

Scuola Comunale Vespertina “Staglieno” E 554

Via Giovanni Trossarelli 68

RAPPORTO DI DIAGNOSI ENERGETICA
FONDO KYOTO - SCUOLA 3



Aprile 2018

COMUNE DI GENOVA
STRUTTURA DI STAFF - ENERGY MANAGER



SCUOLA COMUNALE VESPERTINA “STAGLIENO”

E554

VIA GIOVANNI TROSSARELLI 68

RAPPORTO DI DIAGNOSI ENERGETICA

FONDO KYOTO - SCUOLA 3

Aprile 2018

COMUNE DI GENOVA

STRUTTURA DI STAFF - ENERGY MANAGER

Comune di Genova – Area Tecnica – Struttura di Staff Energy Manager
Via Di Francia 1 – 18° Piano Matitone – 16149 – Genova
Tel 0105573560 – 5573855; energymanager@comune.genova.it; www.comune.genova.it

eFM SpA
Via Laurentina, 455 - 00142 Roma
Tel06 5400064– efm@efmnet.com

REGISTRO REVISIONI E PUBBLICAZIONI

Revisione	Data	Realizzazione	Revisione	Approvazione	Descrizione
00	22/03/2018	Carlotta Mordini Matteo Calvesi	Ing. Luca Grossi – Responsabile Involucro	Stefano Mazzetti	Prima Pubblicazione
			Ing. Luca Bonanno- Responsabile Impianti		
01	31/07/2018	Carlotta Mordini Matteo Calvesi	Ing. Luca Grossi – Responsabile Involucro	Stefano Mazzetti	Revisione
			Ing. Luca Bonanno- Responsabile Impianti		

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

INDICE.....	I
EXECUTIVE SUMMARY	I
1 INTRODUZIONE	1
1.1 PREMessa	1
1.2 SCOPO DELLA DIAGNOSI ENERGETICA	1
1.3 RIFERIMENTO E CONTATTI AUDITOR E PERSONALE COINVOLTO	1
1.4 IDENTIFICAZIONE DELL'EDIFICIO	2
1.5 METODOLOGIA DI LAVORO.....	3
1.6 STRUTTURA DEL REPORT	6
2 DATI DELL'EDIFICIO.....	7
2.1 INFORMAZIONI SUL SITO	7
2.2 INQUADRAMENTO TERRITORIALE, SOCIO-ECONOMICO E DESTINAZIONE D'USO.....	8
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	10
3.1 DATI CLIMATICI DI RIFERIMENTO	10
3.2 DATI CLIMATICI REALI.....	11
3.3 ANALISI DELL'ANDAMENTO DEI DATI CLIMATICI E PROFILI ANNUALI DEI GRADI GIORNO	12
4 AUDIT EDIFICIO E IMPIANTI ELETTRICI E MECCANICI	14
4.1 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE DELL'INVOLUCRO EDILIZIO	14
4.1.1 <i>Involucro opaco</i>	14
4.1.2 <i>Involucro trasparente</i>	15
4.2 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO DI RISCALDAMENTO/CLIMATIZZAZIONE INVERNALE.....	16
4.2.1 <i>Sottosistema di emissione</i>	16
4.2.2 <i>Sottosistema di regolazione</i>	17
4.2.3 <i>Sottosistema di distribuzione</i>	18
4.2.4 <i>Sottosistema di generazione</i>	18
4.3 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO PRODUZIONE ACQUA CALDA SANITARIA	19
4.4 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO DI RAFFRESCAMENTO/CLIMATIZZAZIONE ESTIVA.....	19
4.5 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO DI VENTILAZIONE MECCANICA.....	19
4.6 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO ELETTRICO E PRINCIPALI UTENZE ELETTRICHE	19
4.7 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO ILLUMINAZIONE.....	20
4.8 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE DI IMPIANTI DI PRODUZIONE ENERGIA ELETTRICA O COGENERAZIONE.....	20
5 CONSUMI RILEVATI	21
5.1 CONSUMI ENERGETICI STORICI PER CIASCUN VETTORE E CONNESSIONE ALLE RETI GAS NATURALE ED ELETTRICA.....	21
5.1.1 <i>Energia termica</i>	21
5.1.2 <i>Energia elettrica</i>	21
5.2 INDICATORI DI PERFORMANCE ENERGETICI ED AMBIENTALI	22
6 MODELLO DEL FABBISOGNO ENERGETICO.....	26
6.1 METODOLOGIA DI CALCOLO ADOTTATA E VALIDAZIONE DEI MODELLI DI CALCOLO	26
6.1.1 <i>Validazione del modello termico</i>	27
6.1.2 <i>Validazione del modello elettrico</i>	28
6.2 FABBISOGNI ENERGETICI.....	28
6.3 PROFILI ENERGETICI MENSILI	30
7 ANALISI DEI COSTI PRE-INTREVENTO.....	32
7.1 COSTI RELATIVI ALLA FORNITURA DEI VETTORI ENERGETICI.....	32
7.2 TARIFFE E PREZZI VETTORI ENERGETICI UTILIZZATI NELL'ANALISI.....	32
7.3 COSTI DI GESTIONE E MANUTENZIONE DI EDIFICIO ED IMPIANTI.....	32

7.4	BASELINE DEI COSTI.....	33
8	IDENTIFICAZIONE DELLE MISURE DI EFFICIENZA ENERGETICA.....	35
8.1	DESCRIZIONE, FATTIBILITÀ E PRESTAZIONI DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI	35
8.1.1	<i>Impianto riscaldamento</i>	35
8.1.2	<i>Involucro trasparente</i>	36
8.1.3	<i>Impianto di illuminazione ed impianto elettrico</i>	38
9	VALUTAZIONE ECONOMICO-FINANZIARIA.....	42
9.1	ANALISI DEI COSTI DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI CONSIDERATI FATTIBILI.....	42
9.2	ANALISI DI CONVENIENZA DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI CONSIDERATI FATTIBILI.....	46
9.3	IDENTIFICAZIONE DELLE SOLUZIONI INTEGRATE D’INTERVENTO E SCENARI D’INVESTIMENTO	52
9.3.1	<i>Scenario 2</i>	61
10	CONCLUSIONI.....	67
10.1	RIASSUNTO DEGLI INDICI DI PERFORMANCE ENERGETICA	67
10.2	RIASSUNTO DEGLI SCENARI DI INVESTIMENTO E DEI PRINCIPALI RISULTATI	67
	ALLEGATO A – ELENCO DOCUMENTAZIONE FORNITA DALLA COMMITTENZA.....	1
	ALLEGATO B – ELABORATI.....	1
	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.....	2
	ALLEGATO I – DATI CLIMATICI.....	2
	ALLEGATO J – SCHEDE DI AUDIT.....	2
	ALLEGATO K – SCHEDE ORE.....	2
	ALLEGATO L – PIANO ECONOMICO FINANZIARIO SCENARI	2
	ALLEGATO M – REPORT DI BENCHMARK.....	2
	ALLEGATO N – CD-ROM	2

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		1933
Anno di ristrutturazione		N.D.
Zona climatica		D
Destinazione d'uso		E.7 Edifici adibiti ad attività scolastiche a tutti i livelli e assimilabili
Superficie utile riscaldata	[m ²]	158
Superficie disperdente (S)	[m ²]	560
Volume lordo riscaldato (V)	[m ³]	843
Rapporto S/V	[1/m]	0,66
Superficie lorda aree interne (scaldate e non scaldate)	[m ²]	182
Superficie lorda aree esterne	[m ²]	605
Superficie lorda complessiva (aree interne ed esterne)	[m ²]	720
Tipologia generatore riscaldamento		Generatore tradizionale
Potenza totale impianto riscaldamento	[kW]	30
Potenza totale impianto raffrescamento	[kW]	n.d.
Tipo di combustibile		Gas naturale
Tipologia generatore Acqua Calda sanitaria (ACS)		n.d.
Emissioni CO ₂ di riferimento ⁽¹⁾	[t/anno]	0,446 (solo da energia elettrica)
Consumo di riferimento Gas Metano ⁽¹⁾	[kWh _{th} /anno]	n.d.
Spesa annuale Gas Metano ⁽¹⁾	[€/anno]	n.d.
Consumo di riferimento energia elettrica ⁽¹⁾	[kWh _{el} /anno]	955
Spesa annuale energia elettrica ⁽¹⁾	[€/anno]	566,50

Nota (1): Valori di Baseline

Descrizione delle Misure di efficienza energetica proposte:

- EEM 1: Installazione di valvole termostatiche
- EEM 2: Sostituzione infissi
- EEM 3: Installazione di un sistema di illuminazione a LED
- EEM 4: Coibentazione a cappotto dell'involucro

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

CON INCENTIVI												
	%Δ _E	%Δ _{CO₂}	ΔC _E	ΔC _{MO}	ΔC _{MS}	I ₀	TRS	TRA	n	VAN	TIR	IP
	[%]	[%]	[€/anno]	[€/anno]	[€/anno]	[€]	[anni]	[anni]	[anni]	[€]	[%]	[-]
EEM 1	1%	7%	€ 1.043,74	€ 17,78	€ 16,00	€ 3.306,59	15,1	11,9	15	-€ 423,79	-0,06%	-0,13
EEM 2	0%	12%	€ 1.053,00	-€ 0,02	€ -	€ 24.133,94	32,3	4,4	30	-€ 4.834,00	-0,89%	-0,20
EEM 3	45%	13%	€ 578,57	€ 17,78	€ 80,00	€ 6.572,69	6,5	38,3	8	€ 15,07	2,07%	0,00
EEM 4	0%	23%	€ 1.053,00	-€ 0,02	€ -	€ 31.798,16	25,5	32,6	30	-€ 2.650,79	0,92%	-0,08
SC01	45.1%	13%	€ 578,57	€ 17,78	€ 80,00	€ 5.587	6.54	8.4	15	754 €	7,25%	13,50%



SC02	51,9%	18,1%	€ 600,9	€ 35,6	€ 96	€ 8398	1,72	2,24	25	€ 1.344	1,90%	16,01%
------	-------	-------	---------	--------	------	--------	------	------	----	---------	-------	--------

Tabella 0.3 – Sintesi dei risultati della valutazione economico-finanziaria delle misure di efficienza energetica proposte e degli scenari ottimali, caso senza incentivi

SENZA INCENTIVI												
	%ΔE	%ΔCO2	ΔC _E	ΔC _{MO}	ΔC _{MS}	I ₀	TRS	TRA	n	VAN	TIR	IP
	[%]	[%]	[€/anno]	[€/anno]	[€/anno]	[€]	[anni]	[anni]	[anni]	[€]	[%]	[-]
EEM 1	1%	7%	€ 1.043,74	€ 17,78	€ 16,00	€ 3.306,59	15,1	17,1	15	-€ 423,79	-0,06%	-0,13
EEM 2	0%	12%	€ 1.053,00	€ 0,02	€ -	€ 24.133,94	55,4	68,3	30	-€ 13.934,35	-15,75%	-0,58
EEM 3	45%	13%	€ 578,57	€ 17,78	€ 80,00	€ 6.572,69	11,7	12,6	8	-€ 2.463,34	-9,80%	-0,37
EEM 4	0%	23%	€ 1.053,00	€ 0,02	€ -	€ 31.798,16	43,2	54,3	30	-€ 14.641,13	-12,93%	-0,46

Figura 0.1 – Scenario 1: analisi finanziaria

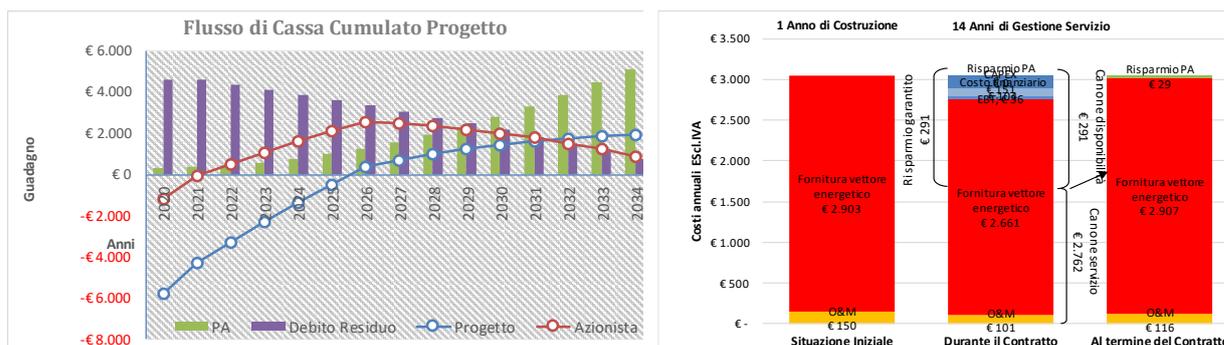
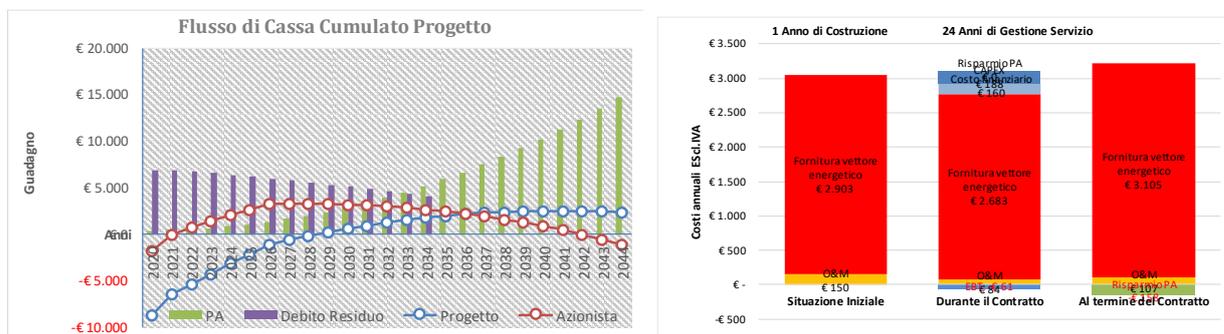


Figura 0.2 – Scenario 2: analisi finanziaria



Gli interventi di efficientamento energetico possono portare ad interessanti piano di investimento.

1 INTRODUZIONE

1.1 PREMESSA

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

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

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

1.2 SCOPO DELLA DIAGNOSI ENERGETICA

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

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

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

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

1.3 RIFERIMENTO E CONTATTI AUDITOR E PERSONALE COINVOLTO

La presente DE è stata eseguita dalla eFM SpA, il cui responsabile per il processo di audit è l'ing. Stefano Mazzetti, 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
Carlotta Mordini, Matteo Calvesi		Sopralluogo in sito
Carlotta Mordini		Elaborazione dei dati relativi ai consumi energetici
Carlotta Mordini		Elaborazione dei dati geometrici ed alla creazione del modello energetico
Ing. Luca Grossi	Responsabile involucro	Revisione report di diagnosi energetica
Ing. Luca Bonanni	Responsabile impianti	Revisione report di diagnosi energetica
Stefano Mazzetti	EGE	Approvazione report di diagnosi energetica

1.4 IDENTIFICAZIONE DELL'EDIFICIO

L'immobile oggetto della DE, catastalmente individuato al NCEU sez. STA foglio 29 mappale 466 è sito nel Comune di Genova.

L'edificio è di proprietà del Comune di Genova ed è attualmente non utilizzato.

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		1933
Anno di ristrutturazione		N.D.
Zona climatica		D
Destinazione d'uso		E.7 Edifici adibiti ad attività scolastiche a tutti i livelli e assimilabili
Superficie utile riscaldata	[m ²]	158
Superficie disperdente (S)	[m ²]	560
Volume lordo riscaldato (V)	[m ³]	843
Rapporto S/V	[1/m]	0,66
Superficie lorda aree interne (scaldate e non scaldate)	[m ²]	182
Superficie lorda aree esterne	[m ²]	605
Superficie lorda complessiva (aree interne ed esterne)	[m ²]	720
Tipologia generatore riscaldamento		Generatore tradizionale
Potenza totale impianto riscaldamento	[kW]	30

Potenza totale impianto raffrescamento	[kW]	n.d.
Tipo di combustibile		Gas naturale
Tipologia generatore Acqua Calda sanitaria (ACS)		n.d.
Emissioni CO2 di riferimento ⁽¹⁾	[t/anno]	0,446 (solo da energia elettrica)
Consumo di riferimento Gas Metano ⁽¹⁾	[kWh _{th} /anno]	n.d.
Spesa annuale Gas Metano ⁽¹⁾	[€/anno]	n.d.
Consumo di riferimento energia elettrica ⁽¹⁾	[kWh _{el} /anno]	955
Spesa annuale energia elettrica ⁽¹⁾	[€/anno]	566,50
Anno di costruzione edificio		1933

Nota (1): Valori di Baseline

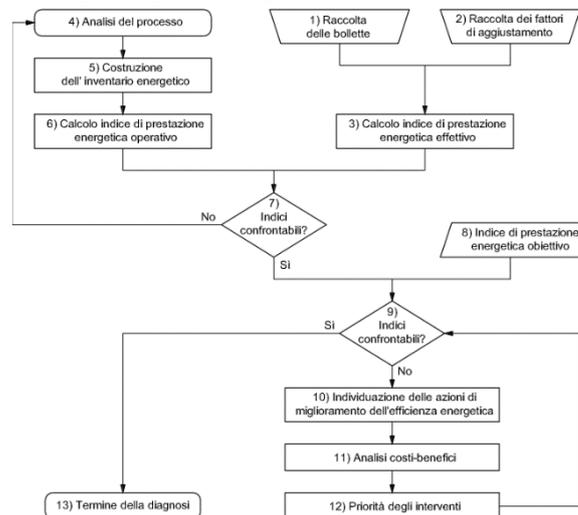
1.5 METODOLOGIA DI LAVORO

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

- a) Acquisizione della documentazione utile, fornita dalla PA, come riportato all' Allegato B – Elaborati;
- 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 22/11/2017 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 rilevamento dei dati utili durante i sopralluoghi svolti in maniera autonoma dalle risorse tecniche della società aggiudicatrice;
- 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, Assital, 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 Namirial Termo ver. 4.3 in possesso di certificato di conformità rilasciato dal Comitato Termotecnico Italiano (CTI) n.66 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 2015-2016, ove disponibili;
- 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 meteorologica "Quezzi" e riportati all'**Error! Reference source not found.** 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, ove disponibili;
- 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.

