

SEDE DI ASSOCIAZIONI VARIE

E1363

Via San Giorgio 1, Genova

RAPPORTO DI DIAGNOSI ENERGETICA

FONDO KYOTO - SCUOLA 3



Luglio/2018

COMUNE DI GENOVA
STRUTTURA DI STAFF - ENERGY MANAGER



COMUNE DI GENOVA

ATI:



(mandataria)



(mandante)

SEDE DI ASSOCIAZIONI VARIE

E1363

Via San Giorgio 1, Genova

RAPPORTO DI DIAGNOSI ENERGETICA

FONDO KYOTO - SCUOLA 3

Luglio/2018

COMUNE DI GENOVA

STRUTTURA DI STAFF - ENERGY MANAGER

Comune di Genova – Area Tecnica – Struttura di Staff Energy Manager

Via Di Francia 1 – 18° Piano Matitone – 16149 – Genova

Tel 010 5573560 – 5573855; energymanager@comune.genova.it; www.comune.genova.it

Energynet s.r.l.

Viale Muratori 201 – 41124 – Modena

Tel 059 211085 – info@energynet.it

More Energy s.r.l.

Via Ragazzi del '99 39 – 42124 - Reggio Emilia

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

REGISTRO REVISIONI E PUBBLICAZIONI

Revisione	Data	Realizzazione	Revisione	Approvazione	Descrizione
A	31/05/2018	Guerra Michela	Paradisi Irene Guerra Luigi	Magni Saverio	Prima Pubblicazione
		Restani Ornella			
		Venturelli Simone			

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

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

INDICE

PAGINA

REGISTRO REVISIONI E PUBBLICAZIONI	3
INDICE.....	I
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	7
2.3 VERIFICA DEI VINCOLI INTERFERENTI SULLE PARTI DELL'IMMOBILE INTERESSATE DAGLI 'INTERVENTI.....	8
2.4 MODALITÀ DI GESTIONE E MANUTENZIONE DI EDIFICI ED IMPIANTO.....	9
3 DATI CLIMATICI	12
3.1 DATI CLIMATICI DI RIFERIMENTO.....	12
3.2 DATI CLIMATICI REALI.....	13
3.3 ANALISI DELL'ANDAMENTO DEI DATI CLIMATICI E PROFILI ANNUALI DEI GRADI GIORNO	13
4 AUDIT EDIFICIO E IMPIANTI ELETTRICI E MECCANICI	15
4.1 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE DELL'INVOLUCRO EDILIZIO.....	15
4.1.1 <i>Involucro opaco</i>	15
4.1.2 <i>Involucro trasparente</i>	16
4.2 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO DI RISCALDAMENTO/CLIMATIZZAZIONE INVERNALE.....	17
4.2.1 <i>Sottosistema di emissione</i>	17
4.2.2 <i>Sottosistema di regolazione</i>	19
4.2.3 <i>Sottosistema di distribuzione</i>	20
4.2.4 <i>Sottosistema di generazione</i>	20
4.3 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO PRODUZIONE ACQUA CALDA SANITARIA	21
4.4 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO DI RAFFRESCAMENTO/CLIMATIZZAZIONE ESTIVA	22
4.5 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO ELETTRICO E PRINCIPALI UTENZE ELETTRICHE	23
4.6 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO ILLUMINAZIONE	23
5 CONSUMI RILEVATI	24
5.1 CONSUMI ENERGETICI STORICI PER CIASCUN VETTORE E CONNESSIONE ALLE RETI GAS NATURALE ED ELETTRICA.....	24
5.1.1 <i>Energia elettrica</i>	25
5.2 INDICATORI DI PERFORMANCE ENERGETICI ED AMBIENTALI	29
6 MODELLO DEL FABBISOGNO ENERGETICO.....	33
6.1 METODOLOGIA DI CALCOLO ADOTTATA E VALIDAZIONE DEI MODELLI DI CALCOLO	33
6.1.1 <i>Validazione del modello termico</i>	34
6.1.2 <i>Validazione del modello elettrico</i>	35
6.2 FABBISOGNI ENERGETICI.....	35
6.3 PROFILI ENERGETICI MENSILI.....	37
7 ANALISI DEI COSTI PRE-INTREVENTO.....	40
7.1 COSTI RELATIVI ALLA FORNITURA DEI VETTORI ENERGETICI	40
7.1.1 <i>Vettore elettrico</i>	40
7.2 TARIFFE E PREZZI VETTORI ENERGETICI UTILIZZATI NELL'ANALISI.....	45
7.3 COSTI DI GESTIONE E MANUTENZIONE DI EDIFICIO ED IMPIANTI.....	46

7.4	BASLINE DEI COSTI.....	47
8	IDENTIFICAZIONE DELLE MISURE DI EFFICIENZA ENERGETICA	49
8.1	DESCRIZIONE, FATTIBILITÀ E PRESTAZIONI DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI	49
8.1.1	<i>Involucro edilizio</i>	49
8.1.2	<i>Impianto di illuminazione ed impianto elettrico</i>	50
8.1.3	<i>Impianto di generazione da fonti rinnovabili.....</i>	52
9	VALUTAZIONE ECONOMICO-FINANZIARIA.....	54
9.1	ANALISI DEI COSTI DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI CONSIDERATI FATTIBILI	54
9.2	ANALISI DI CONVENIENZA DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI CONSIDERATI FATTIBILI	55
SINTESI		60
9.3	IDENTIFICAZIONE DELLE SOLUZIONI INTEGRATE D'INTERVENTO E SCENARI D'INVESTIMENTO	61
9.3.1	<i>Scenario 1: EEM1+EEM3.....</i>	63
9.3.2	<i>Scenario 2: EEM1+EEM2+EEM3.....</i>	68
10	CONCLUSIONI	75
10.1	RIASSUNTO DEGLI INDICI DI PERFORMANCE ENERGETICA	75
10.2	RIASSUNTO DEGLI SCENARI DI INVESTIMENTO E DEI PRINCIPALI RISULTATI	75
10.3	CONCLUSIONI E COMMENTI.....	75
ALLEGATO A – ELENCO DOCUMENTAZIONE FORNITA DALLA COMMITTENZA.....		A
ALLEGATO B – ELABORATI		A
ALLEGATO C – REPORT DI INDAGINE TERMOGRAFICA		1
ALLEGATO D – REPORT RELATIVI AD ALTRE PROVE DIAGNOSTICHE STRUMENTALI		1
ALLEGATO E – RELAZIONE DI DETTAGLIO DEI CALCOLI		1
ALLEGATO F – CERTIFICATO CTI SOFTWARE		1
ALLEGATO G – ATTESTATO DI PRESTAZIONE ENERGETICA		1
ALLEGATO H – BOZZA DI APE SCENARI.....		1
ALLEGATO I – DATI CLIMATICI.....		1
ALLEGATO J – SCHEDE DI AUDIT.....		1
ALLEGATO K – SCHEDE ORE.....		1
ALLEGATO L – PIANO ECONOMICO FINANZIARIO SCENARI		1
ALLEGATO M – REPORT DI BENCHMARK.....		1
ALLEGATO N – CD-ROM		1

EXECUTIVE SUMMARY

Caratteristiche dell'edificio oggetto della DE

Tabella 0.1 - Tabella riepilogativa dei dati dell'edificio

PARAMENTO	U.M.	VALORE
Anno di costruzione edificio		1800
Anno di ristrutturazione		2016
Zona climatica		D
Destinazione d'uso		E.7 Att. Scolastiche
Superficie utile riscaldata	[m ²]	614,34]
Superficie disperdente (S)	[m ²]	999,52
Volume lordo riscaldato (V)	[m ³]	2.864,29
Rapporto S/V	[1/m]	0,35
Superficie lorda aree interne (scaldate e non scaldate)	[m ²]	2.846,53
Superficie lorda aree esterne	[m ²]	0
Superficie lorda complessiva (aree interne ed esterne)	[m ²]	2.846,53
Tipologia generatore riscaldamento		Pompa di calore
Potenza totale impianto riscaldamento	[kW]	55,20
Potenza totale impianto raffrescamento	[kW]	55,20
Tipo di combustibile		Energia Elettrica
Tipologia generatore Acqua Calda sanitaria (ACS)		Boiler Elettrici
Emissioni CO2 di riferimento ⁽¹⁾	[t/anno]	24,72
Consumo di riferimento Gas Metano ⁽¹⁾	[kWh _{th} /anno]	0
Spesa annuale Gas Metano ⁽¹⁾	[€/anno]	0
Consumo di riferimento energia elettrica ⁽¹⁾	[kWh _{el} /anno]	70.938
Spesa annuale energia elettrica ⁽¹⁾	[€/anno]	15.189

Nota (1): Valori di Baseline

Descrizione delle Misure di efficienza energetica proposte:

- EEM 1: Cappotto interno
- EEM 2: Installazione pannelli fotovoltaici
- EEM 3: Installazione lampade a LED a basso consumo
- SCN1: EEM1+EEM3
- SCN2: EEM1+EEM2+EEM3

Si sottolinea come i dati inseriti nella Tabella 0.1 possono discostare da quelli riportati sulla APE in quanto, in base alla normativa, in modalità standard i locali non climatizzati della struttura sono stati considerati climatizzati inserendo un generatore per il riscaldamento ed un generatore per ACS standard.

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	VAN	TIR	IP	DSCR	LLCR
[%]	[%]	[€/anno]	[€/anno]	[€/anno]	[€]	[anni]	[anni]	[€]	[%]	[-]	[-]	[-]

E1363 – Sede di Associazioni Varie

EEM 1	4,99%	4,99%	757,77	287,03	31,89	20.789,59	10,53	13,98	7.054,8	8,35%	0,34	-	-
EEM 2	49,03%	49,03%	7.447,14	287,03	31,89	81.861,39	10,31	13,63	54.752,5	9,13%	0,67	-	-
EEM 3	11,00%	11,00%	1.671,41	287,03	31,89	35.789,18	9,68	12,87	14.682,5	9,11%	0,41	-	-
SCN1	15,99%	15,99%	2.429,17	287,03	31,89	56.579,00	9,55	16,04	654,8	3,65%	0,01	1,07	1,16
SCN2	65,02%	65,02%	9.876,32	287,03	31,89	138.440,00	11,43	15,62	32.875,7	7,06%	0,24	1,15	3,48

Figura 0.1 – Scenario 1: analisi finanziaria

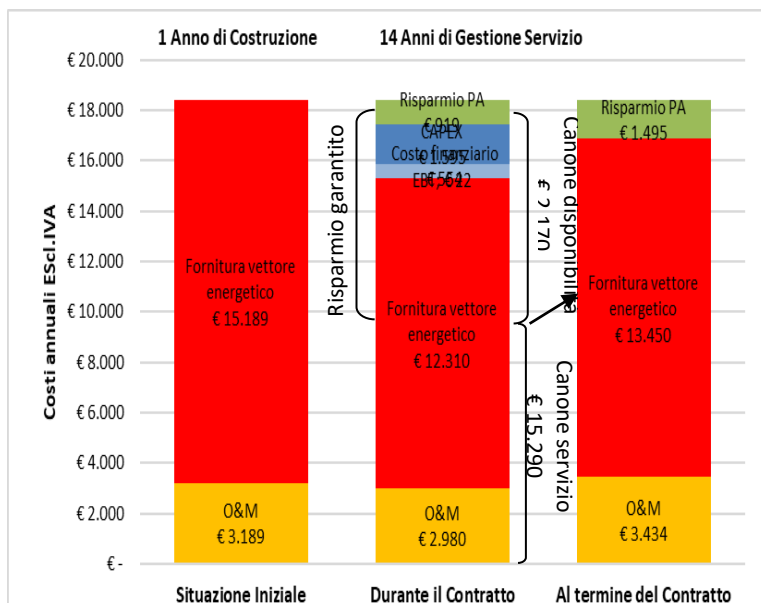
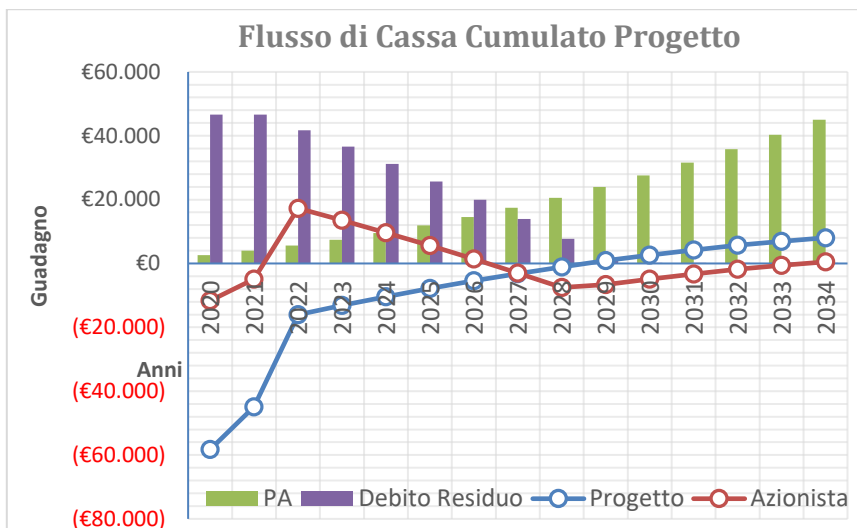
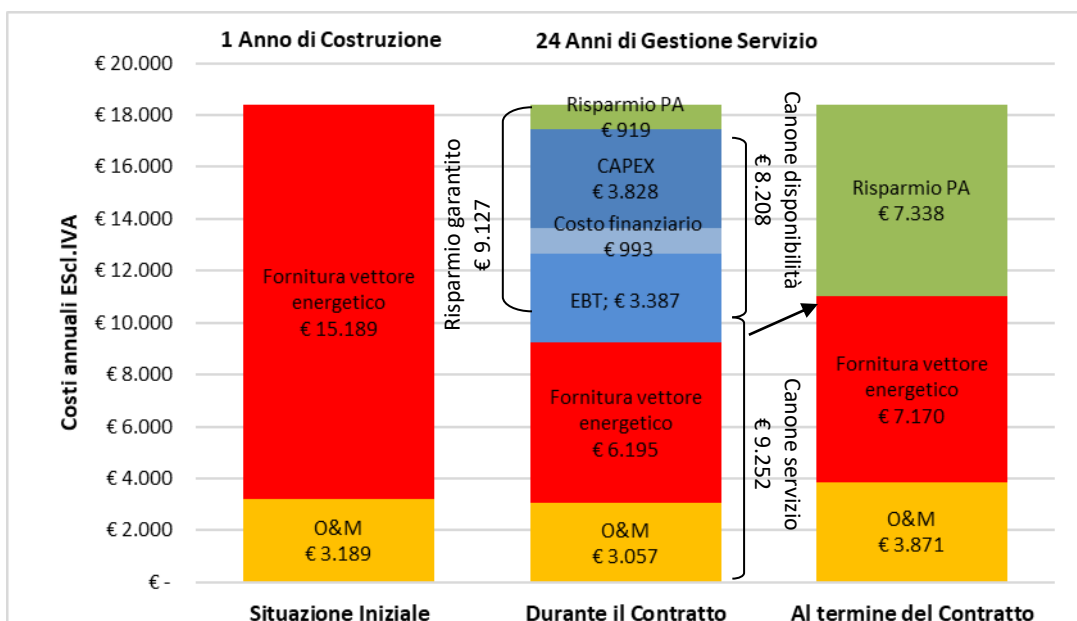
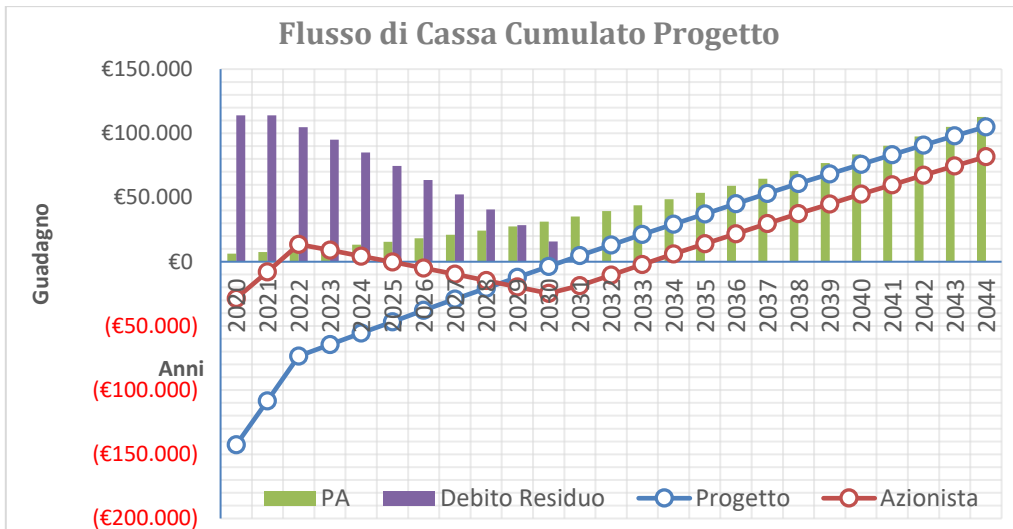


Figura 0.2 – Scenario 2: analisi finanziaria



1 INTRODUZIONE

1.1 PREMESSA

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

Figura 1.1 - Vista della facciata d'ingresso



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

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

1.2 SCOPO DELLA DIAGNOSI ENERGETICA

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

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

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

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

1.3 RIFERIMENTO E CONTATTI AUDITOR E PERSONALE COINVOLTO

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

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
Ornella Restani		Sopralluogo in sito
Simone Venturelli		Elaborazione dei dati relativi ai consumi energetici
Simone Venturelli		Elaborazione dei dati geometrici ed alla creazione del modello energetico
Ornella Restani		Validazione modello energetico e stesura relazioni
Michela Guerra		Preparazione elaborati grafici
Irene Paradisi	Responsabile involucro	Revisione report di diagnosi energetica
Luigi Guerra	Responsabile impianti	Revisione report di diagnosi energetica
Saverio Magni	EGE	Approvazione report di diagnosi energetica

1.4 IDENTIFICAZIONE DELL'EDIFICIO

L'immobile oggetto della DE, catastalmente individuato al NCEU F.84 Mapp. 28 è sito nel Comune di Genova e più precisamente tra il quartiere molo e porto antico.

L'edificio è di proprietà del Comune di Genova ed è attualmente adibito a sede di varie associazioni, uffici. All'interno della struttura è presente anche una scuola attualmente dismessa.

