

**Scuola Elementare "Perasso" e Asilo nido "San Martino d'Albaro"
E342**

Salita Superiore della Noce n°78, Genova

**RAPPORTO DI DIAGNOSI ENERGETICA
FONDO KYOTO - SCUOLA 3**



Luglio/2018

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



COMUNE DI GENOVA

ATI:



(mandataria)



(mandante)

Scuola Elementare “Perasso” e Asilo nido “San Martino d’Albaro”

Salita Superiore della Noce, 78, Genova

RAPPORTO DI DIAGNOSI ENERGETICA

FONDO KYOTO - SCUOLA 3

Giugno/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

Energynet s.r.l.

Viale Muratori 201 – 41124 – Modena

Tel 059 211085 – info@energynet.it

More Energy s.r.l.

Via Ragazzi del '99 39 – 42124 - Reggio Emilia

Tel. 0522 516610 – info@more-energy.it

REGISTRO REVISIONI E PUBBLICAZIONI

Revisione	Data	Realizzazione	Revisione	Approvazione	Descrizione
A	20/06/2018	Lara Nuara	Irene Paradisi	Saverio Magni	Prima Pubblicazione
			Luigi Guerra		
B	26/07/2018	Lara Nuara	Irene Paradisi	Saverio Magni	Seconda pubblicazione a seguito della Revisione PA del 12/07/2018
			Luigi Guerra		

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
CARATTERISTICHE DELL'EDIFICIO OGGETTO DELLA DE	I
TABELLA 0.1 - TABELLA RIEPILOGATIVA DEI DATI DELL'EDIFICIO	I
1 INTRODUZIONE	1
1.1 PREMessa	1
1.2 SCOPO DELLA DIAGNOSI ENERGETICA	1
1.3 RIFERIMENTO E CONTATTI AUDITOR E PERSONALE COINVOLTO.....	1
1.4 IDENTIFICAZIONE DELL'EDIFICIO.....	2
1.5 METODOLOGIA DI LAVORO	3
1.6 STRUTTURA DEL REPORT	6
2 DATI DELL'EDIFICIO.....	6
2.1 INFORMAZIONI SUL SITO	6
2.2 INQUADRAMENTO TERRITORIALE, SOCIO-ECONOMICO E DESTINAZIONE D'USO	7
TABELLA 2.1 - SUDDIVISIONE IN PIANI DELL'EDIFICIO	7
2.3 VERIFICA DEI VINCOLI INTERFERENTI SULLE PARTI DELL'IMMOBILE INTERESSATE DAGLI 'INTERVENTI.....	8
2.4 MODALITÀ DI GESTIONE E MANUTENZIONE DI EDIFICI ED IMPIANTO.....	9
3 DATI CLIMATICI	11
3.1 DATI CLIMATICI DI RIFERIMENTO.....	11
TABELLA 3.2 – PROFILI MENSILI DEI GGRIF.....	11
3.2 DATI CLIMATICI REALI.....	12
3.3 ANALISI DELL'ANDAMENTO DEI DATI CLIMATICI E PROFILI ANNUALI DEI GRADI GIORNO	12
4 AUDIT EDIFICIO E IMPIANTI ELETTRICI E MECCANICI	14
4.1 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE DELL'INVOLUCRO EDILIZIO.....	14
4.1.1 <i>Involucro opaco</i>	14
TABELLA 4.1 – TRASMITTANZE TERMICHE DEI COMPONENTI DELL'INVOLUCRO OPACO.....	15
4.1.2 <i>Involucro trasparente</i>	15
4.2 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO DI RISCALDAMENTO/ CLIMATIZZAZIONE INVERNALE.....	17
4.2.1 <i>Sottosistema di emissione</i>	17
4.2.2 <i>Sottosistema di regolazione</i>	18
4.2.3 <i>Sottosistema di distribuzione</i>	19
4.2.4 <i>Sottosistema di generazione</i>	21
4.3 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO PRODUZIONE ACQUA CALDA SANITARIA	22
4.4 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO ELETTRICO E PRINCIPALI UTENZE ELETTRICHE	23
4.5 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO ILLUMINAZIONE	23
4.6 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE DI IMPIANTI DI PRODUZIONE ENERGIA ELETTRICA O COGENERAZIONE	24
5 CONSUMI RILEVATI	25
5.1 CONSUMI ENERGETICI STORICI PER CIASCUN VETTORE E CONNESSIONE ALLE RETI GAS NATURALE ED ELETTRICA.....	25
5.1.1 <i>Energia termica</i>	25
5.1.2 <i>Energia elettrica</i>	27
5.2 INDICATORI DI PERFORMANCE ENERGETICI ED AMBIENTALI	30
6 MODELLO DEL FABBISOGNO ENERGETICO.....	34



6.1	METODOLOGIA DI CALCOLO ADOTTATA E VALIDAZIONE DEI MODELLI DI CALCOLO	34
6.1.1	<i>Validazione del modello termico</i>	35
6.1.2	<i>Validazione del modello elettrico</i>	36
6.2	FABBISOGNI ENERGETICI.....	36
6.3	PROFILI ENERGETICI MENSILI.....	38
7	ANALISI DEI COSTI PRE-INTREVENTO	39
7.1	COSTI RELATIVI ALLA FORNITURA DEI VETTORI ENERGETICI	39
7.1.1	<i>Vettore termico</i>	39
7.1.2	<i>Vettore elettrico</i>	40
7.2	TARIFFE E PREZZI VETTORI ENERGETICI UTILIZZATI NELL'ANALISI.....	43
7.3	COSTI DI GESTIONE E MANUTENZIONE DI EDIFICIO ED IMPIANTI.....	43
7.4	BASELINE DEI COSTI.....	44
	TABELLA 7.6 – VALORI DI COSTO INDIVIDUATI PER IL CALCOLO DELLA BASELINE	44
8	IDENTIFICAZIONE DELLE MISURE DI EFFICIENZA ENERGETICA	46
8.1	DESCRIZIONE, FATTIBILITÀ E PRESTAZIONI DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI	46
8.1.1	<i>Involucro edilizio</i>	46
8.1.2	<i>Impianto riscaldamento</i>	49
8.1.3	<i>Impianto di illuminazione ed impianto elettrico</i>	51
9	VALUTAZIONE ECONOMICO-FINANZIARIA.....	53
9.1	ANALISI DEI COSTI DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI CONSIDERATI FATTIBILI.....	53
9.2	ANALISI DI CONVENIENZA DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI CONSIDERATI FATTIBILI.....	60
	SINTESI	67
9.3	IDENTIFICAZIONE DELLE SOLUZIONI INTEGRATE D'INTERVENTO E SCENARI D'INVESTIMENTO.....	68
9.3.1	<i>Scenario 1: sostituzione caldaie + installazione valvole termostatiche</i>	70
9.3.2	<i>Scenario 2: sostituzione caldaie + installazione valvole termostatiche + isolamento copertura</i>	75
10	CONCLUSIONI	82
10.1	RIASSUNTO DEGLI INDICI DI PERFORMANCE ENERGETICA	82
10.2	RIASSUNTO DEGLI SCENARI DI INVESTIMENTO E DEI PRINCIPALI RISULTATI	82
10.3	CONCLUSIONI E COMMENTI.....	82
	ALLEGATO A – ELENCO DOCUMENTAZIONE FORNITA DALLA COMMITTENZA.....	A
	ALLEGATO B – ELABORATI	B
	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		n.d.
Anno di ristrutturazione		n.d.
Zona climatica		D
Destinazione d'uso	[E.7(Edifici adibiti ad attività scolastiche atutti i livelli e assimilabili)]	
Superficie utile riscaldata	[m ²]	4380,85
Superficie disperdente (S)	[m ²]	5933,46
Volume lordo riscaldato (V)	[m ³]	16998,33
Rapporto S/V	[1/m]	0,35
Superficie lorda aree interne (scaldate e non scaldate)	[m ²]	4.970,67
Superficie lorda aree esterne	[m ²]	-
Superficie lorda complessiva (aree interne ed esterne)	[m ²]	-
Tipologia generatore riscaldamento		Caldaia tradizionale
Potenza totale impianto riscaldamento	[kW]	918
Potenza totale impianto raffrescamento	[kW]	-
Tipo di combustibile		Gas Metano
Tipologia generatore Acqua Calda sanitaria (ACS)		Boiler Elettrici
Emissioni CO2 di riferimento ⁽¹⁾	[t/anno]	72,67
Consumo di riferimento Gas Metano ⁽¹⁾	[kWh _{th} /anno]	288.228
Spesa annuale Gas Metano ⁽¹⁾	[€/anno]	12.667
Consumo di riferimento energia elettrica ⁽¹⁾	[kWh _{el} /anno]	32.242
Spesa annuale energia elettrica ⁽¹⁾	[€/anno]	6.961

Nota (1): Valori di Baseline

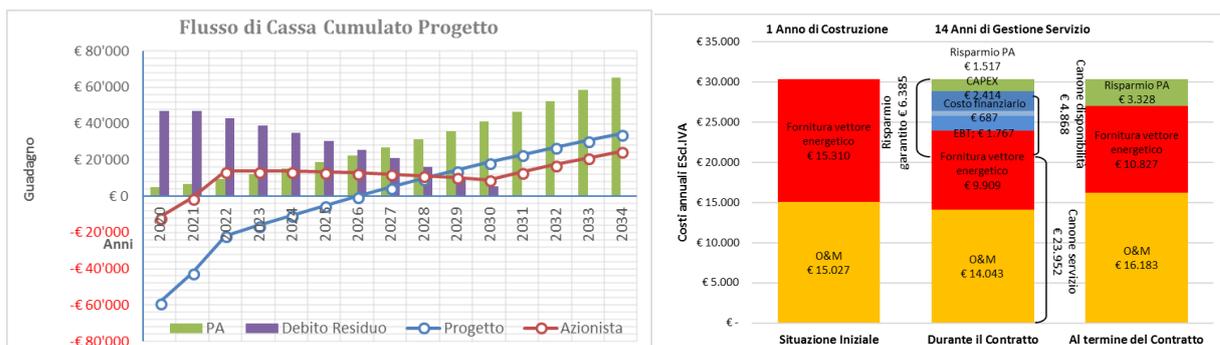
Descrizione delle Misure di efficienza energetica proposte:

- EEM 1: isolamento delle pareti perimetrali dall'esterno
- EEM 2: isolamento della copertura
- EEM 3: installazione delle valvole termostatiche
- EEM 4: Sostituzione finestre
- EEM 5: Sostituzione lampade con LED
- EEM 6: Sostituzione caldaia
- SCN 1: Sostituzione caldaia e installazione valvole termostatiche
- SCN 2: Sostituzione caldaia, installazione valvole termostatiche e isolamento copertura.

E342 - Scuola Elementare "Perasso" e Asilo Nido "San Martino D'Albaro"
Tabella 0.2 – Sintesi dei risultati della valutazione economico-finanziaria delle misure di efficienza energetica proposte e degli scenari ottimali, caso con incentivi

	CON INCENTIVI													
	% ΔE [%]	% ΔCO_2 [%]	ΔC_e [€/anno]	ΔC_{MO} [€/anno]	ΔC_{MS} [€/anno]	I_0 [€]	TRS [anni]	TRA [anni]	n [anni]	VAN [€]	TIR [%]	IP [-]	DSCR	LLCR
EEM 1	22,9%	20,4%	3350	0	0	269462	35,5	44,7	30	-91431	-2,0%	-0,34	-	-
EEM 2	7,5%	6,7%	1093	0	0	55703	24,0	35,5	30	-8946	1,3%	-0,16	-	-
EEM 3	26,0%	23,2%	3817	0	0	320109	59,3	85,8	30	214479	-4,9%	-0,67	-	-
EEM 4	44,4%	39,7%	6512,7	1.502,7	0	20404	2,6	2,9	15	57.139	35,4%	2,80	-	-
EEM 5	3,2%	6,6%	2336,2	0	0	49967	9,6	10,4	8	-11880	-7,4%	-0,24	-	-
EEM 6	9,7%	8,7%	1447,9	1.502,7	0	43077	7,9	10,6	15	6.472	7,5%	0,15	-	-
SCN 1 ⁽²⁾	55,0%	49,1%	40,2%	1.502,7	0	57021	7,02	8,56	15	17.384	10,31%	30,49%	1,295	1,327
SCN 2 ⁽²⁾	61,8%	55,2%	9040,5	1.502,7	0	112724	8,50	11,58	25	26.483	8,31%	23,49%	1,063	1,340

Nota (2): valori degli indicatori di redditività TRS, TRA VAN TIR e IP del progetto pre-imposte e degli indicatori di redditività DSCR e LLCR della ESCO pre imposte.

Figura 0.1 – Scenario 1: analisi finanziaria

Figura 0.2 – Scenario 2: analisi finanziaria


Sono state così individuate soluzioni ottimali.

Il primo scenario consente di ottenere un salto di due classi energetiche e un tempo di ritorno semplice minore di 15 anni senza incentivi.

Esso consiste nella combinazione degli interventi di installazione di valvole termostatiche e sostituzione del generatore di calore con una caldaia a condensazione di potenzialità minore. Per questa soluzione si è valutata una spesa pari a 57.021 €, l'ottenimento di 14.647 € di incentivi da Conto termico.



E342 - Scuola Elementare "Perasso" e Asilo Nido "San Martino D'Albaro"

Per tale scenario, il modello semplificato di Piano Economico finanziario presenta un VAN del progetto pari a 17.384 € e un VAN per l'azionista di 13.602 €, inoltre gli indici Cover Ratio sono superiori all'unità.

Il secondo scenario consente di ottenere un salto di due classi energetiche e un tempo di ritorno semplice minore di 25 anni.

Esso consiste nella combinazione di diversi interventi quali isolamento della copertura, installazione di valvole termostatiche e sostituzione del generatore di calore con una caldaia a condensazione di potenzialità minore. Per questa soluzione si è valutata una spesa pari a 112.724 €, l'ottenimento di 48.512 € di incentivi da Conto termico.

Per tale scenario, il modello semplificato di Piano Economico finanziario presenta un VAN del progetto pari a 26.483 € e un VAN per l'azionista di 17.840 €, inoltre gli indici Cover Ratio sono superiori all'unità.

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 da Energynet s.r.l. parte di ATI costituita da Energynet s.r.l. e More Energy s.r.l.. Il responsabile per il processo di audit dell'ATI è l'ing. Saverio Magni, soggetto certificato Esperto in Gestione dell'Energia (EGE) ai sensi della norma UNI CEI 11339.

Figura 1.1 - Vista della facciata esposta a Sud



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

Tabella 1.1 – Soggetti coinvolti nella realizzazione del processo di Audit

NOME E COGNOME	RUOLO	ATTIVITÀ SVOLTA
Silvia Scarcelli Lara Nuara	Tecnico del rilievo	Sopralluogo in sito
Irene Paradisi Lara Nuara	Tecnico dell'analisi preliminare	Elaborazione dei dati relativi ai consumi energetici
Lara Nuara	Tecnico del calcolo energetico	Elaborazione dei dati geometrici ed alla creazione del modello energetico
Lara Nuara	Tecnico del report di diagnosi	Elaborazione report di diagnosi energetica
Irene Paradisi	Responsabile involucro	Revisione report di diagnosi energetica
Luigi Guerra	Responsabile impianti	Revisione report di diagnosi energetica
Saverio Magni	EGE	Approvazione report di diagnosi energetica

1.4 IDENTIFICAZIONE DELL'EDIFICIO

L'immobile oggetto della DE, catastalmente individuato al NCEU F. GEB Mapp. 133, 6, 76 Sub. 0 è sito nel Comune di Genova e più precisamente in via Salita superiore della Noce n°78.

L'edificio, costituito da due corpi, è di proprietà del Comune di Genova ed è attualmente adibito a scuola elementare, materna e asilo nido.

Figura 1.2 – Ubicazione dell'edificio



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

Tabella 1.2 - Tabella riepilogativa dei dati dell'edificio

PARAMENTO	U.M.	VALORE
Anno di costruzione edificio		n.d.
Anno di ristrutturazione		n.d.
Zona climatica		D
Destinazione d'uso		[E.7(Edifici adibiti ad attività scolastiche atutti i livelli e assimilabili)]
Superficie utile riscaldata	[m ²]	4380,85
Superficie disperdente (S)	[m ²]	5933,46
Volume lordo riscaldato (V)	[m ³]	16998,33
Rapporto S/V	[1/m]	0,35
Superficie lorda aree interne (scaldate e non scaldate)	[m ²]	4.970,67
Superficie lorda aree esterne	[m ²]	-
Superficie lorda complessiva (aree interne ed esterne)	[m ²]	-
Tipologia generatore riscaldamento		Caldaia tradizionale
Potenza totale impianto riscaldamento	[kW]	918

Potenza totale impianto raffrescamento	[kW]	-
Tipo di combustibile		Gas Metano
Tipologia generatore Acqua Calda sanitaria (ACS)		Boiler Elettrici
Emissioni CO2 di riferimento ⁽¹⁾	[t/anno]	72,67
Consumo di riferimento Gas Metano ⁽¹⁾	[kWh _{th} /anno]	288.228
Spesa annuale Gas Metano ⁽¹⁾	[€/anno]	12.667
Consumo di riferimento energia elettrica ⁽¹⁾	[kWh _{el} /anno]	32.242
Spesa annuale energia elettrica ⁽¹⁾	[€/anno]	6.961

Nota (1): Valori di Baseline

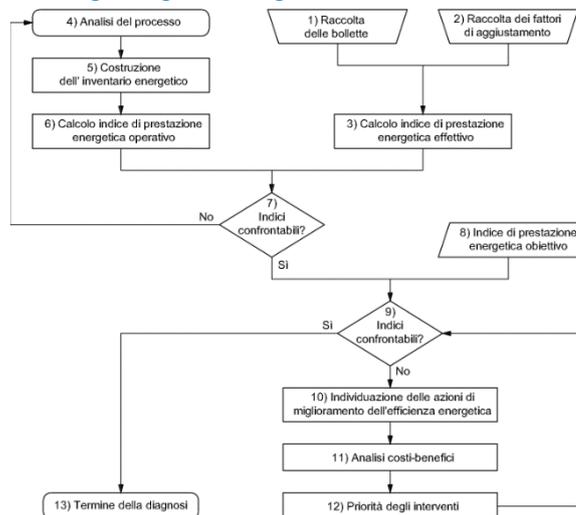
1.5 METODOLOGIA DI LAVORO

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

- a) Acquisizione della documentazione utile, fornita dalla PA, come riportato all'Allegato A – Elenco documentazione fornita dalla committenza; **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**
- b) Analisi del quadro normativo di riferimento, incluso la verifica dei vincoli ambientali, storici, archeologici e paesaggistici interferenti sull'immobile interessato dall'intervento;
- c) Visita agli edifici, effettuata in data 12/12/2017 con verifica degli elaborati forniti e rilievo dei dati relativi alle caratteristiche degli elementi disperdenti ed impiantistici costituenti il sistema edificio-impianto;
- d) Visita alla centrale termica e/o frigorifera;
- e) Preparazione e compilazione delle schede di Audit previste per la diagnosi di livello II di cui all'appendice A delle LGEE - Linee Guida per l'Efficienza Energetica negli Edifici - sett. 2013 - elaborato da AiCARR per Agesi, Assistal, Assopetroli e Assoenergia, e riportate all'Allegato J – Schede di audit;
- f) Elaborazione del comportamento termico ed elettrico dell'edificio, realizzata utilizzando il software commerciale Edilclima EC700 versione 8.17.49 in possesso di certificato di conformità rilasciato dal Comitato Termotecnico Italiano (CTI) n. 73 ai sensi del D.lgs. 192/05 e s.m.i. e riportato all'Allegato F – Certificato CTI Software;
- g) Analisi dei profili annuali di consumi e costi dei servizi energetici reali dell'edificio, comprensivi della fornitura dei vettori energetici sia elettrici che di gas e degli oneri di O&M, relativamente alle annualità 2014-2015-2016;
- h) Analisi dei dati climatici reali del sito ove è ubicato l'edificio con conseguente calcolo dei Gradi Giorno reali (GG_{real}), utilizzando le temperature esterne rilevate dalla stazione meteo Genova – Centro funzionale e riportati all'Allegato I – Dati climatici;
- i) Individuazione della "baseline termica" di riferimento (e relative emissioni di CO₂) tramite opportuna ripartizione del consumo di combustibile tra le varie utenze a servizio dell'edificio e destagionalizzazione dello stesso, utilizzando i relativi GG reali (GG_{real}), e conseguente normalizzazione secondo i GG di riferimento (GG_{rif});
- j) Individuazione della "baseline elettrica" di riferimento (e relative emissioni di CO₂) calcolata sulla media aritmetica dei valori relativi ai consumi elettrici reali per tre le annualità 2014, 2015, 2016;
- k) Validazione del modello elaborato mediante il confronto con le baseline energetiche, al fine di ottenere uno scostamento inferiore al 5%;
- l) Analisi delle possibili EEM necessarie per la riqualificazione energetica del sistema edificio-impianto analizzando gli aspetti tecnici, energetici, ed ambientali.
- m) Simulazione del comportamento energetico dell'edificio a seguito dell'attuazione delle varie EEM proposte singolarmente, ed individuazione della nuova classe energetica raggiungibile;

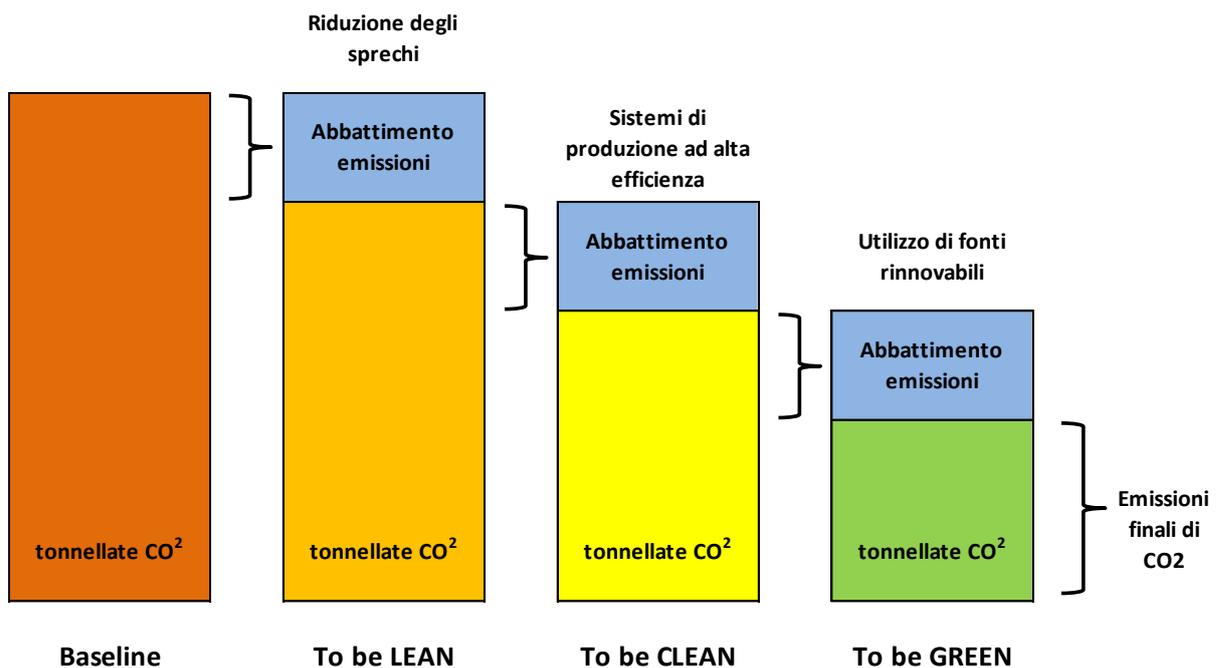
- n) Definizione di due scenari ottimali a partire dalla combinazione delle singole EEM proposte al fine di conseguire un miglioramento del parametro di efficienza energetica dell'edificio superiore a due classi energetiche e tempi di ritorno inferiori uguale rispettivamente a 25 e a 15 anni.
- o) Analisi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

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



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

Figura 1.4 - Principio della Gerarchia Energetica



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

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

Secondo questo modello di gerarchia energetica non è raccomandato riqualificare gli impianti di generazione della climatizzazione e gli impianti rinnovabili se non a partire da rinnovate e ridotte condizioni del fabbisogno energetico, conseguenti all'adozione di EEM preliminari atte a ridurre il fabbisogno 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 riqualificazione degli impianti di generazione per la climatizzazione e, dopo, dall'installazione di tecnologie di generazione da fonti rinnovabili.

Una volta esaminate le possibili EEM si è realizzata 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 LLLCR 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:

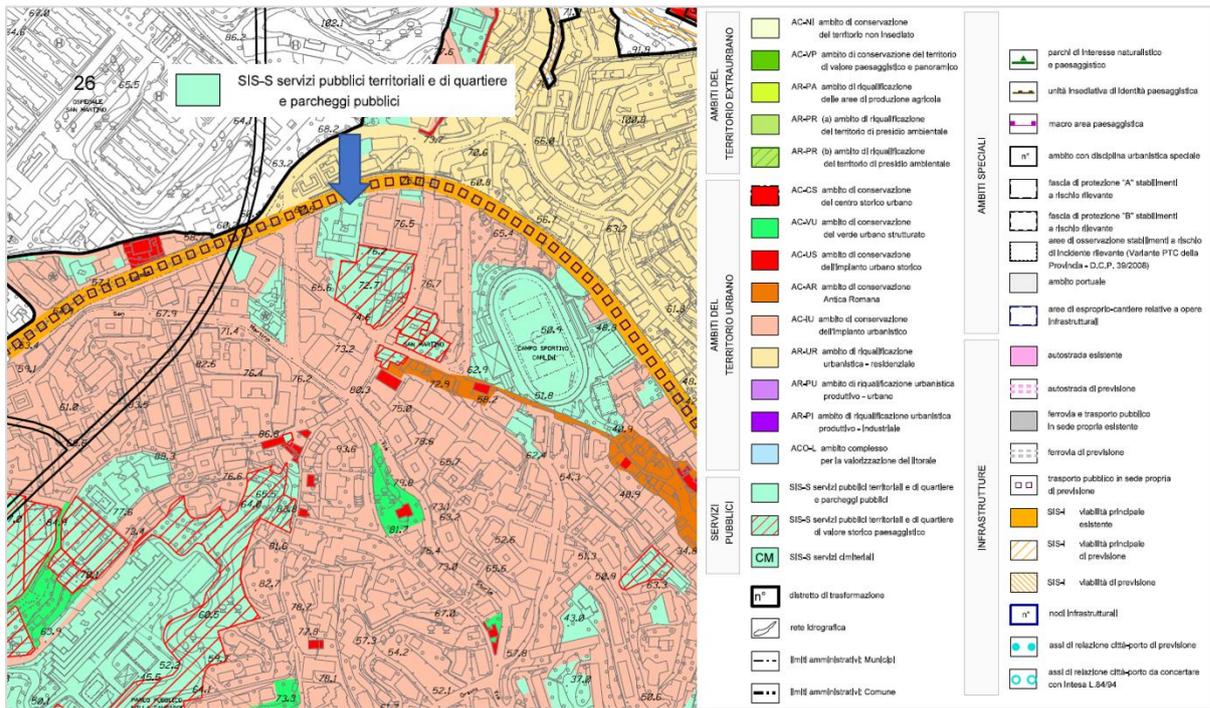
- Una prima parte nella quale sono descritti lo scopo ed i confini della DE e le metodologie di analisi adottate;
- Una seconda parte in cui sono riportate le informazioni dell'edificio rilevate in sede di sopralluogo e le valutazioni effettuate al fine di identificare le caratteristiche tecniche dei 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 zona SIS_S - servizi pubblici territoriali e di quartiere e parcheggi pubblici.