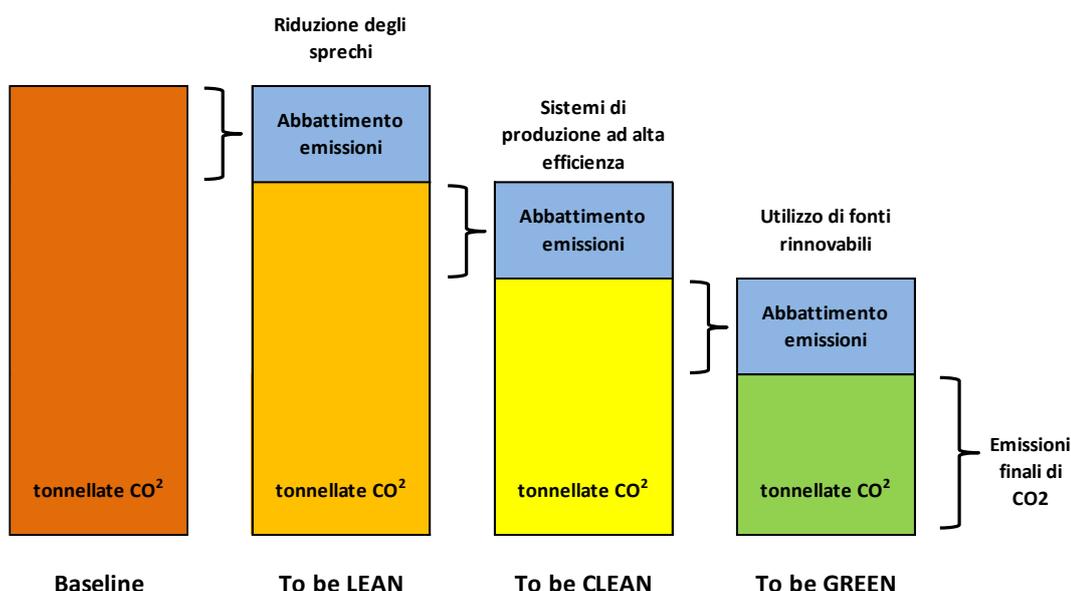
- m) Simulazione del comportamento energetico dell’edificio a seguito dell’attuazione delle varie EEM proposte singolarmente, ed individuazione della nuova classe energetica raggiungibile;
- n) Definizione di due scenari ottimali a partire dalla combinazione delle singole EEM proposte al fine di conseguire un miglioramento del parametro di efficienza energetica dell’edificio superiore a due classi energetiche.
- 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 losfruttamento 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 gerarchica energetica non è raccomandato riqualificare gli impianti di generazione della climatizzazione e gli impianti rinnovabili se non a partire da rinnovate e ridotte condizioni del fabbisogno energetico, conseguenti all'adozione di EEM preliminari atte a ridurre il fabbisogno energetica primario.

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

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

- TRS (Tempo di rientro semplice);
- TRA (Tempo di rientro attualizzato);
- VAN (Valore attuale netto);
- TIR (Tasso interno di rendimento);

- IP (indice di profitto).

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

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

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

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

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

1.6 STRUTTURA DEL REPORT

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

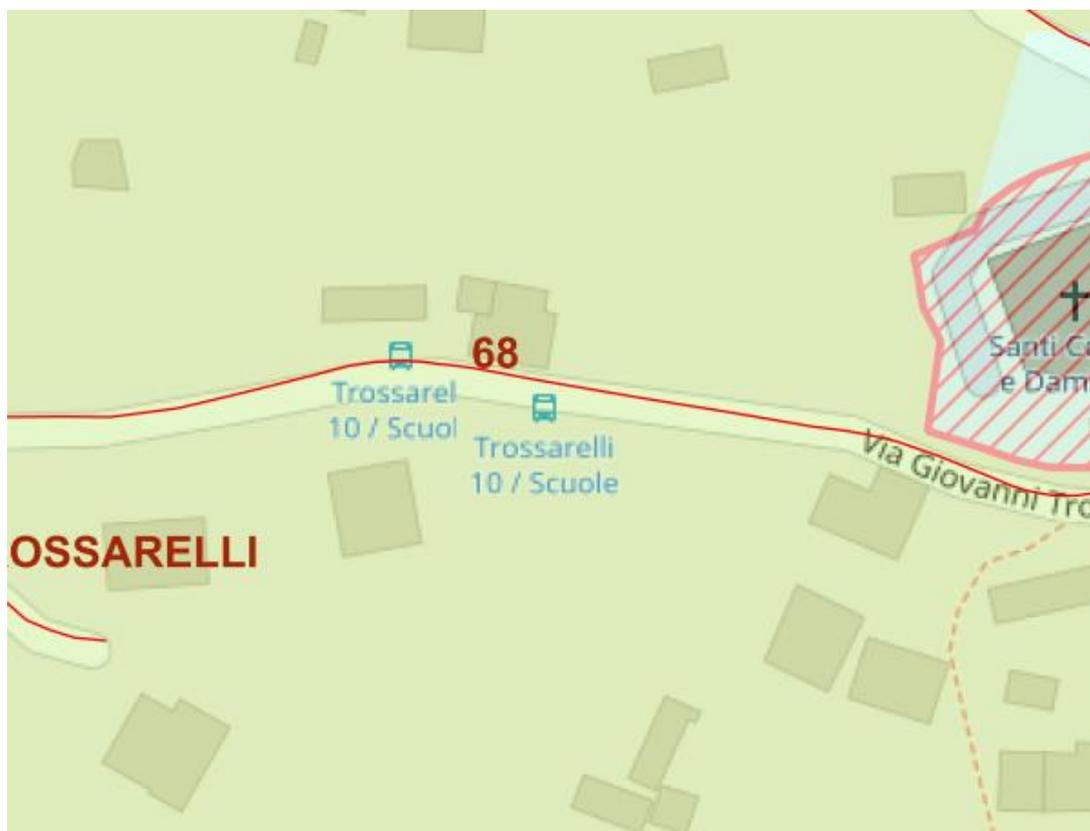
- Una prima parte nella quale sono descritti lo scopo ed i confini della DE e le metodologie di analisi adottate;
- Una seconda parte in cui sono riportate le informazioni dell'edificio rilevate in sede di sopralluogo e le valutazioni effettuate al fine di identificare le caratteristiche tecniche dei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

2 DATI DELL'EDIFICIO

2.1 INFORMAZIONI SUL SITO

Lo strumento urbanistico vigente, il P.U.C approvato con DD n° 2015/118.0.0./18 con entrata in vigore il 3/12/2015, classifica l'edificio oggetto della DE in zona “ambito di riqualificazione del territorio di presidio ambientale”.

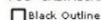
Figura 2.1 - Particolare estratto dal Piano Urbanistico Comunale



PUC - ATTUAZIONE



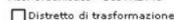
PUC - SALVAGUARDIA



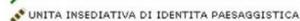
Ass. Urbanistico - CENTRO STORICO



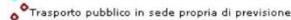
Ass. Urbanistico - DISTRETTI



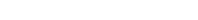
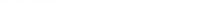
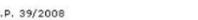
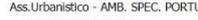
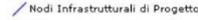
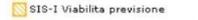
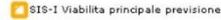
Ass. Urbanistico - AMBITI SPECIALI



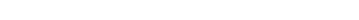
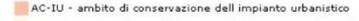
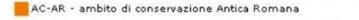
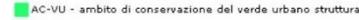
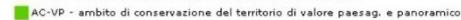
Ass. Urbanistico - ELEMENTI LINEARI



Ass. Urbanistico - INFRASTRUTTURE



Ass. Urbanistico - AMBITI



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

L’edificio risale all’incirca al 1933, pertanto ai sensi del DPR 412/93, 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.

L’ipotesi di intervenire al fine di migliorare l’efficienza energetica degli edifici scolastici in genere è innanzitutto volta ad una diminuzione delle emissioni di CO₂, la quale rientra negli obiettivi prefissati dal Comune di Genova all’interno del SEAP (Sustainable Energy Action Plan), ma può anche essere considerata di notevole interesse socio-culturale al fine della sensibilizzazione degli studenti alle tematiche di interesse ambientale ed energetico.

L’edificio ospitante il complesso scolastico oggetto della DE è costituito complessivamente da due piani fuori terra, nei quali erano locate le Vespertine.

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⁾
Terra	Ingresso, Aule, servizi igienici.	[m ²]	115,60	76,00	0,00
Primo	Altre aule, servizi igienici	[m ²]	115,60	82,60	0,00
TOTALE		[m ²]	231,20	158,60	0,00

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

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

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

Il complesso scolastico sorge in prossimità del Torrente Bisagno, ove non risultano esserci vincoli architettonici, paesaggistici e urbanistici dalle verifiche effettuate attraverso i siti di riferimento indicati dall’Amministrazione (<http://srvcarto.regione.liguria.it/geoviewer/pages/apps/vincoli/mappa.html>)

Figura 2.3 - Particolare estratto dalla carta dei vincoli



2.4 MODALITÀ DI GESTIONE E MANUTENZIONE DI EDIFICI ED IMPIANTO

Durante la fase di sopralluogo non è stato possibile rilevare gli orari di effettivo funzionamento dell'edificio in quanto quest'ultimo risulta attualmente non utilizzato.

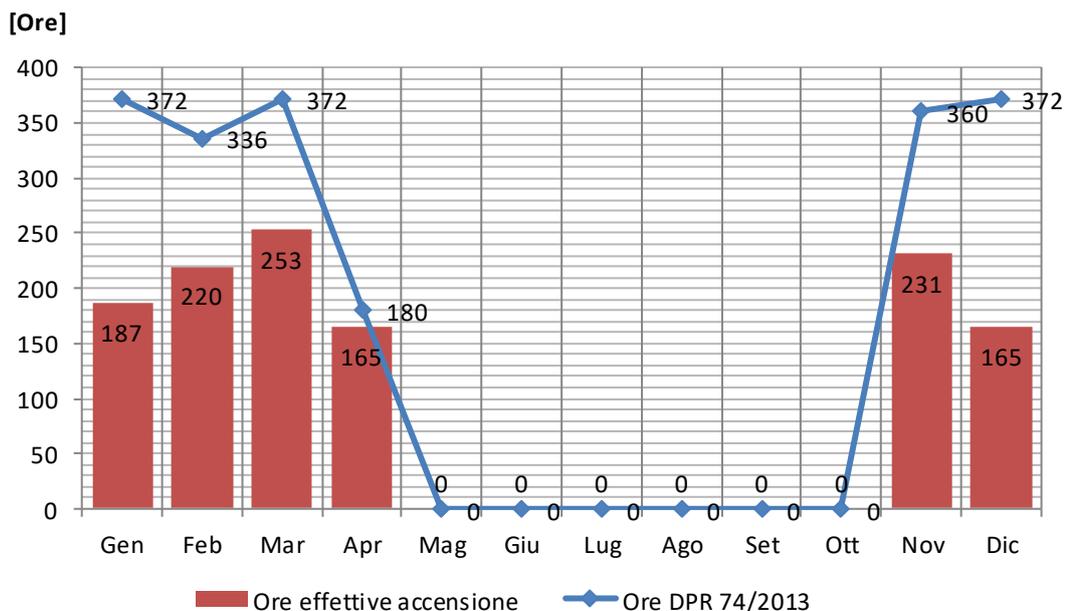
Gli orari di effettivo utilizzo dell'edificio non è un dato disponibile, mentre i periodi di attivazione e spegnimento degli impianti non sono stati forniti. Sono stati stimati pari 111 giorni annui di effettiva accensione dell'impianto termico.

Nella Tabella 2.2 sono possono essere pertanto riportati gli orari di funzionamento dell'edificio e gli orari di funzionamento degli impianti termici.

Tabella 2.2 – Orari di funzionamento dell'edificio e orari di funzionamento degli impianti termici.

PERIODO	GIORNI SETTIMENALI	ORARIO FUNZIONAMENTO EDIFICIO	ORARIO FUNZIONAMENTO IMPIANTO
[Dal 1 Novembre al 28 Febbraio]	[dal martedì al venerdì]	n.d.	n.d.
	[sabato e domenica]	n.d.	n.d.
[Dal 1 Marzo al 30 Ottobre]	[tutti i giorni]	n.d.	n.d.

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.

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 1421 **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 GGdi 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 3.2, i GG sono stati ricalcolati in funzione del numero di giorni effettivi di accensione dell’impianto termico, pertanto si è ottenuto un valore di 926 GG calcolati su 111 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 0.

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	17	17	171	19%
Febbraio	28	10,5	28	266	20	20	220	24%
Marzo	31	11,1	31	276	23	23	197	21%
Aprile	30	15,3	15	71	19	15	81	9%
Maggio	31	18,7	-	-	22	-	-	0%
Giugno	30	22,4	-	-	21	-	-	0%
Luglio	31	24,6	-	-	10	-	-	0%
Agosto	31	23,6	-	-	-	-	-	0%
Settembre	30	22,2	-	-	15	-	-	0%
Ottobre	31	18,2	-	-	22	-	-	0%
Novembre	30	13,3	30	201	21	21	123	13%
Dicembre	31	10,0	31	310	15	15	130	14%
TOTALE	365	16,7	166	1421	205	111	922	100%

3.2 DATI CLIMATICI REALI

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

I dati climatici utilizzati sono stati rilevati dalla centralina meteo climatica Genova - Quezzi.

Si è deciso di utilizzare come riferimento tale centralina in quanto è ubicata in una zona limitrofa all’edificio oggetto della DE (circa 1,8 km in linea d’aria) e fornita di dati climatici completi (temperatura media dell’aria e umidità relativa).

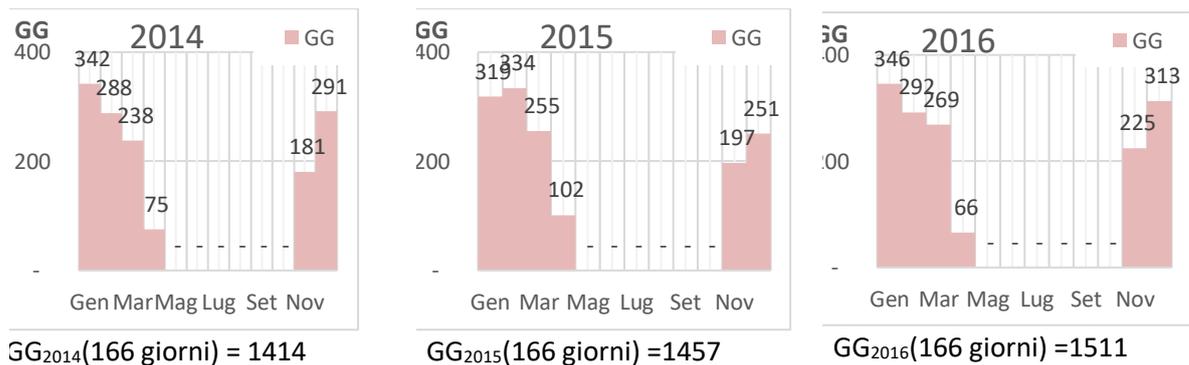
Figura 3.1 – Posizionamento della centralina meteo climatica rispetto all’edificio oggetto di DE



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

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

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



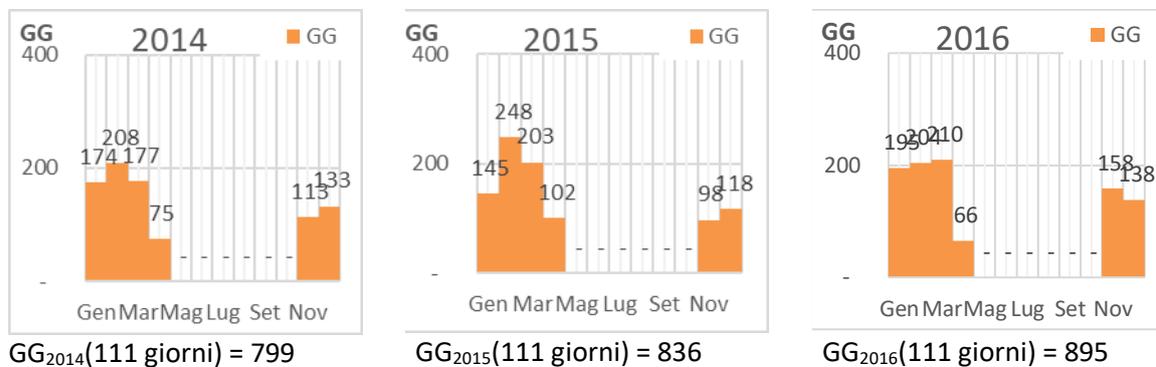
Considerando che il profilo di utilizzo degli impianti di riscaldamento prevede alcuni giorni di mancata accensione dell'impianto, come riportato nella Figura 3.3, i GG reali sono stati ricalcolati in funzione del numero di giorni effettivi di accensione dell'impianto termico, pertanto si è ottenuto un valore di 921 GG calcolati su 111 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 0.

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



4 AUDIT EDIFICIO E IMPIANTI ELETTRICI E MECCANICI

4.1 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE DELL’INVOLUCRO EDILIZIO

4.1.1 Involucro opaco

L’involucro edilizio opaco che costituisce l’edificio è sostanzialmente composto da un unico corpo di fabbrica di soli due piani realizzato con le tecniche dell’epoca e dunque caratterizzato da murature portanti in pietrasquadrata, pareti interne in laterizi forati e solai con putrelle e tavelle.

Figura 4.1 - Particolare della porzione di involucro – parete interna



Questa soluzione realizzativa incide profondamente sulle dispersioni termiche dell’edificio e non assicura un buon comportamento ai fini dell’isolamento termico.

Figura 4.2 - Particolare della porzione di involucro – solaio e muratura esterna



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 secondo le seguenti modalità: individuazione delle zone caratterizzate da una maggiore differenza di temperatura tra esterno ed interno (pareti esposte a nord), ed individuazione delle dispersioni termiche.

La realizzazione delle suddette indagini ha portato alle seguenti conclusioni:

- L’involucro risulta scarsamente performante dal punto di vista dell’isolamento termico, sono presenti ponti termici tra solai e pareti esterne,

Figura 4.3 –Rilievo termografico della parete verticale – evidenza dei ponti termici



I dettagli delle indagini diagnostiche effettuate sono riportate all'Allegato C- Report di indagine termografica

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

Tabella 4.1 – Trasmittanze termiche dei componenti dell'involucro opaco

TIPO DI COMPONENTE	CODICE	SPESSORE	ISOLAMENTO	TRASMITTANZA TERMICA	STATO DI CONSERVAZIONE
		[cm]		[W/m ² K]	
Parete verticale	PE01	50	Assente	1,33	Insufficiente
Solaio	C01	25	Assente	1,60	n.d.

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

4.1.2 Involucro trasparente

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

Lo stato di conservazione degli stessi è pessimo, si riscontrano criticità del tipo infiltrazioni di aria e presenza di spifferi dalle finestre.

Figura 4.4 - Particolare dei serramenti – tipologia presente in tutto l'edificio



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

- Rilievo termografico eseguito secondo le seguenti modalità [...]
- Misura tramite spessivetro dello spessore dei vetri e delle camere d'aria.

La realizzazione delle suddette indagini ha portato alle seguenti conclusioni:

- Il comportamento dell'infisso ai fini dello scambio termico è pessimo, e ancora più critico è l'isolamento tra infisso e parete.

- La stratigrafia della vetratura è la stessa per tutti gli infissi del plesso, composto da vetro singolo di mm 3.

Figura 4.5 –Rilevo 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	F1	100X230	Legno	Vetro singolo 3	4,50	Pessimo
Serramento verticale	F2	160X100	Legno	Vetro singolo 3	4,50	Pessimo
Serramento verticale	F3	40X160	Legno	Vetro singolo 3	4,50	Pessimo
Serramento verticale	F4	100X155	Legno	Vetro singolo 3	4,50	Pessimo
Serramento verticale	F5	250X120	Legno	Vetro singolo 3	4,50	Pessimo
Serramento verticale	F6	120X150	Legno	Vetro singolo 3	4,50	Pessimo
Serramento verticale	F7	120X160	Legno	Vetro singolo 3	4,50	Pessimo

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 una centrale termica, a servizio delleVespertine, posto al piano terra in un locale all'interno del plesso.

