

VILLA PIAGGIO

E1641/2

CORSO FIRENZE, 24 - GENOVA

RAPPORTO DI DIAGNOSI ENERGETICA

FONDO KYOTO - SCUOLA 3



Agosto 2018

COMUNE DI GENOVA
STRUTTURA DI STAFF - ENERGY MANAGER



COMUNE DI GENOVA

N:ER
INGEGNERIA

VILLA PIAGGIO
E1641/2
CORSO FIRENZE, 24 - GENOVA

RAPPORTO DI DIAGNOSI ENERGETICA

FONDO KYOTO - SCUOLA 3
Agosto 2018

COMUNE DI GENOVA
STRUTTURA DI STAFF - ENERGY MANAGER

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

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

REGISTRO REVISIONI E PUBBLICAZIONI

Revisione	Data	Realizzazione	Revisione	Approvazione	Descrizione
A	01/07/2018	Ing. G. De Pin	Ing. S. Nicolini Ing. A. Aprea	Ing. F. Coccia	Prima emissione del documento di diagnosi energetica
B	03/08/2018	Ing. G. De Pin	Ing. S. Nicolini Ing. A. Aprea	Ing. F. Coccia	Seconda emissione del documento di diagnosi energetica

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

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

INDICE

PAGINA

REGISTRO REVISIONI E PUBBLICAZIONI	3
INDICE.....	I
PAGINA.....	I
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.....	9
2.4 MODALITÀ DI GESTIONE E MANUTENZIONE DI EDIFICI ED IMPIANTO.....	10
3 DATI CLIMATICI	12
3.1 DATI CLIMATICI DI RIFERIMENTO.....	12
3.2 DATI CLIMATICI REALI.....	13
3.3 ANALISI DELL'ANDAMENTO DEI DATI CLIMATICI E PROFILI ANNUALI DEI GRADI GIORNO	13
4 AUDIT EDIFICIO E IMPIANTI ELETTRICI E MECCANICI	15
4.1 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE DELL'INVOLUCRO EDILIZIO.....	15
4.1.1 <i>Involucro opaco</i>	15
4.1.2 <i>Involucro trasparente</i>	17
4.2 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO DI RISCALDAMENTO/ CLIMATIZZAZIONE INVERNALE.....	18
4.2.1 <i>Sottosistema di emissione</i>	19
4.2.2 <i>Sottosistema di regolazione</i>	20
4.2.3 <i>Sottosistema di distribuzione</i>	21
4.2.4 <i>Sottosistema di generazione</i>	23
4.3 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO PRODUZIONE ACQUA CALDA SANITARIA	25
4.4 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO DI RAFFRESCAMENTO/CLIMATIZZAZIONE ESTIVA	26
4.5 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO DI VENTILAZIONE MECCANICA	26
4.6 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO ELETTRICO E PRINCIPALI UTENZE ELETTRICHE.....	26
4.7 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO ILLUMINAZIONE	27
4.8 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE DI IMPIANTI DI PRODUZIONE ENERGIA ELETTRICA O COGENERAZIONE	28
5 CONSUMI RILEVATI	29
5.1 CONSUMI ENERGETICI STORICI PER CIASCUN VETTORE E CONNESSIONE ALLE RETI GAS NATURALE ED ELETTRICA.....	29
5.1.1 <i>Energia termica</i>	29
5.1.2 <i>Energia elettrica</i>	32
5.2 INDICATORI DI PERFORMANCE ENERGETICI ED AMBIENTALI	38
6 MODELLO DEL FABBISOGNO ENERGETICO.....	42
6.1 METODOLOGIA DI CALCOLO ADOTTATA E VALIDAZIONE DEI MODELLI DI CALCOLO	42
6.1.1 <i>Validazione del modello termico</i>	43
6.1.2 <i>Validazione del modello elettrico</i>	44
6.2 FABBISOGNI ENERGETICI.....	45
6.3 PROFILI ENERGETICI MENSILI.....	46
7 ANALISI DEI COSTI PRE-INTREVENTO	48



7.1	COSTI RELATIVI ALLA FORNITURA DEI VETTORI ENERGETICI	48
7.1.1	<i>Vettore termico</i>	48
7.1.2	<i>Vettore elettrico</i>	50
7.2	TARIFFE E PREZZI VETTORI ENERGETICI UTILIZZATI NELL'ANALISI.....	57
7.3	COSTI DI GESTIONE E MANUTENZIONE DI EDIFICIO ED IMPIANTI.....	57
7.4	BASELINE DEI COSTI.....	58
8	IDENTIFICAZIONE DELLE MISURE DI EFFICIENZA ENERGETICA	60
8.1	DESCRIZIONE, FATTIBILITÀ E PRESTAZIONI DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI	60
8.1.1	<i>Involucro edilizio</i>	60
	EEM1: COIBENTAZIONE VERSO L'ESTERNO DELLE COPERTURE	60
8.1.2	<i>Impianto riscaldamento</i>	62
	EEM2: INSTALLAZIONE VALVOLE TERMOSTATICHE ED ELETTROPOMPA DI CIRCOLAZIONE A GIRI VARIABILI	62
	EEM4: SOSTITUZIONE DEL GENERATORE DI CALORE.....	64
8.1.3	<i>Impianto produzione acqua calda sanitaria</i>	65
8.1.4	<i>Impianto di ventilazione e climatizzazione estiva</i>	65
8.1.5	<i>Impianto di illuminazione ed impianto elettrico</i>	66
	EEM3: SOSTITUZIONE CORPI ILLUMINANTI INTERNI	66
8.1.6	<i>Impianto di generazione da fonti rinnovabili</i>	68
9	VALUTAZIONE ECONOMICO-FINANZIARIA.....	69
9.1	ANALISI DEI COSTI DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI CONSIDERATI FATTIBILI.....	69
	EEM1: COIBENTAZIONE VERSO L'ESTERNO DELLE COPERTURE	69
	EEM2: INSTALLAZIONE VALVOLE TERMOSTATICHE ED ELETTROPOMPA DI CIRCOLAZIONE A GIRI VARIABILI	70
	EEM3: SOSTITUZIONE CORPI ILLUMINANTI INTERNI	71
	EEM4: SOSTITUZIONE DEL GENERATORE DI CALORE.....	72
9.2	ANALISI DI CONVENIENZA DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI CONSIDERATI FATTIBILI.....	74
	EEM1: COIBENTAZIONE VERSO L'ESTERNO DELLE COPERTURE	75
	EEM2: INSTALLAZIONE VALVOLE TERMOSTATICHE ED ELETTROPOMPA DI CIRCOLAZIONE A GIRI VARIABILI	76
	EEM3: SOSTITUZIONE CORPI ILLUMINANTI INTERNI	77
	EEM4: SOSTITUZIONE DEL GENERATORE DI CALORE.....	78
	SINTESI	79
9.3	IDENTIFICAZIONE DELLE SOLUZIONI INTEGRATE D'INTERVENTO E SCENARI D'INVESTIMENTO.....	80
9.3.1	<i>Scenario 1: EEM2</i>	82
9.3.2	<i>Scenario 2: EEM2+EEM3+EEM4</i>	88
10	CONCLUSIONI	95
10.1	RIASSUNTO DEGLI INDICI DI PERFORMANCE ENERGETICA	95
10.2	RIASSUNTO DEGLI SCENARI DI INVESTIMENTO E DEI PRINCIPALI RISULTATI	96
10.3	RACCOMANDAZIONI	98
10.4	CONCLUSIONI E COMMENTI.....	100
	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		XV e XIX sec.
Anno di ristrutturazione		nd
Zona climatica		D
Destinazione d'uso		E.2 – Edifici adibiti ad uffici e assimilabili
Superficie utile riscaldata	[m ²]	1.459
Superficie disperdente (S)	[m ²]	3.825
Volume lordo riscaldato (V)	[m ³]	9.623
Rapporto S/V	[1/m]	0,40
Superficie lorda aree interne (scaldate e non scaldate)	[m ²]	2.377
Superficie lorda aree esterne	[m ²]	1.214
Superficie lorda complessiva (aree interne ed esterne)	[m ²]	3.591
Tipologia generatore riscaldamento		Caldaia tradizionale a basamento, caldaia murale a condensazione
Potenza totale impianto riscaldamento	[kW]	625
Potenza totale impianto raffrescamento	[kW]	5
Tipo di combustibile		Gas naturale
Tipologia generatore Acqua Calda sanitaria (ACS)		Boiler elettrici, caldaia murale a condensazione
Emissioni CO ₂ di riferimento ⁽¹⁾	[t/anno]	51
Consumo di riferimento Gas Metano ⁽¹⁾	[kWh _{rti} /anno]	114.312
Spesa annuale Gas Metano ⁽¹⁾	[€/anno]	9.220
Consumo di riferimento energia elettrica ⁽¹⁾	[kWh _{ei} /anno]	59.096
Spesa annuale energia elettrica ⁽¹⁾	[€/anno]	12.685

Nota (1): Valori di Baseline

Descrizione delle Misure di efficienza energetiche proposte:

- EEM1: Coibentazione verso l'esterno delle coperture
- EEM2: Installazione valvole termostatiche ed elettropompa di circolazione a giri variabili
- EEM3: Sostituzione corpi illuminanti interni
- EEM4: Sostituzione del generatore di calore
- SCN1: EEM2+EEM4
- SCN2: EEM2+EEM3+EEM4

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

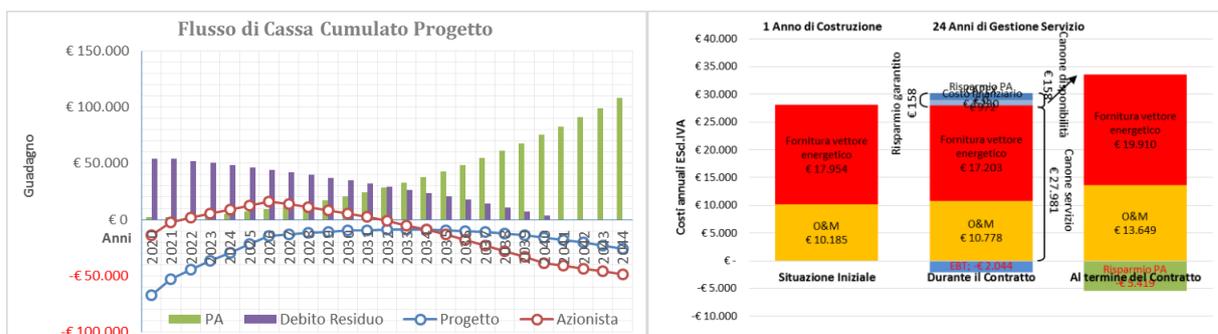
	CON INCENTIVI													
	%Δ _E	%Δ _{CO₂}	ΔC _E	ΔC _{MO}	ΔC _{MS}	I ₀	TRS	TRA	n	VAN	TIR	IP	DSCR	LLCR
	[%]	[%]	[€/anno]	[€/anno]	[€/anno]	[€]	[anni]	[anni]	[anni]	[€]	[%]	[-]		
EEM 1	14,7%	10,5%	2.135	0	0	110.615	24,7	37,0	30	-21.497	1,1%	-0,19	nd	nd
EEM 2	15,0%	10,7%	2.185	-98	-78	11.344	3,5	3,8	15	13.547	24,7%	1,19	nd	nd
EEM 3	3,0%	4,9%	1.133	0	52	23.952	10,7	15,6	15	-1.019	3,1%	-0,04	nd	nd
EEM 4	18,5%	13,1%	2.659	0	26	38.586	7,8	10,7	15	5.683	6,9%	0,15	nd	nd
SCN1	15,1%	10,7%	2.185	0	26	41.707	5,05	-5,49	15	-15.238	#NUM!	-0,37	0,76	0,09
SCN2	22,4%	18,4%	3.893	0	79	65.658	16,25	4,04	25	-24.054	#NUM!	-0,37	0,71	-0,16

Figura 0.1 – Scenario 1: analisi finanziaria



Nota. Con riferimento alla barra centrale (Durante il contratto) si riportano i valori non leggibili: Risparmio PA: 0 €; CAPEX: 1340 €; Costo finanziario: 609 €. Con riferimento alla barra di destra (Al termine del contratto) si riportano i valori non leggibili: Risparmio PA: -2.773 €

Figura 0.2 – Scenario 2: analisi finanziaria



Nota. Con riferimento alla barra centrale (Durante il contratto) si riportano i valori non leggibili: Risparmio PA: 0 €; CAPEX: 1230 €; Costo finanziario: 972 €. Con riferimento alla barra di destra (Al termine del contratto) si riportano i valori non leggibili: Risparmio PA: -5.419 €

L'edificio oggetto di diagnosi presenta uno stato di fatto, al momento del sopralluogo avvenuto a dicembre 2017, in condizioni sufficienti. Dall'intervista eseguita agli occupanti della struttura le principali criticità emerse riguardano le basse temperature avvertite in alcuni locali nei mesi invernali e la formazione di muffe sulle pareti rivolte a nord presumibilmente dovute a risalita di umidità dal terreno.

E' stato possibile individuare un numero ridotto di misure di efficienza energetica, sia legate all'involucro che alla parte impiantistica. Per quanto riguarda le misure sull'involucro, la presenza di vincoli architettonici e paesaggistici ha ridotto notevolmente le possibilità di individuare soluzioni efficaci e sostenibili. In particolare, sebbene i componenti finestrati abbiano prestazioni energetiche scadenti, la sostituzione di tali elementi avrebbe portato a una soluzione con giudizio negativo dal punto di vista economico: per questo tipo di interventi, oltre a valutazioni energetiche ed economiche, si deve tenere in considerazione la necessità o meno di restaurare la struttura dal punto di vista artistico. Relativamente agli impianti invece i vincoli presenti non incidono nella definizione delle misure proposte, anche considerando la non ben definita omogeneità di soluzioni già attuate in passato: ad esempio sono stati installati radiatori in alluminio accanto a radiatori in ghisa di epoca antecedente.

Nonostante gli scenari individuati forniscano dei buoni risultati in termini energetico-ambientali, la loro sostenibilità dal punto di vista finanziario risulta pessima. In entrambi i casi i progetti non sono vantaggiosi considerando l'analisi effettuata, infatti si presume che i risparmi derivanti dall'efficientamento della struttura non consentano di sopportare le spese finanziarie definite dallo schema di finanziamento identificato per l'analisi.

1 INTRODUZIONE

1.1 PREMESSA

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

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

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

1.2 SCOPO DELLA DIAGNOSI ENERGETICA

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

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

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

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

1.3 RIFERIMENTO E CONTATTI AUDITOR E PERSONALE COINVOLTO

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

Figura 1.1 - Vista della facciata esposta a Nord



In **Errore**. L'autoriferimento non è valido per un segnalibro. sono riportati i nominativi di tutti i soggetti coinvolti nelle varie fasi di svolgimento della DE.

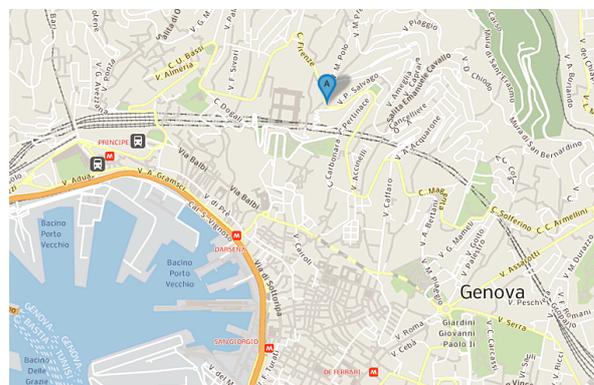
Tabella 1.1 – Soggetti coinvolti nella realizzazione del processo di Audit

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

1.4 IDENTIFICAZIONE DELL'EDIFICIO

L'immobile oggetto della DE, catastalmente individuato al NCEU Sez. GEA F. 90 Mapp. 51 Sub. 1, 2, graffati ad altre particelle, è sito nel Comune di Genova e più precisamente nell'area di Castelletto, in Corso Firenze, 24. Attualmente gli immobili rientrano nella categoria catastale A/8 – Abitazioni in ville, non corrispondente all'attuale destinazione d'uso.

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



L'edificio che nella presente relazione viene identificato come Villa Piaggio, ospita principalmente uffici di istituzioni pubbliche e private, in particolare si trovano:

- Ambito Territoriale Sociale Municipio I Centro Est – ATS 42
- Polizia Municipale Sez. 34 – Castelletto
- Istituto Internazionale delle Comunicazioni
- Associazione Anziani Oggi – Argento Vivo
- Associazione Sostegno Genovese
- Associazione culturale ContemporArt

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		XV e XIX sec.
Anno di ristrutturazione		nd
Zona climatica		D
Destinazione d'uso		E.2 – Edifici adibiti ad uffici e assimilabili
Superficie utile riscaldata	[m ²]	1459

Superficie disperdente (S)	[m ²]	3825
Volume lordo riscaldato (V)	[m ³]	9623
Rapporto S/V	[1/m]	0,40
Superficie netta aree interne (scaldate e non scaldate)	[m ²]	1869
Superficie lorda aree interne (scaldate e non scaldate)	[m ²]	2377
Superficie lorda aree esterne	[m ²]	1214
Superficie lorda complessiva (aree interne ed esterne)	[m ²]	3591
Tipologia generatore riscaldamento	Caldaia tradizionale a basamento, caldaia murale a condensazione	
Potenza totale impianto riscaldamento	[kW]	625
Potenza totale impianto raffrescamento	[kW]	5
Tipo di combustibile	Gas naturale	
Tipologia generatore Acqua Calda sanitaria (ACS)	Boiler elettrici, caldaia murale a condensazione	
Emissioni CO2 di riferimento ⁽¹⁾	[t/anno]	114.312
Consumo di riferimento Gas Metano ⁽¹⁾	[kWh _{rt} /anno]	9.220
Spesa annuale Gas Metano ⁽¹⁾	[€/anno]	59.096
Consumo di riferimento energia elettrica ⁽¹⁾	[kWh _{el} /anno]	12.685
Spesa annuale energia elettrica ⁽¹⁾	[€/anno]	114.312

Nota (1): Valori di Baseline

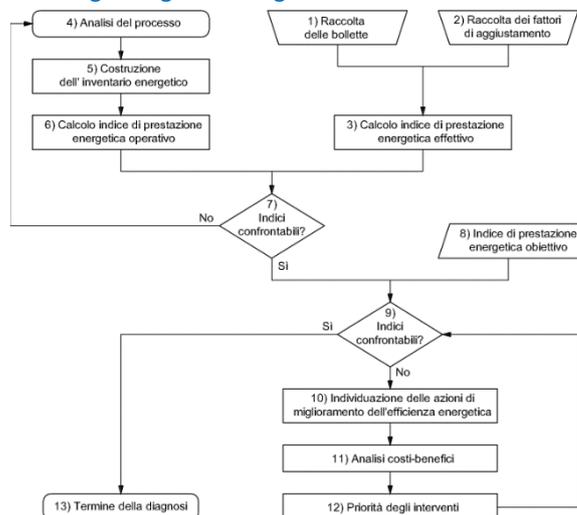
1.5 METODOLOGIA DI LAVORO

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

- Acquisizione della documentazione utile, fornita dalla PA, come riportato all'Allegato A – Elenco documentazione fornita dalla committenza; **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 04/12/2018 con verifica degli elaborati forniti e rilievo dei dati relativi alle caratteristiche degli elementi disperdenti ed impiantistici costituenti il sistema edificio-impianto;
- Visita alla centrale termica e/o frigorifera, con il supporto del personale incaricato della conduzione e manutenzione degli impianti e rilevamento dei dati utili;
- Preparazione e compilazione delle schede di Audit previste per la diagnosi di livello II di cui all'appendice A delle LGEE - Linee Guida per l'Efficienza Energetica negli Edifici - sett. 2013 - elaborato da AiCARR per Agesi, Assistal, Assopetroli e Assoenergia, e riportate all'Allegato J – Schede di audit;
- Elaborazione del comportamento termico ed elettrico dell'edificio, realizzata utilizzando il software commerciale Edilclima EC700 – versione 8 in possesso di certificato di conformità rilasciato dal Comitato Termotecnico Italiano (CTI) n°73/2017 ai sensi del D.lgs. 192/05 e s.m.i. e riportato all'Allegato F – Certificato CTI Software;
- Analisi dei profili annuali di consumi e costi dei servizi energetici reali dell'edificio, comprensivi della fornitura dei vettori energetici sia elettrici che di gas e degli oneri di O&M, relativamente alle annualità 2014-2015-2016;
- Analisi dei dati climatici reali del sito ove è ubicato l'edificio con conseguente calcolo dei Gradi Giorno reali (GG_{real}), utilizzando le temperature esterne rilevate dalla stazione meteo del Centro Funzionale e riportati all'Allegato I – Dati climatici;
- Individuazione della "baseline termica" di riferimento (e relative emissioni di CO₂) tramite opportuna ripartizione del consumo di combustibile tra le varie utenze a servizio dell'edificio e

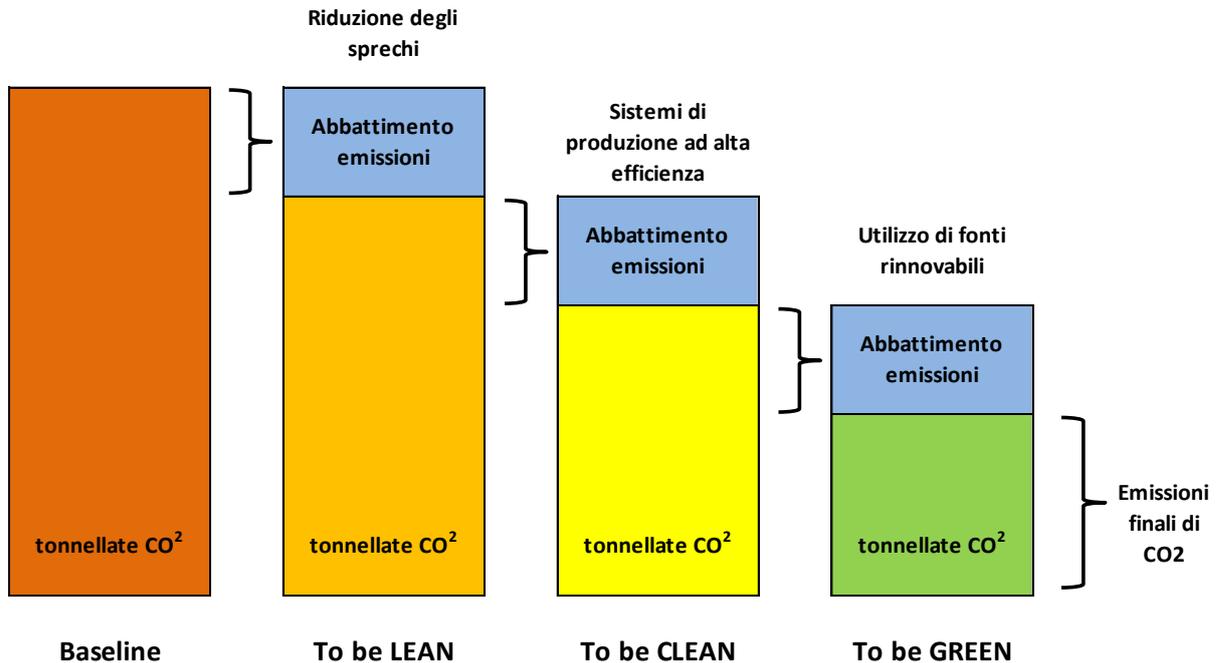
- destagionalizzazione dello stesso, utilizzando i relativi GG reali (GG_{real}), e conseguente normalizzazione secondo i GG di riferimento (GG_{rif});
- j) Individuazione della “baseline elettrica” di riferimento (e relative emissioni di CO_2) calcolata sulla media aritmetica dei valori relativi ai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

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



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

Figura 1.4 - Principio della Gerarchia Energetica



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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

1.6 STRUTTURA DEL REPORT

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

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

2 DATI DELL'EDIFICIO

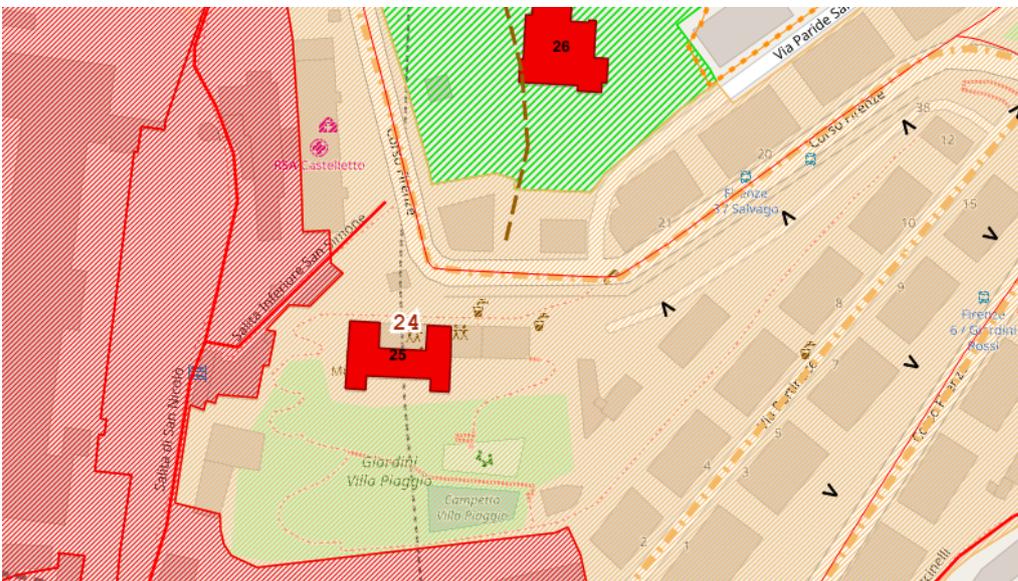
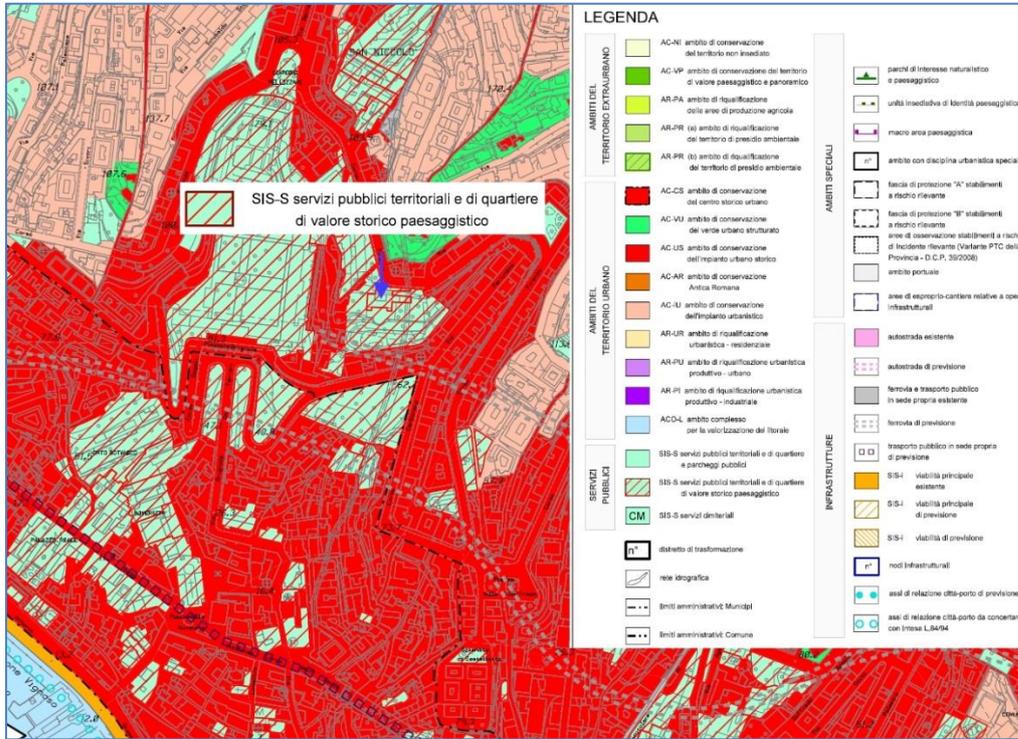
2.1 INFORMAZIONI SUL SITO

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

Al *Livello Paesaggistico Puntuale* del PUC, l'edificio si trova all'interno della *Struttura Urbana Qualificata*, nell'*Ambito del Paesaggio urbano strutturato della città moderna*, caratterizzato dai

moderni processi di trasformazione urbanistica, testimone delle politiche evolutive, economiche e sociali di sviluppo della città, e risulta meritevole di tutela a testimonianza dell'evoluzione della società e della sua cultura. Infine, anche l'edificio stesso è classificato come *Elemento Storico Artistico ed Emergenza Esteticamente Rilevante*.

Figura 2.1 - Particolare estratto dal Piano Urbanistico Comunale



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

Il complesso immobiliare Villa Piaggio, di proprietà del Comune di Genova dal 1971, è costituito dalla villa padronale sita in Corso Firenze 24 con relative pertinenze quali portineria, serra, loggia e altri locali, il tutto immerso nell'esteso parco di stile prevalentemente romantico, caratterizzato da grandi alberi secolari, fontane ed altri elementi decorativi.

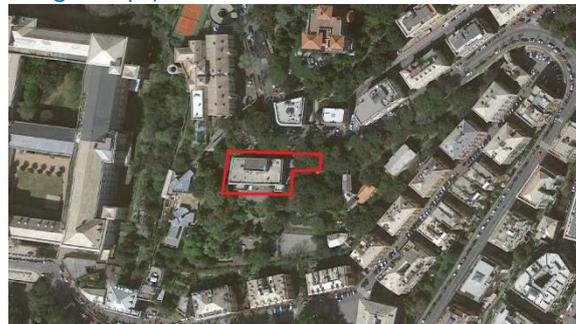
La villa, costruita nel XV secolo dai Moneglia, illustre famiglia patrizia della zona, venne ristrutturata nel 1830 su progetto di Ippolito Cremona. Intorno al 1890 venne acquistata dal senatore Erasmo Piaggio che ne fece sua dimora ed eseguì altri lavori di ristrutturazione ad opera di Severino Picasso.

Nel 1958 la villa venne venduta alle Suore dell'Assunzione, che l'adibiscono a uso scolastico senza apportare particolari trasformazioni.

L'edificio è costituito complessivamente da tre piani fuori terra, più una sopraelevazione centrale. La facciata principale è in bugnato, più accentuato al piano terra, con elementi plastici quali i timpani a conchiglia ed il cornicione di gronda. La copertura è piana frutto della ristrutturazione del XIX secolo. All'interno l'edificio si sviluppa con vani alquanto irregolari per superfici e altezze.

Attualmente nell'edificio si trovano l'Istituto Internazionale delle Comunicazioni ed altre istituzioni pubbliche e private per fini sociali e culturali, fra cui l'Ambito Territoriale Sociale Municipio I Centro Est – ATS 42, la Polizia Municipale Sez. 34 – Castelletto, l'Associazione Anziani Oggi – Argento Vivo, l'Associazione Sostegno Genovese e l'Associazione culturale ContemporArt, mentre il parco è ad uso pubblico.

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



Nella Tabella 2.1 sono riassunte le destinazioni d'uso delle varie aree e le relative superfici. Gli acronimi riportati in tabella si riferiscono a:

- IIC – Ist. Internazionale delle Comunicazioni
- CA – Ass. ContemporArt
- AA – Ass. Anziani Oggi
- SG – Ass. Sostegno Genovese
- ATS – Ambito Territoriale Sociale
- PM – Polizia Municipale

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

Tabella 2.1 - Suddivisione in piani dell'edificio

PIANO	UTILIZZO	U.M.	SUPERFICIE LORDA COMPLESSIVA ⁽¹⁾	SUPERFICIE UTILE RISCALDATA ⁽²⁾	SUPERFICIE UTILE RAFFRESCATA ⁽²⁾
Terra	Ingresso IIC, sale, laboratori e uffici CA, Laboratori AA, palestra, centrale termica	[m ²]	676	358	62
Primo	Uffici IIC, sale, laboratori e uffici AA, magazzino SG	[m ²]	679	479	-
Primo ammezzato	Biblioteca AA, sala SG, laboratorio ATS	[m ²]	163	72	-
Secondo	Uffici ATS, uffici PM	[m ²]	642	397	-
Secondo Ammezzato	Spogliatoi PM	[m ²]	72	54	-
Terzo	Uffici ATS	[m ²]	145	99	-
TOTALE		[m ²]	2377	1459	62

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

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

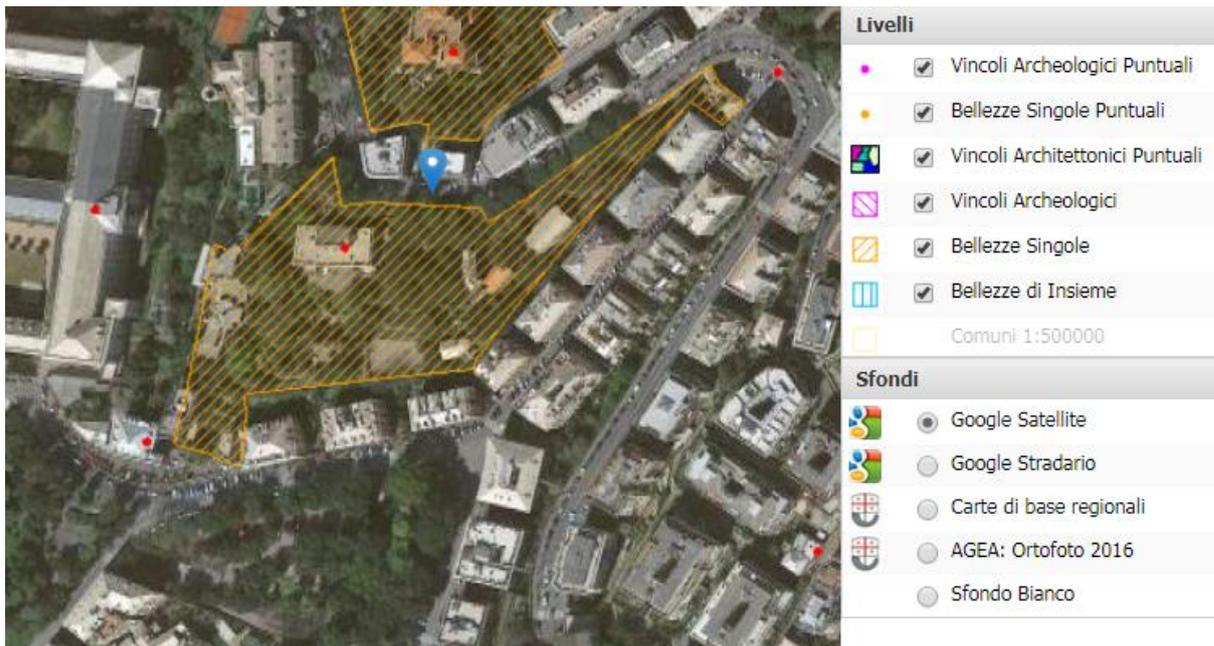
2.3 VERIFICA DEI VINCOLI INTERFERENTI SULLE PARTI DELL'IMMOBILE INTERESSATE DAGLI INTERVENTI

L'edificio si trova nell'ex circoscrizione di Castelletto, un quartiere residenziale situato sulle alture che sovrastano il centro storico di Genova, compreso tra i quartieri Prè, Maddalena, Portoria e San Vincenzo a sud, Oregina a ovest e tre quartieri della Val Bisagno (San Fruttuoso, Marassi e Staglieno) a est.