Figura 2.1 - Particolare estratto dal Piano Urbanistico Comunale



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

L'edificio oggetto della presente diagnosi energetica risale all'incirca al 1930 ed è costituito da due corpi collegati da una passerella al primo piano. Il corpo a Sud, costituito da un piano seminterrato e tre fuori terra, è occupato dalla scuola elementare e materna Perasso, la quale occupa anche il primo piano del corpo Nord. Il piano terra del Corpo Nord, costituito da tre piani fuori terra, è invece occupato dall'asilo nido San Martino d'Albaro; il secondo piano, invece, dopo avere ospitato l'asilo nido, attualmente non è utilizzato.

Pertanto, ai sensi del DPR 412/93, l'edificio attualmente ricade nella destinazione d'uso E.7 (Edifici adibiti ad attività scolastiche a tutti i livelli e assimilabili).

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

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

Le planimetrie utilizzate nella valutazione sono riportate in

Allegato B – Elaborati.

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



Tabella 2.1 - Suddivisione in piani dell'edificio

PIANO	UTILIZZO	U.M.	SUPERFICIE LORDA COMPLESSIVA ⁽²⁾	SUPERFICIE UTILE RISCALDATA ⁽³⁾	SUPERFICIE UTILE RAFFRESCATA ⁽³⁾
-------	----------	------	---	--	---

Corpo Sud				
Seminterrato	Mensa scuola Perasso	[m ²]	631.16	439,12
Terra	Scuola elementare e materna Perasso	[m ²]	607.47	571.05
Primo	Scuola elementare Perasso	[m ²]	607.47	570,99
Secondo	Scuola elementare Perasso	[m ²]	607.47	572,90
Terzo	Scuola elementare Perasso	[m ²]	607.47	572,92
Quarto	Scuola elementare Perasso	[m ²]	95.05	-
Corpo Nord				
Terra	Asilo Nido San Martino d'Albaro	[m ²]	703,25	660,57
Primo	Scuola elementare Perasso	[m ²]	703,25	660,57
Secondo	Scuola elementare Perasso	[m ²]	375,17	333,12
TOTALE		[m ²]	4937,76	4381,24

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

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

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

Dalla carta dei vincoli risulta che l'edificio non presenta alcun vincolo.

Figura 2.3 - Particolare estratto dalla carta dei vincoli



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

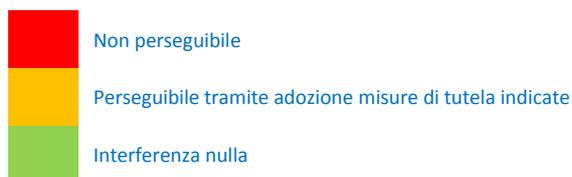
MISURA DI EFFICIENZA ENERGETICA	VINCOLO INTERESSATO	VALUTAZIONE INTERFERENZA ⁽⁴⁾	MISURA DI TUTELA DA ADOTTARE
EEM 1: Isolamento delle pareti esterne	-		-
EEM 2: Isolamento Coperture e sottotetto	-		-
EEM 3: Sostituzione vecchi serramenti in legno	-		-
EEM 4: Installazione valvole termostatiche	-		-
EEM 5: Sostituzione lampade con LED	-		-

EEM 6: Sostituzione caldaia

-

-

Nota (4): Legenda livelli di interferenza:



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

2.4 MODALITÀ DI GESTIONE E MANUTENZIONE DI EDIFICI ED IMPIANTO

Durante la fase di sopralluogo è stato possibile rilevare gli orari di effettivo funzionamento dell'edificio, intesi come gli orari di espletamento delle lezioni e gli orari di effettiva presenza del personale all'interno dell'edificio scolastico.

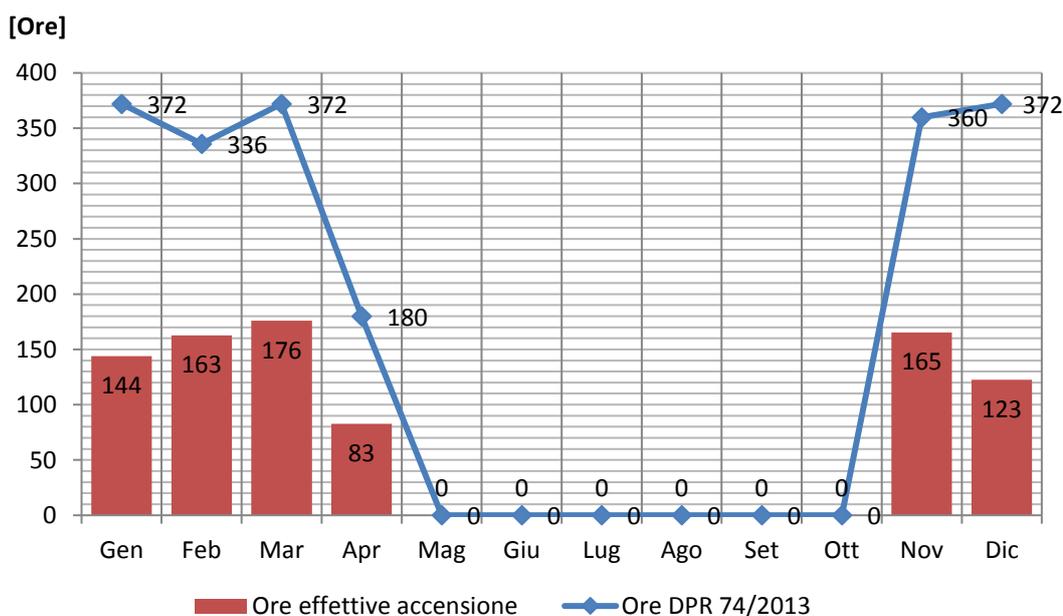
Gli orari di effettivo utilizzo dell'edificio sono stati ricavati tramite intervista al personale.

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

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

PERIODO	GIORNI SETTIMANALI	ORARIO FUNZIONAMENTO EDIFICIO	ORARIO FUNZIONAMENTO IMPIANTO
Dal 1 Novembre al 15 Aprile	dal lunedì al venerdì	07.30 – 18.30	6.00 – 18.00
Dal 15 Aprile al 20 Giugno	dal lunedì al venerdì	07.30 – 18.30	-
Dal 20 Giugno al 20 Settembre	dal lunedì al venerdì	n.d.	-
Dal 21 Settembre al 31 Ottobre	dal lunedì al venerdì	07.30 – 18.30	-

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 espletamento delle lezioni, ma dipendono anche dalla presenza di personale

all'interno della struttura, pertanto, nonostante le lezioni scolastiche finiscano alle 16:30 lo spegnimento dell'impianto avviene alle ore 18:00.

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

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

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

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

3 DATI CLIMATICI

3.1 DATI CLIMATICI DI RIFERIMENTO

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

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

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

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

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

Considerando che il profilo di utilizzo degli impianti di riscaldamento prevede alcuni giorni di mancata accensione dell'impianto, come riportato nella Tabella 2.3, i GG sono stati ricalcolati in funzione del numero di giorni effettivi di accensione dell'impianto termico, pertanto si è ottenuto un valore di 906 GG calcolati su 107 giorni effettivi di utilizzo dell'impianto di riscaldamento.

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

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

Tabella 3.2 – Profili mensili dei GG_{rif}

Mese	GIORNI MENSILI	TEMPERATURA ESTERNA UNI 10349:2016 [°C]	GIORNI RISCALDAMENTO [g/m]	GG	GIORNI DI UTILIZZO [g/m]	GIORNI RISCALDAMENTO EFFETTIVI [g/m]	GG _{rif}	PROFILO DI INCIDENZA
Gennaio	31	10,4	31	298	18	18	173	19%
Febbraio	28	10,5	28	266	20	20	193	21%
Marzo	31	11,1	31	276	22	22	196	22%
Aprile	30	15,3	15	71	21	10	52	6%
Maggio	31	18,7	-	-	22	-	-	0%
Giugno	30	22,4	-	-	21	-	-	0%
Luglio	31	24,6	-	-	15	-	-	0%
Agosto	31	23,6	-	-	-	-	-	0%
Settembre	30	22,2	-	-	20	-	-	0%
Ottobre	31	18,2	-	-	21	-	-	0%
Novembre	30	13,3	30	201	21	21	138	15%
Dicembre	31	10,0	31	310	15	15	153	17%
TOTALE	365	16,7	166	1421	216	107	906	100%

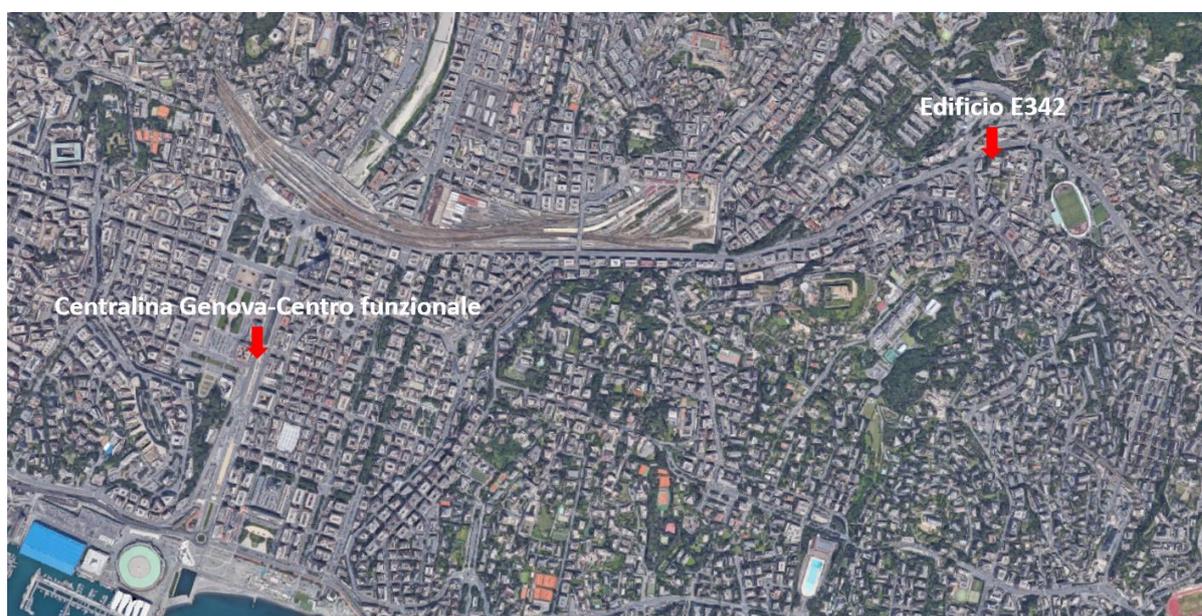
3.2 DATI CLIMATICI REALI

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

I dati climatici utilizzati sono stati rilevati dalla centralina meteo climatica Genova - Centro funzionale, sita in via Brigade Partigiane n° 2, Genova.

Si è deciso di utilizzare come riferimento tale centralina in quanto è ubicata in una zona limitrofa all'edificio oggetto della DE e ad una altitudine simile.

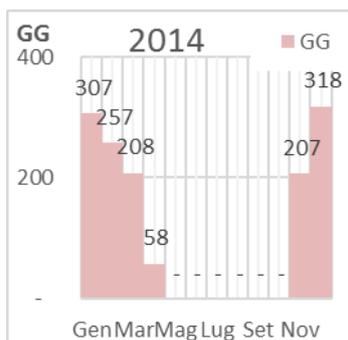
Figura 3.1 – Posizionamento della centralina meteo climatica rispetto all'edificio oggetto di DE



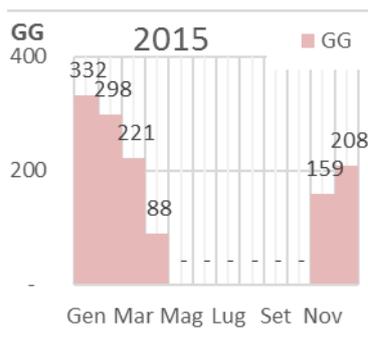
3.3 ANALISI DELL'ANDAMENTO DEI DATI CLIMATICI E PROFILI ANNUALI DEI GRADI GIORNO

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.

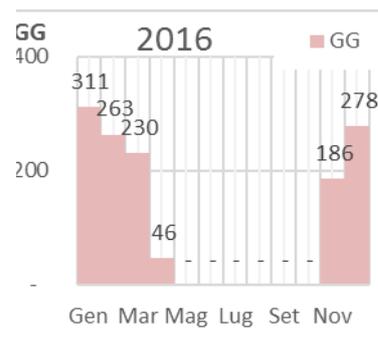
Figura 3.2 - Andamento mensile dei GG reali per il triennio di riferimento



GG₂₀₁₄(166 giorni) = 1355



GG₂₀₁₅(166 giorni) = 1306



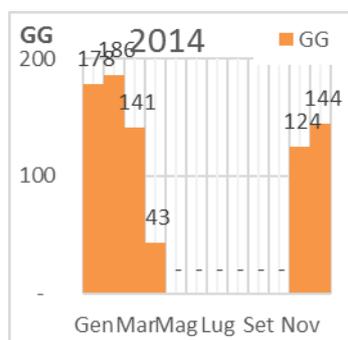
GG₂₀₁₆(167 giorni) = 1314

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 817 GG calcolati su 107 giorni effettivi di utilizzo dell'impianto di riscaldamento.

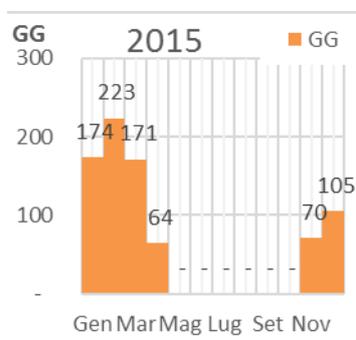
Tali GG sono valutati come la sommatoria estesa ai soli giorni di effettivo utilizzo degli impianti di riscaldamento nel periodo annuale di riscaldamento compreso tra il 1 Novembre e il 15 Aprile, delle sole differenze positive giornaliere tra la temperatura interna di 20°C e quella esterna giornaliera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

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

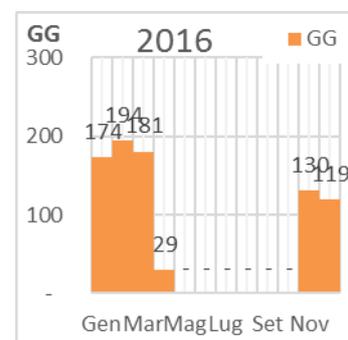
Figura 3.3 - Andamento mensile dei GG reali, valutati in condizioni di effettivo utilizzo degli impianti, per il triennio di riferimento



GG₂₀₁₄(106 giorni) = 817



GG₂₀₁₅(106 giorni) = 808



GG₂₀₁₆(107giorni) = 827

Come si può notare dai grafici sopra riportati, l'andamento dei GG reali risulta essere fortemente influenzato dall'effettivo svolgimento delle lezioni.

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 presumibilmente composto da mattoni semipieni con intercapedine d'aria.

Le strutture opache orizzontali sono in laterocemento e la copertura è di tipo piano.

Figura 4.1 - Particolare della porzione di involucro



Figura 4.2 - Particolare della facciata



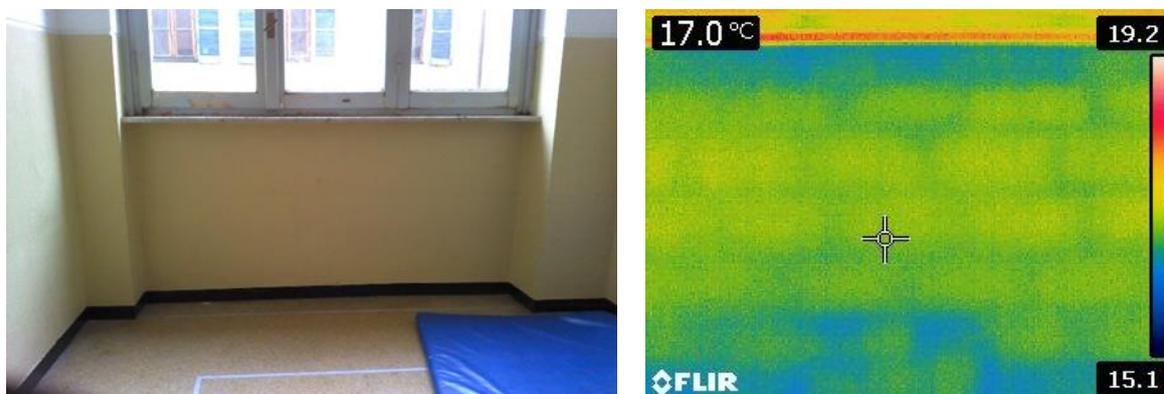
Ai fini di un'identificazione più precisa delle caratteristiche dei componenti dell'involucro opaco si è proceduto, in sede di sopralluogo, alla realizzazione delle seguenti indagini diagnostiche:

- Rilievo termografico eseguito tramite l'utilizzo di termocamera FLIR E50
- Analisi visiva

La realizzazione delle suddette indagini ha portato alle seguenti conclusioni:

- Muratura composta da mattoni semipieni con intercapedine d'aria
- Solai in laterocemento

Figura 4.3 – Rilievo termografico della parete



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 [cm]	ISOLAMENTO	TRASMITTANZA TERMICA [W/m ² K]	STATO DI CONSERVAZIONE
Copertura	S1	Vedere Allegato E	Assente	Vedere Allegato E	Buono
Copertura	S2	Vedere Allegato E	Assente	Vedere Allegato E	Buono
Copertura	S3	Vedere Allegato E	Assente	Vedere Allegato E	Buono
Parete verticale	M1	Vedere Allegato E	Assente	Vedere Allegato E	Buono
Parete verticale	M2	Vedere Allegato E	Assente	Vedere Allegato E	Buono
Parete verticale	M3	Vedere Allegato E	Assente	Vedere Allegato E	Buono
Parete verticale	M4	Vedere Allegato E	Assente	Vedere Allegato E	Buono
Parete verticale	M5	Vedere Allegato E	Assente	Vedere Allegato E	Buono
Parete verticale	M6	Vedere Allegato E	Assente	Vedere Allegato E	Buono
Parete verticale	M7	Vedere Allegato E	Assente	Vedere Allegato E	Buono
Parete verticale	M8	Vedere Allegato E	Assente	Vedere Allegato E	Buono
Parete verticale	M9	Vedere Allegato E	Assente	Vedere Allegato E	Buono
Parete verticale	M10	Vedere Allegato E	Assente	Vedere Allegato E	Buono
Pavimento	P1	Vedere Allegato E	Assente	Vedere Allegato E	Buono
Pavimento	P2	Vedere Allegato E	Assente	Vedere Allegato E	Buono
Pavimento	P3	Vedere Allegato E	Assente	Vedere Allegato E	Buono

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

4.1.2 Involucro trasparente

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

Lo stato di conservazione degli stessi è molto scarso, pertanto si generano rilevanti infiltrazioni d'aria all'interno degli ambienti, causando elevati dispersioni termiche e creando un notevole disagio per gli utenti presenti all'interno dell'edificio.

Figura 4.4 - Particolare dei serramenti



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

- Rilievo termografico
- Misurazione con spessivetro
- Analisi visiva

La realizzazione delle suddette indagini ha portato alle seguenti conclusioni:

- Serramenti con vetro singolo e telaio in legno
- Serramenti con vetro singolo e telaio in metallo senza taglio termico
- Serramenti con vetro singolo e telaio in PVC

Figura 4.5 – Rilievo termografico dei serramenti



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

Tabella 4.2 – Trasmittanze termiche dei componenti dell'involucro trasparente

TIPO DI COMPONENTE	CODICE	DIMENSIONI [HXL] [cm]	TIPO TELAIO	TIPO VETRO	TRASMITTANZA TERMICA [W/mqK]	STATO DI CONSERVAZIONE
Serramento verticale	W1	Vedere Allegato E		Singolo	Vedere Allegato E	Sufficiente
Serramento verticale	W3	Vedere Allegato E		Singolo	Vedere Allegato E	Sufficiente
Serramento verticale	W5	Vedere Allegato E		Singolo	Vedere Allegato E	Sufficiente
Serramento verticale	W7	Vedere Allegato E		Singolo	Vedere Allegato E	Sufficiente
Serramento verticale	W11	Vedere Allegato E		Singolo	Vedere Allegato E	Sufficiente
Serramento verticale	W12	Vedere Allegato E		Singolo	Vedere Allegato E	Sufficiente
Serramento verticale	W15	Vedere Allegato E		Singolo	Vedere Allegato E	Sufficiente
Serramento verticale	W16	Vedere Allegato E		Singolo	Vedere Allegato E	Sufficiente
Serramento verticale	W17	Vedere Allegato E		Singolo	Vedere Allegato E	Sufficiente
Serramento verticale	W18	Vedere Allegato E		Singolo	Vedere Allegato E	Sufficiente
Serramento verticale	W19	Vedere Allegato E		Singolo	Vedere Allegato E	Sufficiente
Serramento verticale	W20	Vedere Allegato E		Singolo	Vedere Allegato E	Sufficiente
Serramento verticale	W21	Vedere Allegato E		Singolo	Vedere Allegato E	Sufficiente
Serramento verticale	W30	Vedere Allegato E		Singolo	Vedere Allegato E	Sufficiente
Serramento verticale	W31	Vedere Allegato E		Singolo	Vedere Allegato E	Sufficiente
Serramento verticale	W32	Vedere Allegato E		Singolo	Vedere Allegato E	Sufficiente
Serramento verticale	W33	Vedere Allegato E		Singolo	Vedere Allegato E	Sufficiente
Serramento verticale	W34	Vedere Allegato E		Singolo	Vedere Allegato	Sufficiente

					E
Serramento verticale	W35	Vedere Allegato E	Singolo	Vedere Allegato E	Sufficiente
Serramento verticale	W36	Vedere Allegato E	Singolo	Vedere Allegato E	Sufficiente
Serramento verticale	W37	Vedere Allegato E	Singolo	Vedere Allegato E	Sufficiente
Serramento verticale	W38	Vedere Allegato E	Singolo	Vedere Allegato E	Sufficiente

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

4.2 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO DI RISCALDAMENTO/CLIMATIZZAZIONE INVERNALE

L'impianto di riscaldamento degli ambienti è costituito da radiatori in ghisa con distribuzione verticale a colonne montanti e generazione mediante due caldaie tradizionali con funzionamento a cascata alimentate da gas metano.

4.2.1 Sottosistema di emissione

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

- Radiatori in ghisa
- Radiatori in acciaio

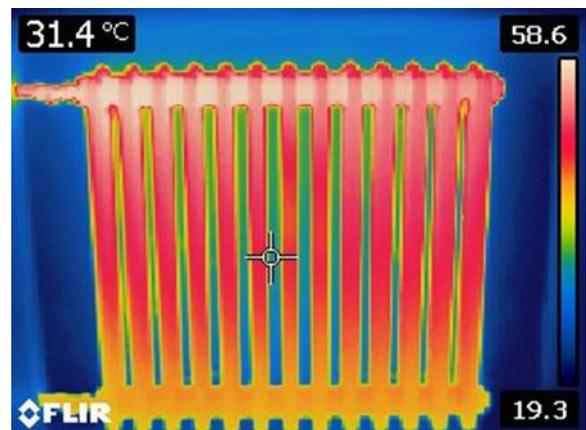
Figura 4.6 - Particolare dei radiatori



Figura 4.7 – Rilievo termografico dei radiatori



Figura 4.8 - Rilievo termografico dei radiatori



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

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

ZONA TERMICA	TIPOLOGIA DI TERMINALE	RENDIMENTO
Zona seminterrato	Radiatori in ghisa o metallo	92,7
Corpo Sud piani 0,1,2,3	Radiatori in ghisa	92,7
Corpo Nord	Radiatori in ghisa	92,7

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

Tabella 4.4 - Riepilogo caratteristiche dei terminali di emissione installati

PIANO	TIPO DI INSTALLAZIONE	NUMERO	POTENZA TERMICA UNITARIA MEDIA	POTENZA TERMICA COMPLESSIVA	POTENZA FRIGORIFERA UNITARIA	POTENZA FRIGORIFERA COMPLESSIVA
			[kW]	[kW]	[kW]	[kW]
Seminterrato	su parete esterna non isolata	17	1,48	25,10	-	-
Terra	su parete esterna non isolata	54	1,42	76,68	-	-
Primo	su parete esterna non isolata	49	1,55	75,75	-	-
Secondo	su parete esterna non isolata	27	1,36	36,74	-	-
Terzo	su parete esterna non isolata	27	1,58	42,62	-	-
TOTALE		174		256,89	-	-

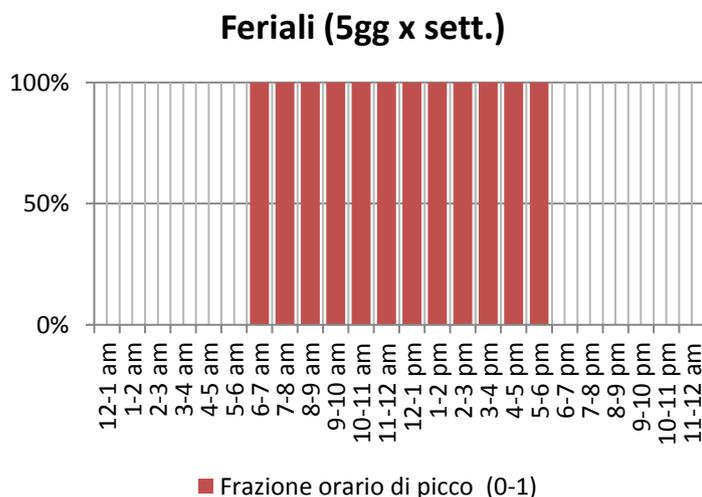
L'elenco dei componenti del sottosistema di emissione per il riscaldamento degli ambienti, rilevati in sede di sopralluogo, e delle relative caratteristiche tecniche è riportato nella Sezione 6.5 dell'Allegato J – Schede di audit.

4.2.2 Sottosistema di regolazione

La regolazione del funzionamento dell'impianto avviene attraverso una sonda climatica collegata alla caldaia. Non sono presenti sistemi di controllo di zona o ambiente.

L'impianto opera dal lunedì al venerdì dalle ore 6:00 alle ore 18:00.

Figura 4.9 - Profilo di funzionamento invernale dell'impianto



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

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

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

ZONA TERMICA	TIPO DI REGOLAZIONE	RENDIMENTO
Zona seminterrato	Climatica	72,7%
Corpo Sud piani 0,1,2,3	Climatica	72,7%
Corpo Nord	Climatica	72,7%

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

4.2.3 Sottosistema di distribuzione

Il sottosistema di distribuzione è costituito dai seguenti elementi:

- 1) Circuito zona 1: di mandata ai radiatori del piano seminterrato (fluido termovettore acqua)
- 2) Circuito zona 2: di mandata ai radiatori del piano terra, primo, secondo e terzo del corpo Sud tramite distribuzione verticale a colonne montanti (fluido termovettore acqua)
- 3) Circuito zona 3: di mandata ai radiatori del corpo Nord tramite distribuzione verticale a colonne montanti (fluido termovettore acqua)

Sono presenti due pompe anticondensa LOWARA FC 40-71.