4.2.1 Sottosistema di emissione

Il sottosistema di emissione è costituito dalla seguente tipologia di terminali:

- Radiatori in ghisa;

Figura 4.6 - Particolare dei radiatori installati a parete



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
Vespertine	Radiatori	92%

4.2.2 Sottosistema di regolazione

La regolazione del funzionamento dell'impianto a servizio delle Vespertine avviene mediante il sistema di regolazione con impostazione della curva climatica indipendente. Non sono presenti altri sistemi di regolazione e controllo.

Figura 4.7–Misuratore di energia termica



Figura 4.8 –Sonda Temperatura ritorno centrale



4.2.3 Sottosistema di distribuzione

Il sottosistema di distribuzione è costituito dai seguenti elementi:

1) Circuito primario di mandata dalla centrale termica all'intero edificio.

1) **Circuito primario n.1:** sono presenti in centrale termica n.1 pompa di circolazione gemellare in parallelo a servire del plesso.

Le caratteristiche dei circolatori a servizio del circuito primario sono riportate nella Tabella 4.4.

Tabella 4.4 - Riepilogo caratteristiche pompa circuito primario

NOME			SERVIZIO	PORTATA ⁽⁵⁾ [m ³ /h]	PREVALENZA ⁽⁶⁾ [kPa]	POTENZA ASSORBITA ⁽⁷⁾ [kW]
Pompa gemellare 1	P01	mandata acqua calda a radiatori		32	7	0,8
TOTALE						0,8

Nota (5): Valori ricavati dal modello energetico

Nota (6): Valori ricavati da progetto

Nota (7): Valori ricavati da dati di targa

Le temperature del fluido termovettore all'interno del circuito primario sono riportate nella Tabella 4.5.

Tabella 4.5 – Temperature di mandata e ritorno del circuito primario

CIRCUITO			TEMPERATURA RILEVATA ⁽⁸⁾ °C	TEMPERATURA CALCOLO °C
Pompa gemellare 1	Mandata	Caldo	nd	70
	Ritorno	Caldo	nd	55

Nota (5): Valori utilizzati nel modello di calcolo

Nota (6): Valori ricavati in sede di sopralluogo

Nota (8): Valori rilevati il giorno 22/02/2017 alle ore 14.00, in orario di apertura della scuola, con una temperatura esterna di circa 14°C

4.2.4 Sottosistema di generazione

Il sottosistema di generazione è costituito da una centrale termica con una caldaia a basamento “RIELLO DOMUS PX 32 IS MD” a servizio della scuola (solo riscaldamento).

Figura 4.9 - Particolare di caldaia a basamento



Le caratteristiche dei sistemi di generazione sono riportate nella Tabella 4.6.

Tabella 4.6 - 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 Riscaldamento	RIELLO	DOMUS PX 32 IS MD	ND	N.D.	30,2	92%	-

Il rendimento complessivo del sottosistema di generazione, in regime di riscaldamento è stato assunto nella DE pari al 92%.

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

4.3 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO PRODUZIONE ACQUA CALDA SANITARIA

L'impianto di produzione di acqua calda è assente.

4.4 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO DI RAFFRESCAMENTO/CLIMATIZZAZIONE ESTIVA

L'impianto di raffrescamento/climatizzazione estiva è assente.

4.5 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO DI VENTILAZIONE MECCANICA

La ventilazione meccanica è assente

4.6 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO ELETTRICO E PRINCIPALI UTENZE ELETTRICHE

Le utenze sottese all'impianto elettrico, oltre a quelle precedentemente descritte, sono costituite essenzialmente da utenze locali quali macchine per cucire, ferri da stiro, ed altri dispositivi in uso del personale e degli studenti 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 4.7.

Tabella 4.7 – Elenco e caratteristiche delle altre utenze elettriche

ZONATERMICA	DESCRIZIONE	NUMERO	POTENZA NOMINALE [W]	POTENZA COMPLESSIVA [W]	ORE ANNUE DI UTILIZZO [ore]
Zona 1	Macchine per cucire	4	550	2200	160
Zona1	Ferro da stiro	3	800	2400	40

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

4.7 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO ILLUMINAZIONE

L'impianto di illuminazione è costituito da lampade fluorescenti al neon di diverse tipologie e taglie. La principale tipologia di corpi illuminanti è quella di lampade a neon installate a soffitto o a parete

Figura 4.10 - Particolare dei corpi illuminanti ubicati all'ingresso nel corridoio



L'elenco e le caratteristiche dei corpi illuminanti sono riportate nella Tabella 4.8.

Tabella 4.8 – Elenco e caratteristiche dei corpi illuminanti

ZONATERMICA	DESCRIZIONE	NUMERO	POTENZA UNITARIA [W]	POTENZA COMPLESSIVA [W]
Zona 1	Neon	38	20	760

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

Non è presente alcun impianto di produzione di energia.

5 CONSUMI RILEVATI

L'edificio Scuola comunale vespertina "Staglieno" è dotata di una centrale termica per il riscaldamento e di un POD per la fornitura dell'energia elettrica. Attualmente l'impianto di riscaldamento presente è spento; e viene acceso solo in caso di presenza di persone. Analogamente vale per l'energia elettrica.

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

Non sono disponibili dati di fatturazione relativi ai due vettori energetici, pertanto non è stato possibile effettuare l'analisi dei consumi storici termici ed elettrici dell'edificio.

Per i vettori energetici:

- Gas metano;
- Energia elettrica;

ai fini della valutazione degli interventi possibili verranno considerati valori di baseline stimati su edifici di dimensioni simili.

5.1.1 Energia termica

L'analisi dei consumi storici di Gas metano non è possibile effettuarla in quanto la P.A. ha stipulato un contratto di Servizio Integrato Energia 3 (SIE3) con un soggetto terzo, comprensivo sia della fornitura del vettore energetico che della conduzione e manutenzione degli impianti. Non è stato quindi possibile effettuare un'analisi dei consumi di fatturazione del vettore energetico in quanto le fatture non sono a disposizione della PA.

Non sono stati forniti dalla società di fornitura i consumi annuali del vettore termico (cfr. kyotoBaseline-E554_rev09).

L'edificio Scuola comunale vespertina "Staglieno" è dotata di una centrale termica per il riscaldamento. Attualmente l'impianto di riscaldamento presente è spento e viene acceso solo in caso di presenza di persone.

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

La fornitura di Gas metano avviene tramite la presenza di 1 contatore a servizio del seguente utilizzo:

- Centrale termica per il riscaldamento degli ambienti dell'intero plesso;

L'effettiva ubicazione dei contatori è rappresentata nelle planimetrie riportate all' Allegato J- Schede di Audit.

5.1.2 Energia elettrica

L'edificio Scuola comunale vespertina "Staglieno" è dotata di un POD per la fornitura dell'energia elettrica. Attualmente l'impianto è spento, viene acceso solo in caso di presenza di persone.

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

- Scuola Vespertina

L'effettiva ubicazione dei contatori è rappresentata nelle planimetrie riportate all' Allegato J- Schede di Audit.

L'elenco delle fatture analizzate non è riportato all' Allegato J- Schede di Audit in quanto non fornite.

Non sono disponibili dati storici di fatturazione pertanto non è stato possibile seguire l'analisi dei consumi storici di energia elettrica..

L'individuazione della baseline elettrica di riferimento è calcolata sulla media aritmetica dei valori relativi ai consumi elettrici di edifici di analoghe dimensioni e utilizzo.

Si è pertanto definito un consumo $EE_{baseline}$ pari a 9.000 kWh.

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 5.1.

Tabella 5.1 - 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

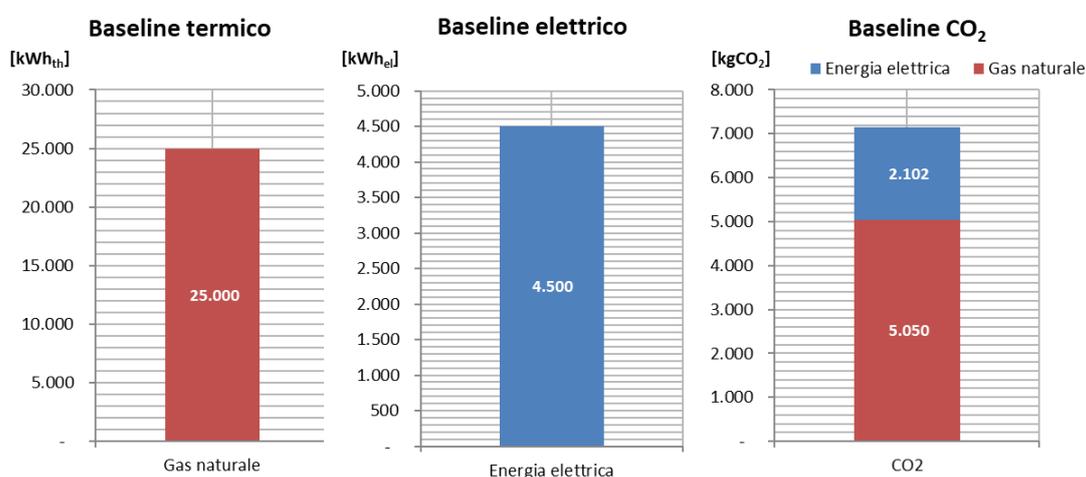
* da "Linee Guida Patto dei Sindaci" per anno 2010

Applicando tali fattori di conversione è stato possibile valutare la Baseline delle emissioni di CO₂, come riportato nella Tabella 5.2–Baseline delle emissioni di CO₂. Tabella 5.2 e nella Figura 5.1

Tabella 5.2–Baseline delle emissioni di CO₂.

COMBUSTIBILE	CONSUMO DI BASELINE	FATTORE DI CONVERSIONE	EMISSIONI DI CO ₂
	[kWh]	[kgCO ₂ /kWh]	[kgCO ₂]
Gas naturale	25.000	0,202	5.050
Energia elettrica	4.500	0,467	2.102

Figura 5.1–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 5.3 - Fattori di conversione in energia primaria dei vettori energetici

COMBUSTIBILE	$F_{p,ren}$	$F_{p,ren}$	$F_{p,tot}$
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 5.4.

Tabella 5.4 – Fattori di riparametrizzazione

	PARAMETRO	VALORE	U.M.
FATTORE 1	Superficie netta riscaldata	158	m ²
FATTORE 2	Superficie netta complessiva delle aree interne (riscaldate e non riscaldate)	182	m ²
FATTORE 3	Volume lordo complessivo (aree interne riscaldate e non riscaldate)	843	m ³

Nella Tabella 5.5 e Tabella 5.6 sono riportati gli indicatori di performance valutati coerentemente con quanto riportato nella sezione 2.5 dell’Allegato J- Schede di Audit.

Tabella 5.5 – Indicatori di performance calcolati con riferimento all’energia primaria totale

VETTORE ENERGETICO	CONSUMO ENERGETICO DI BASELINE	FATTORE DI CONVERSIONE ENERGIA PRIMARIA TOTALE	CONSUMO DI ENERGIA PRIMARIA TOTALE	INDICATORI DI CONSUMO ENERGIA PRIMARIA TOTALE			INDICATORI AMBIENTALI		
				FATTORE 1	FATTORE 2	FATTORE 3	FATTORE 1	FATTORE 2	FATTORE 3
	[kWh/anno]		[kWh/anno]	[kWh/m ²]	[kWh/m ²]	[kWh/m ³]	[Kg CO ₂ /m ²]	[Kg CO ₂ /m ²]	[Kg CO ₂ /m ³]
Gas naturale	25.000	1,05	26.250	165,5	142,2	31,1	31,84	27,35	5,99
Energia elettrica	4.500	2,42	10.890	68,7	59,0	12,9	13,25	11,38	2,49
TOTALE			37.140	234	201	44	45	39	8

Tabella 5.6 – Indicatori di performance calcolati con riferimento all’energia primaria non rinnovabile

VETTORE ENERGETICO	CONSUMO ENERGETICO DI BASELINE	FATTORE DI CONVERSIONE ENERGIA PRIMARIA NON RINN.	CONSUMO DI ENERGIA PRIMARIA NON RINN.	INDICATORI DI CONSUMO ENERGIA PRIMARIA NON RINNOVABILE			INDICATORI AMBIENTALI		
				FATTORE 1	FATTORE 2	FATTORE 3	FATTORE 1	FATTORE 2	FATTORE 3
	[kWh/anno]		[kWh/anno]	[kWh/m ²]	[kWh/m ²]	[kWh/m ³]	[Kg CO ₂ /m ²]	[Kg CO ₂ /m ²]	[Kg CO ₂ /m ³]
Gas naturale	25.000	1,05	26.250	165,5	142,2	31,1	31,84	27,35	5,99
Energia elettrica	4.500	1,95	8.775	55,3	47,5	10,4	13,25	11,38	2,49
TOTALE			35.025	221	190	42	45	39	8

Figura 5.2–Indicatori di performance e relative emissioni di CO₂ valutati in funzione della superficie utile riscaldata

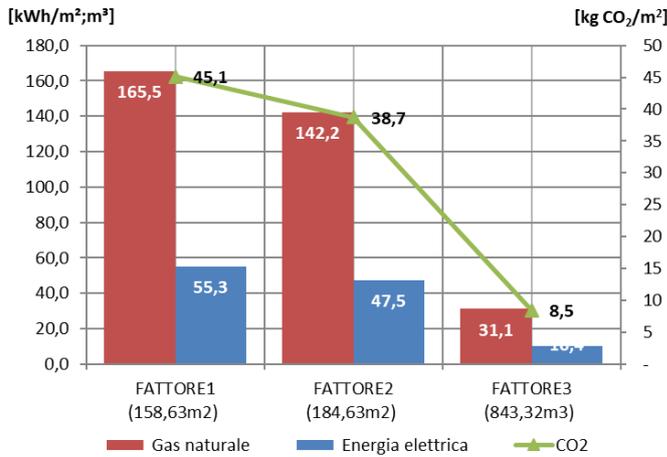
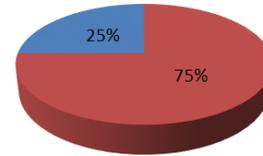
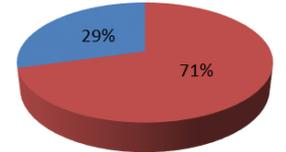


Figura 5.8 – Ripartizione % dei consumi di energia primaria e delle emissioni di CO₂

Ripartizione % energia primaria



Ripartizione % emissioni CO₂



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

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

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

La formula definita è sotto riportata:

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

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

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

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

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

Tabella 5.7 – Indicatori di performance energetici

COMBUSTIBILE	IEN _R			IEN _E		
	Wh/(m³ GG anno)			Wh/(m³ anno)		
	2014	2015	2016	2014	2015	2016
Gas Naturale	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Energia elettrica	nd	nd	nd	nd	nd	nd

Non è stato possibile effettuare un raffronto con le classi di merito riportate nelle suddette Linee Guida ENEA – FIRE per il riscaldamento poiché non sono disponibili i consumi di energia termica. I consumi di energia elettrica sono da ritenersi non attendibili per una valutazione di classe di merito poiché non corrispondono ad un utilizzo continuativo dell’edificio.

6 MODELLO DEL FABBISOGNO ENERGETICO

6.1 METODOLOGIA DI CALCOLO ADOTTATA E VALIDAZIONE DEI MODELLI DI CALCOLO

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

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

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

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

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

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

INDICE DI PRESTAZIONE ENERGETICA		U.M.	ENERGIA PRIMARIA TOTALE	ENERGIA PRIMARIA NON RINNOVABILE
Globale non rinnovabile	EP _{gl,nren}	kWh/mq anno	256.2	256.2
Climatizzazione invernale	EP _H	kWh/mq anno	243.1	238.4
Produzione di acqua calda sanitaria	EP _w	kWh/mq anno	0.0	0.0
Ventilazione	EP _v	kWh/mq anno	0.0	0.0
Raffrescamento	EP _c	kWh/mq anno	0.0	0.0
Illuminazione artificiale	EP _L	kWh/mq anno	22.2	17.8
Trasporto di persone e cose	EP _{tr}	kWh/mq anno	0.0	0.0
Emissioni equivalenti di CO2	CO _{2eq}	Kg/mq anno	54.6	51.4

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
	[m ³ /anno]	[kWh/anno]
Gas Naturale	2.583	24.331
Energia Elettrica	-	4.550

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

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

Dove:

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

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

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

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

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

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

6.1.1 Validazione del modello termico

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

Si è quindi provveduto alla simulazione dei parametri reali di utilizzo dell’edificio considerando il reale utilizzo.

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

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

INDICE DI PRESTAZIONE ENERGETICA		U.M.	ENERGIA PRIMARIA TOTALE	ENERGIA PRIMARIA NON RINNOVABILE
Globale non rinnovabile	$EP_{gl,ren}$	kWh/mq anno	220.1	220.1
Climatizzazione invernale	EP_H	kWh/mq anno	204.1	201.4
Produzione di acqua calda sanitaria	EP_w	kWh/mq anno	0.0	0.0
Ventilazione	EP_v	kWh/mq anno	0.0	0.0
Raffrescamento	EP_c	kWh/mq anno	0.0	0.0
Illuminazione artificiale	EP_L	kWh/mq anno	18.2	17.9
Trasporto di persone e cose	EP_T	kWh/mq anno	0.0	0.0

Emissioni equivalenti di CO2	CO _{2eq}	Kg/mq anno	64.1	62.3
------------------------------	-------------------	------------	------	------

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	
	[mc/anno]	[kWh/anno]
Gas Naturale	2.654	25000
Energia Elettrica	-	4500

La validazione del modello energetico termico è stata effettuata confrontando il consumo energetico di baseline ($Q_{baseline}$) così come definito al precedente capitolo 0 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]	[%]
23.894	25.000	<5%

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]	[%]
4550	4500	<5%

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

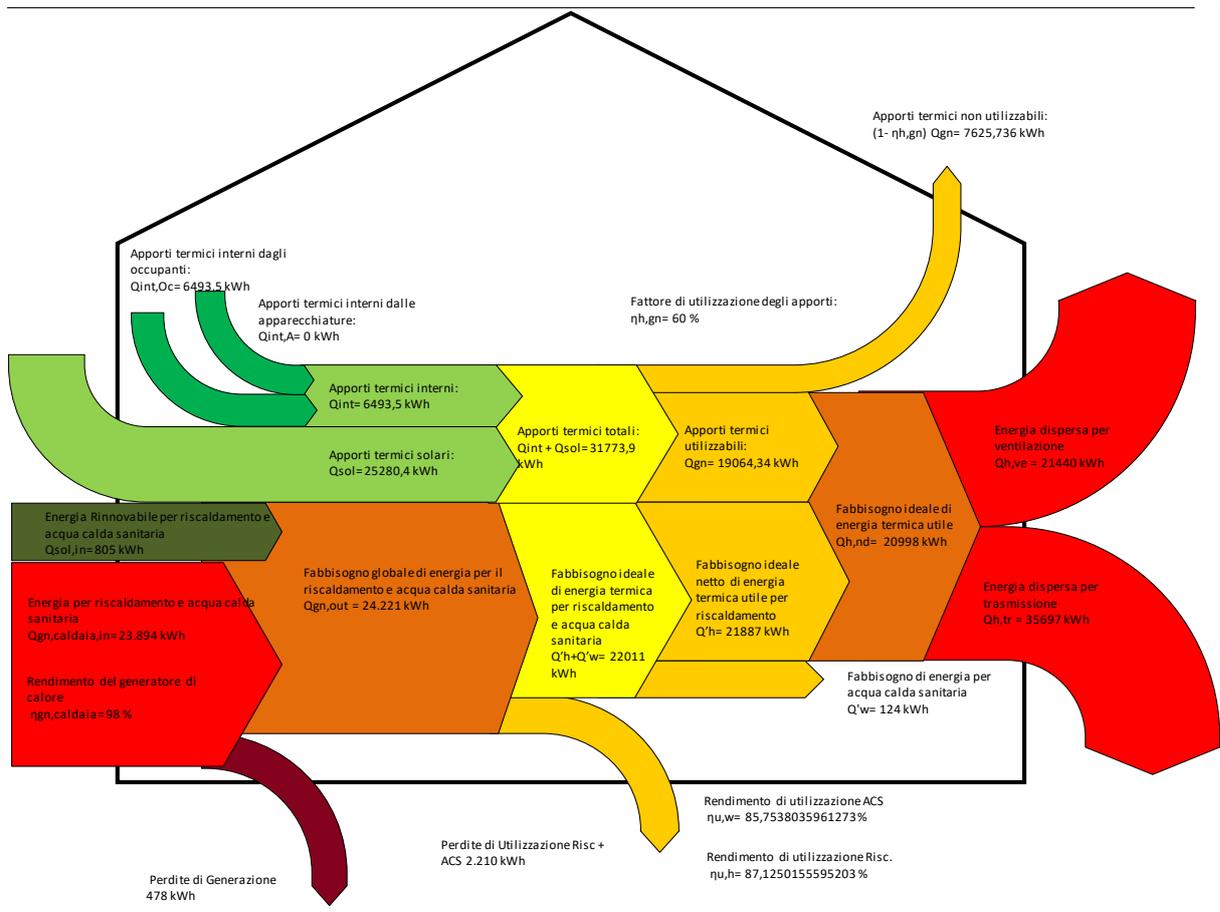
6.2 FABBISOGNI ENERGETICI

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.