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		1800
Anno di ristrutturazione		2016
Zona climatica		D
Destinazione d'uso		E.7 Att. Scolastiche
Superficie utile riscaldata	[m ²]	614,34]
Superficie disperdente (S)	[m ²]	999,52
Volume lordo riscaldato (V)	[m ³]	2.864,29
Rapporto S/V	[1/m]	0,35
Superficie lorda aree interne (scaldate e non scaldate)	[m ²]	2.846,53
Superficie lorda aree esterne	[m ²]	0
Superficie lorda complessiva (aree interne ed esterne)	[m ²]	2.846,53
Tipologia generatore riscaldamento		Pompa di calore
Potenza totale impianto riscaldamento	[kW]	55,20

Potenza totale impianto raffrescamento	[kW]	55,20
Tipo di combustibile		Energia Elettrica
Tipologia generatore Acqua Calda sanitaria (ACS)		Boiler Elettrici
Emissioni CO2 di riferimento ⁽¹⁾	[t/anno]	24,72
Consumo di riferimento Gas Metano ⁽¹⁾	[kWh _{th} /anno]	0
Spesa annuale Gas Metano ⁽¹⁾	[€/anno]	0
Consumo di riferimento energia elettrica ⁽¹⁾	[kWh _{el} /anno]	70.938
Spesa annuale energia elettrica ⁽¹⁾	[€/anno]	15.189

Nota (1): Valori di Baseline

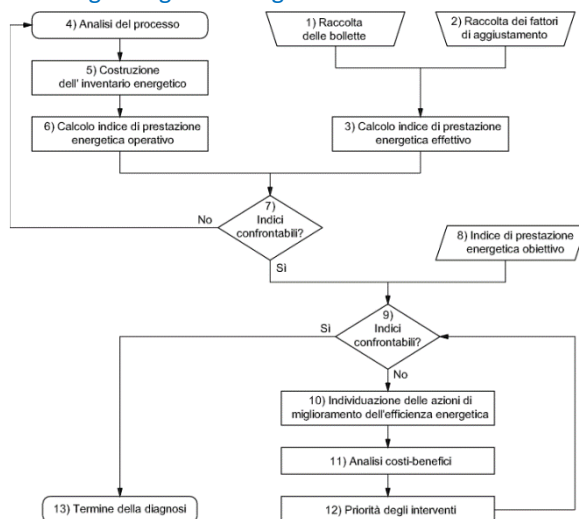
1.5 METODOLOGIA DI LAVORO

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

- a) Acquisizione della documentazione utile, fornita dalla PA, come riportato all'Allegato A – Elenco documentazione fornita dalla committenza;
- 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 04/12/2017 con verifica degli elaborati forniti e rilievo dei dati relativi alle caratteristiche degli elementi disperdenti ed impiantistici costituenti il sistema edificio-impianto;
- d) Visita alla centrale termica e/o frigorifera, con il supporto del personale incaricato della conduzione e manutenzione degli impianti e rilevamento dei dati utili;
- 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, Assistaal, Assopetroli e Assoenergia, e riportate all'Allegato J – Schede di audit;
- f) Elaborazione del comportamento termico ed elettrico dell'edificio, realizzata utilizzando il software commerciale Edilclima EC700 versione 8.17.49 in possesso di certificato di conformità rilasciato dal Comitato Termotecnico Italiano (CTI) n. 73 ai sensi del D.lgs. 192/05 e s.m.i. e riportato all'Allegato F – Certificato CTI Software;
- g) Analisi dei profili annuali di consumi e costi dei servizi energetici reali dell'edificio, comprensivi della fornitura dei vettori energetici sia elettrici che di gas e degli oneri di O&M, relativamente alle annualità 2014-2015-2016;
- h) Analisi dei dati climatici reali del sito ove è ubicato l'edificio con conseguente calcolo dei Gradi Giorno reali (GG_{real}), utilizzando le temperature esterne rilevate dalla stazione meteo ARPAL e riportati all'Allegato I – Dati climatici;
- i) Individuazione della “baseline termica” di riferimento (e relative emissioni di CO₂) tramite opportuna ripartizione del consumo di combustibile tra le varie utenze a servizio dell'edificio e destagionalizzazione dello stesso, utilizzando i relativi GG reali (GG_{real}), e conseguente normalizzazione secondo i GG di riferimento (GG_{rif});
- j) Individuazione della “baseline elettrica” di riferimento (e relative emissioni di CO₂) calcolata sulla media aritmetica dei valori relativi ai consumi elettrici reali per tre le annualità 2014, 2015, 2016;
- k) Validazione del modello elaborato mediante il confronto con le baseline energetiche, al fine di ottenere uno scostamento inferiore al 5%;
- l) Analisi delle possibili EEM necessarie per la riqualificazione energetica del sistema edificio-impianto analizzando gli aspetti tecnici, energetici, ed ambientali.

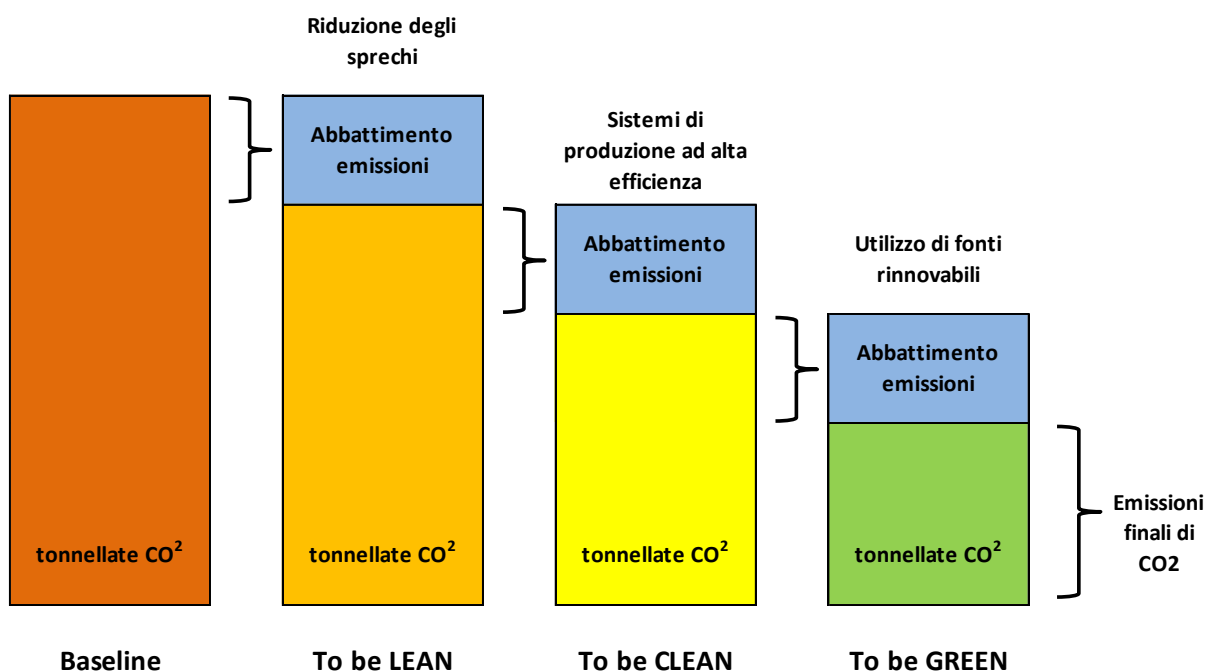
- m) Simulazione del comportamento energetico dell'edificio a seguito dell'attuazione delle varie EEM proposte singolarmente, ed individuazione della nuova classe energetica raggiungibile;
- n) Definizione di due scenari ottimali a partire dalla combinazione delle singole EEM proposte al fine di conseguire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

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



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

Figura 1.4 - Principio della Gerarchia Energetica



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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

1.6 STRUTTURA DEL REPORT

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

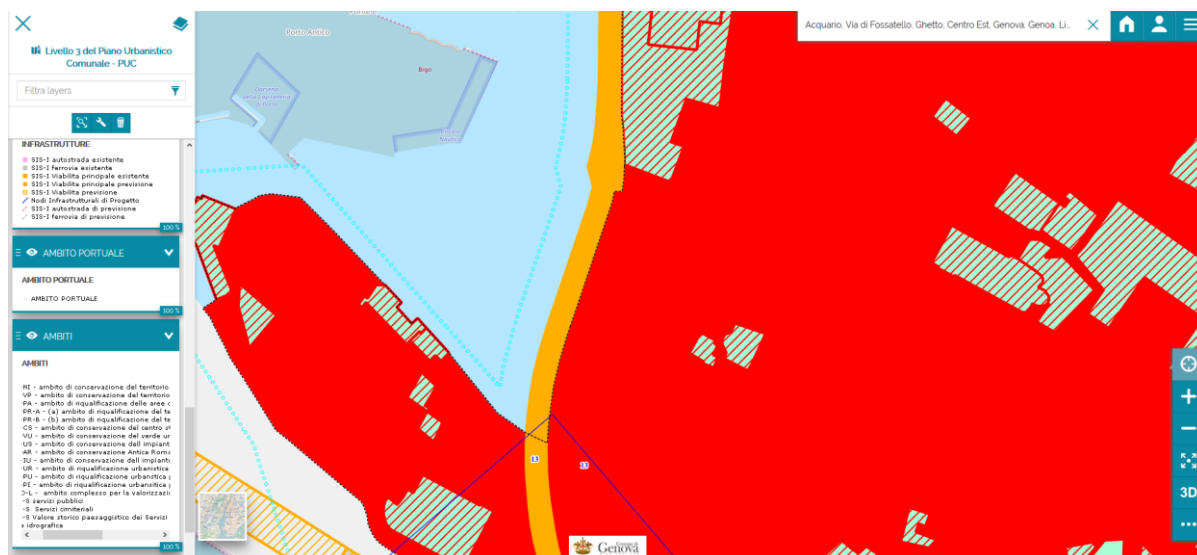
- Una prima parte nella quale sono descritti lo scopo ed i confini della DE e le metodologie di analisi adottate;
- Una seconda parte in cui sono riportate le informazioni dell'edificio rilevate in sede di sopralluogo e le valutazioni effettuate al fine di identificare le caratteristiche tecniche dei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

2 DATI DELL'EDIFICIO

2.1 INFORMAZIONI SUL SITO

Lo strumento urbanistico vigente, il P.U.C approvato con DD n° 2015/118.0.0./18 con entrata in vigore il 3/12/2015, classifica l'edificio oggetto della DE in zona urbanizzata AC-CS (ambito di conservazione del centro storico).

Figura 2.1 - Particolare estratto dal Piano Urbanistico Comunale



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

L'edificio oggetto di diagnosi risale all'incirca al 1700. Al suo interno si sviluppano attualmente diverse attività tra le quali uffici, associazioni ricreative ed attività scolastica (attualmente in disuso).

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'edificio si sviluppa su sei piani fuori terra.

Al piano terra sono presenti diversi negozi ed attività commerciali non oggetto della presente diagnosi.

Dal piano primo al piano quarto è presente una scuola che, però, al momento del sopralluogo risulta dismessa. In base alle informazioni recepite ed alla ricerche effettuate si presume che l'attività scolastica sia stata soppressa nella prima metà del 2014. Questi locali sono attualmente non riscaldati e incidono nei consumi elettrici solo per l'illuminazione di emergenza presente.

Al piano quarto e al piano quinto sono presenti gli uffici dell'attività Sviluppo Genova, recentemente restaurati ed inaugurati nel 2016. Questi locali sono sia riscaldati che raffrescati attraverso un impianto idronico a pompa di calore.

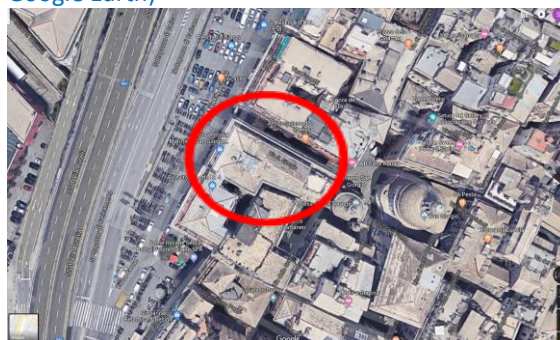
All'ultimo piano sono presenti tre distinte associazioni:

- Centro Musica (non riscaldato)
- Ufficio Tutela del Cittadino (non riscaldato)
- Associano del Coro Monte Cauriol (riscaldato e raffrescato)

Nella **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.** 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)



PIANO	UTILIZZO	U.M.	SUPERFICIE LORDA COMPLESSIVA ⁽²⁾	SUPERFICIE UTILE RISCALDATA ⁽³⁾	SUPERFICIE UTILE RAFFRESCATA ⁽³⁾
Primo	Scuola (Aule, Servizi, Cucina, Mensa)	[m ²]	455,02	346,00	0
Secondo	Scuola (Aule, Servizi)	[m ²]	484,43	368,36	0
Terzo	Scuola (Aule, Servizi)	[m ²]	509,17	387,17	0
Quarto	Scuola (Aule, Servizi) – Uffici Sviluppo Genova (Reception, Uffici, Servizi, Sala riunione)	[m ²]	493,00	374,88	148,93
Quinto	Uffici Sviluppo Genova (Reception, Uffici, Servizi, Sala riunione)	[m ²]	510,92	388,50	388,5
Sesto	Centro Musica – Coro – Ufficio Tutela Cittadino	[m ²]	395,81	300,97	76,91
TOTALE		[m ²]	2.846,53	2.164,48	614,34

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 oggetto di diagnosi, essendo situato in centro storico, risulta vincolato sulla base del PUC vigente, come visibile dalla figura che segue.

Figura 2.3 - Particolare estratto dalla carta dei vincoli

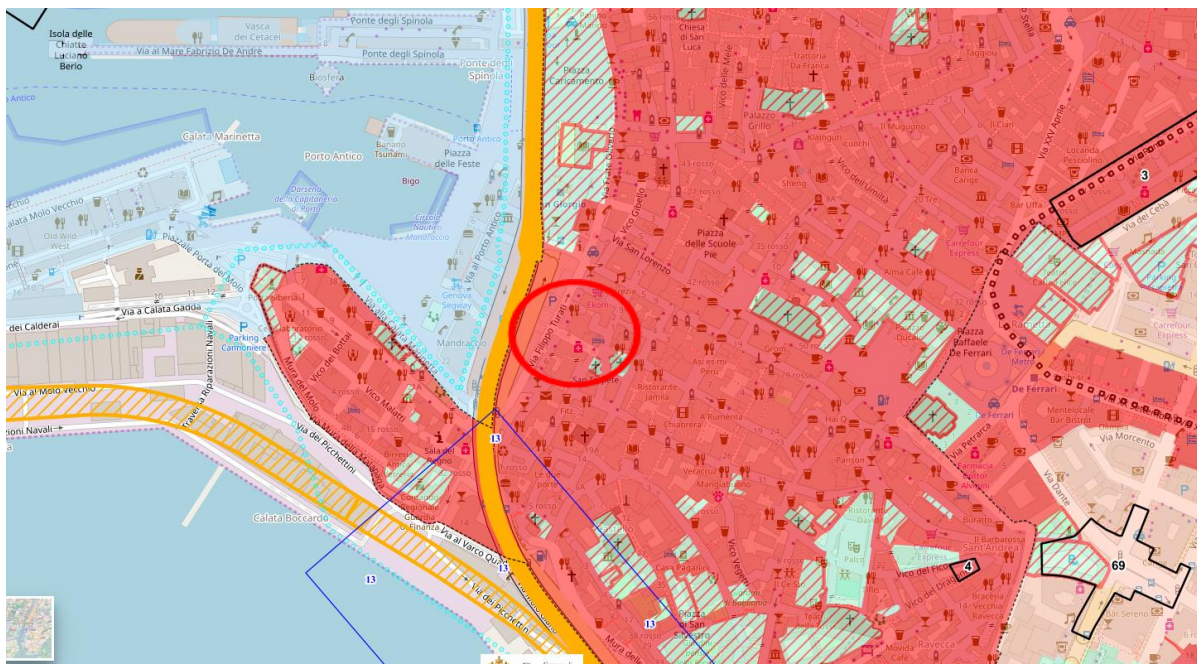


Tabella 2.1 - Misure di efficienza energetica individuate e valutazioni delle interferenze con gli attuali vincoli

MISURA DI EFFICIENZA ENERGETICA	VINCOLO INTERESSATO	VALUTAZIONE INTERFERENZA (4)	MISURA DI TUTELA DA ADOTTARE
EEM 1: Cappotto interno	-		
EEM 2: Installazione fotovoltaico	Architettonico		SSP (Scambio sul posto) altrove. Vista l'impossibilità architettonica di installare l'impianto fotovoltaico sull'edificio, si prevede un'installazione FV con connessione ad un altro POD sempre di proprietà del Comune di Genova. Il sito adatto deve essere individuato dalla PA.
EEM 3: Installazione lampade e LED a basso consumo	-		

Nota (4): Legenda livelli di interferenza:

- Non perseguibile
- Perseguibile tramite adozione misure di tutela indicate
- Interferenza nulla

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

2.4 MODALITÀ DI GESTIONE E MANUTENZIONE DI EDIFICI ED IMPIANTO

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

Nella Tabella 2.2 sono pertanto riportati gli orari di funzionamento dell'edificio e gli orari di funzionamento degli impianti termici esclusivamente per l'Ufficio sviluppo Genova, l'unica componente dell'edificio che presenta un'occupazione continuativa dei locali e l'unica con impianto di riscaldamento.

Le altre zone sono soggette ad un uso promiscuo di poche ore a settimana o non presentano alcun impianto di riscaldamento.

Per la zona del Coro si è valutata un'occupazione di due ore a settimana con esclusione dei mesi di Luglio ed Agosto.

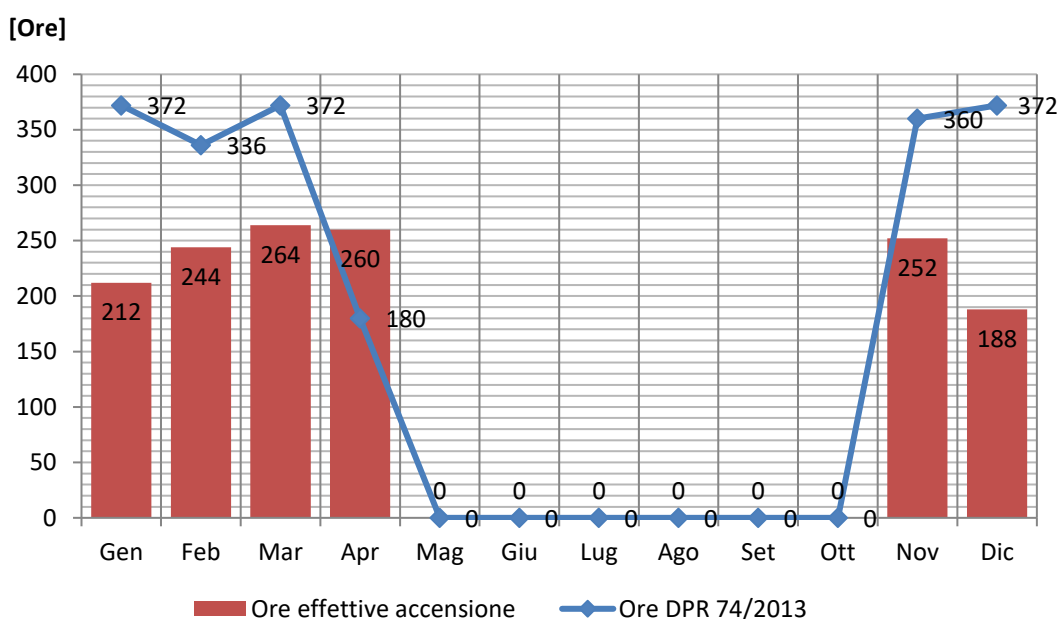
Per la zona dell'Ufficio tutela del cittadino un'occupazione di otto ore a settimana con esclusione del mese di Agosto.

Per la zona del Centro Musica un'occupazione di 40 ore a settimana con esclusione del mese di Agosto.

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

PERIODO	GIORNI SETTIMANALI	ORARIO FUNZIONAMENTO EDIFICIO	ORARIO FUNZIONAMENTO IMPIANTO
Sviluppo Genova	Dal 1 Novembre al 15 Aprile	8.30-19.00 lun-ven	7.00-19.00
Sviluppo Genova	Dal 16 Aprile al 30 Giugno	8.30-19.00 lun-ven	7.00-19.00
Sviluppo Genova	Dal 1 Settembre al 31 Ottobre	8.30-19.00 lun-ven	7.00-19.00

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 ufficio, ma vengono anticipati di circa un'ora rispetto l'apertura degli uffici.

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

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

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



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

3 DATI CLIMATICI

3.1 DATI CLIMATICI DI RIFERIMENTO

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

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

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

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

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

Considerando che il profilo di utilizzo degli impianti di riscaldamento prevede alcuni giorni di mancata accensione dell'impianto, come riportato nella Tabella 2.2, i GG sono stati ricalcolati in funzione del numero di giorni effettivi di accensione dell'impianto termico, pertanto si è ottenuto un valore di 929 GG calcolati su 112 giorni effettivi di utilizzo dell'impianto di riscaldamento.