L'ex circoscrizione "Castelletto" fa parte del Municipio I Centro Est e comprende le unità urbanistiche "Castelletto", "Manin" e "San Nicola".

La massiccia urbanizzazione di quest'area risale alla seconda metà dell'Ottocento.

Figura 2.3 - Particolare estratto dalla carta dei vincoli



Dalla ricerca effettuata sul portale dei Vincoli Architettonici, Archeologici e Paesaggistici della Regione Liguria, emerge che l'edificio, con Decreto Ministeriale n. 208513 del 03/06/2011, denominato "Villa Piaggio con parco e pertinenze" presenta **Interesse Storico Artistico Particolarmente Importante** ai sensi dell'art. 10 c.1 del D.Lgs. 42/2004, *in quanto, costruita nel XV secolo, rappresenta uno dei maggiori esempi di villa della tradizione genovese, successivamente ampliata e arricchita nel corso del XIX secolo.*

L'immobile e la sua area circostante risultano soggetti a **Vincolo Paesaggistico** con Decreto Ministeriale del 27/9/1961 ai sensi della L. 1497/39, in quanto costituisce, con i suoi alberi secolari, le pregiate piante ed elementi decorativi, le statue, le fontane, una nota di verde di non comune bellezza ed integrante del complesso paesistico urbano nella zona della Circonvallazione a monte della città.

Il Decreto di vincolo architettonico aggiunge anche un vincolo archeologico, in quanto si ritiene altamente probabile che nel sottosuolo della villa e nel parco si conservino depositi e strutture di interesse archeologico. Quindi si prescrive che eventuali interventi nel sottosuolo debbano essere concordati con la Soprintendenza per i Beni Archeologici della Liguria e si richiamano gli artt. 28, 90 e 91 del *Codice*.

L'edificio non ricade in zona soggetta a vincoli geomorfologici e idraulici.

L'immobile rimane pertanto sottoposto a tutte le disposizioni di tutela contenute nel Codice dei Beni Culturali agli artt. 10 e 136 e gli interventi edilizi, che devono essere realizzati secondo le tecniche del

restauro, sono ammissibili previa autorizzazione della Soprintendenza per i Beni Architettonici e Paesaggistici della Liguria.

Nell'analisi delle EEM si è quindi resa necessaria l'identificazione delle possibili interferenze con le prescrizioni sugli interventi edilizi derivanti dal vincolo.

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

MISURA DI EFFICIENZA ENERGETICA	VINCOLO INTERESSATO	VALUTAZIONE INTERFERENZA ⁽⁴⁾	MISURA DI TUTELA DA ADOTTARE
EEM 1: Coibentazione verso l'esterno delle coperture	Art. 10 D.Lgs. 42/04		Soluzione estetica pari all'esistente e previa autorizzazione della Soprintendenza
EEM 2: Installazione valvole termostatiche ed elettropompa di circolazione a giri variabili			
EEM 3: Sostituzione corpi illuminanti			
EEM 4: Sostituzione generatore di calore			

Nota. Legenda livelli di interferenza:

	Non perseguibile
	Perseguibile tramite adozione misure di tutela indicate
	Interferenza nulla

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

2.4 MODALITÀ DI GESTIONE E MANUTENZIONE DI EDIFICI ED IMPIANTO

Durante la fase di sopralluogo è stato possibile rilevare gli orari di effettivo funzionamento dell'edificio, intesi come gli orari di apertura degli uffici e gli orari di effettiva presenza del personale all'interno dell'edificio.

Gli orari di effettivo utilizzo dell'edificio sono stati ricavati tramite intervista agli occupanti, mentre i periodi di attivazione e spegnimento degli impianti sono stati rilevati dalle apparecchiature presenti e dall'intervista ad un tecnico del servizio di manutenzione e gestione.

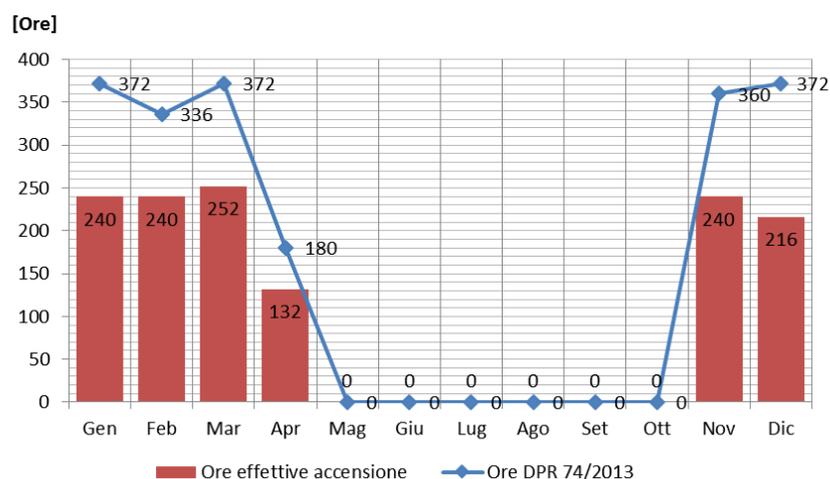
Nella Tabella 2.3 sono pertanto riportati gli orari di funzionamento dell'edificio e gli orari di funzionamento degli impianti termici. Data la varietà di enti presenti e attività svolte all'interno dell'edificio si riportano gli orari estremi di occupazione/funzionamento dei locali, senza differenziazione fra gli usi. Inoltre vista la struttura di pregio vengono saltuariamente organizzati eventi, mostre e corsi che potrebbero non rientrare negli orari di funzionamento seguenti, che invece descrivono le attività regolari degli utilizzatori.

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

PERIODO	GIORNI SETTIMANALI	ORARIO FUNZIONAMENTO EDIFICIO	ORARIO FUNZIONAMENTO IMPIANTO
Dal 1 Novembre al 15 Aprile	Lunedì	8.00 – 19.30	7.00 – 19.00
	Martedì	7.30 – 20.00	7.00 – 19.00
	Mercoledì	8.00 – 19.30	7.00 – 19.00
	Giovedì	7.30 – 18.00	7.00 – 19.00
	Venerdì	7.30 – 19.30	7.00 – 19.00
	Sabato e domenica		Chiuso
Dal 16 Aprile al 30 Ottobre	Lunedì	8.00 – 19.30	Spento

		(Raffrescamento su richiesta)
Martedì	7.30 – 20.00	Spento (Raffrescamento su richiesta)
Mercoledì	8.00 – 19.30	Spento (Raffrescamento su richiesta)
Giovedì	7.30 – 18.00	Spento (Raffrescamento su richiesta)
Venerdì	7.30 – 19.30	Spento (Raffrescamento su richiesta)
Sabato e domenica	Chiuso	Spento (Raffrescamento su richiesta)

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 strettamente correlati agli orari di occupazione dei locali; infatti gli orari di occupazione dei locali dei vari enti e associazioni sono molto diversi durante i giorni feriali, tuttavia gli impianti sono sempre funzionanti negli orari indicati in tabella. L'impianto di raffrescamento, che riguarda soltanto la palestra adiacente al fabbricato principale, non ha funzionamento regolare.

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

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

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

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

3 DATI CLIMATICI

3.1 DATI CLIMATICI DI RIFERIMENTO

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

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

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

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

Tali temperature sopra indicate sono quelle utilizzate per la creazione del modello energetico termico, a cui corrispondono 1421 GG di riferimento, valutati in condizioni standard di utilizzo dell'edificio ospitante uffici, 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 959 GG calcolati su 112 giorni effettivi di utilizzo dell'impianto di riscaldamento.

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

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

Tabella 3.2 – Profili mensili dei GG_{rif}

Mese	GIORNI MENSILI	TEMPERATURA ESTERNA UNI 10349:2016 [°C]	GIORNI RISCALDAMENTO [g/m]	GG	GIORNI DI UTILIZZO [g/m]	GIORNI RISCALDAMENTO EFFETTIVI [g/m]	GG _{rif}	PROFILO DI INCIDENZA
Gennaio	31	10,4	31	298	20	20	192	20%
Febbraio	28	10,5	28	266	20	20	190	20%
Marzo	31	11,1	31	276	21	21	187	19%
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	-	-	20	-	-	0%
Settembre	30	22,2	-	-	20	-	-	0%
Ottobre	31	18,2	-	-	21	-	-	0%
Novembre	30	13,3	30	201	20	20	134	14%
Dicembre	31	10,0	31	310	20	20	200	21%
TOTALE	365	16,7	166	1421	243	112	959	100%

3.2 DATI CLIMATICI REALI

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

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

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

Nell'edificio oggetto di diagnosi, posto ad un'altitudine di 93 m slm, sono stati utilizzati i dati climatici rilevati dalla centralina meteo del Centro Funzionale, in quanto le condizioni climatiche sono più simili rispetto alla centralina di Castellaccio posta a circa 360 m sul livello del mare.

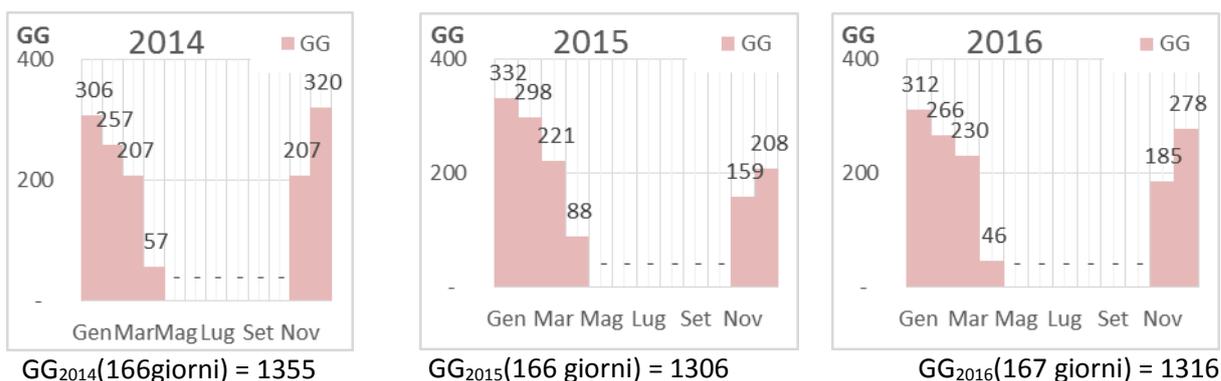
Figura 3.1 – Posizionamento della centralina meteo climatica rispetto all'edificio oggetto di DE



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

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

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

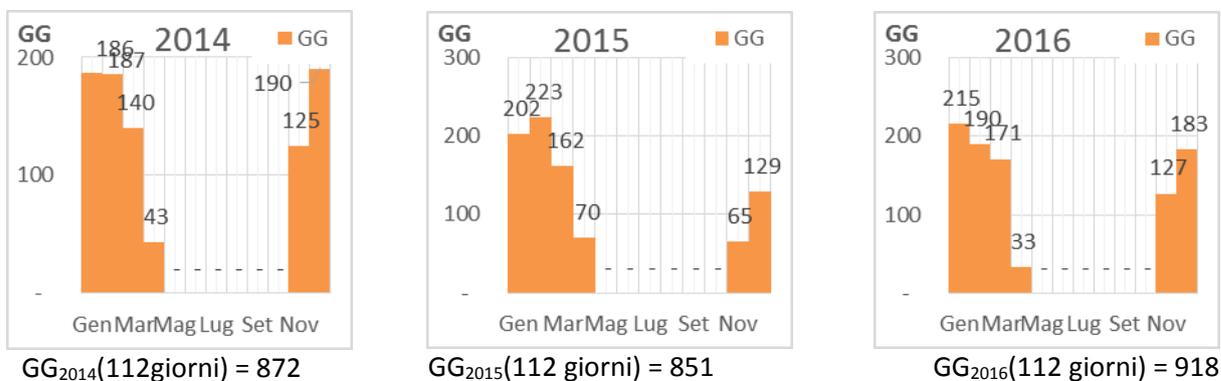


Considerando che il profilo di utilizzo degli impianti di riscaldamento prevede alcuni giorni di mancata accensione dell'impianto, come riportato nella Tabella 2.3, i GG reali sono stati ricalcolati in funzione del numero di giorni effettivi di accensione dell'impianto termico, pertanto si è ottenuto un valore di 880 GG calcolati su 112 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 reali non è costante e subisce variazioni nel periodo considerato e si attesta molto al di sotto dei GG sia di norma sia del funzionamento a 166 giorni. In particolare l'anno più caldo, valutando i gradi giorno, risulta essere il 2015.

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 due blocchi strutturali, il primo dei quali costituisce l'edificio identificato con la villa vera e propria mentre il secondo è relativo alla porzione adibita a palestra. Date le diverse ristrutturazioni subite nei secoli, delle quali la più importante relativa al sec. XIX, si presume che il piano più basso della villa, caratterizzato da spessori maggiori dei muri costituenti l'involucro e in parte appoggiati al terreno, sia costituito da muratura mista in pietra e mattoni, mentre i piani in elevazione e il blocco palestra sia costruito in muratura in mattoni pieni. La sopraelevazione dell'edificio identificata con il piano terzo presenta inoltre un'intercapedine che permette lo scorrimento delle veneziane esterne a scomparsa. Va inoltre sottolineato il fatto che l'intonacatura esterna risulta piuttosto spessa a causa della decorazione mediante bugnatura. Tuttavia le numerose decorazioni presenti realizzate con materiali e tecniche varie conferisce alla struttura un'elevata disomogeneità dei pacchetti murari.

Figura 4.1 - Particolare della porzione di involucro rivolto a Sud



Relativamente alle coperture (calpestabile quella del piano secondo), esse sono caratterizzate da solai a voltine in laterizio pieno; verso l'interno presentano volte decorative composte da cannicciato e intonaco. In figura è possibile vedere un particolare del solaio non decorato internamente, rilevato in un piano ammezzato della struttura.

Figura 4.2 - Particolare dei solai a voltine



Si fa inoltre notare che sono stati riscontrati importanti fenomeni di risalita dell'umidità nelle pareti rivolte a Nord nei piani terra e primo; inoltre in alcuni locali sono state rilevati controsoffitti in cannicciato e intonaco danneggiati.

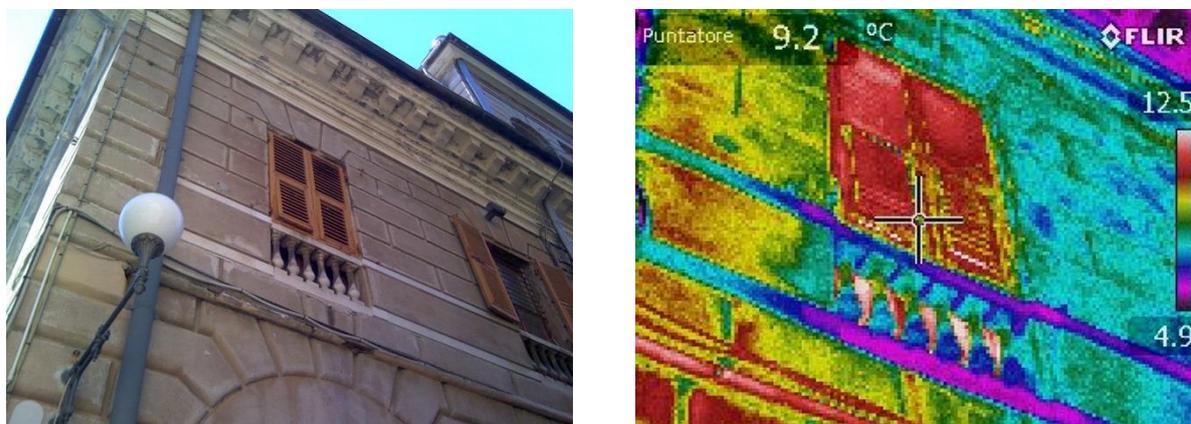
Ai fini di un'identificazione più precisa delle caratteristiche dei componenti dell'involucro opaco si è proceduto, in sede di sopralluogo, alla realizzazione di un rilievo termografico eseguito tramite l'utilizzo di termo camera FLIR E40.

La realizzazione delle suddette indagini ha portato alle seguenti conclusioni:

- Disomogeneità tra pacchetti murari di pareti diverse

- Presenza di ponti termici di varia natura dovuti a disomogeneità di materiali utilizzati e elementi decorativi.

Figura 4.3 – Rilievo termografico della parete rivolta a Nord (piano secondo)



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

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

Tabella 4.1 – Trasmittanze termiche dei componenti dell'involucro opaco

TIPO DI COMPONENTE	CODICE	SPESSORE [mm]	ISOLAMENTO	TRASMITTANZA TERMICA [W/m ² K]	STATO DI CONSERVAZIONE
Muro verso esterno 83 cm	M1	830,0	Assente	0,826	Sufficiente
Muro verso esterno 75 cm	M2	750,0	Assente	0,885	Sufficiente
Muro verso esterno 43 cm	M3	430,0	Assente	1,362	Sufficiente
Muro verso esterno 38 cm	M4	380,0	Assente	1,487	Sufficiente
Muro verso terreno 83 cm	M5	770,0	Assente	0,476	Scadente
Muro verso terreno 38 cm	M6	320,0	Assente	0,574	Sufficiente
Muro verso esterno 20 cm	M7	200,0	Assente	2,211	Sufficiente
Vetrata gazebo	M8	4,0	Assente	4,595	Scadente
Muro verso esterno 65 cm	M9	650,0	Assente	0,994	Sufficiente
Muro verso esterno 108 cm	M10	1080,0	Assente	1,166	Sufficiente
Muro verso esterno 52 cm	M11	520,0	Assente	1,183	Sufficiente
Muro verso esterno interc. 35 cm	M12	350,0	Assente	1,327	Sufficiente
Muro verso non climatizzato 70 cm	M21	700,0	Assente	0,883	Sufficiente
Muro verso non climatizzato 15 cm	M22	150,0	Assente	2,208	Sufficiente
Muro verso gazebo non climatizzato 15 cm	M23	150,0	Assente	2,208	Sufficiente
Porta legno AA	M30	50,0	Assente	1,587	Sufficiente
Pavimento contro terreno interrato	P1	545,0	Assente	0,449	Sufficiente
Pavimento contro terreno palestra	P2	545,0	Assente	0,579	Sufficiente
Pavimento contro terreno	P3	545,0	Assente	0,928	Sufficiente
Copertura P2	S1	370,0	Assente	1,274	Sufficiente
Copertura P3	S2	300,0	Assente	1,930	Sufficiente

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

4.1.2 Involucro trasparente

L'involucro trasparente che costituisce l'edificio è composto da serramenti con telaio in acciaio o telaio in legno e vetro singolo da 3 mm. Si riscontrano inoltre componenti finestrati con doppio infisso. Sono in generale infissi d'epoca, in parte decorati nelle parti non vetrate. Presentano quasi nella totalità dei casi componenti oscuranti esterne tipo veneziane, mentre sul lato interno si trovano sia schermature tipo scuri o tende di stoffa chiare.

Lo stato di conservazione degli stessi è in generale sufficiente per quanto riguarda i telai metallici, mentre i serramenti in legno mostrano importanti segni d'usura e assenza di manutenzione.

Figura 4.4 - Particolare dei serramenti con doppio infisso (metallo interno, legno esterno)

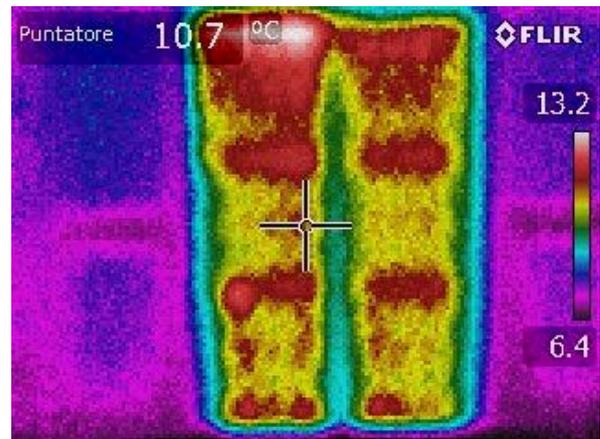


Ai fini di un'identificazione più precisa delle caratteristiche dei componenti dell'involucro trasparente si è proceduto, in sede di sopralluogo, alla realizzazione del rilievo termografico.

La realizzazione delle suddette indagini ha portato alle seguenti conclusioni:

- Gli infissi presentano un comportamento normale con presenza di ponte termico perimetrale
- Il grado di isolamento offerto dagli infissi in vetro singolo è scadente

Figura 4.5 – Rilievo termografico dei serramenti con telaio in legno, facciata esposta a Nord



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 facc.S-P0 150x250	W1	250x150	Acciaio	Singolo	4,943	Sufficiente
Porta-finestra ingr.S-P0 170x315	W2	315x170	Legno	Singolo	3,919	Scadente
Porta-finestra facc.S-P0 150x315	W3	315x150	Acciaio	Singolo	4,211	Sufficiente
Finestra facc.O-P0 125x250	W4	250x125	Acciaio	Singolo	4,985	Sufficiente
Finestra P0-Ceramica 140x200	W5	200x140	Legno	Singolo	4,108	Scadente
Finestra palestra 140x200	W6	200x140	Acciaio	Singolo	4,998	Sufficiente
Porta palestra 160x315	W7	235x160	Acciaio	Singolo	5,628	Sufficiente
Porta-finestra P0 140x315	W8	315x140	Acciaio	Singolo	5,440	Sufficiente
Porta-finestra met. P1 165x385	W9	385x165	Acciaio	Singolo	5,306	Sufficiente
Porta-finestra met. P1 150x385	W10	385x150	Acciaio	Singolo	5,322	Sufficiente
Porta-finestra legno P1 165x385	W11	385x165	Legno	Singolo	3,860	Scadente
Porta-finestra doppio inf. P1 165x385	W12	385x165	Acciaio interno, legno esterno	Singolo	2,402	Sufficiente
Finestra P1 85x210	W13	210x85	Legno	Singolo	4,061	Scadente
Porta-finestra doppio inf. legno P1 160x390	W14	390x160	Legno interno, legno esterno	Singolo	2,055	Sufficiente
Finestra P1 140x210	W15	210x140	Legno	Singolo	4,220	Scadente
Finestra P1A 140x150	W16	150x140	Legno	Singolo	3,005	Scadente
Finestra P1 110x180	W17	180x110	Legno	Singolo	4,030	Scadente
Finestra P1B 130x170	W18	170x130	Legno	Singolo	3,780	Scadente
Porta ingresso AA PM P2 130x300	W19	300x130	Legno	Singolo	3,006	Scadente
Porta-finestra legno P2 130x300	W20	300x130	Legno	Singolo	3,510	Scadente
Porta-finestra doppio inf. legno P2 130x300	W21	300x130	Legno interno, legno esterno	Singolo	1,868	Sufficiente
Porta-finestra doppio inf. P2 130x300	W22	300x130	Acciaio interno, legno esterno	Singolo	2,378	Sufficiente
Finestra P2 123x196	W23	196x123	Acciaio	Singolo	5,017	Sufficiente
Finestra P2 137x200	W24	200x137	Acciaio	Singolo	4,988	Sufficiente
Finestra P2 130x120	W25	120x130	Legno	Singolo	3,658	Scadente
Finestra P2 130x180	W26	180x130	Legno	Singolo	3,797	Scadente
Porta-finestra legno sl tonda P3 160x380	W27	220x160	Legno	Singolo	3,614	Scadente
Finestra legno sl tonda P3 160x292	W28	132x160	Legno	Singolo	4,170	Scadente
Finestra legno P3 120x180	W29	180x120	Legno	Singolo	4,157	Scadente

L'elenco completo dei componenti dell'involucro trasparente, rilevati in sede di sopralluogo, e delle relative caratteristiche tecniche è riportato nella Sezione 4.2 dell'Allegato J – Schede di audit e nell'Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.. Si fa notare che in tabella l'altezza dell'infisso è priva della quota relativa alla sopra-luce; inoltre i serramenti con parte superiore semicircolare sono stati modellati con un serramento rettangolare di pari superficie

4.2 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO DI RISCALDAMENTO/CLIMATIZZAZIONE INVERNALE

L'impianto di riscaldamento degli ambienti è costituito da due sistemi separati, come già accennato in precedenza. La centrale termica principale, in cui la produzione di acqua calda per il riscaldamento viene effettuata mediante una caldaia a basamento di tipo tradizionale (GEN1), alimenta l'impianto a radiatori di tutto l'edificio, tranne la parte dedicata agli uffici della Polizia Municipale, i quali sono riscaldati mediante un impianto a radiatori con una caldaia murale a condensazione come generatore (GEN2). La palestra che presenta orari di apertura leggermente più ampi rispetto al resto della

struttura è equipaggiata con un sistema ad espansione diretta monosplit, che consente di integrare l'impianto a radiatori durante l'ora lasciata scoperta da quest'ultimo. Nella modellazione tale contributo non è stato considerato in quanto trascurabile, mentre è stata fatta la valutazione per quanto riguarda il raffrescamento del locale palestra.

4.2.1 Sottosistema di emissione

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

- Radiatori in alluminio installati principalmente su parete interna
- Radiatori in ghisa installati principalmente su parete interna
- Fan coil a soffitto;

I sistemi di emissione di tutte e tre le zone termiche sono costituiti da radiatori in alluminio o in ghisa, senza valvole termostatiche installate. Soltanto per la ZT3 (Palestra) si ha un fan coil a soffitto, funzionante principalmente in modalità raffrescamento.

Figura 4.6 - Particolare radiatore in alluminio



Figura 4.7 - Particolare radiatore in ghisa



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

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

ZONA TERMICA	TIPOLOGIA DI TERMINALE	RENDIMENTO ⁽¹⁾
ZT1	Radiatori su parete interna	93%
ZT2	Radiatori su parete interna	93%
ZT3	Radiatori su parete esterna non isolata	91%

Nota (1): Valore ricavato da modellazione energetica

Le caratteristiche dei terminali di emissione installati sono sintetizzate nella Tabella 4.4, secondo quanto riportato nelle check list fornite dalla PA. Tali caratteristiche sono state recepite dalla documentazione fornita dalla PA e verificate in sede di sopralluogo. Dalla modellazione energetica

eseguita con software certificato Edilclima si è ottenuto un valore globale di potenza installata per l'emissione pari a 193 kW, considerando un salto termico nominale lato aria di 50°C e lato acqua di 10°C; tale valore risulta molto distante da quanto riportato in tabella.

Tabella 4.4 - Riepilogo caratteristiche dei terminali installati

PIANO	TIPO DI INSTALLAZIONE	NUMERO	POTENZA TERMICA UNITARIA ⁽¹⁾	POTENZA TERMICA COMPLESSIVA ⁽¹⁾	POTENZA FRIGORIFERA UNITARIA ⁽¹⁾	POTENZA FRIGORIFERA COMPLESSIVA ⁽¹⁾
			[kW]	[kW]	[kW]	[kW]
Terra	Radiatore a parete	15	0,8 – 2,7	19,4	-	-
	Fan coil a soffitto	1	nd	nd	nd	nd
Primo	Radiatore a parete	21	0,8 – 3,8	34,4	-	-
Secondo	Radiatore a parete	19	0,4 – 3,4	30,4	-	-
Terzo	Radiatore a parete	7	0,6 – 3,2	11,4	-	-
TOTALE		63	-	95,6	nd	nd

Nota (1): Potenze ricavate dalle checklist sull'impianto termico fornite dalla PA

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 degli impianti di riscaldamento avviene attraverso l'impostazione degli orari di funzionamento e mediante regolazione climatica con sonda esterna; per entrambi gli impianti di riscaldamento la regolazione avviene attraverso telecontrollo.

Figura 4.8 - Particolare del quadro di regolazione centrale termica

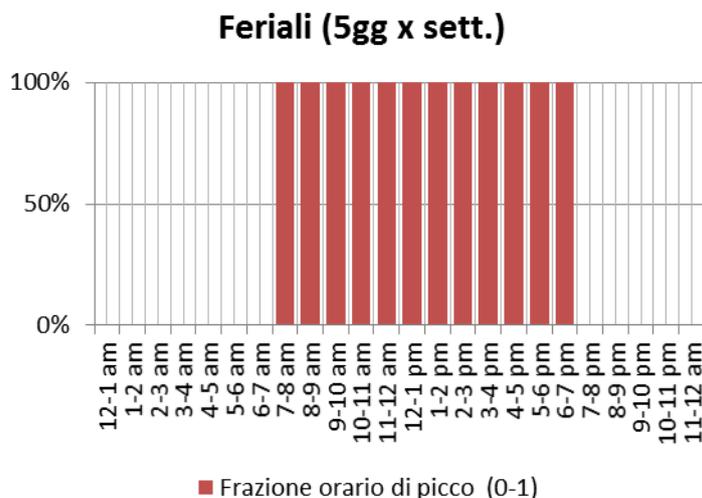


Figura 4.9 – Quadretto di regolazione caldaia murale Polizia Municipale



Da intervista al tecnico di manutenzione in fase di sopralluogo si è verificato che i profili orari di funzionamento sono gli stessi per i due impianti, con attività prevista dalle 07.00 alle 19.00 dal lunedì al venerdì.

Figura 4.10 - Profilo di funzionamento invernale dell'impianto per le zone termiche ZT1, ZT2, ZT3



Il sistema di regolazione non prevede la misura della temperatura dei locali. In fase di sopralluogo si è potuto verificare la presenza di ambienti con temperature inferiori ai 20°C di progetto e la necessità da parte degli occupanti di utilizzare stufette elettriche per integrare il riscaldamento da impianto centralizzato. Allo stesso modo sono stati trovati locali con temperature superiori a causa di un importante apporto solare.

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

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

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

ZONA TERMICA	TIPO DI REGOLAZIONE	RENDIMENTO ⁽¹⁾
ZT1	Climatica	74,9%
ZT2	Climatica	83,3%
ZT3	Climatica	67,4%

Nota (1): Valore ricavato da modellazione energetica

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

4.2.3 Sottosistema di distribuzione

Il sottosistema di distribuzione per l'impianto di riscaldamento installato in centrale termica è costituito dai seguenti elementi:

1) Circuito primario di collegamento tra la caldaia ed i due collettori caldo e freddo (fluido termovettore acqua) e successiva mandata ai terminali a radiatore

La distribuzione dell'impianto della ZT2 avviene mediante il circolatore premontato all'interno della caldaia murale installata.

1) **Circuito primario:** è presente un gruppo di circolazione a velocità costante, composto da una coppia di pompe funzionanti in parallelo, installato a monte del collettore di mandata. Nessuno dei circuiti alimentati dal collettore caldo di mandata è provvisto di ulteriori circolatori. Il circuito

presenta inoltre una pompa anticondensa fra i rami caldo e freddo, a monte di valvola a tre vie e circolatore d'impianto.

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 ⁽¹⁾	PREVALENZA ⁽¹⁾	POTENZA ASSORBITA ⁽¹⁾
			[m ³ /h]	[mca]	[kW]
Circuito primario centrale termica	ES02	mandata acqua calda a collettore e circuiti di distribuzione	nd	nd	1,27
	ES03	mandata acqua calda a collettore e circuiti di distribuzione	nd	nd	1,27
	ES01	anticondensa	0 - 12	1,4 – 7,0	0,18
TOTALE			nd	nd	nd

Nota (1): Valori ricavati da dati di targa

Non è stato possibile ricavare ulteriori informazioni dai cataloghi tecnici specifici per quanto riguarda le pompe di circolazione del circuito di riscaldamento. Le unici dati disponibili sono stati ottenuti in sede di sopralluogo.