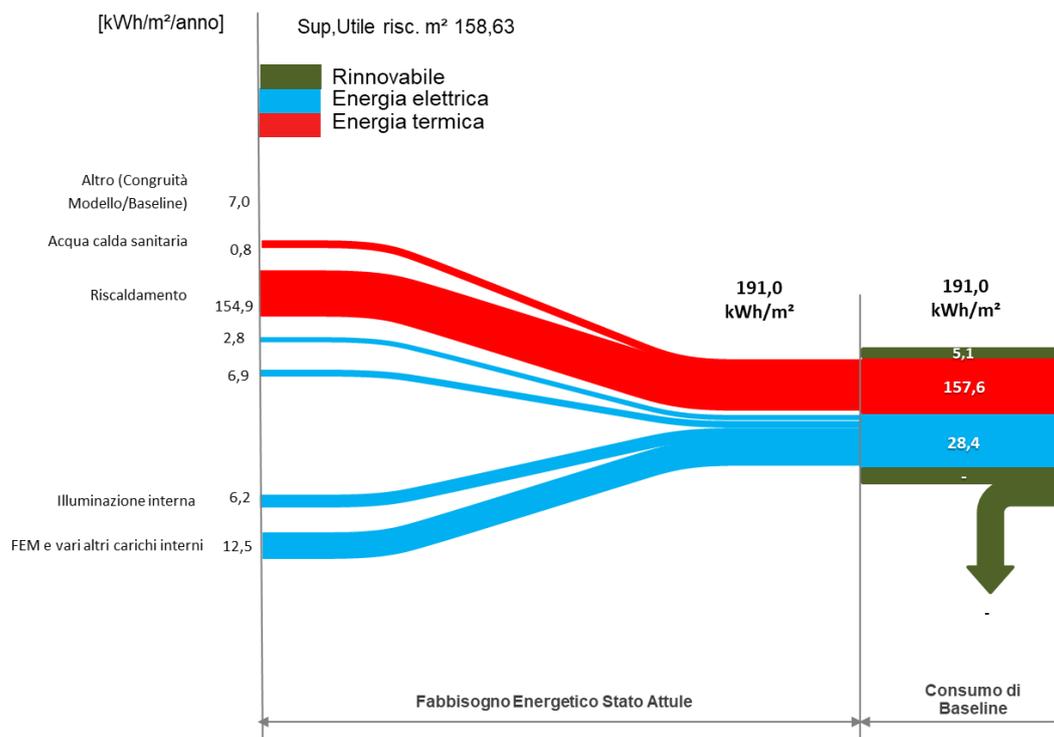
I risultati del bilancio energetico termico sono stati rappresentati nella forma di diagramma di Sankey riportato in [Figura 6.1](#)

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



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

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



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

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

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

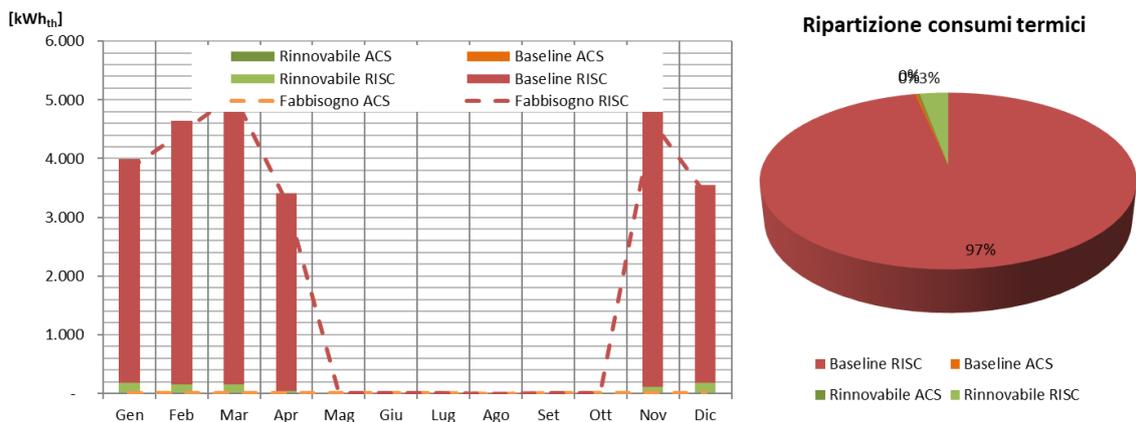
Nel caso in cui, invece i consumi teorici siano inferiori rispetto alla Baseline il termine “Altro – Congruità” rappresenta la differenza per eccesso tra i consumi specifici di Baseline ed i consumi teorici.

6.3 PROFILI ENERGETICI MENSILI

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

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

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



Si può notare come la maggior parte dei consumi termici sia da attribuirsi all’utilizzo del riscaldamento.

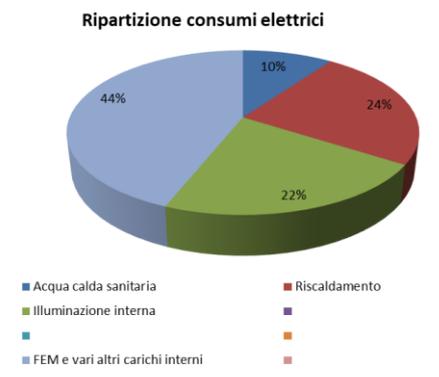
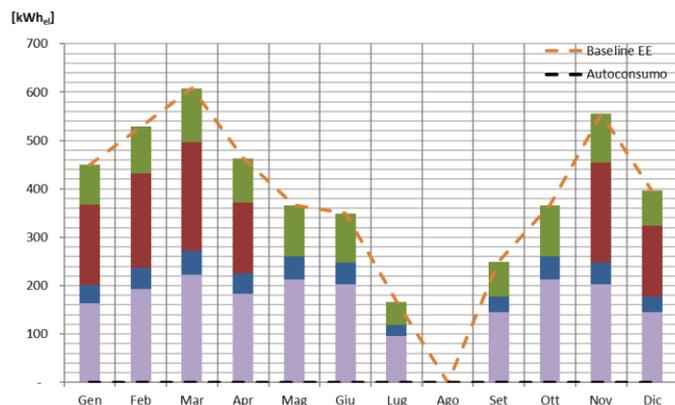
Anche relativamente all’analisi dei fabbisogni di energia elettrica, la ripartizione tra i vari utilizzi è stata effettuata in funzione degli esiti della modellazione.

Tuttavia l’analisi è stata effettuata considerando valori di consumi medi in relazione ad altri edifici scolastici simili del Comune di Genova.

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

I risultati di tale valutazione sono riportati nella Figura 6.4.

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



Si può notare come la maggior parte dei consumi sia da attribuirsi ai carichi interni e all'illuminazione interna.

7 ANALISI DEI COSTI PRE-INTREVENTO

7.1 COSTI RELATIVI ALLA FORNITURA DEI VETTORI ENERGETICI

Non è stato possibile effettuare l'analisi dei costi relativi alla fornitura dei vettori energetici dell'edificio poiché non sono disponibili dati di fatturazione relativi agli ultimi 3 anni.

Tuttavia l'analisi è stata effettuata considerando valori di consumi medi in relazione ad altri edifici scolastici simili del Comune di Genova.

7.2 TARIFFE E PREZZI VETTORI ENERGETICI UTILIZZATI NELL'ANALISI

Ai fini del calcolo della Baseline dei costi si sono pertanto assunti i valori di riportati nella Tabella 6.8..

Tabella 6.8 – 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	C _{UQ} 0.074	[€/kWh]
Costo unitario dell'energia elettrica	Valore relativo all'ultimo anno a disposizione	C _{UE} 0.234	[€/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:

- L1-42-200-E554: servizio di conduzione e manutenzione caldaia con potenza > 35 kW

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

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

Tali servizi prevedono il pagamento di un canone annuale da parte della PA pari a 2.000 €.

Nel caso di impianti non oggetto di fornitura di energia, il costo della manutenzione C_M è pari al valore contrattuale della conduzione e manutenzione (C_{SI_{E3}}) come fornito all'interno del file kyotoBaseline-E554. In questo caso i costi della manutenzione sono ripartiti in una quota ordinaria (C_{MO}) e in una quota straordinaria (C_{MS}) come segue:

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

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

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

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

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

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

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

Nel caso in esame l'impianto non è oggetto di fornitura di energia da parte della società di "Gestione, Conduzione e Manutenzione".

Ai fini del calcolo della Baseline dei costi si sono pertanto assunti i valori di riportati nella Tabella 6.9.

Tabella 6.9 – 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}	119 [€/anno]
Costo per la manutenzione straordinaria	Media relativa a gli stessi anni considerati per il rilevamento dei consumi storici	C_{MS}	32 [€/anno]

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

7.4 BASELINE DEI COSTI

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

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

Per la componente energetica vale la seguente formula:

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

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

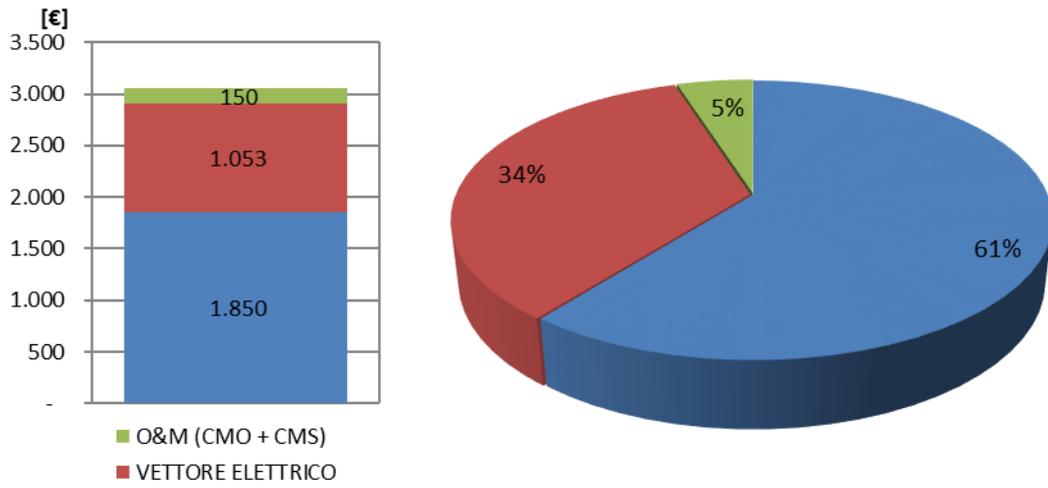
$$C_{baseline} = C_E + C_{MO} + C_{MS}$$

Ne risulta quindi un C_E pari a € 2.903 e un $C_{baseline}$ pari a € 3053

Tabella 6.10 – Valori di costo individuati per il calcolo della Baseline

VETTORE TERMICO			VETTORE ELETTRICO			O&M ($C_{MO} + C_{MS}$)			TOTALE
$Q_{baseline}$	C_{uQ}	C_Q	$EE_{baseline}$	C_{uEE}	C_{EE}	C_M	C_{MO}	C_{MS}	$C_Q + C_{EE} + C_M$
[kWh]	[€/kWh]	[€]	[kWh]	[€/kWh]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]
25.000	0,074	1.850	4.500	0,234	1.053	150	119	32	3.053

Figura 6.5 – Baseline dei costi e loro ripartizione



8 IDENTIFICAZIONE DELLE MISURE DI EFFICIENZA ENERGETICA

8.1 DESCRIZIONE, FATTIBILITÀ E PRESTAZIONI DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI

8.1.1 Impianto riscaldamento

EEM1: Installazione di valvole termostatiche

Generalità

Il controllo dell'energia termica erogata localmente dai terminali scaldanti rappresenta una delle più efficaci strategie per il contenimento dei consumi energetici. I motivi sono essenzialmente due: con questi dispositivi si riesce a controllare in modo puntuale la temperatura all'interno dei locali in cui vengono installati ma, soprattutto, si riescono a sfruttare meglio gli apporti di calore gratuiti. Attraverso questi dispositivi, l'impianto si autoregola in funzione delle esigenze locali e, negli impianti esistenti con una distribuzione non più efficiente, e in grado di ripristinare l'equilibrio necessario per garantire in ogni ambiente il corretto apporto di calore.

Caratteristiche funzionali e tecniche

Valvole termostatiche:

La regolazione locale viene normalmente effettuata con valvole termostatiche. Su ogni radiatore, le valvole termostatiche sostituiscono la valvola manuale e regolano automaticamente l'afflusso di acqua calda in base alla temperatura scelta e impostate su una apposita manopola graduata. Il raggiungimento di valori di temperature ottimali è comunque vincolato alle caratteristiche dell'impianto di riscaldamento e al posizionamento della valvola.

I benefici in termini di risparmio energetico sono notevoli (risparmio anche superiore al 15-20%) se confrontati con il costo di installazione che è relativamente basso.

Descrizione dei lavori

L'intervento prevede l'installazione di una valvola per ogni radiatore presente, avente forma e caratteristiche compatibili alle tubazioni a cui sono connessi i terminali.

Prestazioni raggiungibili

I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione della EEM1 sono riportati nella Tabella 6.11.

Tabella 6.11 – Risultati analisi EEM1

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
Rendimento di regolazione	[%]	92	99	-7,6%
$Q_{teorico}$	[kWh]	23.894	21.554	9,8%
$EE_{teorico}$	[kWh]	4.550	4.510	0,9%
$Q_{baseline}$	[kWh]	25.000	22.552	9,8%
$EE_{baseline}$	[kWh]	4.500	4.460	0,9%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	5.050	4.555	9,8%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	2.102	2.083	0,9%

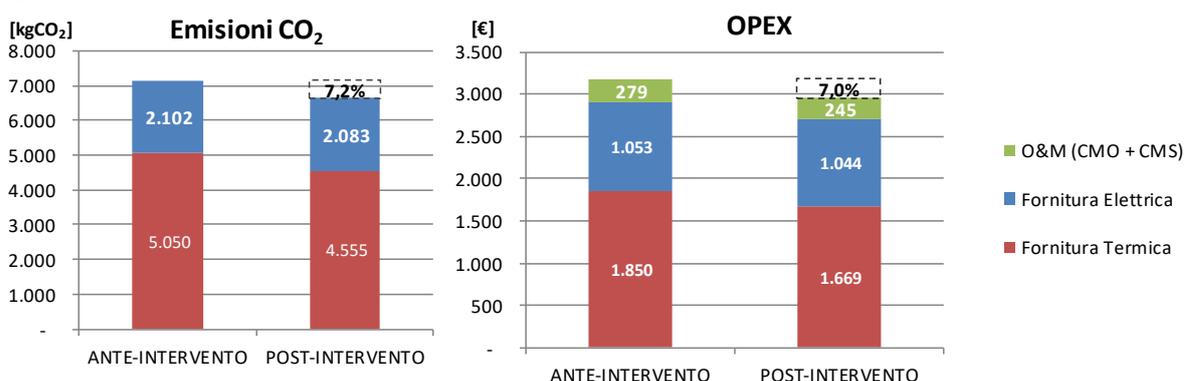
Emiss. CO2 TOT	[kgCO ₂]	7.152	6.638	7,2%
Fornitura Termica, C _Q	[€]	1.850	1.669	9,8%
Fornitura Elettrica, C _{EE}	[€]	1.053	1.044	0,9%
Fornitura Energia, C_E	[€]	2.903	2.713	6,6%
C _{MO}	[€]	119	101	15,0%
C _{MS}	[€]	160	144	10,0%
O&M (C _{MO} + C _{MS})	[€]	279	245	12,1%
OPEX	[€]	3.182	2.957	7,0%
Classe energetica	[-]	F	F	+ 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 [kgCO₂/kWh] per il vettore elettrico.

I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,074[€/kWh]per il vettore termico e 0.234 [€/kWh] per il vettore elettrico.

Nella Tabella 6.11 è stato ipotizzato una riduzione dell'energia elettrica in quanto l'assorbimento elettrico di nuova caldaia ipotizzata è inferiore a quella obsoleta modellata.

Figura 6.6– EEM1: Riduzione dei costi operativi e delle emissioni di CO₂ a partire dalla baseline



8.1.2 Involucro trasparente

EEM3: Sostituzione chiusure trasparenti

Generalità

La misura prevede la sostituzione degli infissi esistenti e delle chiusure trasparenti, congiuntamente alla installazione di un sistema di termoregolazione sull'impianto di emissione del calore per riscaldamento.

I nuovi infissi avranno caratteristiche di trasmittanza inferiori al valore soglia fissati dal Conto Termico.

Figura 6.7 – Particolare di infisso in pvc con vetro doppio



Caratteristiche funzionali e tecniche

I serramenti svolgono un ruolo fondamentale per quanto riguarda il comfort degli ambienti interni; essi infatti devono soddisfare una serie di requisiti legati a varie esigenze, quali: illuminazione; tenuta alle intemperie, resistenza meccanica, ventilazione, isolamento termico. Gli infissi in PVC con vetro doppio forniscono buone prestazioni energetiche al fine di garantire comfort termico all'interno dell'unità immobiliare, contenendo i costi per il riscaldamento.