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

I GG così calcolati definiscono i GG_{rif} ai fini del processo di normalizzazione di cui al capitolo **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**

Tabella 3.2 – Profili mensili dei GG_{ref}

Mese	GIORNI MENSILI	TEMPERATURA ESTERNA UNI 10349:2016 [°C]	GIORNI RISCALDAMENTO [g/m]	GG	GIORNI DI UTILIZZO [g/m]	GIORNI RISCALDAMENTO EFFETTIVI [g/m]	GG_{rif}	PROFILO DI INCIDENZA
Gennaio	31	10,4	31	298	18	18	170	18%
Febbraio	28	10,5	28	266	20	20	193	21%
Marzo	31	11,1	31	276	22	22	196	21%
Aprile	30	15,3	15	71	22	15	73	8%
Maggio	31	18,7	-	-	22	-	-	0%
Giugno	30	22,4	-	-	22	-	-	0%
Luglio	31	24,6	-	-	21	-	-	0%
Agosto	31	23,6	-	-	-	-	-	0%
Settembre	30	22,2	-	-	22	-	-	0%
Ottobre	31	18,2	-	-	22	-	-	0%
Novembre	30	13,3	30	201	21	21	141	15%

Dicembre	31	10,0	31	310	16	16	157	17%
TOTALE	365	16,7	166	1421	227	112	929	100%

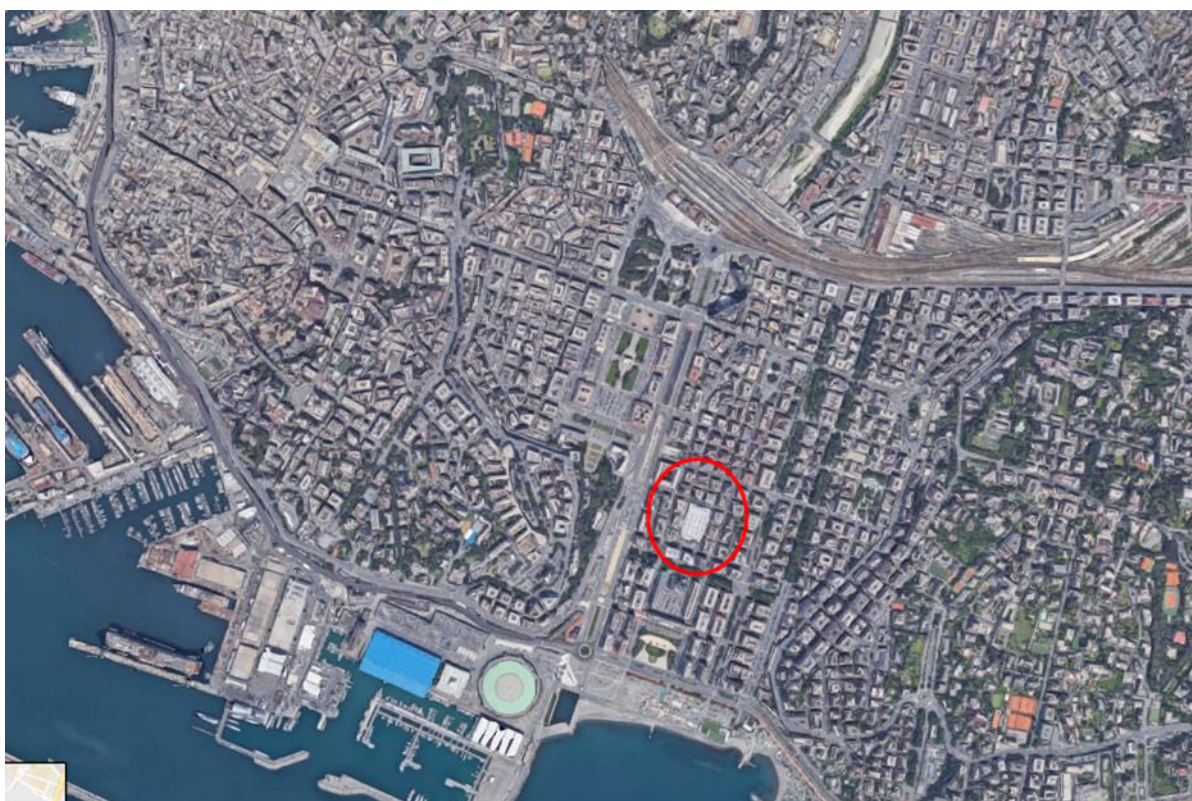
3.2 DATI CLIMATICI REALI

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

I dati climatici utilizzati sono stati rilevati dalla centralina meteo climatica di ARPAL Genova – Centro funzionale, ubicata in viale delle Brigate Partigiane, 2 a Genova.

Si è deciso di utilizzare come riferimento tale centralina in quanto le misure sono più affidabili rispetto a quelle ottenute dalla stazione universitaria e in quanto tale centralina è la più vicina agli edifici del Lotto 8 tra le stazioni ARPAL di Genova e si trova a un'altitudine più coerente rispetto all'edificio considerato.

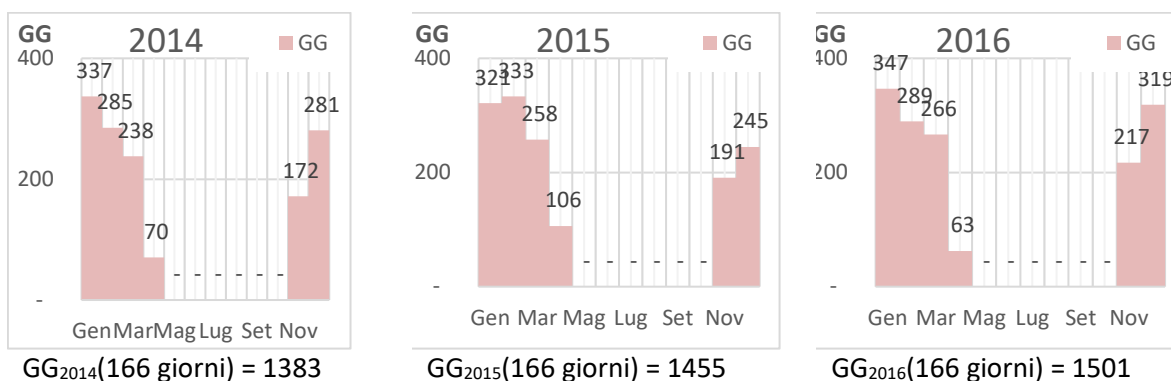
Figura 3.1 – Posizionamento della centralina meteo climatica rispetto all'edificio oggetto di DE



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

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

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

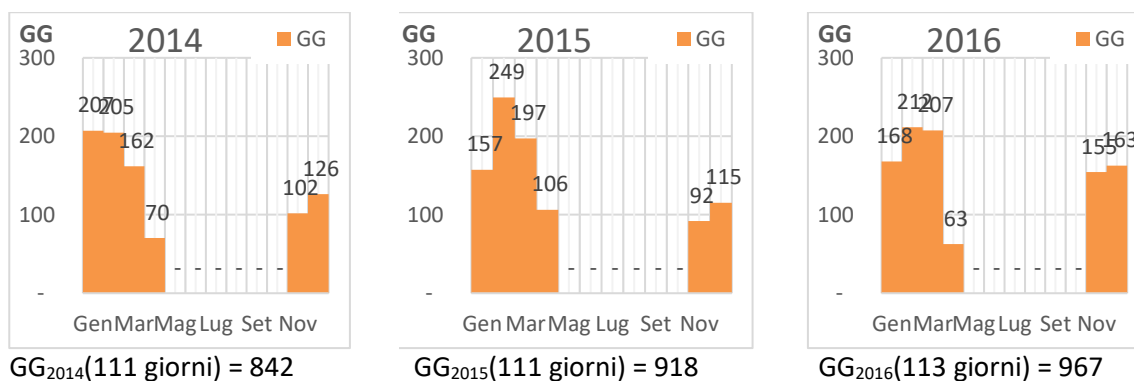


Considerando che il profilo di utilizzo degli impianti di riscaldamento prevede alcuni giorni di mancata accensione dell'impianto, come riportato nella Tabella 2.2, i GG reali sono stati ricalcolati in funzione del numero di giorni effettivi di accensione dell'impianto termico, pertanto si è ottenuto un valore di 919 GG calcolati su 112 giorni effettivi di utilizzo dell'impianto di riscaldamento.

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

I GG così calcolati definiscono i GG_{real} ai fini del processo di normalizzazione di cui al capitolo **Errore. L 'origine riferimento non è stata trovata.**

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



Come si può notare dai grafici sopra riportati, l'anno 2016 risulta l'anno più freddo mentre il 2014 risulta quello mediamente più caldo. I mesi più rigidi risultano essere Febbraio e Marzo.

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 realizzato in muratura portante con mattoni pieni.

La copertura è una in travetti di legno con controsoffitto isolato con pannelli di lana di roccia da 2 cm.

I pavimenti sono stati valutati in tavelloni con controsoffitto.

Figura 4.1 - Particolare della porzione di involucro esterno



La struttura, risalente ai primi anni del '800, presenta molte criticità dal punto di vista termico: le pareti perimetrali in particolare sono non isolate come anche le altre componenti strutturali.

Bisogna però sottolineare come le prestazioni energetiche dell'edificio siano in parte salvaguardate dallo spessore elevato dai muri perimetrali esterni, seppur questi non presentino caratteristiche termiche sufficienti.

Figura 4.2 - Particolare della copertura



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

- Rilievo termografico eseguito tramite l'utilizzo di Termocamera FLIR 340 con lente 25' secondo le seguenti modalità: la prova è stata effettuata il 07/12/2017 alle ore 15. Il cielo era sereno e lo scostamento di temperatura tra interno ed esterno era molto basso: la temperatura esterna rilevata era 14,5°C, mentre all'interno dei locali scolastici la temperatura era 22°C

La realizzazione delle suddette indagini ha portato alle seguenti conclusioni:

- in corrispondenza dei serramenti sono presenti rassottigliamenti delle pareti per l'alloggiamento dei radiatori che comportando una maggiore dispersione del calore e rappresentano un evidente ponte termico sulla facciata dell'edificio stesso;
- la struttura dell'edificio è realizzata con telaio in c.a. e tamponamenti in muratura.

Figura 4.3 – Rilievo termografico della parate esterna



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

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

Tabella 4.1 – Trasmittanze termiche dei componenti dell'involucro opaco

TIPO DI COMPONENTE	CODICE	SPESSORE [cm]	ISOLAMENTO	TRASMITTANZA TERMICA [W/m ² :K]	STATO DI CONSERVAZIONE
Copertura	S1	11	Presente	0,879	Insufficiente
Parete verticale	M1	70	Assente	0,927	Sufficiente
Solaio interpiano	P1	70	Presente	0,763	Sufficiente

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

4.1.2 Involucro trasparente

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

Lo stato di conservazione degli stessi è insufficiente. I serramenti risultano assai danneggiati e rovinati.

Solo nei locali degli uffici Sviluppo Genova i serramenti sono stati recentemente sostituiti.

Figura 4.4 - Particolare dei serramenti



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

- Rilievo termografico eseguito tramite l'utilizzo di Termocamera FLIR 340 con lente 25' secondo le seguenti modalità: la prova è stata effettuata il 07/12/2017 alle ore 15. Il cielo era

sereno e lo scostamento di temperatura tra interno ed esterno era molto basso: la temperatura esterna rilevata era 14,5°C, mentre all'interno dei locali scolastici la temperatura era 22°C

La realizzazione delle suddette indagini ha portato alla conclusione che i serramenti hanno prestazioni termiche inferiori rispetto alle pareti verticali su cui insistono e rappresentano criticità termiche per tutta la struttura.

Figura 4.5 – Rilievo termografico dei serramenti



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

Tabella 4.2 – Trasmittanze termiche dei componenti dell'involucro trasparente

TIPO DI COMPONENTE	CODICE	DIMENSIONI [HXL] [cm]	TIPO TELAIO	TIPO VETRO	TRASMITTANZA TERMICA [W/mqK]	STATO DI CONSERVAZIONE
Serramento legno vetro singolo	F1	130x150	Legno	Vetro singolo	4,711	Insufficiente
Serramento PVC vetro doppio	F2	125x190	PVC	Vetro doppio	2,700	Buono

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

4.2 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO DI RISCALDAMENTO/CLIMATIZZAZIONE INVERNALE

L'impianto di riscaldamento degli ambienti è costituito da un sistema idronico in pompa di calore con emissione attraverso cassette a 4 vie. Questa tipologia di impianto interessa esclusivamente la zona Uffici Sviluppo Genova. Gli altri locali non presentano riscaldamento, attualmente in disuso, ad eccezione dei locali del Coro che utilizzano una pompa di calore dualsplit.

Il sistema di riscaldamento originario, prima di essere dismesso, presentava una caldaia tradizionale a gas naturale di potenzialità nominale 288 kW, installata nel 1999.

4.2.1 Sottosistema di emissione

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

Figura 4.6 – Particolare della cassette a 4 vie

- Cassette a 4 vie;
- Radiatori (dismessi);
- Split

E' necessario sottolineare che al momento del sopralluogo i radiatori non risultavano funzionanti.



Figura 4.8 – Particolare split

Figura 4.7 – Particolare dei radiatori



I rendimenti di emissione, calcolati secondo UNI TS 11300, 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
Scuola	Radiatori	91%
Ufficio Sviluppo Genova	Cassette a 4 vie	95%
Centro Musica	Radiatori	91%
Ufficio Tutela Cittadino	Radiatori	91%
Coro	Split	92%

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

Tabella 4.4 - Riepilogo caratteristiche dei terminali di emissione installati

PIANO	TIPO DI INSTALLAZIONE	NUMERO	POTENZA TERMICA UNITARIA	POTENZA TERMICA COMPLESSIVA	POTENZA FRIGORIFERA UNITARIA	POTENZA FRIGORIFERA COMPLESSIVA
			[kW]	[kW]	[kW]	[kW]
Primo	Su parete esterna	9	0,85	7,65	-	-
Su parete esterna	Su parete esterna	14	0,85	11,90	-	-
Terzo	Su parete esterna	14	0,85	11,90	-	-

Quarto	Incassato a soffitto	7	5,86	41,02	5,02	35,14
Quinto	Incassato a soffitto	22	5,86	128,92	5,02	110,44
Sesto	Su parete esterna	14	0,85	11,90	4,87	4,87
TOTALE		80	15,12	213,29	14,91	150,45

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

4.2.2 Sottosistema di regolazione

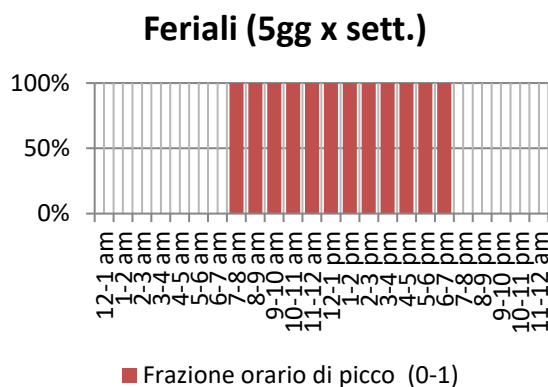
La regolazione del funzionamento dell'impianto avviene attraverso l'impostazione degli orari di funzionamento e delle temperature di set-point in centrale termica attraverso una sonda climatica esterna e termostati di zona.

Figura 4.9 - Particolare del termostato di zona



Di seguito sono riportati i profili orari di funzionamento degli impianti.

Figura 4.10 - Profilo di funzionamento invernale dell'impianto per la zona termica Sviluppo Genova



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

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

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

ZONA TERMICA	TIPO DI REGOLAZIONE	RENDIMENTO
Sviluppo Genova	Climatica-di zona	98%

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

4.2.3 Sottosistema di distribuzione

A servizio del sottosistema di distribuzione è presente una pompa di circolazione gemellare a giri variabili installata in centrale termica per la mandata al circuito (unico) a servizio degli uffici Sviluppo Genova. La distribuzione è poi a colonne montanti. Le caratteristiche dei circolatori a servizio del circuito primario sono riportate nella Tabella 4.6.

Tabella 4.6 - Riepilogo caratteristiche pompe circuito primario

NOME	SERVIZIO	PORTATA ⁽⁵⁾	PREVALENZA ⁽⁶⁾	POTENZA ASSORBITA ⁽⁷⁾
		[m ³ /h]	[kPa]	[kW]
DAB EVOPLUS B 60/220.40 M	mandata acqua calda	5,04	59	0,150

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 4.7.

Tabella 4.7 – Temperature di mandata e ritorno del circuito primario

CIRCUITO			TEMPERATURA RILEVATA ⁽⁸⁾	TEMPERATURA CALCOLO
			°C	°C
Circuito unico	Mandata	Caldo	41	45
	Ritorno	Caldo	37	35

Nota (5): Valori utilizzati nel modello di calcolo

Nota (6): Valori ricavati in sede di sopralluogo

Nota (8): Valori rilevati il giorno 07/12/2017 alle ore 15.00, in orario di apertura del museo, con una temperatura esterna di circa 14,5°C

Per quanto riguarda le temperature del fluido termovettore caldo si è potuta notare una leggera differenza tra i valori considerati nel modello di calcolo e quelli rilevati in sede di sopralluogo, legati probabilmente alla stagionalità (la giornata di sopralluogo non era particolarmente rigida).

Il rendimento complessivo del sottosistema di distribuzione è stato assunto nella DE pari al 99% calcolato secondo UNI TS 11300.

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

4.2.4 Sottosistema di generazione

Il sottosistema di generazione è costituito da n°4 pompe di calore a cascata con funzionamento elettrico.

E' presente anche un sistema di generazione costituito da una caldaia tradizionale a gas naturale attualmente dismessa.

Figura 4.11 - Particolare della pompa di calore



Figura 4.12 - Particolare della caldaia



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

Tabella 4.8 - Riepilogo caratteristiche sistemi di generazione

	Servizio	MARCA	MODELLO	ANNO DI COSTRUZIONE	POTENZA AL FOCOLARE [kW]	POTENZA TERMICA UTILE [kW]	RENDIMENTO	POTENZA ASSORBITA COMPLESSIVA [kW]
Gen 1	Riscaldamento	Clivet	WSAN-XIN 71	2016	-	13,8	COP 3,12	4,23
Gen 2	Dismesso	Simat	HX 265 CE	1999	288	265	92,01%	0,25

Il rendimento complessivo del sottosistema di generazione, in regime di riscaldamento è stato assunto nella DE 230.6% calcolato secondo UNI TS 11300.

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

4.3 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO PRODUZIONE ACQUA CALDA SANITARIA

La produzione di acqua calda sanitaria è eseguita tramite un bollitore elettrico ad accumulo

Figura 4.13 - Particolare di un boiler elettrico per la produzione di acqua calda sanitaria

installato localmente nei servizi igienici degli uffici Sviluppo Genova.



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

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

SOTTOSISTEMA DI EROGAZIONE	SOTTOSISTEMA DI DISTRIBUZIONE	SOTTOSISTEMA DI RICIRCOLO	SOTTOSISTEMA DI ACCUMULO	SOTTOSISTEMA DI GENERAZIONE	RENDIMENTO GLOBALE MEDIO STAGIONALE
100%	92,6%	-	-	75%	35,6%

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

4.4 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO DI RAFFRESCAMENTO/CLIMATIZZAZIONE ESTIVA

La climatizzazione in regime estivo degli uffici Sviluppo Genova è effettuata grazie alla presenza dello stesso impianto presente per il riscaldamento.

Sono raffrescati anche i locali dell’associazione Coro attraverso una pompa di calore dualsplit.

Figura 4.14 - Particolare di un sistema dualsplit



I rendimenti caratteristici dei sottosistemi dell’impianto di climatizzazione estiva sono riportati nella tabella Tabella 4.10.

Tabella 4.10 – Rendimenti dell’impianto di climatizzazione estiva per gli Uffici Sviluppo Genova

Sottosistema di Emissione	Sottosistema di Regolazione	Sottosistema di Distribuzione	Sottosistema di Accumulo	Sottosistema di Generazione	Rendimento Globale medio stagionale
---------------------------	-----------------------------	-------------------------------	--------------------------	-----------------------------	-------------------------------------

98%	98%	98%	-	EER 2,63	59,2%
-----	-----	-----	---	----------	-------

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

4.5 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO ELETTRICO E PRINCIPALI UTENZE ELETTRICHE

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

Tali tipologie di utenze sono state raggruppate insieme ed identificate con la denominazione di forza elettromotrice (FEM) e sono riportate nella Tabella 4.11.