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 ⁽²⁾	TEMPERATURA CALCOLO ⁽¹⁾
			°C	°C
Circuito primario centrale termica	Collettore di mandata	Caldo	50	80
	Collettore di ritorno	Freddo	35	60

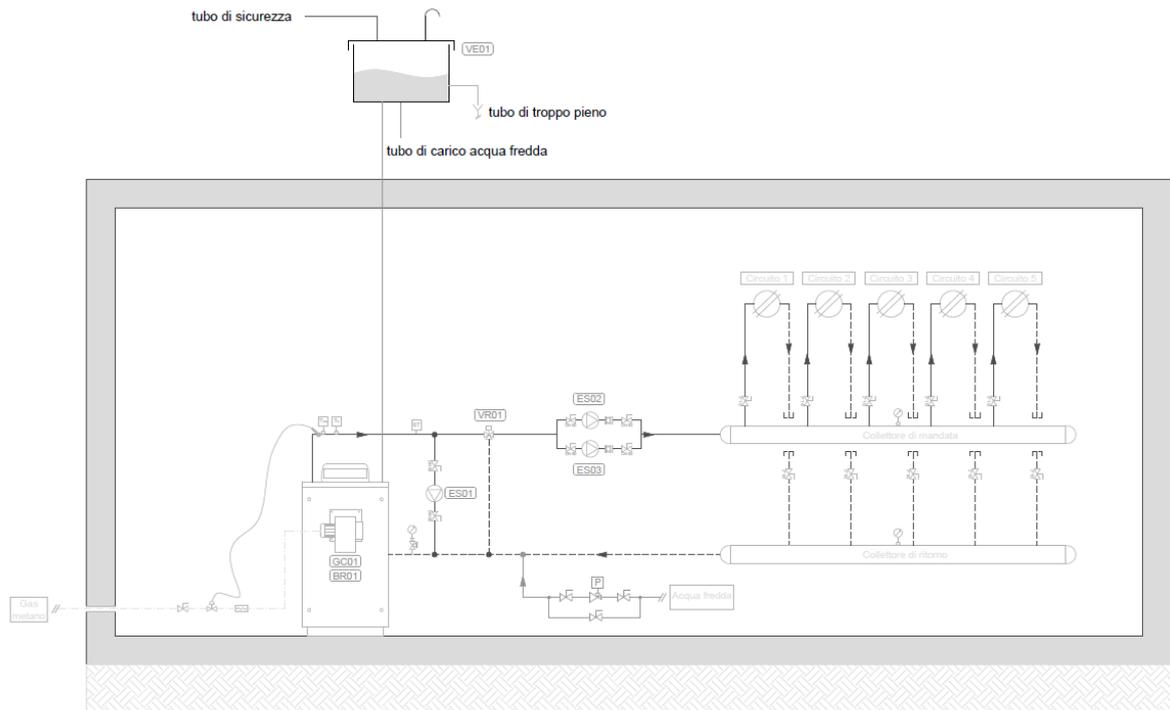
Nota (1): Valori utilizzati nel modello di calcolo in condizioni di progetto

Nota (2): Valori rilevati il giorno 04/12/2018 alle ore 16.00, in orario di apertura dell'edificio, con una temperatura esterna di circa 10°C

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

Per quanto riguarda le temperature del fluido termovettore caldo esiste una buona sovrapposizione fra le temperature rilevate nel sopralluogo e la modellazione energetica su software. Per quanto riguarda il ritorno del fluido termovettore si rileva una temperatura superiore nel modello rispetto a quanto letto in centrale termica.

Figura 4.11 - Particolare dello schema di impianto (Fonte: Tavola 015-P00-023-CENTRALE TERMICA.dwg)



Il rendimento complessivo del sottosistema di distribuzione per l'impianto di centrale termica è stato assunto nella DE pari al 95%, derivante dalla modellazione energetica. Per l'impianto della ZT2 il rendimento di distribuzione è pari al 99% da modello.

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 per le ZT1 e ZT3 è costituito da una centrale termica dedicata alla produzione di acqua calda per il riscaldamento dotata di una caldaia tradizionale a basamento, UNICAL P600. La caldaia ha subito nel 2012 la conversione a gas naturale e vede un bruciatore installato Thermital TS 2.70. La generazione per la ZT2 è invece affidata ad una caldaia murale a condensazione installata nei locali spogliatoi della porzione della villa dedicata alla Polizia Municipale, di produzione Baltur e modello Smile Solar 29 SK Met.

Figura 4.12 - Particolare della caldaia tradizionale (GEN1) in centrale termica



Figura 4.13 - Particolare della caldaia murale (GEN2) negli uffici della Polizia Municipale



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

Tabella 4.8 - Riepilogo caratteristiche sistemi di generazione

	Servizio	MARCA	MODELLO	ANNO DI COSTRUZIONE	POTENZA AL FOCOLARE ⁽¹⁾ [kW]	POTENZA TERMICA UTILE ⁽¹⁾ [kW]	RENDIMENTO ⁽¹⁾	POTENZA ASSORBITA COMPLESSIVA ⁽¹⁾ [kW]
Gen 1	Riscaldamento	UNICAL	P600	1996	655	600	91,6%	nd
Gen 2	Riscaldamento e ACS	Baltur	Smile Solar 29 SK Met	nd	26,0	25,1	96,6%	0,110

Nota (1). Valori ricavati dai dati di targa

Il rendimento complessivo del sottosistema di generazione, in regime di riscaldamento è stato assunto nella DE pari al 87,0% per il GEN1 mentre vale 95,2% per il GEN2. Tali valori derivano dalla modellazione energetica effettuata con software certificato Edilclima. Per il GEN1 il valore risultante dalla modellazione è superiore all'ultimo rendimento riportato sul libretto presente in centrale termica al momento del sopralluogo, risalente al 2013, e pari a 92,6%. Per il GEN2 l'ultima prova fumi a ottenuto un rendimento di 97,9% relativamente al 2017.

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 e 6.2 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 per la ZT1 e ZT3 è eseguita tramite bollitori elettrici ad accumulo installati localmente nei servizi igienici a ad uso del personale, in particolare sono stati rilevati 2 boiler elettrici da 1,4 kW e 1,2 kW, rispettivamente nei servizi degli uffici ATS al piano terzo e nei servizi dell'IIC al piano primo. Il fabbisogno di ACS per questi locali è stato ridotto notevolmente rispetto a quello definito dalla norma basato sulla superficie utile dei locali, passando da 255 a 40 litri al giorno.

Relativamente alla ZT2 la produzione di acqua calda sanitaria avviene mediante la caldaia a condensazione sfruttata anche per il riscaldamento dei locali. In questo caso, il fabbisogno è stato valutato considerando l'utilizzo delle docce da parte dei dipendenti della Polizia Municipale, verificato in fase di intervista. Si è quindi assunto un fabbisogno di 200 litri al giorno, considerando che vengano fatte 4 docce al giorno con un consumo di 50 litri di ACS per doccia.

Figura 4.14 - Particolare di un boiler elettrico per la produzione di acqua calda sanitaria



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

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

SOTTOSISTEMA DI EROGAZIONE ⁽³⁾	SOTTOSISTEMA DI DISTRIBUZIONE ⁽³⁾	SOTTOSISTEMA DI RICIRCOLO	SOTTOSISTEMA DI ACCUMULO	SOTTOSISTEMA DI GENERAZIONE ⁽³⁾	RENDIMENTO GLOBALE MEDIO STAGIONALE ⁽³⁾
100% ⁽¹⁾	92,6%	-	-	75%	28,7%
100% ⁽²⁾	92,6%	-	-	95,2%	83,1%

Nota (1) Boiler elettrici

Nota (2) Caldaia a condensazione

Nota (3) Valori ricavati da modellazione energetica

Il rendimento globale medio stagionale riportato in tabella è riferito all'energia primaria totale.

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

4.4 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO DI RAFFRESCAMENTO/CLIMATIZZAZIONE ESTIVA

La climatizzazione in regime estivo è effettuata per il solo locale palestra grazie alla presenza di un sistema ad espansione diretta monosplit. L'unità esterna di produzione è una macchina Daikin modello RXS50F2V1B, con capacità nominale in raffrescamento 5,0 kW ed EER=3,23, mentre in modalità pompa di calore ha una capacità di 5,8 kW e COP=3,63.

Figura 4.15 - Particolare dell'unità esterna



I rendimenti caratteristici dei sottosistemi dell'impianto di climatizzazione estiva, derivanti da modellazione in Edilclima, sono riportati nella Tabella 4.10.

Tabella 4.10 – Rendimenti dell'impianto di climatizzazione estiva

Sottosistema di Emissione ⁽¹⁾	Sottosistema di Regolazione ⁽¹⁾	Sottosistema di Distribuzione ⁽¹⁾	Sottosistema di Accumulo	Sottosistema di Generazione ⁽¹⁾	Rendimento Globale medio stagionale ⁽¹⁾
97%	84%	100%	-	323%	295,9%

Nota(1). Valori ricavati da modellazione energetica

Il rendimento globale medio stagionale riportato in tabella è riferito all'energia primaria totale.

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

4.5 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO DI VENTILAZIONE MECCANICA

Non sono presenti impianti di ventilazione meccanica.

4.6 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO ELETTRICO E PRINCIPALI UTENZE ELETTRICHE

Le utenze sottese all'impianto elettrico, oltre a quelle precedentemente descritte, sono costituite essenzialmente da utenze locali quali 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 4.11.

Tabella 4.11 – Elenco e caratteristiche delle altre utenze elettriche

ZONATERMICA	DESCRIZIONE	NUMERO	POTENZA NOMINALE [W]	POTENZA COMPLESSIVA [W]	ORE ANNUE DI UTILIZZO [ore]
Tutte	PC	26	100	2600	6000
	Fotocopiatrice	6	1200	7200	6000
	Stampante	4	200	800	6000
	Fax	1	350	350	6000
	PC aula PC	12	100	1200	180
	Rack rete	2	200	400	6000

Rack rete aula PC	1	200	200	180
Videoproiettore	1	300	300	180
Ventilatore	3	50	150	300
Stufetta elettrica	8	1500	12000	120
Microonde	3	500	1500	200
Frigorifero	3	500	1500	6000
Distributore bevande	2	800	1600	6000
Macchina caffè cialde	1	600	600	6000

In fase di sopralluogo è stata verificata la presenza di deumidificatori portatili posizionati ed utilizzati in diversi uffici della struttura. Tuttavia tali dispositivi non saranno considerati nell'analisi in quanto sono stati messi a disposizione degli occupanti a partire dal 2017, ossia al di fuori del periodo di riferimento.

Le potenze nominali riportate in tabella sono state rimodulate per il calcolo del fabbisogno elettrico delle apparecchiature attraverso un fattore di carico adeguato.

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

4.7 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO ILLUMINAZIONE

L'impianto di illuminazione è costituito da corpi illuminanti di diverse tipologie sia per quanto riguarda la tecnologia della sorgente sia per quanto riguarda forma e dimensioni di lampade e plafoniere. Si identificano principalmente lampade tubolari a fluorescenza tipo T8, ma anche lampade a bulbo a basso consumo e faretto alogeni. Le principali tipologie di corpi illuminanti sono di seguito elencate:

- Lampade a fluorescenza tipo T8 installate a soffitto nelle zone passaggio, negli uffici, nei servizi e nella palestra;
- Lampade a basso consumo a bulbo installate a parete negli uffici dell'IIC;
- Faretto alogeni installati a parete nell'aula magna dell'AA e della sala disimpegno dell'IIC.

Figura 4.16 - Particolare dei corpi illuminanti a fluorescenza tipo T8 ubicati negli uffici



L'elenco e le caratteristiche dei corpi illuminanti sono riportate nella Tabella 4.12.

Tabella 4.12 – Elenco e caratteristiche dei corpi illuminanti

ZONATERMICA	DESCRIZIONE	NUMERO	POTENZA UNITARIA [W]	POTENZA COMPLESSIVA [W]
ZT1	Fluorescente T8 1x18W	26	18	468
ZT1	Fluorescente T8 1x36W	27	36	972
ZT1	Fluorescente T8 1x58W	27	58	1566
ZT1	Fluorescente T8 2x18W	2	36	72
ZT1	Fluorescente T8 2x36W	73	72	5256
ZT1	Fluorescente T8 2x58W	2	116	232
ZT1	Fluorescente T8 4x18W	6	72	432

ZT1	Fluorescente Bulbo 25W	40	25	1000
ZT1	Fluorescente Circolina 25W	2	25	50
ZT1	Alogena Faretto 70W	6	70	420
ZT2	Fluorescente T8 1x18W	5	18	90
ZT2	Fluorescente T8 1x36W	5	36	180
ZT2	Fluorescente T8 2x36W	3	72	216
ZT2	Fluorescente T8 2x58W	1	116	116
ZT3	Fluorescente T8 1x18W	2	18	36
ZT3	Fluorescente T8 2x36W	5	72	360

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 4.17 - Particolare delle lampade a bulbo ubicate negli uffici dell'IIC



Figura 4.18 - Particolare dei faretto alogeni nell'aula magna dell'AA



Per quanto riguarda l'impianto di illuminazione esterna a servizio delle pertinenze esterne della villa, considerando i consumi pressoché costanti durante l'anno e vista la potenza disponibile al contatore si deduce che l'impianto abbia una potenza installata pari a 6 kW, funzionante 14 ore al giorno tutti i giorni dell'anno. Con tali ipotesi si ottiene un consumo annuo di 30660 kWh, a fronte di un consumo rilevato da fatturazione per il 2016 pari a 30859 kWh.

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

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

5 CONSUMI RILEVATI

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

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

I vettori energetici analizzati sono i seguenti:

- Gas naturale;
- Energia elettrica;

5.1.1 Energia termica

Il vettore termico utilizzato per la climatizzazione invernale dell'intera struttura e la produzione di ACS per la sezione della Polizia Municipale è il gas naturale.

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

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

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

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

La fornitura di gas naturale avviene tramite la presenza di 1 contatore il quale risulta a servizio dei seguenti utilizzi:

- Centrale termica per il riscaldamento degli ambienti della Zona 1 e della Zona 3;
- Caldaia murale per il riscaldamento e la produzione di acqua calda sanitaria a servizio della Zona 2 (Uffici Polizia Municipale);

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

L'analisi dei consumi storici di gas naturale si basa sui m³ di gas rilevati dalla società di distribuzione nel triennio di riferimento e forniti dalla PA nel file kyotoBaseline-EXXXX..

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

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

PDR	Utilizzo	2014 [Sm ³]	2015 [Sm ³]	2016 [Sm ³]	2014 [kWh]	2015 [kWh]	2016 [kWh]
3270050181811	Riscaldamento e ACS	11151	10303	12015	105046	97056	113181

Data l'indisponibilità della fatturazione per il consumo di gas naturale, si è provveduto alla valutazione dei consumi nel triennio di riferimento ridistribuendoli sulla base dei gradi giorno reali da stagione di riscaldamento illustrati precedentemente, utilizzando i consumi forniti alla PA da parte della società di distribuzione, e stimando il consumo di ACS giornaliera.

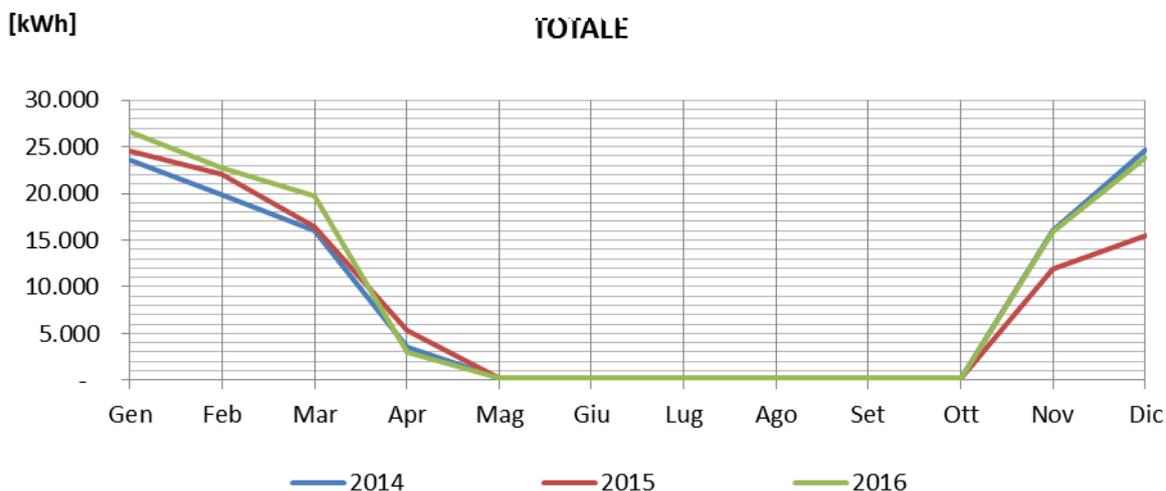
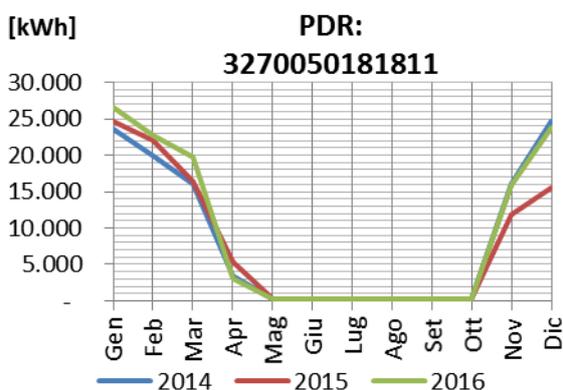
I consumi sono riportati nella Tabella 5.3.

Tabella 5.3 - Consumi mensili di energia termica per il triennio di riferimento – Dati redistribuiti secondo i GG

PDR: 3270050181811	2014	2015	2016	2014	2015	2016
Mese	[Sm ³]	[Sm ³]	[Sm ³]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gennaio	2.508	2.609	2.830	23.625	24.575	26.659
Febbraio	2.113	2.345	2.416	19.903	22.094	22.762
Marzo	1.705	1.742	2.093	16.059	16.414	19.714
Aprile	370	571	321	3.484	5.376	3.020
Maggio	22	22	22	210	210	210
Giugno	22	22	22	210	210	210
Luglio	22	22	22	210	210	210
Agosto	22	22	22	210	210	210
Settembre	22	22	22	210	210	210
Ottobre	22	22	22	210	210	210
Novembre	1.702	1.262	1.693	16.032	11.886	15.949
Dicembre	2.620	1.640	2.529	24.681	15.452	23.819
Totale	11.151	10.303	12.015	105.042	97.054	113.181

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

Figura 5.1 – Andamento mensile dei consumi termici fatturati



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

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

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

Dove:

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

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

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

Tale consumo è stato valutato scorporando, dal consumo complessivo del contatore che alimenta la centrale termica e la caldaia murale, il contributo per la produzione di acqua calda sanitaria. La stima del consumo di acqua calda sanitaria negli uffici della Polizia Municipale deriva dall'intervista agli occupanti dei locali e dipende quasi esclusivamente per l'utilizzo delle docce nei servizi degli spogliatoi. In particolare si è valutato un consumo medio giornaliero pari a 200 litri, assumendo 4 docce al giorno per un consumo di 50 litri di ACS cad, con acqua prodotta a 40°C e prelevata dalla rete a 16,7°C. Il valore attribuibile a tale utenza, vale 2515 kWh (267 Sm³).

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

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

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 in quanto non esistono altri utilizzi.

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 112 GIORNI	GG _{RIF} SU 112 GIORNI	CONSUMO REALE RISC. [Smc]	CONSUMO REALE RISC. [kWh]	α_{rif}	CONSUMO NORMALIZZATO A 959 GG [kWh]	CONSUMO ACS [kWh]	CONSUMO ALTRO [kWh]
2014	872	959	10.884	102.557	117,7	112.830	2.515	-
2015	851	959	10.036	94.566	111,2	106.595	2.515	-
2016	918	959	11.748	110.698	120,6	115.637	2.515	-
Media	880	959	10.889	102.607	116,6	111.797	2.515	-

Come si può notare dai dati riportati il comportamento energetico dell'edificio, negli anni considerati, è stato caratterizzato da un andamento che rispecchia quello delle temperature esterne registrate.

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}	2.515
\bar{Q}_{ALTRO}	0
$\bar{a}_{rif} \times GG_{rif}$	114.139
$Q_{baseline}$	116.187

5.1.2 Energia elettrica

La fornitura di energia elettrica avviene tramite la presenza di 3 contatori i quali, dalle valutazioni effettuate sulle fatture, risultano a servizio dei seguenti utilizzi:

- POD 1 – Locali ATS, AA, SG, IIC, CA, PM
- POD 2 – Locali ATS, AA, SG, IIC, CA, PM
- POD 3 – Illuminazione pertinenze esterne

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

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

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

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

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

POD	ZONA SERVITA	2014	2015	2016	MEDIA
		[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
IT001E00122663	Locali ATS, AA, SG, IIC, CA, PM	3.110	4.994	4.094	4.066
IT001E00097980	Locali ATS, AA, SG, IIC, CA, PM	22.714	24.492	24.775	23.994
IT001E00122664	Illuminazione pertinenze esterne	13.479	26.862	30.613	23.651
TOTALE		39.303	56.348	59.482	30.859

Tali consumi sono stati confrontati con i consumi annui elaborati e forniti dalla PA ed (identificati per l'edificio oggetto della DE all'interno del file kyotoBaseline-EXXXX) e sono emerse le seguenti differenze:

- POD1: 7,6% sul 2014, 2,0% sul 2015, 6,2% sul 2016
- POD2: 5,9% sul 2014, 5,0% sul 2015, 6,1% sul 2016
- POD3: 2,3% sul 2014, 0,6% sul 2015, 18,7% sul 2016

L'individuazione della baseline elettrica di riferimento è calcolata sulla media aritmetica dei valori relativi ai consumi elettrici reali per il triennio di riferimento per i POD 1 e POD 2, mentre per il POD 3, legato all'illuminazione esterna, non si è potuto valutare l'intero periodo di riferimento. Infatti per tale POD i consumi elettrici relativi al 2014 e ai mesi di gennaio, febbraio e marzo 2015 non possono

essere considerati affidabili, in quanto troppo costanti per derivare dalla lettura del distributore e molto bassi rispetto ai mesi successivi. Inoltre dall'analisi delle fatture si rileva che ad aprile 2015 è avvenuto il cambio di fornitore dell'energia elettrica. Per il dettaglio del calcolo effettuato si faccia riferimento al file di calcolo all'Allegato B – Elaborati.

Si è pertanto definito un consumo $EE_{baseline}$ pari a 30859 kWh.

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

POD: IT001E00122663	F1	F2	F3	TOTALE
Anno 2014	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gen - 14	89	93	111	293
Feb - 14	62	94	127	283
Mar - 14	62	72	113	247
Apr - 14	54	45	79	178
Mag - 14	53	46	70	169
Giu - 14	58	52	86	196
Lug - 14	75	58	81	214
Ago - 14	52	42	81	175
Set - 14	89	65	101	255
Ott - 14	76	59	86	221
Nov - 14	125	90	129	344
Dic - 14	163	165	207	535
Totale	958	881	1.271	3.110
POD: IT001E00122663	F1	F2	F3	TOTALE
Anno 2015	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gen - 15	116	115	140	371
Feb - 15	171	164	261	596
Mar - 15	120	116	214	450
Apr - 15	97	83	187	367
Mag - 15	113	92	166	371
Giu - 15	128	109	171	408
Lug - 15	141	114	182	437
Ago - 15	117	86	175	378
Set - 15	122	93	148	363
Ott - 15	100	96	146	342
Nov - 15	97	139	181	417
Dic - 15	141	137	216	494
Totale	1.463	1.344	2.187	4.994
POD: IT001E00122663	F1	F2	F3	TOTALE
Anno 2016	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gen - 16	125	185	220	530
Feb - 16	92	142	143	377
Mar - 16	93	171	187	451
Apr - 16	106	109	128	343
Mag - 16	92	84	135	311
Giu - 16	108	83	131	322
Lug - 16	115	101	166	382
Ago - 16	101	70	134	305

Set - 16	76	61	98	235
Ott - 16	76	52	84	212
Nov - 16	77	79	88	244
Dic - 16	113	103	166	382
Totale	1.174	1.240	1.680	4.094
POD: IT001E00097980	F1	F2	F3	TOTALE
Anno 2014	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gen - 14	2.039	305	571	2.915
Feb - 14	1.934	250	373	2.557
Mar - 14	1.674	274	424	2.372
Apr - 14	1.061	243	438	1.742
Mag - 14	812	249	445	1.506
Giu - 14	524	207	424	1.155
Lug - 14	549	209	418	1.176
Ago - 14	412	209	432	1.053
Set - 14	643	234	425	1.302
Ott - 14	1.026	295	449	1.770
Nov - 14	1.602	257	478	2.337
Dic - 14	2.004	287	538	2.829
Totale	14.280	3.019	5.415	22.714
POD: IT001E00097980	F1	F2	F3	TOTALE
Anno 2015	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gen - 15	2.085	332	534	2.951
Feb - 15	2.107	338	528	2.973
Mar - 15	1.896	314	577	2.787
Apr - 15	1.187	259	602	2.048
Mag - 15	716	242	466	1.424
Giu - 15	619	228	405	1.252
Lug - 15	618	228	410	1.256
Ago - 15	518	204	453	1.175
Set - 15	624	217	399	1.240
Ott - 15	1.397	280	427	2.104
Nov - 15	1.820	280	498	2.598
Dic - 15	1.880	290	514	2.684
Totale	15.467	3.212	5.813	24.492
POD: IT001E00097980	F1	F2	F3	TOTALE
Anno 2016	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gen - 16	2.306	337	580	3.223
Feb - 16	2.233	293	448	2.974
Mar - 16	1.716	259	459	2.434
Apr - 16	1.016	257	444	1.717
Mag - 16	1.130	235	410	1.775
Giu - 16	732	221	374	1.327
Lug - 16	551	207	360	1.118
Ago - 16	579	204	385	1.168
Set - 16	729	205	361	1.295

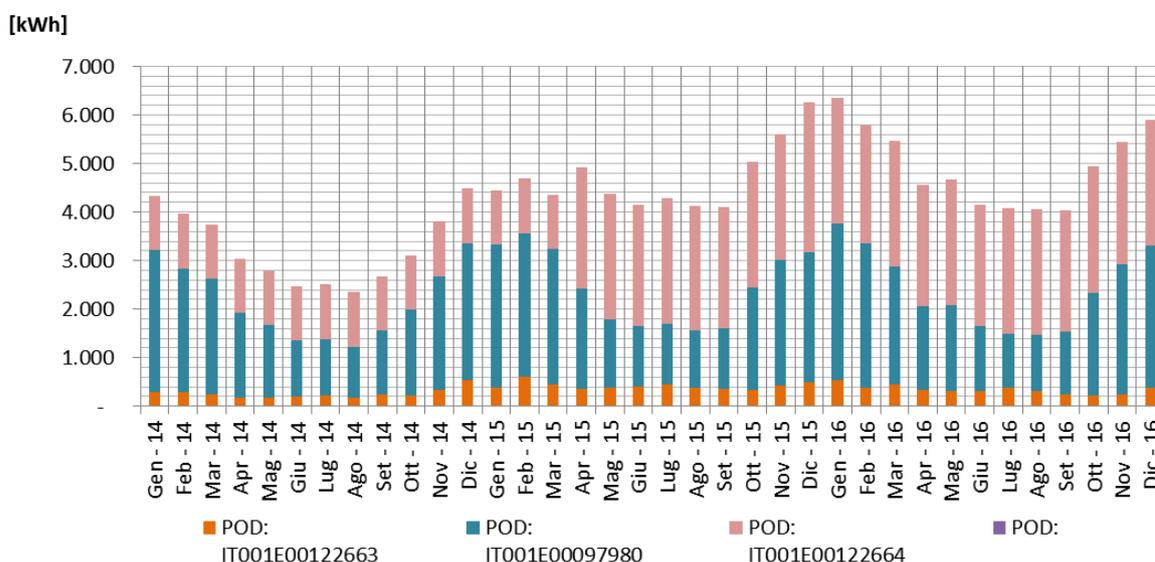
Ott - 16	1.390	286	454	2.130
Nov - 16	1.882	294	509	2.685
Dic - 16	1.842	390	697	2.929
Totale	16.106	3.188	5.481	24.775
POD: IT001E00122664	F1	F2	F3	TOTALE
Anno 2014	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gen - 14			1.123	1.123
Feb - 14			1.124	1.124
Mar - 14			1.123	1.123
Apr - 14			1.123	1.123
Mag - 14			1.123	1.123
Giu - 14			1.123	1.123
Lug - 14			1.123	1.123
Ago - 14			1.123	1.123
Set - 14			1.123	1.123
Ott - 14			1.124	1.124
Nov - 14			1.123	1.123
Dic - 14			1.124	1.124
Totale	-	-	13.479	13.479
POD: IT001E00122664	F1	F2	F3	TOTALE
Anno 2015	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gen - 15			1.123	1.123
Feb - 15			1.124	1.124
Mar - 15			1.123	1.123
Apr - 15			2.500	2.500
Mag - 15			2.583	2.583
Giu - 15			2.500	2.500
Lug - 15			2.583	2.583
Ago - 15			2.583	2.583
Set - 15			2.500	2.500
Ott - 15			2.583	2.583
Nov - 15			2.581	2.581
Dic - 15			3.079	3.079
Totale	-	-	26.862	26.862
POD: IT001E00122664	F1	F2	F3	TOTALE
Anno 2016	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gen - 16			2.593	2.593
Feb - 16			2.426	2.426
Mar - 16			2.593	2.593
Apr - 16			2.509	2.509
Mag - 16			2.593	2.593
Giu - 16			2.509	2.509
Lug - 16			2.593	2.593
Ago - 16			2.593	2.593
Set - 16			2.509	2.509
Ott - 16			2.593	2.593

Nov - 16	2.509	2.509
Dic - 16	2.593	2.593
Totale	30.613	30.613

Si fa notare che i consumi del POD3 sono fatturati in monofascia (nelle tabelle i consumi per tale POD si riportano in F3). Inoltre è evidente l'importante gap fra i mesi di marzo e aprile 2015, che giustificano le ipotesi introdotte prima per la definizione del consumo di baseline, considerando anomalo il periodo antecedente ad aprile 2015 o comunque non significativo per la definizione dei consumi di riferimento.

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 di riferimento.

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



Dall'analisi effettuata è stato possibile definire i profili mensili dei consumi elettrici di Baseline, valutati come la media dei valori mensili analizzati nel triennio di riferimento per i POD1 e POD2 e considerando i consumi del POD 3 come precisato in precedenza.

Tali valori sono riportati nella Tabella 5.8.

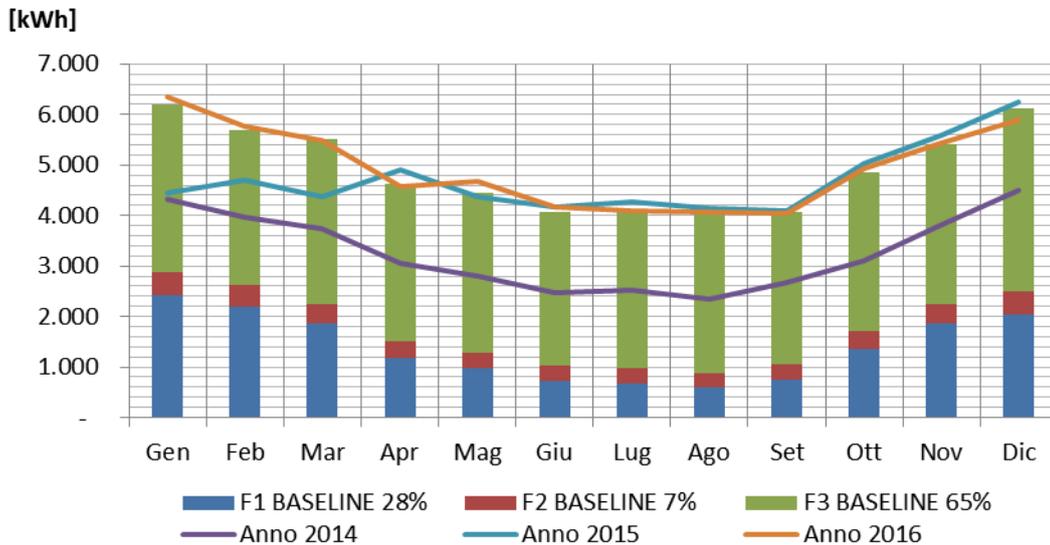
Tabella 5.8 – Consumi mensili di Baseline

BASELINE	F1	F2	F3	TOTALE
	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gennaio	2.431	456	3.312	6.198
Febbraio	2.200	427	3.053	5.679
Marzo	1.854	402	3.251	5.507
Aprile	1.174	332	3.131	4.636
Maggio	972	316	3.152	4.440
Giugno	723	300	3.035	4.058
Luglio	683	306	3.127	4.116
Agosto	593	272	3.141	4.006
Settembre	761	292	3.015	4.068
Ottobre	1.355	356	3.137	4.848
Novembre	1.868	380	3.173	5.420

Dicembre	2.048	457	3.615	6.120
Totale	16.660	4.295	38.141	59.096

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

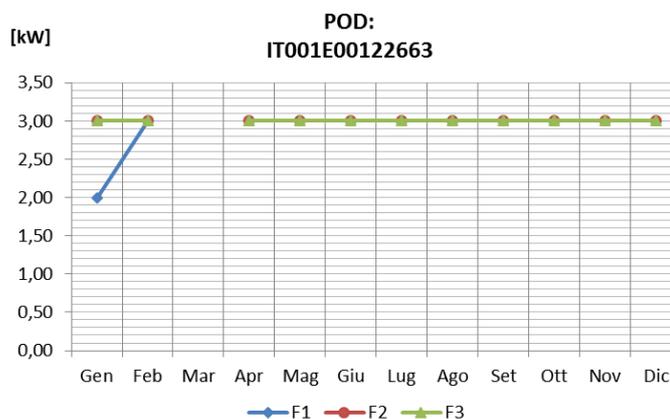
Figura 5.3 – Confronto tra i profili mensili elettrici reali e i valori di Baseline per il triennio di riferimento



I profili di prelievo mensili nel triennio di riferimento presentano andamenti legati fortemente all'illuminazione interna dei locali e allo scarso utilizzo della struttura nei mesi estivi dovuto all'interruzione di attività stagionali e a periodi di ferie dei dipendenti. Per quanto riguarda il POD3 il consumo è praticamente costante durante l'anno, ad indicare l'assenza di un sensore crepuscolare per l'accensione delle luci esterne.