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

Tabella 4.6 - Riepilogo caratteristiche pompe circuito primario

NOME	SERVIZIO	PORTATA ⁽⁵⁾	PREVALENZA ⁽⁵⁾	POTENZA ASSORBITA ⁽⁵⁾
		[m ³ /h]	[kPa]	[kW]
LOWARA FC 40-7T	pompa anticondensa caldaia 1	17	68,64	210/390
LOWARA FC 40-7T	pompa anticondensa caldaia 2	17	68,64	210/390

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

Tabella 4.7 – Temperature di mandata e ritorno del circuito primario

CIRCUITO		TEMPERATURA RILEVATA ⁽⁶⁾	TEMPERATURA CALCOLO ⁽⁵⁾
		°C	°C
Mandata	Caldo	58	75
Ritorno	Caldo	45	65

Nota (5): Valori utilizzati nel modello di calcolo

Nota (6): Valori ricavati in sede di sopralluogo rilevati il giorno 12/12/2017 alle ore 11.00, con una temperatura esterna di circa 13 °C

1) **Circuito secondario:** sono presenti tre pompe di circolazione, di cui 2 gemellari, una per ciascuna mandata dei tre circuiti secondari così denominati:

- Zona 1: Piano seminterrato;
- Zona 2: Piano terra, primo, secondo e terzo del corpo Sud;
- Zona 3: Corpo Nord.

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

Tabella 4.8 - Riepilogo caratteristiche pompe circuito secondario

	NOME	SERVIZIO	PORTATA ⁽⁷⁾	PREVALENZA ⁽⁷⁾	POTENZA ASSORBITA ⁽⁷⁾
			m ³ /h	kPa	W
Zona 1	SALMSON MXL 12-32P	mandata acqua calda a radiatori	n.d.	n.d.	25/60
Zona 2	LOWARA FCG 80-7 T	mandata acqua calda a radiatori	96	70,61	(650/1050)X2
Zona 3	LOWARA FCG 50-8 T	mandata acqua calda a radiatori	46	75,51	(325/510)X2

Nota (7): Valori ricavati da dati di targa

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

Tabella 4.9 – Temperature di mandata e ritorno del circuito secondario

	CIRCUITO		TEMPERATURA RILEVATA ⁽¹⁰⁾	TEMPERATURA CALCOLO
			°C	°C
Zona 1	Mandata	Caldo	40.2	56.5
	Ritorno	Caldo	37.7	46.5
Zona 2	Mandata	Caldo	40.2	56.5
	Ritorno	Caldo	37.7	46.5
Zona 3	Mandata	Caldo	40.2	56.5
	Ritorno	Caldo	37.7	46.5

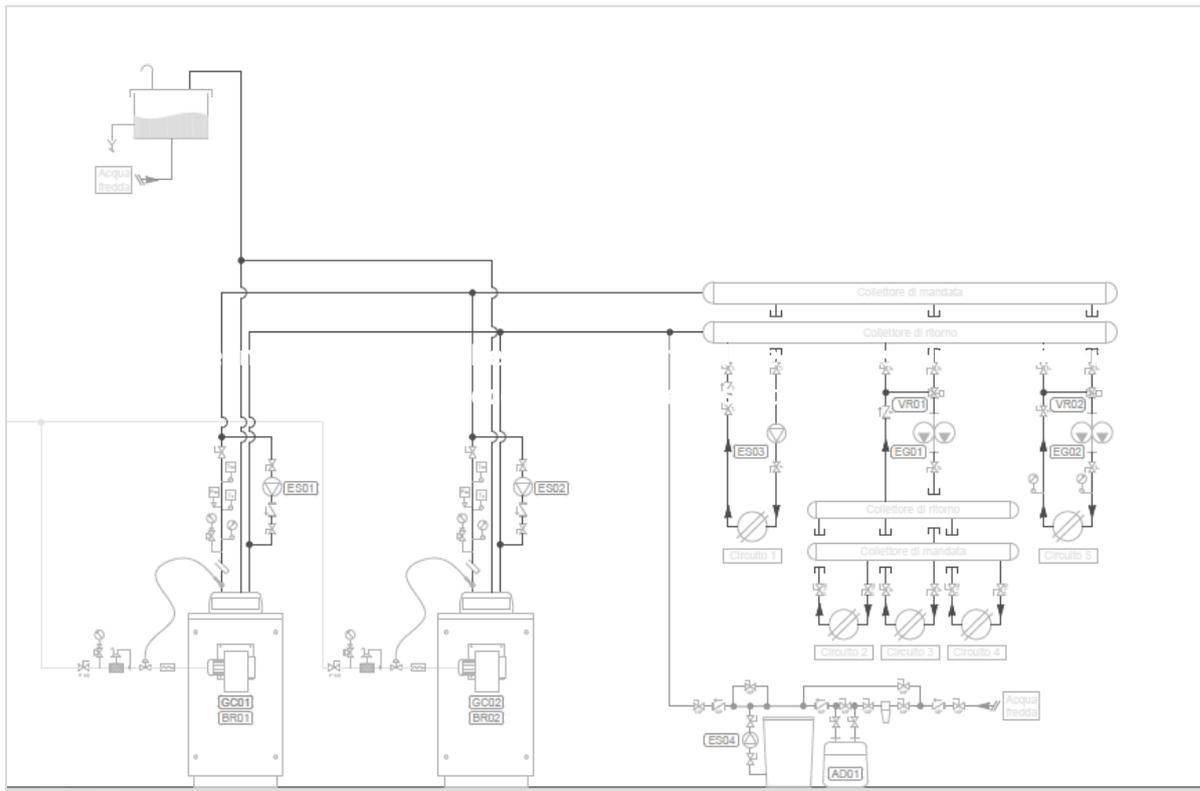
Nota (8): Valori utilizzati nel modello di calcolo

Nota (9): Valori ricavati da progetto

Nota (10): Valori rilevati il giorno 12/12/2017 alle ore 12.00, con una temperatura esterna di circa 13 °C

Per quanto riguarda le temperature del fluido termovettore caldo nel modello di calcolo si sono utilizzate diverse temperature, più plausibili con temperature esterne più rigide.

Figura 4.10 - Particolare dello schema di impianto (Fonte: Tav_A3 168-S01-001-CENTRALE TERMICA.dwg)



Il rendimento complessivo del sottosistema di distribuzione, in accordo con la normativa UNI/TS 11300-2 prospetto 15, è stato assunto nella DE pari al 94.2%.

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

4.2.4 Sottosistema di generazione

Il sottosistema di generazione è costituito da due caldaie tradizionali alimentate a gas metano modello UNICAL P 420 con funzionamento a cascata.

Figura 4.11 - Particolare della caldaia



Figura 4.12 - Particolare della caldaia



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

Tabella 4.10 - Riepilogo caratteristiche sistemi di generazione

Servizio	MARCA	MODELLO	ANNO DI COSTRUZIONE	POTENZA AL FOCOLARE [kW]	POTENZA TERMICA UTILE [kW]	RENDIMENTO	POTENZA ASSORBITA COMPLESSIVA [kW]
Gen 1 Riscaldamento	UNICAL	P420	1997	459	420	89,2	1,35
Gen 1 Riscaldamento	UNICAL	P420	1997	459	420	89,2	1,35

Il rendimento complessivo del sottosistema di generazione, in regime di riscaldamento è stato assunto nella DE pari al 86,1%. Tale valore, essendo dipendente dal carico e quindi dalle temperature esterne, risulta essere leggermente diverso da quello indicato nella scheda tecnica a potenza nominale. Si specifica inoltre che non è stato possibile fare confronti con il rendimento da prova fumi poiché non disponibile.

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/o 6.2 dell' Allegato J – Schede di audit.

4.3 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO PRODUZIONE ACQUA CALDA SANITARIA

La produzione di acqua calda sanitaria è eseguita tramite 8 bollitori elettrici ad accumulo installati localmente nei servizi igienici.

Figura 4.13 - 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 4.11.

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

SOTTOSISTEMA DI EROGAZIONE	SOTTOSISTEMA DI DISTRIBUZIONE	SOTTOSISTEMA DI RICIRCOLO	SOTTOSISTEMA DI ACCUMULO	SOTTOSISTEMA DI GENERAZIONE	RENDIMENTO GLOBALE MEDIO STAGIONALE*
100	92,6	-	-	75	28.7

Nota (*) rispetto 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 ELETTRICO E PRINCIPALI UTENZE ELETTRICHE

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

Tali tipologie di utenze sono state raggruppate insieme ed identificate con la denominazione di forza elettromotrice (FEM) e sono riportate nella Tabella 4.12.

Tabella 4.12 – Elenco e caratteristiche delle altre utenze elettriche

ZONATERMICA	DESCRIZIONE	NUMERO	POTENZA NOMINALE [W]	POTENZA COMPLESSIVA [W]	ORE ANNUE DI UTILIZZO [ore]
Zona 1	lavastoviglie	1	2000	2000	305
	scaldavivande	2	2000	4000	406
Zona 2	Ascensore	1	4000	4000	190
	pc	16	200	3200	1624
	macchina per il caffè	2	900	1800	609
	distributore bevande fredde	1	500	500	4872
	distributore bevande calde	1	1800	1800	609
Zona 3	pc	4	200	800	1624
	stereo	1	400	400	481

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.

4.5 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO ILLUMINAZIONE

L'impianto di illuminazione è costituito da lampade a fluorescenza

Figura 4.14 - Particolare dei corpi illuminanti ubicati nella zona termica n°1



L'elenco e le caratteristiche dei corpi illuminanti sono riportate nella Tabella 4.13.

Tabella 4.13 – Elenco e caratteristiche dei corpi illuminanti

ZONATERMICA	DESCRIZIONE	NUMERO	POTENZA UNITARIA [W]	POTENZA COMPLESSIVA [W]
Zona 1	Lampada a Fluorescenza 1x58	4	58	232
Zona 1	Lampada a Fluorescenza 2x36	18	72	1296

Zona 1	Lampada a Fluorescenza 1x36	1	36	36
Zona 1	Lampada a Fluorescenza 2x18	5	36	180
Zona 1	Lampada a Fluorescenza 4x18	29	72	2088
Zona 1	Lampada alogena 1x60	6	60	360
Zona 2	Lampada a Fluorescenza 2x36	168	72	12096
Zona 2	Lampada a Fluorescenza 1x36	20	36	720
Zona 2	Lampada a Fluorescenza 1x18	1	18	18
Zona 3	Lampada a Fluorescenza 2x58	28	116	3248
Zona 3	Lampada a Fluorescenza 2x36	10	72	720
Zona 3	Lampada a Fluorescenza 1x36	31	36	1116
Zona 3	Lampada a Fluorescenza 4x18	28	72	2016
Zona 3	Fari 30W	6	30	180

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

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

Attualmente è presente un impianto Fotovoltaico installato sulla copertura opaca del corpo Sud, con una potenza di picco di circa 19 kW.

Il suddetto impianto è costituito da 84 moduli, installati con inclinazione 27°, ma si sottolinea che dal sito di e-distribuzione non risulta esserci stata energia immessa in rete da settembre 2015 e prima di settembre 2014.

Figura 4.15 - Vista dell'impianto fotovoltaico



Tabella 4.14 – Caratteristiche impianto fotovoltaico

TIPO DI IMPIANTO	SUPERFICIE [mq]	TIPO DI MODULI	POTENZA INSTALLATA [kW]	RENDIMENTO IMPIANTO	ENERGIA PRODOTTA ⁽¹¹⁾ [kWh/anno]
Fotovoltaico	5280	policristallino	19	n.d.	26330

Nota (11) dato ricavato da software di simulazione PVGIS

Le caratteristiche di tali impianti rilevati in sede di sopralluogo e delle relative caratteristiche tecniche sono riportate nella Sezione 9 dell' Allegato J – Schede di audit.

5 CONSUMI RILEVATI

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

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

I vettori energetici analizzati sono i seguenti:

- Gas metano;
- Energia elettrica;

5.1.1 Energia termica

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

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

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

TIPO COMBUSTIBILE	PCI [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 (*)	1,0549	9,42
Gasolio	11,87 (*)	0,85	n/a	n/a	10,09

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

La fornitura di Gas metano per il riscaldamento invernale avviene tramite la presenza di un contatore. Un secondo contatore è dedicato alla fornitura di Gas Metano per uso Mensa.

L'effettiva ubicazione dei contatori è rappresentata nelle planimetrie riportate all'

Allegato B – Elaborati

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

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

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

PDR	Utilizzo	2014 [Sm ³]	2015 [Sm ³]	2016 [Sm ³]	2014 [kWh]	2015 [kWh]	2016 [kWh]
3270049337531	Riscaldamento	26917	20221	34809	253558	190482	327901
3270024900868	Mensa	1	6	7	10	57	66

Dall'analisi effettuata è emerso che il prelievo termico del triennio è caratterizzato da un valore minimo pari a 20.221Sm³ nel 2015, e un valore di massimo prelievo di 34.809 SM nel 2016.

Si noti come i consumi annui seguano l'andamento dei GG_{real}.

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

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

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

Dove:

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

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

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

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

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

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

\bar{Q}_{ACS} = Consumo termico reale per ACS dell'edificio, kWh/anno, valutato come la media dei consumi per l'ACS nel triennio di riferimento. Tale contributo non è stato valutato in quanto i suddetti utilizzi sono serviti da boiler elettrici.

\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 i suddetti utilizzi sono serviti da un contatore dedicato, pertanto con concorrono nel calcolo della baseline dei consumi energetici.

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

Tabella 5.3 – Normalizzazione dei consumi annuali di energia termica

ANNO	GG _{REALI} SU 107 GIORNI	GG _{RIF} SU 107 GIORNI	CONSUMO REALE RISC. [Smc]	CONSUMO REALE RISC. [kWh]	α_{rif}	CONSUMO NORMALIZZATO A 906 GG [kWh]	CONSUMO ACS [kWh]	CONSUMO ALTRO [kWh]
2014	817	906	26917	253558	310,4	281180	-	-
2015	808	906	20221	190482	235,7	213585	-	-
2016	827	906	34809	327901	396,5	359224	-	-
Media	817	906	27316	257314	314,8	285227	-	-

Come si può notare dai dati riportati il comportamento energetico dell'edificio, negli anni considerati, è stato caratterizzato da un andamento dei consumi fortemente influenzato dalle temperature esterne medie mensili rilevate nel triennio di riferimento.

Si sono pertanto definiti per il calcolo della Baseline i parametri riportati nella Tabella 5.4:

Tabella 5.4 – Individuazione della Baseline termica

GRANDEZZA	VALORE
	[Kwh]
\bar{Q}_{ACS}	-
\bar{Q}_{ALTRO}	-
$\bar{a}_{rif} \times GG_{rif}$	285228
$Q_{baseline}$	285228

5.1.2 Energia elettrica

La fornitura di energia elettrica avviene tramite la presenza di un unico contatore.

L'effettiva ubicazione del contatore è rappresentata nelle planimetrie riportate all'

Allegato B – Elaborati.

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

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

Tali consumi annuali sono riportati nella Tabella 5.5 con indicazione dei POD di riferimento.

Tabella 5.5 – Elenco POD e relativi consumi annuali per il triennio di riferimento

POD	ZONA SERVITA	2014	2015	2016	MEDIA
		[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
IT001E00097102	Intero edificio	27308	30939	38479	32242
					EEbaseline 32242

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:

- Anno 2014: scostamento rispetto ai dati forniti dalla PA del 1,39%;
- Anno 2015: scostamento rispetto ai dati forniti dalla PA del -4,8%;
- Anno 2016: scostamento rispetto ai dati forniti dalla PA del -7,93%.

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

Si è pertanto definito un consumo $EE_{baseline}$ pari a 32.242 kWh.

Tabella 5.6 – Consumi mensili di energia elettrica suddivisi per fasce, per il triennio di riferimento

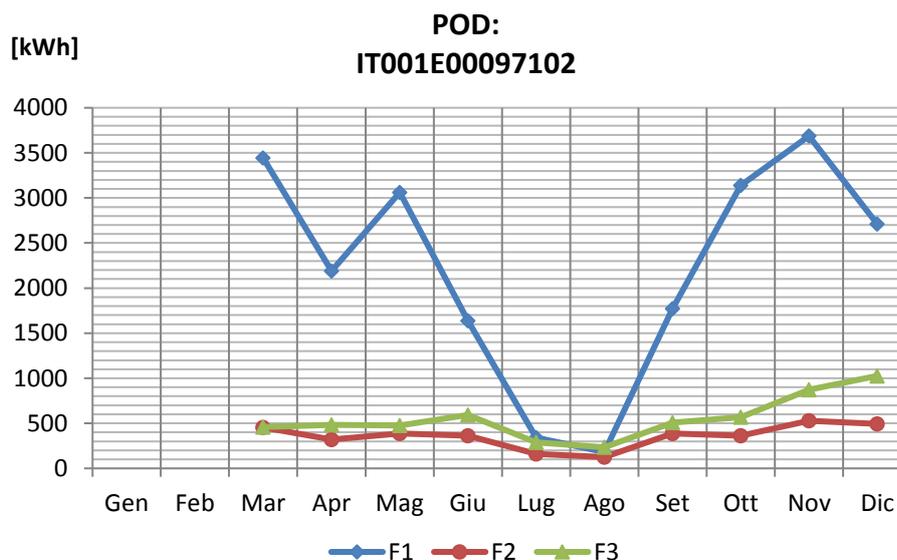
POD: IT001E00097102	F1	F2	F3	TOTALE
	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
2014				
Gennaio	3.253	361	595	4.209
Febbraio	2.554	374	468	3.396
Marzo	2.100	364	498	2.962
Aprile	1.641	275	458	2.374
Maggio	729	261	524	1.514
Giugno	318	183	386	887

Luglio	75	169	385	629
Agosto	73	207	513	793
Settembre	781	213	316	1.310
Ottobre	1.598	232	301	2.131
Novembre	2.409	304	509	3.222
Dicembre	2.967	352	562	3.881
Totale	18.498	3.295	5.515	27.308
POD: IT001E00097102	F1	F2	F3	TOTALE
2015	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gennaio	2.967	352	562	3.881
Febbraio	2.257	357	508	3.122
Marzo	2.023	335	572	2.930
Aprile	1.162	269	436	1.867
Maggio	1.082	237	475	1.794
Giugno	372	191	414	977
Luglio	241	184	388	813
Agosto	240	183	387	810
Settembre	1.684	317	351	2.352
Ottobre	3.259	327	386	3.972
Novembre	3.719	347	539	4.605
Dicembre	2.963	319	534	3.816
Totale	21.969	3.418	5.552	30.939
POD: IT001E00097102	F1	F2	F3	TOTALE
2015	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gennaio	2.967	352	562	3.881
Febbraio	2.257	357	508	3.122
Marzo	2.023	335	572	2.930
Aprile	1.162	269	436	1.867
Maggio	1.082	237	475	1.794
Giugno	372	191	414	977
Luglio	241	184	388	813
Agosto	240	183	387	810
Settembre	1.684	317	351	2.352
Ottobre	3.259	327	386	3.972
Novembre	3.719	347	539	4.605
Dicembre	2.963	319	534	3.816
Totale	21.969	3.418	5.552	30.939

elettrica. Si precisa che non sono stati resi disponibili i dati relativi alla Potenza assorbita massima mensile.

I dati di consumo forniti dalla società di distribuzione sono riportati nella Figura 5.2.

Figura 5.2 – Profili di prelievo mensili per il POD IT001E00097102



Tale andamento risulta compatibile con quello dei consumi di baseline ricavati dai dati della società di fornitura.

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 5.8 - Fattori di emissione di CO₂. Tabella 5.8.

Tabella 5.8 - 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

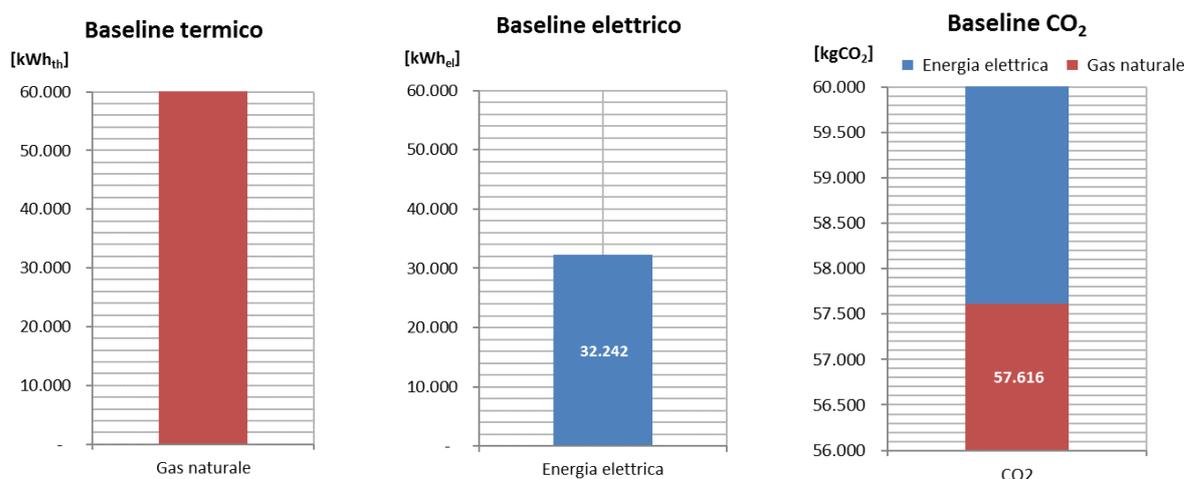
* da "Linee Guida Patto dei Sindaci" per anno 2010

Applicando tali fattori di conversione è stato possibile valutare la Baseline delle emissioni di CO₂, come riportato nella Tabella 5.9 – Baseline delle emissioni di CO₂. Tabella 5.9 e nella Figura 5.3

Tabella 5.9 – Baseline delle emissioni di CO₂.

COMBUSTIBILE	CONSUMO DI BASELINE	FATTORE DI CONVERSIONE	
	[kWh]	[tCO ₂ /MWh]	[tCO ₂]
Energia elettrica	32242	* 0,467	15057
Gas naturale	285228	* 0,202	57616

Figura 5.3 – 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 5.10 - 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 5.11.

Tabella 5.11 – Fattori di riparametrizzazione

PARAMETRO		VALORE	U.M.
FATTORE 1	Superficie netta riscaldata	4381	m ²
FATTORE 1	Superficie netta complessiva delle aree interne (riscaldate e non riscaldate)	4610	m ²
FATTORE 1	Volume lordo complessivo (aree interne riscaldate e non riscaldate)	17963	m ³

Nella Tabella 5.12 e

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

Tabella 5.12 – 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	285228	1,05	299489,08	68,36	64,97	16,67	13,15	12,50	3,21
Energia elettrica	32242	2,42	78025,64	17,81	16,93	4,34	3,44	3,27	0,84
TOTALE			377514,72	86,17	81,89	21,02	16,59	15,76	4,05

Tabella 5.13 – 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	285228	1,05	299489,08	68,36	64,97	16,67	13,15	12,50	3,21
Energia elettrica	32242	1,95	62871,90	14,35	13,64	3,50	3,44	3,27	0,84
TOTALE			362360,98	82,71	78,61	20,17	16,59	15,76	4,05

Figura 5.4 – Indicatori di performance e relative emissioni di CO₂ valutati in funzione della superficie utile riscaldata

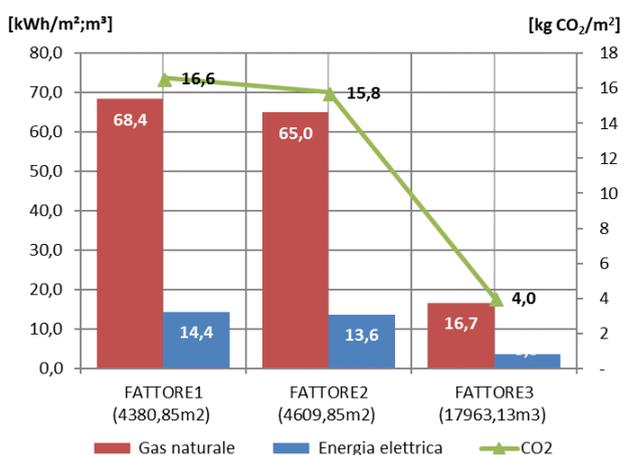
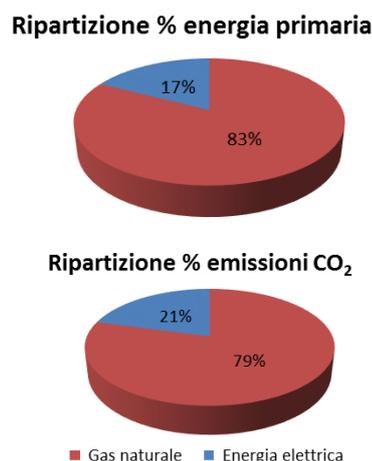


Figura 5.5 – Ripartizione % dei consumi di energia primaria e delle relative emissioni di CO₂



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

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

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

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

La formula definita è sotto riportata:

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

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

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

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

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

Tabella 5.14 – 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	9,1	6,9	11,8			
Energia elettrica				5149,57	7188,73	6192,97

E' stato quindi possibile effettuare un raffronto con le classi di merito riportate nelle suddette Linee Guida ENEA - FIRE, ottenendo una classe Buona per i consumi elettrici e per i primi due anni dei consumi termici e una classe sufficiente per l'ultimo anno dei consumi termici.

Nell'Allegato M è possibile trovare un riepilogo degli indici sopra calcolati di tutti gli edifici del Lotto 8.

6 MODELLO DEL FABBISOGNO ENERGETICO

6.1 METODOLOGIA DI CALCOLO ADOTTATA E VALIDAZIONE DEI MODELLI DI CALCOLO

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

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

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

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

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

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

INDICE DI PRESTAZIONE ENERGETICA		U.M.	ENERGIA PRIMARIA TOTALE	ENERGIA PRIMARIA NON RINNOVABILE
Globale	EP _{gl}	kWh/mq anno	135,18	133,22
Climatizzazione invernale	EP _H	kWh/mq anno	126,65	126,3
Produzione di acqua calda sanitaria	EP _w	kWh/mq anno	2,01	1,62
Illuminazione artificiale	EP _L	kWh/mq anno	6,02	4,85
Trasporto di persone e cose	EP _T	kWh/mq anno	0,18	0,15
Emissioni equivalenti di CO2	CO _{2eq}	Kg/mq anno	26,01	

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	
	[kWh/anno]	[kWh/anno]	
Gas Naturale	521835		547927
Energia Elettrica	18304		35693

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

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

Dove:

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

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

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

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

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

Nota (*) Tale contributo non è definito all'interno delle norme UNITS 11300 pertanto è stato valutato dall'Auditor sulla base dei dati di targa

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 adattando tutti i parametri sulla base delle informazioni raccolte durante il sopralluogo.