Tabella 4.11 – Elenco e caratteristiche delle altre utenze elettriche

ZONATERMICA	DESCRIZIONE	NUMERO	POTENZA NOMINALE [kW]	POTENZA COMPLESSIVA [kW]	ORE ANNUE DI UTILIZZO [ore]
Sviluppo Genova	Stufa elettrica (ZN2)	1	1,2	1,2	360
Sviluppo Genova	PC (ZN2)	23	0,2	4,6	1.410
Sviluppo Genova	Stampante (ZN 2)	15	0,4	6,0	118
Sviluppo Genova	Fotocopiatrice (ZN 2)	3	1,0	3,0	118
Sviluppo Genova	Server (ZN 2)	1	0,1	0,1	5.640
Sviluppo Genova	Stufa elettrica (ZN2)	1	2,0	2,0	360
Sviluppo Genova	TV (ZN 2)	1	0,2	0,2	118
Sviluppo Genova	Micronde (ZN 2)	1	0,8	0,8	59
Sviluppo Genova	Macchina Caffè (ZN2)	2	0,4	0,8	118
Sviluppo Genova	Distributore (ZN 2)	1	0,5	0,5	118
Sviluppo Genova	Frigo (ZN 2)	1	0,2	0,2	5.640
Centro Musica	Stufa elettrica (ZN3)	2	2,0	4,0	360,0
Centro Musica	Cassa Musica (ZN3)	3	0,5	1,5	1.200,0
Centro Musica	Frigo (ZN 3)	1	0,2	0,2	6.000,0
Tutela Cittadino	PC (ZN5)	3	0,2	0,6	270,0
Tutela Cittadino	Stampante (ZN5)	1,00	0,2	0,2	22,5

4.6 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO ILLUMINAZIONE

L'impianto di illuminazione è costituito da lampade di diverse tipologie, principalmente fluorescenti

Figura 4.15 - Particolare dei corpi illuminanti ubicati nelle sale espositive

tubolari

Le principali tipologie di corpi illuminanti sono di seguito elencati:

- Lampade fluorescenti tubolari 2x36 W installate a soffitto;
- Lampade fluorescenti tubolari 1x58 W installate a soffitto
- Lampade fluorescenti tubolari 1x36 W installate a soffitto
- Lampade fluorescenti tubolari 2x58 W installate a soffitto
- Lampade a LED 20W installate a soffitto
- Lampade a LED 10W installate a soffitto



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

Tabella 4.12 – Elenco e caratteristiche dei corpi illuminanti

ZONATERMICA	DESCRIZIONE	NUMERO	POTENZA UNITARIA [W]	POTENZA COMPLESSIVA [W]
Scuola	Fluorescente	155	72	10.246
Coro	Fluorescente	12	72	864
Centro Musica	Fluorescente	25	72	1.800
Tutela Cittadino	Fluorescente	2	72	144
Sviluppo Genova	LED	108	20	2.148

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

L'impianto di illuminazione, fatta eccezione per l'impianto degli uffici Sviluppo Genova, in sede di sopralluogo risulta datato ed inoltre è emersa la necessità di sistema di regolazione più efficiente al fine di evitare illuminazione di ambienti non frequentati.

Figura 4.16 - Particolare dei corpi illuminanti



5 CONSUMI RILEVATI

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

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

Si è analizzata esclusivamente la componente elettrica.

5.1.1 Energia elettrica

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

- Scuola dismessa ZN1;
- Ufficio Sviluppo Genova ZN2;
- Centro Musica ZN3;
- Ufficio Tutela Cittadino ZN4;
- Coro ZN5;

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

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

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

Tali consumi annuali sono riportati nella Tabella 5.1 con indicazione dei POD di riferimento.

Per la validazione del modello si è deciso di valutare esclusivamente i consumi riferiti all'anno 2016, essendo l'unico anno analizzato che presenta tutte le utenze rilevate durante il sopralluogo. Nel 2014, infatti la scuola era ancora attiva, mentre erano assenti gli uffici Sviluppo Genova.

Nel 2015, invece, sia scuola che uffici erano assenti.

Tabella 5.1 – Elenco POD e relativi consumi annuali per il triennio di riferimento

POD	ZONA SERVITA	2014 [kWh]	2015 [kWh]	2016 [kWh]	MEDIA [kWh]
IT001E00098701	ZN1+ZN2	9.150	12.007	20.665	13.941
IT001E00098702	ZN3+ZN4+ZN5	110.162	11.169	50.273	57.201
TOTALE		119.312	23.176	70.938	EEbaseline 70938

Tali consumi sono stati confrontati con i consumi annui elaborati e forniti dalla PA ed (identificati per l'edificio oggetto della DE all'interno del file kyotoBaseline-1363 e sono emerse le seguenti differenze in riferimento al POD IT001E00098701.

POD1 DA FATTURE								
indirizzo e- distribuzione	2014	(FATTURE- BASELINE)/BASELINE	2015	(FATTURE- BASELINE)/BASELINE	2016	(FATTURE- BASELINE)/BASELINE	MEDIA	(FATTURE- BASELINE)/BASELINE
via san giorgio 1	9.150	-3%	12.007	-9%	20.665	-6%	13.941	-6%

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

Si è pertanto definito un consumo $EE_{baseline}$ pari a 70938 kWh.

Tabella 5.2 – Consumi mensili di energia elettrica suddivisi per fasce, per il triennio di riferimento

POD: IT001E0098701	F1	F2	F3	TOTALE
Anno 2014	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gen - 14	1.998	530	953	3.481
Feb - 14	367	114	158	639
Mar - 14	168	58	5	231
Apr - 14	122	34	47	203
Mag - 14	122	43	66	231
Giu - 14	293	245	502	1.040
Lug - 14	177	65	107	349
Ago - 14	61	65	130	256
Set - 14	368	136	60	564
Ott - 14	318	170	115	603
Nov - 14	406	173	39	618
Dic - 14	669	211	55	935
Totale	5.069	1.844	2.237	9.150
POD: IT001E0098701	F1	F2	F3	TOTALE
Anno 2015	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gen - 15	748	395	56	1.199
Feb - 15	986	413	147	1.546
Mar - 15	651	271	112	1.034
Apr - 15	561	228	151	940
Mag - 15	362	241	171	774
Giu - 15	369	209	185	763
Lug - 15	216	132	115	463
Ago - 15	279	192	394	865
Set - 15	383	195	94	672
Ott - 15	527	278	82	887
Nov - 15	848	346	214	1.408
Dic - 15	877	358	221	1.456
Totale	6.807	3.258	1.942	12.007
POD: IT001E0098701	F1	F2	F3	TOTALE
Anno 2016	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gen - 16	877	357	222	1.456
Feb - 16	903	595	544	2.042
Mar - 16	784	532	812	2.128
Apr - 16	472	401	520	1.393
Mag - 16	881	508	701	2.090
Giu - 16	514	354	570	1.438
Lug - 16	534	333	518	1.385
Ago - 16	503	278	537	1.318
Set - 16	503	360	559	1.422
Ott - 16	473	346	552	1.371
Nov - 16	849	535	813	2.197
Dic - 16	927	577	921	2.425
Totale	8.220	5.176	7.269	20.665



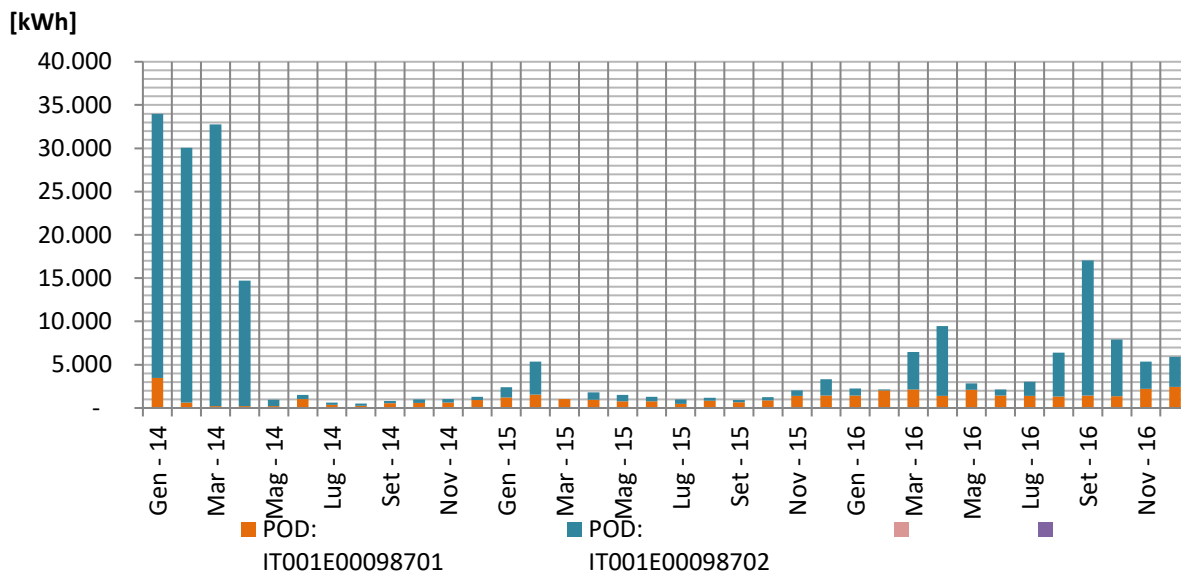
POD: IT001E0098702	F1	F2	F3	TOTALE
Anno 2014	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gen - 14	9.529	6.915	14.070	30.514
Feb - 14	9.614	7.186	12.642	29.442
Mar - 14	10.071	8.102	14.343	32.516
Apr - 14	4.771	3.419	6.316	14.506
Mag - 14	223	184	329	736
Giu - 14	147	105	217	469
Lug - 14	87	62	135	284
Ago - 14	80	66	126	272
Set - 14	85	58	115	258
Ott - 14	132	83	166	381
Nov - 14	92	133	188	413
Dic - 14	117	81	173	371
Totale	34.948	26.394	48.820	110.162

POD: IT001E0098702	F1	F2	F3	TOTALE
Anno 2015	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gen - 15	271	373	571	1.215
Feb - 15	1.079	1.022	1.716	3.817
Mar - 15				-
Apr - 15	293	186	402	881
Mag - 15	235	163	333	731
Giu - 15	176	124	242	542
Lug - 15	187	131	226	544
Ago - 15	89	68	140	297
Set - 15	81	59	126	266
Ott - 15	116	90	158	364
Nov - 15	170	180	287	637
Dic - 15	914	314	647	1.875
Totale	3.611	2.710	4.848	11.169

POD: IT001E0098702	F1	F2	F3	TOTALE
Anno 2016	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gen - 16	237	188	382	807
Feb - 16	36	14	61	111
Mar - 16	1.051	1.162	2.130	4.343
Apr - 16	2.645	2.008	3.406	8.059
Mag - 16	253	179	329	761
Giu - 16	425	153	136	714
Lug - 16	983	281	375	1.639
Ago - 16	938	2.656	1.469	5.063
Set - 16	9.341	4.994	1.274	15.609
Ott - 16	4.281	1.797	443	6.521
Nov - 16	1.973	820	359	3.152
Dic - 16	1.494	725	1.275	3.494
Totale	23.657	14.977	11.639	50.273

Considerando la presenza di più POD a servizio dell'edificio oggetto della DE si riporta nella Figura 5.1 si riporta un confronto grafico tra i profili elettrici reali relativi a ciascuna utenza elettrica per il triennio di riferimento.

Figura 5.1 – Confronto tra i profili elettrici reali relativi a ciascun POD per il triennio di riferimento



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

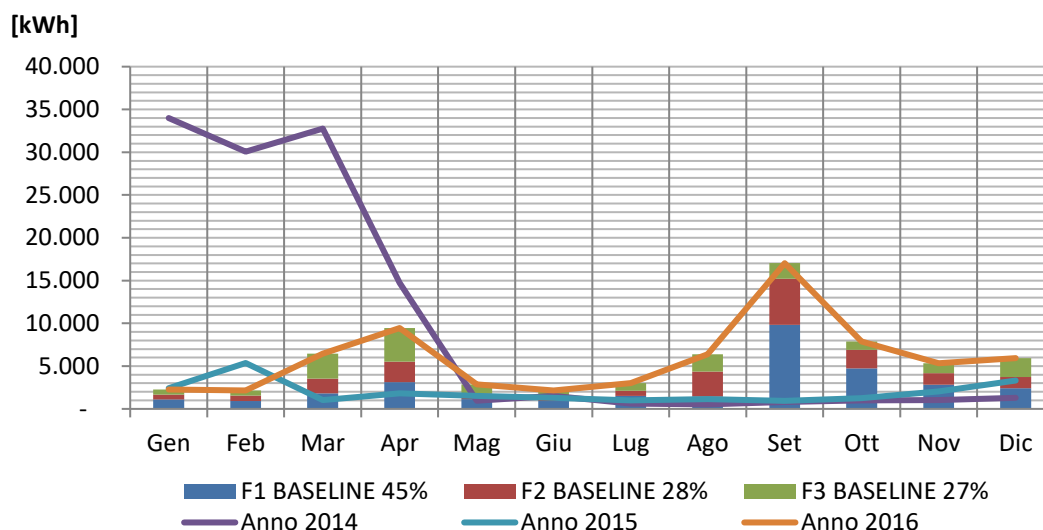
Tali valori sono riportati nella Tabella 5.3.

Tabella 5.3 – Consumi mensili di Baseline

BASELINE	F1	F2	F3	TOTALE
	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gennaio	1.114	545	604	2.263
Febbraio	939	609	605	2.153
Marzo	1.835	1.694	2.942	6.471
Aprile	3.117	2.409	3.926	9.452
Maggio	1.134	687	1.030	2.851
Giugno	939	507	706	2.152
Luglio	1.517	614	893	3.024
Agosto	1.441	2.934	2.006	6.381
Settembre	9.844	5.354	1.833	17.031
Ottobre	4.754	2.143	995	7.892
Novembre	2.822	1.355	1.172	5.349
Dicembre	2.421	1.302	2.196	5.919
Totale	31.877	20.153	18.908	70.938

L'andamento dei consumi elettrici mensili nel triennio di riferimento e di Baseline è riportato nei grafici in Figura 5.2.

Figura 5.2 – Confronto tra i profili mensili elettrici reali e i valori di Baseline per il triennio di riferimento



I profili di prelievo mensili nel triennio di riferimento presentano andamenti non costanti in accordo con le analisi dei periodi di utilizzo della struttura.

Nell'anno 2014, infatti, con la presenza della scuola nei primi mesi si hanno consumi elevati di energia elettrica, mentre nei restanti si ha un netto calo dei consumi connesso alla chiusura dell'attività scolastica.

Anche nel 2015 i consumi rimangono particolarmente bassi non essendo presenti particolari utenze.

Nel 2016, contemporaneamente all'apertura dell'Ufficio Sviluppo Genova si nota un incremento dei consumi elettrici essendo il vettore energia elettrica utilizzato anche per i servizi di riscaldamento e raffrescamento.

Non è stato inoltre possibile rappresentare i profili mensili di potenza non avendo avuto accesso alle informazioni fornite dalla società di distribuzione dell'energia elettrica.

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 5.4 - Fattori di emissione di CO₂. Tabella 5.4.

Tabella 5.4 - 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

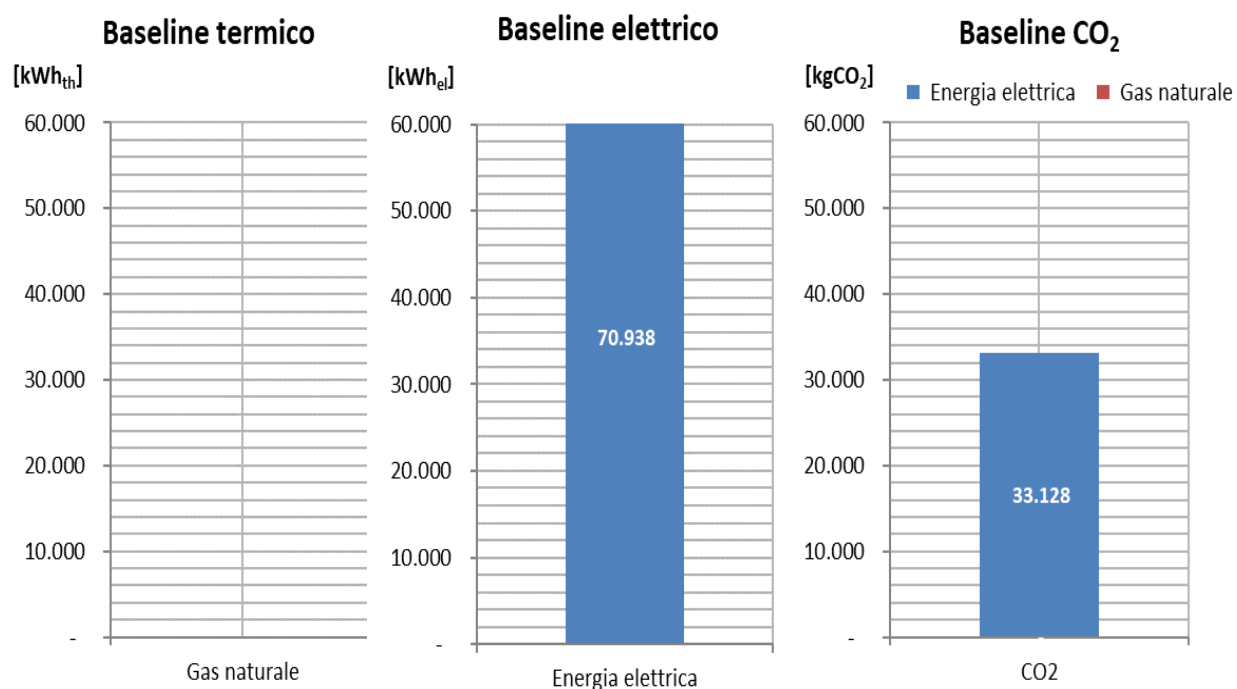
* da "Linee Guida Patto dei Sindaci" per anno 2010

Applicando tali fattori di conversione è stato possibile valutare la Baseline delle emissioni di CO₂, come riportato nella Tabella 5.5 – Baseline delle emissioni di CO₂, Tabella 5.5 e nella Figura 5.3

Tabella 5.5 – Baseline delle emissioni di CO₂.

COMBUSTIBILE	FATTORE DI CONVERSIONE	
	CONSUMO DI BASELINE [kWh]	[tCO ₂ /MWh]
Energia elettrica	70.938	0,467

Figura 5.3 – Rappresentazione grafica della Baseline dei consumi e delle emissioni di CO₂.



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

Tabella 5.6 - Fattori di conversione in energia primaria dei vettori energetici

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

La valutazione degli indicatori di performance è stata effettuata parametrizzando i consumi reali di Baseline di cui al Capitolo 5, in funzione dei fattori riportati nella Tabella 5.7.

Tabella 5.7 – Fattori di riparametrizzazione

PARAMETRO		VALORE	U.M.
FATTORE 1	Superficie netta riscaldata	614	m ²
FATTORE 1	Superficie netta complessiva delle aree interne (riscaldate e non riscaldate)	2.164	m ²
FATTORE 1	Volume lordo complessivo (aree interne riscaldate e non riscaldate)	11.363	m ³

Nella Tabella 5.8 e Tabella 5.9 sono riportati gli indicatori di performance valutati coerentemente con quanto riportato nella sezione 2.5 dell'Allegato J – Schede di audit.