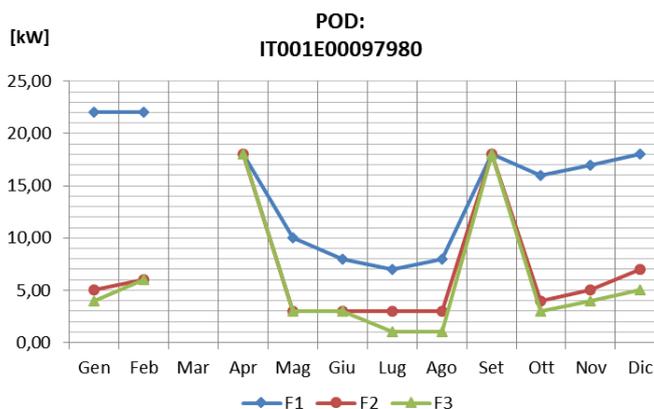
Non è stato possibile rappresentare i profili giornalieri dei consumi elettrici accedendo alle informazioni fornite dalla società di distribuzione dell'energia elettrica, in quanto non esiste sovrapposizione fra periodo di riferimento e curve disponibili. Dalle fatture del 2015 è stato invece possibile ricostruire i profili di assorbimento di potenza dei POD nelle 3 fasce orarie anche se non per tutti i mesi dell'anno, che presentano l'andamento proposto nelle seguenti figure.

Figura 5.4 – Profili di potenza per il POD IT001E00122663



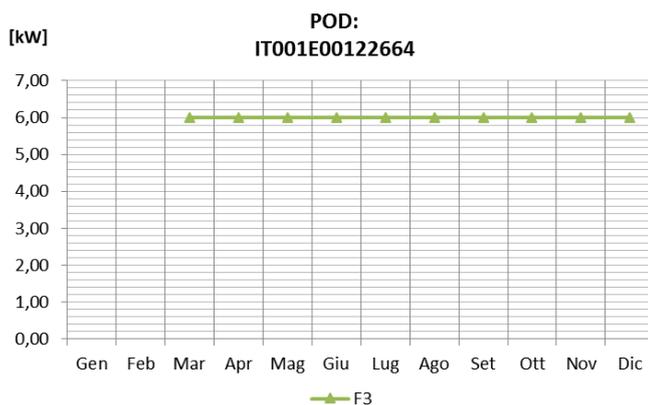
La richiesta di potenza per tale POD risulta praticamente costante durante l'anno, su tutte e tre le fasce. I dati per il mese di marzo non sono disponibili, così come per gli altri due POD mostrati.

Figura 5.5 – Profili di potenza per il POD IT001E00097980



La potenza massima prelevata è pari a 22 kW a gennaio e febbraio. L'andamento presenta due picchi a 18 kW, che possono essere considerare anomali per le fasce F2 e F3 le quali sono decisamente inferiori rispetto a F1.

Figura 5.6 – Profili di potenza per il POD IT001E00122664



La potenza prelevata è costante durante l'anno e raggiunge il valore di 6 kW, pari al valore di potenza disponibile al contatore. Si può quindi desumere che corrisponda alla potenza installata per l'illuminazione esterna.

5.2 INDICATORI DI PERFORMANCE ENERGETICI ED AMBIENTALI

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

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

Tabella 5.9 - Fattori di emissione di CO₂.

COMBUSTIBILE	FATTORE DI CONVERSIONE
	kgCO ₂ /kWh
Energia elettrica	* 0,467
Gas naturale	* 0,202

GPL	* 0,227
Olio combustibile	* 0,267
Gasolio	* 0,267
Benzina	* 0,249

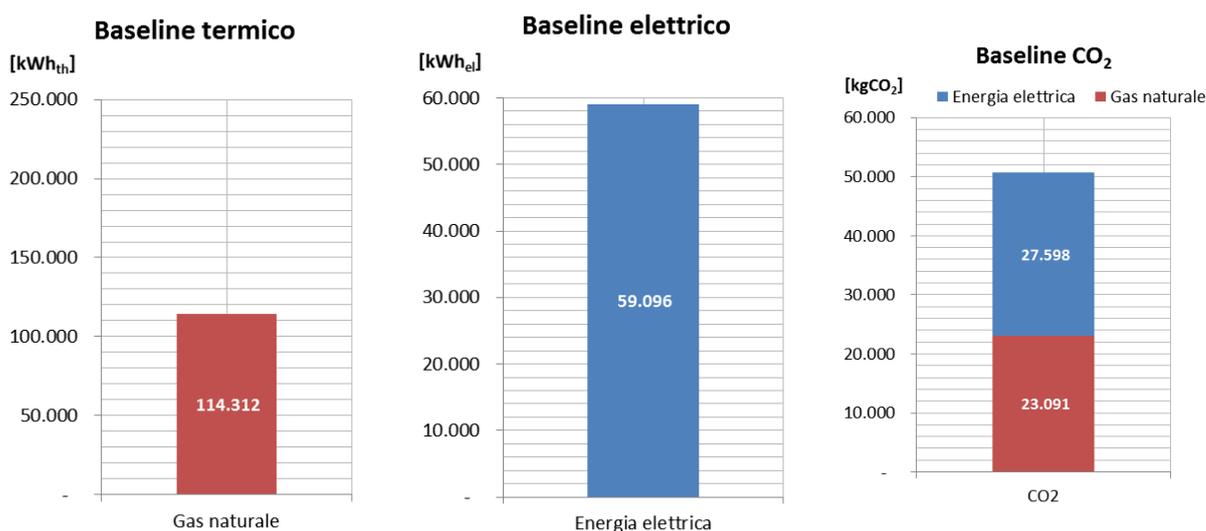
* da "Linee Guida Patto dei Sindaci" per anno 2010

Applicando tali fattori di conversione è stato possibile valutare la Baseline delle emissioni di CO₂, come riportato nella Tabella 5.10 – Baseline delle emissioni di CO₂. Tabella 5.10 e nella Figura 5.7

Tabella 5.10 – Baseline delle emissioni di CO₂.

COMBUSTIBILE	CONSUMO DI BASELINE	FATTORE DI CONVERSIONE	
	[kWh]	[tCO ₂ /MWh]	[tCO ₂]
Energia elettrica	59.096	* 0,467	27,6
Gas naturale	114.312	* 0,202	23,5

Figura 5.7 – Rappresentazione grafica della Baseline dei consumi e delle emissioni di CO₂.



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

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

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

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

Tabella 5.12 – Fattori di riparametrizzazione

PARAMETRO		VALORE	U.M.
FATTORE 1	Superficie netta riscaldata	1.459	m ²

FATTORE 2	Superficie netta complessiva delle aree interne (riscaldate e non riscaldate)	1.869 m ²
FATTORE 3	Volume lordo complessivo (aree interne riscaldate e non riscaldate)	12.537 m ³

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

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

VETTORE ENERGETICO	CONSUMO ENERGETICO DI BASELINE [kWh/anno]	FATTORE DI CONVERSIONE ENERGIA PRIMARIA TOTALE	CONSUMO DI ENERGIA PRIMARIA TOTALE [kWh/anno]	INDICATORI DI CONSUMO ENERGIA PRIMARIA TOTALE			INDICATORI AMBIENTALI		
				FATTORE 1 [kWh/m ²]	FATTORE 2 [kWh/m ²]	FATTORE 3 [kWh/m ³]	FATTORE 1 [Kg CO ₂ /m ²]	FATTORE 2 [Kg CO ₂ /m ²]	FATTORE 3 [Kg CO ₂ /m ³]
Gas naturale	114.312	1,05	120.028	82,3	64,2	9,6	15,83	12,35	1,84
Energia elettrica	59.096	2,42	143.012	98,0	76,5	11,4	18,92	14,77	2,20
TOTALE			263.040	180	141	21	35	27	4

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

VETTORE ENERGETICO	CONSUMO ENERGETICO DI BASELINE [kWh/anno]	FATTORE DI CONVERSIONE ENERGIA PRIMARIA NON RINN.	CONSUMO DI ENERGIA PRIMARIA NON RINN. [kWh/anno]	INDICATORI DI CONSUMO ENERGIA PRIMARIA NON RINNOVABILE			INDICATORI AMBIENTALI		
				FATTORE 1 [kWh/m ²]	FATTORE 2 [kWh/m ²]	FATTORE 3 [kWh/m ³]	FATTORE 1 [Kg CO ₂ /m ²]	FATTORE 2 [Kg CO ₂ /m ²]	FATTORE 3 [Kg CO ₂ /m ³]
Gas naturale	114.312	1,05	120.028	82,3	64,2	9,6	15,83	12,35	1,84
Energia elettrica	59.096	1,95	115.237	79,0	61,7	9,2	18,92	14,77	2,20
TOTALE			235.264	161	126	19	35	27	4

Figura 5.8 – Indicatori di performance e relative emissioni di CO₂ valutati in funzione della superficie utile riscaldata

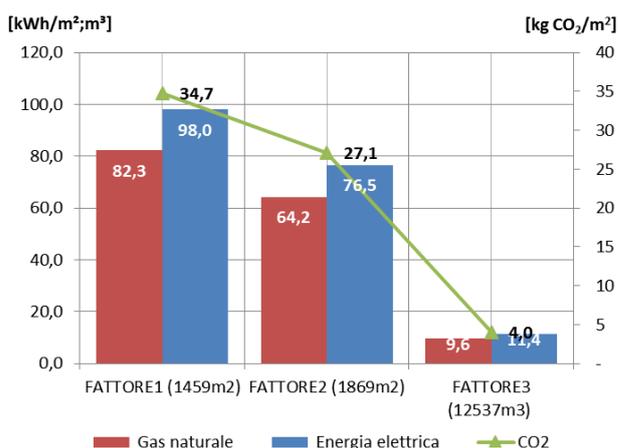
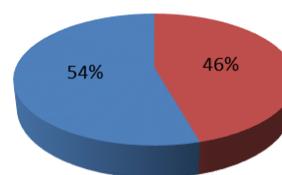
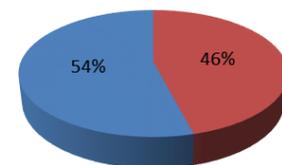


Figura 5.9 – Ripartizione % dei consumi di energia primaria e delle relative emissioni di CO₂

Ripartizione % energia primaria



Ripartizione % emissioni CO₂



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

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

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

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

La formula definita è sotto riportata:

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

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

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

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

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

Tabella 5.15 – Indicatori di performance energetici

COMBUSTIBILE	IEN _R			IEN _E		
	Wh/(m ³ GG anno)			Wh/(m ³ anno)		
	2014	2015	2016	2014	2015	2016
Gas Naturale	8,2	7,6	8,9	0	0	0
Energia elettrica	0	0	0	15,6	21,8	25,9

E' stato quindi possibile effettuare un raffronto con le classi di merito riportate nelle suddette Linee Guida ENEA – FIRE, relative agli edifici ospitanti uffici istituzionali, ottenendo una valutazione buona per tutti gli anni per quanto riguarda il gas naturale, mentre per l'energia elettrica si ottiene una valutazione insufficiente sul triennio. Si consideri a tal proposito che questa classificazione negativa dipende fortemente dalla presenza dei consumi dovuti all'illuminazione esterna, i quali conferiscono un indicatore crescente negli anni. Escludendo dal calcolo questo contributo si ottengono IEN_E inferiori ai 12 Wh/(m² anno), corrispondenti ad una valutazione buona.

Le stesse considerazioni devono essere fatte per gli indicatori calcolati all'inizio del presente paragrafo, dove l'utilizzo di una baseline comprendente i consumi per l'illuminazione esterna determina elevati indicatori per la parte relativa all'energia elettrica. Si vuole inoltre precisare che tenere in considerazione l'illuminazione esterna nell'analisi in fase di diagnosi è ammissibile e auspicabile, tuttavia nell'analisi in modalità standard di funzionamento tale contributo non viene considerato.

Per effettuare una valutazione riassuntiva degli indicatori di performance energetica e un confronto rispetto agli altri edifici del lotto, si faccia riferimento all'Errore. **L'origine riferimento non è stata trovata.**

6 MODELLO DEL FABBISOGNO ENERGETICO

6.1 METODOLOGIA DI CALCOLO ADOTTATA E VALIDAZIONE DEI MODELLI DI CALCOLO

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

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

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

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

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

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

INDICE DI PRESTAZIONE ENERGETICA		U.M.	ENERGIA PRIMARIA TOTALE	ENERGIA PRIMARIA NON RINNOVABILE
Globale non rinnovabile	$EP_{gl,nren}$	kWh/mq anno		193,32
Climatizzazione invernale	EP_H	kWh/mq anno	146,56	145,69
Produzione di acqua calda sanitaria	EP_w	kWh/mq anno	6,35	5,18
Ventilazione	EP_v	kWh/mq anno	-	-
Raffrescamento	EP_c	kWh/mq anno	1,77	1,43
Illuminazione artificiale	EP_L	kWh/mq anno	50,92	41,03
Trasporto di persone e cose	EP_T	kWh/mq anno	-	-
Emissioni equivalenti di CO2	CO_{2eq}	Kg/mq anno	40,48	

L'indice di prestazione energetica relativo all'energia primaria totale vale 166,98 kWh/(mq anno).

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

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

FONTE ENERGETICA UTILIZZATA	CONSUMO	CONSUMO ENERGIA PRIMARIA NON RINNOVABILE
	[m ³ /anno]	[kWh/anno]
Gas Naturale	20.998	207.728
Energia Elettrica		74.258

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

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

Dove:

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

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

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

FABBISOGNO	Corrispondenza UNI TS 11300 [kWhel]
Energia ausiliaria complessiva assorbita dal sottosistema di generazione per la produzione di ACS	$E_{W, aux, gn}$
Energia ausiliaria complessiva assorbita dal sottosistema di generazione per il riscaldamento	$E_{H, aux, gn}$
Fabbisogno di energia elettrica dell'impianto di ventilazione meccanica e dei terminali di emissione	$E_{ve, el} + E_{aux, e}$
Fabbisogno di energia elettrica per gli ausiliari di distribuzione (Riscaldamento e ACS)	$E_{W, aux, d} + E_{W, aux, d}$
Fabbisogno di energia elettrica per l'illuminazione interna dell'edificio	$E_{L, int}$
Fabbisogno di energia elettrica per gli ausiliari degli impianti di climatizzazione	$Q_{c, aux}$
Fabbisogno di energia elettrica per i sistemi di trasporto (+ eventuali altri carichi interni)	$E_T + E_{altro}^{(1)(2)}$
Perdite al trasformatore	$E_{trasf}^{(1)}$
Energia elettrica esportata dall'impianto a fonti rinnovabili	$E_{exp, el}$

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

Nota (2) All'interno di tale voce di fabbisogno è stato inserito anche il consumo dovuto all'illuminazione esterna

6.1.1 Validazione del modello termico

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

Si è quindi provveduto alla simulazione dei parametri reali di utilizzo dell'edificio considerando il reale funzionamento dell'impianto ed inserendo nel modello tutti i dati tecnici disponibili e rilevati in sede di sopralluogo.

Nella Tabella 6.4 sono riportati gli indicatori di performance energetica ricavati dalla modellazione dell'edificio in modalità "Adattata all'utenza". Tali valori, a differenza di quelli valutati in modalità standard, tengono conto dell'illuminazione esterna.

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	$EP_{gl, ren}$	kWh/mq anno		147,73
Climatizzazione invernale	EP_H	kWh/mq anno	85,85	85,34

Produzione di acqua calda sanitaria	EP _w	kWh/mq anno	2,58	2,39
Ventilazione	EP _v	kWh/mq anno	-	-
Raffrescamento	EP _c	kWh/mq anno	1,77	1,42
Illuminazione artificiale	EP _L	kWh/mq anno	67,72	54,57
Trasporto di persone e cose	EP _T	kWh/mq anno	-	-
Emissioni equivalenti di CO2	CO _{2eq}	Kg/mq anno	30,85	

L'indice di prestazione energetica relativo all'energia primaria totale vale 157,92 kWh/(mq anno).

Gli indici globali appena riportati in tabella sono confrontabili e in linea con i totali calcolati al capitolo precedente e riportati in Tabella 5.14, i quali contengono anche la parte relativa alla quota FEM, non contenuta nella modellazione energetica mediante software certificato ma valutata a parte. Per tale motivo gli indicatori appena mostrati risultano inferiori a quelli calcolati al capitolo precedente.

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
	[mc/anno]	[kWh/anno]
Gas Naturale	12.511	117.877
Energia Elettrica		44.038

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]	[%]
117.837	114.312	3%

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]	[%]
59.449	59.096	1%

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

La stima dei consumi di energia elettrica attribuibili a illuminazione interna, climatizzazione e produzione di ACS deriva dalla modellazione sviluppata mediante software certificato. Per quanto riguarda invece la quota parte relativa alle utenze identificate con il nome FEM, e identificabili con le attrezzature in Tabella 4.11 e con l'illuminazione esterna, è stata fatta una valutazione dei valori di potenze assorbite, fattori di carico e ore di funzionamento medie annuali, ottenendo il valore di

15410 kWh/anno per le apparecchiature e 30660 kWh/anno per l'illuminazione esterna. Il dettaglio del calcolo si può trovare nell'Allegato B – Elaborati.

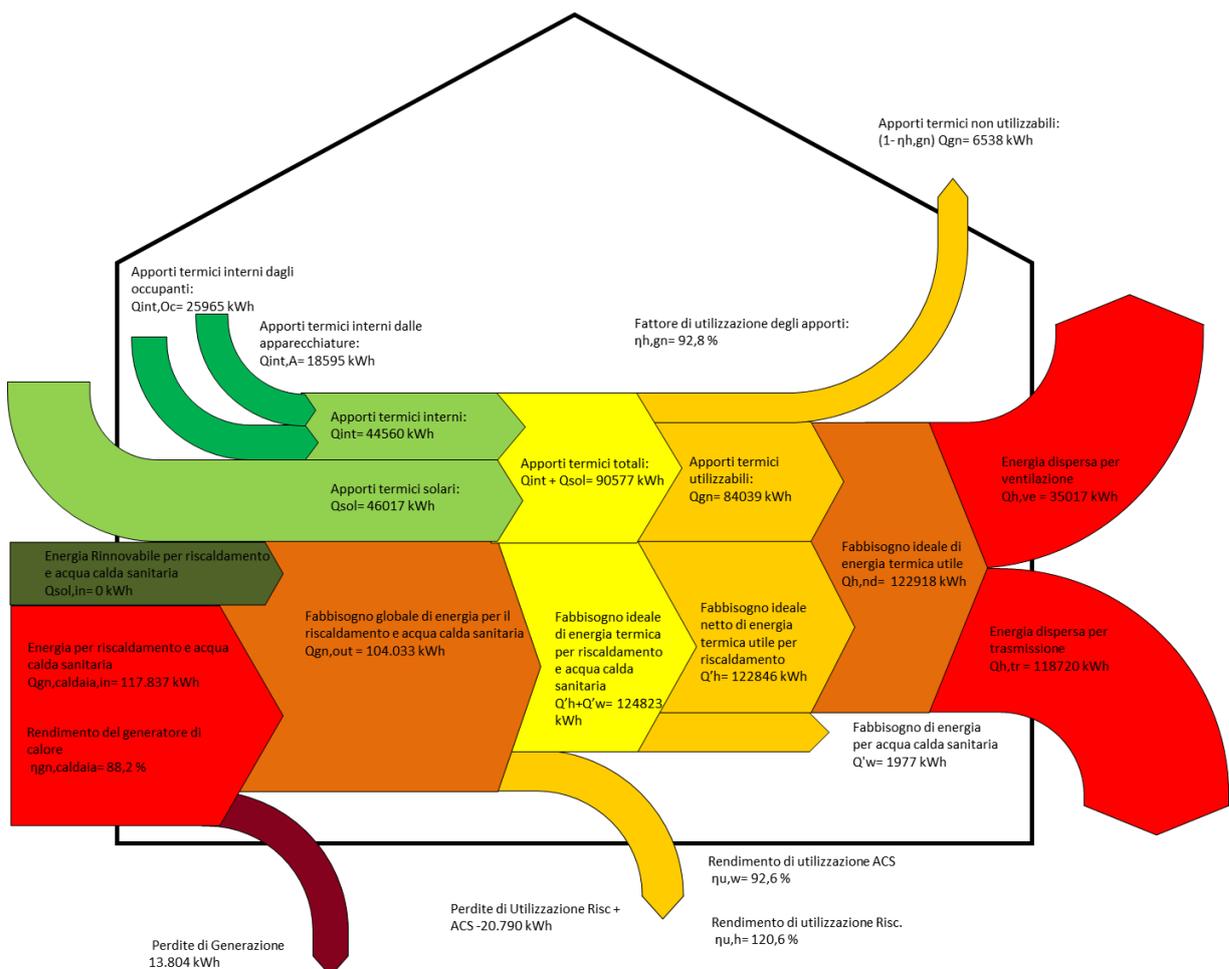
6.2 FABBISOGNI ENERGETICI

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

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

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

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

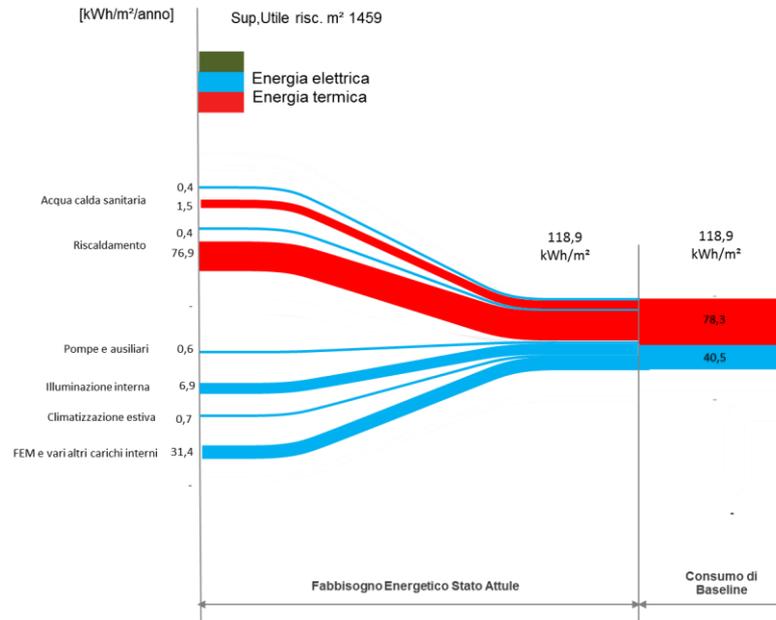


Dall'analisi del diagramma di Sankey relativo al fabbisogno termico dell'edificio è possibile notare che gli apporti termici abbiano un ruolo fondamentale nel bilancio, infatti il rendimento di utilizzazione del riscaldamento risulta superiore al 100%. Si fa inoltre notare che il valore di rendimento del

generatore di calore del grafico è un valor medio, pesato sull'energia termica entrante, del rendimento di generazione ottenuto per le diverse zone termiche.

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.

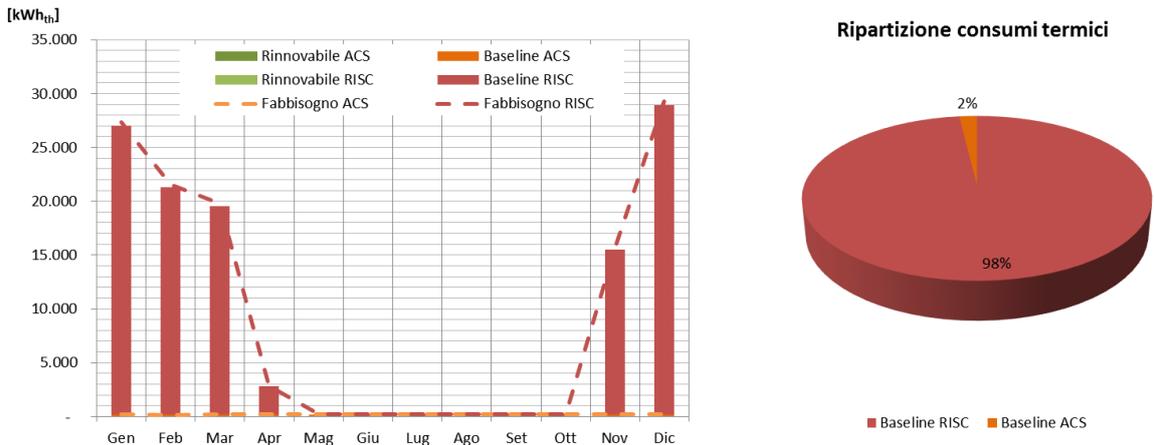
Dall'analisi del diagramma di Sankey relativo al bilancio energetico complessivo dell'edificio è possibile notare che il riscaldamento ha l'impatto maggiore sul resto dei servizi. Tuttavia risulta elevata anche la voce relativa a FEM, nella quale è compresa anche la quota parte dell'energia per l'illuminazione esterna che vale da sola 21 kWh/m².

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



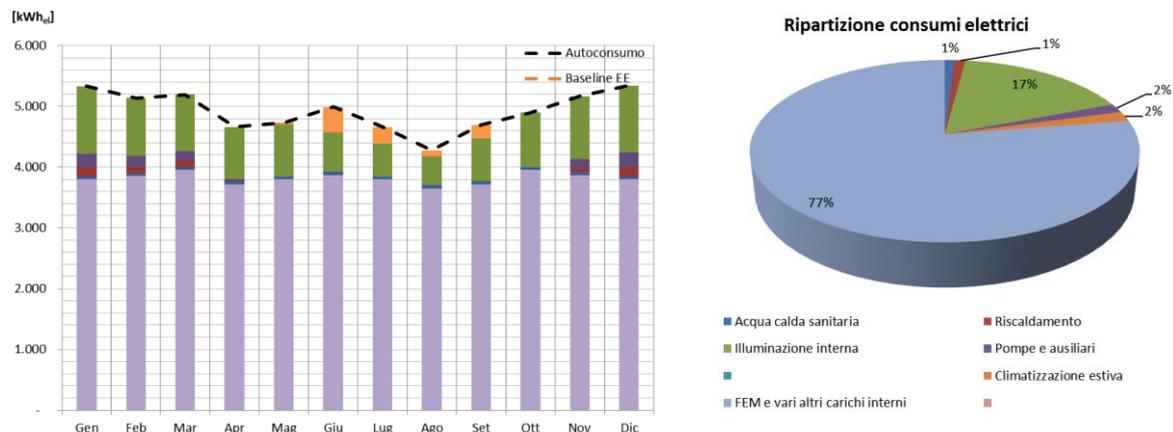
Si può notare come la maggior parte dei consumi termici sia da attribuirsi al riscaldamento, infatti la produzione di ACS da sistemi a combustione è limitata all’utilizzo negli uffici della Polizia Municipale.

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 alle utenze elettriche identificate come FEM, in cui come già precisato rientra l’illuminazione esterna che partecipa a circa il 52% del totale. La quota relativa all’illuminazione interna è la seconda voce di consumo per peso: nonostante l’elevata potenza installata per l’illuminazione dei locali il consumo annuale è comunque limitato a causa del ridotto numero di ore di accensione in molti locali della villa che sono utilizzati solo parzialmente durante il giorno.

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 il contratto come di seguito descritto:

- PDR 1 – 3270050181811: 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. Non è stato quindi possibile effettuare un'analisi dei costi di fatturazione del vettore energetico in quanto tali fatture non sono a disposizione della PA;

Per la fornitura di gas metano gestita tramite il Contratto di Servizio Energia SIE3 relative al PDR1, non essendo disponibile la fatturazione, è stato considerato il costo unitario del vettore termico trimestre per trimestre dal gennaio 2014 al dicembre 2016 come definito da AEEGSI (Autorità per l'energia elettrica il gas ed il sistema idrico) per utenza tipo "condomini uso domestico" in servizio di maggior tutela, funzione del consumo annuo reale per una classe del contatore nel campo G10-G40 per il PDR in esame. L'importo risultante è quindi solo indicativo della spesa. In Tabella 7.1 si riporta l'andamento della stima del costo del vettore termico nel triennio di riferimento ricavato come appena descritto.

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: 3270050181811	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						2.176	23.625	0,092
Febbraio						1.833	19.903	0,092
Marzo						1.479	16.059	0,092
Aprile						308	3.484	0,089
Maggio						19	210	0,089
Giugno						19	210	0,089
Luglio						17	210	0,083
Agosto						17	210	0,083
Settembre						17	210	0,083
Ottobre						18	210	0,087
Novembre						1.402	16.032	0,087
Dicembre						2.158	24.681	0,087
Totale	-	-	-	-	-	9.465	105.042	0,090
PDR: 3270050181811	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						2.215	24.575	0,090

Febbraio						1.991	22.094	0,090
Marzo						1.479	16.414	0,090
Aprile						465	5.376	0,087
Maggio						18	210	0,087
Giugno						18	210	0,087
Luglio						18	210	0,086
Agosto						18	210	0,086
Settembre						18	210	0,086
Ottobre						18	210	0,088
Novembre						1.043	11.886	0,088
Dicembre						1.356	15.452	0,088
Totale	-	-	-	-	-	8.659	97.054	0,089
PDR: 3270050181811	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						2.188	26.659	0,082
Febbraio						1.868	22.762	0,082
Marzo						1.618	19.714	0,082
Aprile						222	3.020	0,073
Maggio						15	210	0,073
Giugno						15	210	0,073
Luglio						16	210	0,075
Agosto						16	210	0,075
Settembre						16	210	0,075
Ottobre						16	210	0,076
Novembre						1.213	15.949	0,076
Dicembre						1.811	23.819	0,076
Totale	-	-	-	-	-	9.013	113.181	0,080

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 triennio di riferimento.

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

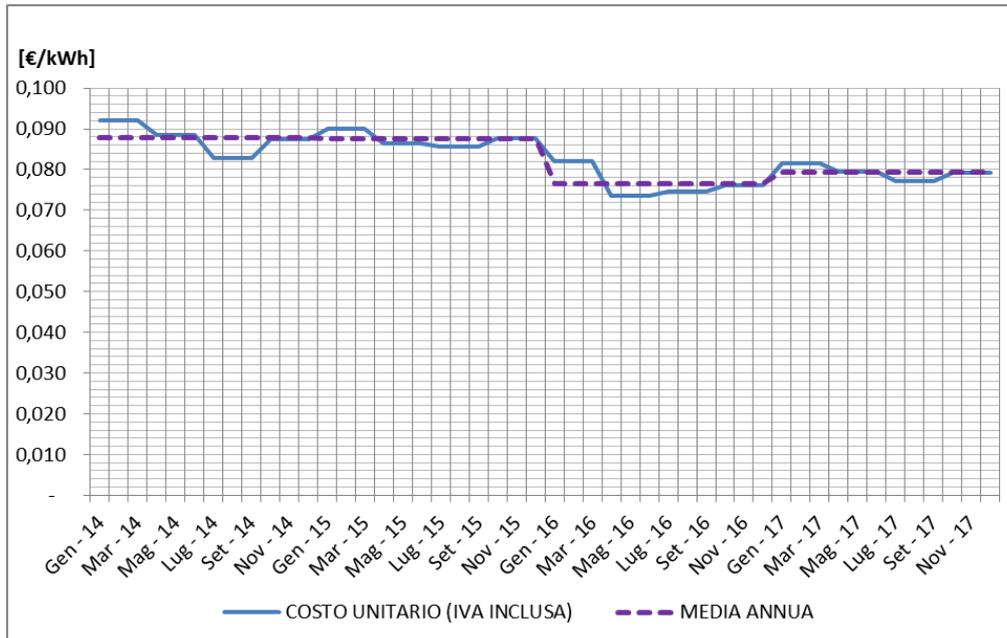
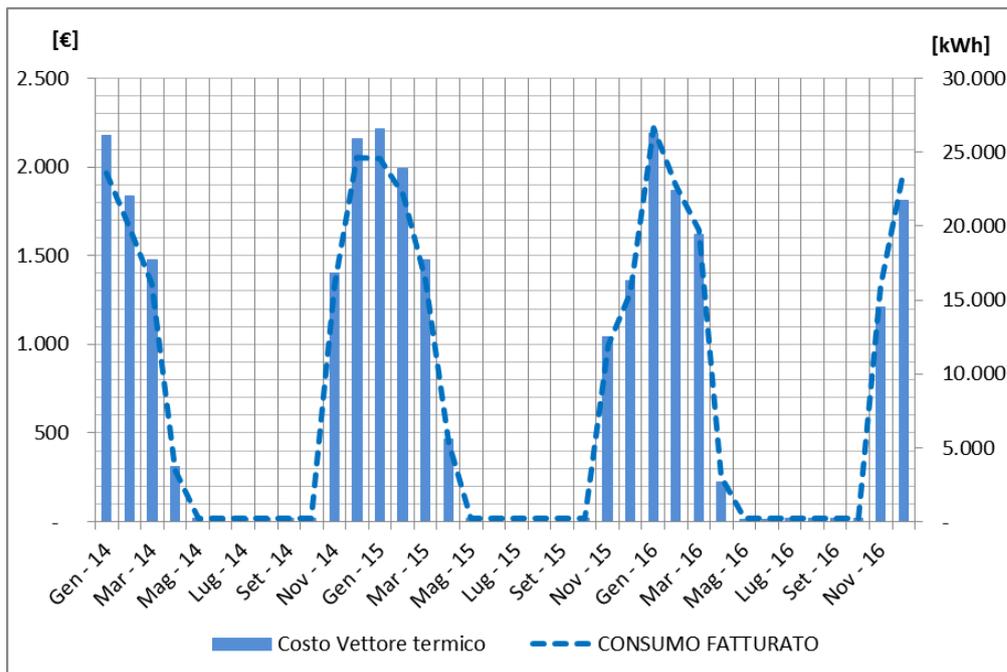


Figura 7.2 – Andamento dei consumi e dei costi dell'energia termica



7.1.2 Vettore elettrico

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

- POD 1 – IT001E00122663: 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 – IT001E00097980: 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 3 – IT001E00122664: 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 termico per gli anni di riferimento.