Descrizione dei lavori

La posa deve essere effettuata da personale tecnico specializzato che rilasci una garanzia di conformità di installazione del prodotto rispetto alle specifiche tecniche.

Prestazioni raggiungibili

I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione della EEM2 sono riportati nella Tabella 6.12 e nella Figura 6.8.

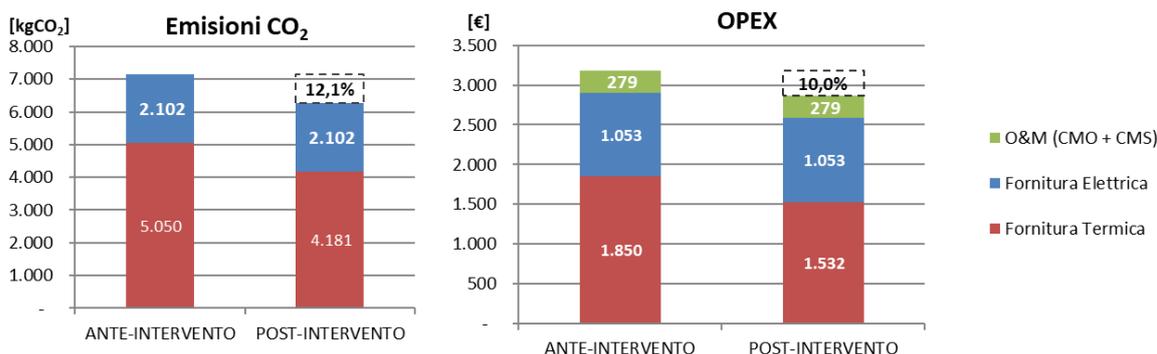
Tabella 6.12 – Risultati analisi EEM2 – Sostituzione chiusure trasparenti

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
Trasmittanza	[W/mqK]	3	1	66,7%
Q _{teorico}	[kWh]	23.894	19.783	17,2%
EE _{teorico}	[kWh]	4.550	4.550	0,0%
Q _{baseline}	[kWh]	25.000	20.699	17,2%
EE _{Baseline}	[kWh]	4.500	4.500	0,0%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	5.050	4.181	17,2%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	2.102	2.102	0,0%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	7.152	6.283	12,1%
Fornitura Termica, C _Q	[€]	1.850	1.532	17,2%
Fornitura Elettrica, C _{EE}	[€]	1.053	1.053	0,0%
Fornitura Energia, C_E	[€]	2.903	2.585	11,0%
C _{MO}	[€]	119	119	0,4%
C _{MS}	[€]	160	160	0,0%
O&M (C _{MO} + C _{MS})	[€]	279	279	-0,2%
OPEX	[€]	3.182	2.864	10,0%
Classe energetica	[-]	F	F	+ 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 [kgCO₂/kWh] per il vettore elettrico.

I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,074 [€/kWh] per il vettore termico e 0,234 [€/kWh]

Figura 6.8 – EEM3: Riduzione dei costi operativi e delle emissioni di CO2 a partire dalla baseline



8.1.3 Impianto di illuminazione ed impianto elettrico

EEM4: Installazione di impianto di illuminazione LED

Generalità

La misura prevede la sostituzione delle lampade esistenti con lampade ad alta efficienza con lo scopo di ridurre il consumo di energia per l'illuminazione. Una maggiore efficienza implica, a parità di lumen, una minore potenza e una riduzione del calore emesso in ambiente. Nel periodo estivo tutto questo si traduce anche in un risparmio di energia dell'impianto di climatizzazione esistenti.

Caratteristiche funzionali e tecniche

I costi di intervento possono essere limitati qualora sia possibile prevedere la sostituzione della sola lampada con modelli compatibili a maggiore efficienza, mantenendo il porta lampada esistente. È consigliabile prevedere un progetto illuminotecnico degli spazi, in modo da comprendere come possa essere gestita l'illuminazione in termini di comfort: l'analisi dello stato di fatto potrebbe suggerire non solo la sostituzione delle lampade, ma anche la ricollocazione o l'integrazione dei corpi

Figura 6.9 - Particolare dei corpi illuminanti attualmente installati



Descrizione dei lavori

Si prevede la sostituzione dei corpi illuminanti secondo il criterio della sostituzione puntuale. Ci si assicura inoltre che la potenza delle lampade LED installate sia inferiore al 50% della potenza delle lampade sostituite.

Prestazioni raggiungibili

I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione della EEM3 sono riportati nella [Tabella 6.11](#).

Tabella 6.13 – Risultati analisi EEM3 – Impianto di illuminazione ed impianto elettrico

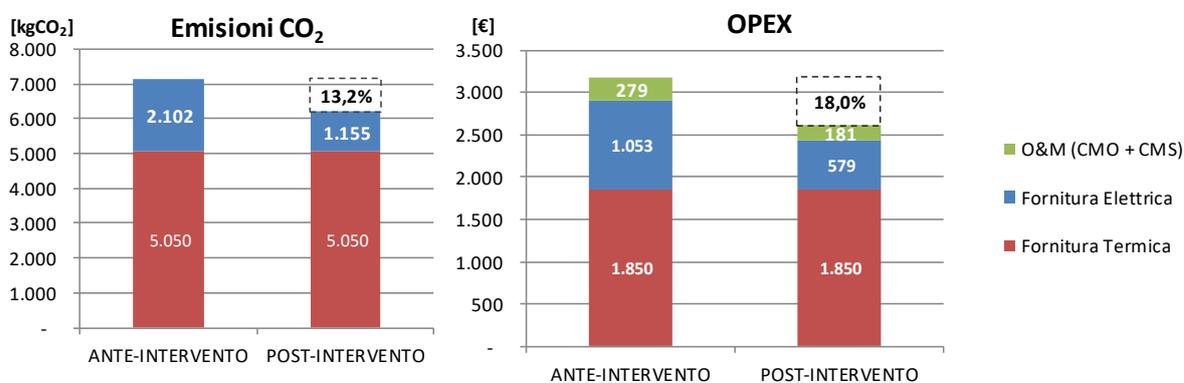
CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
-------------------	------	-----------------	-----------------	------------------------

Potenza installata	[W]	4000	2000	50,0%
Q _{teorico}	[kWh]	23.894	23.894	0,0%
EE _{teorico}	[kWh]	4.550	2.500	45,1%
Q _{baseline}	[kWh]	25.000	25.000	0,0%
EE _{Baseline}	[kWh]	4.500	2.473	45,1%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	5.050	5.050	0,0%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	2.102	1.155	45,1%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	7.152	6.205	13,2%
Fornitura Termica, C _Q	[€]	1.850	1.850	0,0%
Fornitura Elettrica, C _{EE}	[€]	1.053	579	45,1%
Fornitura Energia, C_E	[€]	2.903	2.429	16,3%
C _{MO}	[€]	119	101	15,0%
C _{MS}	[€]	160	80	50,0%
O&M (C _{MO} + C _{MS})	[€]	279	181	35,1%
OPEX	[€]	3.182	2.609	18,0%
Classe energetica	[-]	F	F	+ 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 [kgCO₂/kWh] per il vettore elettrico.

I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,074[€/kWh] per il vettore termico e 0,234 [€/kWh] per il vettore elettrico.

Figura 6.10– EEM2: Riduzione dei costi operativi e delle emissioni di CO₂ a partire dalla baseline

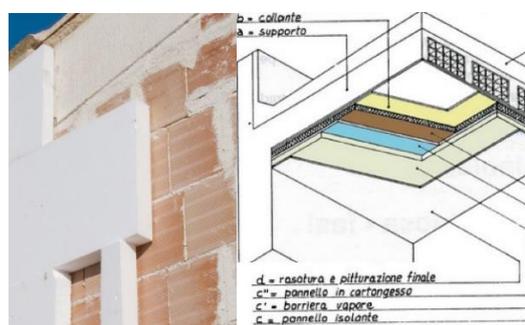


EEM1: Coibentazione a cappotto dell'involucro edilizio

Generalità

La misura prevede l'isolamento delle superfici disperdenti delimitanti il volume riscaldato al fine di aumentarne le prestazioni di scambio termico verso l'esterno e diminuire di conseguenza il fabbisogno energetico necessario per il riscaldamento.

Figura 6.11 – Esempio tipo di coibentazione a cappotto e isolamento del solaio di copertura



Caratteristiche funzionali e tecniche

L'operazione consiste nell'applicare uno strato di materiale isolante direttamente in corrispondenza dell'involucro esterno, sia esso verticale o orizzontale. Per la sua realizzazione è necessario valutare che il sovraccarico causato dalla posa dei pannelli sia compatibile con la struttura e che il piano di posa sia impermeabilizzato.

L'isolamento costituisce una tecnica di retrofit per ridurre le dispersioni per trasmissione dell'involucro edilizio e per migliorare il confort termico ed acustico degli utenti; si ottiene il miglioramento del confort abitativo in quanto la presenza di un isolamento fa sì che la temperatura superficiale sia più vicina a quella ambiente, evitando la formazione di condensa e muffe sulla superficie interna. Lo strato isolante verrà posizionato quando possibile oltre lo strato resistente, in modo tale da proteggerlo dagli sbalzi termici, da sfruttarne l'inerzia termica e da diminuire il rischio di condensa interstiziale.

La copertura risulta essere in buono stato manutentivo, con guaina isolante che non presenta infiltrazioni e deterioramenti. Per questo motivo il solaio di copertura verrà isolato dall'interno, soluzione ritenuta fattibile dall'elevata altezza interpiano, e conveniente dal punto di vista economico.

Descrizione dei lavori

Sarà necessario scegliere tipologie di pannelli isolanti caratterizzati da ridotta conducibilità termica, elevata densità e buona permeabilità alla diffusione del vapore acqueo, al fine di ottenere una trasmittanza termica contenuta ed una buona permeabilità al vapore. L'intervento permette di ottenere riduzioni nei valori di trasmittanza termica fino all'80% - 90%, in relazione al tipo di isolamento realizzato.

Andrà inoltre verificata l'assenza di formazione di condensa.

Prestazioni raggiungibili

I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione della EEM4 sono riportati nella [Tabella 6.11](#).

Tabella 6.14 – Risultati analisi EEM4 – Coibentazione con sistema a cappotto

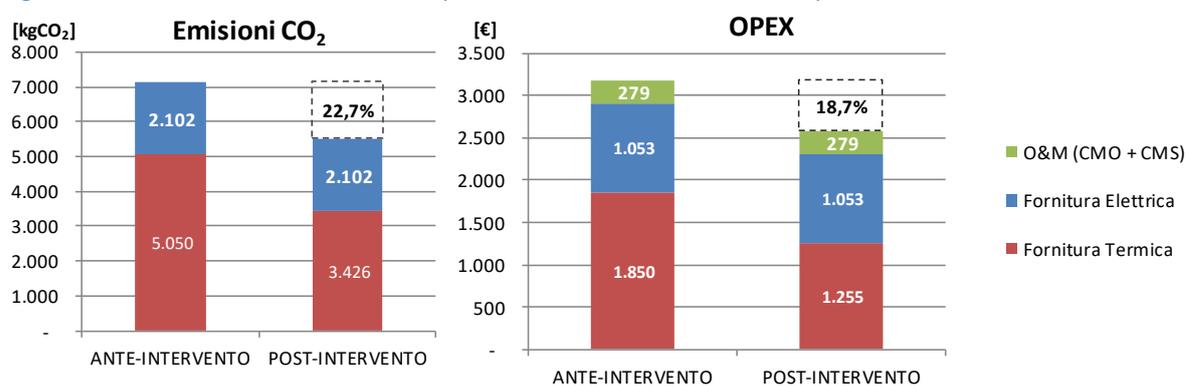
CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
Trasmittanza parete	[W/m ² K]	1,5	0,4	73,3%
Q _{teorico}	[kWh]	23.894	16.210	32,2%
EE _{teorico}	[kWh]	4.550	4.550	0,0%
Q _{baseline}	[kWh]	25.000	16.960	32,2%
EE _{Baseline}	[kWh]	4.500	4.500	0,0%

Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	5.050	3.426	32,2%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	2.102	2.102	0,0%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	7.152	5.528	22,7%
Fornitura Termica, C _Q	[€]	1.850	1.255	32,2%
Fornitura Elettrica, C _{EE}	[€]	1.053	1.053	0,0%
Fornitura Energia, C_E	[€]	2.903	2.308	20,5%
C _{MO}	[€]	119	119	0,0%
C _{MS}	[€]	160	160	0,0%
O&M (C _{MO} + C _{MS})	[€]	279	279	0,0%
OPEX	[€]	3.182	2.587	18,7%
Classe energetica	[-]	F	C	+ 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 [kgCO₂/kWh] per il vettore elettrico.

I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,074[€/kWh] per il vettore termico e 0,234 [€/kWh] per il vettore elettrico.

Figura 6.12– EEM4: Riduzione dei costi operativi e delle emissioni di CO₂ a partire dalla baseline



9 VALUTAZIONE ECONOMICO-FINANZIARIA

9.1 ANALISI DEI COSTI DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI CONSIDERATI FATTIBILI

EEM1: Installazione di valvole termostatiche

Nella Tabella 6.15 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM 1, che consiste nell'installazione di valvole termostatiche.

Tabella 6.15 – Analisi dei costi della EEM1

CODICE	DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO	TOTALE	IVA	TOTALE
						(IVA ESCLUSA)	(%)	(IVA INCLUSA)
						[€]	[€]	[€]
PR.C17.A15.010	Valvole micrometriche a squadra complete di testa termostatica con elemento sensibile a gas: Ø 15 mm	Prezzario Regione Liguria	20	cad	€ 31,88	€ 708,40	22%	€ 864,25
PR.C47.H10.035	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 9 m, portata da 1 a 9 m³/h	Prezzario Regione Liguria	1	cad	€ 481,59	€ 535,10	22%	€ 652,82
40.E10.A10.020	Sola posa in opera di pompe e/o circolatori singoli o gemellari per fluidi caldi o freddi, compreso bulloni, guarnizioni e il collegamento alla linea elettrica, escluse le flange. Per attacchi del diametro nominale di: maggiore di 40 mm fino a 65 mm	Prezzario Regione Liguria	1	cad	€ 45,05	€ 50,06	22%	€ 61,07
PR.E40.B05.210	Interruttore automatico magnetotermico con potere di interruzione 4,5KA bipolare fino a 32 A - 230 V	Prezzario Regione Liguria	1	cad	€ 20,42	€ 22,69	22%	€ 27,68
RU.M01.E01.020	Impianti Elettrici Idraulici Riscaldamento Installatore 4° cat. ex operaio specializzato	Prezzario Regione Liguria	36	h	€ 28,69	€ 1.147,68	22%	€ 1.400,17
	Costi per la sicurezza	-	3%	%		€ 73,92	22%	€ 90,18
	Costi progettazione (in % su importo lavori)	-	7%	%		€ 172,48	22%	€ 210,42
TOTALE (I₀ – EEM1)						€ 2.710	22%	€ 3.307
Incentivi		[Conto termico]						0
Durata incentivi								0
Incentivo annuo								0

EEM2: Sostituzione infissi

Nella Tabella 6.15 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM 2, che consiste nella sostituzione degli infissi

DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO	TOTALE	IVA	TOTALE
					(IVA ESCLUSA)	(€)	(IVA INCLUSA)
					[€]	[€]	[€]
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	48	m2	€ 35,65	€ 1.901,28	22%	€ 2.319,56
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	48	m2	€ 296,01	€ 15.787,20	22%	€ 19.260,38
Controtelaio per finestre, portefinestre e simili, in legno.	Prezziario Regione Liguria	28	m	€ 6,83	€ 210,34	22%	€ 256,62
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	7,2	m3	€ 10,59	€ 84,74	22%	€ 103,39
Costi per la sicurezza	-	3%	%		€ 539,51	22%	€ 658,20
Costi progettazione (in % su importo lavori)	-	7%	%		€ 1.258,85	22%	€ 1.535,80
TOTALE (I₀ – EEM1)					€ 19.782	22%	€ 24.134
Incentivi	[Conto termico]						€ 9.653,58
Durata incentivi							5
Incentivo annuo							€ 1.930,72

EEM3: Sostituzione lampade esistenti con lampade tecnologia a led

Nella Tabella 6.15 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM3, che consiste nella sostituzione degli apparecchi illuminanti con lampade a led.

DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO	TOTALE	IVA	TOTALE
				UNITARIO	(IVA ESCLUSA)	(€)	(IVA INCLUSA)
				[€/n° o €/m ²]	[€]	[€]	[€]
Plafoniera stagna rettangolare, corpo in policarbonato autoestinguente, schermo in policarbonato autoestinguente 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	20	cad	€ 140,99	€ 2.819,88	22%	€ 3.440,25
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	20	cad	€ 88,75	€ 1.774,98	22%	€ 2.165,48
Plafoniera stagna rettangolare, corpo in policarbonato autoestinguente, schermo in policarbonato autoestinguente 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 1.600 mm, 48 W, 7.780 lm	DEI Imp. Ele. 2017	2	cad	€ 166,55	€ 333,11	22%	€ 406,39
Costi per la sicurezza	-	3%	%		€ 137,85	22%	€ 168,17
Costi progettazione (in % su importo lavori)	-	7%	%		€	22%	€

		321,64		392,40
TOTALE (I₀ – EEM1)		€	22%	€
		5.387		6.573
Incentivi	[Conto termico]			€
				2.629,08
Durata incentivi				5
Incentivo annuo				€
				525,82

EEM4: Coibentazione con sistema a cappotto

Nella Tabella 6.15 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM4, che consiste realizzazione di coibentazione con sistema a cappotto.

	DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO	TOTALE (IVA ESCLUSA)	IVA	TOTALE (IVA INCLUSA)
					[€/m ² cm]	[€]	[€]	[€]
PR.A17.D01.010	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	4230	m2cm	€ 3,14	€ 14.762,70	22%	€ 18.010,49
PR.A02.A20.600	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	360	kg	€ 0,74	€ 295,20	22%	€ 360,14
PR.A02.A25.010	Collante cementizio per murature in cemento cellulare espanso.	Prezzario Regione Liguria	180	kg	€ 0,44	€ 88,20	22%	€ 107,60
95.B10.S10.010	Ponteggiature "di facciata", in elementi metallici prefabbricati e/o "giunto-tubo", compreso il montaggio e lo smontaggio finale, i piani di lavoro, idonea segnaletica, impianto di messa a terra, compresi gli eventuali oneri di progettazione, escluso: mantovane, illuminazione notturna e reti di protezione - Montaggio, smontaggio e noleggio per il primo mese di utilizzo.	Prezzario Regione Liguria	150	m2	€ 12,85	€ 2.142,00	22%	€ 2.613,24
25.A05.E10.015	Scrostamento intonaco fino al vivo della muratura, esterno, su muratura di mattoni o calcestruzzo	Prezzario Regione Liguria	150	m2	€ 6,53	€ 1.089,00	22%	€ 1.328,58
25.A54.A30.010	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	Prezzario Regione Liguria	150	m2	€ 4,33	€ 721,50	22%	€ 880,23

circa.