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

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

INDICE DI PRESTAZIONE ENERGETICA		U.M.	ENERGIA PRIMARIA TOTALE	ENERGIA PRIMARIA NON RINNOVABILE
Globale	EP_g	kWh/mq anno	91,15	87,01
Climatizzazione invernale	EP_H	kWh/mq anno	71,3	71,0
Produzione di acqua calda sanitaria	EP_w	kWh/mq anno	5,10	4,11
Illuminazione artificiale	EP_L	kWh/mq anno	10,65	8,58
Trasporto di persone e cose	EP_T	kWh/mq anno	0,42	0,34
Emissioni equivalenti di CO2	CO_{2eq}	Kg/mq anno	17,55	

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 ENERGIA PRIMARIA NON RINNOVABILE
	[mc/anno]	[kWh/anno]
Gas Naturale	521835	547927
Energia Elettrica	18304	35693

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]	[%]
291428	285228	2,13%

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]	[%]
32417	32242	0,54%

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

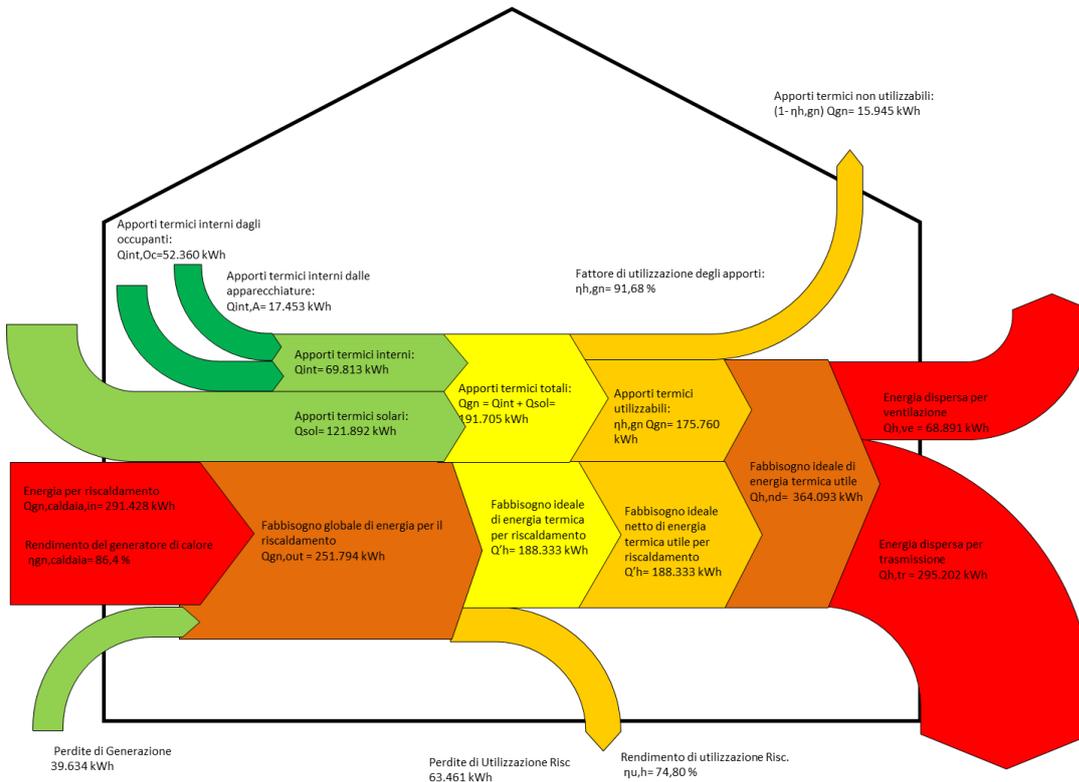
6.2 FABBISOGNI ENERGETICI

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

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

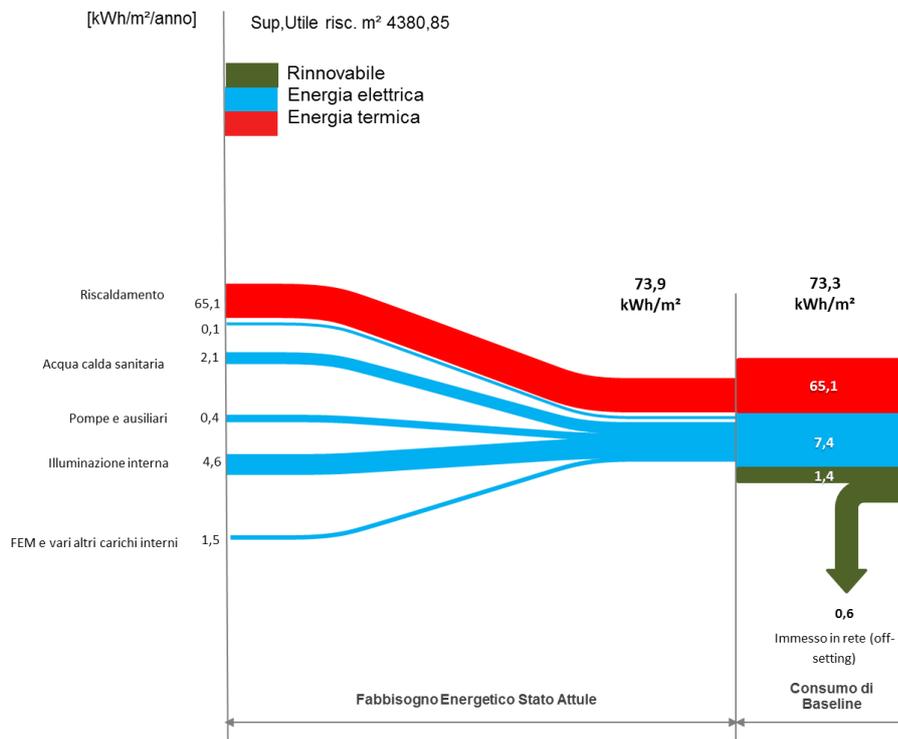
I risultati del bilancio energetico termico sono stati rappresentati nella forma di diagramma di Sankey riportato in Figura 6.1

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



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

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



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

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 consumo specifico maggiore è quello dovuto al riscaldamento dei locali, mentre, relativamente all'energia elettrica, il consumo specifico maggiore è dovuto all'illuminazione.

6.3 PROFILI ENERGETICI MENSILI

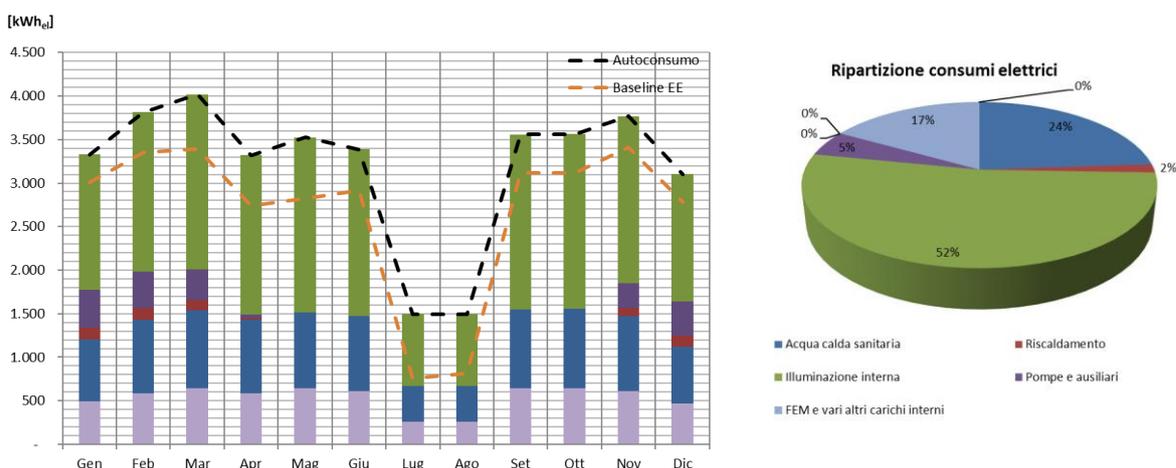
La creazione di un modello energetico consente di effettuare una più corretta ripartizione dei consumi energetici di Baseline in funzione dei diversi utilizzi presenti all'interno dell'edificio oggetto della DE.

I consumi energetici termici di Baseline dell'edificio oggetto della DE sono interamente dovuti al riscaldamento degli ambienti; per l'analisi dei fabbisogni di energia elettrica, invece, 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 6.3.

Figura 6.3 – Andamento mensile dei consumi elettrici ricavati dalla modellazione energetica, ripartiti tra i vari utilizzi



Si può notare come la maggior parte dei consumi sia da attribuirsi all'illuminazione interna, pertanto tra gli interventi migliorativi proposti, si valuterà anche l'ipotesi di sostituzione delle lampade esistenti con lampade a LED.

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 (PDR 3270049337531) avviene tramite un 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 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).

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

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

Figura 7.1 – Andamento del costo unitario del vettore termico per il 2017



7.1.2 Vettore elettrico

La fornitura del vettore elettrico avviene tramite contratto di fornitura del vettore energetico, stipulato direttamente dalla PA con la società di fornitura. È stato quindi possibile effettuare un'analisi di dettaglio dei costi fatturati e delle caratteristiche del contratto di fornitura.

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

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

POD: IT001E00097102	Gennaio 2014-Marzo 2015	Aprile 2015-Marzo 2016	Aprile 2016-Dicembre 2016
Indirizzo di fornitura			
Dati di intestazione fattura	Comune di Genova, Via di Francia 1 16124 Genova	Comune di Genova-Direzione Patrimonio, Via di Francia 1 16124 Genova	Comune di Genova, Via di Garibaldi 9 16124 Genova Codice ufficio WOQ6PS
Società di fornitura	Edison	GALA	Iren
Inizio periodo fornitura	01/10/2013	01/04/2015	01/04/2016.
Fine periodo fornitura	31/03/2015	31/03/2016	n.d.
Potenza elettrica impegnata	24 kW	20	20
Potenza elettrica disponibile	24 kW	22	22
Tipologia di contratto	Forniture in BT (escluso IP)	Utenza Altri Usi	Altri usi
Opzione tariffaria ⁽¹²⁾	-	BTA6	-
Prezzi della fornitura dell'energia elettrica ⁽¹³⁾	0,078810 €/kWh ⁽¹⁴⁾	0,039430 €/kWh ⁽¹⁵⁾	0,032470 €/kWh ⁽¹⁵⁾

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

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

Nota (14) Corrispettivo unitario relativo alla fascia F1 del mese di Gennaio

Nota (15) Corrispettivo unitario relativo alla fascia F1 del mese di Aprile

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

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

POD: IT001E00097 102	QUOTA ENERGIA	ONERI DI SISTEMA	ONERI DI SISTEMA	IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO (IVA INCLUSA)
		PARTE FISSA	PARTE VARIABILE					
ANNO 2014	364	14	410	[€]	[€]	[€]	[KWH]	[€/kWh]
Gen - 14	268	12	354	53	84	925	4.209	0,220
Feb - 14	231	11	318	42	68	744	3.396	0,219
Mar - 14	184	10	283	37	60	657	2.962	0,222
Apr - 14	111	7	195	30	51	557	2.374	0,235
Mag - 14	63	5	146	19	33	365	1.514	0,241
Giu - 14	-	-	-	11	23	248	887	0,279
Lug - 14	52	5	137	-	-	-	629	-
Ago - 14	99	6	184	10	20	224	793	0,283
Set - 14	165	9	260	16	31	336	1.310	0,256

E342 - Scuola Elementare "Perasso" e Asilo Nido "San Martino D'Albaro"

Ott - 14	246	12	360	27	46	507	2.131	0,238
Nov - 14	261	13	385	40	66	724	3.222	0,225
Dic - 14	2.044	104	3.033	44	70	774	3.881	0,199
Totale	364	14	410	329	551	6.061	27.308	0,222
POD: IT001E00097 102	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	281	13	402	49	74	819	3.881	0,211
Feb - 15	214	11	336	39	60	660	3.122	0,212
Mar - 15	191	11	320	37	56	613	2.930	0,209
Apr - 15	87	8	241	23	36	395	1.867	0,211
Mag - 15	81	7	224	22	33	368	1.794	0,205
Giu - 15	45	4	129	12	19	210	977	0,215
Lug - 15	36	3	95	10	14	159	813	0,195
Ago - 15	35	3	95	10	14	157	810	0,194
Set - 15	84	9	276	29	40	439	2.352	0,187
Ott - 15	136	15	434	50	63	697	3.972	0,176
Nov - 15	160	16	491	58	72	797	4.605	0,173
Dic - 15	130	14	426	48	62	680	3.816	0,178
Totale	1.478	116	3.469	387	545	5.994	30.939	0,194
POD: IT001E00097 102	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	258	14	457	54	78	863	4.348	0,198
Feb - 16	198	14	462	55	73	801	4.397	0,182
Mar - 16	171	14	418	52	66	721	4.161	0,173
Apr - 16	141	14	411	48	61	676	3.865	0,175
Mag - 16	163	14	427	50	65	720	4.034	0,178
Giu - 16	88	14	238	25	37	402	2.010	0,200
Lug - 16	41	14	132	10	20	218	835	0,261
Ago - 16	38	14	139	11	20	223	909	0,245
Set - 16	164	14	272	28	48	525	2.256	0,233
Ott - 16	238	14	387	45	69	754	3.611	0,209
Nov - 16	323	14	455	54	85	932	4.321	0,216
Dic - 16	259	14	399	47	72	791	3.732	0,212
Totale	2.082	172	4.196	481	693	7.625	38.479	0,198

Nel grafico in Figura 7.2 è riportato l'andamento del costo unitario del vettore elettrico nel triennio di riferimento e per le mensilità dell'anno 2017 per cui è stato possibile ricavare i costi unitari forniti dall'AEEGSI.

Figura 7.2 – Andamento del costo unitario del vettore elettrico per il triennio di riferimento e per il 2017

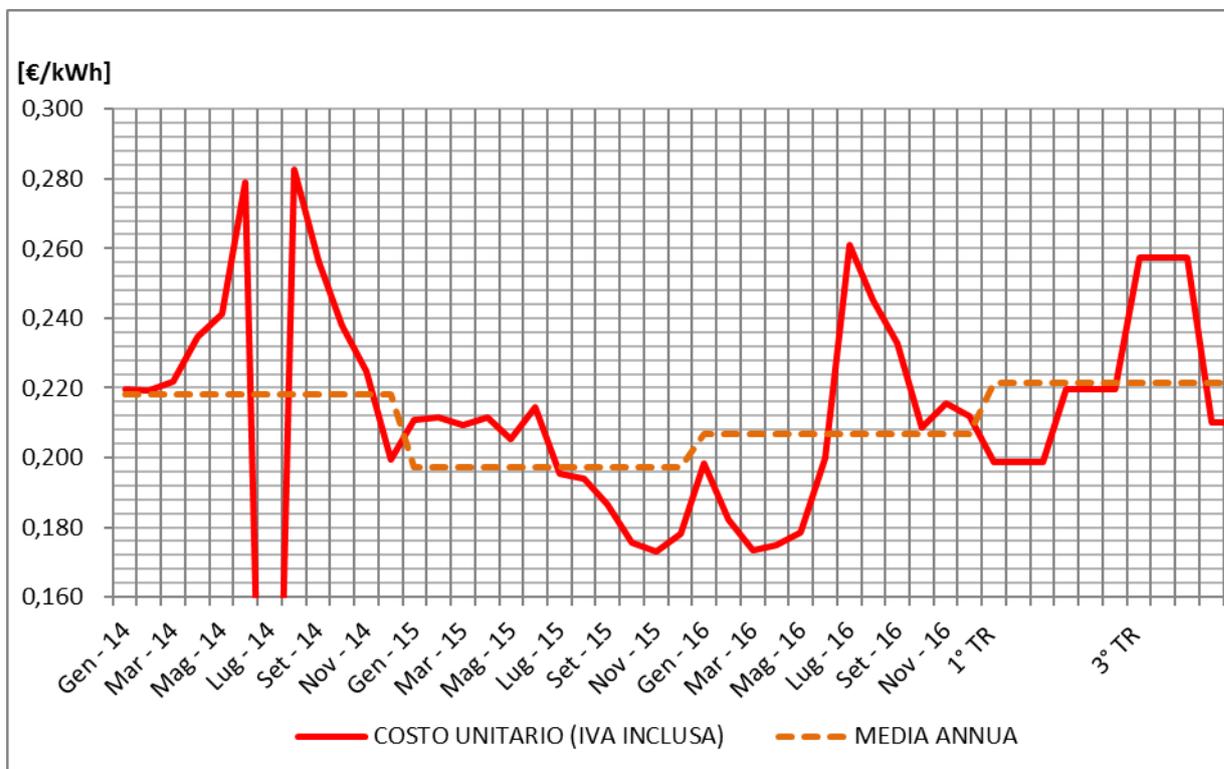
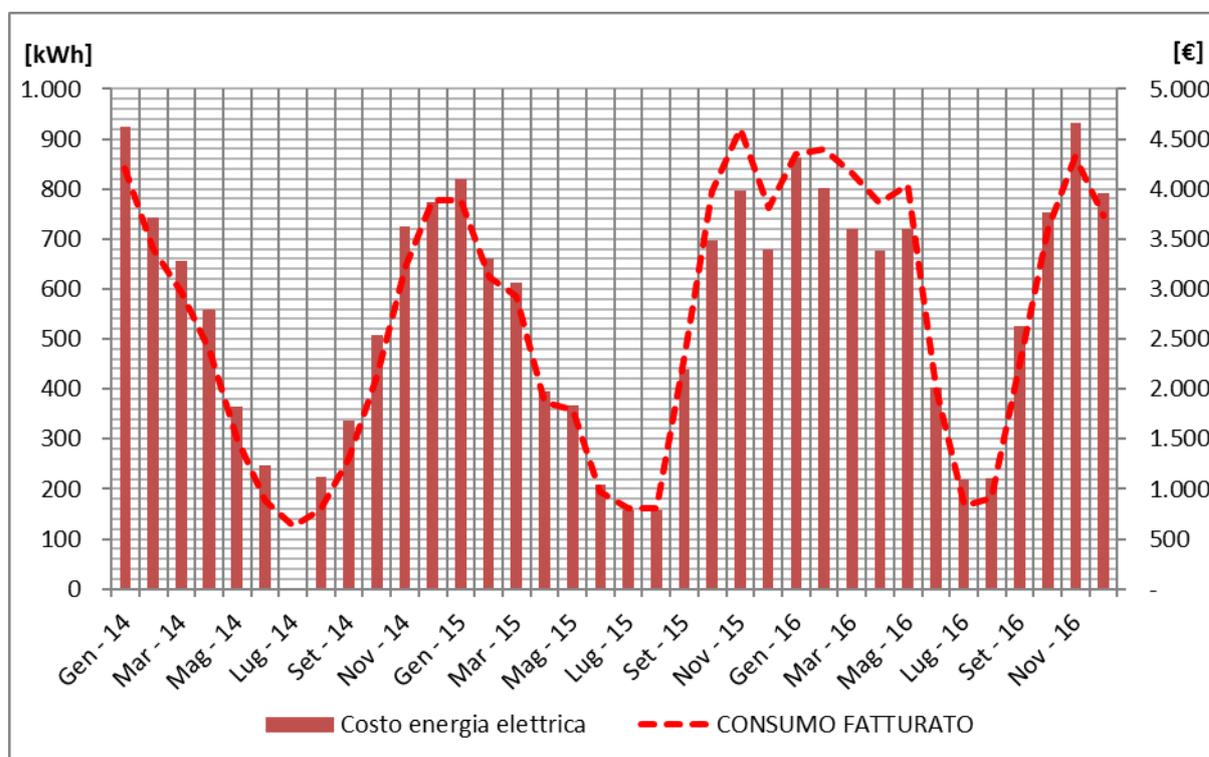


Figura 7.3 – Andamento dei consumi e dei costi dell'energia elettrica



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

7.2 TARIFFE E PREZZI VETTORI ENERGETICI UTILIZZATI NELL'ANALISI

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

Nella Tabella 7.3 sono sintetizzati i costi ed i consumi energetici precedentemente analizzati.

Tabella 7.3 – Sintesi dei consumi nel triennio di riferimento

ANNO	VETTORE TERMICO			VETTORE ELETTRICO		
	[kWh]	[€]	[€/kWh]	[kWh]	[€]	[€/kWh]
2014	253558	-	-	27308	6061	0,222
2015	190482	-	-	30939	5994	0,194
2016	327901	-	-	38479	7625	0,198
2017	-	-	0,044	-	-	0,216

Ai fini del calcolo della Baseline dei costi si sono pertanto assunti i valori di riportati nella Tabella 7.4.

Tabella 7.4 – 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	0,044 [€/kWh]
Costo unitario dell'energia elettrica	Valore relativo all'ultimo anno a disposizione	CU _{EE}	0,216 [€/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:

- L1-042-168: 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 31.688 €.

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

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

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

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

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

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

Tabella 7.5 – 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}	15.027 [€/anno]
Costo per la manutenzione straordinaria	Media relativa a gli stessi anni considerati per il rilevamento dei consumi storici	C_{MS}	3.994 [€/anno]

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

7.4 BASELINE DEI COSTI

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

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

Per la componente energetica vale la seguente formula:

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

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

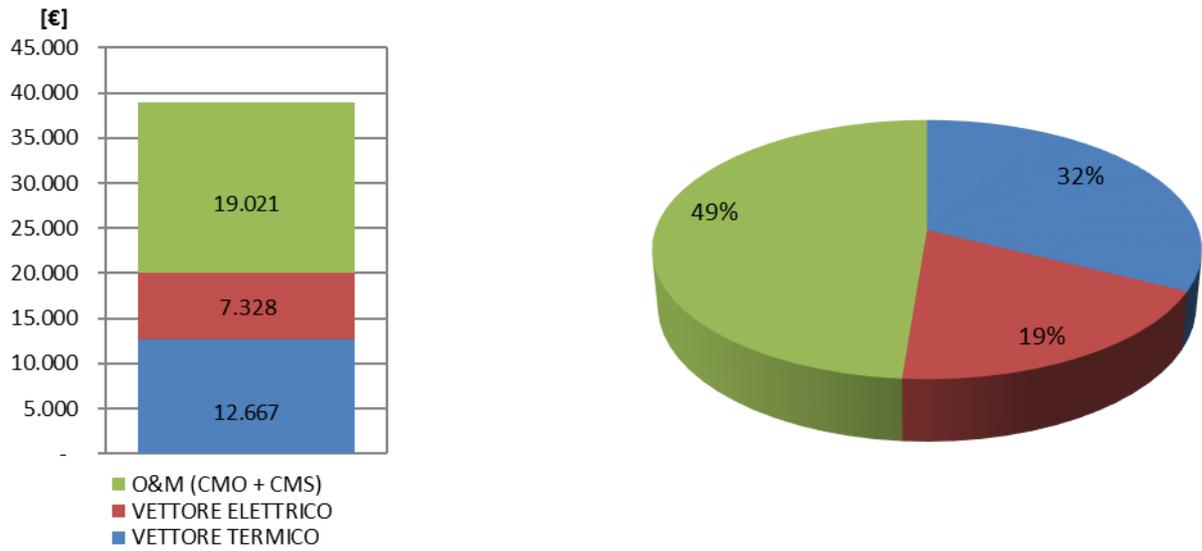
$$C_{baseline} = C_E + C_{MO} + C_{MS}$$

Ne risulta quindi un C_E pari a € 19.994 e un $C_{baseline}$ pari a € 39.015.

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

VETTORE TERMICO			VETTORE ELETTRICO			O&M ($C_{MO} + C_{MS}$)			TOTALE
$Q_{baseline}$	Cu_Q	C_Q	$EE_{baseline}$	Cu_{EE}	C_{EE}	C_M	C_{MO}	C_{MS}	$CQ+C_{EE}+C_M$
[kWh]	[€/kWh]	[€]	[kWh]	[€/kWh]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]
285.228	0,044	12.667	32.242	0,227	7.328	19.021	15.027	3.994	39.015

Figura 7.4 – 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: Isolamento dall'esterno delle pareti perimetrali

Generalità

La misura prevede l'installazione di un cappotto esterno costituito da materiale isolante, nel caso analizzato Silicato di Calcio, fissato ai profili della parete esistenti. Il sistema è completato con intonaco di finitura, costituito da due strati applicati direttamente ai pannelli isolanti.

Il cappotto esterno consente di ottimizzare le prestazioni termiche dell'edificio, riducendo le dispersioni energetiche e conseguentemente i consumi.

Il cappotto, inoltre, consente di ottenere importanti benefici dal punto di vista termoigrometrico andando ad abbattere il rischio di condense interstiziali e superficiali.

Caratteristiche funzionali e tecniche

I pannelli isolanti hanno una superficie massima di 1m². Nel caso studio si sono scelti di installare spessori di isolante di Silicato di Calcio con conducibilità pari a 0,045 W/m K e tali da ottenere una trasmittanza di 0,26 W/mq K.

La posa deve essere fatta sfalsando a circa metà larghezza i pannelli o almeno a ¼ del pannello.

L'intonaco armato deve avere uno spessore minimo di 3,0 mm.

L'intonaco di finitura deve avere uno spessore minimo di 1,5 mm.

Descrizione dei lavori

La posa deve essere svolta da addetti specializzati.

I lavori prevedono l'installazione di un ponteggio attorno all'area di interesse.

Un collante viene poi applicato ai pannelli e questi vengono fissati alla parete esterna dell'edificio, dal basso verso l'alto, a giunti sfalsati, evitando la presenza di fessure tra i pannelli. In corrispondenza degli spigoli i pannelli devono essere alternati in modo da garantire un assorbimento delle tensioni.

Si procede successivamente con la rasatura sui pannelli mediante spatole metalliche, applicando in seguito la rete di armatura.

Infine si procede stendendo lo strato di finitura.

Prestazioni raggiungibili

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

Tabella 8.1 – Risultati analisi EEM1 – Isolamento dall'esterno delle pareti perimetrali

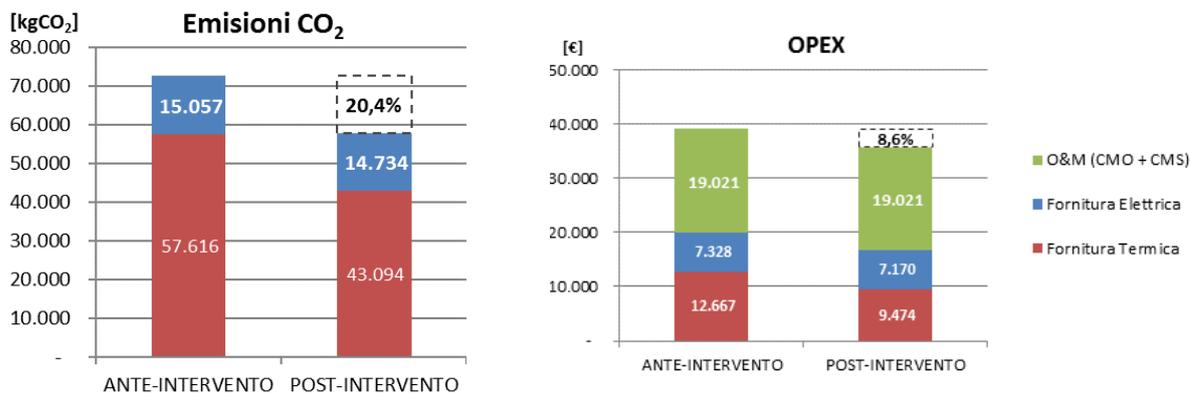
CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
Trasmittanza	[W/m ² K]	Vedere Allegato E	< 0,26	
Q _{teorico}	[kWh]	291.428	217.974	25,2%
EE _{teorico}	[kWh]	32.417	31.721	2,1%
Q _{baseline}	[kWh]	285.228	213.336	25,2%
EE _{baseline}	[kWh]	32.242	31.549	2,1%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	57.616	43.094	25,2%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	15.057	14.734	2,1%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	72.673	57.828	20,4%
Fornitura Termica, C _q	[€]	12.667	9.474	25,2%

ornitura Elettrica, C _{EE}	[€]	7.328	7.170	2,1%
Fornitura Energia, C_E	[€]	19.994	16.644	16,8%
C _{MO}	[€]	15.027	15.027	0,0%
C _{MS}	[€]	3.994	3.994	0,0%
O&M (C _{MO} + C _{MS})	[€]	19.021	19.021	0,0%
OPEX	[€]	39.015	35.665	8,6%
Classe energetica	[-]	E	D	+1 classe

Nota (x) I fattori di emissione per il calcolo delle emissioni di CO₂ sono: 0,202 [kgCO₂/kWh] per il vettore termico e 0,467 tCO₂/MWh per il vettore elettrico.

I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,044 [€/kWh] per il vettore termico e 0,216 [€/kWh] per il vettore elettrico

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



EEM2: Isolamento della copertura piana

Generalità

La misura prevede l'isolamento con pannelli isolanti della copertura piana del terzo piano del corpo Sud e del primo e secondo piano del corpo Nord.

Caratteristiche funzionali e tecniche

Si è scelto di applicare pannelli in XPS con conducibilità pari a 0,038 W/m K.