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

POD: IT001E00122663	2014	2015	2016
Indirizzo di fornitura			
Dati di intestazione fattura	Comune di Genova	Comune di Genova	Comune di Genova
Società di fornitura	EDISON ENERGIA SPA	1- EDISON ENERGIA SPA 2 - GALA SPA	1 - GALA SPA 2 - IREN MERCATO SPA
Inizio periodo fornitura	Precedente	CONTRATTO GALA DA APRILE 2015	CONTRATTO IREN MERCATO DA APRILE 2016
Fine periodo fornitura	-	CHIUSURA CONTRATTO CON EDISON ENERGIA DA MARZO 2015	CHIUSURA CONTRATTO CON GALA SPA DA MARZO 2016
Potenza elettrica impegnata	3 kW	3 kW	3 kW
Potenza elettrica disponibile	4,5 kW	1 - 4,5 kW 2 - 3,3 kW	3,3 kW
Tipologia di contratto	Forniture in BT (Escluso IP)	1 -Forniture in BT (Escluso IP) - 2 - CONSIP EE12 Lotto 2	1 - Forniture in BT (Escluso IP) – 2- CONSIP EE12 Lotto 2 - CONSIP13 VERDE - L0390
Opzione tariffaria ⁽¹⁾	-	-	-
Prezzi del fornitura dell'energia elettrica ⁽²⁾	0,086 €/kWh	0,062 €/kWh	0,063 €/kWh
POD: IT001E00097980	2014	2015	2016
Indirizzo di fornitura			
Dati di intestazione fattura	Comune di Genova	Comune di Genova	Comune di Genova
Società di fornitura	EDISON ENERGIA SPA	1- EDISON ENERGIA SPA 2 - GALA SPA	1 - GALA SPA 2 - IREN MERCATO SPA
Inizio periodo fornitura	Precedente	CONTRATTO GALA DA APRILE 2015	CONTRATTO IREN MERCATO DA APRILE 2016
Fine periodo fornitura	-	CHIUSURA CONTRATTO CON EDISON ENERGIA DA MARZO 2015	CHIUSURA CONTRATTO CON GALA SPA DA MARZO 2016
Potenza elettrica impegnata	20 kW	20 kW	20 kW
Potenza elettrica disponibile	20 kW	20 kW	20 kW
Tipologia di contratto	Forniture in BT (Escluso IP)	1 -Forniture in BT (Escluso IP) - 2 - CONSIP EE12 Lotto 2	1 - Forniture in BT (Escluso IP) – 2- CONSIP EE12 Lotto 2 - CONSIP13 VERDE - L0390
Opzione tariffaria ⁽¹⁾	-	-	-
Prezzi del fornitura dell'energia elettrica ⁽²⁾	0,090 €/kWh	0,065 €/kWh	0,068 €/kWh
POD: IT001E00122664	2014	2015	2016
Indirizzo di fornitura			
Dati di intestazione fattura	Comune di Genova	Comune di Genova	Comune di Genova
Società di fornitura	EDISON ENERGIA SPA	1- EDISON ENERGIA SPA 2 - GALA SPA	1 - GALA SPA 2 - IREN MERCATO SPA
Inizio periodo fornitura	Precedente	CONTRATTO GALA DA APRILE 2015	CONTRATTO IREN MERCATO DA APRILE 2016

Fine periodo fornitura	- CHIUSURA CONTRATTO CON EDISON ENERGIA DA MARZO 2015	CHIUSURA CONTRATTO CON GALA SPA DA MARZO 2016
Potenza elettrica impegnata	6 kW	6 kW
Potenza elettrica disponibile	6 kW	1 – 6 kW 2 - 6,6 kW
Tipologia di contratto	Forniture in BT (Escluso IP)	1 -Forniture in BT (Escluso IP) - 2 - CONSIP EE12 Lotto 2
		1 - Forniture in BT (Escluso IP) – 2- CONSIP EE12 Lotto 2 - CONSIP13 VERDE - L0390
Opzione tariffaria ⁽¹⁾	-	-
Prezzi del fornitura dell'energia elettrica ⁽²⁾	0,084 €/kWh	0,056 €/kWh
		0,064 €/kWh

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

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

Nella Tabella 7.3 si riporta l'andamento del costo del vettore elettrico nel triennio di riferimento, suddiviso nelle varie componenti.

Tabella 7.3 – Andamento del costo del vettore elettrico nel triennio di riferimento

POD: IT001E00122 663	QUOTA ENERGIA	ONERI DI SISTEMA		IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO (IVA INCLUSA)
		PARTE FISSA	PARTE VARIABILE					
ANNO 2014	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[KWH]	[€/kWh]
Gen – 14	25	21	22	4	16	88	293	0,299
Feb – 14	24	21	21	4	15	85	283	0,301
Mar – 14	21	21	19	3	14	77	247	0,314
Apr – 14	16	21	14	2	12	65	178	0,364
Mag – 14	15	16	13	2	10	57	169	0,337
Giu – 14	17	14	17	2	11	62	196	0,316
Lug – 14	19	21	17	3	13	73	214	0,340
Ago – 14	15	21	14	2	11	64	175	0,364
Set – 14	22	21	20	3	15	82	255	0,320
Ott – 14	19	22	18	3	13	74	221	0,337
Nov – 14	29	22	28	4	18	101	344	0,293
Dic – 14	45	22	43	7	25	141	535	0,264
Totale	266	244	245	39	175	968	3.110	0,311
POD: IT001E00122 663	QUOTA ENERGIA	ONERI DI SISTEMA		IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO (IVA INCLUSA)
		PARTE FISSA	PARTE VARIABILE					
ANNO 2015	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[KWH]	[€/kWh]
Gen – 15	29	22	31	5	19	106	371	0,285
Feb – 15	44	22	49	7	27	150	596	0,252
Mar – 15	32	22	37	6	21	118	450	0,263
Apr – 15	23	22	31	5	18	99	367	0,268



E1641/2 – VILLA PIAGGIO

Mag – 15	22	22	31	5	18	98	371	0,263
Giu – 15	23	22	34	5	19	104	408	0,254
Lug – 15	24	23	37	5	20	109	437	0,249
Ago – 15	20	23	32	5	18	98	378	0,258
Set – 15	18	23	31	5	17	93	363	0,257
Ott – 15	16	23	30	4	16	90	342	0,264
Nov – 15	20	23	37	5	19	104	417	0,249
Dic – 15	35	23	44	6	24	132	494	0,268
Totale	308	270	426	62	234	1.300	4.994	0,260
POD: IT001E00122 663	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	34	22	44	7	24	131	530	0,246
Feb – 16	20	22	31	5	17	96	377	0,254
Mar – 16	23	22	38	6	20	108	451	0,240
Apr – 16	18	22	29	4	16	90	343	0,261
Mag – 16	17	22	26	4	15	85	311	0,273
Giu – 16	19	22	27	4	16	88	322	0,273
Lug – 16	26	22	32	5	19	104	382	0,273
Ago – 16	19	22	25	4	16	86	305	0,283
Set – 16	16	22	20	3	13	75	235	0,318
Ott – 16	16	22	18	3	13	72	212	0,339
Nov – 16	20	22	21	3	15	81	244	0,330
Dic – 16	30	22	32	5	20	109	382	0,286
Totale	259	269	342	51	203	1.124	4.094	0,275
POD: IT001E00097 980	QUOTA ENERGIA	ONERI DI SISTEMA PARTE FISSA	ONERI DI SISTEMA PARTE VARIABILE	IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO (IVA INCLUSA)
ANNO 2014	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[KWH]	[€/kWh]
Gen – 14	264	64	219	36	128	712	2.915	0,244
Feb – 14	234	72	193	32	117	648	2.557	0,253
Mar – 14	216	62	179	30	107	593	2.372	0,250
Apr – 14	162	51	135	22	81	452	1.742	0,259
Mag – 14	138	40	117	19	69	383	1.506	0,255
Giu – 14	104	30	90	14	52	290	1.155	0,251
Lug – 14	105	24	92	15	52	288	1.176	0,245
Ago – 14	92	24	84	13	47	260	1.053	0,247
Set – 14	116	30	102	16	58	322	1.302	0,248
Ott – 14	158	14	142	22	74	410	1.770	0,232
Nov – 14	210	64	188	29	108	599	2.337	0,256

Dic – 14	250	72	226	35	129	713	2.829	0,252
Totale	2.050	548	1.766	284	1.023	5.671	22.714	0,250
POD: IT001E00097 980	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	250	73	226	37	129	714	2.951	0,242
Feb – 15	242	73	228	37	127	707	2.973	0,238
Mar – 15	217	59	213	35	115	640	2.787	0,230
Apr – 15	123	60	158	26	81	447	2.048	0,219
Mag – 15	83	41	110	18	55	307	1.424	0,216
Giu – 15	71	35	97	16	48	267	1.252	0,213
Lug – 15	67	33	100	16	47	262	1.256	0,209
Ago – 15	62	36	94	15	45	251	1.175	0,214
Set – 15	61	30	99	16	45	251	1.240	0,202
Ott – 15	94	58	174	26	78	430	2.104	0,204
Nov – 15	116	63	215	32	94	521	2.598	0,201
Dic – 15	207	63	222	34	116	642	2.684	0,239
Totale	1.592	623	1.938	306	981	5.440	24.492	0,222
POD: IT001E00097 980	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	225	77	248	40	130	721	3.223	0,224
Feb – 16	166	70	229	37	111	613	2.974	0,206
Mar – 16	127	60	189	30	89	495	2.434	0,203
Apr – 16	90	65	134	21	68	378	1.717	0,220
Mag – 16	100	65	138	22	71	395	1.775	0,223
Giu – 16	78	65	103	17	58	320	1.327	0,241
Lug – 16	79	65	86	14	54	298	1.118	0,266
Ago – 16	74	65	90	15	54	297	1.168	0,254
Set – 16	92	65	100	16	60	333	1.295	0,257
Ott – 16	169	65	166	27	94	521	2.130	0,244
Nov – 16	236	65	210	34	120	664	2.685	0,247
Dic – 16	245	65	228	37	126	701	2.929	0,239
Totale	1.681	788	1.922	310	1.034	5.735	24.775	0,231
POD: IT001E00122 664	QUOTA ENERGIA	ONERI DI SISTEMA PARTE FISSA	ONERI DI SISTEMA PARTE VARIABILE	IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO (IVA INCLUSA)
ANNO 2014	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[KWH]	[€/kWh]
Gen – 14	92	30	85	14	49	270	1.123	0,240



E1641/2 – VILLA PIAGGIO

Feb – 14	93	30	85	14	49	272	1.124	0,242
Mar – 14	94	30	84	14	49	272	1.123	0,242
Apr – 14	98	30	87	14	51	281	1.123	0,250
Mag – 14	98	30	87	14	50	280	1.123	0,249
Giu – 14	97	30	87	14	50	280	1.123	0,249
Lug – 14	96	31	88	14	50	279	1.123	0,248
Ago – 14	96	31	88	14	50	279	1.123	0,248
Set – 14	96	31	88	14	50	278	1.123	0,248
Ott – 14	94	31	90	14	50	279	1.124	0,248
Nov – 14	93	31	90	14	50	278	1.123	0,247
Dic – 14	91	31	90	14	50	276	1.124	0,245
Totale	1.138	367	1.049	168	599	3.322	13.479	0,246
POD: IT001E00122 664	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	86	31	93	14	49	274	1.123	0,244
Feb – 15	83	31	93	14	49	270	1.124	0,240
Mar – 15	80	31	93	14	48	266	1.123	0,237
Apr – 15	149	32	209	31	93	513	2.500	0,205
Mag – 15	149	32	216	32	94	523	2.583	0,202
Giu – 15	139	32	209	31	90	502	2.500	0,201
Lug – 15	135	32	221	32	92	513	2.583	0,199
Ago – 15	131	32	221	32	92	508	2.583	0,197
Set – 15	122	32	214	31	88	487	2.500	0,195
Ott – 15	118	32	230	32	91	504	2.583	0,195
Nov – 15	118	32	230	32	91	504	2.581	0,195
Dic – 15	183	32	231	38	107	592	3.079	0,192
Totale	1.494	383	2.260	336	984	5.456	26.862	0,203
POD: IT001E00122 664	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	163	31	216	32	97	540	2.593	0,208
Feb – 16	127	31	202	30	86	477	2.426	0,197
Mar – 16	131	31	216	32	90	501	2.593	0,193
Apr – 16	145	31	209	31	92	509	2.509	0,203
Mag – 16	142	31	216	32	93	515	2.593	0,199
Giu – 16	143	31	209	31	91	507	2.509	0,202
Lug – 16	178	31	216	32	101	558	2.593	0,215
Ago – 16	162	31	216	32	97	538	2.593	0,208

E1641/2 – VILLA PIAGGIO

Set - 16	172	31	209	31	98	542	2.509	0,216
Ott - 16	193	31	218	32	104	579	2.593	0,223
Nov - 16	201	31	211	31	104	579	2.509	0,231
Dic - 16	203	31	218	32	107	591	2.593	0,228
Totale	1.962	374	2.557	383	1.161	6.436	30.613	0,210

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. Si consideri l'andamento rappresentato è valutato sulla media dei tre differenti POD analizzati.

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

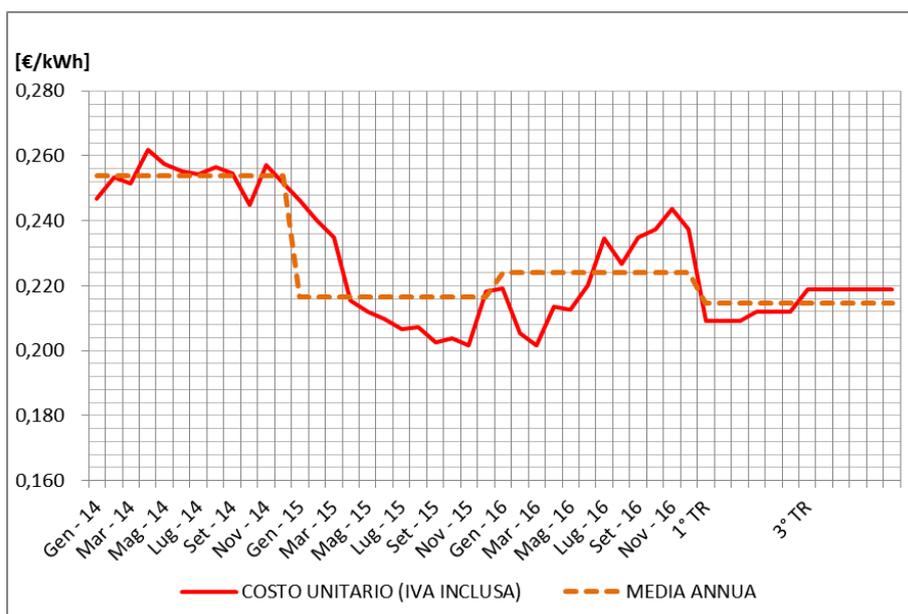
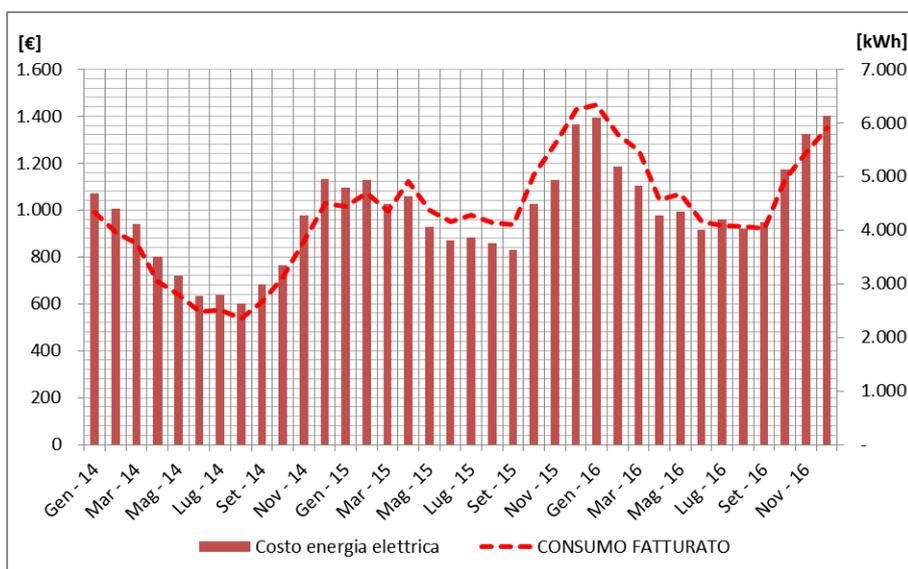


Figura 7.4 – Andamento dei consumi e dei costi dell'energia elettrica



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

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 7.4 sono sintetizzati i costi ed i consumi energetici precedentemente analizzati.

Tabella 7.4 – Sintesi dei consumi nel triennio di riferimento

ANNO	VETTORE TERMICO			VETTORE ELETTRICO			TOTALE
	[kWh]	[€]	[€/kWh]	[kWh]	[€]	[€/kWh]	[€]
2014	105.042	9.465	0,090	39.303	9.961	0,253	19.426
2015	97.054	8.659	0,089	56.348	12.196	0,216	20.855
2016	113.181	9.013	0,080	59.482	13.295	0,224	22.308
2017	-	-	0,081	-	-	0,215	-
Media	105.093	9.046	0,085	51.711	11.817	0,227	62.589

Ai fini del calcolo della Baseline dei costi si sono pertanto assunti i valori di riportati nella Tabella 7.5.

Tabella 7.5 – 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 0,0807	[€/kWh]
Costo unitario dell'energia elettrica	Valore relativo all'ultimo anno a disposizione	Cu _{EE} 0,215	[€/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:

- L1-042-015: servizio SIE3
- L1-042-290: servizio SIE3

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

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

Tali servizi prevedono il pagamento di un canone annuale da parte della PA pari a 21.645,41 €, IVA inclusa.

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

$$\begin{aligned} C_{MS} &= 0.1 \times C_M \\ C_{MO} &= 0.9 \times C_M \end{aligned}$$

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

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

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

$$\begin{aligned} C_{MS} &= 0.21 \times C_M \\ C_{MO} &= 0.79 \times C_M \end{aligned}$$

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

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

Definizione		Valore	U.M.
Costo per la gestione e manutenzione ordinaria	Corrispettivo annuale relativo al contratto O&M in essere	C_{MO} 9.816	[€/anno]
Costo per la manutenzione straordinaria	Media relativa a gli stessi anni considerati per il rilevamento dei consumi storici	C_{MS} 2.609	[€/anno]

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

7.4 BASELINE DEI COSTI

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

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

Per la componente energetica vale la seguente formula:

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

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

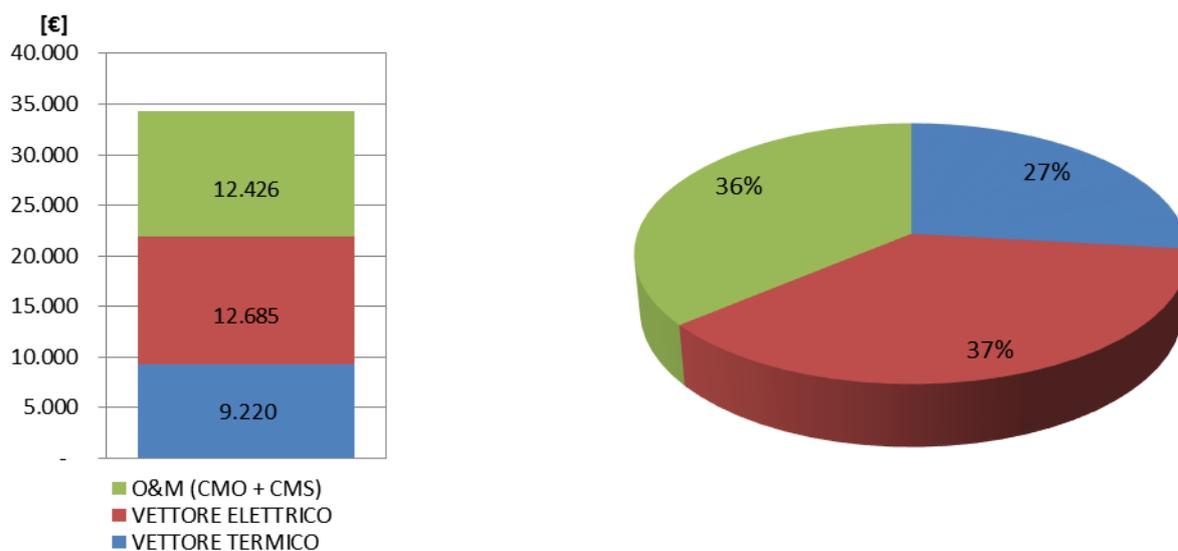
$$C_{baseline} = C_E + C_{MO} + C_{MS}$$

Ne risulta quindi un C_E pari a € 21.905 e un $C_{baseline}$ pari a € 34.330

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

VETTORE TERMICO			VETTORE ELETTRICO				O&M (C _{MO} + C _{MS})		TOTALE
Q _{baseline}	C _{UQ}	C _Q	EE _{baseline}	C _{UEE}	C _{EE}	C _M	C _{MO}	C _{MS}	C _Q +C _{EE} +C _M
[kWh]	[€/kWh]	[€]	[kWh]	[€/kWh]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]
114.312	0,081	9.220	59.096	0,215	12.685	12.426	9.816	2.609	34.330

Figura 7.5 – Baseline dei costi e loro ripartizione



8 IDENTIFICAZIONE DELLE MISURE DI EFFICIENZA ENERGETICA

8.1 DESCRIZIONE, FATTIBILITÀ E PRESTAZIONI DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI

8.1.1 Involucro edilizio

EEM1: Coibentazione verso l'esterno delle coperture

Generalità

La misura prevede la coibentazione della copertura sull'estradosso dei solai esistenti, in grado di ridurre le dispersioni di calore dagli ambienti interni riscaldati verso l'esterno.

Le prestazioni dell'involucro devono garantire il comfort termico e igrometrico degli spazi confinati e il contenimento dei consumi energetici mediante il soddisfacimento dei requisiti prestazionali ambientali (comfort termico all'interno sia nel periodo invernale che estivo) e tecnologici (Controllo dei fenomeni di condensa superficiale e interstiziale). Le prestazioni energetiche dell'edificio dipendono dall'efficienza dell'involucro che lo racchiude.

L'isolamento di una copertura piana dall'esterno consente di intervenire molto efficacemente in quelle coperture che per vetustà o carenze tecniche non sono più in grado di garantire il comfort termico.

La riduzione dei valori sopra citati, porta ad una riduzione dei fabbisogni di energia termica utile dell'involucro e conseguentemente una riduzione dei consumi e delle emissioni di CO₂ in ambiente.



Caratteristiche funzionali e tecniche

Dal punto di vista tecnologico, l'intervento prevede, al di sopra della struttura esistente, costituita dal solaio, dal massetto per creare la pendenza, dal manto impermeabile esistente con funzione di barriera al vapore, l'applicazione di:

- un nuovo strato isolante: gli isolanti impiegati possono essere, ad esempio, polistirene estruso, poliuretano espanso o vetro cellulare; l'isolante impiegato deve in ogni caso essere impermeabile all'acqua, avere un basso coefficiente di dilatazione al calore e una buona resistenza meccanica;
- un nuovo manto impermeabilizzante in doppia guaina bituminosa;
- ripristino pavimentazione praticabile

In questa fase abbiamo considerato, nella riproduzione su modello termico dell'intervento, il sistema isolante che consenta il raggiungimento delle trasmittanze limite per l'applicazione del Conto Termico 2.0. In particolare si considera di coibentare le coperture piane dei piani secondo e terzo della villa, la copertura della palestra e la copertura dell'attuale locale adibito ad aula informatica dell'AA, identificate nel documento con i codici S1 e S2, attraverso l'applicazione di pannelli in polistirene espanso da 140 mm di spessore, densità 35 kg/m³ e conduttività 0,033 W/m/K. L'isolamento permette di ottenere una trasmittanza termica media pari a 0,206 W/(m²K).

Si rimanda comunque alle fasi successive la scelta più opportuna ed accurata dei materiali da installare.

Descrizione dei lavori

I lavori devono essere effettuati da impresa specializzata che rilasci una garanzia di corretta posa di tutti i componenti, con particolare attenzione agli elementi di tenuta all'acqua e all'aria. Dovranno essere utilizzate tutte le procedure di sicurezza per i lavori in quota, compresa l'installazione di ponteggi o parapetti. E' importante utilizzare il giusto materiale in relazione ai carichi agenti e alle condizioni climatiche e stratigrafiche presenti.

La manutenzione deve essere realizzata con una verifica visiva dello stato di salute della guaina, con cadenze anche biennali, e in caso di forature della stessa, intervenire con tecniche e prodotti compatibili con la resistenza chimica, fisica e meccanica del materiale.

Prestazioni raggiungibili

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

L'efficacia dell'intervento in termini di riduzione della trasmittanza termica, permette all'azione migliorativa di ottenere buoni risultati per quel che riguarda la riduzione dei consumi di energia termica (circa il 22%); si consideri che nel modello relativo allo stato di fatto i componenti oggetto dell'intervento contribuiscono a circa il 24% delle dispersioni per trasmissione dell'intera struttura.

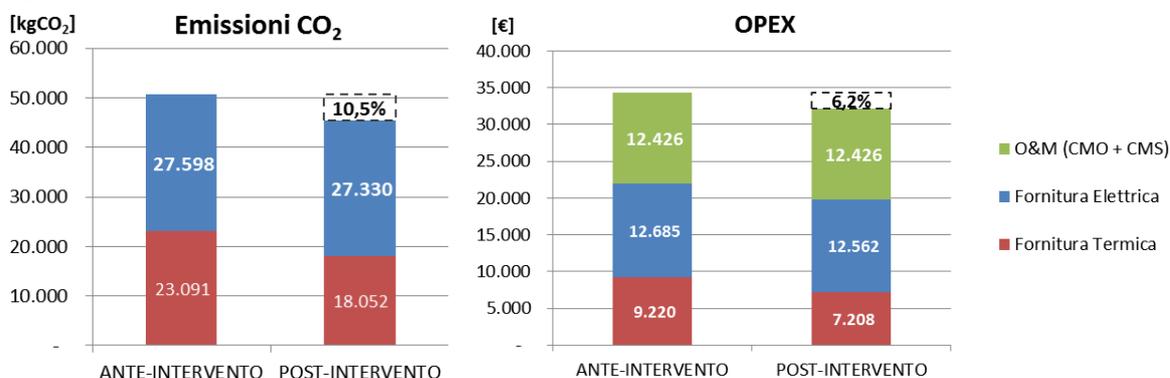
Tabella 8.1 – Risultati analisi EEM1 – Coibentazione verso l'esterno delle coperture

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
EEM1 Trasmittanza termica media coperture oggetto di intervento	[W/m ² K]	1,641	0,206	87,5%
Q _{teorico}	[kWh]	117.837	92.123	21,8%
EE _{teorico}	[kWh]	59.449	58.873	1,0%
Q _{baseline}	[kWh]	114.312	89.368	21,8%
EE _{Baseline}	[kWh]	59.096	58.523	1,0%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	23.091	18.052	21,8%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	27.598	27.330	1,0%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	50.689	45.383	10,5%
Fornitura Termica, C _Q	[€]	9.220	7.208	21,8%
Fornitura Elettrica, C _{EE}	[€]	12.685	12.562	1,0%
Fornitura Energia, C_E	[€]	21.904	19.770	9,7%
C _{MO}	[€]	9.816	9.816	0,0%
C _{MS}	[€]	2.609	2.609	0,0%
O&M (C _{MO} + C _{MS})	[€]	12.426	12.426	0,0%
OPEX	[€]	34.330	32.195	6,2%
Classe energetica	[-]	F	F	+0 classi

Nota (1). I fattori di emissione per il calcolo delle emissioni di CO₂ sono: 0,202 [kgCO₂/kWh] per il vettore termico e 0,467 [kgCO₂/kWh] per il vettore elettrico

Nota (2). I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,081 [€/kWh] per il vettore termico e 0,215 [€/kWh] per il vettore elettrico

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



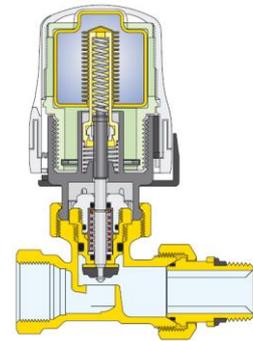
8.1.2 Impianto riscaldamento

EEM2: Installazione valvole termostatiche ed elettropompa di circolazione a giri variabili

Generalità

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

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



Caratteristiche funzionali e tecniche

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

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



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

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

Descrizione dei lavori

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



Prestazioni raggiungibili

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

L'intervento contribuisce notevolmente al miglioramento del rendimento di regolazione dell'impianto, agendo in collaborazione con la già presente regolazione con curva climatica, diminuendo di circa il 22% i consumi di gas naturale. I costi manutentivi andranno leggermente ad aumentare visto che si rende necessario un controllo periodico del corretto funzionamento di valvole e termostati di zona.

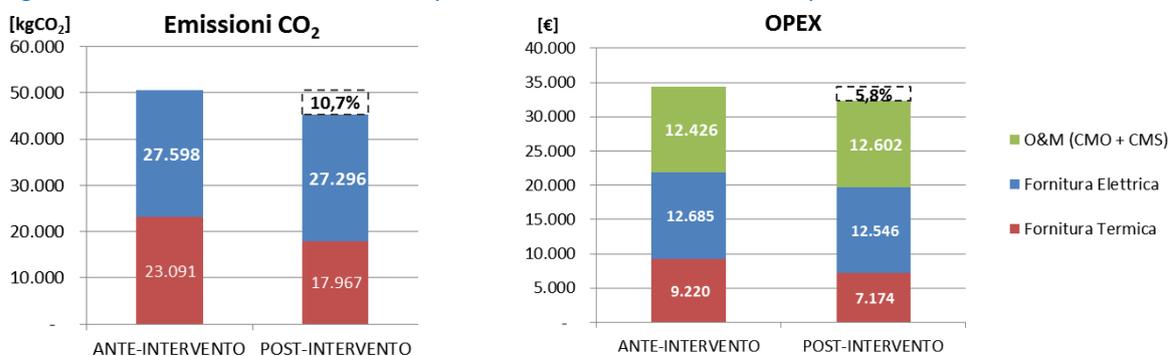
Tabella 8.2 – Risultati analisi EEM2 – Installazione valvole termostatiche ed elettropompa di circolazione a giri variabili

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
EEM2 Rendimento medio di regolazione	[%]	76,3	99	-29,7%
$Q_{teorico}$	[kWh]	117.837	91.690	22,2%
$EE_{teorico}$	[kWh]	59.449	58.798	1,1%
$Q_{baseline}$	[kWh]	114.312	88.947	22,2%
$EE_{Baseline}$	[kWh]	59.096	58.449	1,1%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	23.091	17.967	22,2%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	27.598	27.296	1,1%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	50.689	45.263	10,7%
Fornitura Termica, C_Q	[€]	9.220	7.174	22,2%
Fornitura Elettrica, C_{EE}	[€]	12.685	12.546	1,1%
Fornitura Energia, C_E	[€]	21.904	19.720	10,0%
C_{MO}	[€]	9.816	9.914	-1,0%
C_{MS}	[€]	2.609	2.688	-3,0%
O&M ($C_{MO} + C_{MS}$)	[€]	12.426	12.602	-1,4%
OPEX	[€]	34.330	32.322	5,8%
Classe energetica	[-]	F	F	+0 classi

Nota (1). I fattori di emissione per il calcolo delle emissioni di CO₂ sono: 0,202 [kgCO₂/kWh] per il vettore termico e 0,467 [kgCO₂/kWh] per il vettore elettrico

Nota (2). I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,081 [€/kWh] per il vettore termico e 0,215 [€/kWh] per il vettore elettrico

Figura 8.2 – EEM2: Riduzione dei costi operativi e delle emissioni di CO₂ a partire dalla baseline



EEM4: Sostituzione del generatore di calore

Generalità

Si propone pertanto la sostituzione dell'attuale generatore di calore di centrale termica GEN1 con una nuova caldaia a condensazione con bruciatore modulante, classe di rendimento 4 Stelle secondo dir. CEE 92/42 e D.P.R. 660.

L'installazione di una caldaia a condensazione modulante permetterà un migliore adattamento della potenza in funzione del carico richiesto, e consentirà anche di servire i circuiti a bassa temperatura ottimizzando la temperatura di mandata dell'acqua in funzione delle condizioni climatiche esterne e del carico effettivo.