95.B10.S20.020	Impalcature per interni, realizzate con cavalletti, trabattelli, strutture tubolari, misurate in proiezione orizzontale, piani di lavoro per altezza da 2,00 a 4,00 metri.	Prezzario Regione Liguria	5,25	m2	€ 19,05	€ 111,14	22%	€ 135,59
25.A54.B40.010	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	150	m2	€ 21,41	€ 3.568,50	22%	€ 4.353,57
20.A54.B10.010	Intonaco interno in malta cementizia strato aggrappante a base di cemento portland, sabbie classificate ed additivi specifici spessore 5 mm circa.	Prezzario Regione Liguria	210	m2	€ 4,32	€ 1.008,00	22%	€ 1.229,76
	Costi per la sicurezza	-	3%	%		€ 683,35	22%	€ 833,68
	Costi progettazione (in % su importo lavori)	-	7%	%		€ 1.594,48	22%	€ 1.945,26
TOTALE (I₀ – EEM1)						€ 26.064	22%	€ 31.798
Incentivi		[Conto termico]						€ 12.719,26
Durata incentivi								5
Incentivo annuo								€ 2.543,85

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

EEM1: Installazione valvole termoregolatrici

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

Tabella 6.16 – Risultati dell'analisi di convenienza della EEM1– valvole termoregolatrici

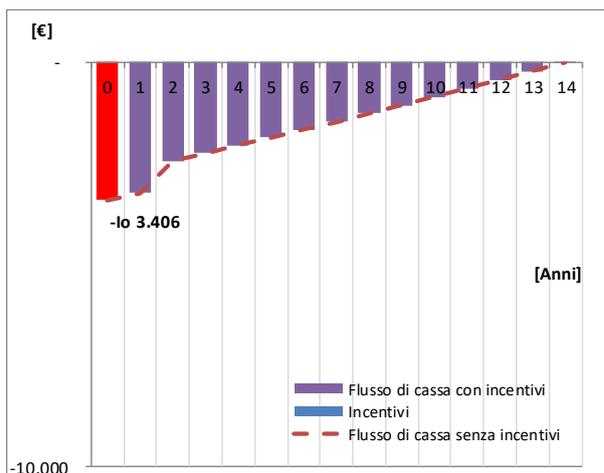
PARAMETRO FINANZIARIO	U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	I_0	€ 3.307
Oneri Finanziari % I_0	OF	[%] 3,0%
Aliquota IVA	%IVA	[%] 22,0%
Anno recupero erariale IVA	n_{IVA}	anni 3
Vita utile	n	anni 15
Incentivo annuo	B	€/anno -
Durata incentivo	n_B	anni 5
Tasso di attualizzazione	i	[%] 1,5%
INDICE FINANZIARIO DI PROGETTO	VALORE SENZA INCENTIVI	VALORE SENZA INCENTIVI
Tempo di rientro semplice	TRS	15,1
Tempo di rientro attualizzato	TRA	17,1
Valore attuale netto	VAN	- 424
Tasso interno di rendimento	TIR	-0
Indice di profitto	IP	-0,13

I flussi di cassa rappresentativi dell'analisi sono riportati nelle Figure 6.13 e Figura 6.14.

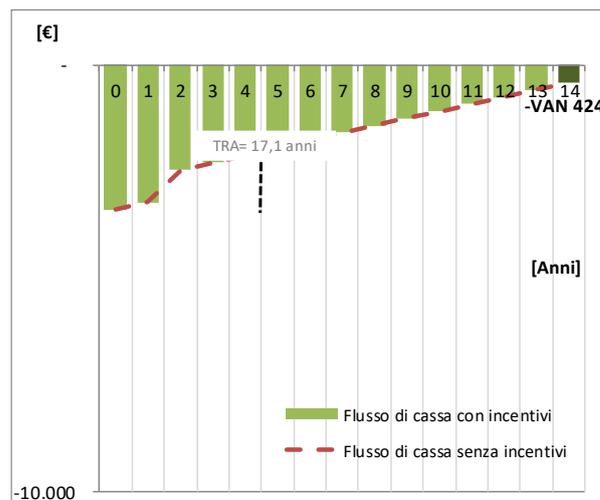
Figura 6.13 –EEM1: Flussi di Cassa, con e senza

Figura 6.14 –EEM1: Flussi di Cassa Attualizzati, con e

incentivi



senza incentivi



Dall’analisi effettuata è emerso che l’investimento è remunerativo, con un VAN positivo. I tempi di ritorno semplice ed attualizzato sono rispettivamente pari ai 15.1 anni e 17.1 anni.

EEM2 Sostituzione infissi

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

Tabella 6.17 – Risultati dell’analisi di convenienza della EEM2– Sostituzione involucro trasparente

PARAMETRO FINANZIARIO	U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	I_0	€ 24.134
Oneri Finanziari % I_0	OF	[%] 3,0%
Aliquota IVA	%IVA	[%] 22,0%
Anno recupero erariale IVA	n_{IVA}	anni 3
Vita utile	n	anni 30
Incentivo annuo	B	€/anno 1.931
Durata incentivo	n_b	anni 5
Tasso di attualizzazione	i	[%] 1,5%
INDICE FINANZIARIO DI PROGETTO		VALORE SENZA INCENTIVI
Tempo di rientro semplice	TRS	55,4
Tempo di rientro attualizzato	TRA	68,3
Valore attuale netto	VAN	- 13.934
Tasso interno di rendimento	TIR	-0
Indice di profitto	IP	-0,58

I flussi di cassa rappresentativi dell’analisi sono riportati nelle Figure 6.15 e Figura 6.16.

Figura 6.15 –EEM2: Flussi di Cassa, con e senza incentivi

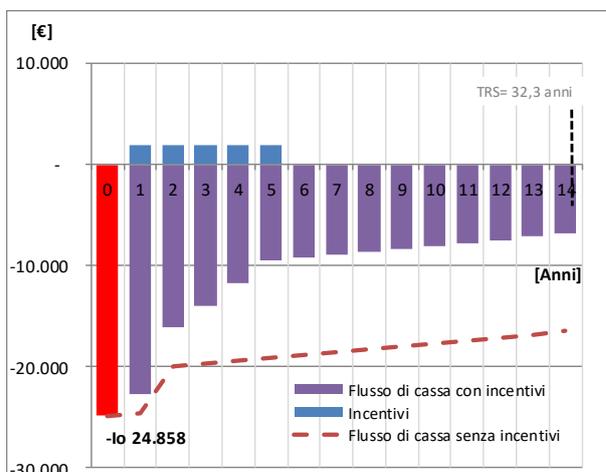
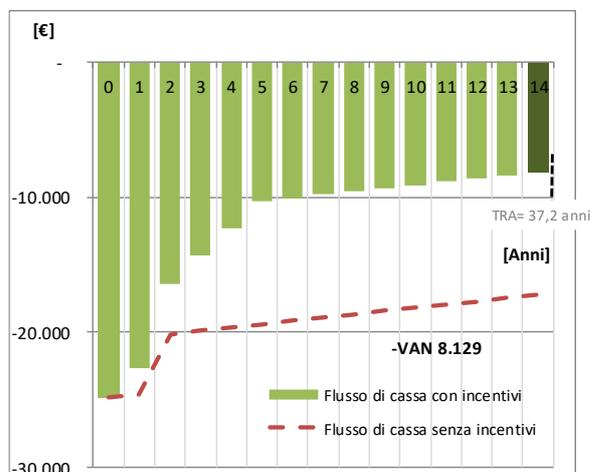


Figura 6.16 –EEM2: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



Dall’analisi effettuata è emerso che l’investimento non è remunerativo, con un VAN negativo e tempi di ritorno semplice ed attualizzato entrambi superiori ai 15 anni e prossimi alla vita utile del componente installato.

EEM3: Sostituzione illuminazione con led

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

Tabella 6.18 – Risultati dell'analisi di convenienza della EEM3– Sostituzione illuminazione con led

PARMETRO FINANZIARIO		U.M.	VALORE	
Investimento Iniziale	I_0	€	€	6.573
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		526
Durata incentivo	n_B	anni		5
Tasso di attualizzazione	i	[%]		1,5%
INDICE FINANZIARIO DI PROGETTO		VALORE SENZA INCENTIVI	VALORE SENZA INCENTIVI	
Tempo di rientro semplice	TRS	11,7		6,5
Tempo di rientro attualizzato	TRA	12,6		7,0
Valore attuale netto	VAN	- 2.463		15
Tasso interno di rendimento	TIR	-0		2,1%
Indice di profitto	IP	-0,37		0,00

I flussi di cassa rappresentativi dell'analisi sono riportati nelle Figure 6.17 e Figure 6.18.

Figura 6.17 –EEM1: Flussi di Cassa, con e senza incentivi

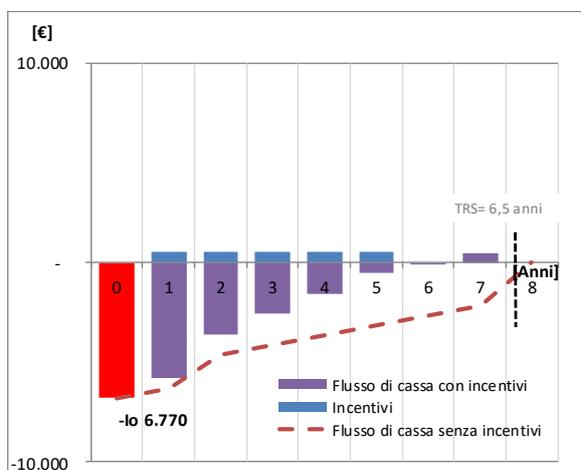
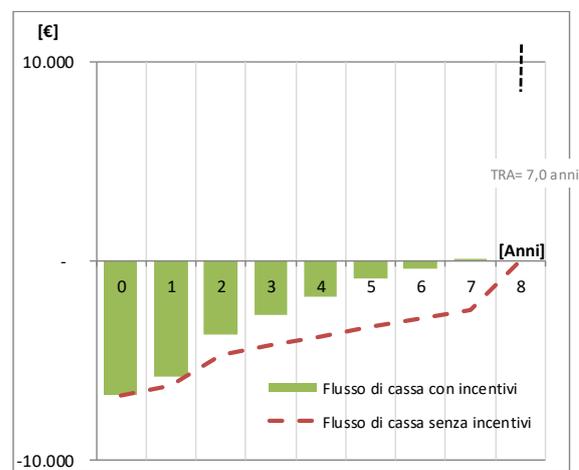


Figura 6.18 –EEM1: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



Dall'analisi effettuata è emerso che l'investimento potrebbe esser interessante.

EEM4: Coibentazione con sistema a cappotto

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

Tabella 6.19 – Risultati dell'analisi di convenienza della EEM4– Coibentazione con sistema a cappotto

PARMETRO FINANZIARIO		U.M.	VALORE	
Investimento Iniziale	I_0	€	€	31.798
Oneri Finanziari % I_0	OF	[%]		3,0%
Aliquota IVA	%IVA	[%]		22,0%
Anno recupero erariale IVA	n_{IVA}	anni		3
Vita utile	n	anni		30
Incentivo annuo	B	€/anno		2.544

Durata incentivo	n_b	anni		5
Tasso di attualizzazione	i	[%]		1,5%
Investimento Iniziale		I₀	€	
Tempo di rientro semplice	TRS	43,2	25,5	
Tempo di rientro attualizzato	TRA	54,3	32,6	
Valore attuale netto	VAN	- 14.641	- 2.651	
Tasso interno di rendimento	TIR	-0	0,9%	
Indice di profitto	IP	-0,46	-0,08	

I flussi di cassa rappresentativi dell'analisi sono riportati nelle Figure 6.19 e Figura 6.20.

Figura 6.19 –EEM1: Flussi di Cassa, con e senza incentivi

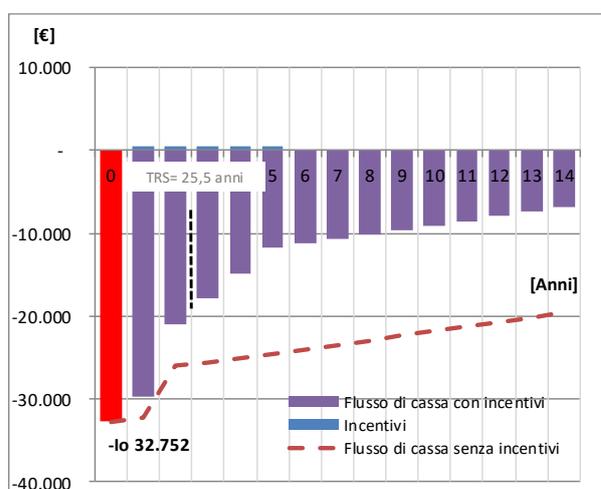
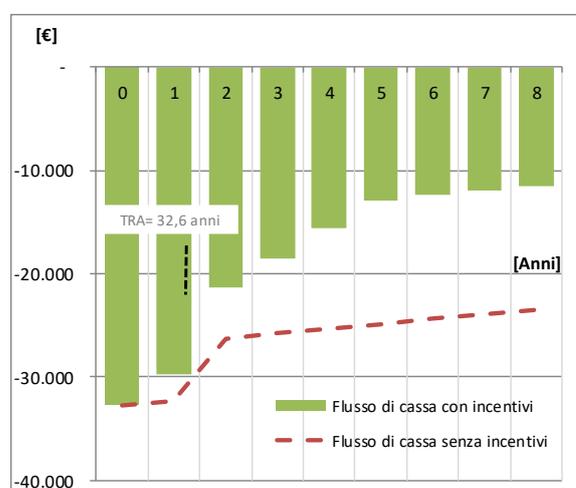


Figura 6.20 –EEM1: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



Dall'analisi effettuata è emerso che l'investimento non è remunerativo.

Sintesi

La sintesi della valutazione economico – finanziaria delle EEM proposte è riportata nelle Tabella 6.20 e Tabella 6.21.

Tabella 6.20 – Sintesi dei risultati della valutazione economico-finanziaria, caso senza incentivi

SENZA INCENTIVI												
	% Δ_E	% Δ_{CO_2}	ΔC_E	ΔC_{MO}	ΔC_{MS}	I_0	TRS	TRA	n	VAN	TIR	IP
	[%]	[%]	[€/anno]	[€/anno]	[€/anno]	[€]	[anni]	[anni]	[anni]	[€]	[%]	[-]
EEM 1	1%	7%	€ 1.043,74	€ 17,78	€ 16,00	€ 3.306,59	15,1	17,1	15	-€ 423,79	-0,06%	-0,13
EEM 2	0%	12%	€ 1.053,00	-€ 0,02	€ -	€ 24.133,94	55,4	68,3	30	-€ 13.934,35	-15,75%	-0,58
EEM 3	45%	13%	€ 578,57	€ 17,78	€ 80,00	€ 6.572,69	11,7	12,6	8	-€ 2.463,34	-9,80%	-0,37
EEM 4	0%	23%	€ 1.053,00	-€ 0,02	€ -	€ 31.798,16	43,2	54,3	30	-€ 14.641,13	-12,93%	-0,46

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

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

Tabella 6.21 – Sintesi dei risultati della valutazione economico-finanziaria, caso con incentivi

CON INCENTIVI												
	% Δ_E	% Δ_{CO_2}	ΔC_E	ΔC_{MO}	ΔC_{MS}	I_0	TRS	TRA	n	VAN	TIR	IP
	[%]	[%]	[€/anno]	[€/anno]	[€/anno]	[€]	[anni]	[anni]	[anni]	[€]	[%]	[-]
EEM 1	1%	7%	€ 1.043,74	€ 17,78	€ 16,00	€ 3.306,59	15,1	11,9	15	-€ 423,79	-0,06%	-0,13
EEM 2	0%	12%	€ 1.053,00	-€ 0,02	€ -	€ 24.133,94	32,3	4,4	30	-€ 4.834,00	-0,89%	-0,20
EEM 3	45%	13%	€ 578,57	€ 17,78	€ 80,00	€ 6.572,69	6,5	38,3	8	€ 15,07	2,07%	0,00
EEM 4	0%	23%	€ 1.053,00	-€ 0,02	€ -	€ 31.798,16	25,5	32,6	30	-€ 2.650,79	0,92%	-0,08
SC01	45,1%	13%	€ 578,57	€ 17,78	€ 80,00	€ 5.587	6,54	8,4	15	€ 754	7,25%	13,50%
SC02	51,9%	18,1%	€ 600,9	€ 35,6	€ 96	€ 8398	1,72	2,24	25	€ 1.344	1,90%	16,01%

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

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

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

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

- Scenario ottimale 1, (SCN1), per il quale è sarà verificato un tempo di ritorno semplice, $TRS \leq 25$ anni;
- Scenario ottimale 2, (SCN2), per il quale è sarà verificato un tempo di ritorno semplice, $TRS \leq 15$ 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: LED:** Tale scenario consiste nella sostituzione delle lampade fluorescenti presenti con lampade a led (EEM03).
- **Scenario 2: SC1 valvole + LED)** Tale scenario consiste nella sostituzione delle lampade fluorescenti presenti con lampade a led (EEM03) e nella installazione di valvole termostatiche ai radiatori presenti.