Gli spessori utilizzati permettono di raggiungere una trasmittanza tale (0,22 W/mq K) da poter accedere agli incentivi del Conto termico.

Descrizione dei lavori

La posa deve essere svolta da addetti specializzati.

Prestazioni raggiungibili

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

Tabella 8.2 – Risultati analisi EEM2 – Isolamento della copertura piana

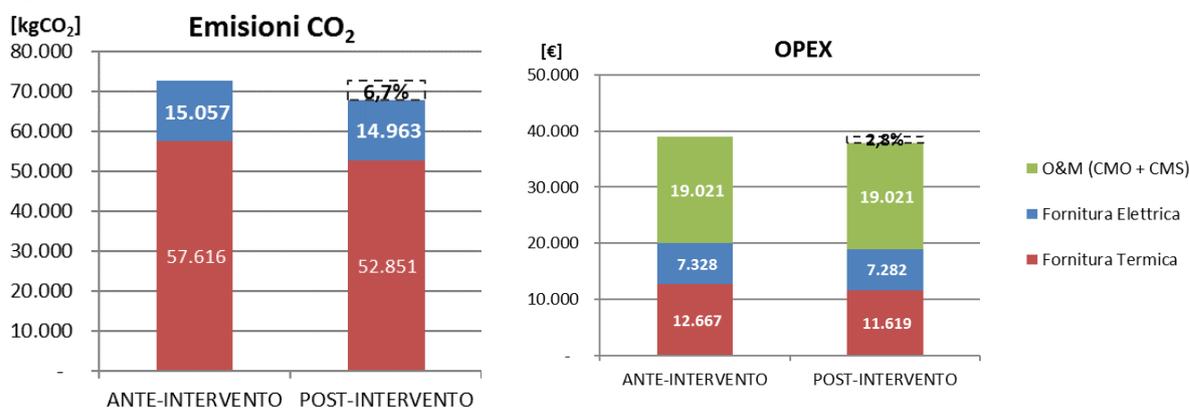
CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
Trasmittanza	[W/m ² K]	vd allegato E	< 0,22	
Q _{teorico}	[kWh]	291.428	267.325	8,3%
EE _{teorico}	[kWh]	32.417	32.216	0,6%
Q _{baseline}	[kWh]	285.228	261.638	8,3%
EE _{baseline}	[kWh]	32.242	32.042	0,6%

Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	57.616	52.851	8,3%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	15.057	14.963	0,6%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	72.673	67.814	6,7%
Fornitura Termica, C _Q	[€]	12.667	11.619	8,3%
Fornitura Elettrica, C _{EE}	[€]	7.328	7.282	0,6%
Fornitura Energia, C_E	[€]	19.994	18.901	5,5%
C _{MO}	[€]	15.027	15.027	0,0%
C _{MS}	[€]	3.994	3.994	0,0%
O&M (C _{MO} + C _{MS})	[€]	19.021	19.021	0,0%
OPEX	[€]	39.015	37.922	2,8%
Classe energetica	[-]	E	E	+0 classi

Nota (x) I fattori di emissione per il calcolo delle emissioni di CO₂ sono: 0,202 [kgCO₂/kWh] per il vettore termico e 0,467 tCO₂/MWh per il vettore elettrico.

I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,044 [€/kWh] per il vettore termico e 0,216 [€/kWh] per il vettore elettrico

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



EEM3: Sostituzione dei serramenti

Generalità

Nella fase di intervista al personale si è evidenziata una condizione di discomfort nelle zone vicine ai più vecchi serramenti in legno. Si propone dunque di seguito lo smontaggio e successiva sostituzione completa di telaio e vetro di tali serramenti.

Caratteristiche funzionali e tecniche

I vetri e i telai scelti permettono di raggiungere una trasmittanza tale da poter accedere agli incentivi del Conto termico nel caso di installazione congiunta con valvole termostatiche.

Prestazioni raggiungibili

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

Tabella 8.3 – Risultati analisi EEM3 – Sostituzione dei serramenti esterni

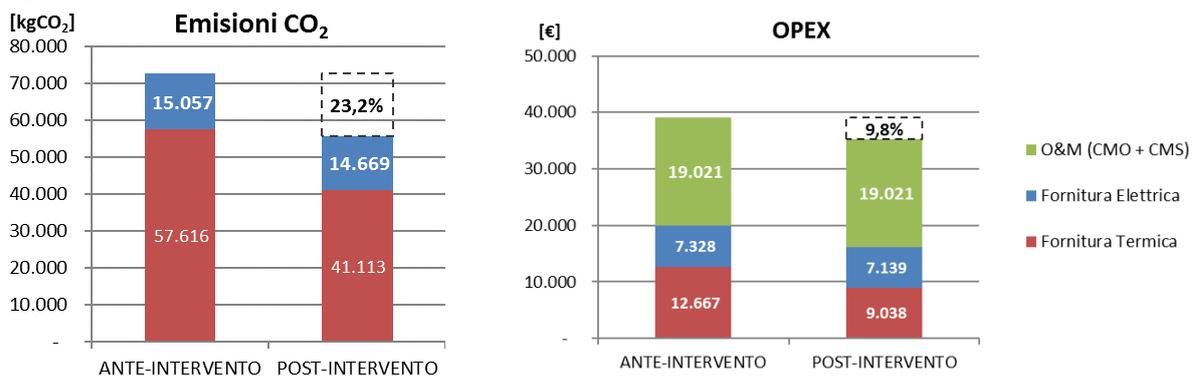
CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
Trasmittanza	[W/m ² K]	vd allegato E	< 1,67	
Q _{teorico}	[kWh]	291.428	207.954	28,6%
EE _{teorico}	[kWh]	32.417	31.581	2,6%

Q _{baseline}	[kWh]	285.228	203.529	28,6%
EE _{Baseline}	[kWh]	32.242	31.411	2,6%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	57.616	41.113	28,6%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	15.057	14.669	2,6%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	72.673	55.782	23,2%
Fornitura Termica, C _q	[€]	12.667	9.038	28,6%
Fornitura Elettrica, C _{EE}	[€]	7.328	7.139	2,6%
Fornitura Energia, C_E	[€]	19.994	16.177	19,1%
C _{MO}	[€]	15.027	15.027	0,0%
C _{MS}	[€]	3.994	3.994	0,0%
O&M (C _{MO} + C _{MS})	[€]	19.021	19.021	0,0%
OPEX	[€]	39.015	35.198	9,8%
Classe energetica	[-]	E	D	+1 classe

Nota (x) I fattori di emissione per il calcolo delle emissioni di CO₂ sono: 0,202 [kgCO₂/kWh] per il vettore termico e 0,467 tCO₂/MWh per il vettore elettrico.

I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,044 [€/kWh] per il vettore termico e 0,216 [€/kWh] per il vettore elettrico

Figura 8.3 – EEM3: Riduzione dei costi operativi e delle emissioni di CO₂ a partire dalla baseline



8.1.2 Impianto riscaldamento

EEM4: Installazione valvole termostatiche

Generalità

L'intervento consiste nell'installazione su tutti i radiatori dell'edificio di valvole termostatiche e relativi comandi.

Questo intervento permette di ottenere un risparmio energetico legato all'effettiva richiesta di carico termico differenziabile per ciascun ambiente di ogni zona climatizzata.

Al fine di un corretto funzionamento è prevista l'installazione di una pompa modulante in sostituzione a quella esistente.

Caratteristiche funzionali e tecniche

L'installazione delle valvole termostatiche consente di incrementare notevolmente il rendimento di generazione, andando ad intervenire sulla temperatura di set point locale per locale.

Con questa soluzione il rendimento di regolazione risulta pari al 98 % (regolazione ambiente con banda proporzionale ad 1°C).

Prestazioni raggiungibili

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

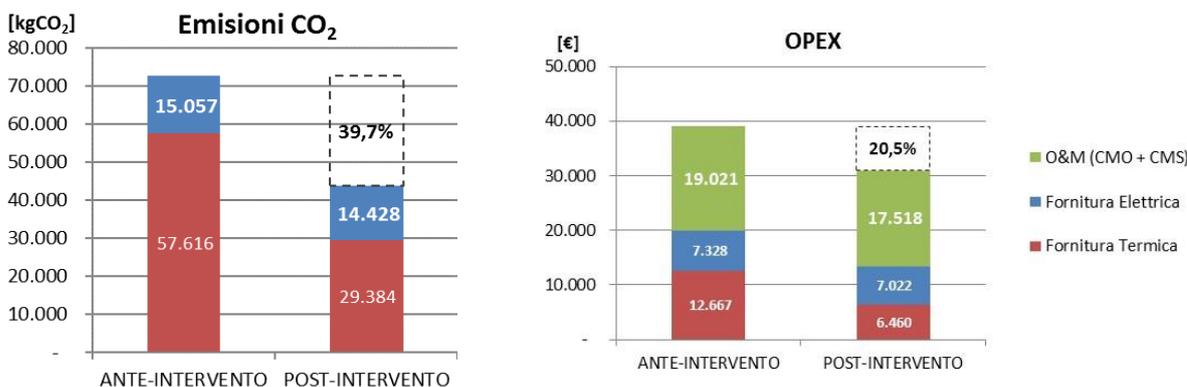
Tabella 8.4 – Risultati analisi EEM4 – Installazione valvole termostatiche

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
Rendimento di regolazione		72,7	98,0	
$Q_{teorico}$	[kWh]	291.428	148.626	49,0%
$EE_{teorico}$	[kWh]	32.417	31.063	4,2%
$Q_{baseline}$	[kWh]	285.228	145.464	49,0%
$EE_{Baseline}$	[kWh]	32.242	30.896	4,2%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	57.616	29.384	49,0%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	15.057	14.428	4,2%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	72.673	43.812	39,7%
Fornitura Termica, C_Q	[€]	12.667	6.460	49,0%
Fornitura Elettrica, C_{EE}	[€]	7.328	7.022	4,2%
Fornitura Energia, C_E	[€]	19.994	13.482	32,6%
C_{MO}	[€]	15.027	13.524	10,0%
C_{MS}	[€]	3.994	3.994	0,0%
O&M ($C_{MO} + C_{MS}$)	[€]	19.021	17.518	7,9%
OPEX	[€]	39.015	31.000	20,5%
Classe energetica	[-]	E	D	+1 classe

Nota (x) I fattori di emissione per il calcolo delle emissioni di CO₂ sono: 0,202 [kgCO₂/kWh] per il vettore termico e 0,467 tCO₂/MWh per il vettore elettrico.

I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,044 [€/kWh] per il vettore termico e 0,216 [€/kWh] per il vettore elettrico

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



EEM6: Sostituzione caldaie

Generalità

L'intervento consiste nella sostituzione degli attuali generatori di calore tradizionali con due caldaie a condensazione ad alto rendimento. La potenzialità è valutata preliminarmente senza considerare l'interazione con altre EEM. Si precisa pertanto che la combinazione con altri interventi può incrementare in maniera significativa i benefici sia in termini di risparmio energetico che economico.

L'installazione di nuovi generatori ad alta efficienza comporta un risparmio energetico, maggiore sicurezza ed affidabilità, minori emissioni inquinanti in ambiente ed una migliore efficienza ai carichi parziali in funzione del fattore di carico dell'edificio.

Caratteristiche funzionali e tecniche

L'installazione dei generatori a condensazione consente di ottenere maggiori rendimenti di generazione (96,7%).

Prestazioni raggiungibili

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

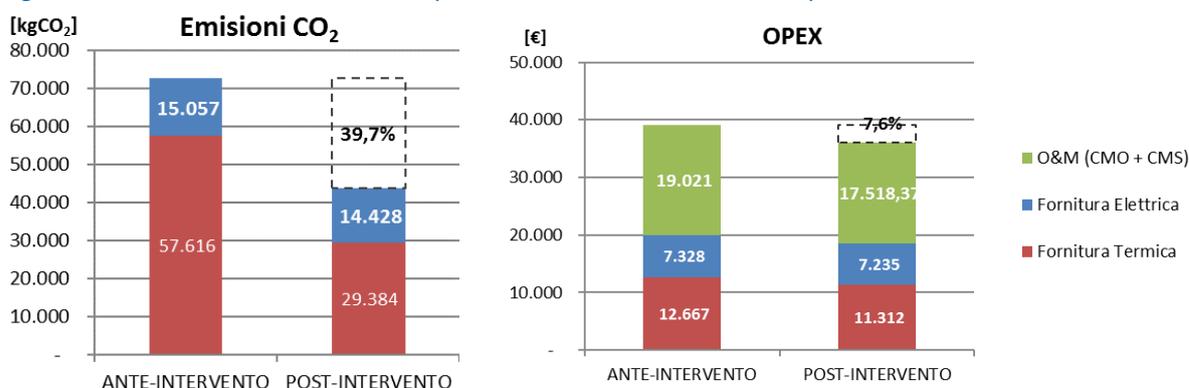
Tabella 8.5 – Risultati analisi EEM6 – Sostituzione delle caldaie

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
Rendimento di generazione		86,4%	96,7%	
$Q_{teorico}$	[kWh]	291.428	260.252	10,7%
$EE_{teorico}$	[kWh]	32.417	32.006	1,3%
$Q_{baseline}$	[kWh]	285.228	254.715	10,7%
$EE_{baseline}$	[kWh]	32.242	31.833	1,3%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	57.616	51.452	10,7%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	15.057	14.866	1,3%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	72.673	66.319	8,7%
Fornitura Termica, C_Q	[€]	12.667	11.312	10,7%
Fornitura Elettrica, C_{EE}	[€]	7.328	7.235	1,3%
Fornitura Energia, C_e	[€]	19.994	18.546	7,2%
C_{MO}	[€]	15.027	13.524	10,0%
C_{MS}	[€]	3.994	3.994	0,0%
O&M ($C_{MO} + C_{MS}$)	[€]	19.021	17.518,37	7,9%
OPEX	[€]	39.015	36.065	7,6%
Classe energetica	[-]	E	E	+0 classi

Nota (x) I fattori di emissione per il calcolo delle emissioni di CO₂ sono: 0,202 [kgCO₂/kWh] per il vettore termico e 0,467 tCO₂/MWh per il vettore elettrico.

I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,044 [€/kWh] per il vettore termico e 0,216 [€/kWh] per il vettore elettrico

Figura 8.5 – EEM6: Riduzione dei costi operativi e delle emissioni di CO₂ a partire dalla baseline



8.1.3 Impianto di illuminazione ed impianto elettrico

EEM5: Installazione lampade LED

Generalità

Si prevede la sostituzione delle pre-esistenti sorgenti luminose con sorgenti luminose a LED più efficienti nel rispetto dei livelli di illuminamento preesistenti.

Una maggiore efficienza luminosa consente di ridurre i consumi di energia elettrica e di aumentare la vita utile dei singoli corpi illuminanti.

Caratteristiche funzionali e tecniche

Si sostituiscono le sorgenti luminose seguenti:

- Lampade fluorescenti 1x58W con lampade LED da 25 W;
- Lampade fluorescenti 2x36W con lampade LED da 36 W;
- Lampade fluorescenti 1x36W con lampade LED da 20 W;
- Lampade fluorescenti 4x18W con lampade LED da 36 W.

Prestazioni raggiungibili

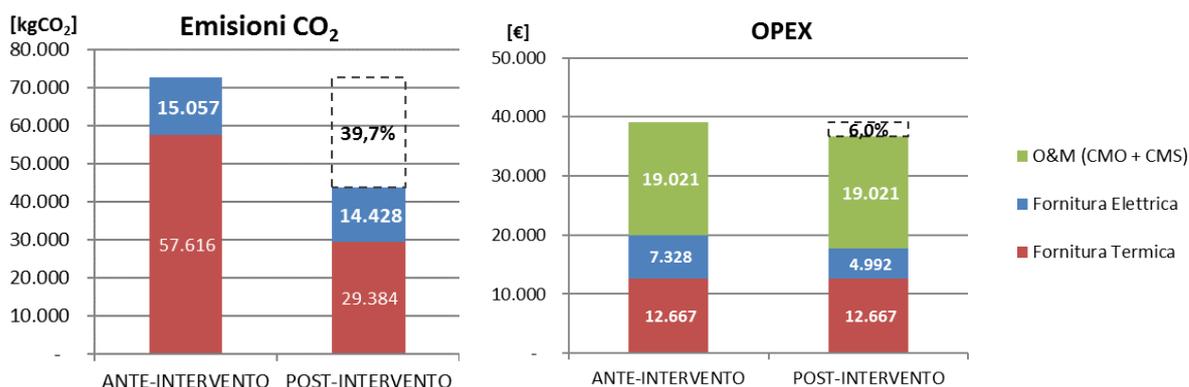
I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione della EEM4 sono riportati nella Tabella 8.6 e nella Figura 8.6.

Tabella 8.6 – Risultati analisi EEM5 – Installazione lampade LED

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
Rendimento di generazione		86,4%	96,7%	
$Q_{teorico}$	[kWh]	291.428	260.252	10,7%
$EE_{teorico}$	[kWh]	32.417	32.006	1,3%
$Q_{baseline}$	[kWh]	285.228	254.715	10,7%
$EE_{baseline}$	[kWh]	32.242	31.833	1,3%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	57.616	51.452	10,7%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	15.057	14.866	1,3%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	72.673	66.319	8,7%
Fornitura Termica, C_Q	[€]	12.667	11.312	10,7%
Fornitura Elettrica, C_{EE}	[€]	7.328	7.235	1,3%
Fornitura Energia, C_E	[€]	19.994	18.546	7,2%
C_{MO}	[€]	15.027	15.027	0,0%
C_{MS}	[€]	3.994	3.994	0,0%
O&M ($C_{MO} + C_{MS}$)	[€]	19.021	19.021	0,0%
OPEX	[€]	39.015	36.679	6,0%
Classe energetica	[-]	E	E	+0 classi

Nota (x) I fattori di emissione per il calcolo delle emissioni di CO₂ sono: 0,202 [kgCO₂/kWh] per il vettore termico e 0,467 tCO₂/MWh per il vettore elettrico.

I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,044 [€/kWh] per il vettore termico e 0,216 [€/kWh] per il vettore elettrico

Figura 8.6 – EEM5: Riduzione dei costi operativi e delle emissioni di CO₂ a partire dalla baseline

9 VALUTAZIONE ECONOMICO-FINANZIARIA

9.1 ANALISI DEI COSTI DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI CONSIDERATI FATTIBILI

EEM1: Isolamento dall'esterno delle pareti perimetrali

Nella Tabella 9.1 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM 1, che consiste nell'isolamento dall'esterno delle pareti perimetrali.

La realizzazione di tale intervento consentirebbe l'ottenimento degli incentivi previsti dal conto termico 2.0, i quali sono stati quantificati come descritto dagli Allegati 1 e 2 del Decreto Mise del 16/05/2016.

In particolare, l'intervento di isolamento delle strutture opache verticali dall'interno, di cui all'articolo 4, comma 1, lettera a), prevede una percentuale incentivata della spesa pari al 40%, un costo massimo ammissibile pari a 100 €/mq e un valore massimo dell'incentivo pari a 400.000 €.

La durata dell'incentivo è stata stimata pari ad un anno, come previsto dall'Art. 7, comma 5 del Decreto Mise del 16/05/2016.

Tabella 9.1 – Analisi dei costi della EEM1 – isolamento delle pareti

DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO	PREZZO	TOTALE	IVA	TOTALE
				UNITARIO PREZZARIO	UNITARIO SCONTATO	(IVA ESCLUSA)	[%]	(IVA INCLUSA)
				[€/m ² cm]	[€/m ² cm]	[€]	[%]	[€]
Isolanti di origine minerale. Pannelli in silicato di calcio, per l'isolamento termoacustico a cappotto di facciate e soffitti; permeabili al vapore, antincendio, traspirabili, incombustibili (classe 0). Lambda = 0,045 W/mK spessore da 6 a 20 cm per ogni cm	Prezzario Regione Liguria	30138,74	m2cm	3,49	3,17	95622,01	22%	116658,86
Malta premiscelata Rivestimento minerale per rasature armate /cappotto termico idr/m2orepellente, impermeabile e traspirante in sacchi . Resa per mano 1,8 kg.	Prezzario Regione Liguria	2.259	kg	0,82	0,75	1684,19	22%	2054,71
Collante cementizio per murature in cemento cellulare espanso.	Prezzario Regione Liguria	1129,64	kg	0,49	0,45	503,20	22%	613,91
Ponteggiature "di facciata", in elementi metallici prefabbricati e/o "giunto-tubo", compreso il montaggio e lo smontaggio finale, i piani di lavoro, idonea segnaletica, impianto di messa a terra, compresi gli eventuali oneri di progettazione, escluso:	Prezzario Regione Liguria	2259,28	m2	14,28	12,98	29329,56	22%	35782,07

mantovane, illuminazione notturna e reti di protezione - Montaggio, smontaggio e noleggio per il primo mese di utilizzo.

Scrostamento intonaco fino al vivo della muratura, esterno, su muratura di mattoni o calcestruzzo	Prezzario Regione Liguria	2259,28	m2	7,26	6,60	14911,25	22%	18191,72
Intonaco esterno in malta a base di calce idraulica strato aggrappante a base di calce idraulica naturale NHL 3,5 (EN459-1) e sabbie calcaree classificate, spessore 5 mm circa.	Prezzario Regione Liguria	2259,28	m2	4,81	4,37	9879,22	22%	12052,64
Rasatura armata con malta preconfezionata a base minerale eseguita a due riprese fresco su fresco rifinita a frattazzo, con interposta rete in fibra di vetro o in poliestere compresa pulizia e preparazione del supporto con una mano di apposito primer. per rivestimento di intere campiture con rete in fibra di vetro 4x4 da 150 gr/mq , spessore totale circa mm 4.	Prezzario Regione Liguria	2259,28	m2	23,79	21,63	48862,06	22%	59611,72
Costi per la sicurezza	-	3%	%			6023,74	22%	7348,97
Costi progettazione (in % su importo lavori)	-	7%	%			14055,40	22%	17147,59
TOTALE (I₀- EEM1)						220870,65	22%	269462,19
Incentivi	[Conto termico]							€ 90371,20
Durata incentivi								1
Incentivo annuo								€ 90371,20

EEM2: Isolamento della copertura

Nella Tabella 9.7 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM2, che consiste nell'isolamento dall'esterno delle coperture piane.

La realizzazione di tale intervento consentirebbe l'ottenimento degli incentivi previsti dal conto termico 2.0, i quali sono stati quantificati come descritto dagli Allegati 1 e 2 del Decreto Mise del 16/05/2016.

In particolare, l'intervento di isolamento delle strutture opache orizzontali, di cui all'articolo 4, comma 1, lettera a), prevede una percentuale incentivata della spesa pari al 40%, un costo massimo ammissibile pari a 200 €/mq per l'isolamento dall'esterno della e un valore massimo dell'incentivo pari a 400.000 €.

La durata dell'incentivo è stata stimata pari ad un anno, come previsto dall'Art. 7, comma 5 del Decreto Mise del 16/05/2016.

Tabella 9.2 – Analisi dei costi della EEM2 – isolamento delle coperture

DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M	PREZZO UNITARIO PREZZARIO	PREZZO UNITARIO SCONTATO	TOTALE (IVA ESCLUSA)	IVA	TOTALE (IVA INCLUSA)
				[€/n° o €/m ²]	[€/n° o €/m ²]	[€]	[%]	[€]
Preparazione copertura	Prezzario Regione Liguria	591,8	m2	6,88	6,25	3701,44	22%	4515,76

E342 - Scuola Elementare "Perasso" e Asilo Nido "San Martino D'Albaro"

Fornitura materiale impermeabilizzante	Prezziario Regione Liguria	591,8	m2	5,11	4,65	2749,18	22 %	3354,00
Posa in opera materiale impermeabilizzante	Prezziario Regione Liguria	591,8	m2	11,81	10,74	6353,78	22 %	7751,61
Fornitura materiale isolante (XPS 0.038 W/mK - spessore 2-3-4-5-6)	Prezziario Regione Liguria	591,8	m2	6,00	5,45	3228,00	22 %	3938,16
Fornitura materiale isolante (XPS 0.038 W/mK - spessore 2-3-4-5-6)	Prezziario Regione Liguria	591,8	m2	6,00	5,45	3228,00	22 %	3938,16
Fornitura materiale isolante (XPS 0.038 W/mK - spessore 2-3-4-5-6)	Prezziario Regione Liguria	591,8	m2	3,00	2,73	1614,00	22 %	1969,08
Posa in opera materiale isolante	Prezziario Regione Liguria	591,8	m2	6,68	6,07	3593,84	22 %	4384,48
Fornitura tessuto non tessuto	Prezziario Regione Liguria	591,8	m2	2,44	2,22	1312,72	22 %	1601,52
Posa in opera tessuto non tessuto	Prezziario Regione Liguria	591,8	m2	4,98	4,53	2679,24	22 %	3268,67
Fornitura piastrelle cemento	Prezziario Regione Liguria	591,8	m2	12,40	11,27	6671,20	22 %	8138,86
Ponteggiature "di facciata", in elementi metallici prefabbricati e/o "giunto-tubo", compreso il montaggio e lo smontaggio finale, i piani di lavoro, idonea segnaletica, impianto di messa a terra, compresi gli eventuali oneri di progettazione, escluso: mantovane, illuminazione notturna e reti di protezione - Montaggio, smontaggio e noleggio per il primo mese di utilizzo.	Prezziario Regione Liguria	491,15	m2	14,28	12,98	6376,02	22 %	7778,74
Costi per la sicurezza	-	0	mes e m2	1,32	1,20	0,00	22 %	0,00
Costi progettazione (in % su importo lavori)	-	3%	%			1245,22	22 %	1519,17
TOTALE (I₀ - EEM1)		7%	%			2905,52	22 %	3544,73
Incentivi	[Conto termico]							€ 22281,18
Durata incentivi								1
Incentivo annuo								€ 22281,18

EEM3: Sostituzione dei serramenti esterni

Nella Tabella 9.13 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM3, che consiste nella sostituzione dei serramenti esistenti con altri con trasmittanza minore.

La realizzazione di tale intervento singolo, non essendo l'impianto di riscaldamento dell'edificio dotato di valvole termostatiche, non consentirebbe l'ottenimento degli incentivi previsti dal conto termico 2.0.

Tabella 9.3 – Analisi dei costi della EEM3 – Sostituzione dei serramenti esterni

DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO PREZZARIO	PREZZO UNITARIO SCONTATO	TOTALE (IVA ESCLUSA)	IVA	TOTALE (IVA INCLUSA)
-------------	-------------------------	----------	------	---------------------------	--------------------------	----------------------	-----	----------------------

				[€/n° o €/m ²]	[€/n° o €/m ²]	[€]	[%]	[€]
Smontaggio e recupero delle parti riutilizzabili, incluso accantonamento nell'ambito del cantiere, di: serramenti in acciaio, PVC, alluminio, compreso telaio (misura minima 2,00 m ²)	Prezziario Regione Liguria	706,44	m2	39,61	36,01	25438,26	22%	31034,68
Finestra o portafinestra in PVC completa di vetrocamera, qualità media, con valore massimo di trasmittanza U=2,8 W/m ² K, controtelaio escluso, misurazione minima per serramento m ² 1,0 apertura ad una o due ante o a vasistas	Prezziario Regione Liguria	706,44	m2	328,90	299,00	211225,56	22%	257695,18
Controtelaio per finestre, portefinestre e simili, in legno.	Prezziario Regione Liguria	106,3158	m	7,59	6,90	733,58	22%	894,97
Trasporto eseguito con autocarro, motocarro o simili, della portata fino a 1000 kg, di materiali di risulta da scavi e/o demolizioni, per ogni km del tratto entro i primi 5. Misurato in banco	Prezziario Regione Liguria	105,966	m3	11,77	10,70	1133,84	22%	1383,28
Costi per la sicurezza	-	3%	%			7155,94	22%	8730,24
Costi progettazione (in % su importo lavori)	-	7%	%			16697,19	22%	20370,57
TOTALE (I₀ – EEM1)						262384,36	22%	320108,92
Incentivi	[Conto termico]							-
Durata incentivi								-
Incentivo annuo								-

EEM4: Installazione delle valvole termostatiche

Nella Tabella 9.4 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM4, che consiste nell'installazione delle valvole termostatiche.