Tabella 5.8 – Indicatori di performance calcolati con riferimento all'energia primaria totale

VETTORE ENERGETICO	CONSUMO ENERGETICO DI BASELINE [kWh/anno]	FATTORE DI CONVERSIONE ENERGIA PRIMARIA TOTALE	CONSUMO DI ENERGIA PRIMARIA TOTALE [kWh/anno]	INDICATORI DI CONSUMO ENERGIA PRIMARIA TOTALE			INDICATORI AMBIENTALI		
				FATTORE 1 [kWh/m ²]	FATTORE 2 [kWh/m ²]	FATTORE 3 [kWh/m ³]	FATTORE 1 [Kg CO ₂ /m ²]	FATTORE 2 [Kg CO ₂ /m ²]	FATTORE 3 [Kg CO ₂ /m ³]
Energia elettrica	70.938	2,42	171.670	279,4	79,3	15,1	53,92	15,31	2,92
TOTALE			171.670	279	79	15	54	15	3

Tabella 5.9 – Indicatori di performance calcolati con riferimento all'energia primaria non rinnovabile

VETTORE ENERGETICO	CONSUMO ENERGETICO DI BASELINE [kWh/anno]	FATTORE DI CONVERSIONE ENERGIA PRIMARIA NON RINN.	CONSUMO DI ENERGIA PRIMARIA NON RINN. [kWh/anno]	INDICATORI DI CONSUMO ENERGIA PRIMARIA NON RINNOVABILE			INDICATORI AMBIENTALI		
				FATTORE 1 [kWh/m ²]	FATTORE 2 [kWh/m ²]	FATTORE 3 [kWh/m ³]	FATTORE 1 [Kg CO ₂ /m ²]	FATTORE 2 [Kg CO ₂ /m ²]	FATTORE 3 [Kg CO ₂ /m ³]
Energia elettrica	70.938	1,95	138.329	225,2	63,9	12,2	53,92	15,31	2,92
TOTALE			138.329	225	64	12	54	15	3

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

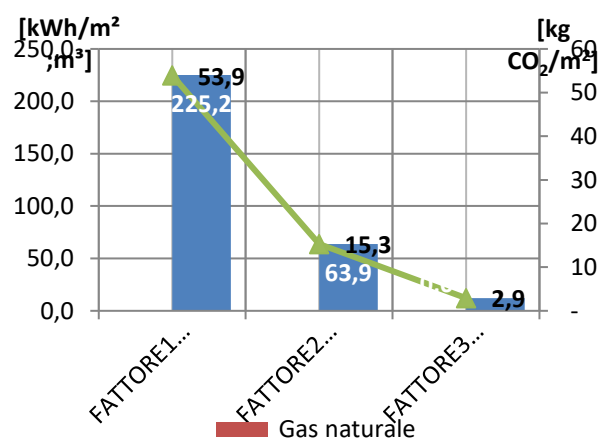
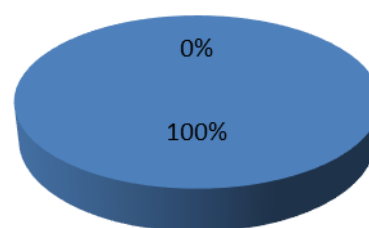
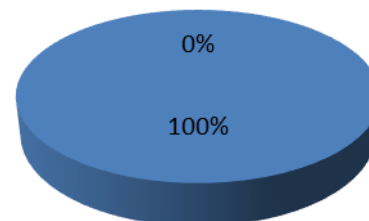


Figura 5.5 – Ripartizione % dei consumi di energia primaria e delle relative emissioni di CO₂

Ripartizione % energia primaria



Ripartizione % emissioni CO₂



■ Gas naturale ■ Energia elettrica

primaria e delle relative emissioni di CO₂

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

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

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

La formula definita è sotto riportata:

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

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

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

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

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

Tabella 5.10 – Indicatori di performance energetici

COMBUSTIBILE	IEN _R			IEN _E		
	Wh/(m ³ GG anno)			Wh/(m ³ anno)		
	2014	2015	2016	2014	2015	2016
Gas Naturale	-	-	-	-	-	-
Energia elettrica	-	-	-	41.914,89	8.141,84	24.920,87

E' stato quindi possibile effettuare un raffronto con le classi di merito riportate nelle suddette Linee Guida ENEA - FIRE, ottenendo un consumo specifico di energia elettrica insufficiente.

Gli indici di prestazione energetica sono riportati nell'Allegato M – Report di Benchmark.

6 MODELLO DEL FABBISOGNO ENERGETICO

6.1 METODOLOGIA DI CALCOLO ADOTTATA E VALIDAZIONE DEI MODELLI DI CALCOLO

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

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

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

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

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

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

INDICE DI PRESTAZIONE ENERGETICA		U.M.	ENERGIA PRIMARIA TOTALE	ENERGIA PRIMARIA NON RINNOVABILE
Globale non rinnovabile	EP _{gl,nren}	kWh/mq anno	198,76	224,48
Climatizzazione invernale	EP _H	kWh/mq anno	145,8	158,81
Produzione di acqua calda sanitaria	EP _w	kWh/mq anno	1,62	1,95
Ventilazione	EP _v	kWh/mq anno	0	0
Raffrescamento	EP _c	kWh/mq anno	16,97	21,06
Illuminazione artificiale	EP _L	kWh/mq anno	32,75	40,65
Trasporto di persone e cose	EP _T	kWh/mq anno	1,62	2,01
Emissioni equivalenti di CO2	CO _{2eq}	Kg/mq anno	42,08	42,08

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

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

FONTE ENERGETICA UTILIZZATA	CONSUMO	CONSUMO ENERGIA PRIMARIA NON RINNOVABILE
	[m ³ /anno]	[kWh/anno]
Gas Naturale	27.762,00	274.593,94
Energia Elettrica	72.005,00	140.409,75

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 [facendo riferimento alle norme UNI TS 11300]

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.

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	$EP_{gl,nren}$	kWh/mq anno	48,42	66,09
Climatizzazione invernale	EP_H	kWh/mq anno	9,34	17,59
Produzione di acqua calda sanitaria	EP_w	kWh/mq anno	1,38	1,71
Ventilazione	EP_v	kWh/mq anno		
Raffrescamento	EP_c	kWh/mq anno	14,89	18,48
Illuminazione artificiale	EP_L	kWh/mq anno	21,19	26,3

Trasporto di persone e cose	EP _T	kWh/mq anno	1,62	2,01
Emissioni equivalenti di CO2	CO _{2eq}	Kg/mq anno	11,42	11,42

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		
Energia Elettrica	53.749,00	104.810,55

Essendo il modello termico integrato con quello elettrico la validazione è stata effettuata sulla base dei consumi elettrici analizzati nel seguente paragrafo.

Gli indici tra modello standard e modello adatto all'utenza sono particolarmente discostanti come preventivabile. Nel modello standard infatti è necessario inserire un impianto di riscaldamento di default per le zone non riscaldate. Questo comporta un aumento degli EP e conseguentemente anche la presenza di consumi legati al gas naturale, assenti invece nel modello adatto all'utenza.

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 5.1.1 ed il fabbisogno teorico (EE_{teorico}) derivante dalla modellazione energetica.

Tabella 6.6 – Validazione del modello energetico elettrico (valutazione in modalità adattata all'utenza)

EE _{teorico}	EE _{baseline}	Conguità
[kWh/anno]	[kWh/anno]	[%]
68.895	70.938	-3,0%

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

6.2 FABBISOGNI ENERGETICI

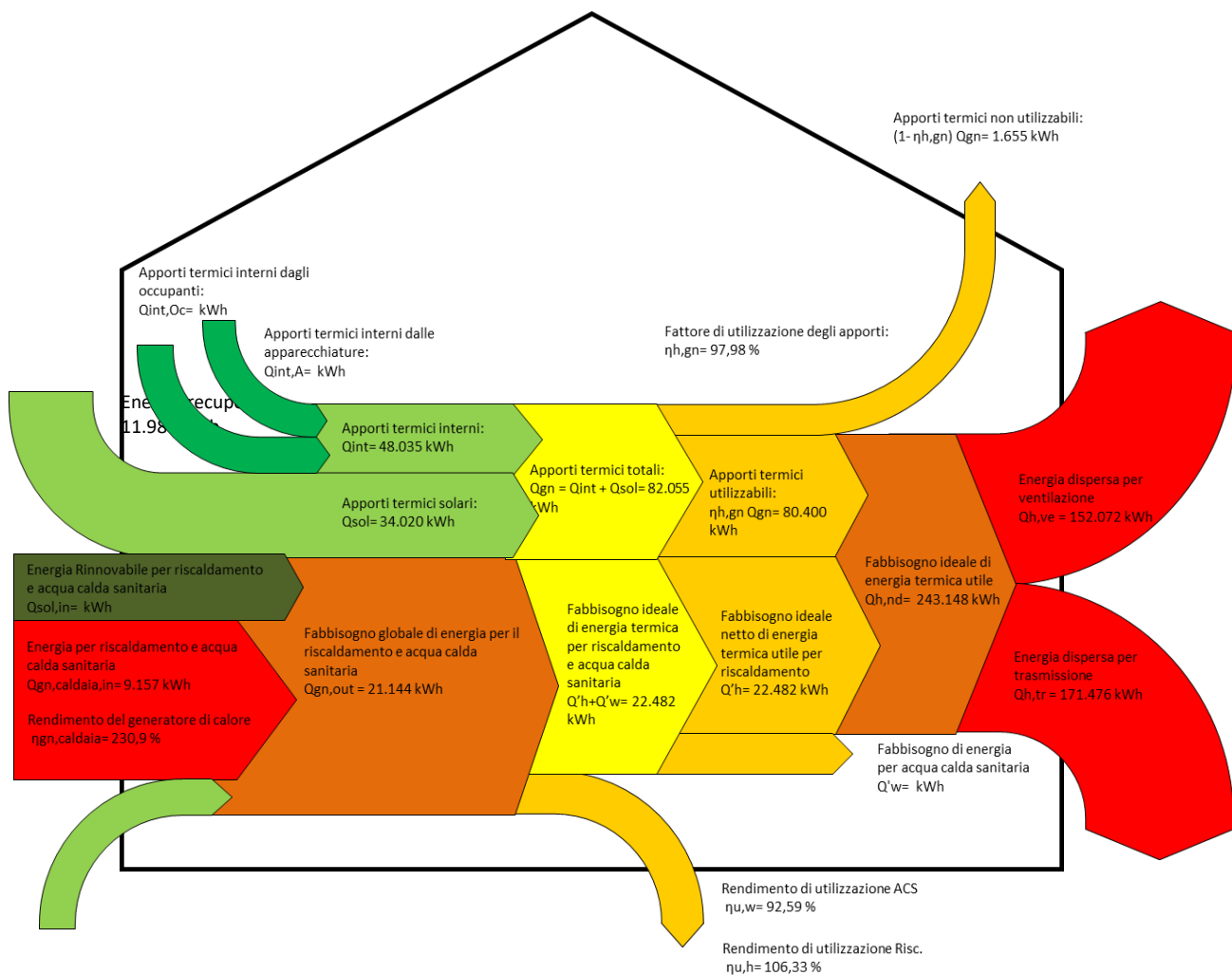
Al fine di valutare la prestazione energetica del sistema edificio-impianti si è reso necessario predisporre i risultati della modellazione energetica nella forma di un bilancio energetico che descriva l'andamento dei flussi energetici caratteristici dell'edificio in modo da valutare in maniera puntuale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

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

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

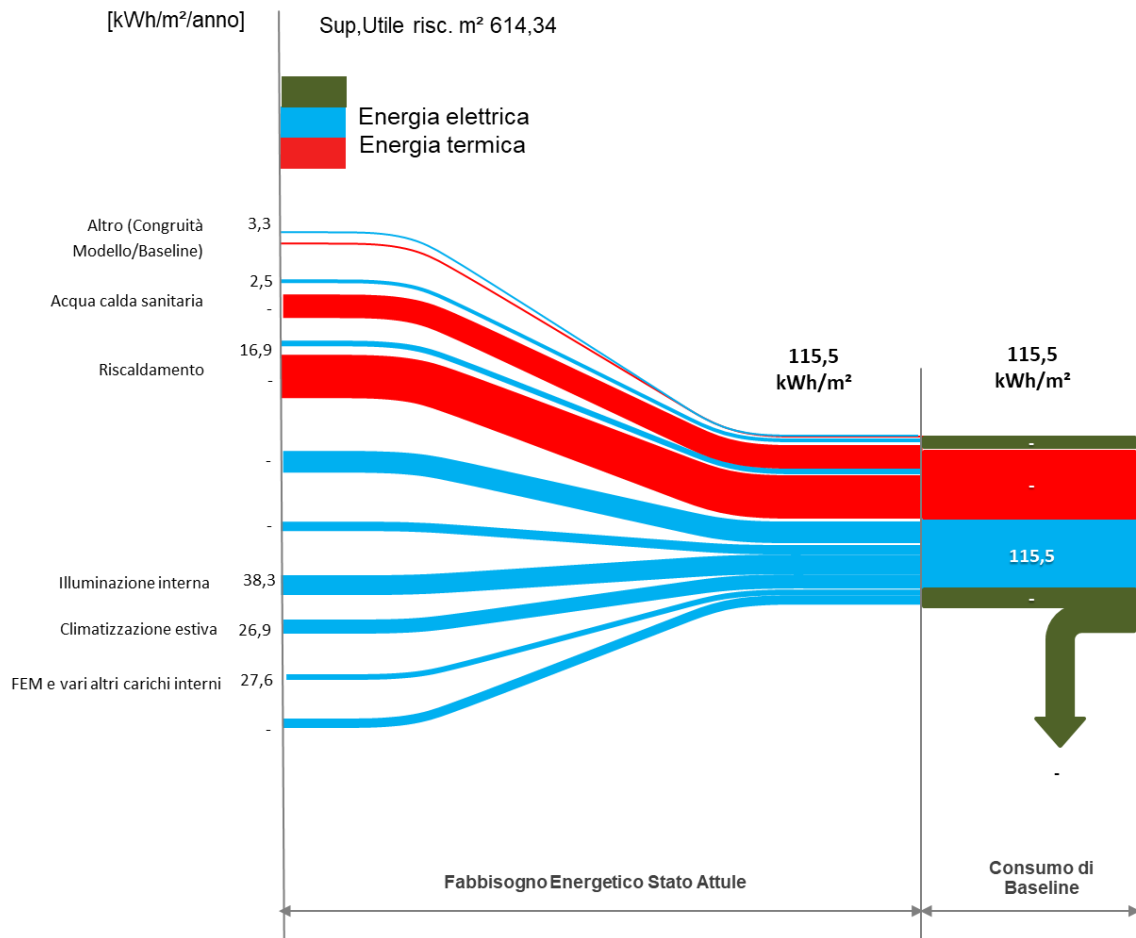
Figura 6.1 – Diagramma di Sankey relativo al fabbisogno termico dell'edificio allo stato attuale

Grafico con presenza di energia recuperata al sottosistema di generazione



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 – Congruit ”   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.

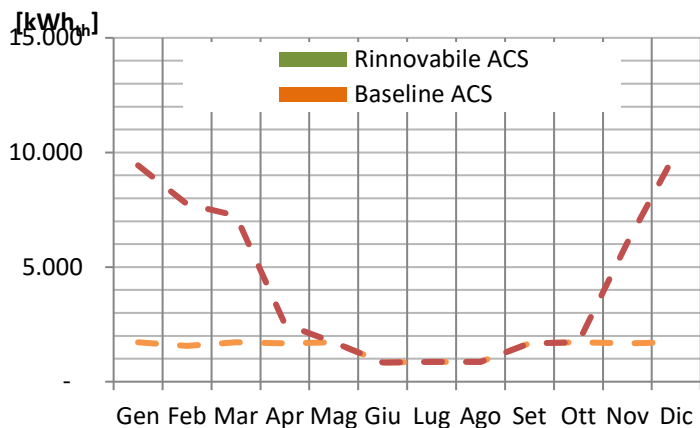
Nel caso in cui, invece i consumi teorici siano inferiori rispetto alla Baseline il termine “Altro – Congruit ” rappresenta la differenza per eccesso tra i consumi specifici di Baseline ed i consumi teorici.

6.3 PROFILI ENERGETICI MENSILI

La creazione di un modello energetico consente di effettuare una pi  corretta ripartizione dei consumi energetici di Baseline in funzione dei diversi utilizzi presenti all’interno dell’edificio oggetto della DE. Tale profilo pu  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   riportato in Figura 6.3.

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

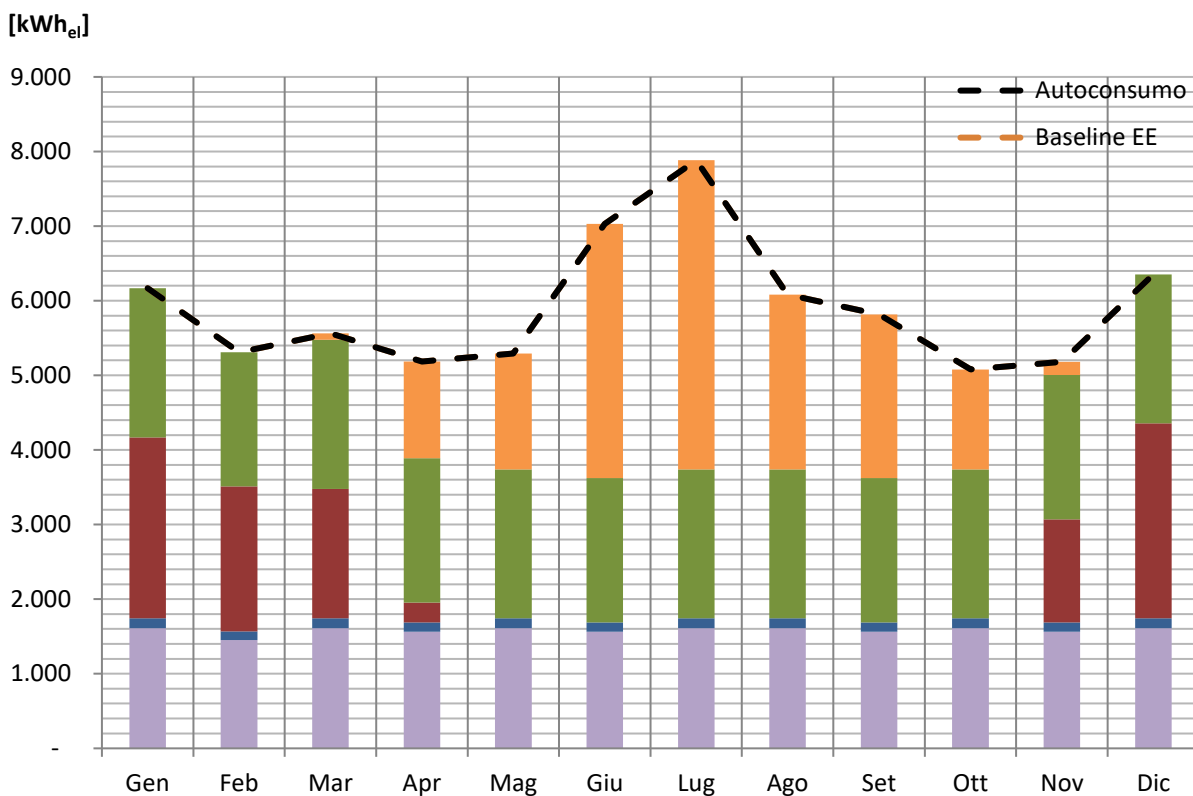


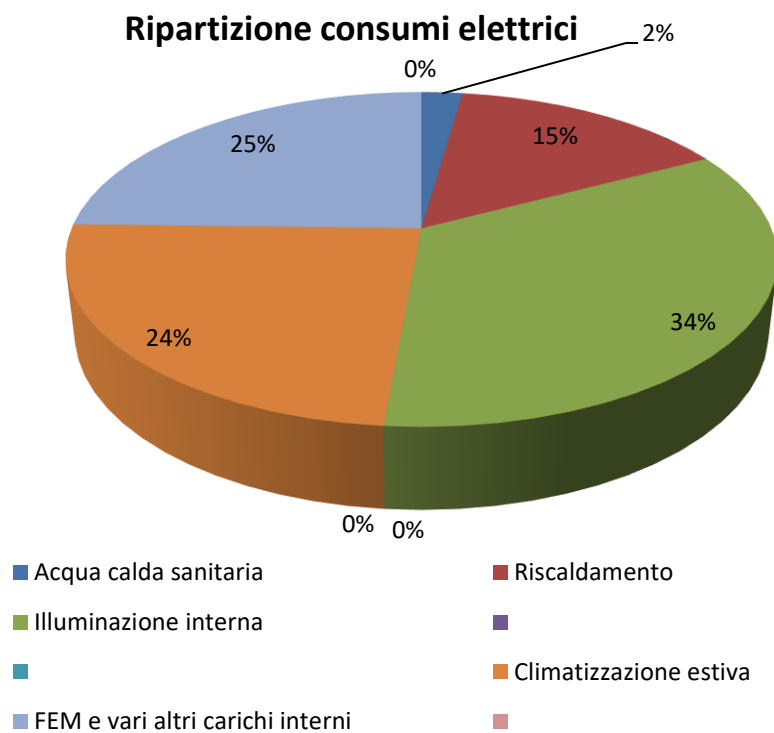
Anche relativamente all'analisi dei fabbisogni di energia elettrica, la ripartizione tra i vari utilizzi è stata effettuata in funzione degli esiti della modellazione.