Scenario 1

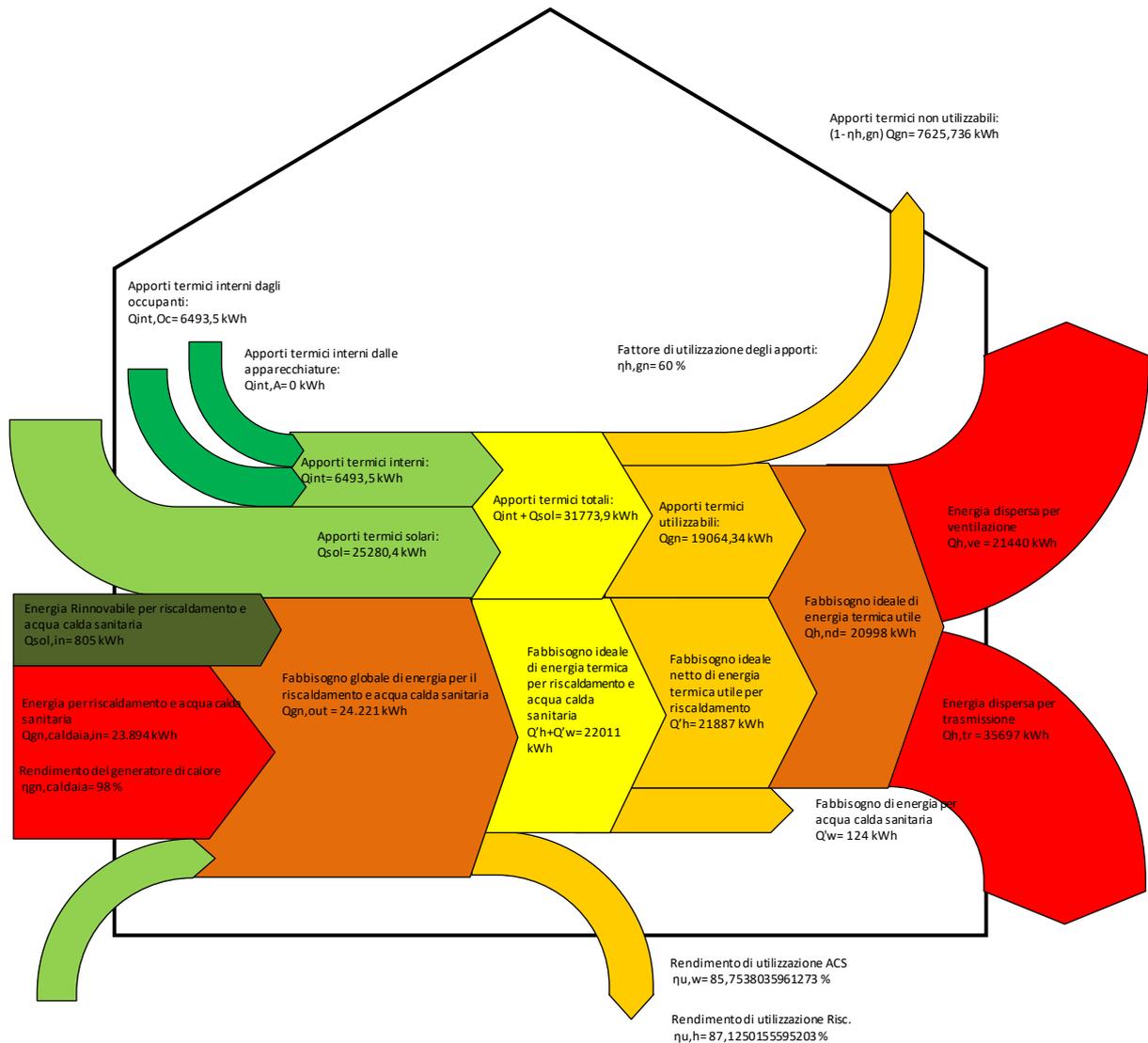
La realizzazione dello scenario 1 consiste nella combinazione delle EEM di seguito elencate: EEM1 installazione valvole termoregolatrici, EEM2 sostituzione infissi e EEM3 installazione led

Tabella 6.22 – Combinazione di EEM proposta per lo scenario 1

VOCE INVESTIMENTO	TOTALE (IVA ESCLUSA)	IVA AL 22%	TOTALE (IVA INCLUSA)
	[€]	[€]	[€]
EEM3 Fornitura & Posa	€ 4.580	€ 1.008	€ 5.587
TOTALE (I₀)	€ 4.580	€ 1.008	€ 5.587
VOCE MANUTENZIONE	C _{Mo} (IVA INCLUSA)	C _{MS} (IVA INCLUSA)	C _M (IVA INCLUSA)
	[€]	[€]	[€]
EEM3 O&M	€ 100,7	€ 315,0	€ 415,7
MEDIA (C _M)			
VOCE INCENTIVO	DESCRIZIONE	TOTALE (IVA INCLUSA)	
		[€]	
Incentivi	[Conto termico]	€ 2.629	
Durata incentivi		5	
Incentivo annuo		€ 526	

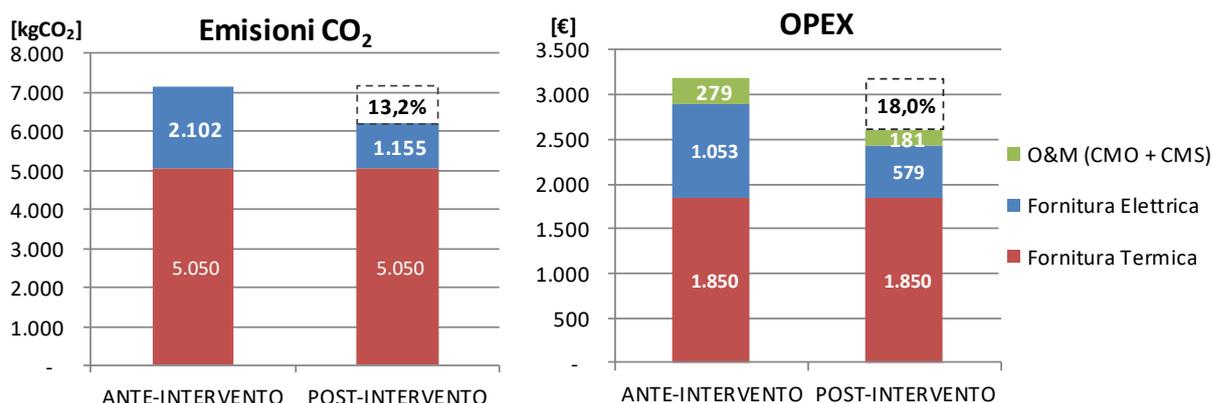
A seguito della modellazione dei due scenari ottimali è stato possibile rappresentare i risultati del bilancio energetico termico nella forma di diagramma di sankey relativo alle situazioni post-intervento.

Figura 6.21 – SCN1: Diagramma di Sankey relativo al fabbisogno termico post intervento



Dall'analisi dei diagrammi di Sankey relativo al fabbisogno termico dell'edificio post intervento è possibile notare che il fabbisogno globale di energia è diminuito rispetto alla situazione iniziale.. La quota di energia dispersa per trasmissione è ancora superiore a quella dispersa per ventilazione, dato che non è prevista nessuna misura atta a migliorare l'isolamento dell'edificio.

Figura 6.22 – SCN1: Bilancio energetico complessivo dell'edificio post intervento



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 6.24, Tabella 6.25 e Tabella 6.26 e nelle successive figure.

Tabella 6.24 – Parametri finanziari dell'analisi di redditività dello SCN1 installazione valvole termoregolatrici e sostituzione chiusure trasparenti

PARAMETRI FINANZIARI		
Anni Costruzione	n_i	1
Anni Gestione Servizio	n_s	14
Anni Concessione	n	15
Anno inizio Concessione	n_o	2020
Anni dell'ammortamento	n_A	10
Saggio Cassa Deposito e Prestiti	k_{CdP}	2,00%
Costo Capitale Azienda	WACC	4,00%
$k_{progetto} = \text{Max}(WACC; k_{CdP})$	$k_{progetto}$	4,00%
Inflazione ISTAT	f	0,50%
deriva dell'inflazione	f'	0,70%
%, interessi debito	k_D	3,82%
%, interessi equity	k_E	9,00%
Aliquota IRES	IRES	24,0%
Aliquota IRAP	IRAP	3,9%
Aliquota fiscale	τ	27,90%
Anni debito (finanziamento)	n_D	15
Anni Equity	n_E	14
Costi d'Investimento diretti, IVA incl.	I_o	€ 5.587
Oneri Finanziari (costi indiretti)	%Of	3,00%
Costi d'Investimento indiretti, IVA incl.	Of	€ 168
Costi d'Investimento (diretti+Indiretti) , IVA incl.	CAPEX	€ 5.755
%CAPEX a Debito	D	80,0%
%CAPEX a Equity	E	20,00%
Debito	I_D	€ 4.604
Equity	I_E	€ 1.151

Fattore di annualità Debito	FA_D	11,41
Rata annua debito	q_D	€ 404
Costo finanziamento, $(D+INT_D)$	$q_D * n_D$	€ 6.054
Costi per interessi debito, INT_D	$INT_D = q_D * n_D - D$	€ 1.450

Tabella 6.25 – Parametri Economici dell’analisi di redditività dello SCN1

PARAMETRI ECONOMICI		
Costo annuo energia pre-intervento, IVA escl.	C_{EO}	€ 2.903
Costo annuo O&M pre-intervento, IVA escl.	C_{MO}	€ 150
Spesa PA pre-intervento (Baseline)	$C_{Baseline}$	€ 3.053
Altri costi di gestione ESCo post-intervento, IVA escl.	C_{Altro}	€ -
Riduzione% costi fornitura Energia	$\% \Delta C_E$	16,3%
Riduzione% costi O&M	$\% \Delta C_M$	35,1%
Obiettivo riduzione spesa PA	$\% C_{Baseline}$	0,0%
Risparmio annuo PA garantito	45,6%	€ 291
Risparmio annuo PA immediato durante la gestione	Risp.IM	€ -
Risparmio PA durante la concessione	14%	€ 5.137
Risparmio annuo PA al termine della concessione	Risp.Term.	€ 629
N° di Canoni annuali	anni	14
Utile lordo della ESCO	$\% CAPEX$	8,77%
Costo Contrattuale ESCO €/anno IVA escl.	C_{ESCO}	€ 36
Costi FTT €/anno IVA escl.	C_{FTT}	€ 104
Costi CAPEX €/anno IVA escl.	C_{CAPEX}	€ 151
Canone O&M €/anno	CnM	€ 101
Canone Energia €/anno	CnE	€ 2.661
Canone Servizi €/anno IVA escl.	CnS	€ 2.762
Canone Disponibilità €/anno IVA escl.	CnD	€ 291
Canone Totale €/anno IVA escl.	Cn	€ 3.053
Aliquota IVA %	IVA	22%
Rimborso erariale IVA	R_{IVA}	€ 1.008
Ricavi da Incentivi, esenti d’IVA	R_B	€ 2.629
Durata Incentivi, anni	n_B	5
Inizio erogazione Incentivi, anno		2022

Tabella 6.26 – Risultati dell’analisi di redditività e sostenibilità finanziaria della SCN1

INDICATORI DI REDDITIVITA DEL PROGETTO PRE-IMPOSTE		Conviene
Tempo di Ritorno Semplice, $Spb = I_0 / FC$, Anni	T.R.S.	6,54
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	T.R.A.	8,40
Valore Attuale Netto, $VAN = VA - I_0$	$VAN > 0$	€ 754
Tasso interno di rendimento del progetto	$TIR > WACC$	7,25%
Indice di Profitto	IP	13,50%
INDICATORI DI REDDITIVITA DELLA ESCO PRE-IMPOSTE		Conviene
Tempo di Ritorno Semplice, $Spb = I_0 / FC$, Anni	T.R.S.	2,09
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	T.R.A.	2,29
Valore Attuale Netto, $VAN = VA - I_0$	$VAN > 0$	€ 1.116
Tasso interno di rendimento dell’azionista	$TIR > ke$	63,40%
Debit Service Cover Ratio	$DSCR < 1,3$	1,356

E 554 –SCUOLA VESPERTINA “STAGLIENO”

Loan Life Cover Ratio	LLCR > 1	0,515
Indice di Profitto Azionista	IP	19,97%

Figura 6.24 –SCN1: Flussi di cassa del progetto

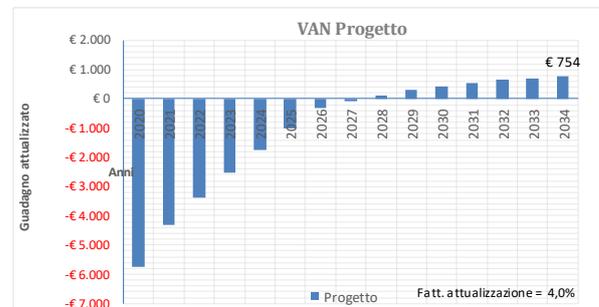
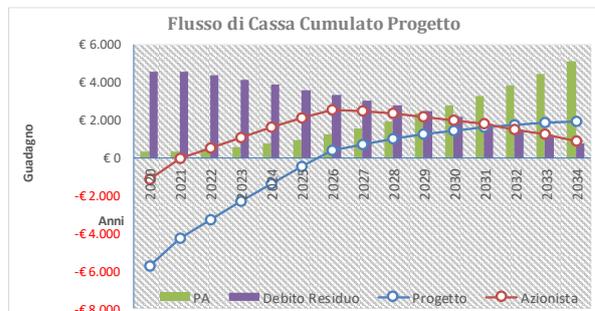
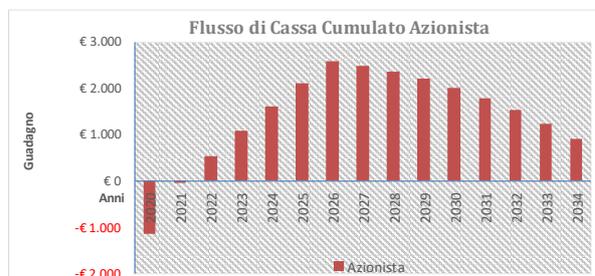
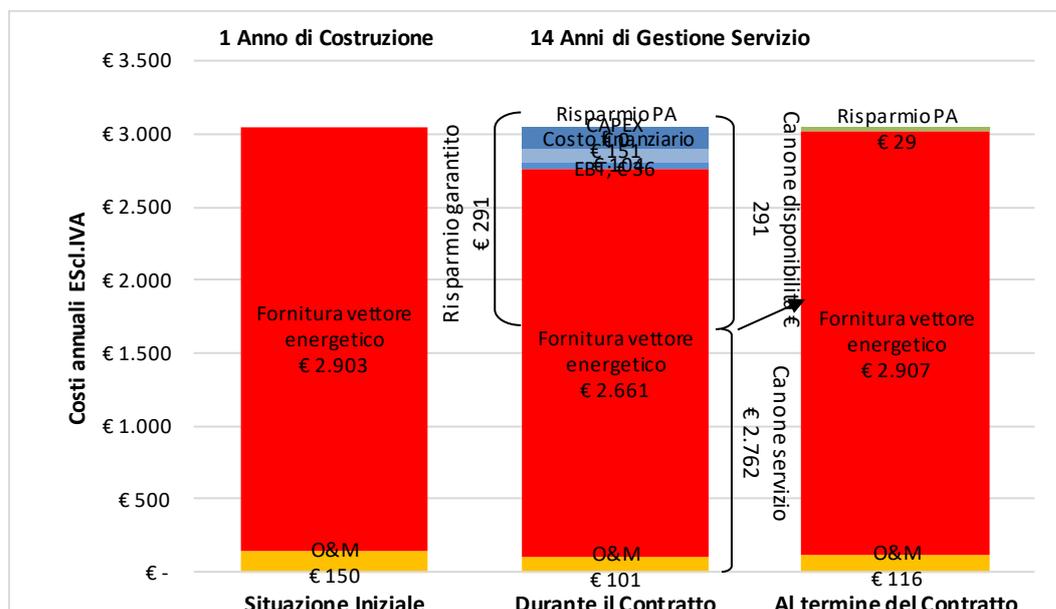


Figura 6.25 –SCN1: Flussi di cassa dell'azionista



Dall'analisi effettuata è emerso che l'investimento risulta remunerativo. 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 9.8.

Figura 6.26 – Scenario 1:Schema di Energy Performance Contract



9.3.1 Scenario 2

La realizzazione dello scenario 2 consiste nella combinazione delle EEM di seguito elencate: SCN1 in aggiunta alla EEM4 sostituzione illuminazione con led

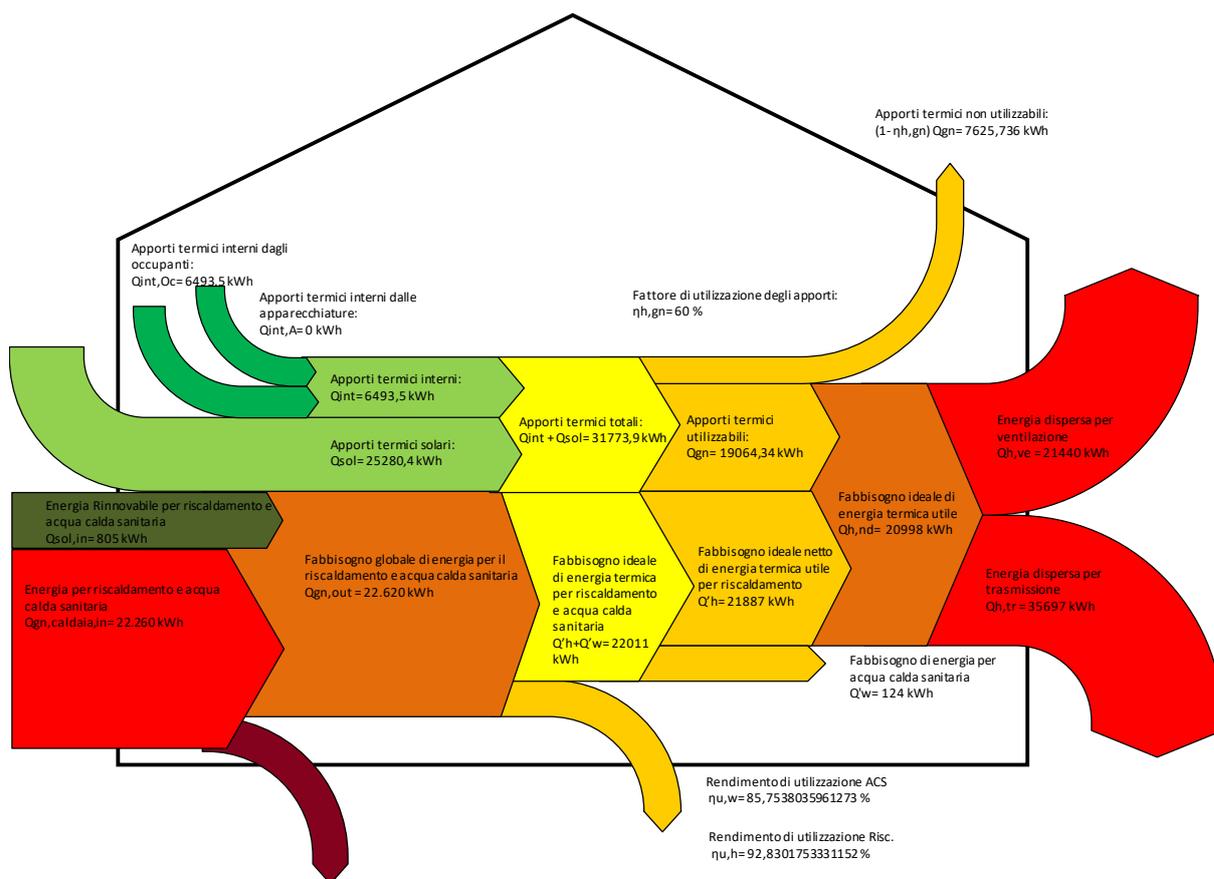
Tabella 6.27 – Combinazione di EEM proposta per lo scenario 2

VOCE INVESTIMENTO	TOTALE (IVA ESCLUSA)	IVA AL 22%	TOTALE (IVA INCLUSA)
	[€]	[€]	[€]
EEM1 Fornitura & Posa	€ 2.304	€ 507	€ 2.811
EEM3 Fornitura & Posa	€ 4.580	€ 1.008	€ 5.587
TOTALE (I₀)	€ 6.884	€ 1.514	€ 8.398
VOCE MANUTENZIONE	C _{MIO} (IVA INCLUSA)	C _{MS} (IVA INCLUSA)	C _M (IVA INCLUSA)
	[€]	[€]	[€]
EEM1 O&M	€ 100,7	€ 316,0	€ 416,7
EEM3 O&M	€ 100,7	€ 315,0	€ 415,7

MEDIA (C _M)		
VOCE INCENTIVO	DESCRIZIONE	TOTALE (IVA INCLUSA)
		[€]
Incentivi	[Conto termico]	€ 2.629
Durata incentivi		5
Incentivo annuo		€ 526

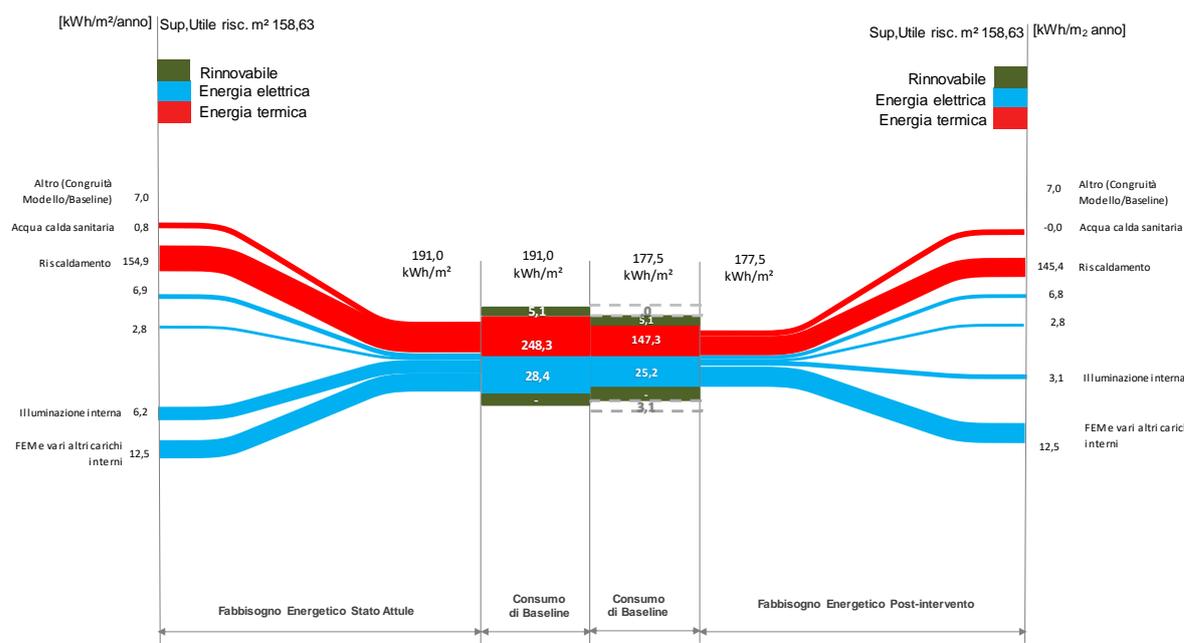
A seguito della modellazione dei due scenari ottimali è stato possibile rappresentare i risultati del bilancio energetico termico nella forma di diagramma di sankey relativo alle situazioni post-intervento.