La realizzazione di tale intervento non consente l'ottenimento degli incentivi previsti dal conto termico 2.0.

Tabella 9.4 – Analisi dei costi della EEM4 – installazione valvole termostatiche

DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO PREZZARIO	PREZZO UNITARIO SCONTATO	TOTALE (IVA ESCLUSA)	IVA	TOTALE (IVA INCLUSA)
				[€/n° o €/m ²]	[€/n° o €/m ²]	[€]	[%]	[€]
Valvole micrometriche a squadra complete di testa termostatica con elemento sensibile a gas: Ø 15 mm	Prezziario Regione Liguria	184	cad	35,42	32,20	5924,80	22%	7228,26
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 m ³ /h	Prezziario Regione Liguria	1	cad	4587,21	4170,19	4170,19	22%	5087,63

Circolatori per impianti di riscaldamento e condizionamento a velocità variabile, regolate elettronicamente, classe di protezione IP44, classe energetica A, 230V, del tipo: versione gemellare con attacchi flangiati, Ø 50, PN6-10, prevalenza da 1 a 11 m, portata da 1 a 26 m³/h	Prezzario Regione Liguria	1	cad	2999,95	2727,23	2727,23	22%	3327,22
Circolatori per impianti di riscaldamento e condizionamento a velocità variabile, regolate elettronicamente, classe di protezione IP44, classe energetica A, 230V, del tipo: versione singola, PN10, con attacchi filettati Ø 1", prevalenza da 1 a 4 m, portata da 1 a 5m³/h	Prezzario Regione Liguria	1	cad	355,78	323,44	323,44	22%	394,59
Sola posa in opera di pompe e/o circolatori singoli o gemellari per fluidi caldi o freddi, compreso bulloni, guarnizioni e il collegamento alla linea elettrica, escluse le flange. Per attacchi del diametro nominale di: maggiore di 80 mm fino a 100 mm	Prezzario Regione Liguria	1	cad	97,34	88,49	88,49	22%	107,96
Sola posa in opera di pompe e/o circolatori singoli o gemellari per fluidi caldi o freddi, compreso bulloni, guarnizioni e il collegamento alla linea elettrica, escluse le flange. Per attacchi del diametro nominale di: maggiore di 40 mm fino a 65 mm	Prezzario Regione Liguria	1	cad	50,06	45,51	45,51	22%	55,52
Sola posa in opera di pompe e/o circolatori singoli o gemellari per fluidi caldi o freddi, compreso bulloni, guarnizioni e il collegamento alla linea elettrica, escluse le flange. Per attacchi del diametro nominale di: fino a 40 mm	Prezzario Regione Liguria	1	cad	43,05	39,14	39,14	22%	47,75
Interruttore automatico magnetotermico con potere di interruzione 4,5KA bipolare fino a 32 A - 230 V	Prezzario Regione Liguria	1	cad	22,69	20,63	20,63	22%	25,17
Impianti Elettrici Idraulici Riscaldamento Installatore 4° cat. ex operaio specializzato	Prezzario Regione Liguria	64	h	31,88	28,98	1864,50	22%	2274,69
Costi per la sicurezza	-	3%	%			456,12	22%	556,46
Costi progettazione (in % su importo lavori)	-	7%	%			1064,27	22%	1298,41
TOTALE (I₀ - EEM1)						16724,31	22%	20403,65
Incentivi	[Conto termico]							-
Durata incentivi								-
Incentivo annuo								-

EEM5: Installazione lampade LED

Nella Tabella 9.5 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM5, che consiste nella sostituzione delle lampade esistenti con lampade LED.

La realizzazione di tale intervento consentirebbe l'ottenimento degli incentivi previsti dal conto termico 2.0, i quali sono stati quantificati come descritto dagli Allegati 1 e 2 del Decreto MISE del 16/05/2016.

In particolare, l'intervento di sostituzione di corpi illuminanti con lampade a LED, di cui all'articolo 4, comma 1, lettera f), prevede una percentuale incentivata della spesa pari al 40%, un costo massimo ammissibile pari a 35 €/mq e un valore massimo dell'incentivo pari a 70.000 €.

La durata dell'incentivo è stata stimata pari ad un anno, come previsto dall'Art. 7, comma 5 del Decreto MISE del 16/05/2016.

Tabella 9.5 – Analisi dei costi della EEM5 – installazione lampade LED

DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO PREZZARIO	PREZZO UNITARIO SCONTATO	TOTALE (IVA ESCLUSA)	IVA	TOTALE (IVA INCLUSA)
				[€/n° o €/m ²]	[€/n° o €/m ²]	[€]	[%]	[€]
Plafoniera stagna rettangolare, corpo in policarbonato autoestinguento, schermo in policarbonato autoestinguento trasparente prismaticizzato internamente, per installazione a parete, plafone o a sospensione, apparecchio con grado di protezione IP 66, lampade LED temperatura di colore 4000 K, alimentazione 230 V c.a.: bilampada: lunghezza 1.300 mm, 36 W, 5.830 lm	DEI Imp. Ele. 2017	235	cad	156,66	142,42	33468,27	22%	40831,29
Apparecchio ad incasso con corpo in alluminio, lampada led temperatura di colore 3000 K, alimentatore incorporato, riflettore in alluminio cromato, classe di isolamento 1, grado di protezione IP 23, alimentazione 230 V 50 Hz, classe energetica A, apertura del fascio 95°: potenza 20 W, equivalente a 36 W fluorescente, Ø 190 mm	DEI Imp. Ele. 2017	42	cad	98,61	89,65	3765,11	22%	4593,43
Plafoniera a tenuta stagna per installazione diretta a parete o a soffitto - monolampada led 4000K 2800 lm potenza 29 W - lunghezza 1600 mm	Milano	36	cad	139,50	126,82		22%	0,00
Costi per la sicurezza	-	3%	%			1117,00	22%	1362,74
Costi progettazione (in % su importo lavori)	-	7%	%			2606,34	22%	3179,73
TOTALE (I₀ – EEM1)						40956,72	22%	49967,20
Incentivi	[Conto termico]							€ 19.986,88
Durata incentivi								1
Incentivo annuo								€ 19.986,88

EEM6: Sostituzione caldaie

Nella Tabella 9.6 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM6, che consiste nella sostituzione delle caldaie esistenti con altre due a condensazione a più alta efficienza.

La realizzazione di tale intervento consentirebbe l'ottenimento degli incentivi previsti dal conto termico 2.0, i quali sono stati quantificati come descritto dagli Allegati 1 e 2 del Decreto Mise del 16/05/2016.

In particolare, l'intervento di isolamento di sostituzione della caldaia con un generatore di calore a condensazione, di cui all'articolo 4, comma 1, lettera c), prevede una percentuale incentivata della spesa pari al 40%, un costo massimo ammissibile pari a 130 €/kWh e un valore massimo dell'incentivo pari a 40.000 €.

La durata dell'incentivo è stata stimata pari ad un anno, come previsto dall'Art. 7, comma 5 del Decreto Mise del 16/05/2016.

Tabella 9.6 – Analisi dei costi della EEM6 – sostituzione caldaie

DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO	PREZZO	TOTALE	IVA	TOTALE
				UNITARIO PREZZARIO	UNITARIO SCONTATO	(IVA ESCLUSA)	[€]	(IVA INCLUSA)
				[€/n° o €/m ²]	[€/n° o €/m ²]	[€]	[%]	[€]
Caldaie a condensazione a basamento, corpo in lega di alluminio-silicio-magnesio con scambiatore primario a basso contenuto d'acqua, classe 5 NOx, rendimento energetico a 4 stelle in base alle direttive europee, bruciatore modulante con testata metallica ad irraggiamento, compreso il pannello di comando montato sul mantello di rivestimento, della potenza termica nominale di: 235 Kw circa	Prezzario Regione Liguria	2	cad	11498,85	10453,50	20907,00	22%	25506,54
Sistema fumario prefabbricato a sezione circolare, con giunti maschio-femmina con profilo conico a elementi modulari a doppia parete acciaio inox (parete interna AISI316L e parete esterna AISI304), coibentazione 25mm in lana di roccia pressata, senza guarnizioni di tenuta Coppa di scarico condensa Ø 250 mm	Prezzario Regione Liguria	2	cad	232,76	211,60	423,20	22%	516,30
Sola posa in opera di bruciatore per caldaie, compresi la lavorazione della piastra di collegamento alla caldaia, la sola posa della rampa gas e del dispositivo di controllo tenuta valvola, i collegamenti elettrici, i collegamenti alla tubazione del combustibile a metano o gasolio: per generatori di calore da 101 Kw a 350 Kw	Prezzario Regione Liguria	2	cad	392,78	357,07	714,15	22%	871,26
Accessori per caldaie a condensazione: Tubi Ø 80mm della lunghezza 1 m	Prezzario Regione Liguria	30	cad	21,13	19,21	576,27	22%	703,05
Accessori per caldaie a condensazione: Kit scarichi separati per tubi Ø 80mm	Prezzario Regione Liguria	2	cad	28,46	25,87	51,75	22%	63,13
Pn > 350 e Pn <= 500	Prezzario CCAA RE	2	cad	2853,80	2594,36	5188,73	22%	6330,25
Regolazione Climatica	Prezzario CCAA RE	3	cad	546,00	496,36	1489,09	22%	1816,69
Sola posa in opera di accessori per impianti di termoregolazione compresi collegamenti elettrici: sonde in genere	Prezzario Regione Liguria	1	cad	120,60	109,64	109,64	22%	133,76
Sola posa in opera di accessori per impianti di termoregolazione compresi collegamenti elettrici: interruttore orologio da inserire in quadro elettrico	Prezzario Regione Liguria	3	cad	29,71	27,01	81,03	22%	98,85
Interruttore orario digitale modulare per la programmazione settimanale a due canali	Prezzario Regione Liguria	3	cad	146,74	133,40	400,20	22%	488,24
Sonde di temperatura e umidità: sola temperatura, per impianti civili e industriali per esterno	Prezzario Regione Liguria	1	cad	76,47	69,52	69,52	22%	84,81
Opere edili Operaio Qualificato	Prezzario Regione Liguria	16	h	34,41	31,28	500,51	22%	610,62
Impianti Elettrici Idraulici Riscaldamento Installatore 4° cat. ex operaio specializzato	Prezzario Regione Liguria	40	h	31,88	28,98	1159,27	22%	1414,31

Trasporto a discarica o a centro di riciclaggio di materiali di risulta provenienti da scavi e/o demolizioni, misurato su autocarro in partenza, esclusi gli eventuali oneri di discarica o smaltimento, eseguito con piccolo mezzo di trasporto con capacità di carico fino a 3 t. per ogni chilometro del tratto oltre i primi 5 km e fino al decimo km.	Prezzario Regione Liguria	100	m ³ km	4,72	4,29	429,09	22%	523,49
Costi per la sicurezza	-	3%	%			962,98	22%	1174,84
Costi progettazione (in % su importo lavori)	-	7%	%			2246,96	22%	2741,29
TOTALE (I₀ - EEM1)						35309,38	22%	43077,44
Incentivi	[Conto termico]							€ 17231
Durata incentivi								1
Incentivo annuo								€ 17231

9.2 ANALISI DI CONVENIENZA DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI CONSIDERATI FATTIBILI

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

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

Gli indicatori economici d'investimento utilizzati sono:

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

Essi sono così definiti:

1) Tempo di ritorno semplice (TRS):

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

Dove:

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

2) Tempo di ritorno attualizzato (TRA):

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

Dove:

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

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

Dove:

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

3) Valore Attuale Netto (VAN) del progetto:

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

Dove:

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

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

5) Indice di Profitto (IP):

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

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

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

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

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

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

Il dettaglio dei calcoli è riportato all'

Allegato B – Elaborati.

EEM1: Isolamento dall'esterno delle pareti perimetrali

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

Tabella 9.7 – Risultati dell'analisi di convenienza della EEM1– isolamento pareti perimetrali

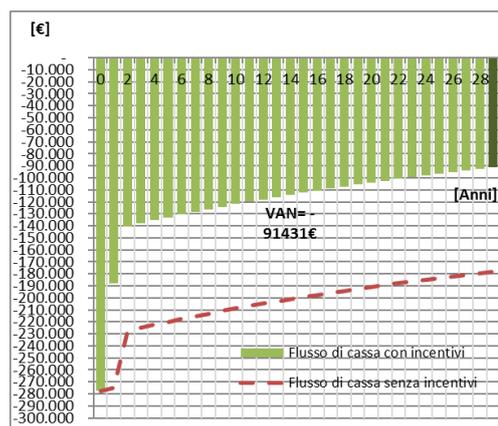
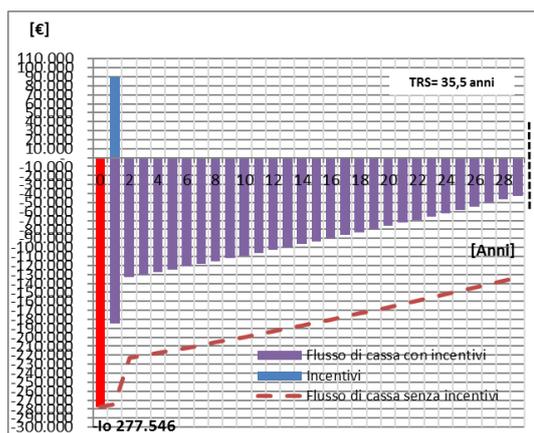
PARAMETRO FINANZIARIO	U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	I_0	€ 269.462
Oneri Finanziari % I_0	OF	[%] 3,0%

Aliquota IVA	%IVA	[%]	22,0%
Anno recupero erariale IVA	n _{IVA}	anni	3
Vita utile	n	anni	30
Incentivo annuo	B	€/anno	90.371
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	57,7	35,5
Tempo di rientro attualizzato	TRA	83,9	44,7
Valore attuale netto	VAN	- 178.327	- 91.431
Tasso interno di rendimento	TIR	-4,7%	-2,0%
Indice di profitto	IP	-0,66	-0,34

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

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

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



Dall'analisi effettuata è emerso che l'intervento singolo di coibentazione delle pareti perimetrali non è economicamente conveniente.

EEM2: Isolamento della copertura

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

Tabella 9.8 – Risultati dell'analisi di convenienza della EEM2– isolameto della copertura

PARAMETRO FINANZIARIO	U. M.	VALORE	
Investimento Iniziale	I ₀	€ 55.703	
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 22.281	
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	41,7	24,0

Tempo di rientro attualizzato	TRA	63,7	35,5
Valore attuale netto	VAN	- 30.371	8.946
Tasso interno di rendimento	TIR	-2,4%	1,3%
Indice di profitto	IP	-0,55	-0,16

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

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

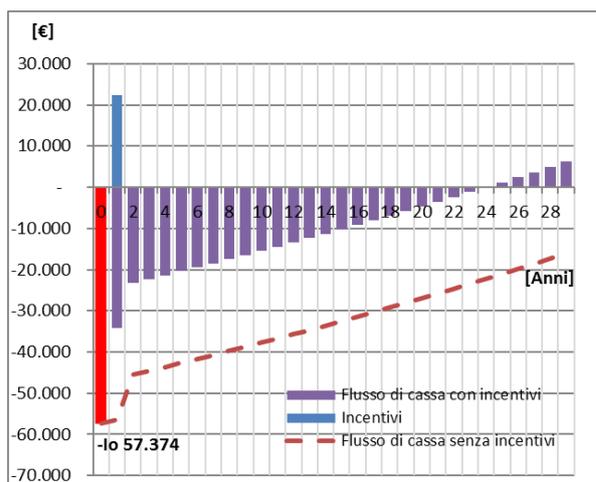
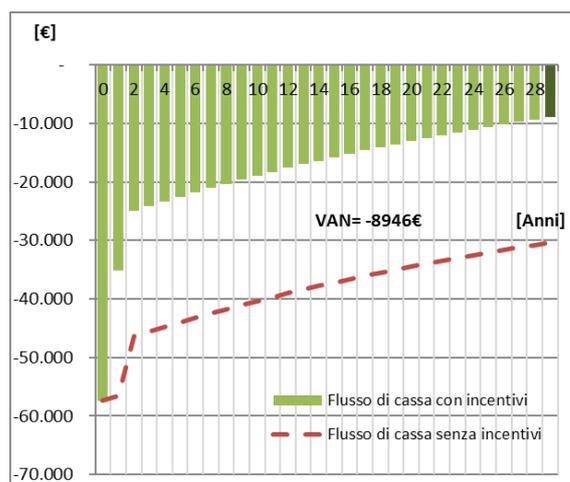


Figura 9.4 – EEM2: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



Dall'analisi effettuata è emerso che l'intervento singolo di coibentazione della copertura piana, ha un VAN negativo. L'intervento è stato comunque preso in considerazione nella creazione degli scenari poiché consente di ottenere una percentuale di incentivazione maggiore se effettuato insieme ad un intervento sull'impianto. Inoltre, la riduzione del fabbisogno potrebbe consentire la scelta di una caldaia di taglia inferiore con conseguente riduzione dei costi di investimento.

EEM3: Sostituzione dei serramenti esterni

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

Tabella 9.9 – Risultati dell'analisi di convenienza della EEM3– Sostituzione dei serramenti

PARAMETRO FINANZIARIO	U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	I₀	€ 320.109
Oneri Finanziari % 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 -
Durata incentivo	n_B	anni 1
Tasso di attualizzazione	i	[%] 3,5%
INDICE FINANZIARIO DI PROGETTO		
Tempo di rientro semplice	TRS	59,3
Tempo di rientro attualizzato	TRA	85,8
Valore attuale netto	VAN	- 214.479
Tasso interno di rendimento	TIR	-4,9%
Indice di profitto	IP	-0,67

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

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

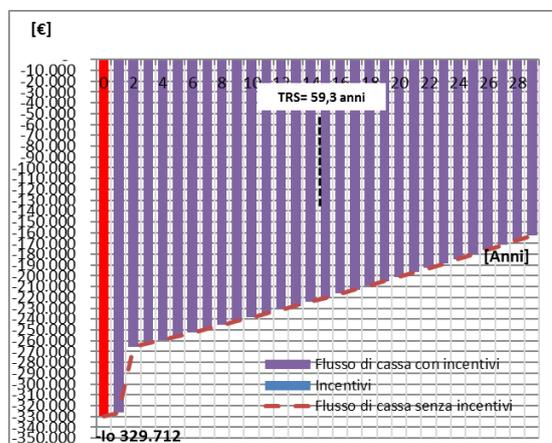
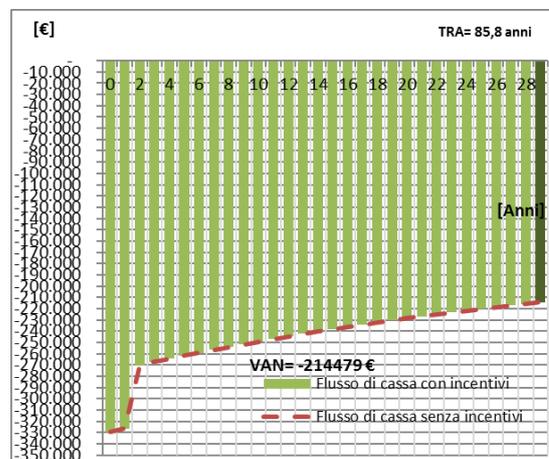


Figura 9.6 – EEM3: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



Dall'analisi effettuata è emerso che l'intervento singolo di sostituzione dei serramenti, pur ottenendo un risparmio del 28,6% sui consumi di Gas Naturale, a causa degli elevati costi di investimento, non risulta essere economicamente conveniente.

EEM4: Installazione valvole termostatiche

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

Tabella 9.10 – Risultati dell'analisi di convenienza della EEM4–installazione valvole termostatiche

PARAMETRO FINANZIARIO	U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	I_0	€ 20.404
Oneri Finanziari % I_0	OF	[%] 3,0%
Aliquota IVA	%IVA	[%] 22,0%
Anno recupero erariale IVA	n_{IVA}	anni 3
Vita utile	n	anni 15
Incentivo annuo	B	€/anno -
Durata incentivo	n_B	anni 5
Tasso di attualizzazione	i	[%] 3,5%
INDICE FINANZIARIO DI PROGETTO	VALORE SENZA INCENTIVI	VALORE CON INCENTIVI
Tempo di rientro semplice	TRS	2,6
Tempo di rientro attualizzato	TRA	2,9
Valore attuale netto	VAN	57.139
Tasso interno di rendimento	TIR	35,4%
Indice di profitto	IP	2,80

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

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

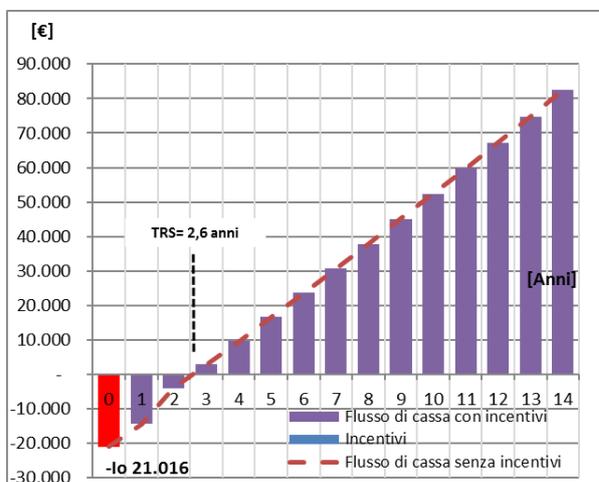
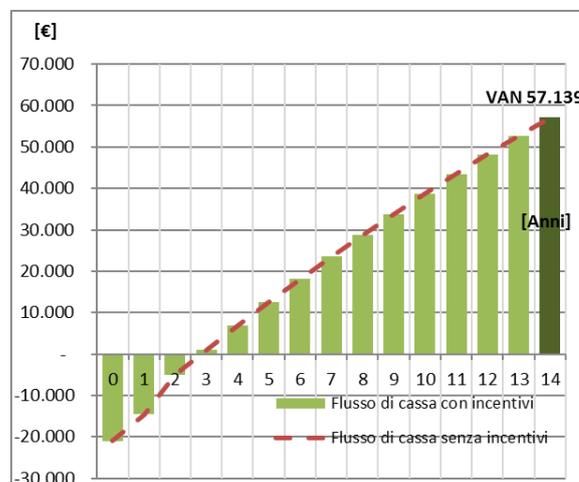


Figura 9.8 – EEM4: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



Dall'analisi effettuata è emerso che l'intervento singolo di installazione delle valvole termostatiche, pur non prevedendo l'ottenimento di incentivi da Conto Termico, consente un tempo di ritorno semplice di 2,6 anni e un VAN pari a 57.139 €.

EEM5: Installazione lampade LED

L'analisi di convenienza effettuata per la EEM5 porta alla valutazione dei seguenti indici finanziari:

Tabella 9.11 – Risultati dell'analisi di convenienza della EEM5–installazione lampade LED

PARAMETRO FINANZIARIO	U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	I_0	€ 49.967
Oneri Finanziari % I_0	OF	[%] 3,0%
Aliquota IVA	%IVA	[%] 22,0%
Anno recupero erariale IVA	n_{IVA}	anni 3
Vita utile	n	anni 8
Incentivo annuo	B	€/anno 19.987
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	17,8 / 9,6
Tempo di rientro attualizzato	TRA	20,2 / 10,4
Valore attuale netto	VAN	- 31.098 / - 11.880
Tasso interno di rendimento	TIR	-19,7% / -7,4%
Indice di profitto	IP	-0,62 / -0,24

I flussi di cassa rappresentativi dell'analisi sono riportati in Figura 9.9 e Figura 9.10.

Figura 9.9 –EEM5: Flussi di Cassa, con e senza incentivi

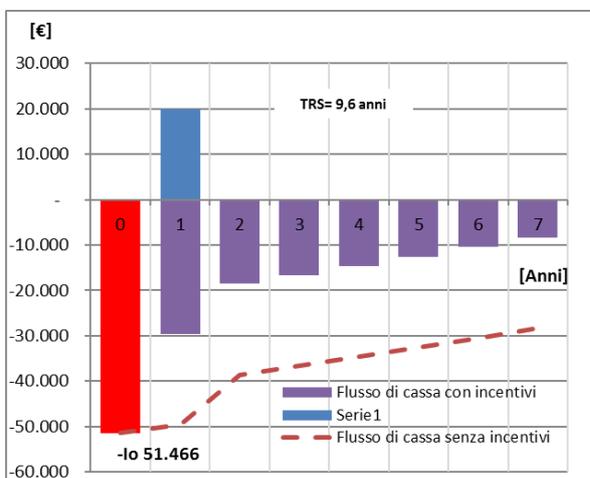
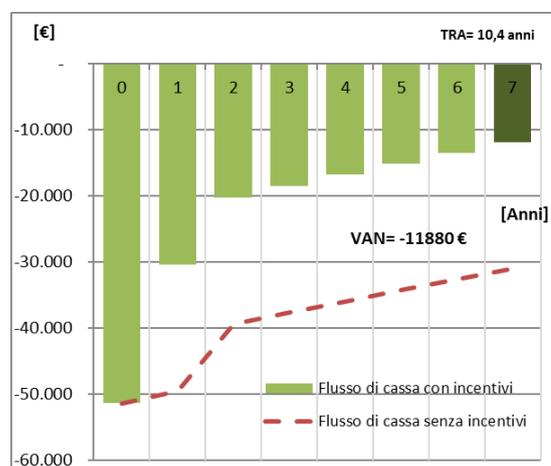


Figura 9.10 – EEM5: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



Dall'analisi effettuata è emerso che per l'intervento singolo di sostituzione delle lampade, gli elevati costi di investimento non consentono di ottenere un tempo di ritorno minore della vita utile. Tale intervento, pertanto, non risulta essere economicamente conveniente.

EEM6: Sostituzione caldaie

L'analisi di convenienza effettuata per la EEM6 porta alla valutazione dei seguenti indici finanziari:

Tabella 9.12 – Risultati dell'analisi di convenienza della EEM6–sostituzione caldaie

PARAMETRO FINANZIARIO	U.M.	VALORE	
Investimento Iniziale	I_0	€	43.077
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	17.231
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	15,2	7,9
Tempo di rientro attualizzato	TRA	19,4	10,6
Valore attuale netto	VAN	- 10.096	6.472
Tasso interno di rendimento	TIR	-0,2%	7,5%
Indice di profitto	IP	-0,23	0,15

I flussi di cassa rappresentativi dell'analisi sono riportati in Figura 9.11 e Figura 9.12.