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

I risultati di tale valutazione sono riportati nella Figura 6.4.

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





Si può notare come la maggior parte dei consumi sia da attribuirsi all'illuminazione dell'intero edificio. I consumi per il riscaldamento della sola zona Sviluppo Genova si assestano intorno al 24%.

7 ANALISI DEI COSTI PRE-INTREVENTO

7.1 COSTI RELATIVI ALLA FORNITURA DEI VETTORI ENERGETICI

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

7.1.1 Vettore elettrico

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

- POD 1 – IT001E00098701: contratto di fornitura del vettore energetico, stipulato direttamente dalla PA con la società di fornitura. E' stato quindi possibile effettuare un'analisi di dettaglio dei costi fatturati e delle caratteristiche del contratto di fornitura.
- POD 1 – IT001E00098702: contratto di fornitura del vettore energetico, stipulato direttamente dalla PA con la società di fornitura. E' stato quindi possibile effettuare un'analisi di dettaglio dei costi fatturati e delle caratteristiche del contratto di fornitura.

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

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

POD: IT001E00098701	2014	2015	2016
Indirizzo di fornitura			
Dati di intestazione fattura	COMUNE DI GENOVA	COMUNE DI GENOVA	COMUNE DI GENOVA
Società di fornitura	EDISON ENERGIA SPA	GALA SPA	IREN MERCATO SPA
Inizio periodo fornitura	gen-14	apr-15	apr-16
Fine periodo fornitura	mar-15	mar-16	dic-16
Potenza elettrica impegnata	23 kW	23 kW	23 kW
Potenza elettrica disponibile	23 kW	20 kW	21 kW
Tipologia di contratto	Altri Usi	Altri Usi	Altri Usi
Opzione tariffaria ⁽¹⁾	BTA6	BTA6	BTA6
Prezzi fornitura dell'energia elettrica ⁽²⁾			

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

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

POD: IT001E00098702	2014	2015	2016
Indirizzo di fornitura			
Dati di intestazione fattura	COMUNE DI GENOVA	COMUNE DI GENOVA	COMUNE DI GENOVA
Società di fornitura	EDISON ENERGIA SPA	GALA SPA	IREN MERCATO SPA
Inizio periodo fornitura	gen-14	apr-15	apr-16
Fine periodo fornitura	mar-15	mar-16	dic-16
Potenza elettrica impegnata	125 kW	125 kW	125 kW
Potenza elettrica disponibile	123 kW	123 kW	56 kW
Tipologia di contratto	Altri Usi	Altri Usi	Altri Usi



Opzione tariffaria ⁽¹⁾	BTA6	BTA6	BTA6
Prezzi fornitura dell'energia elettrica ⁽²⁾			

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

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

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

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

POD: IT001E00098 701	QUOTA ENERGIA	ONERI DI SISTEMA		IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO (IVA INCLUSA)
		PARTE FISSA	PARTE VARIABILE					
ANNO 2014	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[KWH]	[€/kWh]
Gen – 14	162	27	225	29	45	489	3.481	0,140
Feb – 14	145	26	248	22	44	486	639	0,760
Mar – 14	19	3	87	2	11	122	231	0,528
Apr – 14	16	4	84	3	11	117	203	0,574
Mag – 14	17	4	88	3	11	123	231	0,532
Giu – 14	73	18	157	13	7	267	1.040	0,257
Lug – 14	15	3	55	2	8	83	349	0,239
Ago – 14	30	7	137	5	18	196	256	0,767
Set – 14	44	9	78	7	14	151	564	0,268
Ott – 14	46	9	79	8	14	155	603	0,257
Nov – 14						-	618	-
Dic – 14						-	935	-
Totale	566	109	1.237	94	182	2.188	9.150	0,239
POD: IT001E00098 701	QUOTA ENERGIA	ONERI DI SISTEMA		IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO (IVA INCLUSA)
ANNO 2015	[€]	PARTE FISSA	PARTE VARIABILE					
Gen – 15	88	16	159	15		278	1.199	0,232
Feb – 15	107	20	186	19	33	366	1.546	0,237
Mar – 15						-	1.034	-
Apr – 15	146	252	31			429	940	0,456
Mag – 15	36	113	8			157	774	0,203
Giu – 15	32	189	8			228	763	0,299



E1363 – Sede di Associazioni Varie

Lug – 15	38	133	9			180	463	0,389
Ago – 15	33	137	8			178	865	0,206
Set – 15	52	153	13			218	672	0,324
Ott – 15	36	128	10			174	887	0,196
Nov – 15	33	141	11			185	1.408	0,131
Dic – 15	59	189	18			266	1.456	0,182
Totale	660	1.471	460	34	33	2.659	12.007	0,221
POD: IT001E00098 701	QUOTA ENERGIA	ONERI DI SISTEMA PARTE FISSA	ONERI DI SISTEMA PARTE VARIABILE	IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO (IVA INCLUSA)
ANNO 2016	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[KWH]	[€/kWh]
Gen – 16	42	136	12			190	1.456	0,131
Feb – 16	67	170	21			257	2.042	0,126
Mar – 16	87					87	2.128	0,041
Apr – 16						-	1.393	-
Mag – 16	191	261	145	44	141	783	2.090	0,374
Giu – 16	84	69	110	18	62	342	1.438	0,238
Lug – 16	98	67	106	17	64	352	1.385	0,254
Ago – 16	84	66	102	16	59	327	1.318	0,248
Set – 16	105	67	106	17	65	359	1.422	0,253
Ott – 16	182	74	162	27	97	543	1.371	0,396
Nov – 16						-	2.197	-
Dic – 16	195	76	178	30	105	585	2.425	0,241
Totale	1.134	986	942	170	593	3.825	20.665	0,185

POD: IT001E00098 702	QUOTA ENERGIA	ONERI DI SISTEMA PARTE FISSA	ONERI DI SISTEMA PARTE VARIABILE	IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO (IVA INCLUSA)
ANNO 2014	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[KWH]	[€/kWh]
Gen – 14	2.164	361	2.490	381	1.187	6.584	30.514	0,216
Feb – 14	2.106	382	2.394	368	1.156	6.406	29.442	0,218
Mar – 14	2.316	422	2.633	406	1.271	7.048	32.516	0,217
Apr – 14	1.037	256	1.291	181	608	3.373	14.506	0,233
Mag – 14	52	14	113	9	42	230	736	0,313
Giu – 14	33	10	69	6	32	150	469	0,319



E1363 – Sede di Associazioni Varie

Lug – 14						-	284	-
Ago – 14	19	6	88	3	26	142	272	0,523
Set – 14	18	6	84	3	25	136	258	0,527
Ott – 14	27	7	138	5	39	215	381	0,565
Nov – 14	28	8	134	5	39	214	413	0,518
Dic – 14						- 1.177	371	3,172
Totale	7.800	1.471	9.435	1.369	4.423	23.322	110.162	0,212
POD: IT001E00098 702	QUOTA ENERGIA	ONERI DI SISTEMA PARTE FISSA	ONERI DI SISTEMA PARTE VARIABILE	IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO (IVA INCLUSA)
ANNO 2015	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[KWH]	[€/kWh]
Gen – 15						- 237	1.215	- 0,195
Feb – 15	234	52	376	48	156	865	3.817	0,227
Mar – 15						-	-	-
Apr – 15	90	207	18			314	881	0,357
Mag – 15	39	145	8			191	731	0,262
Giu – 15	35	141	7			183	542	0,337
Lug – 15						-	544	-
Ago – 15	43	77	10			129	297	0,435
Set – 15	17	88	4			109	266	0,411
Ott – 15	30	146	7			183	364	0,503
Nov – 15	13	83	3			99	637	0,156
Dic – 15	31	125	8			164	1.875	0,087
Totale	530	1.064	440	48	156	2.000	11.169	0,179
POD: IT001E00098 702	QUOTA ENERGIA	ONERI DI SISTEMA PARTE FISSA	ONERI DI SISTEMA PARTE VARIABILE	IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO (IVA INCLUSA)
ANNO 2016	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[KWH]	[€/kWh]
Gen – 16	34	146	9			189	807	0,234
Feb – 16	41	178	11			230	111	2,075
Mar – 16	161	387	55			604	4.343	0,139
Apr – 16	419	222	560	101	286	1.588	8.059	0,197
Mag – 16	44	117	64	10	52	286	761	0,376
Giu – 16	44	122	61	9	52	288	714	0,403
Lug – 16	120	125	124	20	86	475	1.639	0,290

E1363 – Sede di Associazioni Varie

Ago – 16	720	246	764	138	411	2.279	5.063	0,450
Set – 16	1.156	292	1.074	195	595	3.312	15.609	0,212
Ott – 16	538	177	458	82	276	1.531	6.521	0,235
Nov – 16	281	178	227	18	155	859	3.152	0,273
Dic – 16	284	151	251	44	161	891	3.494	0,255
Totale	3.844	2.342	3.657	616	2.074	12.533	50.273	0,249

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

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

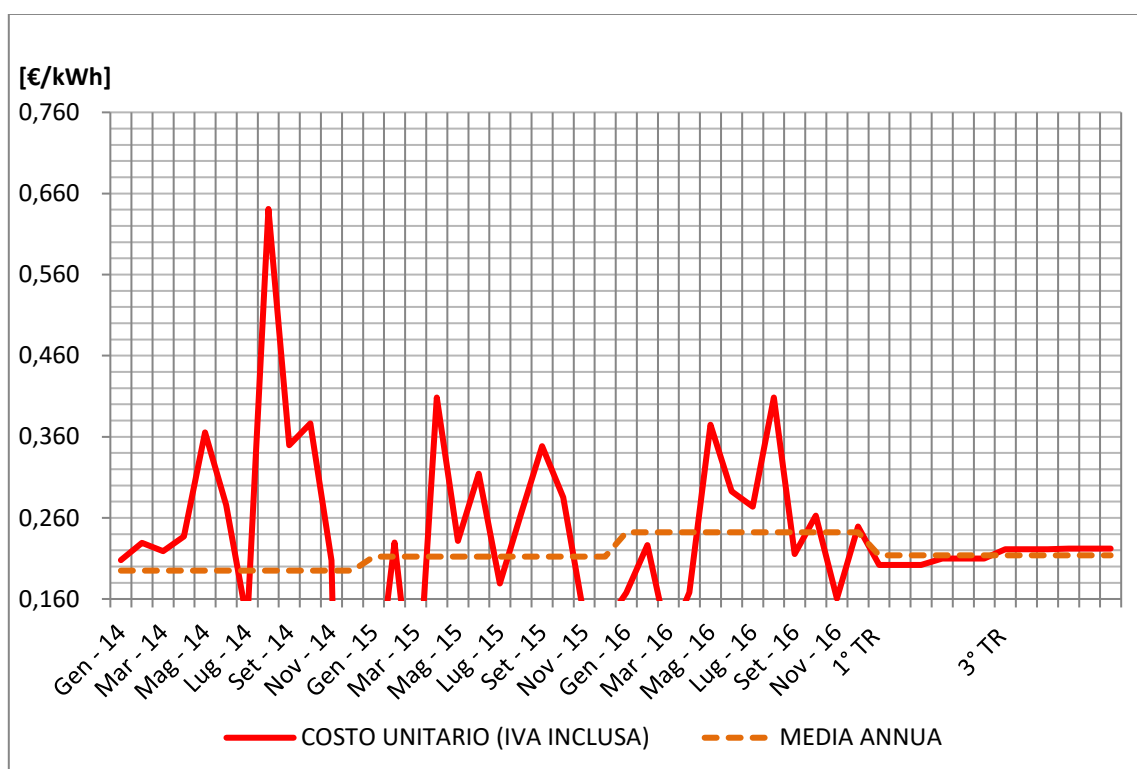
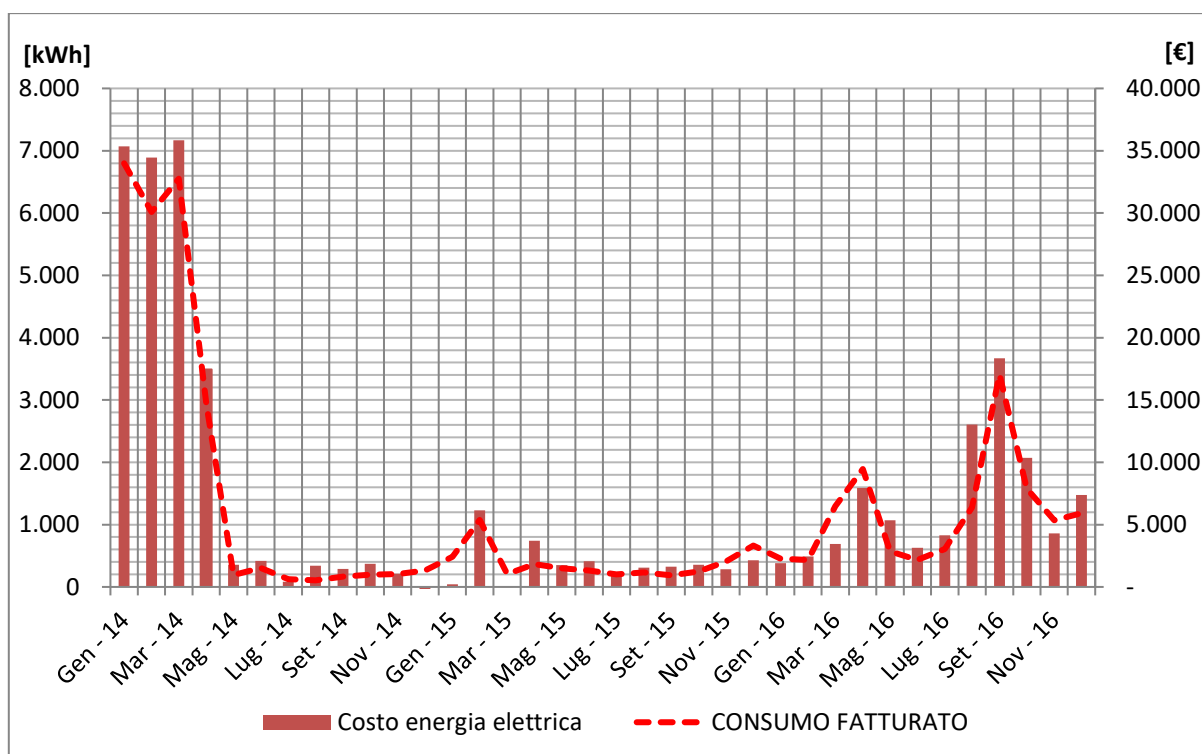


Figura 7.2 – Andamento dei consumi e dei costi dell'energia elettrica



Dall'analisi effettuata risulta evidente che l'andamento dei costi a livello di costo unitario è rimasto pressochè costante con un leggero incremento negli anni 2016.

Come prevedibile le spese risultano notevolmente maggiori nei primi anni 2014, quando la scuola era ancora funzionante.

7.2 TARIFFE E PREZZI VETTORI ENERGETICI UTILIZZATI NELL'ANALISI

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

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

Tabella 7.3 – Sintesi dei consumi nel triennio di riferimento

ANNO	VETTORE TERMICO			VETTORE ELETTRICO			TOTALE
	[kWh]	[€]	[€/kWh]	[kWh]	[€]	[€/kWh]	[€]
2014	-	-	-	119.312	25.736,41	0,22	25.736,41
2015	-	-	-	23.176	4.659,63	0,20	4.659,63
2016	-	-	-	70.938	16.357,78	0,23	16.357,78
Media	-	-	-	71.142	15.584,61	0,22	15.584,61

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

Tabella 7.4 – Valori di costo individuati per il calcolo della Baseline

Definizione		Valore	U.M.
Costo unitario dell'energia termica	Valore relativo all'ultimo anno a disposizione	Cu _q	- [€/kWh]
Costo unitario dell'energia elettrica	Valore relativo all'ultimo anno a disposizione	Cu _{EE}	0,214 [€/kWh]

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

7.3 COSTI DI GESTIONE E MANUTENZIONE DI EDIFICIO ED IMPIANTI

Il contratto di conduzione e manutenzione dell'impianto termico definisce per l'edificio oggetto della DE un canone annuale relativo alla conduzione e gestione dell'impianto termico, comprensiva della manutenzione ordinaria, preventiva, programmata e straordinaria, relativa ai seguenti impianti:

- L1-042-218: servizio SIE3

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

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

Tali servizi prevedono il pagamento di un canone annuale da parte della PA pari a 3.189,17 €.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Tabella 7.5 – Valori di costo manutentivi individuati per il calcolo della Baseline

Definizione		Valore	U.M.
Costo per la gestione e manutenzione ordinaria	Corrispettivo annuale relativo al contratto O&M in essere	C_{MO} 2.870	[€/anno]
Costo per la manutenzione straordinaria	Media relativa a gli stessi anni considerati per il rilevamento dei consumi storici	C_{MS} 319	[€/anno]

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

7.4 BASELINE DEI COSTI

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

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

Per la componente energetica vale la seguente formula:

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

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

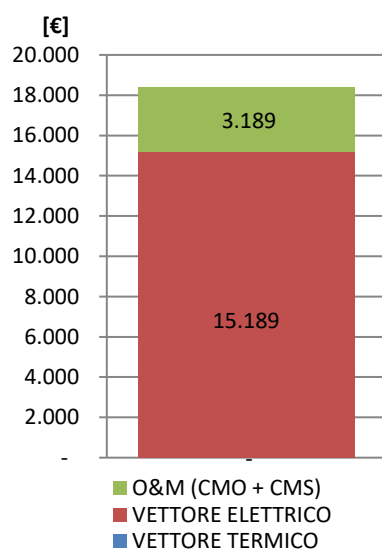
$$C_{baseline} = C_E + C_{MO} + C_{MS}$$

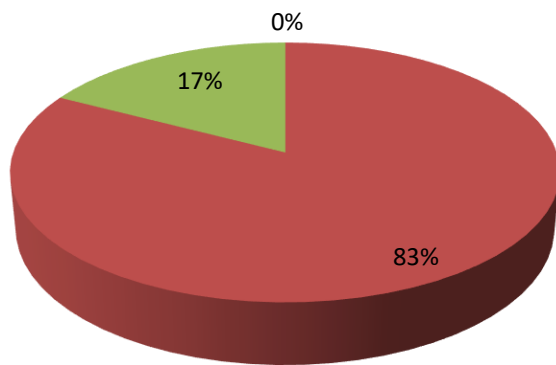
Ne risulta quindi un C_E pari a € 15.189 e un $C_{baseline}$ pari a € 18.379

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

VETTORE TERMICO			VETTORE ELETTRICO				O&M ($C_{MO} + C_{MS}$)		TOTALE
$Q_{baseline}$	Cu_Q	C_Q	$EE_{baseline}$	Cu_{EE}	C_{EE}	C_M	C_{MO}	C_{MS}	$CQ+CEE+CM$
[kWh]	[€/kWh]	[€]	[kWh]	[€/kWh]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]
-	-	-	70.938	0,214	15.189	3.189	2.870	319	18.379

Figura 7.3 – Baseline dei costi e loro ripartizione





8 IDENTIFICAZIONE DELLE MISURE DI EFFICIENZA ENERGETICA

8.1 DESCRIZIONE, FATTIBILITÀ E PRESTAZIONI DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI

8.1.1 Involucro edilizio

EEM1: Installazione di cappotto interno nella zona Sviluppo Genova

Generalità

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

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

Caratteristiche funzionali e tecniche

I pannelli isolanti devono avere superficie massima di 1m². Lo spessore minimo è di 4,0 cm. Nel caso studio si sono scelti di installare 9 cm di isolante di silicato di calcio con conducibilità pari a 0,045W/m2k.

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

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

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

Descrizione dei lavori

La posa deve essere svolta da addetti specializzati.

Un collante viene poi applicato ai pannelli e questi vengono fissati alla parete interna dell'edificio, dal basso verso l'alto, a giunti sfalsati, evitando la presenza di fessure tra i pannelli.

Infine, si procede rivestendo i pannelli con lastre di cartongesso.