Figura 6.27 – SCN2: Diagramma di Sankey relativo al fabbisogno termico post intervento



Dall'analisi dei diagrammi di Sankey relativo al fabbisogno termico dell'edificio post intervento è possibile notare che il fabbisogno globale di energia è diminuito rispetto alla situazione iniziale.. La quota di energia dispersa per trasmissione è ancora superiore a quella dispersa per ventilazione, dato che non è prevista nessuna misura atta a migliorare l'isolamento dell'edificio.

Figura 6.28 – SCN2: Bilancio energetico complessivo dell'edificio post intervento



I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione dello Scenario 2 sono riportati nella [Tabella 6.23](#) e nella [Figura 6.23](#)

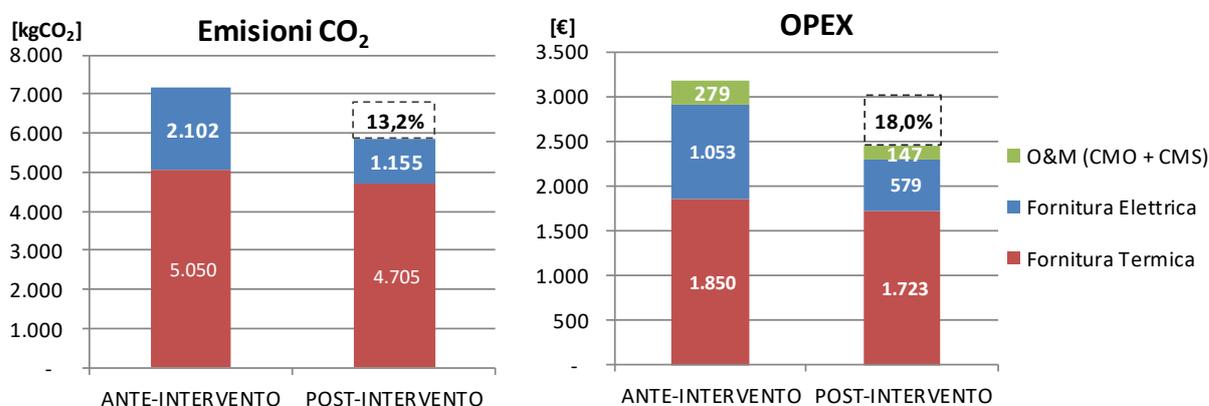
Tabella 6.28 – Risultati analisi SCN2: SCN

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE %
Rendimento di regolazione	[%]	92	99	-7,6%
Potenza installata	[w]	1000	500	50,0%
$Q_{teorico}$	[kWh]	23.894	22.260	6,8%
$EE_{teorico}$	[kWh]	4.550	2.500	45,1%
$Q_{baseline}$	[kWh]	25.000	23.290	6,8%
$EE_{baseline}$	[kWh]	4.500	2.473	45,1%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	5.050	4.705	6,8%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	2.102	1.155	45,1%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	7.152	5.859	18,1%
Fornitura Termica, C_Q	[€]	1.850	1.723	6,8%
Fornitura Elettrica, C_{EE}	[€]	1.053	579	45,1%
Fornitura Energia, C_E	[€]	2.903	2.302	20,7%
C_{MO}	[€]	119	83	30,0%
C_{MS}	[€]	160	64	60,0%
O&M ($C_{MO} + C_{MS}$)	[€]	279	147	47,2%
OPEX	[€]	3.182	2.449	23,0%
Classe energetica	[-]	F	C	+ classi
Rendimento di regolazione	[%]	92	99	-7,6%

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 [kgCO₂/kWh] per il vettore elettrico.

I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,074[€/kWh]per il vettore termico e 0.234 [€/kWh] per il vettore elettrico.

Figura 6.29 - 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 6.24](#), [Tabella 6.25](#) e [Tabella 6.26](#) e nelle successive figure.

Tabella 6.29 – Parametri finanziari dell'analisi di redditività dello SCN2

PARAMETRI FINANZIARI		
Anni Costruzione	n_i	1
Anni Gestione Servizio	n_s	24
Anni Concessione	n	25
Anno inizio Concessione	n_o	2020
Anni dell'ammortamento	n_A	10
Saggio Cassa Deposito e Prestiti	k_{CdP}	2,00%
Costo Capitale Azienda	WACC	4,00%
$k_{progetto} = \text{Max}(WACC; k_{CdP})$	$k_{progetto}$	4,00%
Inflazione ISTAT	f	0,50%
deriva dell'inflazione	f'	0,70%
%, interessi debito	k_D	3,82%
%, interessi equity	k_E	9,00%
Aliquota IRES	IRES	24,0%
Aliquota IRAP	IRAP	3,9%
Aliquota fiscale	τ	27,90%
Anni debito (finanziamento)	n_D	25
Anni Equity	n_E	24
Costi d'Investimento diretti, IVA incl.	I_o	€ 8.398
Oneri Finanziari (costi indiretti)	%Of	3,00%
Costi d'Investimento indiretti, IVA incl.	Of	€ 252
Costi d'Investimento (diretti+Indiretti) , IVA incl.	CAPEX	€ 8.650
%CAPEX a Debito	D	80,0%
%CAPEX a Equity	E	20,00%
Debito	I_D	€ 6.920
Equity	I_E	€ 1.730
Fattore di annualità Debito	FA_D	16,09

Rata annua debito	q_D	€	430
Costo finanziamento, (D+INT _D)	$q_D * n_D$	€	10.750
Costi per interessi debito, INT _D	$INT_D = q_D * n_D - D$	€	3.830

Tabella 6.30 – Parametri Economici dell’analisi di redditività dello SCN2

PARAMETRI ECONOMICI			
Costo annuo energia pre-intervento, IVA escl.	C_{E0}	€	2.903
Costo annuo O&M pre-intervento, IVA escl.	C_{M0}	€	150
Spesa PA pre-intervento (Baseline)	$C_{Baseline}$	€	3.053
Altri costi di gestione ESCo post-intervento, IVA escl.	C_{Altro}	€	-
Riduzione% costi fornitura Energia	$\% \Delta C_E$		20,7%
Riduzione% costi O&M	$\% \Delta C_M$		47,2%
Obiettivo riduzione spesa PA	$\% C_{Baseline}$		0,0%
Risparmio annuo PA garantito	45,6%	€	286
Risparmio annuo PA immediato durante la gestione	Risp.IM	€	-
Risparmio PA durante la concessione	14%	€	14.744
Risparmio annuo PA al termine della concessione	Risp.Term.	€	906
N° di Canoni annuali	anni		24
Utile lordo della ESCO	%CAPEX		-17,00%
Costo Contrattuale ESCO €/anno IVA escl.	C_{ESCO}	-€	61
Costi FTT €/anno IVA escl.	C_{FTT}	€	160
Costi CAPEX €/anno IVA escl.	C_{CAPEX}	€	188
Canone O&M €/anno	C_{nM}	€	84
Canone Energia €/anno	C_{nE}	€	2.683
Canone Servizi €/anno IVA escl.	C_{nS}	€	2.767
Canone Disponibilità €/anno IVA escl.	C_{nD}	€	286
Canone Totale €/anno IVA escl.	C_n	€	3.053
Aliquota IVA %	IVA		22%
Rimborso erariale IVA	R_{IVA}	€	1.514
Ricavi da Incentivi, esenti d'IVA	R_B	€	2.629
Durata Incentivi, anni	n_B		5
Inizio erogazione Incentivi, anno			2022

Tabella 6.31 – Risultati dell’analisi di redditività e sostenibilità finanziaria della SCN1

INDICATORI DI REDDITIVITA DEL PROGETTO PRE-IMPOSTE		Convieni
Tempo di Ritorno Semplice, Spb = Io / FC, Anni	T.R.S.	9,43
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	T.R.A.	14,92
Valore Attuale Netto, VAN = VA - Io	VAN > 0	€ 332
Tasso interno di rendimento del progetto	TIR > WACC	4,81%
Indice di Profitto	IP	3,95%
INDICATORI DI REDDITIVITA DELLA ESCO PRE-IMPOSTE		Non Convieni
Tempo di Ritorno Semplice, Spb = Io / FC, Anni	T.R.S.	1,72
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	T.R.A.	2,24
Valore Attuale Netto, VAN = VA - Io	VAN > 0	€ 1.344
Tasso interno di rendimento dell'azionista	TIR > ke	1,90%
Debit Service Cover Ratio	DSCR < 1,3	1,050
Loan Life Cover Ratio	LLCR > 1	0,291

Indice di Profitto Azionista

IP

16,01%

Figura 6.30 –SCN1: Flussi di cassa del progetto

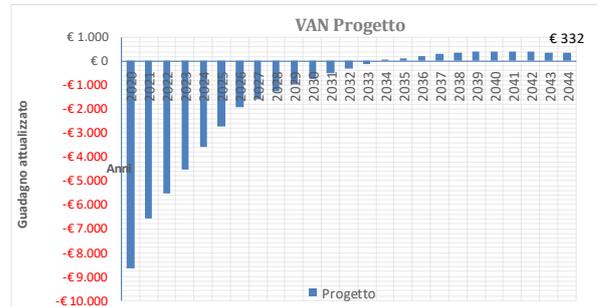
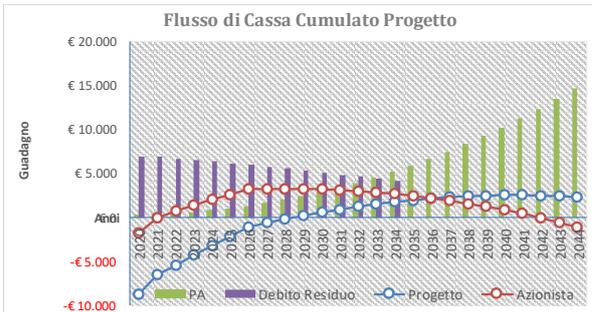
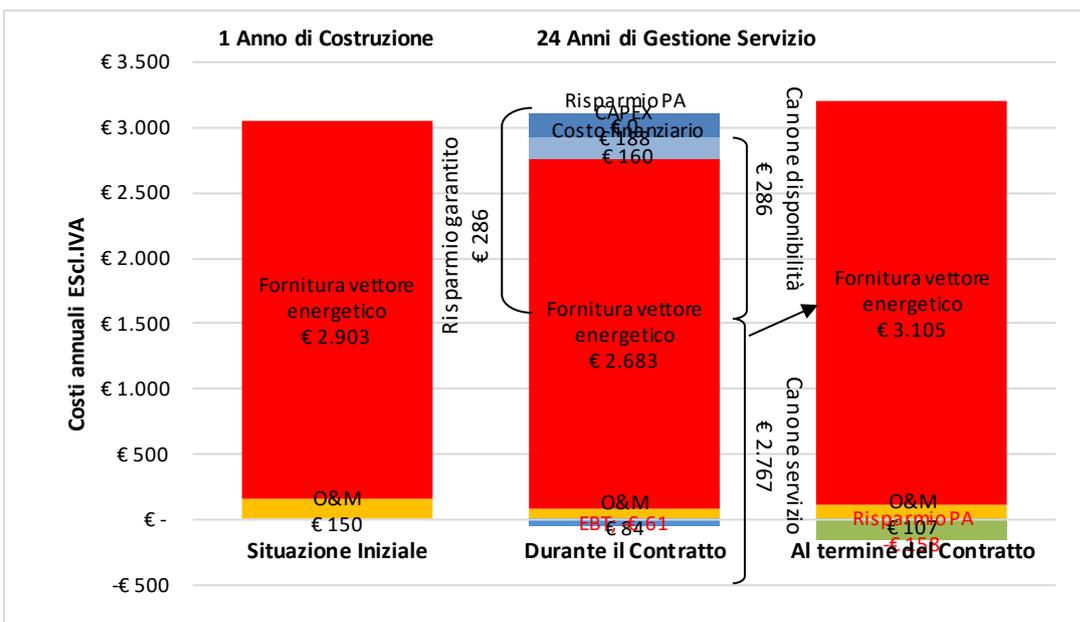


Figura 6.31 –SCN1: Flussi di cassa dell'azionista



Dall’analisi effettuata è emerso che l’investimento risulta remunerativo. 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 9.8.

Figura 6.32 – Scenario 2:Schema di Energy Performance Contract



10 CONCLUSIONI

L'audit energetico ha messo in evidenza una ridotta efficienza energetica dell'immobile legata ad un basso livello di isolamento da parte dell'involucro e da impianti dotati di livelli prestazionali ridotti. Gli indicatori energetici di performance hanno confermato che i consumi risultano elevati confrontati coi valori di benchmark di riferimento.

La maggior parte dei consumi energetici è da attribuire al riscaldamento degli ambienti e all'illuminazione degli stessi, motivo per cui gli interventi proposti sono stati indirizzati alla riduzione del fabbisogno ad essi associato.

Gli interventi proposti hanno riguardato:

1. la sostituzione dell'attuale generatore di calore con altro a condensazione ad alta efficienza;
2. l'installazione di valvole termostatiche;
3. La sostituzione delle chiusure trasparenti con altre di migliori prestazioni;
4. l'installazione di un sistema di illuminazione a tecnologia LED.

La fattibilità tecnico-economica ha messo in evidenza che gli interventi più interessanti sono rappresentati dall'installazione di lampade a led e di valvole termostatiche ai radiatori.

Per la valutazione e la verifica dei risparmi energetici ottenibili dagli interventi di efficientamento proposti si consiglia di installare un sistema di monitoraggio (es: contatori termici e analizzatore dei consumi sul quadro elettrico principale) per quantificare l'effettivo risparmio conseguente.

10.1 RIASSUNTO DEGLI INDICI DI PERFORMANCE ENERGETICA

Gli indici di performance sono riassunti e riportati nell'allegato M – Report di Benchmark.

10.2 RIASSUNTO DEGLI SCENARI DI INVESTIMENTO E DEI PRINCIPALI RISULTATI

Dalle analisi effettuate risulta che l'investimento previsto nello scenario SCN2 risulta essere remunerativo.

ALLEGATO A – ELENCO DOCUMENTAZIONE FORNITA DALLA COMMITTENZA

Titolo	Data	Nome file
Elenco documentazione fornita	19/03/2018	ALLEGATO A_DE_Lotto.4 - E554.pdf

ALLEGATO B – ELABORATI

Titolo	Data	Nome file
Elenco elaborati prodotti e consegnati alla PA	19/03/2018	ALLEGATO B_DE_Lotto.4 - E554.pdf

ALLEGATO C – REPORT DI INDAGINE TERMOGRAFICA

Titolo	Data	Nome file
Report di indagine termografica effettuato in sede di sopralluogo	19/03/2018	ALLEGATO C_DE_Lotto.4 - E554.pdf

ALLEGATO D – REPORT RELATIVI AD ALTRE PROVE DIAGNOSTICHE STRUMENTALI

Non è stata svolta nessun'altra prova diagnostica strumentale.

ALLEGATO E – RELAZIONE DI DETTAGLIO DEI CALCOLI

Titolo	Data	Nome file
Relazione di calcolo per il modello standard rilasciata dal software Termo	19/03/2018	ALLEGATO E_DE_Lotto.4 - E554.pdf

ALLEGATO F – CERTIFICATO CTI SOFTWARE

Titolo	Data	Nome file
Certificato software Termo	19/03/2018	ALLEGATO F_DE_Lotto.4 - E554.pdf

ALLEGATO G – ATTESTATO DI PRESTAZIONE ENERGETICA

Titolo	Data	Nome file
Attestato di prestazione energetica dell'edificio	19/03/2018	ALLEGATO G_DE_Lotto.4 - E554.pdf

ALLEGATO H – BOZZA DI APE SCENARI

Titolo	Data	Nome file
Bozza di APE scenario 1	19/03/2018	ALLEGATO H_DE_Lotto.4 - E554_SCN1
Bozza di APE scenario 2	19/03/2018	ALLEGATO H_DE_Lotto.4 - E554_SCN2

ALLEGATO I – DATI CLIMATICI

Titolo	Data	Nome file
File di calcolo dei dati climatici utilizzati nella diagnosi	19/03/2018	GG_Lotto.4-E554.Rev01.xlsx

ALLEGATO J – SCHEDE DI AUDIT

Titolo	Data	Nome file
Schede di audit in formato excel	19/03/2018	E554_Scheda Audit_Template_rev.1.xlsx

ALLEGATO K – SCHEDE ORE

Titolo	Data	Nome file
Schede ORE relative agli interventi proposti	19/03/2018	ALLEGATO K_DE_Lotto.4 - E554.pdf

ALLEGATO L – PIANO ECONOMICO FINANZIARIO SCENARI

Titolo	Data	Nome file
Foglio di calcolo relativo agli scenari proposti	19/03/2018	AnalisiPEF_rev05_E554.xlsx

ALLEGATO M – REPORT DI BENCHMARK

Titolo	Data	Nome file
Report di Benchmark	19/03/2018	ALLEGATO M_DE_Lotto.4 - E554.pdf

ALLEGATO N – CD-ROM