Figura 9.11 –EEM6: Flussi di Cassa, con e senza incentivi

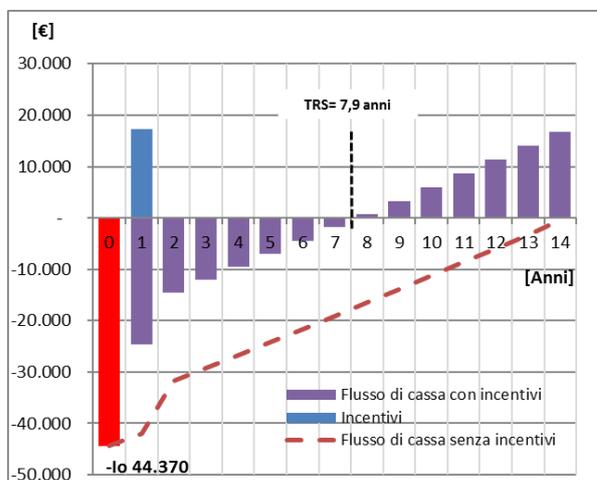
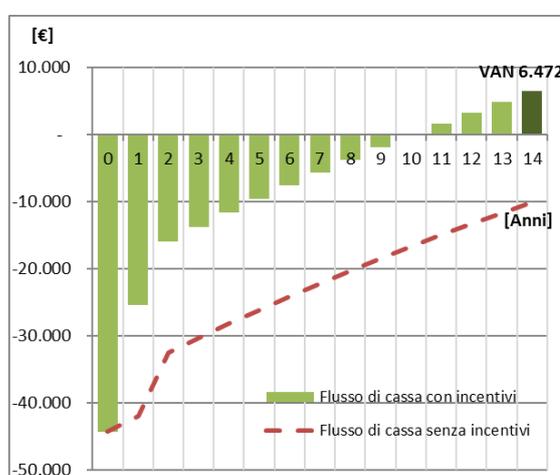


Figura 9.12 – EEM6: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



Dall'analisi effettuata è emerso che l'intervento singolo di sostituzione delle due caldaie esistenti, con altre a più alta efficienza a condensazione non risulta essere economicamente conveniente. Si ricorda che la potenzialità è valutata preliminarmente per l'intervento singolo senza considerare l'interazione con altre EEM. Si precisa pertanto che la combinazione con altri interventi può incrementare in maniera significativa i benefici sia in termini di risparmio energetico che economico, in particolare, potrebbe richiedere investimenti minori grazie alla minore potenzialità richiesta ed inoltre potrebbe far accedere ad una percentuale di incentivazione maggiore se combinato con altri interventi sull'involucro.

Sintesi

La sintesi della valutazione economico – finanziaria delle EEM proposte è riportata nelle Tabella 9.13 e Tabella 9.14.

Tabella 9.13 – Sintesi dei risultati della valutazione economico-finanziaria, caso senza incentivi

	SENZA INCENTIVI											
	% Δ_E [%]	% Δ_{CO_2} [%]	ΔC_E [€/anno]	ΔC_{MO} [€/anno]	ΔC_{MS} [€/anno]	I_0 [€]	TRS [anni]	TRA [anni]	n [anni]	VAN [€]	TIR [%]	IP [-]
EEM 1	22,9%	20,4%	3350	0	0	269462	57,7	83,9	30	-178327	-4,7%	-0,34
EEM 2	7,5%	6,7%	1093	0	0	55703	41,7	63,7	30	-30371	-2,4	-0,55
EEM 3	26,0%	23,2%	3817	0	0	320109	59,3	85,8	30	-214479	-4,9%	-0,67
EEM 4	44,4%	39,7%	6512,7	1.502,7	0	20404	2,6	2,9	15	57.139	35,4%	2,80
EEM 5	3,2%	6,6%	2336,2	0	0	49967	17,8	20,2	8	-31098	-19,7%	-0,62
EEM 6	9,7%	8,7%	1447,9	1.502,7	0	43077	15,2	19,4	15	-10.096	-0,2%	-0,23

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

- % Δ_E è il valore percentuale di riduzione dei consumi energetici rispetto al baseline energetico complessivo (termico + elettrico);
- % Δ_{CO_2} è il valore percentuale di riduzione delle emissioni di CO₂ rispetto al baseline dell'emissioni complessivo (termico + elettrico);
- ΔC_E è il risparmio economico annuo attribuibile alla riduzione dei consumi energetici (termico + elettrico); assume valori positivi;

- Δ_{CMO} è la variazione di costo annuo attribuibile al nuovo costo per la gestione e la manutenzione ordinaria; assume valori positivi per un decremento e valori negativi per un incremento;
- Δ_{CMS} è la variazione di costo annuo attribuibile al nuovo costo previsto per la manutenzione straordinaria; assume valori positivi per un decremento e valori negativi per un incremento;
- I_0 è il valore dell'investimento iniziale per la realizzazione dell'intervento; assume valori negativi;

Dall'analisi dei risultati emerge che l'unico intervento economicamente conveniente è quello di installazione delle valvole termostatiche.

Tabella 9.14 – Sintesi dei risultati della valutazione economico-finanziaria, caso con incentivi

	CON 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	22,9%	20,4%	3350	0	0	269462	35,5	44,7	30	-91431	-2,0%	-0,34
EEM 2	7,5%	6,7%	1093	0	0	55703	24,0	35,5	30	-8946	1,3%	-0,16
EEM 3 ⁽¹⁶⁾	26,0%	23,2%	3817	0	0	320109	59,3	85,8	30	-214479	-4,9%	-0,67
EEM 4 ⁽¹⁶⁾	44,4%	39,7%	6512,7	1.502,7	0	20404	2,6	2,9	15	57.139	35,4%	2,80
EEM 5	3,2%	6,6%	2336,2	0	0	49967	9,6	10,4	8	-11880	-7,4%	-0,24
EEM 6	9,7%	8,7%	1447,9	1.502,7	0	43077	7,9	10,6	15	6.472	7,5%	0,15

Nota (16) Tali interventi non prevedono l'ottenimento di incentivi da Conto Termico

Dall'analisi dei risultati emerge che l'unico intervento singolo con VAN positivo e con tempi di ritorno minori della vita utile dell'investimento è quello di installazione delle valvole termostatiche.

Si precisa che, per la creazione degli Scenari descritti nei capitoli seguenti si sono considerate anche quelle EEM che, pur avendo restituito indici economici negativi, possono creare ulteriori guadagni sia in termini di energia che economici se combinate con altre EEM.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Dove:

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

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

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

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

Essi sono così definiti:

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

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

Dove:

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

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

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

Dove:

- s è il periodo di valutazione dell'indicatore;
- $s+m$ è l'ultimo periodo di rimborso del debito;
- FCO_n è il flusso di cassa per il servizio del debito;
- D è il debito residuo (outstanding) al periodo t-esimo;

- i è il tasso di attualizzazione dei flussi di cassa;
- R è l'eventuale riserva a servizio del debito accumulata al periodo di valutazione (*Debt Reserve*).

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

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

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

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

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

- **Scenario 1: sostituzione caldaie + installazione valvole termostatiche:** Tale scenario consiste nella realizzazione dell'intervento combinato che prevede l'installazione delle valvole termostatiche e la sostituzione delle due caldaie tradizionali esistenti con due a condensazione a più alta efficienza. La presenza della regolazione di zona permette di scegliere una potenzialità complessiva delle caldaie pari a 300 kW.
- **Scenario 2: sostituzione caldaie + installazione valvole termostatiche + isolamento copertura:** Tale scenario consiste nella realizzazione dell'intervento combinato che prevede l'isolamento della copertura, l'installazione delle valvole termostatiche e la sostituzione delle due caldaie tradizionali esistenti con due a condensazione a più alta efficienza.
La diminuzione del fabbisogno dovuta all'intervento di coibentazione consente di scegliere delle caldaie con potenzialità più bassa rispetto a quelle della singola EEM di sostituzione caldaie e pari a 250 kW. Inoltre, il Conto Termico prevede una percentuale di incentivazione maggiore (55% dell'investimento anziché 40%) per gli interventi combinati di sostituzione caldaia e coibentazione involucro.

9.3.1 Scenario 1: sostituzione caldaie + installazione valvole termostatiche

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

- EEM6: sostituzione caldaia;
- EEM4: installazione valvole termostatiche.

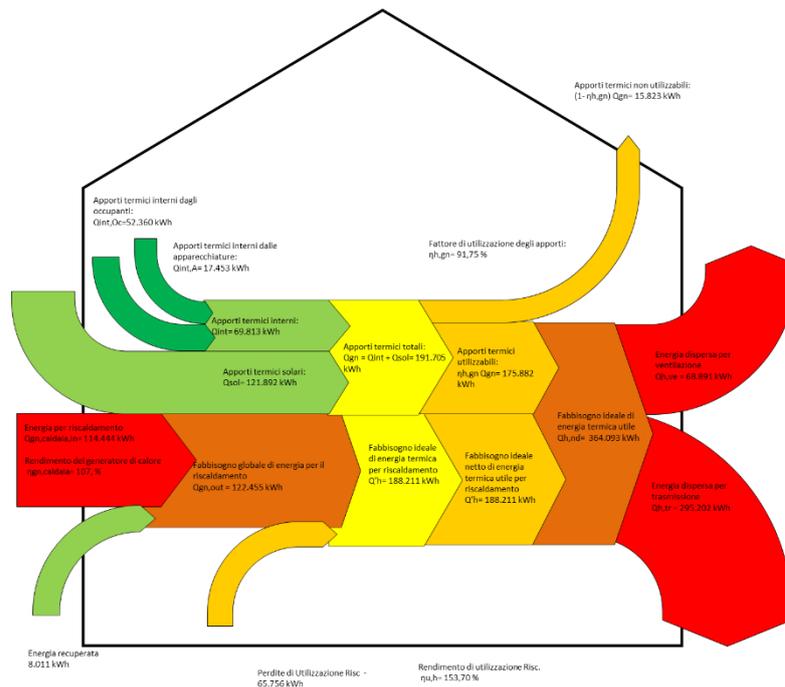
Tabella 9.15 – Combinazione di EEM proposta per lo scenario 1

VOCE INVESTIMENTO	TOTALE (IVA ESCLUSA)	IVA AL 22%	TOTALE (IVA INCLUSA)
-------------------	-------------------------	------------	-------------------------

	[€]	[€]	[€]
EEM4 Fornitura & Posa	15203,92	3344,86	18548,78
EEM6 Fornitura & Posa	27285,55	6002,82	33288,37
Costi per la sicurezza	1274,68	280,43	1555,11
Costi per la progettazione	2974,26	654,34	3628,60
TOTALE (I₀)	46738,41	10282,45	57020,86
VOCE MANUTENZIONE	C_{MO}	C_{MS}	C_M
	(IVA INCLUSA)	(IVA INCLUSA)	(IVA INCLUSA)
	[€]	[€]	[€]
O&M	1427,74	379,26	1806,01
TOTALE (C_M)	1427,74	379,26	1806,01
VOCE INCENTIVO	DESCRIZIONE	TOTALE	
		(IVA INCLUSA)	
		[€]	
Incentivi	[Conto termico]	14647	
Durata incentivi		1	
Incentivo annuo		14647	

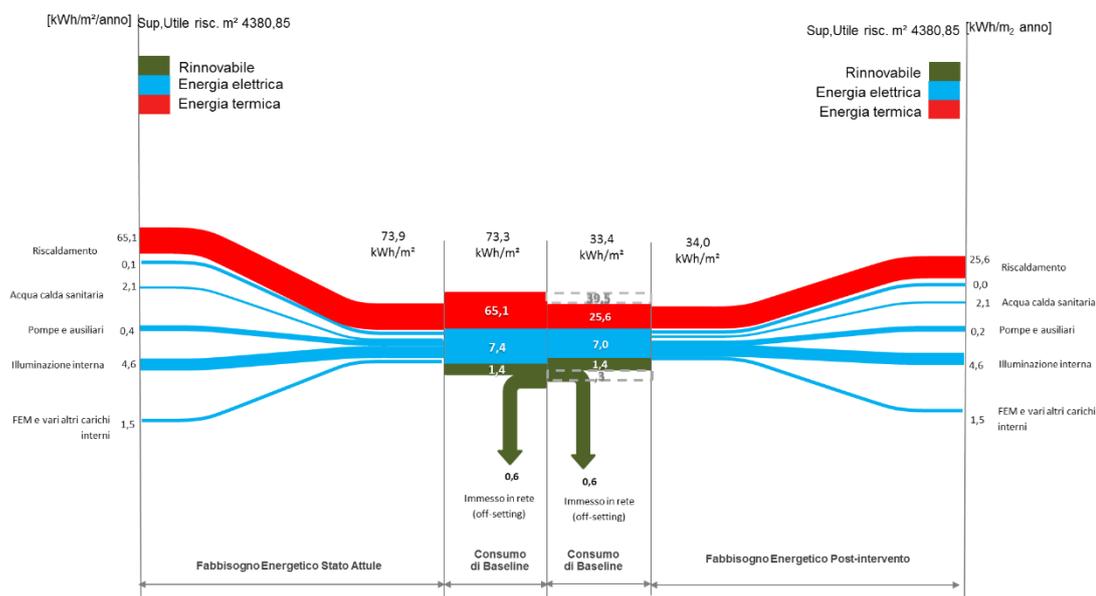
A seguito della modellazione dei due scenari ottimali è stato possibile rappresentare i risultati del bilancio energetico termico nella forma di diagramma di sankey relativo alle situazioni post-intervento.

Figura 9.13 – 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 la riduzione della quantità $Q_{gn,caldaia,in}$ dovuta al miglioramento dei rendimenti.

Figura 9.14 – SCN1: Bilancio energetico complessivo dell'edificio post intervento



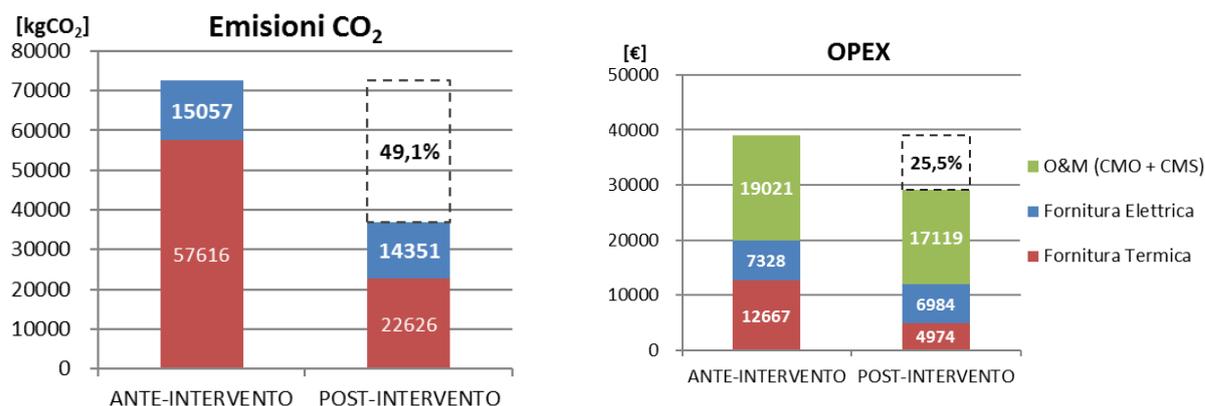
I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione dello Scenario 1 sono riportati nella Tabella 9.16 e nella Figura 9.15.

Tabella 9.16 – Risultati analisi SCN1 – sostituzione caldaie + installazione valvole termostatiche

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE %
EEM4 Rendimento di regolazione		82,7%	98%	
EEM6 rendimento di generazione		86,4%	107%	
$Q_{teorico}$	[kWh]	291428	114444	60,7%
$EE_{teorico}$	[kWh]	32417	30896	4,7%
$Q_{baseline}$	[kWh]	285228	112009	60,7%
$EE_{baseline}$	[kWh]	32242	30730	4,7%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	57616	22626	60,7%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	15057	14351	4,7%
Emiss. CO2 Totale	[kgCO₂]	72673	36977	49,1%
Fornitura Termica, C_Q	[€]	12667	4974	60,7%
Fornitura Elettrica, C_{EE}	[€]	7328	6984	4,7%
Fornitura Energia, C_E	[€]	19994	11958	40,2%
Costo Manutenzione Ordinaria, C_{MO}	[€]	15027	13524	10,0%
Costo Manutenzione Straordinaria, C_{MS}	[€]	3994	3595	10,0%
Costo per O&M ($C_M = C_{MO} + C_{MS}$)	[€]	19021	17119	10,0%
OPEX	[€]	39015	29077	25,5%
Classe energetica	[-]	E	C	+2 classi

Nota (x) I fattori di emissione per il calcolo delle emissioni di CO₂ sono: 0,202 [kgCO₂/kWh] per il vettore termico e 0,467 tCO₂/MWh per il vettore elettrico.

I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,044 [€/kWh] per il vettore termico e 0,216 [€/kWh] per il vettore elettrico

Figura 9.15 - 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 9.17, Tabella 9.18 e Tabella 9.19 e nelle successive figure.

Tabella 9.17 – Parametri finanziari dell'analisi di redditività dello SCN1 – sostituzione caldaie + installazione valvole termostatiche

PARAMETRI FINANZIARI		
Anni Costruzione	n_i	1
Anni Gestione Servizio	n_s	14
Anni Concessione	n	15
Anno inizio Concessione	n_0	2020
Anni dell'ammortamento	n_A	10
Saggio Cassa Deposito e Prestiti	k_{CdP}	2,00%
Costo Capitale Azienda	WACC	4,00%
$k_{progetto} = \text{Max}(WACC; k_{CdP})$	$k_{progetto}$	4,00%
Inflazione ISTAT	f	0,50%
deriva dell'inflazione	f'	0,70%
%, interessi debito	k_D	3,82%
%, interessi equity	k_E	9,00%
Aliquota IRES	IRES	24,0%
Aliquota IRAP	IRAP	3,9%
Aliquota fiscale	τ	27,90%
Anni debito (finanziamento)	n_D	10
Anni Equity	n_E	14
Costi d'Investimento diretti, IVA incl.	I_0	€ 57.021
Oneri Finanziari (costi indiretti)	%Of	3,00%
Costi d'Investimento indiretti, IVA incl.	Of	€ 1.711
Costi d'Investimento (diretti+Indiretti) , IVA incl.	CAPEX	€ 58.732
%CAPEX a Debito	D	80,0%
%CAPEX a Equity	E	20,00%
Debito	I_D	€ 46.985
Equity	I_E	€ 11.746
Fattore di annualità Debito	FA_D	8,30
Rata annua debito	q_D	€ 5.660

Costo finanziamento, (D+INT _D)	$q_D * n_D$	€	56.596
Costi per interessi debito, INT _D	$INT_D = q_D * n_D - D$	€	9.611

Tabella 9.18 – Parametri Economici dell'analisi di redditività dello SCN1

PARAMETRI ECONOMICI			
Costo annuo energia pre-intervento, IVA escl.	C_{E0}	€	15.310
Costo annuo O&M pre-intervento, IVA escl.	C_{M0}	€	15.027
Spesa PA pre-intervento (Baseline)	$C_{Baseline}$	€	30.337
Altri costi di gestione ESCo post-intervento, IVA escl.	C_{Altro}	€	-
Riduzione% costi fornitura Energia	$\% \Delta C_E$		40,9%
Riduzione% costi O&M	$\% \Delta C_M$		10,0%
Obiettivo riduzione spesa PA	$\% C_{Baseline}$		5,0%
Risparmio annuo PA garantito	45,6%	€	6.385
Risparmio annuo PA immediato durante la gestione	Risp.IM	€	1.517
Risparmio PA durante la concessione	14%	€	65.360
Risparmio annuo PA al termine della concessione	Risp.Term.	€	9.291
N° di Canoni annuali	anni		14
Utile lordo della ESCO	$\% CAPEX$		42,13%
Costo Contrattuale ESCO €/anno IVA escl.	C_{ESCO}	€	1.767
Costi FTT €/anno IVA escl.	C_{FTT}	€	687
Costi CAPEX €/anno IVA escl.	C_{CAPEX}	€	2.414
Canone O&M €/anno	C_{nM}	€	14.043
Canone Energia €/anno	C_{nE}	€	9.909
Canone Servizi €/anno IVA escl.	C_{nS}	€	23.952
Canone Disponibilità €/anno IVA escl.	C_{nD}	€	4.868
Canone Totale €/anno IVA escl.	C_n	€	28.820
Aliquota IVA %	IVA		22%
Rimborso erariale IVA	R_{IVA}	€	10.282
Ricavi da Incentivi, esenti d'IVA	R_B	€	14.647
Durata Incentivi, anni	n_B		1
Inizio erogazione Incentivi, anno			2022

Tabella 9.19 – 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.		7,02
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	T.R.A.		8,56
Valore Attuale Netto, VAN = VA - Io	VAN > 0	€	17.384
Tasso interno di rendimento del progetto	TIR > WACC		10,31%
Indice di Profitto	IP		30,49%
INDICATORI DI REDDITIVITA DELLA ESCO PRE-IMPOSTE			
Tempo di Ritorno Semplice, Spb = Io / FC, Anni	T.R.S.		2,07
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	T.R.A.		2,15
Valore Attuale Netto, VAN = VA - Io	VAN > 0	€	13.602
Tasso interno di rendimento dell'azionista	TIR > ke		66,21%
Debit Service Cover Ratio	DSCR < 1,3		1,295
Loan Life Cover Ratio	LLCR > 1		1,327

Figura 9.16 –SCN1: Flussi di cassa del progetto

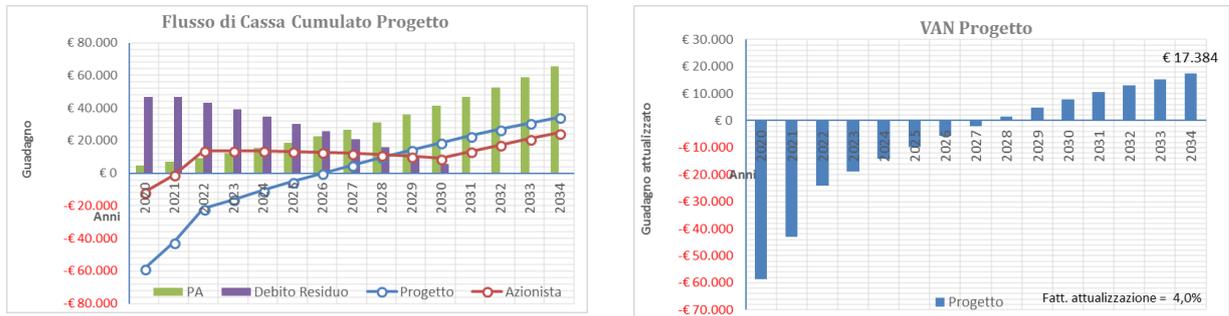


Figura 9.17 – SCN1: Flussi di cassa dell'azionista

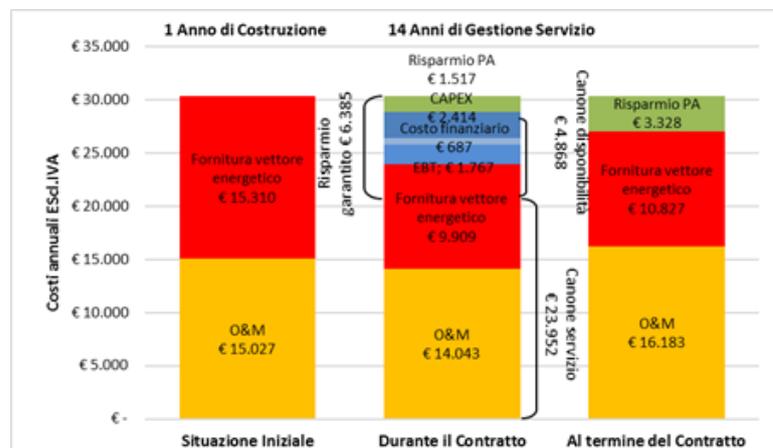


Dall’analisi effettuata è risultato un VAN di progetto pari a 17.384 € con un tempo di ritorno attualizzato di 8,56 anni e un VAN per l’azionista pari a 13.602 € con un TRA di 2,15 anni.

L’indice LLCR e la media del DSCR sono entrambi maggiori dell’unità.

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 9.18.

Figura 9.18 – Scenario 1: Schema di Energy Performance Contract



9.3.2 Scenario 2: sostituzione caldaie + installazione valvole termostatiche + isolamento copertura

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

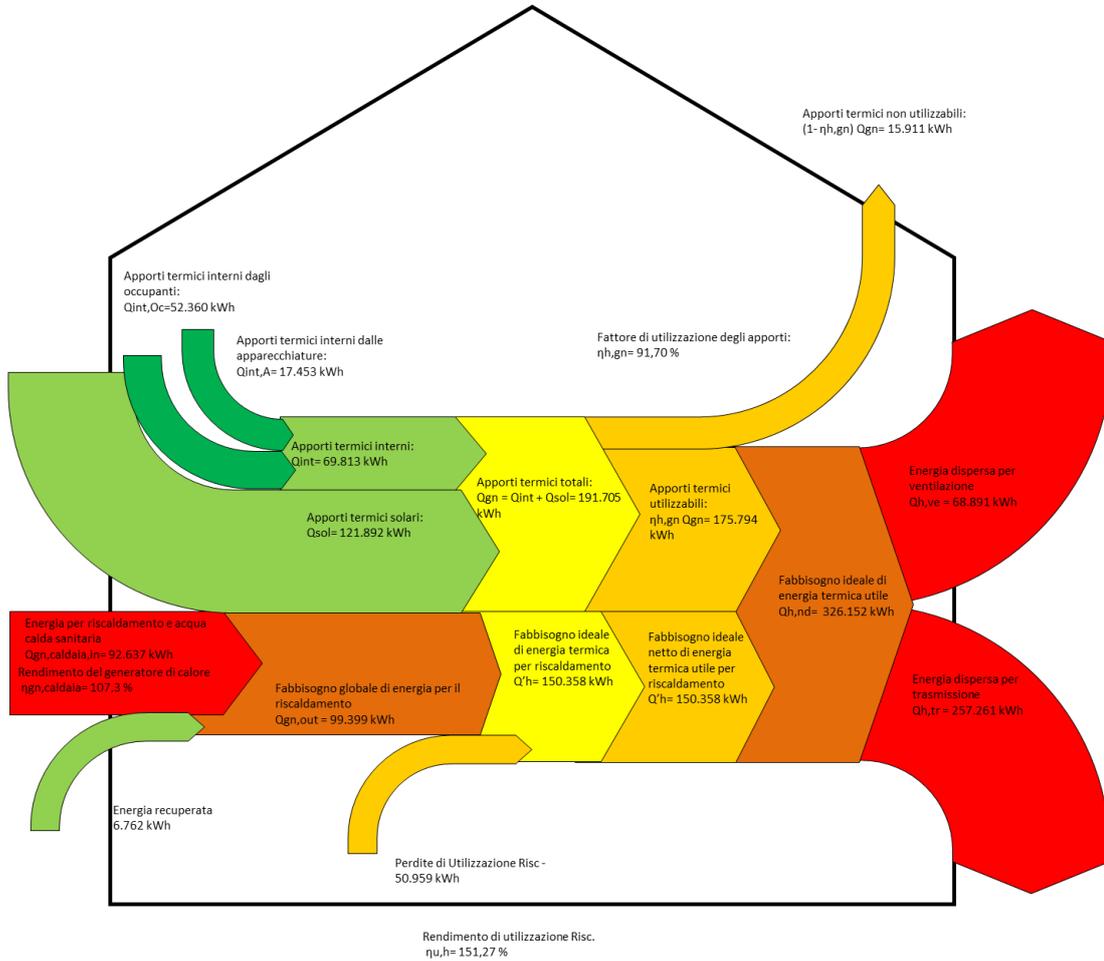
- EEM6: sostituzione caldaia;
- EEM4: installazione valvole termostatiche;
- EEM2: isolamento della copertura.