Parallelamente si migliora anche il sistema di regolazione mediante l'installazione di valvole termostatiche sui terminali di emissione, che agiranno in combinazione con la regolazione della temperatura di mandata del circuito di riscaldamento collegata ad una sonda climatica già presente. A tale misura si deve associare anche l'installazione di un elettropompa di circolazione a giri variabili. L'installazione delle valvole termostatiche e del circolatore a inverter sono requisiti necessari per l'accesso agli incentivi del Conto Termico.

Il risparmio energetico deriva sia dalla migliore efficienza di combustione del nuovo generatore di calore, sia dalla migliore regolazione della temperatura ambiente e della distribuzione; con maggiore sicurezza ed affidabilità del sistema, con minori emissioni inquinanti in ambiente.

Caratteristiche funzionali e tecniche

L'intervento in oggetto si propone di ristrutturare l'impianto termico agendo su tre aspetti principali:

- sostituire la caldaia a alimentata a gas metano esistente di tipo tradizionale con un generatore a condensazione di ultima generazione, correttamente dimensionato in funzione delle effettive dispersioni termiche ed esigenze dell'edificio; la simulazione è stata effettuata con una taglia di caldaia inferiore e pari a 400 kWt, mantenendo ampio margine rispetto al fabbisogno dell'edificio
- sostituire le pompe di circolazione del circuito primario (ES01,ES02) con una adeguata pompa gemellare a giri variabili
- installare le valvole termostatiche sui terminali di emissione delle zone termiche 1 e 2.

Occorre inoltre verificare che il rendimento del nuovo generatore di calore a condensazione rispetti i requisiti minimi per l'accesso all'incentivo da Conto Termico.

Descrizione dei lavori

Si consiglia di fare eseguire l'intervento solo da personale specializzato, occorre verificare preventivamente gli spazi di installazione in relazione agli ingombri delle nuove caldaie; verificare l'idoneità del condotto di evacuazione fumi; verificare la necessità di garantire una continuità di servizio all'edificio in fase di sostituzione. Verificare la presenza dell'addolcitore e che questo sia operativo. Verificare, in funzione della potenza installata, la necessità di installare un neutralizzatore di condensa (norma UNI 11071/2003).

Prestazioni raggiungibili

I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione della EEM4 sono riportati nella **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.** e nella Figura 8.3.

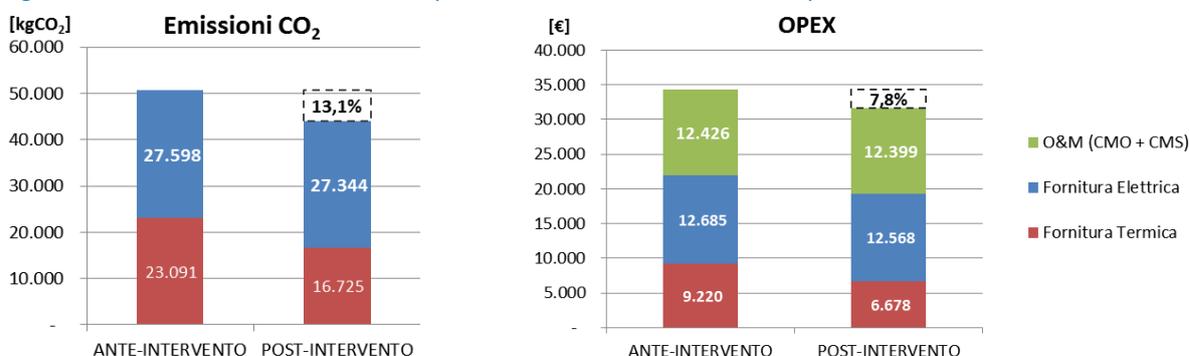
L'intervento contribuisce a migliorare di oltre il 9% il rendimento di generazione, con un vantaggio in termini di consumo di gas naturale vicino al 28%. Dall'azione migliorativa si ottiene una riduzione dei consumi dovuti alla distribuzione (consumi elettrici) di circa il 54%, pur non migliorando il rendimento di distribuzione. Così come nel paragrafo dedicato all'EEM2, il rendimento di regolazione invece passa dal 76,3% al 99%. Le spese per la manutenzione straordinaria subiranno un leggero decremento, auspicando che un nuovo dispositivo abbia minori probabilità di guasto, ma la parte relativa alla gestione e alla manutenzione ordinaria rimarranno pressoché costanti.

Tabella 8.3 – Risultati analisi EEM4 – Sostituzione del generatore di calore

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
EEM4 Rendimento di generazione GEN1	[%]	87,5	96,6	-10,4%
Q _{teorico}	[kWh]	117.837	85.350	27,6%
EE _{teorico}	[kWh]	59.449	58.902	0,9%
Q _{baseline}	[kWh]	114.312	82.797	27,6%
EE _{Baseline}	[kWh]	59.096	58.552	0,9%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	23.091	16.725	27,6%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	27.598	27.344	0,9%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	50.689	44.069	13,1%
Fornitura Termica, C _Q	[€]	9.220	6.678	27,6%
Fornitura Elettrica, C _{EE}	[€]	12.685	12.568	0,9%
Fornitura Energia, C_E	[€]	21.904	19.246	12,1%
C _{MO}	[€]	9.816	9.816	0,0%
C _{MS}	[€]	2.609	2.583	1,0%
O&M (C _{MO} + C _{MS})	[€]	12.426	12.399	0,2%
OPEX	[€]	34.330	31.645	7,8%
Classe energetica	[-]	F	F	+0 classi

Nota (1). I fattori di emissione per il calcolo delle emissioni di CO₂ sono: 0,202 [kgCO₂/kWh] per il vettore termico e 0,467 [kgCO₂/kWh] per il vettore elettrico

Nota (2). I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,081 [€/kWh] per il vettore termico e 0,215 [€/kWh] per il vettore elettrico

Figura 8.3 – EEM4: Riduzione dei costi operativi e delle emissioni di CO₂ a partire dalla baseline

8.1.3 Impianto produzione acqua calda sanitaria

Non sono stati valutati interventi sui sistemi di produzione di ACS, in quanto il peso di tale servizio è praticamente trascurabile dal punto di vista energetico ed economico e l'utenza più importante (ZT2) è già dotata di un sistema efficiente per la produzione di acqua calda.

8.1.4 Impianto di ventilazione e climatizzazione estiva

Non sono stati valutati interventi sull'impianto di climatizzazione estiva in quanto ad uso di una porzione relativamente ridotta della struttura.

8.1.5 Impianto di illuminazione ed impianto elettrico

EEM3: Sostituzione corpi illuminanti interni

Generalità

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

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

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

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



Caratteristiche funzionali e tecniche

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

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

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

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

Tabella 8.4 – Sostituzione corpi illuminanti

Potenza [W]	Tipologia	Corrispondenza LED [W]
1X18	Fluo T8	1X9
1X36	Fluo T8	1X22
1X58	Fluo T8	1X28
2X18	Fluo T8	18
2X36	Fluo T8	32
2X58	Fluo T8	62
4X18	Fluo T8	4x9
25	Fluo bulbo	13
25	Fluo Circolina	18
70	Faretto alogeno	10

In particolare per le plafoniere con lampade a fluorescenza 1x18W, 4x18W, 1x36W e 1x58W è stata prevista la sola sostituzione delle lampade, mentre per le tipologie 2x18W, 2x36W e 2x58W è prevista la sostituzione completa di plafoniera e lampada.

Descrizione dei lavori

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

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

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

Prestazioni raggiungibili

I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione della EEM3 sono riportati nella Con l'intervento in oggetto si riesce a ridurre più del 50% la potenza installata per l'illuminazione interna dell'edificio, riducendo così del 9% il consumo di energia elettrica totale. Il risparmio relativo è ridotto in quanto la quota parte dedicata all'illuminazione esterna ha un peso per niente trascurabile. La riduzione nella spesa di manutenzione è imputabile alla maggiore vita utile di lampade a LED rispetto a lampade con tecnologia del tipo a fluorescenza.

Tabella 8.5 e nella Figura 8.4.

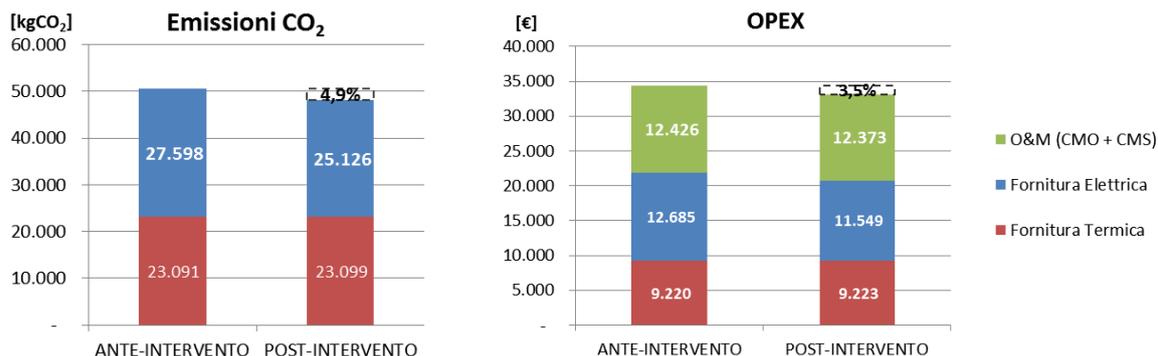
Con l'intervento in oggetto si riesce a ridurre più del 50% la potenza installata per l'illuminazione interna dell'edificio, riducendo così del 9% il consumo di energia elettrica totale. Il risparmio relativo è ridotto in quanto la quota parte dedicata all'illuminazione esterna ha un peso per niente trascurabile. La riduzione nella spesa di manutenzione è imputabile alla maggiore vita utile di lampade a LED rispetto a lampade con tecnologia del tipo a fluorescenza.

Tabella 8.5 – Risultati analisi EEM3 – Sostituzione corpi illuminanti interni

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
EEM3 Potenza elettrica installata per l'illuminazione	[kW]	11,47	5,40	52,9%
$Q_{teorico}$	[kWh]	117.837	117.877	0,0%
$EE_{teorico}$	[kWh]	59.449	54.125	9,0%
$Q_{baseline}$	[kWh]	114.312	114.351	0,0%
$EE_{baseline}$	[kWh]	59.096	53.803	9,0%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	23.091	23.099	0,0%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	27.598	25.126	9,0%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	50.689	48.225	4,9%
Fornitura Termica, C_Q	[€]	9.220	9.223	0,0%
Fornitura Elettrica, C_{EE}	[€]	12.685	11.549	9,0%
Fornitura Energia, C_E	[€]	21.904	20.772	5,2%
C_{MO}	[€]	9.816	9.816	0,0%
C_{MS}	[€]	2.609	2.557	2,0%
O&M ($C_{MO} + C_{MS}$)	[€]	12.426	12.373	0,4%
OPEX	[€]	34.330	33.145	3,5%
Classe energetica	[-]	F	G	-1 classe

Nota (1). I fattori di emissione per il calcolo delle emissioni di CO₂ sono: 0,202 [kgCO₂/kWh] per il vettore termico e 0,467 [kgCO₂/kWh] per il vettore elettrico

Nota (2). I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,081 [€/kWh] per il vettore termico e 0,215 [€/kWh] per il vettore elettrico

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

Si vuole inoltre far notare che installando un sistema di riduzione automatica del flusso luminoso per l'illuminazione esterna, si riuscirebbe a ridurre del 30% il fabbisogno totale di energia elettrica.

8.1.6 Impianto di generazione da fonti rinnovabili

Non sono stati valutati interventi relativi all'installazione di impianti di generazione da fonti rinnovabili a causa dei vincoli architettonici e paesaggistici che ricadono sulla struttura.

9 VALUTAZIONE ECONOMICO-FINANZIARIA

9.1 ANALISI DEI COSTI DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI CONSIDERATI FATTIBILI

EEM1: Coibentazione verso l'esterno delle coperture

Nella Tabella 9.1 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM 1, che consiste nella coibentazione verso l'esterno delle coperture.

La realizzazione di tale intervento consentirebbe l'ottenimento degli incentivi previsti dal conto termico 2.0, i quali sono quantificati nel 40% dell'investimento iniziale, in quanto inferiore ai 400000 €, il costo unitario inferiore ai 200 €/mq e la trasmittanza inferiore a 0,22 W/mq/K.

Tabella 9.1 – Analisi dei costi della EEM1 – Coibentazione verso l'esterno delle coperture

CODICE	DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZAT O	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO	TOTALE	IVA	TOTALE
					[€/m o €/m ² o €/m ³]	(IVA ESCLUSA) [€]	(IVA INCLUSA) [%]	(IVA INCLUSA) [€]
25.A05.A40.020	Demolizione manto di copertura	Prezzario Regione Liguria	805	m ²	€ 7,76	€ 6.249,73	22%	€ 7.624,67
01.P09.A22.010	Pannelli ottenuti dall'accoppiaggio tra una membrana bituminosa impermeabilizzante e pannelli isolanti in polistirene espanso sinterizzato (EPS) ad alta densità, Per isolamento termico di coperture - spessore 40 mm	Prezzario Regione Piemonte	805	m ²	€ 11,95	€ 9.616,09	22%	€ 11.731,63
01.P09.A22.025	Pannelli ottenuti dall'accoppiaggio tra una membrana bituminosa impermeabilizzante e pannelli isolanti in polistirene espanso sinterizzato (EPS) ad alta densità Per isolamento termico di coperture - spessore 100 mm	Prezzario Regione Piemonte	805	m ²	€ 18,80	€ 15.134,00	22%	€ 18.463,48
1C.08.050.0020	Massetto per pavimento in ceramica, gres, marmi sottili prefiniti e simili	Prezzario Milano	805	m ²	€ 12,39	€ 9.974,68	22%	€ 12.169,11
03.P10.B01.005	Guaina in fibre di polietilene, barriera al vento e all'acqua, traspirante, esente da esalazioni di sostanze tossiche. Rotolo	Prezzario Regione Piemonte	805	m ²	€ 13,95	€ 11.233,41	22%	€ 13.704,76
25.A44.A50.010	Solo posa di isolamento termico-acustico superfici orizzontali (coperture e simili)	Prezzario Regione Liguria	805	m ²	€ 6,07	€ 4.888,55	22%	€ 5.964,03
25.A48.A30.010	Solo posa in opera di membrane bituminose semplici,	Prezzario Regione Liguria	805	m ²	€ 10,74	€ 8.642,77	22%	€ 10.544,18
25.A66.C10.020	Solo posa in opera in masselli autobloccanti di calcestruzzo vibrocompressso	Prezzario Regione Liguria	805	m ³	€ 14,56	€ 11.723,73	22%	€ 14.302,95

AT.N20.S10.065	Ponteggio per castello di servizio 3,60x1,10 m (due castelli affiancati) misurato in altezza	Prezzario Regione Liguria	11	m	€ 174,59	€ 1.920,50	22%	€ 2.343,01
28.A05.B10	PARAPETTO anticaduta in assi di legno Misurato a metro lineare posto in opera	Prezzario Regione Piemonte	218	m	€ 13,95	€ 3.042,09	22%	€ 3.711,35
	Costi per la sicurezza	-	3%	%		€ 2.472,77	22%	€ 3.016,77
	Costi progettazione (in % su importo lavori)	-	7%	%		€ 5.769,79	22%	€ 7.039,14
TOTALE (I₀ – EEM1)						€ 90.668,10	22%	€ 110.615,08
Incentivi		Conto termico		€ 44.246,03				
Durata incentivi		5						
Incentivo annuo		€ 8.849,21						

EEM2: Installazione valvole termostatiche ed elettropompa di circolazione a giri variabili

Nella Tabella 9.2 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM 2, che consiste nell'installazione di valvole termostatiche su tutti i radiatori presenti nella struttura, delle relative centraline di zona e di una pompa di circolazione con inverter.

La realizzazione di tale intervento consentirebbe l'ottenimento degli incentivi previsti dal conto termico 2.0, i quali sono quantificati nel 40% dell'investimento iniziale, in quanto inferiore ai 50000 € e il costo unitario inferiore ai 25 €/mq.

Tabella 9.2 – Analisi dei costi della EEM2 – Installazione valvole termostatiche ed elettropompa di circolazione a giri variabili

CODICE	DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO	TOTALE	IVA	TOTALE
						(IVA ESCLUSA)	(IVA INCLUSA)	
					[€/cad] o [€/h]	[€]	[%]	[€]
PR.C17.A15.010	Valvole micrometriche a squadra complete di testa termostatica con elemento sensibile a gas: Ø 15 mm	Prezzario Regione Liguria	63	cad	€ 32,20	€ 2.028,60	22%	€ 2.474,89
PR.C47.H10.145	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 80, PN6, prevalenza da 1 a 12 m, portata da 1 a 58 m³/h	Prezzario Regione Liguria	1	cad	€ 4.170,19	€ 4.170,19	22%	€ 5.087,63
40.E10.A10.030	Sola posa in opera di pompe e/o circolatori singoli o gemellari. Per attacchi del	Prezzario Regione Liguria	1	cad	€ 57,84	€ 57,84	22%	€ 70,56

	diametro nominale di: maggiore di 65 mm fino a 80 mm							
PR.E40.B05.210	Interruttore automatico magnetotermico	Prezzario Regione Liguria	1	cad	€ 20,63	€ 20,63	22%	€ 25,17
PR.C74.B05.010	Termostato ambiente tipo elettronico, con display a cristalli liquidi	Prezzario Regione Liguria	12	cad	€ 123,34	€ 1.480,04	22%	€ 1.805,64
RU.M01.E01.020	Impianti Elettrici Idraulici Riscaldamento Installatore 4° cat. ex operaio specializzato	Prezzario Regione Liguria	24	h	€ 28,98	€ 695,56	22%	€ 848,59
	Costi per la sicurezza	-	3%	%		€ 253,59	22%	€ 309,37
	Costi progettazione (in % su importo lavori)	-	7%	%		€ 591,70	22%	€ 721,87
TOTALE (I₀ – EEM2)						€ 9.298,14	22%	€ 11.343,73
Incentivi		Conto termico				€ 4.537,49		
Durata incentivi						1		
Incentivo annuo						€ 4.537,49		

EEM3: Sostituzione corpi illuminanti interni

Nella Tabella 9.3 è riportata l'analisi dei costi relativi alla EEM 3, che consiste nella sostituzione dei corpi illuminanti interni.

La realizzazione di tale intervento consentirebbe l'ottenimento degli incentivi previsti dal conto termico 2.0, i quali sono quantificati nel 40% dell'investimento iniziale, in quanto inferiore ai 70000 €, il costo unitario inferiore ai 35 €/mq e in quanto riduce di più del 50% la potenza installata.

Tabella 9.3 – Analisi dei costi della EEM3 – Sostituzione corpi illuminanti interni

CODICE	DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO	TOTALE	IVA	TOTALE
						(IVA ESCLUSA)	(%)	(IVA INCLUSA)
					[€/cad]	[€]	[%]	[€]
1E.06.060.021 0.a	Lampade a led a tubo per applicazione in lampade a tubi fluorescenti tradizionali Lunghezza 600 mm - flusso luminoso 825 lm potenza 10 w	Prezzario Milano	57	cad	€ 21,46	€ 1.223,43	22%	€ 1.492,58
1E.06.060.021 0.c	Lampade a led a tubo per applicazione in lampade a tubi fluorescenti tradizionali - Lunghezza 1200 mm - flusso luminoso 1600 lm potenza 16 w	Prezzario Milano	32	cad	€ 31,54	€ 1.009,16	22%	€ 1.231,18
1E.06.060.021 0.d	Lampade a led a tubo per applicazione in lampade a tubi fluorescenti tradizionali flusso luminoso 2065 lm potenza 24 w	Prezzario Milano	27	cad	€ 41,21	€ 1.112,65	22%	€ 1.357,43

1E.06.060.014 0.d	Plafoniera a tenuta stagna per installazione diretta a parete o a soffitto, o a sospensione. bilampada led 4000K 3200 lm potenza 25 w - lunghezza 690 mm	Prezzario Milano	2	cad	€ 122,90	€ 245,80	22%	€ 299,88
1E.06.060.014 0.e	Plafoniera a tenuta stagna per installazione diretta a parete o a soffitto, o a sospensione. bilampada led 4000K 5600 lm potenza 44 w - lunghezza 1300 mm	Prezzario Milano	81	cad	€ 141,55	€ 11.465,92	22%	€ 13.988,42
1E.06.060.014 0.f	Plafoniera a tenuta stagna per installazione diretta a parete o a soffitto, o a sospensione. bilampada led 4000K 7500 lm potenza 56 w - lunghezza 1600 mm	Prezzario Milano	3	cad	€ 167,00	€ 501,00	22%	€ 611,22
1E.06.060.019 0.c	Lampade a led di varia tipologia , attacco E27 potenza 13 w equivalente a 75 w incandescenza	Prezzario Milano	40	cad	€ 13,43	€ 537,09	22%	€ 655,25
1E.06.060.013 0.a	Plafoniera tonda per interni ed esterni. equipaggiata con lampada led 4000K da diametro: 1300 lm potenza 16 w - Ø 300 mm	Prezzario Milano	2	cad	€ 98,22	€ 196,44	22%	€ 239,65
1E.06.060.004 0.a	Proiettore orientabile da esterno / interno equipaggiato con lampade led 4000K 6400 Lm potenza 47 w	Prezzario Milano	6	cad	€ 259,36	€ 1.556,18	22%	€ 1.898,54
	Costi per la sicurezza	-	3%	%		€ 535,43	22%	€ 653,22
	Costi progettazione (in % su importo lavori)	-	7%	%		€ 1.249,34	22%	€ 1.524,19
TOTALE (I₀ – EEM3)						€ 19.632,43	22%	€ 23.951,56
Incentivi								€ 9.580,63
Durata incentivi								5
Incentivo annuo								€ 1.916,13

EEM4: Sostituzione del generatore di calore

Nella Tabella 9.4 è riportata l'analisi dei costi relativi alla EEM4, che consiste nella sostituzione del generatore di calore GEN1 della centrale termica, l'installazione di valvole termostatiche sui radiatori delle zone termiche 1 e 3 e nella sostituzione dei circolatori presenti con un'elettropompa a giri variabili.

La realizzazione di tale intervento consentirebbe l'ottenimento degli incentivi previsti dal conto termico 2.0, i quali sono quantificati nel 40% dell'investimento iniziale, inferiore ai 40000 €, il costo unitario inferiore ai 130 €/kW_t e un rendimento nominale superiore a 98,4%.

Tabella 9.4 – Analisi dei costi della EEM4 – Sostituzione del generatore di calore

CODICE	DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO	TOTALE	IVA	TOTALE
						(IVA ESCLUSA)	(IVA INCLUSA)	
					[€/cad] o [€/h] o [€/m³km]	[€]	[%]	[€]
PR.C76.B10.035	Caldaie a condensazione a basamento della potenza termica nominale di: 396 Kw circa	Prezzario Regione Liguria	1	cad	€ 19.578,75	€ 19.578,75	22%	€ 23.886,08
PR.C84.C05.520	Sistema fumario prefabbricato a sezione circolare Coppa di scarico condensa Ø 300 mm	Prezzario Regione Liguria	1	cad	€ 230,00	€ 230,00	22%	€ 280,60
40.C10.B10.130	Sola posa in opera di bruciatore per caldaie, per generatori di calore da 351 Kw a 700 Kw	Prezzario Regione Liguria	1	cad	€ 419,17	€ 419,17	22%	€ 511,39
40.F10.H10.030	Sola posa in opera di accessori per impianti di termoregolazione compresi collegamenti elettrici: sonde in genere	Prezzario Regione Liguria	1	cad	€ 109,64	€ 109,64	22%	€ 133,76
40.F10.H10.040	Sola posa in opera di accessori per impianti di termoregolazione compresi collegamenti elettrici: interruttore orologio da inserire in quadro elettrico	Prezzario Regione Liguria	1	cad	€ 27,01	€ 27,01	22%	€ 32,95
PR.C74.C10.010	Interruttore orario digitale modulare per la programmazione settimanale a due canali	Prezzario Regione Liguria	1	cad	€ 133,40	€ 133,40	22%	€ 162,75
PR.C74.E05.030	Sonde di temperatura e umidità: sola temperatura, per impianti civili e industriali per esterno	Prezzario Regione Liguria	1	cad	€ 69,52	€ 69,52	22%	€ 84,81
PR.C17.A15.010	Valvole micrometriche a squadra complete di testa termostatica con elemento sensibile a gas: Ø 15 mm	Prezzario Regione Liguria	59	cad	€ 32,20	€ 1.899,80	22%	€ 2.317,76
PR.C47.H10.145	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 80, PN6, prevalenza da 1 a 12 m, portata da 1 a 58 m³/h	Prezzario Regione Liguria	1	cad	€ 4.170,19	€ 4.170,19	22%	€ 5.087,63
40.E10.A10.030	Sola posa in opera di pompe e/o circolatori singoli o gemellari diametro nominale di:	Prezzario Regione Liguria	1	cad	€ 57,84	€ 57,84	22%	€ 70,56

maggiore di 65 mm fino
a 80 mm

RU.M01.A01.030	Opere edili Qualificato	Operaio	Prezzario Regione Liguria	15	h	€ 31,28	€ 469,23	22%	€ 572,46
RU.M01.E01.020	Impianti Idraulici Installatore	Elettrici Riscaldamento 4° cat. ex operaio specializzato	Prezzario Regione Liguria	40	h	€ 28,98	€ 1.159,27	22%	€ 1.414,31
20.A15.B10.015	Trasporto a discarica o a centro di riciclaggio di materiali di risulta		Prezzario Regione Liguria	100	m³km	€ 4,29	€ 429,09	22%	€ 523,49
	Costi per la sicurezza		-	3%	%		€ 862,59	22%	€ 1.052,36
	Costi progettazione (in % su importo lavori)		-	7%	%		€ 2.012,70	22%	€ 2.455,50
TOTALE (I₀ – EEM4)							€ 31.628,20	22%	€ 38.586,40
	Incentivi		Conto termico						€ 15.434,56
	Durata incentivi								5
	Incentivo annuo								€ 3.086,91

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:

- I₀ è il valore dell'investimento iniziale;
- \overline{FC} è il flusso di cassa medio annuale, calcolato come la media aritmetica sugli anni di vita utile della somma algebrica dei costi e dei benefici generati dall'investimento.

2) Tempo di ritorno attualizzato (TRA):

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

Dove:

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

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

Dove:

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

3) Valore Attuale Netto (VAN) del progetto:

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

Dove:

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

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

5) Indice di Profitto (IP):

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

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

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

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

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

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

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

EEM1: Coibentazione verso l'esterno delle coperture

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

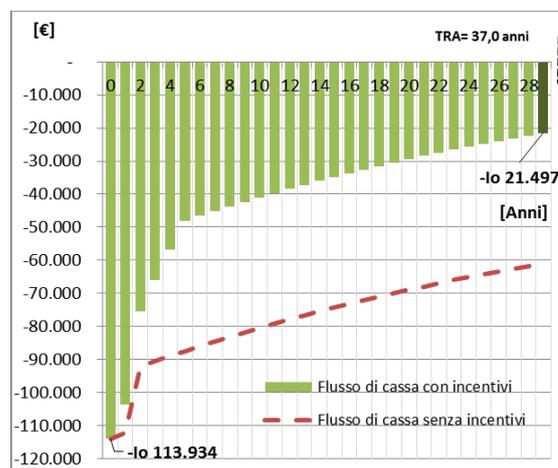
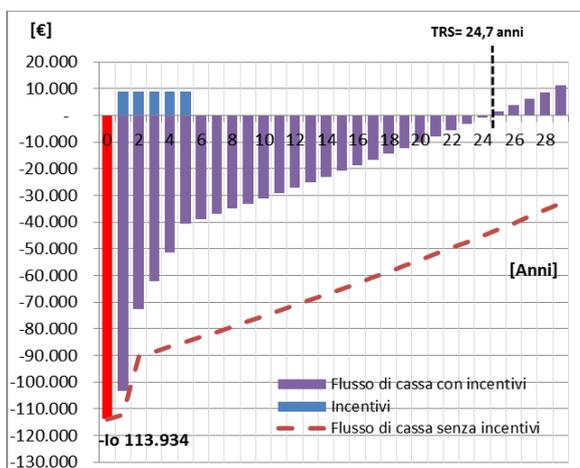
Tabella 9.5 – Risultati dell'analisi di convenienza della EEM1 – Coibentazione verso l'esterno delle coperture

PARAMETRO FINANZIARIO		U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	I_0	€	110.615
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	8.849
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	42,2	24,7
Tempo di rientro attualizzato	TRA	64,4	37,0
Valore attuale netto	VAN	- 60.892	- 21.497
Tasso interno di rendimento	TIR	-2,5%	1,1%
Indice di profitto	IP	-0,55	-0,19

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

Figura 9.1 –EEM1: Flussi di Cassa, con e senza incentivi Figura 9.2 – EEM1: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



Dall'analisi effettuata l'intervento non risulta particolarmente vantaggioso in quanto si ottiene un VAN negativo ai 30 anni, nonostante abbia un tempo di ritorno semplice inferiore ai 25 anni nel caso di accesso agli incentivi. Tuttavia viene proposta come soluzione possibile sull'involucro in quanto se accoppiata alla sostituzione del generatore di calore permette un incentivo al 55% dell'investimento, anziché al 40% usato per questo calcolo.

EEM2: Installazione valvole termostatiche ed elettropompa di circolazione a giri variabili

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

Tabella 9.6 – Risultati dell'analisi di convenienza della EEM2 – Installazione valvole termostatiche ed elettropompa di circolazione a giri variabili

PARAMETRO FINANZIARIO		U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	I ₀	€	11.344
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	4.537
Durata incentivo	n _B	anni	1

Tasso di attualizzazione	i	[%]	3,5%
INDICE FINANZIARIO DI PROGETTO		VALORE SENZA INCENTIVI	VALORE CON INCENTIVI
Tempo di rientro semplice	TRS	5,7	3,5
Tempo di rientro attualizzato	TRA	6,7	3,8
Valore attuale netto	VAN	9.184	13.547
Tasso interno di rendimento	TIR	14,9%	24,7%
Indice di profitto	IP	0,81	1,19

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

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

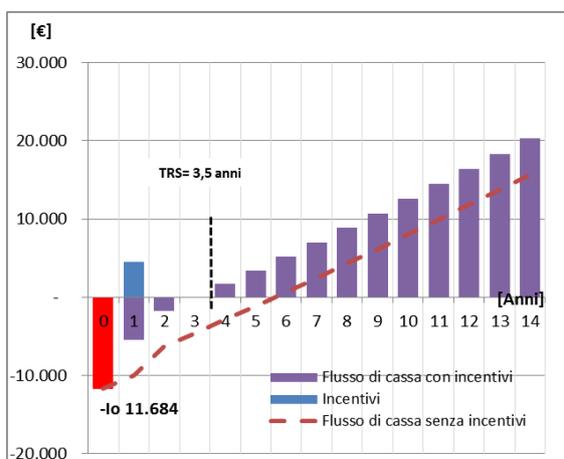
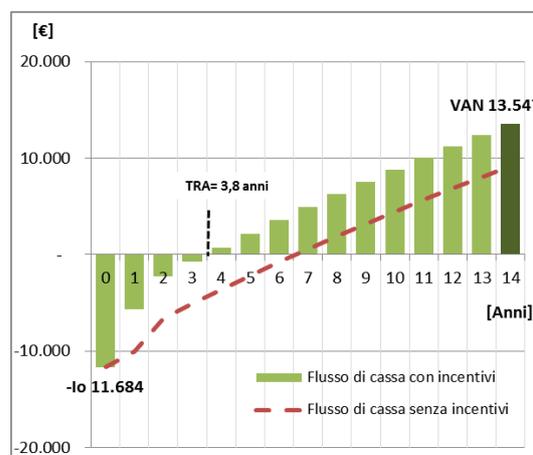


Figura 9.4 – EEM2: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



L'intervento di *building automation* proposto risponde in modo molto positivo all'analisi economica mostrata. Si hanno infatti buoni risparmi per la spesa energetica a fronte di un investimento relativamente basso, permettendo di ottenere un VAN positivo al quindicesimo anno superiore al capitale investito stesso.

EEM3: Sostituzione corpi illuminanti interni

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

Tabella 9.7 – Risultati dell'analisi di convenienza della EEM3 – Sostituzione corpi illuminanti interni

PARAMETRO FINANZIARIO		U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	I_0	€	23.952
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	1.916
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	19,3	10,7
Tempo di rientro attualizzato	TRA	24,5	15,6
Valore attuale netto	VAN	- 9.549	- 1.019
Tasso interno di rendimento	TIR	-3,7%	3,1%

Indice di profitto

IP

-0,40

-0,04

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

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

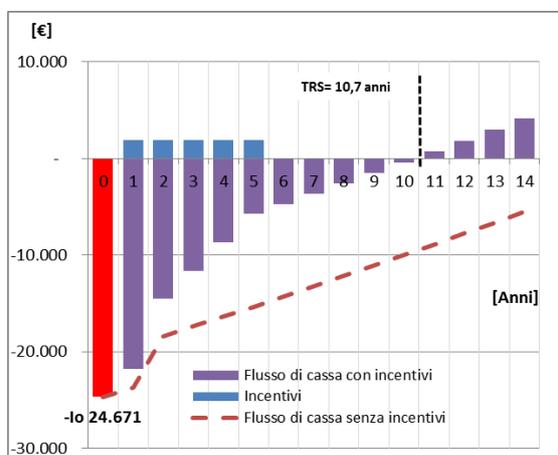
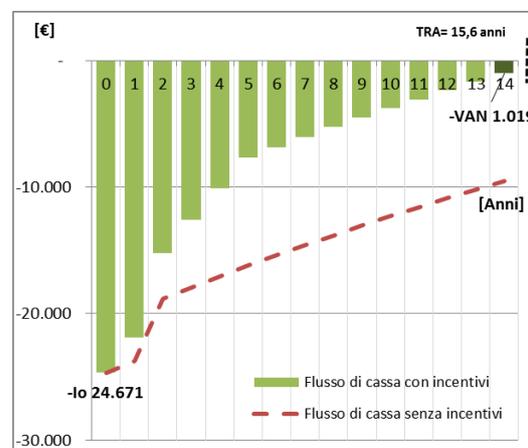


Figura 9.6 – EEM3: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



La sostituzione dei corpi illuminanti ha portato a un risultato al limite della sostenibilità economica. Si ha infatti un tempo di ritorno attualizzato di poco superiore alla vita utile della misura di efficientamento. In generale questo tipo di soluzione rientra dall'investimento, tuttavia in questo caso specifico, avendo locali poco utilizzati durante l'anno, il vantaggio dal punto di vista dei consumi di energia elettrica che si ottiene riducendo di più della metà la potenza installata non raggiunge l'obiettivo di rientro economico entro i 15 anni.

