDE DI AUDIT

	Titolo	Data	Nome file
1	Check-list schede AICARR	03/08/2018	DE_Lotto.1-E1627_revA-AllegatoJ-SchedeAudit.xlsx

ALLEGATO K – SCHEDE ORE

	Titolo	Data	Nome file
1	A1.2- Chiusure verticali trasparenti – sostituzione dei serramenti	03/08/2018	DE_Lotto.1-E1627_revA-AllegatoK-A1.2.pdf
2	A2.1 - Chiusure verticali opache - coibentazione dall'esterno a cappotto	03/08/2018	DE_Lotto.1-E1627_revA-AllegatoK-A2.1.pdf
3	H16 - Installazione valvole termostatiche	03/08/2018	DE_Lotto.1-E1627_revA-AllegatoK-H16.pdf
4	L1 - Installazione di sorgenti luminose ad alta efficienza	03/08/2018	DE_Lotto.1-E1627_revA-AllegatoK-L1.pdf
5	R1 - Installazione impianto fotovoltaico	03/08/2018	DE_Lotto.1-E1627_revA-AllegatoK-R1.pdf

ALLEGATO L – PIANO ECONOMICO FINANZIARIO SCENARI

	Titolo	Data	Nome file
1	Analisi Piano Economico-Finanziario	03/08/2018	DE_Lotto.1-E1627_revA-AllegatoL-AnalisiPEF.xlsx

ALLEGATO M – REPORT DI BENCHMARK

	Titolo	Data	Nome file
1	Report di benchmark	03/08/2018	DE_Lotto.1-E1627_revA-Allegato M_Benchmark.docx

ALLEGATO N – CD-ROM