Tabella 9.20 – Combinazione di EEM proposta per lo scenario 2

VOCE INVESTIMENTO	TOTALE (IVA ESCLUSA)	IVA AI 22%	TOTALE (IVA INCLUSA)
	[€]	[€]	[€]
EEM4 Fornitura & Posa	15203,92	3344,86	18548,78
EEM6 Fornitura & Posa	27285,55	6002,82	33288,37
EEM2 fornitura e Posa	41507,42	9131,63	50639,05
Costi per la sicurezza	2519,91	554,38	3074,29
Costi per la progettazione	5879,78	1293,55	7173,33
TOTALE (I₀)	92396,57	20327,25	112723,81
VOCE MANUTENZIONE	C _{MO} (IVA INCLUSA)	C _{MS} (IVA INCLUSA)	C _M (IVA INCLUSA)
	[€]	[€]	[€]
O&M	1427,74	379,26	1806,01
TOTALE (C_M)	1427,74	379,26	1806,01
VOCE INCENTIVO	DESCRIZIONE	TOTALE (IVA INCLUSA)	
		[€]	
Incentivi	[Conto termico]	14647	
Durata incentivi		1	
Incentivo annuo		14647	

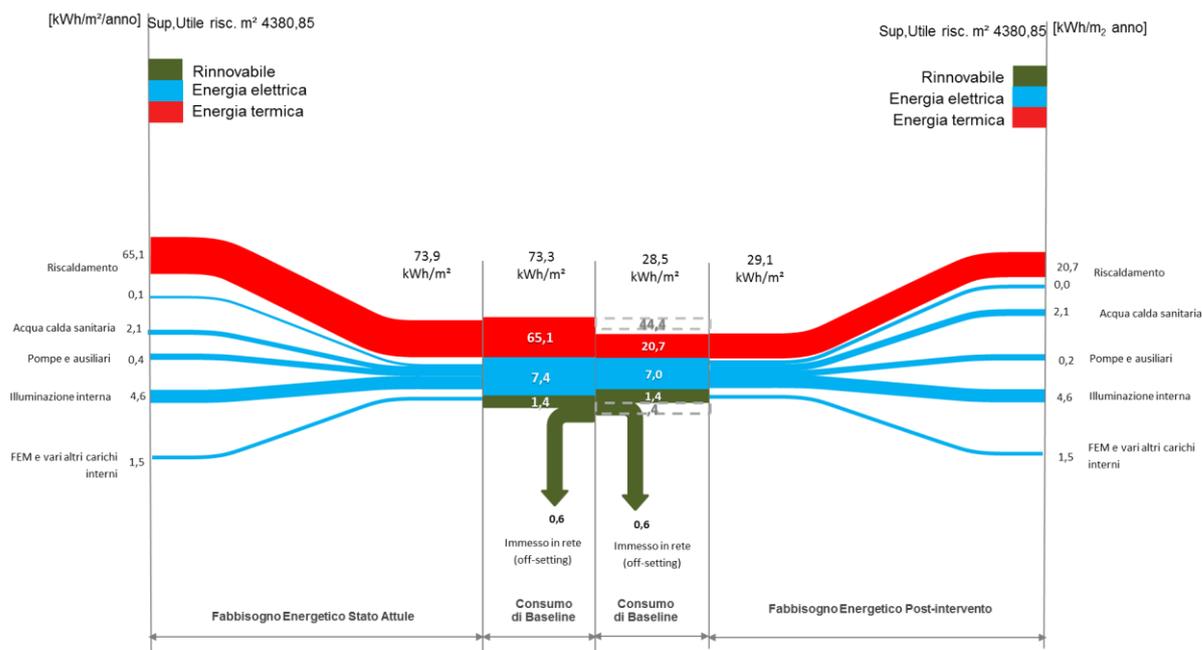
A seguito della modellazione dei due scenari ottimali è stato possibile rappresentare i risultati del bilancio energetico termico nella forma di diagramma di sankey relativo alle situazioni post-intervento.

Figura 9.19 – SCN2: Diagramma di Sankey relativo al fabbisogno termico post intervento



Dall'analisi dei diagrammi di Sankey relativo al fabbisogno termico dell'edificio post intervento è possibile notare la riduzione della quantità $Q_{gn,caldaia,in}$ dovuta al miglioramento dei rendimenti.

Figura 9.20 – SCN2: Bilancio energetico complessivo dell'edificio post intervento



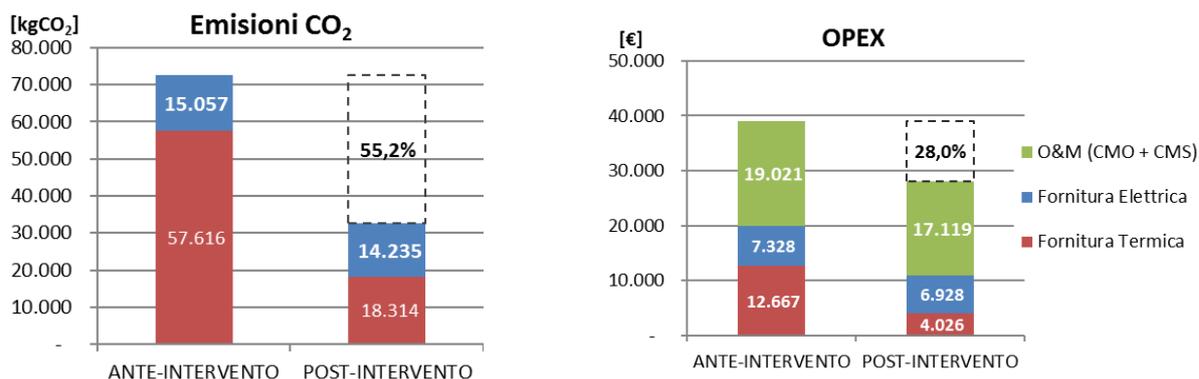
I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione dello Scenario 2 sono riportati nella Tabella 9.21 e nella Figura 9.21.

Tabella 9.21 – Risultati analisi SCN2 – sostituzione caldaie + installazione valvole termostatiche+isolamento copertura

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE %
EEM4 Rendimento di regolazione		82,7%	98%	
EEM6 rendimento di generazione		86,4%	107,3%	
EEM2 Trasmittanza	[W/mq K]	Vedere Allegato E	<0,22	
Q _{teorico}	[kWh]	291.428	92.637	68,2%
EE _{teorico}	[kWh]	32.417	30.646	5,5%
Q _{baseline}	[kWh]	285.228	90.666	68,2%
EE _{Baseline}	[kWh]	32.242	30.481	5,5%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	57.616	18.314	68,2%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	15.057	14.235	5,5%
Emiss. CO2 Totale	[kgCO₂]	72.673	32.549	55,2%
Fornitura Termica, C _Q	[€]	12.667	4.026	68,2%
Fornitura Elettrica, C _{EE}	[€]	7.328	6.928	5,5%
Fornitura Energia, C_E	[€]	19.994	10.954	45,2%
Costo Manutenzione Ordinaria, C _{MO}	[€]	15.027	13.524	10,0%
Costo Manutenzione Straordinaria, C _{MS}	[€]	3.994	3.595	10,0%
Costo per O&M (C _M = C _{MO} + C _{MS})	[€]	19.021	17.119	10,0%
OPEX	[€]	39.015	28.073	28,0%
Classe energetica	[-]	E	C	+2 classi

Nota (x) I fattori di emissione per il calcolo delle emissioni di CO₂ sono: 0,202 [kgCO₂/kWh] per il vettore termico e 0,467 tCO₂/MWh per il vettore elettrico.

I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,044 [€/kWh] per il vettore termico e 0,216 [€/kWh] per il vettore elettrico

Figura 9.21 – SCN2: Riduzione dei costi operativi (OPEX) e delle emissioni di CO₂ a partire dalla baseline

È 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 9.22, Tabella 9.23 e Tabella 9.24 e nelle successive figure.

Tabella 9.22 – Parametri finanziari dell'analisi di redditività dello SCN2 – sostituzione caldaie + installazione valvole termostatiche

PARAMETRI FINANZIARI		
Anni Costruzione	n_i	1
Anni Gestione Servizio	n_s	24
Anni Concessione	n	25
Anno inizio Concessione	n_0	2020
Anni dell'ammortamento	n_A	10
Saggio Cassa Deposito e Prestiti	k_{CdP}	2,00%
Costo Capitale Azienda	WACC	4,00%
$k_{progetto} = \text{Max}(WACC; k_{CdP})$	$k_{progetto}$	4,00%
Inflazione ISTAT	f	0,50%
deriva dell'inflazione	f'	0,70%
%, interessi debito	k_D	3,82%
%, interessi equity	k_E	9,00%
Aliquota IRES	IRES	24,0%
Aliquota IRAP	IRAP	3,9%
Aliquota fiscale	τ	27,90%
Anni debito (finanziamento)	n_D	10
Anni Equity	n_E	24
Costi d'Investimento diretti, IVA incl.	I_0	€ 112.724
Oneri Finanziari (costi indiretti)	%Of	3,00%
Costi d'Investimento indiretti, IVA incl.	Of	€ 3.382
Costi d'Investimento (diretti+Indiretti), IVA incl.	CAPEX	€ 116.106
%CAPEX a Debito	D	80,0%
%CAPEX a Equity	E	20,00%
Debito	I_D	€ 92.885
Equity	I_E	€ 23.221
Fattore di annualità Debito	FA _D	8,30
Rata annua debito	q_D	€ 11.188
Costo finanziamento, (D+INT _D)	$q_D * n_D$	€ 111.885
Costi per interessi debito, INT _D	INT _D = $q_D * n_D - D$	€ 19.000

Tabella 9.23 – Parametri Economici dell'analisi di redditività dello SCN2

PARAMETRI ECONOMICI		
Costo annuo energia pre-intervento, IVA escl.	C_{E0}	€ 15.310
Costo annuo O&M pre-intervento, IVA escl.	C_{M0}	€ 15.027
Spesa PA pre-intervento (Baseline)	$C_{Baseline}$	€ 30.337
Altri costi di gestione ESCo post-intervento, IVA escl.	C_{Altro}	€ -
Riduzione% costi fornitura Energia	$\% \Delta C_E$	46,0%
Riduzione% costi O&M	$\% \Delta C_M$	10,0%
Obiettivo riduzione spesa PA	$\% C_{Baseline}$	5,0%
Risparmio annuo PA garantito	45,6%	€ 6.300
Risparmio annuo PA immediato durante la gestione	Risp.IM	€ 1.517
Risparmio PA durante la concessione	14%	€ 152.302
Risparmio annuo PA al termine della concessione	Risp.Term.	€ 11.524
N° di Canoni annuali	anni	24
Utile lordo della ESCO	$\% CAPEX$	41,80%
Costo Contrattuale ESCO €/anno IVA escl.	C_{ESCO}	€ 2.022
Costi FTT €/anno IVA escl.	C_{FTT}	€ 792
Costi CAPEX €/anno IVA escl.	C_{CAPEX}	€ 1.969
Canone O&M €/anno	CnM	€ 14.403
Canone Energia €/anno	CnE	€ 9.634
Canone Servizi €/anno IVA escl.	CnS	€ 24.037
Canone Disponibilità €/anno IVA escl.	CnD	€ 4.783
Canone Totale €/anno IVA escl.	Cn	€ 28.820
Aliquota IVA %	IVA	22%
Rimborso erariale IVA	R_{IVA}	€ 20.327
Ricavi da Incentivi, esenti d'IVA	R_B	€ 48.512
Durata Incentivi, anni	n_B	1
Inizio erogazione Incentivi, anno		2022

Tabella 9.24 – 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.	8,50
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	T.R.A.	11,58
Valore Attuale Netto, $VAN = VA - Io$	$VAN > 0$	€ 26.483
Tasso interno di rendimento del progetto	$TIR > WACC$	8,31%
Indice di Profitto	IP	23,49%
INDICATORI DI REDDITIVITA DELLA ESCO PRE-IMPOSTE		
Tempo di Ritorno Semplice, $Spb = Io / FC$, Anni	T.R.S.	12
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	T.R.A.	2,23
Valore Attuale Netto, $VAN = VA - Io$	$VAN > 0$	€ 17.840
Tasso interno di rendimento dell'azionista	$TIR > ke$	64,84%
Debit Service Cover Ratio	$DSCR < 1,3$	1,063
Loan Life Cover Ratio	$LLCR > 1$	1,340
Indice di Profitto Azionista	IP	15,83%

Figura 9.22 –SCN2: Flussi di cassa del progetto



Figura 9.23 – SCN2: Flussi di cassa dell'azionista

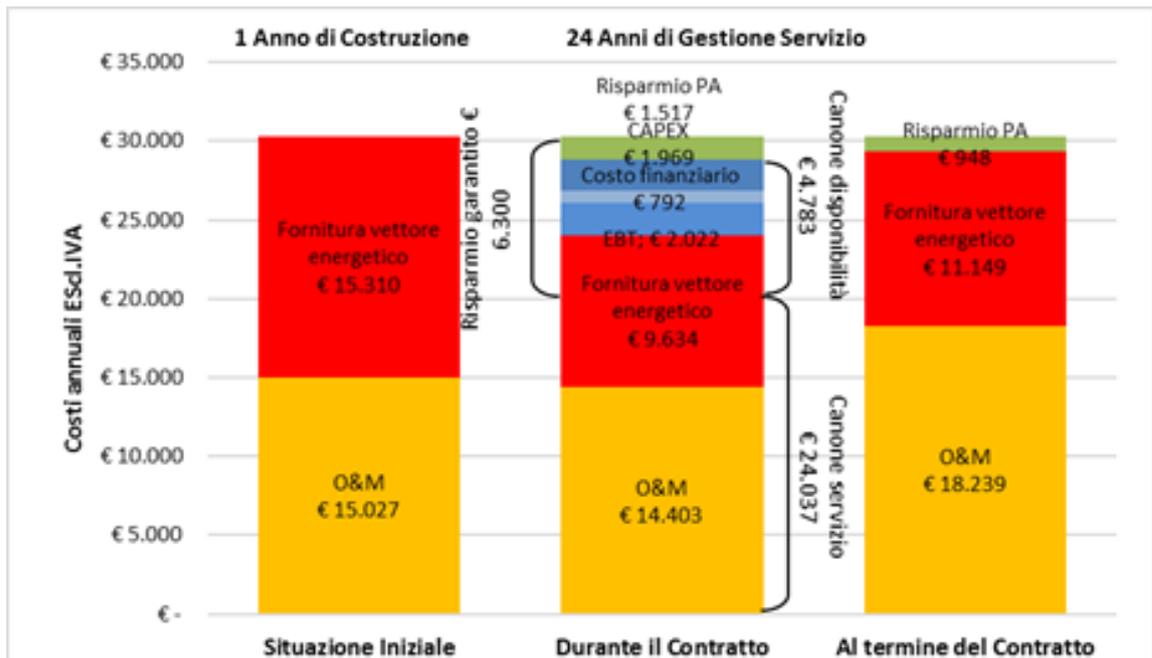


Dall’analisi effettuata è risultato un VAN di progetto pari a 26.483 € con un tempo di ritorno attualizzato di 11,58 anni e un VAN per l’azionista pari a 17.840 € con un TRA di 2,23 anni.

L’indice LLCR e la media del DSCR sono entrambi maggiori dell’unità.

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 9.24.

Figura 9.24 – Scenario 1: Schema di Energy Performance Contract





10 CONCLUSIONI

10.1 RIASSUNTO DEGLI INDICI DI PERFORMANCE ENERGETICA

STATO DI FATTO	Epglob nr	EP H	EPW	EPL	EP T	CLASSE
	kWh/mq anno	kWh/mq anno	kWh/mq anno	kWh/mq anno	kWh/mq anno	
	84,28	71,27	5,10	10,65	0,42	D
EEM1	66,36	53,47	5,10	10,65	0,42	E
EEM2	78,41	65,61	5,10	10,65	0,42	D
EMM3	63,90	50,98	5,10	10,65	0,42	D
EEM4	49,45	36,43	5,10	10,65	0,42	D
EEM5	79,68	71,27	5,10	5,22	0,42	E
EMM6	76,62	63,78	5,10	10,65	0,42	E
SC1	41,18	28,13	5,10	10,65	0,42	C
SC2	35,84	22,74	5,10	10,65	0,42	C

10.2 RIASSUNTO DEGLI SCENARI DI INVESTIMENTO E DEI PRINCIPALI RISULTATI

	CON INCENTIVI													
	% Δ_{ϵ} [%]	% Δ_{CO_2} [%]	ΔC_{ϵ} [€/anno]	ΔC_{MO} [€/anno]	ΔC_{MS} [€/anno]	I_0 [€]	TRS [anni]	TRA [anni]	n [anni]	VAN [€]	TIR [%]	IP [-]	DSCR	LLCR
EEM 1	22,9%	20,4%	3350	0	0	269462	35,5	44,7	30	-91431	-2,0%	-0,34	-	-
EEM 2	7,5%	6,7%	1093	0	0	55703	24,0	35,5	30	-8946	1,3%	-0,16	-	-
EEM 3	26,0%	23,2%	3817	0	0	320109	59,3	85,8	30	-214479	-4,9%	-0,67	-	-
EEM 4	44,4%	39,7%	6512,7	1.502,7	0	20404	2,6	2,9	15	57.139	35,4%	2,80	-	-
EEM 5	3,2%	6,6%	2336,2	0	0	49967	9,6	10,4	8	-11880	-7,4%	-0,24	-	-
EEM 6	9,7%	8,7%	1447,9	1.502,7	0	43077	7,9	10,6	15	6.472	7,5%	0,15	-	-
SCN 1 ⁽²⁾	55,0%	49,1%	40,2%	1.502,7	0	57021	7,02	8,56	15	17.384	10,31%	30,49%	1,295	1,327
SCN 2 ⁽²⁾	61,8%	55,2%	9040,5	1.502,7	0	112724	8,50	11,58	25	26.483	8,31%	23,49%	1,063	1,340

Nota (17): valori degli indicatori di redditività TRS, TRA VAN TIR e IP del progetto pre-imposte e degli indicatori di redditività DSCR e LLCR della ESCO pre imposte.

10.3 CONCLUSIONI E COMMENTI

Sono state così individuate soluzioni ottimali.

Il primo scenario consente di ottenere un salto di due classi energetiche e un tempo di ritorno semplice minore di 15 anni senza incentivi.

Esso consiste nella combinazione degli interventi di installazione di valvole termostatiche e sostituzione del generatore di calore con una caldaia a condensazione di potenzialità minore. Per questa soluzione si è valutata una spesa pari a 57.021 €, l'ottenimento di 14.647 € di incentivi da Conto termico.

Per tale scenario, il modello semplificato di Piano Economico finanziario presenta un VAN del progetto pari a 17.384 € e un VAN per l'azionista di 13.602 €, inoltre gli indici Cover Ratio sono superiori all'unità.

Il secondo scenario consente di ottenere un salto di due classi energetiche e un tempo di ritorno semplice minore di 25 anni.

Esso consiste nella combinazione di diversi interventi quali isolamento della copertura, installazione di valvole termostatiche e sostituzione del generatore di calore con una caldaia a condensazione di potenzialità minore. Per questa soluzione si è valutata una spesa pari a 112.724 €, l'ottenimento di 48.512 € di incentivi da Conto termico.

Per tale scenario, il modello semplificato di Piano Economico finanziario presenta un VAN del progetto pari a 26.483 € e un VAN per l'azionista di 17.840 €, inoltre gli indici Cover Ratio sono superiori all'unità.

ALLEGATO A – ELENCO DOCUMENTAZIONE FORNITA DALLA COMMITTENZA

Titolo	Data	Nome file
Tavola inquadramento	18/09/1997	DE_Lotto.8-E342_revA-AllegatoA-E00342.dwg
Planimetria piano 1	18/09/1997	DE_Lotto.8-E342_revA-AllegatoA-PIAN1-AB.dwg
Planimetria piano seminterrato 1SSB	18/09/1997	DE_Lotto.8-E342_revA-AllegatoA-PIAN1SSB.dwg
Planimetria piano 1SSP	18/09/1997	DE_Lotto.8-E342_revA-AllegatoA-PIAN1SSP.dwg
Planimetria secondo	18/09/1997	DE_Lotto.8-E342_revA-AllegatoA-PIAN2-AB.dwg
Planimetria terzo	18/09/1997	DE_Lotto.8-E342_revA-AllegatoA-PIAN3-B.dwg
Planimetria copertura	18/09/1997	DE_Lotto.8-E342_revA-AllegatoA-PIANC.dwg
Planimetria piano terra Perasso	18/09/1997	DE_Lotto.8-E342_revA-AllegatoA-PIANT-B.dwg
Planimetria piano terra	18/09/1997	DE_Lotto.8-E342_revA-AllegatoA-PIANTP.dwg
Planimetria piano terra San Martino D'Albaro	18/09/1997	DE_Lotto.8-E342_revA-AllegatoA-PIANTR-A.dwg
Centrale termica	04/05/2017	DE_Lotto.8-E342_revA-AllegatoA-168-S01-001-CENTRALE TERMICA.dwg
Planimetria con informazioni impianti piano terra	04/05/2017	DE_Lotto.8-E342_revA-AllegatoA-L1-042-168-P00.dwg
Planimetria con informazioni impianti piano 1	04/05/2017	DE_Lotto.8-E342_revA-AllegatoA-L1-042-168-P01.dwg
Planimetria con informazioni impianti piano 2	04/05/2017	DE_Lotto.8-E342_revA-AllegatoA-L1-042-168-P02.dwg
Planimetria con informazioni impianti piano 3	04/05/2017	DE_Lotto.8-E342_revA-AllegatoA-L1-042-168-P03.dwg
Planimetria con informazioni impianti piano seminterrato	04/05/2017	DE_Lotto.8-E342_revA-AllegatoA-L1-042-168-S01.dwg
Planimetria con informazioni impianti piano terra	29/11/2017	DE_Lotto.8-E342_revA-AllegatoA-P00.pdf
Planimetria con informazioni impianti piano 1	29/11/2017	DE_Lotto.8-E342_revA-AllegatoA-P01.pdf
Planimetria con informazioni impianti piano 2	29/11/2017	DE_Lotto.8-E342_revA-AllegatoA-P02.pdf
Planimetria con informazioni impianti piano 3	29/11/2017	DE_Lotto.8-E342_revA-AllegatoA-P03.pdf
Planimetria con informazioni impianti piano seminterrato	29/11/2017	DE_Lotto.8-E342_revA-AllegatoA-S01.pdf
Centrale termica	29/11/2017	DE_Lotto.8-E342_revA-AllegatoA-schema ct.pdf
Checklist piano terra	04/05/2017	DE_Lotto.8-E342_revA-AllegatoA-L1-042-168-P00-Checklist.xlsx
Checklist piano 1	04/05/2017	DE_Lotto.8-E342_revA-AllegatoA-L1-042-168-P01-Checklist.xlsx
Checklist piano 2	04/05/2017	DE_Lotto.8-E342_revA-AllegatoA-L1-042-168-P02-Checklist.xlsx
Checklist piano 3	04/05/2017	DE_Lotto.8-E342_revA-AllegatoA-L1-042-168-P03-Checklist.xlsx
Checklist piano seminterrato	04/05/2017	DE_Lotto.8-E342_revA-AllegatoA-L1-042-168-S01-Checklist.xlsx
Tabulato consumi EE	14/06/2018	DE_Lotto.8-E342_revA-AllegatoA-Tabulato consumi EE.xlsx
Fatture EE	2014	5700098218.pdf
Fatture EE	2014	5700134957.pdf
Fatture EE	2014	5700176145.pdf
Fatture EE	2014	5700214975.pdf
Fatture EE	2014	5700248944.pdf
Fatture EE	2014	5700291206.pdf

Fatture EE	2014	5700345541.pdf
Fatture EE	2014	5700373449.pdf
Fatture EE	2014	5700411327.pdf
Fatture EE	2015	5700493139.pdf
Fatture EE	2015	5700544142.pdf
Fatture EE	2015	5750081967.pdf
Fatture EE	2015	E000163929.pdf
Fatture EE	2016	E000334604.pdf
Fatture EE	2016	11640087947.pdf
Fatture EE	2016	11640126640.pdf
Fatture EE	2016	11740001581.pdf
Fatture EE	2016	11740042571.pdf

ALLEGATO B – ELABORATI

Titolo	Descrizione	Data	Nome file
Modello	modello Edilclima del sistema edificio impianto	04/06/2018	DE_Lotto.8-E342_revA-AllegatoB-E342.E0001
Grafici Template	Grafici template	20/06/2018	DE_Lotto.8-E342_revA-AllegatoB-Grafici_Template.xlsx
	Planimetria zone termiche spazi non riscaldati destinazioni uso		
	Planimetria 1 100_1 200		
	Diagramma blocchi impianto elettrico		
	Contestualizzazione geografica climatica urbana		
	Diagramma blocchi impianto termico		
Grafici Template	Grafici template	19/07/2018	DE_Lotto.8-E342_revB-AllegatoB-Grafici_Template.xlsx

ALLEGATO C – REPORT DI INDAGINE TERMOGRAFICA

Titolo	Data	Nome file
Report di indagine termografica	05/06/2018	DE_lotto.8-E342_revA-AllegatoC-Report termografico.docx

ALLEGATO D – REPORT RELATIVI AD ALTRE PROVE DIAGNOSTICHE STRUMENTALI

Titolo	Data	Nome file

ALLEGATO E – RELAZIONE DI DETTAGLIO DEI CALCOLI

Titolo	Data	Nome file
Relazione di Calcolo	20/06/2018	DE_Lotto.8-E342_revA-AllegatoE-Relazione calcolo Edilclima.rtf



ALLEGATO F – CERTIFICATO CTI SOFTWARE

Titolo	Data	Nome file
Certificazione di conformità del software	01/02/2018	DE_Lotto.8-E342_revA-AllegatoF-CertCTI.pdf

ALLEGATO G – ATTESTATO DI PRESTAZIONE ENERGETICA

Titolo	Data	Nome file
APE stato di fatto		

ALLEGATO H – BOZZA DI APE SCENARI

Titolo	Data	Nome file
APE Scenario1	20/06/2018	DE_Lotto.8-E342_revA-AllegatoH-APE_SCN1-00000-2018-8042.pdf
APE Scenario1	20/06/2018	DE_Lotto.8-E342_revA-AllegatoH-APE_SCN1-00000-2018-8042.xml
APE Scenario2	20/06/2018	DE_Lotto.8-E342_revA-AllegatoH-APE_SCN2-00000-2018-8042.pdf
APE Scenario2	20/06/2018	DE_Lotto.8-E342_revA-AllegatoH-APE_SCN2-00000-2018-8042.xml

ALLEGATO I – DATI CLIMATICI

Titolo	Data	Nome file
Dati climatici e calcolo GG	20/06/2018	DE_Lotto.8-E342_revA-AllegatoI-GG.xlsx

ALLEGATO J – SCHEDE DI AUDIT

	Titolo	Data	Nome file
	Schede di rilievo	20/06/2018	DE_lotto.8-E342_revA-AllegatoJ-Scheda Audit.xlsx

ALLEGATO K – SCHEDE ORE

Titolo	Data	Nome file
Schede ORE	20/06/2018	DE_Lotto.8-E342_revA-AllegatoK-Schede ORE.pdf

ALLEGATO L – PIANO ECONOMICO FINANZIARIO SCENARI

Titolo	Data	Nome file
PEF scenario 1	19/06/2018	DE_Lotto.8-E342_revA-AllegatoL-AnalisiPEF_SCN1.xlsx
PEF scenario 2	19/06/2018	DE_Lotto.8-E342_revA-AllegatoL-AnalisiPEF_SCN2.xlsx
PEF scenario 1	19/07/2018	DE_Lotto.8-E342_revB-AllegatoL-AnalisiPEF_SCN1.xlsx
PEF scenario 2	19/07/2018	DE_Lotto.8-E342_revB-AllegatoL-AnalisiPEF_SCN2.xlsx

ALLEGATO M – REPORT DI BENCHMARK

Titolo	Data	Nome file
Report di benchmark		DE_Lotto.8-E342_revA-AllegatoM-Benchmark.xlsx
Report di benchmark		DE_Lotto.8-E342_revB-AllegatoM-Benchmark.xlsx



ALLEGATO N – CD-ROM