Prestazioni raggiungibili

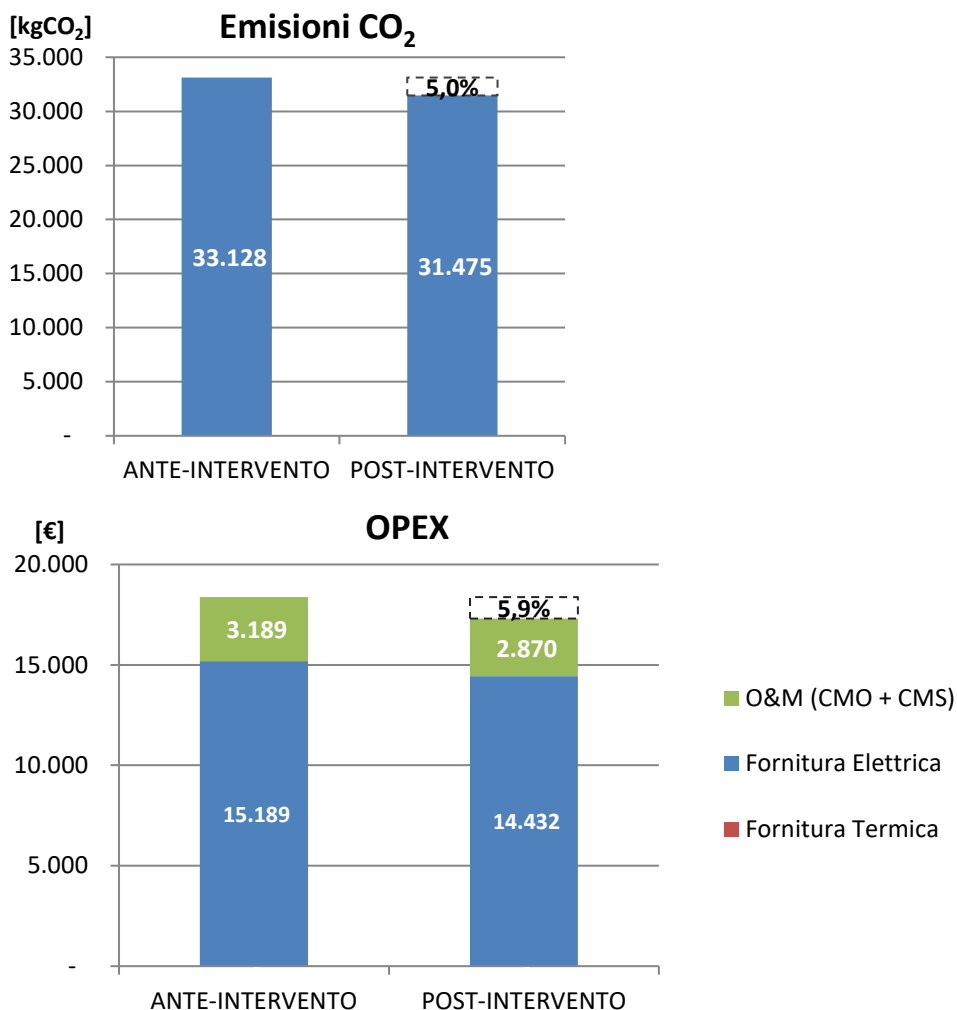
I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione della EEM1 sono riportati nella Tabella 8.1 e nella Figura 8.1.

Tabella 8.1 – Risultati analisi EEM1 – Cappotto interno

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
EM1 [Parametro caratteristico dell'intervento]	[W/m ² K]	1,047	0,337	67,8%
Q _{teorico}	[kWh]	9.157	9.157	0,0%
EE _{teorico}	[kWh]	68.895	65.458	5,0%
Q _{baseline}	[kWh]	-	-	0,0%
EE _{baseline}	[kWh]	70.938	67.399	5,0%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	-	-	0,0%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	33.128	31.475	5,0%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	33.128	31.475	5,0%
Fornitura Termica, C _Q	[€]	-	-	#DIV/0!
Fornitura Elettrica, C _{EE}	[€]	15.189	14.432	5,0%
Fornitura Energia, C_E	[€]	15.189	14.432	5,0%
C _{MO}	[€]	2.870	2.583	10,0%
C _{MS}	[€]	319	287	10,0%
O&M (C_{MO} + C_{MS})	[€]	3.189	2.870	10,0%

OPEX	[€]	18.379	17.302	5,9%
Classe energetica	[-]	C	C	+0 classi

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



8.1.2 Impianto di illuminazione ed impianto elettrico

EEM3: Installazione di lampade a LED a basso consumo

Generalità

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

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

Caratteristiche funzionali e tecniche

Si sostituiscono le sorgenti luminose seguenti:

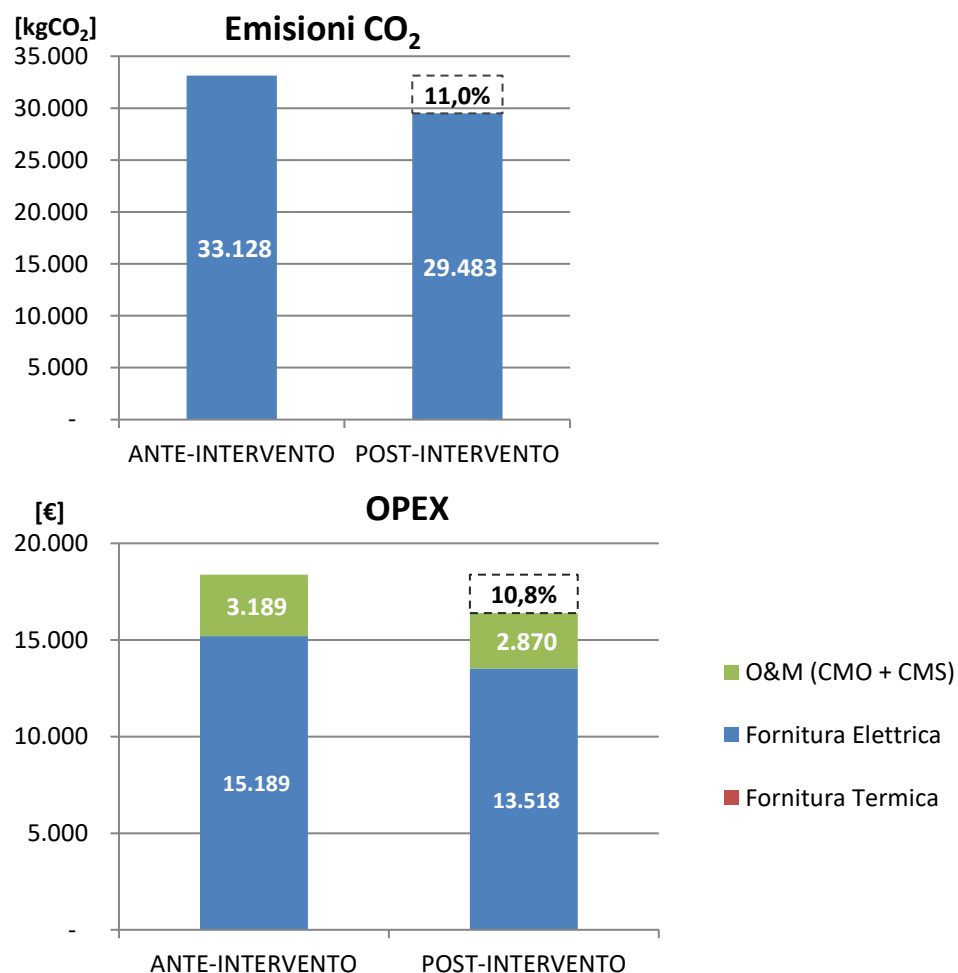
- Lampade fluorescenti 1x36W con lampade LED da 20 W;
- Lampade fluorescenti 2x36W e 1x58W con lampade LED da 36 W;
- Lampade fluorescenti 2x58W con lampade LED da 48 W;

Prestazioni raggiungibili

I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione della EEM1 sono riportati nella Tabella 8.2 e nella Figura 8.2.

Tabella 8.2 – Risultati analisi EEM3 – Installazione lampade a LED

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
Lampade LED	W	72	36	50,0%
Q _{teorico}	[kWh]	9.157	9.157	0,0%
EE _{teorico}	[kWh]	68.895	61.314	11,0%
Q _{baseline}	[kWh]	-	-	0,0%
EE _{baseline}	[kWh]	70.938	63.132	11,0%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	-	-	0,0%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	33.128	29.483	11,0%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	33.128	29.483	11,0%
Fornitura Termica, C _Q	[€]	-	-	#DIV/0!
Fornitura Elettrica, C _{EE}	[€]	15.189	13.518	11,0%
Fornitura Energia, C_E	[€]	15.189	13.518	11,0%
C _{MO}	[€]	2.870	2.583	10,0%
C _{MS}	[€]	319	287	10,0%
O&M (C _{MO} + C _{MS})	[€]	3.189	2.870	10,0%
OPEX	[€]	18.379	16.388	10,8%
Classe energetica	[-]	C	C	+0 classi

Figura 8.2 – EEM3: Riduzione dei costi operativi e delle emissioni di CO₂ a partire dalla baseline

8.1.3 Impianto di generazione da fonti rinnovabili

EEM2: Installazione pannelli fotovoltaici

Generalità

Si prevede l'installazione di un impianto fotovoltaico di potenzialità pari a 30 kW.

Si segnala che vista l'impossibilità di installare l'impianto sull'edificio oggetto della presente diagnosi si prevede uno SSP altrove, che non prevede l'obbligo di coincidenza tra i punti di produzione e di consumo dell'energia elettrica.

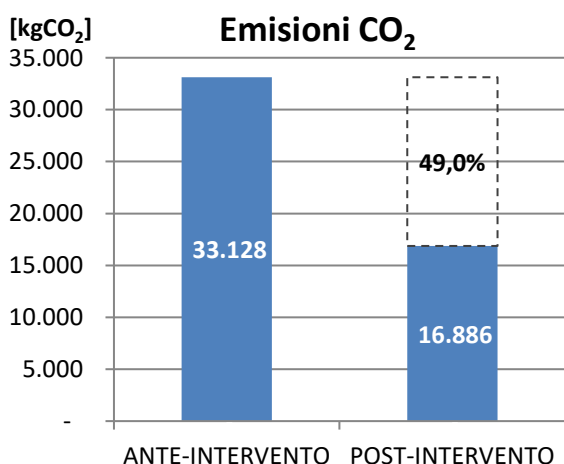
Prestazioni raggiungibili

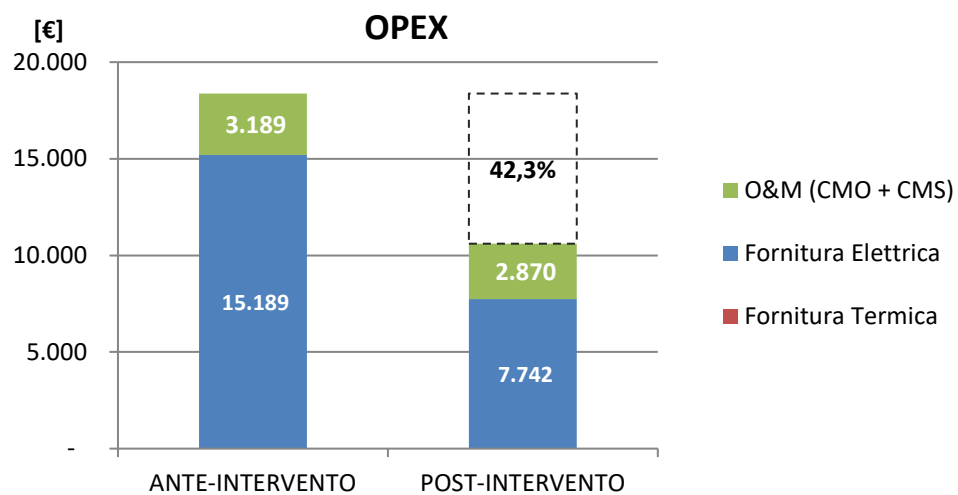
I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione della EEM1 sono riportati nella Tabella 8.3 e nella Figura 8.3.

Tabella 8.3 – Risultati analisi EEM2 – Installazione pannelli fotovoltaici

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
Fotovoltaico	kW	0	30	-
Q _{teorico}	[kWh]	9.157	9.157	0,0%
EE _{teorico}	[kWh]	68.895	35.117	49,0%
Q _{baseline}	[kWh]	-	-	0,0%
EE _{Baseline}	[kWh]	70.938	36.158	49,0%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	-	-	0,0%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	33.128	16.886	49,0%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	33.128	16.886	49,0%
Fornitura Termica, C _Q	[€]	-	-	-
Fornitura Elettrica, C _{EE}	[€]	15.189	7.742	49,0%
Fornitura Energia, C_E	[€]	15.189	7.742	49,0%
C _{MO}	[€]	2.870	2.583	10,0%
C _{MS}	[€]	319	287	10,0%
O&M (C _{MO} + C _{MS})	[€]	3.189	2.870	10,0%
OPEX	[€]	18.379	10.613	42,3%
Classe energetica	[-]	C	A3	+3 classi

Figura 8.3 – EEM2: 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 cappotto interno nella zona Sviluppo Genova

Nella Tabella 9.1 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM 1, che consiste nell'isolamento delle pareti verticali con cappotto interno.

La realizzazione di tale intervento consentirebbe l'ottenimento degli incentivi previsti dal conto termico 2.0, i quali possono essere quantificati in 8.316 € e verranno concessi in un'unica annualità vista la proprietà in capo alla pubblica amministrazione.

Tabella 9.1 – Analisi dei costi della EEM1 – Isolamento con cappotto interno

DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO PREZZARIO [€/m ² cm]	PREZZO UNITARIO SCONTATO [€/m ² cm]	TOTALE (IVA ESCLUSA) [€]	IVA [%]	TOTALE (IVA INCLUSA) [€]
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	4056,84	m2cm	€ 3,49	€ 3,17	€ 12.871,25	22%	€ 15.702,92
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	450,76	kg	€ 0,82	€ 0,75	€ 336,02	22%	€ 409,95
Collante cementizio per murature in cemento cellulare espanso.	Prezzario Regione Liguria	225,38	kg	€ 0,49	€ 0,45	€ 100,40	22%	€ 122,48
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	11,27	m2	€ 21,17	€ 19,25	€ 216,88	22%	€ 264,59
Intonaco interno in malta cementizia strato aggrappante a base di cemento portland, sabbie classificate ed additivi specifici spessore 5 mm circa.	Prezzario Regione Liguria	450,76	m2	€ 4,80	€ 4,36	€ 1.966,95	22%	€ 2.399,68
Costi per la sicurezza	-	3%	%			€ 464,74	22%	€ 566,99
Costi progettazione (in % su importo lavori)	-	7%	%			€ 1.084,40	22%	€ 1.322,97
TOTALE (I₀ – EEM1)						€ 17.041	22%	€ 20.790
Incentivi	[Conto termico]							€ 8.315,83
Durata incentivi								5
Incentivo annuo								€ 1.663,17

EEM2: Installazione pannelli fotovoltaici

Nella Tabella 9.2 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM 2, che consiste nell'installazione di pannelli fotovoltaici pari a 20kW.

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

Tabella 9.2 – Analisi dei costi della EEM2 – Installazione impianto fotovoltaico

DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO PREZZARIO	PREZZO UNITARIO SCONTATO	TOTALE (IVA ESCLUSA)	IVA	TOTALE (IVA INCLUSA)
				[€/kW]	[€/kW]	[€]	[%]	[€]
da 21 a 50 kWp	Prezzario Milano	30	kW	€ 2.236,65	€ 2.033,32	€ 60.999,55	22%	€ 74.419,45
Costi per la sicurezza	-	3%	%			€ 1.829,99	22%	€ 2.232,58
Costi progettazione (in % su importo lavori)	-	7%	%			€ 4.269,97	22%	€ 5.209,36
TOTALE (I₀ – EEM1)						€ 67.100	22%	€ 81.861

EEM3: Installazione di lampade a LED a basso consumo

Nella Tabella 9.3 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM 3, che consiste nell'installazione di lampade a LED a basso consumo.

La realizzazione di tale intervento consentirebbe l'ottenimento degli incentivi previsti dal conto termico 2.0, i quali possono essere quantificati in 14.316 € e verranno concessi in un'unica annualità vista la proprietà in capo alla pubblica amministrazione.

Tabella 9.3 – Analisi dei costi della EEM3 – Installazione lampade a LED a basso consumo

DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO PREZZARIO	PREZZO UNITARIO SCONTATO	TOTALE (IVA ESCLUSA)	IVA	TOTALE (IVA INCLUSA)
				[€/kW]	[€/kW]	[€]	[%]	[€]
da 21 a 50 kWp	Prezzario Milano	30	kW	€ 2.236,65	€ 2.033,32	€ 60.999,55	22%	€ 74.419,45
Costi per la sicurezza	-	3%	%			€ 1.829,99	22%	€ 2.232,58
Costi progettazione (in % su importo lavori)	-	7%	%			€ 4.269,97	22%	€ 5.209,36
TOTALE (I₀ – EEM1)						€ 67.100	22%	€ 81.861

9.2 ANALISI DI CONVENIENZA DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI CONSIDERATI FATTIBILI

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

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

Gli indicatori economici d'investimento utilizzati sono:

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

Essi sono così definiti:

1) Tempo di ritorno semplice (TRS):

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

Dove:

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

2) Tempo di ritorno attualizzato (TRA):

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

Dove:

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

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

Dove:

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

3) Valore Attuale Netto (VAN) del progetto:

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

Dove:

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

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

5) Indice di Profitto (IP):

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

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

- Tasso di sconto: **R = 4%**

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

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

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

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

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

EEM1: Installazione di cappotto interno nella zona Sviluppo Genova

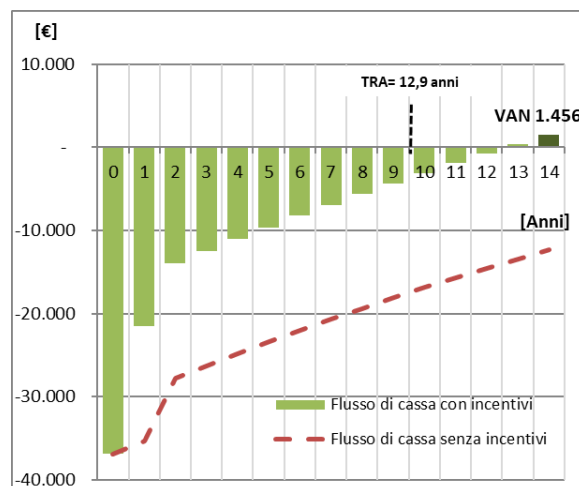
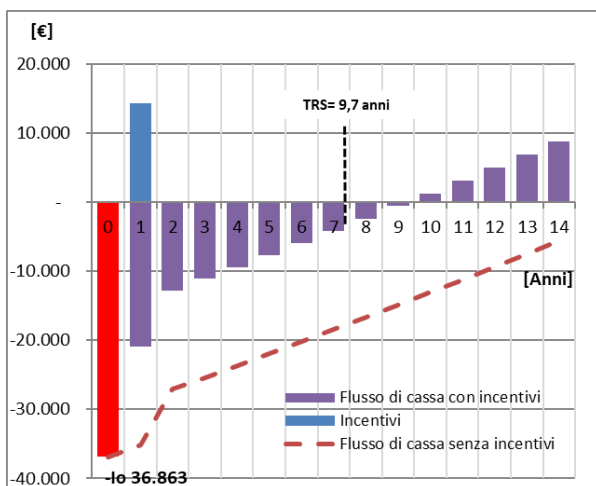
L'analisi di convenienza effettuata per la EEM 1 porta alla valutazione dei seguenti indici finanziari:

Tabella 9.4 – Risultati dell'analisi di convenienza della EEM1– Cappotto interno

PARMETRO FINANZIARIO	U.M.	VALORE	
Investimento Iniziale	I_0	€ 35.789	
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 14.316	
Durata incentivo	n_B	anni 1	
Tasso di attualizzazione	i	[%] 3,5%	
INDICE FINANZIARIO DI PROGETTO	VALORE SENZA INCENTIVI	VALORE CON INCENTIVI	
Tempo di rientro semplice	TRS	16,9	9,7
Tempo di rientro attualizzato	TRA	27,8	12,9
Valore attuale netto	VAN	917	14.683
Tasso interno di rendimento	TIR	4,2%	9,1%
Indice di profitto	IP	0,03	0,41

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

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



Dall'analisi effettuata è emerso che l'intervento risulta conveniente se si sfruttano gli incentivi del conto termico, senza questi i tempi di ritorno di allungano ma rimangono comunque entro i tempi di vita utile del capotto.