EEM4: Sostituzione del generatore di calore

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

Tabella 9.8 – Risultati dell'analisi di convenienza della EEM4 – Sostituzione del generatore di calore

PARAMETRO FINANZIARIO		U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	Io	€	38.586
Oneri Finanziari %Io	OF	[%]	3,0%
Aliquota IVA	%IVA	[%]	22,0%
Anno recupero erariale IVA	n_{IVA}	anni	3
Vita utile	n	anni	15
Incentivo annuo	B	€/anno	3.087
Durata incentivo	n_B	anni	5
Tasso di attualizzazione	i	[%]	3,5%
INDICE FINANZIARIO DI PROGETTO		VALORE SENZA INCENTIVI	VALORE SENZA INCENTIVI
Tempo di rientro semplice	TRS	13,7	7,8
Tempo di rientro attualizzato	TRA	18,8	10,7
Valore attuale netto	VAN	- 8.059	5.683
Tasso interno di rendimento	TIR	0,3%	6,9%
Indice di profitto	IP	-0,21	0,15

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

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

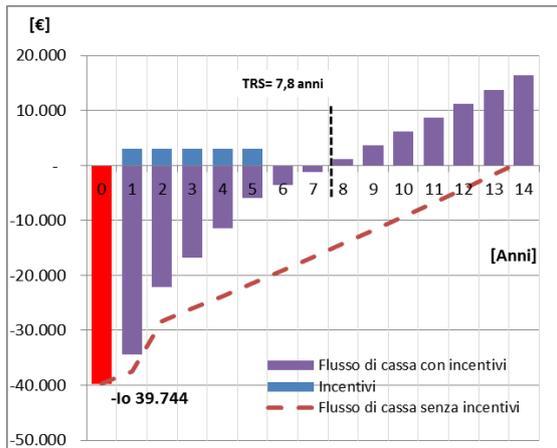
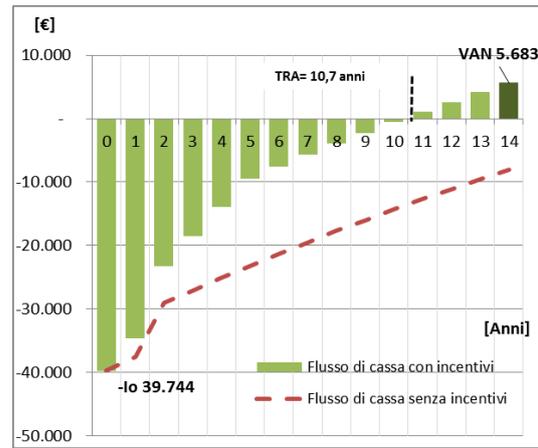


Figura 9.8 – EEM4: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



Dall’analisi si evince che l’intervento è vantaggioso nel caso di accesso agli incentivi, ottenendo un VAN positivo al fine vita dell’impianto con un tempo di ritorno attualizzato inferiore agli 11 anni.

Sintesi

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

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

	SENZA INCENTIVI											
	%Δ _E [%]	%Δ _{CO2} [%]	ΔC _E [€/anno]	ΔC _{MO} [€/anno]	ΔC _{MS} [€/anno]	I ₀ [€]	TRS [anni]	TRA [anni]	n [anni]	VAN [€]	TIR [%]	IP [-]
EEM 1	14,7%	10,5%	2.135	0	0	110.615	42,2	64,4	30	-60.892	-2,5%	-0,55
EEM 2	15,0%	10,7%	2.185	-98	-78	11.344	5,7	6,7	15	9.184	14,9%	0,81
EEM 3	3,0%	4,9%	1.133	0	52	23.952	19,3	24,5	15	-9.549	-3,7%	-0,40
EEM 4	18,5%	13,1%	2.659	0	26	38.586	13,7	18,8	15	-8.059	0,3%	-0,21

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

- %Δ_E è il valore percentuale di riduzione dei consumi energetici rispetto al baseline energetico complessivo (termico + elettrico);
- %Δ_{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;
- I₀ è il valore dell’investimento iniziale per la realizzazione dell’intervento; assume valori negativi;

L’unico intervento vantaggioso anche in caso di mancanza di incentivi risulta la EEM2.

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

	CON INCENTIVI											
	% ΔE	% ΔCO_2	ΔC_E	ΔC_{MO}	ΔC_{MS}	I_0	TRS	TRA	n	VAN	TIR	IP
	[%]	[%]	[€/anno]	[€/anno]	[€/anno]	[€]	[anni]	[anni]	[anni]	[€]	[%]	[-]
EEM 1	14,7%	10,5%	2.135	0	0	110.615	24,7	37,0	30	-21.497	1,1%	-0,19
EEM 2	15,0%	10,7%	2.185	-98	-78	11.344	3,5	3,8	15	13.547	24,7%	1,19
EEM 3	3,0%	4,9%	1.133	0	52	23.952	10,7	15,6	15	-1.019	3,1%	-0,04
EEM 4	18,5%	13,1%	2.659	0	26	38.586	7,8	10,7	15	5.683	6,9%	0,15

Gli interventi relativi all'impianto termico sono quelli che permettono un VAN positivo nel caso con incentivi.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Dove:

- 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: EEM2+EEM4:** Tale scenario consiste nell’installazione di un sistema di *building automation*, costituito da valvole termostatiche installate sui radiatori di tutto l’edificio, delle relative centraline di zona e di un’elettropompa gemellare di circolazione a giri variabili e nella sostituzione del generatore di calore GEN1 con una caldaia a condensazione.
- **Scenario 1: EEM2+EEM3+EEM4:** Tale scenario consiste nell’installazione di un sistema di *building automation*, costituito da valvole termostatiche installate sui radiatori di tutto l’edificio, delle relative centraline di zona e di un’elettropompa gemellare di circolazione a giri variabili, nella sostituzione dei corpi illuminanti esistenti con sorgenti LED e della sostituzione del generatore di calore GEN1 con una caldaia a condensazione.

9.3.1 Scenario 1: EEM2+EEM4

- La realizzazione dello scenario 1 (TRS<15anni) consiste nelle EEM2+EEM3, ossia nell’installazione di un sistema di *building automation*, costituito da valvole termostatiche installate sui radiatori di tutto l’edificio, delle relative centraline di zona e di un’elettropompa gemellare di circolazione a giri variabili e nella sostituzione del generatore di calore GEN1 con una caldaia a condensazione.

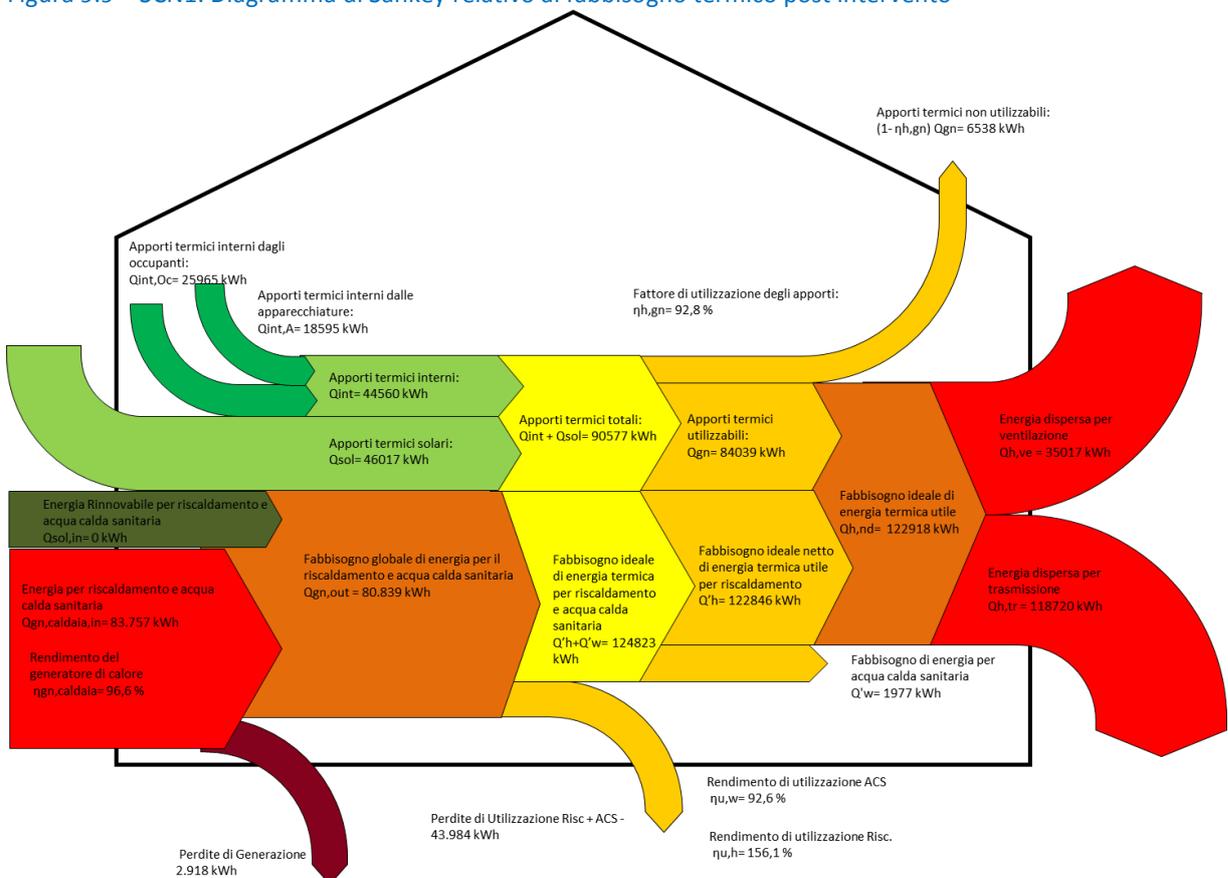
Tabella 9.11 – Combinazione di EEM proposta per lo scenario 1

VOCE INVESTIMENTO	TOTALE (IVA ESCLUSA)	IVA AL 22%	TOTALE (IVA INCLUSA)
	[€]	[€]	[€]
EEM2 - Fornitura e posa valvole termostatiche, centraline di zona ed elettropompa di circolazione a giri variabili	€ 8.452,85	€ 1.859,63	€ 10.312,48
EEM4 – Fornitura e posa generatore di calore a condensazione	€ 22.625,08	€ 4.977,52	€ 27.602,60
Costi per la sicurezza	€ 932,34	€ 205,11	€ 1.137,45
Costi per la progettazione	€ 2.175,46	€ 478,60	€ 2.654,06
TOTALE (I₀)	€ 34.185,73	€ 7.520,86	€ 41.706,59
VOCE MANUTENZIONE	C _{MO} (IVA INCLUSA)	C _{MS} (IVA INCLUSA)	C _M (IVA INCLUSA)
	[€]	[€]	[€]
EEM2 O&M	€ 9.914,35	€ 2.687,65	€ 12.602,00
EEM4 O&M	€ 9.717,84	€ 2.504,64	€ 12.222,48
TOTALE (C_M)	€ 9.816,00	€ 2.582,92	€ 12.398,92
VOCE INCENTIVO	DESCRIZIONE	TOTALE (IVA INCLUSA)	
		[€]	
Incentivi	Conto termico		€ 16.682,64
Durata incentivi			5

Nella tabella, dalle voci relative all'intervento di sostituzione del generatore di calore sono stati scorporati gli importi dovuti a valvole e circolatore considerati nella valutazione del singolo intervento, essendo già compresi nelle voci dell'EEM2. L'incentivo calcolato è pari al 40% dell'investimento iniziale, essendo valide le considerazioni riportate in precedenza per gli interventi singoli.

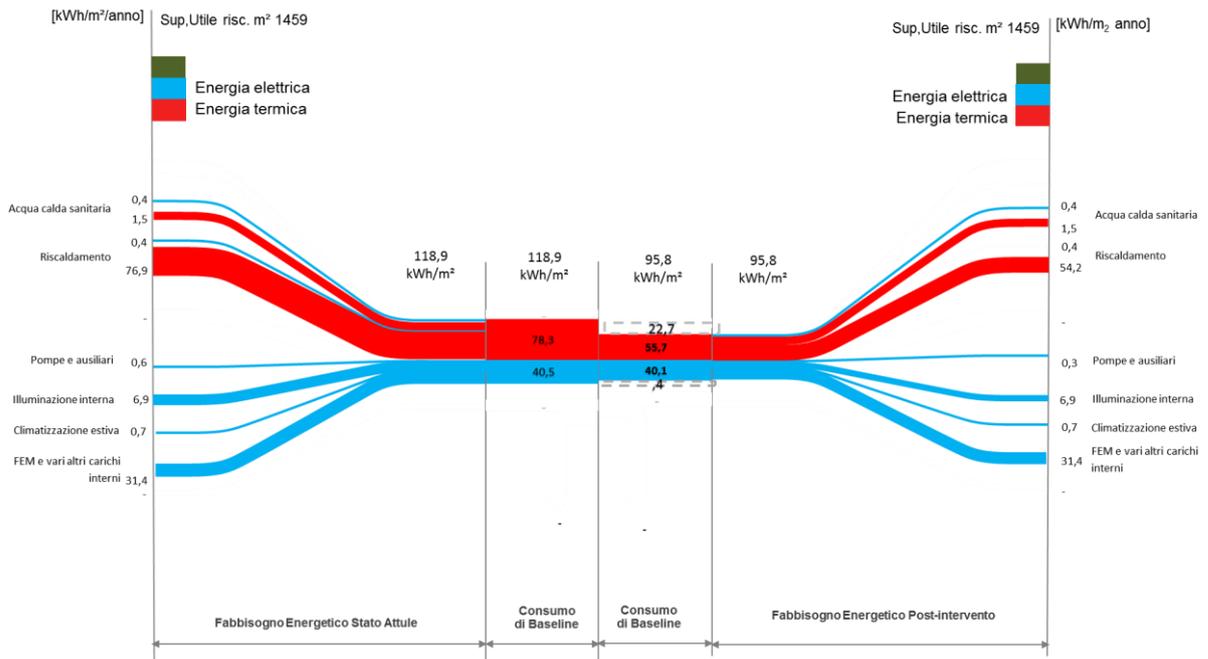
A seguito della modellazione dei due scenari ottimali è stato possibile rappresentare i risultati del bilancio energetico termico nella forma di diagramma di sankey relativo alle situazioni post-intervento.

Figura 9.9 – 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 migliora ulteriormente il rendimento di utilizzazione del riscaldamento superando il 150%.

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



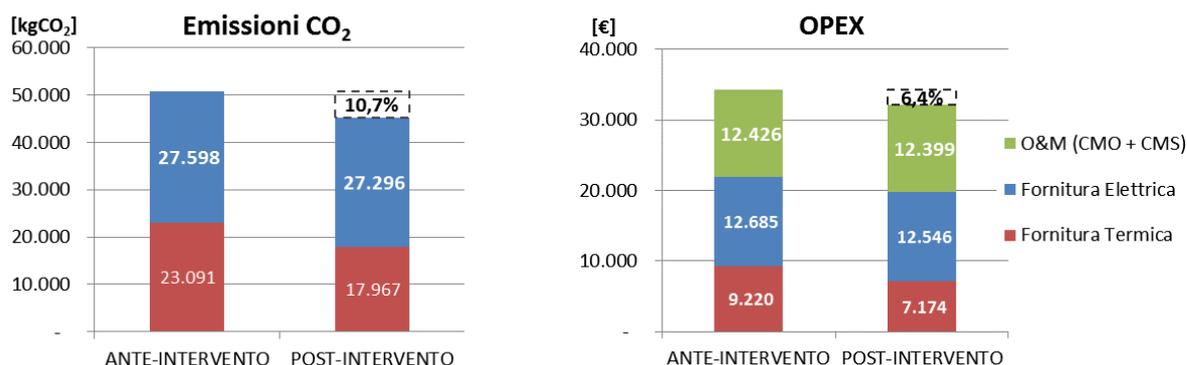
I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione dello Scenario 1 sono riportati nella Tabella 9.12 e nella Figura 9.11

Tabella 9.12 – Risultati analisi SCN1 – EEM2+EEM4

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE %
EEM2 Rendimento medio di regolazione	[%]	76,3	99,0	-29,7%
EEM4 Rendimento di generazione GEN1	[%]	87,5	96,6	-10,4%
$Q_{teorico}$	[kWh]	117.837	91.690	22,2%
$EE_{teorico}$	[kWh]	59.449	58.798	1,1%
$Q_{baseline}$	[kWh]	114.312	88.947	22,2%
$EE_{baseline}$	[kWh]	59.096	58.449	1,1%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	23.091	17.967	22,2%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	27.598	27.296	1,1%
Emiss. CO2 Totale	[kgCO₂]	50.689	45.263	10,7%
Fornitura Termica, C_Q	[€]	9.220	7.174	22,2%
Fornitura Elettrica, C_{EE}	[€]	12.685	12.546	1,1%
Fornitura Energia, C_E	[€]	21.904	19.720	10,0%
Costo Manutenzione Ordinaria, C_{MO}	[€]	9.816	9.816	0,0%
Costo Manutenzione Straordinaria, C_{MS}	[€]	2.609	2.583	1,0%
Costo per O&M ($C_M = C_{MO} + C_{MS}$)	[€]	12.426	12.399	0,2%
OPEX	[€]	34.330	32.119	6,4%
Classe energetica	[-]	F	F	+0 classi

Nota (1). I fattori di emissione per il calcolo delle emissioni di CO₂ sono: 0,202 [kgCO₂/kWh] per il vettore termico e 0,467 [kgCO₂/kWh] per il vettore elettrico

Nota (2). I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,081 [€/kWh] per il vettore termico e 0,215 [€/kWh] per il vettore elettrico

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

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

Tabella 9.13 – Parametri finanziari dell'analisi di redditività dello SCN1– EEM2+EEM4

PARAMETRI FINANZIARI		
Anni Costruzione	n_i	1
Anni Gestione Servizio	n_s	14
Anni Concessione	n	15
Anno inizio Concessione	n_o	2020
Anni dell'ammortamento	n_A	10
Saggio Cassa Deposito e Prestiti	k_{CdP}	2,00%
Costo Capitale Azienda	WACC	4,00%
$k_{progetto} = \text{Max}(WACC; k_{CdP})$	$k_{progetto}$	4,00%
Inflazione ISTAT	f	0,50%
deriva dell'inflazione	f'	0,70%
%, interessi debito	k_D	3,82%
%, interessi equity	k_E	9,00%
Aliquota IRES	IRES	24,0%
Aliquota IRAP	IRAP	3,9%
Aliquota fiscale	τ	27,90%
Anni debito (finanziamento)	n_D	12
Anni Equity	n_E	14
Costi d'Investimento diretti, IVA incl.	I_o	€ 41.707
Oneri Finanziari (costi indiretti)	%Of	3,00%
Costi d'Investimento indiretti, IVA incl.	Of	€ 1.251
Costi d'Investimento (diretti+Indiretti) , IVA incl.	CAPEX	€ 42.958
%CAPEX a Debito	D	80,0%
%CAPEX a Equity	E	20,00%
Debito	I_D	€ 34.366
Equity	I_E	€ 8.592
Fattore di annualità Debito	FA_D	9,62
Rata annua debito	q_D	€ 3.574
Costo finanziamento,(D+INT _D)	$q_D * n_D$	€ 42.890
Costi per interessi debito, INT _D	INT_D=q_D*n_D-D	€ 8.524

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

PARAMETRI ECONOMICI		
Costo annuo energia pre-intervento, IVA escl.	C_{EO}	€ 17.954
Costo annuo O&M pre-intervento, IVA escl.	C_{MO}	€ 10.185
Spesa PA pre-intervento (Baseline)	C_{Baseline}	€ 28.139
Altri costi di gestione ESCo post-intervento, IVA escl.	C_{Altro}	€ -
Riduzione% costi fornitura Energia	%ΔC_E	12,7%
Riduzione% costi O&M	%ΔC_M	0,2%
Obiettivo riduzione spesa PA	%C_{Baseline}	0,0%
Risparmio annuo PA garantito	45,6%	€ 424
Risparmio annuo PA immediato durante la gestione	Risp.IM	€ -
Risparmio PA durante la concessione	14%	€ 37.250
Risparmio annuo PA al termine della concessione	Risp.Term.	€ 2.758
N° di Canoni annuali	anni	14
Utile lordo della ESCO	%CAPEX	-49,67%
Costo Contrattuale ESCO €/anno IVA escl.	C_{ESCO}	-€ 1.524
Costi FTT €/anno IVA escl.	C_{FTT}	€ 609
Costi CAPEX €/anno IVA escl.	C_{CAPEX}	€ 1.340
Canone O&M €/anno	C_{nM}	€ 10.553
Canone Energia €/anno	C_{nE}	€ 17.162
Canone Servizi €/anno IVA escl.	C_{nS}	€ 27.715
Canone Disponibilità €/anno IVA escl.	C_{nD}	€ 424
Canone Totale €/anno IVA escl.	C_n	€ 28.139
Aliquota IVA %	IVA	22%
Rimborso erariale IVA	R_{IVA}	€ 7.521
Ricavi da Incentivi, esenti d'IVA	R_B	€ 16.683
Durata Incentivi, anni	n_B	5
Inizio erogazione Incentivi, anno		2022

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

INDICATORI DI REDDITIVITA DEL PROGETTO PRE-IMPOSTE		
Tempo di Ritorno Semplice, Spb = Io / FC, Anni	T.R.S.	5,05
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	T.R.A.	- 5,49
Valore Attuale Netto, VAN = VA - Io	VAN < 0	-€ 15.238
Tasso interno di rendimento del progetto	#NUM!	#NUM!
Indice di Profitto	IP	-36,54%
INDICATORI DI REDDITIVITA DELLA ESCO PRE-IMPOSTE		
Tempo di Ritorno Semplice, Spb = Io / FC, Anni	T.R.S.	8,36
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	T.R.A.	7,38
Valore Attuale Netto, VAN = VA - Io	VAN < 0	-€ 9.339
Tasso interno di rendimento dell'azionista	#NUM!	#NUM!
Debit Service Cover Ratio	DSCR < 1,3	0,761
Loan Life Cover Ratio	LLLCR < 1	0,089
Indice di Profitto Azionista	IP	-22,39%

Figura 9.12 –SCN1: Flussi di cassa del progetto



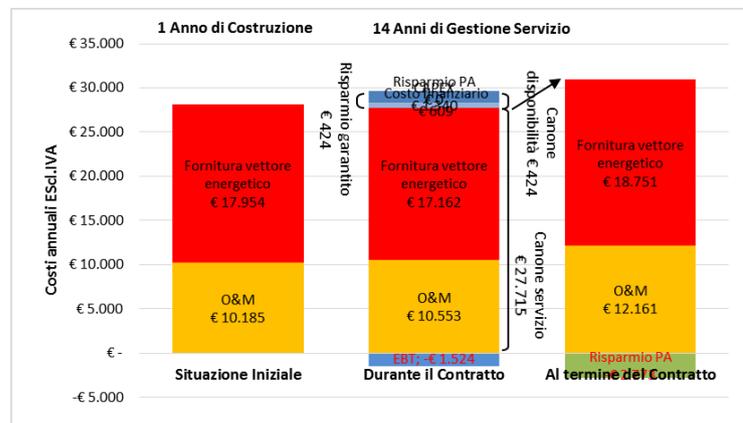
Figura 9.13 – SCN1: Flussi di cassa dell'azionista



Dall’analisi effettuata è emerso che l’intervento proposto non è finanziariamente sostenibile. Nonostante dal punto di vista economico abbia notevoli vantaggi, come già mostrato al capitolo precedente, il risparmio annuale a disposizione (oltre 2200 €) non riesce a sostenere le spese correlate al finanziamento e al contratto di EPC se combinate con le spese OPEX. Non è stato possibile ottenere dei risultati né soddisfacenti né significativi per nessuna combinazione di parametri economico-finanziari modificabili all’interno dello schema del PEF. Si consideri che dall’analisi effettuata in precedenza le EEM2 e EEM4 hanno un tempo di ritorno attualizzato intorno ai 4 e 10 anni rispettivamente. Per questo motivo si vuole chiarire che tabelle e grafici sono riportati solo per completezza del documento.

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

Figura 9.14 – Scenario 1: Schema di Energy Performance Contract



Nota. Con riferimento alla barra centrale (Durante il contratto) si riportano i valori non leggibili: Risparmio PA: 0 €; CAPEX: 1340 €; Costo finanziario: 609 €. Con riferimento alla barra di destra (Al termine del contratto) si riportano i valori non leggibili: Risparmio PA: -2.773 €

Anche quest'ultima figura è riportata per completezza di contenuto, senza che fornisca dati significativi all'analisi.

9.3.2 Scenario 2: EEM2+EEM3+EEM4

La realizzazione dello scenario 1 (TRS<25anni) consiste nella combinazione delle EEM2, EEM3 e EEM4, ossia nell'installazione di un sistema di *building automation*, costituito da valvole termostatiche installate sui radiatori di tutto l'edificio, delle relative centraline di zona e di un'elettropompa gemellare di circolazione a giri variabili, nella sostituzione dei corpi illuminanti esistenti con sorgenti LED e della sostituzione del generatore di calore GEN1 con una caldaia a condensazione.

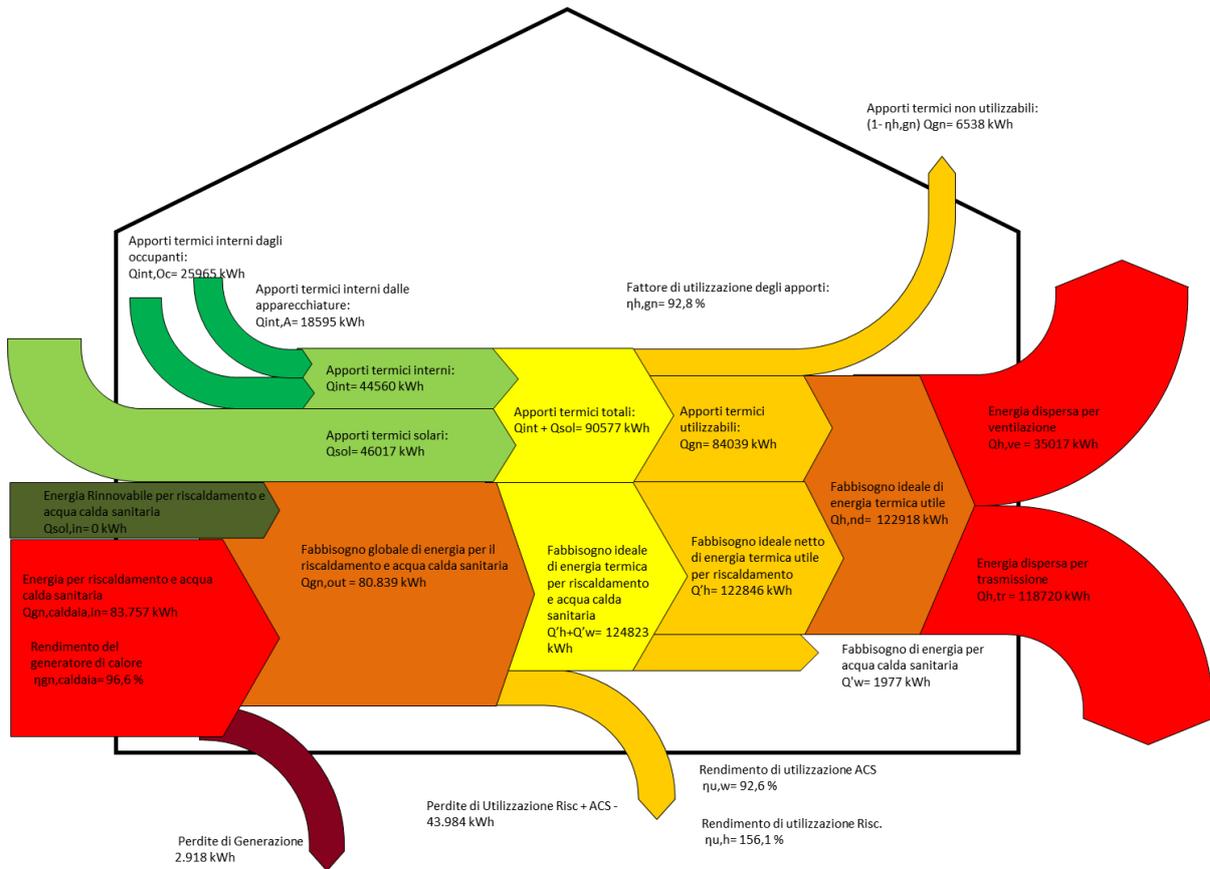
Tabella 9.16 – Combinazione di EEM proposta per lo scenario 2

VOCE INVESTIMENTO	TOTALE (IVA ESCLUSA)	IVA AI 22%	TOTALE (IVA INCLUSA)
	[€]	[€]	[€]
EEM2 - Fornitura e posa valvole termostatiche, centraline di zona ed elettropompa di circolazione a giri variabili	€ 8.452,85	€ 1.859,63	€ 10.312,48
EEM3 – Fornitura e posa corpi illuminanti	€ 17.847,66	€ 3.926,49	€ 21.774,15
EEM4 – Fornitura e posa generatore di calore a condensazione	€ 22.625,08	€ 4.977,52	€ 27.602,60
Costi per la sicurezza	€ 1.467,77	€ 322,91	€ 1.790,68
Costi per la progettazione	€ 3.424,79	€ 753,45	€ 4.178,25
TOTALE (I₀)	€ 53.818,16	€ 11.840,00	€ 65.658,16
VOCE MANUTENZIONE	C _{Mo} (IVA INCLUSA)	C _{MS} (IVA INCLUSA)	C _M (IVA INCLUSA)
	[€]	[€]	[€]
EEM2 O&M	€ 9.914,35	€ 2.687,65	€ 12.602,00
EEM3 O&M	€ 9.816,19	€ 2.557,18	€ 12.373,37
EEM4 O&M	€ 9.717,84	€ 2.504,64	€ 12.222,48
TOTALE (C_M)	€ 9.816,19	€ 2.530,73	€ 12.346,93
VOCE INCENTIVO	DESCRIZIONE	TOTALE (IVA INCLUSA)	
		[€]	
Incentivi	Conto termico		€ 26.263,26
Durata incentivi			5
Incentivo annuo			€ 5.252,65

Nella tabella, dalle voci relative all'intervento di sostituzione del generatore di calore sono stati scorporati gli importi dovuti a valvole e circolatore considerati nella valutazione del singolo intervento, essendo già compresi nelle voci dell'EEM2. L'incentivo calcolato è pari al 40% dell'investimento iniziale, essendo valide le considerazioni riportate in precedenza per gli interventi singoli.

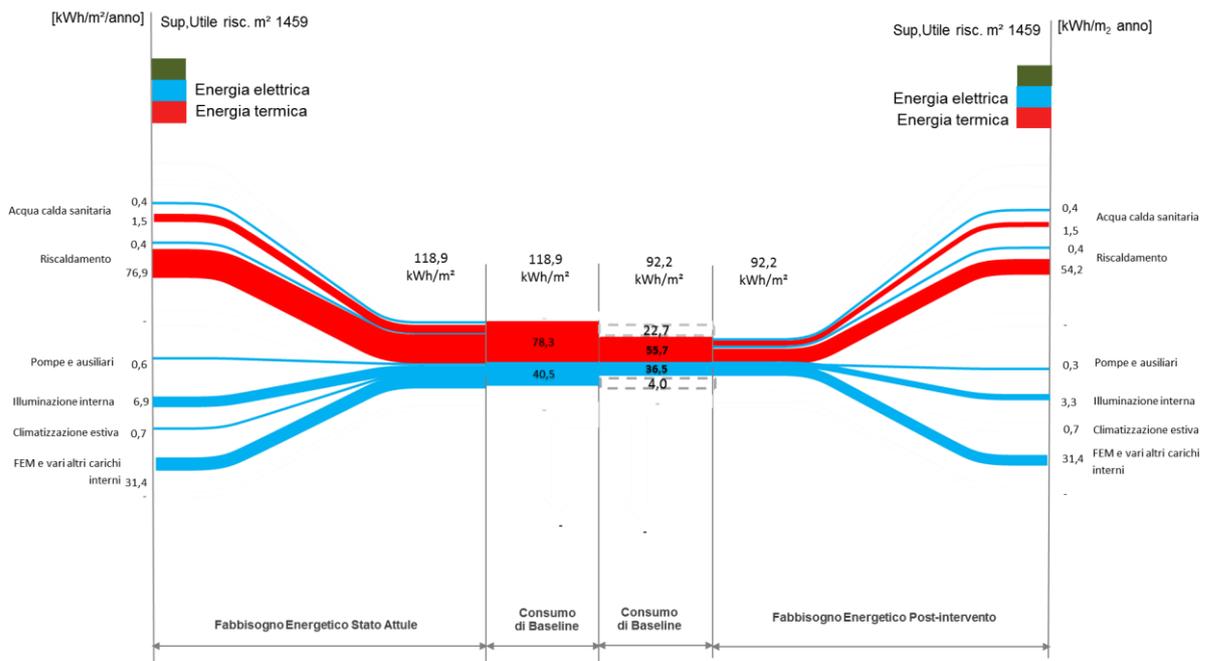
A seguito della modellazione dei due scenari ottimali è stato possibile rappresentare i risultati del bilancio energetico termico nella forma di diagramma di Sankey relativo alle situazioni post-intervento.

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



Non ci sono differenze rispetto allo scenario 1 in quanto non ci sono interventi differenti sull'impianto termico o sull'involucro rispetto ad esso.

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



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

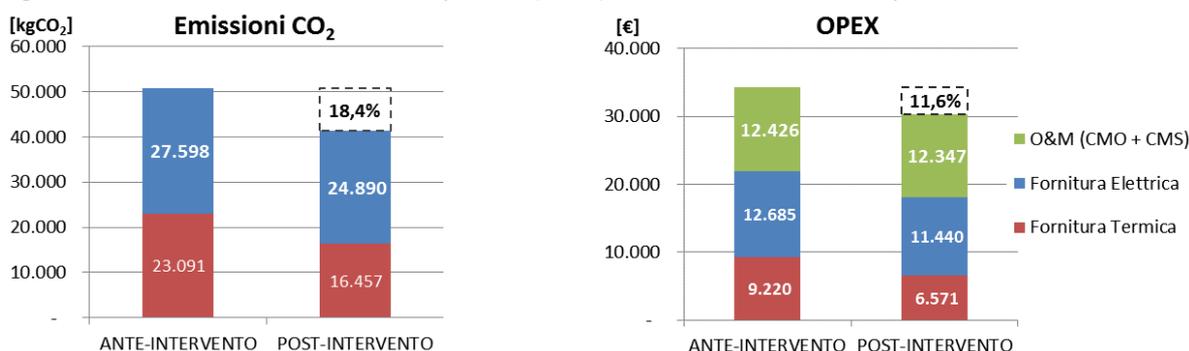
Tabella 9.17 – Risultati analisi SCN2 –EEM2+EEM3+EEM4

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE %
EEM2 Rendimento medio di regolazione	[%]	76,3	99,0	-29,7%
EEM3 Potenza elettrica installata per l'illuminazione	[kW]	11,47	5,40	52,9%
EEM4 Rendimento di generazione	[%]	87,5	96,6	-10,4%
Q _{teorico}	[kWh]	117.837	83.983	28,7%
EE _{teorico}	[kWh]	59.449	53.616	9,8%
Q _{baseline}	[kWh]	114.312	81.471	28,7%
EE _{baseline}	[kWh]	59.096	53.297	9,8%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	23.091	16.457	28,7%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	27.598	24.890	9,8%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	50.689	41.347	18,4%
Fornitura Termica, C _Q	[€]	9.220	6.571	28,7%
Fornitura Elettrica, C _{EE}	[€]	12.685	11.440	9,8%
Fornitura Energia, C_E	[€]	21.904	18.011	17,8%
C _{MO}	[€]	9.816	9.816	0,0%
C _{MS}	[€]	2.609	2.531	3,0%
O&M (C _{MO} + C _{MS})	[€]	12.426	12.347	0,6%
OPEX	[€]	34.330	30.358	11,6%
Classe energetica	[-]	F	F	+0 classi

Nota (1). I fattori di emissione per il calcolo delle emissioni di CO₂ sono: 0,202 [kgCO₂/kWh] per il vettore termico e 0,467 [kgCO₂/kWh] per il vettore elettrico

Nota (2). I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,081 [€/kWh] per il vettore termico e 0,215 [€/kWh] per il vettore elettrico

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



E' stato quindi possibile presentare un modello semplificato di Piano Economico Finanziario (PEF) indicativo, i cui calcoli di dettaglio sono riportati all'Allegato L – Piano Economico Finanziario scenari. I risultati dell'analisi sono riportati nella Tabella 9.18, Tabella 9.19, Tabella 9.20 e nelle successive figure.

Tabella 9.18 – Parametri finanziari dell'analisi di redditività dello SCN2 – EEM2+EEM3+EEM4

PARAMETRI FINANZIARI		
Anni Costruzione	n_i	1
Anni Gestione Servizio	n_s	24
Anni Concessione	n	25
Anno inizio Concessione	n_o	2020
Anni dell'ammortamento	n_A	10
Saggio Cassa Deposito e Prestiti	k_{CdP}	2,00%
Costo Capitale Azienda	WACC	4,00%
$k_{progetto} = \text{Max}(WACC; k_{CdP})$	$k_{progetto}$	4,00%
Inflazione ISTAT	f	0,50%
deriva dell'inflazione	f'	0,70%
%, interessi debito	k_D	3,82%
%, interessi equity	k_E	9,00%
Aliquota IRES	IRES	24,0%
Aliquota IRAP	IRAP	3,9%
Aliquota fiscale	τ	27,90%
Anni debito (finanziamento)	n_D	20
Anni Equity	n_E	24
Costi d'Investimento diretti, IVA incl.	I_o	€ 65.658
Oneri Finanziari (costi indiretti)	%Of	3,00%
Costi d'Investimento indiretti, IVA incl.	Of	€ 1.970
Costi d'Investimento (diretti+Indiretti) , IVA incl.	CAPEX	€ 67.628
%CAPEX a Debito	D	80,0%
%CAPEX a Equity	E	20,00%
Debito	I_D	€ 54.102
Equity	I_E	€ 13.526
Fattore di annualità Debito	FA_D	13,97
Rata annua debito	q_D	€ 3.872
Costo finanziamento,(D+INT _D)	$q_D * n_D$	€ 77.440
Costi per interessi debito, INT _D	INT_D=q_D*n_D-D	€ 23.338

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

PARAMETRI ECONOMICI		
Costo annuo energia pre-intervento, IVA escl.	C_{E0}	€ 17.954
Costo annuo O&M pre-intervento, IVA escl.	C_{M0}	€ 10.185
Spesa PA pre-intervento (Baseline)	$C_{Baseline}$	€ 28.139
Altri costi di gestione ESCo post-intervento, IVA escl.	C_{Altro}	€ -
Riduzione% costi fornitura Energia	%ΔC_E	17,8%
Riduzione% costi O&M	%ΔC_M	0,6%
Obiettivo riduzione spesa PA	%$C_{Baseline}$	0,0%
Risparmio annuo PA garantito	45,6%	€ 158
Risparmio annuo PA immediato durante la gestione	Risp.IM	€ -
Risparmio PA durante la concessione	14%	€ 108.250
Risparmio annuo PA al termine della concessione	Risp.Term.	€ 4.391
N° di Canoni annuali	anni	24
Utile lordo della ESCO	%CAPEX	-72,55%
Costo Contrattuale ESCO €/anno IVA escl.	C_{Esco}	-€ 2.044

Costi FTT €/anno IVA escl.	C_{FTT}	€	972
Costi CAPEX €/anno IVA escl.	C_{CAPEX}	€	1.230
Canone O&M €/anno	CnM	€	10.778
Canone Energia €/anno	CnE	€	17.203
Canone Servizi €/anno IVA escl.	CnS	€	27.981
Canone Disponibilità €/anno IVA escl.	CnD	€	158
Canone Totale €/anno IVA escl.	Cn	€	28.139
Aliquota IVA %	IVA		22%
Rimborso erariale IVA	R_{IVA}	€	11.840
Ricavi da Incentivi, esenti d'IVA	R_B	€	26.263
Durata Incentivi, anni	n_B		5
Inizio erogazione Incentivi, anno			2022

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

INDICATORI DI REDDITIVITA DEL PROGETTO PRE-IMPOSTE		
Tempo di Ritorno Semplice, Spb = Io / FC, Anni	T.R.S.	16,25
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	T.R.A.	4,04
Valore Attuale Netto, VAN = VA - Io	VAN < 0	-€ 24.054
Tasso interno di rendimento del progetto	#NUM!	#NUM!
Indice di Profitto	IP	-36,64%
INDICATORI DI REDDITIVITA DELLA ESCO PRE-IMPOSTE		
Tempo di Ritorno Semplice, Spb = Io / FC, Anni	T.R.S.	12,88
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	T.R.A.	14,93
Valore Attuale Netto, VAN = VA - Io	VAN < 0	-€ 8.093
Tasso interno di rendimento dell'azionista	TIR > ke	20,46%
Debit Service Cover Ratio	DSCR < 1,3	0,712
Loan Life Cover Ratio	LLLCR < 1	- 0,155
Indice di Profitto Azionista	IP	-12,33%

Figura 9.18 –SCN2: Flussi di cassa del progetto

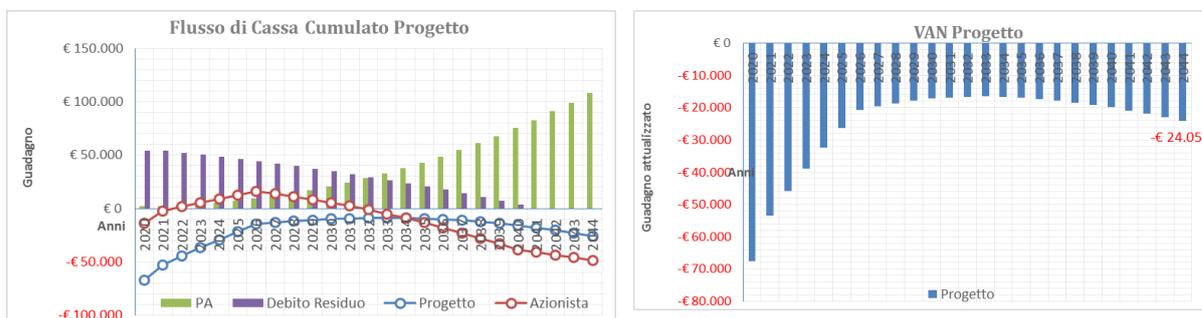


Figura 9.19 – SCN2: Flussi di cassa dell'azionista



L'analisi effettuata in questa sezione evidenzia come lo scenario composto dalle 3 misure di efficientamento riceva una valutazione negativa dal punto di vista economico-finanziario, proprio come accaduto per il precedente scenario. Il risparmio annuale a disposizione (circa 3200 €) non riesce a sostenere le spese correlate al finanziamento e al contratto di EPC se combinate con le spese OPEX. Non è stato possibile ottenere dei risultati né soddisfacenti né significativi per nessuna combinazione di parametri economico-finanziari modificabili all'interno dello schema del PEF. Per questo motivo si vuole chiarire che tabelle e grafici sono riportati solo per completezza del documento.

Al fine di mostrare come per lo scenario in questione ci sia una valutazione economica positiva si mostra in Figura 9.20e Figura 9.21 l'analisi sui flussi di cassa attualizzati e non, con e senza incentivi, analoga a quella svolta per le singole EEM.

Figura 9.20 –SCN2: Flussi di Cassa, con e senza incentivi

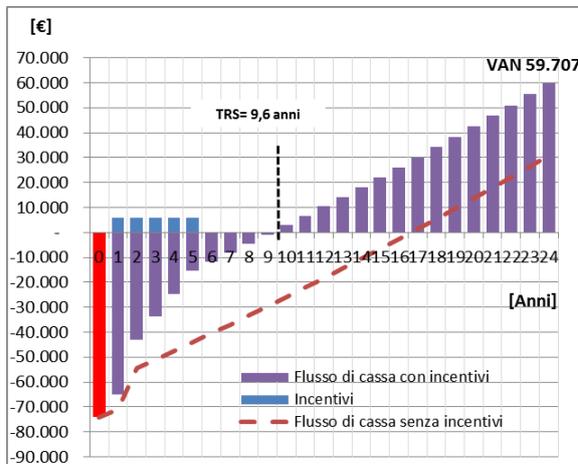
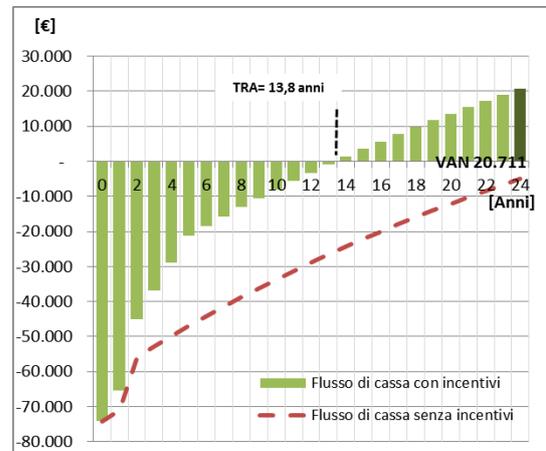
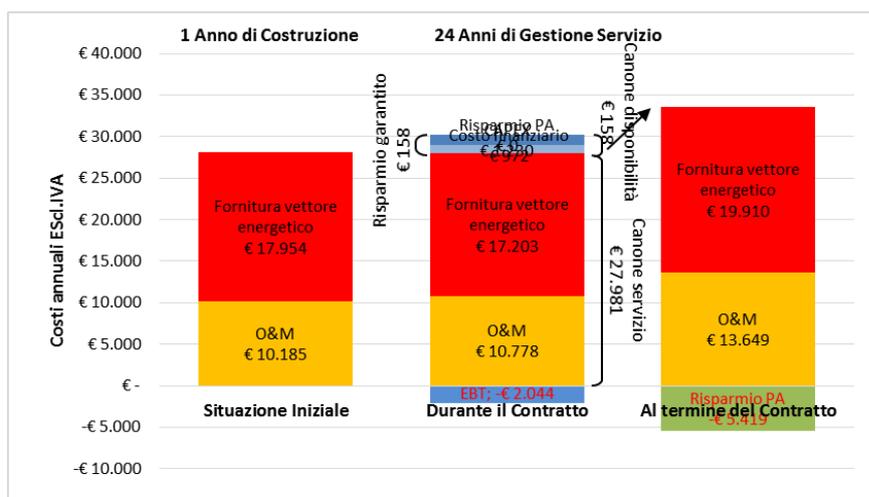


Figura 9.21 – SCN2: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



Anche in questo caso tabelle e grafici sono riportati solo per completezza del documento. Infine si è provveduto all'identificazione del possibile canone applicabile nel caso di attuazione dello scenario ottimale con incentivi attraverso la partecipazione di ESCO secondo lo schema di EPC descritto in Figura 9.22.

Figura 9.22 – Scenario 2: Schema di Energy Performance Contract



Nota. Con riferimento alla barra centrale (Durante il contratto) si riportano i valori non leggibili: Risparmio PA: 0 €; CAPEX: 1230 €; Costo finanziario: 972 €. Con riferimento alla barra di destra (Al termine del contratto) si riportano i valori non leggibili: Risparmio PA: -5.419 €

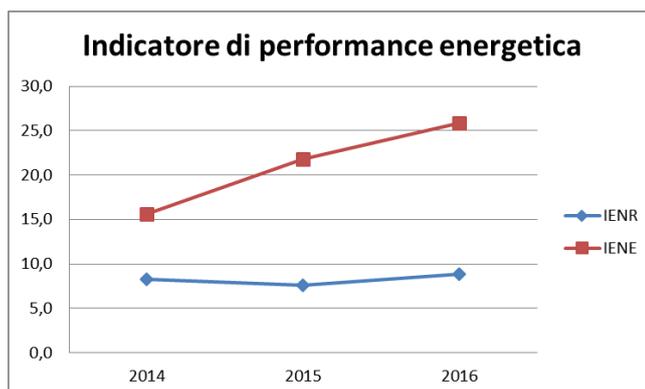
Anche quest'ultima figura è riportata per completezza di contenuto, senza che fornisca dati significativi all'analisi.

10 CONCLUSIONI

10.1 RIASSUNTO DEGLI INDICI DI PERFORMANCE ENERGETICA

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

Figura 10.1- Indicatori di performance energetica IEN



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

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

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

INDICE DI PRESTAZIONE ENERGETICA	U.M.	ENERGIA PRIMARIA TOTALE	ENERGIA PRIMARIA NON RINNOVABILE	
Globale	EP _{gl}	kWh/mq anno	205,59	193,32
Climatizzazione invernale	EP _H	kWh/mq anno	146,56	145,69
Produzione di acqua calda sanitaria	EP _w	kWh/mq anno	6,35	5,18
Ventilazione	EP _v	kWh/mq anno	-	-
Raffrescamento	EP _c	kWh/mq anno	1,77	1,43
Illuminazione artificiale	EP _L	kWh/mq anno	50,92	41,03
Trasporto di persone e cose	EP _T	kWh/mq anno	-	-
Emissioni equivalenti di CO ₂	CO _{2eq}	Kg/mq anno	40,48	

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

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

INDICE DI PRESTAZIONE ENERGETICA	U.M.	ENERGIA PRIMARIA TOTALE	ENERGIA PRIMARIA NON RINNOVABILE	
Globale	EP _{gl}	kWh/mq anno	162,94	150,97
Climatizzazione invernale	EP _H	kWh/mq anno	103,91	103,34
Produzione di acqua calda sanitaria	EP _w	kWh/mq anno	6,35	5,18
Ventilazione	EP _v	kWh/mq anno	-	-

Raffrescamento	EP _c	kWh/mq anno	1,77	1,43
Illuminazione artificiale	EP _L	kWh/mq anno	50,92	41,03
Trasporto di persone e cose	EP _T	kWh/mq anno	-	-
Emissioni equivalenti di CO2	CO _{2eq}	Kg/mq anno	31,97	

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	143,86	135,60
Climatizzazione invernale	EP _H	kWh/mq anno	104,03	103,44
Produzione di acqua calda sanitaria	EP _w	kWh/mq anno	6,35	5,18
Ventilazione	EP _v	kWh/mq anno	-	-
Raffrescamento	EP _c	kWh/mq anno	1,77	1,43
Illuminazione artificiale	EP _L	kWh/mq anno	31,71	25,55
Trasporto di persone e cose	EP _T	kWh/mq anno	-	-
Emissioni equivalenti di CO2	CO _{2eq}	Kg/mq anno	28,34	

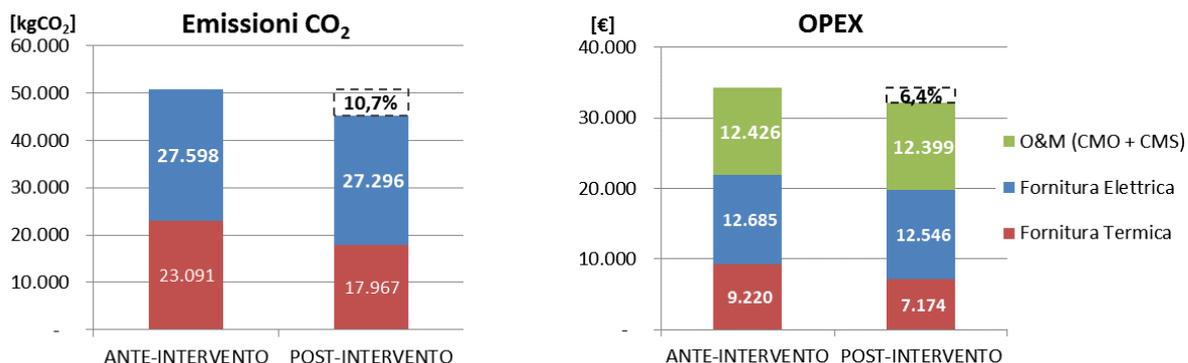
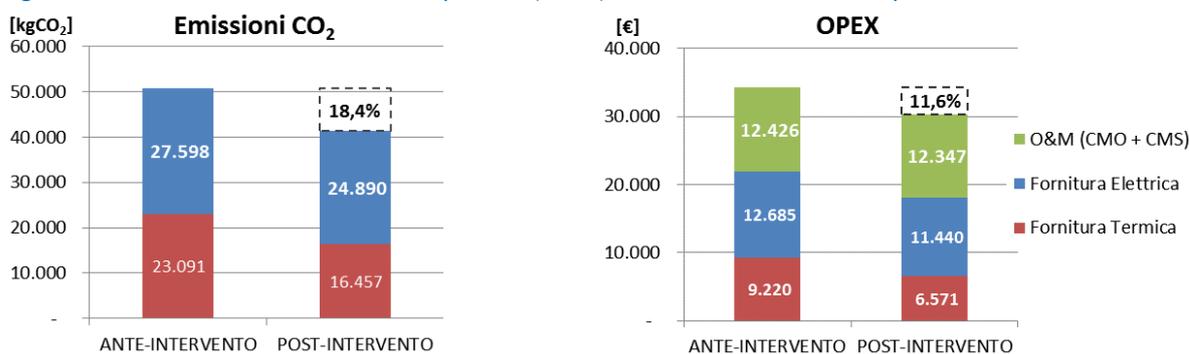
Nelle tabelle precedenti si possono vedere in dettaglio i risultati sugli indicatori di prestazione energetica calcolati in modalità di funzionamento standard, che determinano il salto di 1 e 5 classi energetiche a seconda che venga attuato rispettivamente lo scenario 1 e lo scenario 2.

10.2 RIASSUNTO DEGLI SCENARI DI INVESTIMENTO E DEI PRINCIPALI RISULTATI

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

- **Scenario 1: EEM2+EEM4:** Tale scenario consiste nell'installazione di un sistema di *building automation*, costituito da valvole termostatiche installate sui radiatori di tutto l'edificio, delle relative centraline di zona e di un'elettropompa gemellare di circolazione a giri variabili e nella sostituzione del generatore di calore GEN1 con una caldaia a condensazione.
- **Scenario 1: EEM2+EEM3+EEM4:** Tale scenario consiste nell'installazione di un sistema di *building automation*, costituito da valvole termostatiche installate sui radiatori di tutto l'edificio, delle relative centraline di zona e di un'elettropompa gemellare di circolazione a giri variabili, nella sostituzione dei corpi illuminanti esistenti con sorgenti LED e della sostituzione del generatore di calore GEN1 con una caldaia a condensazione.

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 discreti risultati sia in termini di emissioni di anidride carbonica sia in termini di spesa per l'energia. L'edificio oggetto di diagnosi risulta quindi avere margine di miglioramento delle sue performance energetiche, principalmente intervenendo sugli impianti di climatizzazione invernale. La presenza di vincoli architettonici e la complessità della struttura non consente di intervenire efficacemente sull'involucro, tranne che per la coibentazione delle coperture che tuttavia non è stata considerata negli scenari.

Dagli approfondimenti eseguiti non esistono particolari interferenze tra gli interventi.

Le proposte presentate per l'impianto termico possono essere realizzate con un unico cantiere nel periodo estivo, mentre per la sostituzione di lampade e installazione di valvole termostatiche sarà necessario agire durante le attività svolte nell'edificio.

Al fine di misurare in modo efficace i risparmi energetici a valle delle azioni di efficientamento intraprese, si dovrebbe dotare l'edificio di un semplice sistema di monitoraggio dell'energia elettrica e termica. Per quanto riguarda il fabbisogno elettrico, si potrebbe prevedere l'installazione di una apparecchiatura di misura a trasformatori amperometrici sul quadro elettrico generale; in questo modo si riuscirebbero a tenere sotto controllo i consumi globali della struttura e confrontarli con ciò che arriva dalla misura del distributore in fattura. Tuttavia l'installazione di diversi punti di misura per le diverse utenze (illuminazione, FEM, ecc.) consentirebbe di valutare più accuratamente altri possibili margini di risparmio dell'energia, principalmente per quanto riguarda il comportamento delle persone che usufruiscono della struttura. A tal proposito diventerebbe più semplice distinguere i reali consumi dei vari enti e associazioni che usufruiscono dei locali. Per la soluzione di misura dei

fabbisogni esistono applicazioni ICT, ormai molto diffuse, in grado di monitorare quasi in tempo reale i consumi di energia.

10.3 RACCOMANDAZIONI

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

Ambito	Raccomandazioni	Considerazioni
Acquisti	Acquistare attrezzature ad alta efficienza energetica.	<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>
Climatizzazione	<p>Mantenere la temperatura di set-point di legge pari a 20°C.</p> <p>Corretta regolazione delle centraline climatiche</p>	<p>Evitare di modificare i valori di temperatura imposti dalla legge pari a 20°C agendo con una modifica su valvola termostatica (una volta installata) o termostato, si stima un consumo medio maggiore del 7-8 % per ogni grado che si discosta dalla temperatura di set-point invernale.</p> <p>Si consiglia di verificare con il manutentore i settaggi delle centraline climatiche.</p> <p>Le centraline climatiche dovrebbero essere una per ogni zona termica, in modo tale da poter</p>

Ambito	Raccomandazioni	Considerazioni
	<p>Non utilizzare altri generatori di calore esterni al circuito del riscaldamento principale.</p> <p>Regolazione dell'impianto termico in funzione dei locali effettivamente utilizzati.</p> <p>Limitare la ventilazione naturale dei locali a brevi periodi e negli orari corretti.</p> <p>Tenere i terminali di emissione del calore liberi da eventuali ostruzioni.</p> <p>Spegnimento dell'impianto di produzione del calore.</p>	<p>personalizzare gli orari di funzionamento e le temperatura di mandata a seconda del tipo di utenza servita.</p> <p>Non usare stufette elettriche che, oltre che creare ulteriori consumi, spesso comportano rischi per la sicurezza e discomfort nell'ambiente di lavoro (sovratemperatura indesiderata, secchezza dell'aria, pericoli di folgorazione e di incendio). Si stima che il risparmio annuale dovuto alla mancata accensione di una stufa elettrica sia pari a 300 kWh.</p> <p>In caso di mancato utilizzo di un locale, per un solo giorno o per un periodo di tempo più prolungato, prevedere, se possibile, l'eventuale spegnimento del terminale di emissione. Il beneficio dovuto a questo accorgimento può fare risparmiare dall'1% al 3% di energia primaria all'anno.</p> <p>L'apertura delle finestre deve essere limitata ad una durata di pochi minuti, specie con temperature esterne estreme, in quanto le perdite di energia termica per ventilazione ricoprono una quota importante delle dispersioni termiche degli edifici. Tuttavia se ben utilizzata la ventilazione naturale garantisce un'adeguata qualità dell'aria degli ambienti. Le perdite di energia termica per ventilazione ricoprono una quota importante delle dispersioni termiche degli edifici e per limitare questi effetti è importante che il ricambio d'aria venga realizzato quanto possibile negli orari corretti, ovvero la mattina presto in estate e nelle ore di piena insolazione in inverno.</p> <p>Il personale deve inoltre assicurarsi della chiusura di tutte le aperture vetrate prima dell'uscita dall'edificio.</p> <p>I terminali di emissione di calore devono essere liberi e non coperti da tendaggi o altro materiale che ostruisce la diffusione del calore nell'ambiente e riduce l'efficienza dell'impianto. Avere dei terminali più efficienti può permettere di regolare la temperatura di mandata del fluido termovettore ad un valore più basso, e di conseguenza può ridurre i consumi di metano o gasolio.</p> <p>Dopo diverse ore di funzionamento l'edificio</p>

Ambito	Raccomandazioni	Considerazioni
		<p>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	Eeguire 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

L'edificio oggetto di diagnosi presenta uno stato di fatto, al momento del sopralluogo avvenuto a dicembre 2017, in condizioni sufficienti. Dall'intervista eseguita agli occupanti della struttura le principali criticità emerse riguardano le basse temperature avvertite in alcuni locali nei mesi invernali e la formazione di muffe sulle pareti rivolte a nord presumibilmente dovute a risalita di umidità dal terreno.

E' stato possibile individuare un numero ridotto di misure di efficienza energetica, sia legate all'involucro che alla parte impiantistica. Per quanto riguarda le misure sull'involucro, la presenza di vincoli architettonici e paesaggistici ha ridotto notevolmente le possibilità di individuare soluzioni efficaci e sostenibili. In particolare, sebbene i componenti finestrati abbiano prestazioni energetiche scadenti, la sostituzione di tali elementi avrebbe portato a una soluzione con giudizio negativo dal punto di vista economico: per questo tipo di interventi, oltre a valutazioni energetiche ed economiche, si deve tenere in considerazione la necessità o meno di restaurare la struttura dal punto di vista artistico. Relativamente agli impianti invece i vincoli presenti non incidono nella definizione delle misure proposte, anche considerando la non ben definita omogeneità di soluzioni già attuate in passato: ad esempio sono stati installati radiatori in alluminio accanto a radiatori in ghisa di epoca antecedente.

Nonostante gli scenari individuati forniscano dei buoni risultati in termini energetico-ambientali, la loro sostenibilità dal punto di vista finanziario risulta pessima. In entrambi i casi i progetti non sono vantaggiosi considerando l'analisi effettuata, infatti si presume che i risparmi derivanti

dall'efficientamento della struttura non consentano di sopportare le spese finanziarie definite dallo schema di finanziamento identificato per l'analisi.

ALLEGATO A – ELENCO DOCUMENTAZIONE FORNITA DALLA COMMITTENZA

	Titolo	Data	Nome file
1	Elenco documentazione fornita	03/08/2018	DE_Lotto.1-E164_revA-AllegatoA-Elenco documentazione fornita.docx

ALLEGATO B – ELABORATI

	Titolo	Descrizione	Data	Nome file
1	Pianta con posizione POD e PDR		03/08/2018	DE_Lotto.1-E1641_revA-AllegatoB-Pianta posizione POD e PDR.DWG
2	Pianta zone termiche		03/08/2018	DE_Lotto.1-E1641_revA-AllegatoB-Pianta zone termiche.DWG
3	Fogli di calcolo grafici e tabelle		03/08/2018	DE_Lotto.1-E1641_revB-AllegatoB-Grafici_Template.xlsx
4	Riepilogo fatture energia elettrica		03/08/2018	DE_Lotto.1-E1641_revA-AllegatoB-Riepilogo EE.xlsx
5	Modellazione energetica		03/08/2018	DE_Lotto.1-E1641_revA-AllegatoB-Modellazione.E0001
6	Schema a blocchi impianto elettrico		03/08/2018	DE_Lotto.1-E1641_revA-AllegatoB-Schema a blocchi elettrico.xlsx
7	Schema a blocchi impianto termico		03/08/2018	DE_Lotto.1-E1641_revA-AllegatoB-Schema a blocchi termico.xlsx
8	Calcolo consumi apparecchiature elettriche		03/08/2018	DE_Lotto.1-E1641_revA-AllegatoB-Apparecchiature elettriche.xlsx
9	Planimetria catastale		03/08/2018	DE_Lotto.1-E1641_revA-AllegatoB-Planimetria catastale.pdf

ALLEGATO C – REPORT DI INDAGINE TERMOGRAFICA

	Titolo	Data	Nome file
1	Report termografico	03/08/2018	DE_Lotto.1-E1641_revA-AllegatoC-Report termografico.docx

ALLEGATO D – REPORT RELATIVI AD ALTRE PROVE DIAGNOSTICHE STRUMENTALI

	Titolo	Data	Nome file
1	Report indagini strumentali	03/08/2018	DE_Lotto.1-E1641_revA-AllegatoD-Report strumentali.docx



ALLEGATO E – RELAZIONE DI DETTAGLIO DEI CALCOLI

	Titolo	Data	Nome file
1	Relazione di calcolo energetico	03/08/2018	DE_Lotto.1-E1641_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-E1641_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-E1641_revA-AllegatoG-APE.RTF

ALLEGATO H – BOZZA DI APE SCENARI

	Titolo	Data	Nome file
1	Bozza APE scenario 1	03/08/2018	DE_Lotto.1-E1641_revB-AllegatoH-APE-SCN1.RTF
2	Bozza APE scenario 2	03/08/2018	DE_Lotto.1-E1641_revB-AllegatoH-APE-SCN2.RTF

ALLEGATO I – DATI CLIMATICI

	Titolo	Data	Nome file
1	Dati climatici di riferimento	03/08/2018	GG_Lotto.1-E1641_revB.xlsx

ALLEGATO J – SCHEDE DI AUDIT

	Titolo	Data	Nome file
1	Check-list schede AICARR	03/08/2018	DE_Lotto.1-E1641_revA-AllegatoJ-Check list schede AICARR.xlsx

ALLEGATO K – SCHEDE ORE

Titolo	Data	Nome file
A4.1 - Coibentazione copertura piana da esterno	03/08/2018	DE_Lotto.1-E1641_revA-AllegatoK-A4.1.pdf
H15 - Installazione di pompe a portata variabile	03/08/2018	DE_Lotto.1-E1641_revA-AllegatoK-H15.pdf
H16 - Installazione valvole termostatiche	03/08/2018	DE_Lotto.1-E1641_revA-AllegatoK-H16.pdf
L1 - Installazione di sorgenti luminose ad alta efficienza	03/08/2018	DE_Lotto.1-E1641_revA-AllegatoK-L1.pdf
H2 - Sostituzione sistemi di generazione obsoleti con caldaie a condensazione	03/08/2018	DE_Lotto.1-E1641_revA-AllegatoK-H2.pdf



ALLEGATO L – PIANO ECONOMICO FINANZIARIO SCENARI

	Titolo	Data	Nome file
1	Analisi Piano Economico-Finanziario	03/08/2018	DE_Lotto.1-E1641_revB-AllegatoL-AnalisiPEF.xlsx



ALLEGATO M – REPORT DI BENCHMARK

	Titolo	Data	Nome file
1	Report di benchmark	03/08/2018	DE_Lotto.1-E1641_revA-AllegatoM-Benchmark.docx



ALLEGATO N – CD-ROM