EEM2: Installazione pannelli fotovoltaici

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

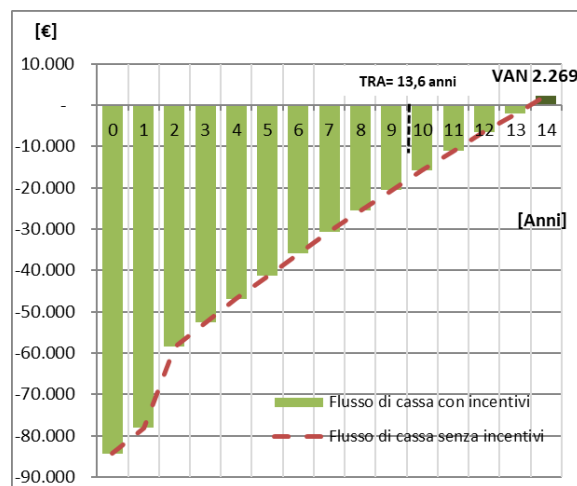
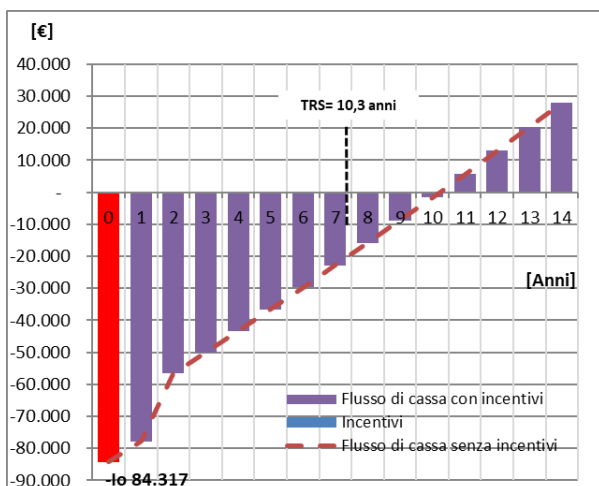
Tabella 9.5 – Risultati dell'analisi di convenienza della EEM2– Installazione pannelli fotovoltaici

PARAMETRO FINANZIARIO	U.M.	VALORE	
Investimento Iniziale	I_0	€ 81.861	
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 -	
Durata incentivo	n_B	anni 1	
Tasso di attualizzazione	i	[%] 3,5%	
INDICE FINANZIARIO DI PROGETTO	VALORE SENZA INCENTIVI	VALORE CON INCENTIVI	
Tempo di rientro semplice	TRS	10,3	10,3
Tempo di rientro attualizzato	TRA	13,6	13,6
Valore attuale netto	VAN	54.753	54.753
Tasso interno di rendimento	TIR	9,1%	9,1%
Indice di profitto	IP	0,67	0,67

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

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

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



Dall'analisi effettuata è emerso che l'intervento risulta conveniente ed in grado di abbattere i consumi di energia elettrica di circa un 50% consentendo anche un abbattimento delle emissioni di anidride carbonica.

EEM3: Installazione lampade a LED a basso consumo

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

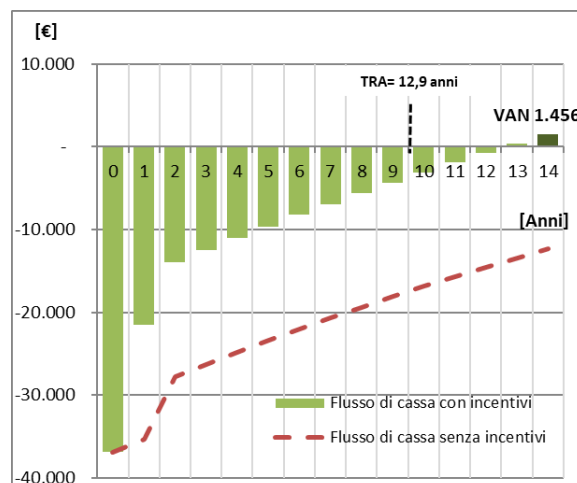
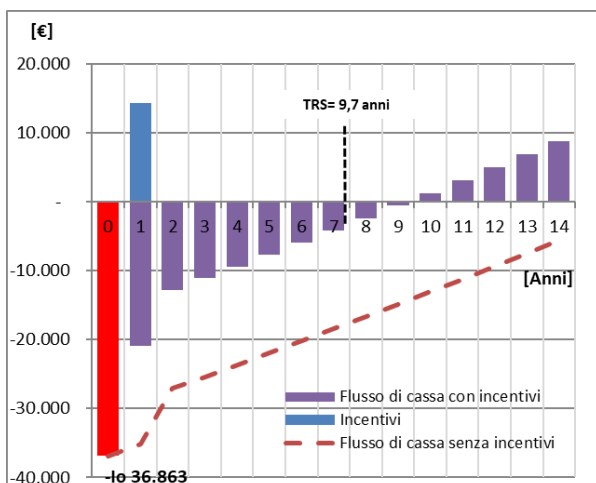
Tabella 9.6 – Risultati dell'analisi di convenienza della EEM3– Installazione lampade a LED a basso consumo

PARAMETRO FINANZIARIO	U.M.	VALORE	
Investimento Iniziale	I_0	€ 35.789	
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 14.316	
Durata incentivo	n_B	anni 1	
Tasso di attualizzazione	i	[%] 3,5%	
INDICE FINANZIARIO DI PROGETTO	VALORE SENZA INCENTIVI	VALORE CON INCENTIVI	
Tempo di rientro semplice	TRS	16,9	9,7
Tempo di rientro attualizzato	TRA	27,8	12,9
Valore attuale netto	VAN	917	14.683
Tasso interno di rendimento	TIR	4,2%	9,1%
Indice di profitto	IP	0,03	0,41

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

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

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



Dall'analisi effettuata è emerso che l'intervento risulta conveniente sia con che senza incentivi, con tempi di ritorno al di sotto dei 16 anni per entrambe le situazioni.

Sintesi

La sintesi della valutazione economico – finanziaria delle EEM proposte è riportata nelle Tabella 9.7 e Tabella 9.8.

Tabella 9.7 – Sintesi dei risultati della valutazione economico-finanziaria, caso senza incentivi

	SENZA INCENTIVI											
	% Δ_E	% Δ_{CO_2}	Δ_{CE}	Δ_{CMO}	Δ_{CMS}	I_0	TRS	TRA	VAN	TIR	IP	
	[%]	[%]	[€/anno]	[€/anno]	[€/anno]	[€]	[anni]	[anni]	[€]	[%]	[-]	
EEM 1	4,99%	4,99%	757,77	287,03	31,89	20.789,59	18,24	31,38	941,22	3,59%	-	0,05
EEM 2	49,03%	49,03%	7.447,14	287,03	31,89	81.861,39	10,31	13,63	54.752,52	9,13%		0,67
EEM 3	11,00%	11,00%	1.671,41	287,03	31,89	35.789,18	16,90	27,85	917,47	4,23%		0,03

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);
- Δ_{CE} è il risparmio economico annuo attribuibile alla riduzione dei consumi energetici (termico + elettrico); assume valori positivi;
- Δ_{CMO} è la variazione di costo annuo attribuibile al nuovo costo per la gestione e la manutenzione ordinaria; assume valori positivi per un decremento e valori negativi per un incremento;
- Δ_{CMS} è la variazione di costo annuo attribuibile al nuovo costo previsto per la manutenzione straordinaria; assume valori positivi per un decremento e valori negativi per un incremento;
- I_0 è il valore dell'investimento iniziale per la realizzazione dell'intervento; assume valori negativi;

Tabella 9.8 – Sintesi dei risultati della valutazione economico-finanziaria, caso con incentivi

	CON INCENTIVI										
	% Δ_E	% Δ_{CO_2}	Δ_{CE}	Δ_{CMO}	Δ_{CMS}	I_0	TRS	TRA	VAN	TIR	IP
	[%]	[%]	[€/anno]	[€/anno]	[€/anno]	[€]	[anni]	[anni]	[€]	[%]	[-]
EEM 1	4,99%	4,99%									8,35%

			757,77	287,03	31,89	20.789,59	10,53	13,98	7.054,8		0,34
EEM 2	49,03%	49,03%	7.447,14	287,03	31,89	81.861,39	10,31	13,63	54.752,5	9,13%	0,67
EEM 3	11,00%	11,00%	1.671,41	287,03	31,89	35.789,18	9,68	12,87	14.682,5	9,11%	0,41

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Dove:

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

L'ultima dimensione di analisi è la valutazione della sostenibilità finanziaria. Infatti, non tutti gli investimenti economicamente convenienti risultano poi fattibili dal punto di vista finanziario. La sostenibilità finanziaria di un progetto può essere espressa anche in termini di bancabilità ricorrendo

a degli indicatori capaci di valutare il margine di sicurezza su cui i soggetti finanziatori possono contare per essere garantiti sul puntuale pagamento del servizio del debito.

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

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

Essi sono così definiti:

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

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

Dove:

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

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

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

Dove:

- s è il periodo di valutazione dell'indicatore;
- $s+m$ è l'ultimo periodo di rimborso del debito;
- FCO_n è il flusso di cassa per il servizio del debito;
- D è il debito residuo (outstanding) al periodo t-esimo;
- i è il tasso di attualizzazione dei flussi di cassa;
- R è l'eventuale riserva a servizio del debito accumulata al periodo di valutazione (*Debt Reserve*).

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

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

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

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

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

- **Scenario 1: EEM1+EEM3**
- **Scenario 2: EEM1+EEM2+EEM3**

9.3.1 Scenario 1: EEM1+EEM3

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

Tabella 9.9 – Combinazione di EEM proposta per lo scenario 1

VOCE INVESTIMENTO	TOTALE (IVA ESCLUSA)	IVA AI 22%	TOTALE (IVA INCLUSA)
	[€]	[€]	[€]
EEM1 Fornitura & Posa	17.041	3.749	20.790
EEM3 Fornitura & Posa	29.335	6.454	35.789
TOTALE (I₀)	46.376	10.203	56.579
VOCE INCENTIVO	DESCRIZIONE	TOTALE (IVA INCLUSA)	
		[€]	
Incentivi	[Conto termico]	€ 25.750	
Durata incentivi		1	
Incentivo annuo		€ 25.750	

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

Figura 9.7 – SCN1: Diagramma di Sankey relativo al fabbisogno termico post intervento

Grafico con presenza di energia recuperata al sottosistema di generazione

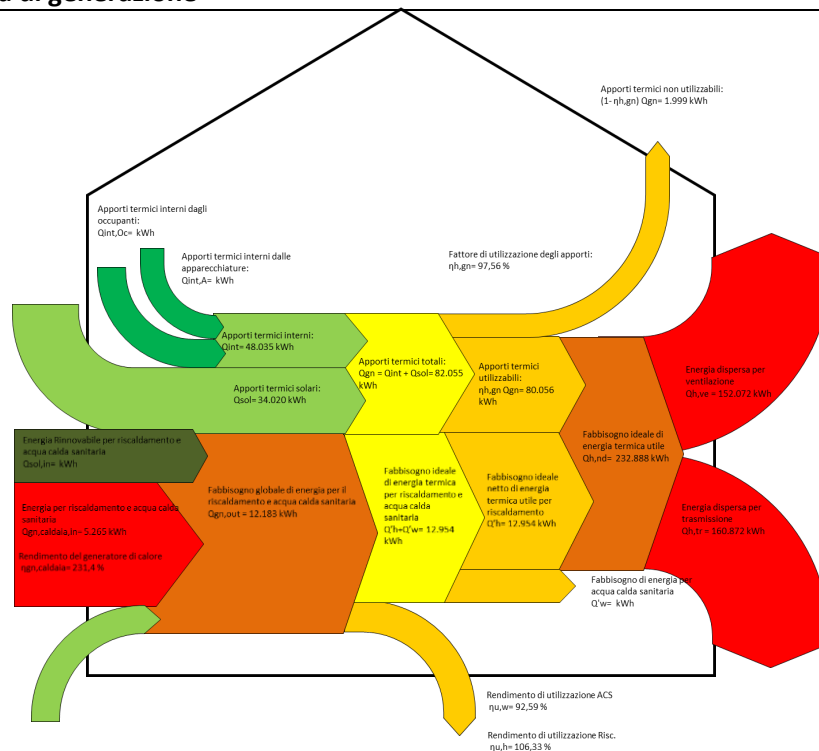
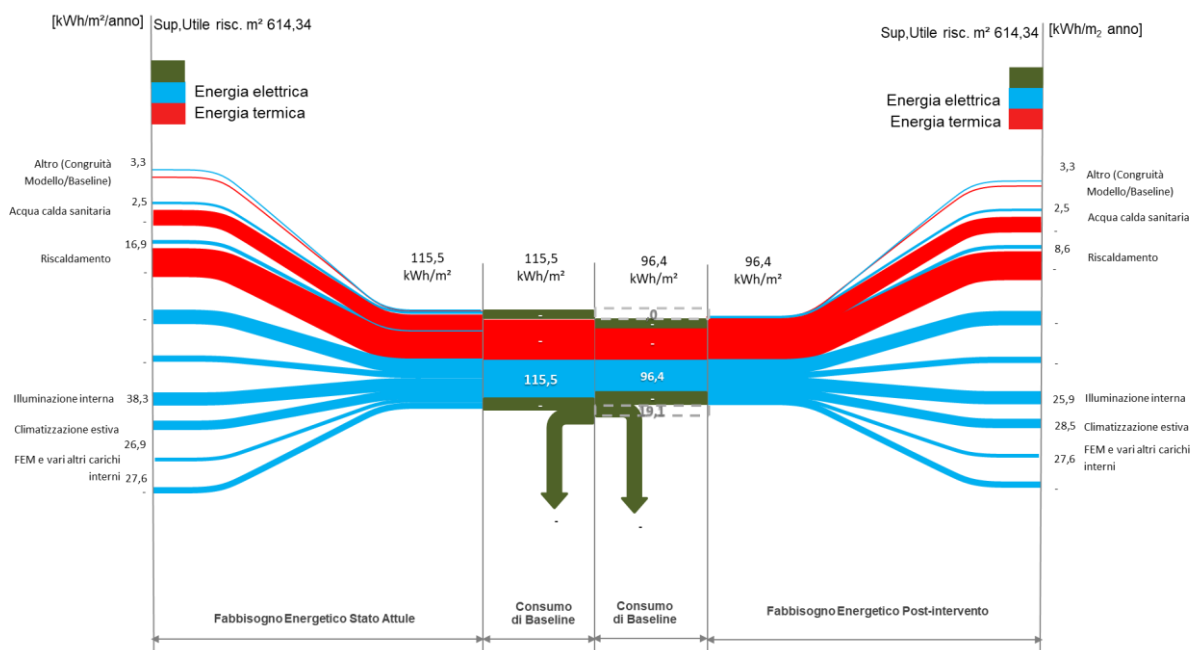


Figura 9.8 – SCN1: Bilancio energetico complessivo dell'edificio post intervento

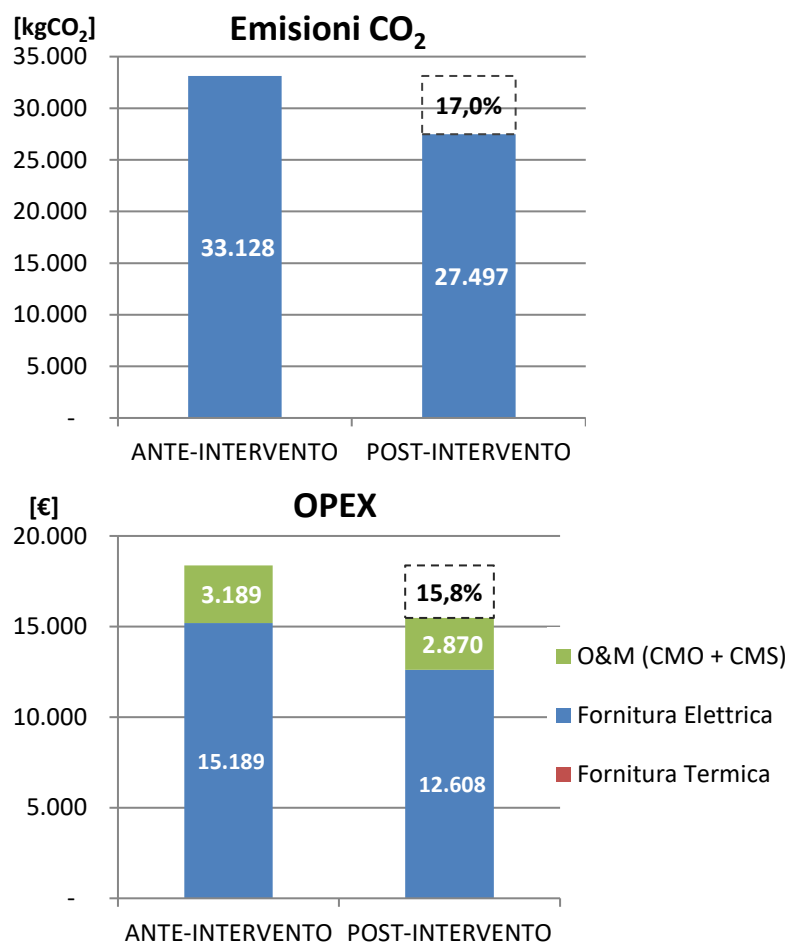


I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione dello Scenario 1 sono riportati nella Tabella 9.10 e nella Figura 9.9

Tabella 9.10 – Risultati analisi SCN1 – EEM1+EEM3

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
EM1 [Parametro caratteristico dell'intervento]	[W/m²K]	1,047	0,337	67,8%
Lampade LED	W	72	36	50,0%
Q _{teorico}	[kWh]	9.157	9.157	0,0%
EE _{teorico}	[kWh]	68.895	57.184	17,0%
Q _{baseline}	[kWh]	-	-	-
EE _{Baseline}	[kWh]	70.938	58.880	17,0%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	-	-	-
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	33.128	27.497	17,0%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	33.128	27.497	17,0%
Fornitura Termica, C _Q	[€]	-	-	-
Fornitura Elettrica, C _{EE}	[€]	15.189	12.608	17,0%
Fornitura Energia, C_E	[€]	15.189	12.608	17,0%

C _{MO}	[€]	2.870	2.583	10,0%
C _{MS}	[€]	319	287	10,0%
O&M (C _{MO} + C _{MS})	[€]	3.189	2.870	10,0%
OPEX	[€]	18.379	15.478	15,8%
Classe energetica	[-]	C	B	+1 classi

Figura 9.9 - SCN1: Riduzione dei costi operativi (OPEX) e delle emissioni di CO₂ a partire dalla baseline

E' stato quindi possibile presentare un modello semplificato di Piano Economico Finanziario (PEF) indicativo, i cui calcoli di dettaglio sono riportati all'Allegato L – Piano Economico Finanziario scenari. I risultati dell'analisi sono riportati nella Tabella 9.11, Tabella 9.12 e Tabella 9.13 e nelle successive figure.

Tabella 9.11 – Parametri finanziari dell'analisi di redditività dello SCN1

PARAMETRI FINANZIARI		
Anni Costruzione	n _i	1
Anni Gestione Servizio	n _s	14
Anni Concessione	n	15
Anno inizio Concessione	n _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	8,2
Anni Equity	n_E	14
Costi d'Investimento diretti, IVA incl.	I_D	€ 56.579
Oneri Finanziari (costi indiretti)	$\%Of$	3,00%
Costi d'Investimento indiretti, IVA incl.	Of	€ 1.697
Costi d'Investimento (diretti+Indiretti) , IVA incl.	CAPEX	€ 58.276
%CAPEX a Debito	D	80,0%
%CAPEX a Equity	E	20,00%
Debito	I_D	€ 46.621
Equity	I_E	€ 11.655
Fattore di annualità Debito	FA_D	7,03
Rata annua debito	q_D	€ 6.631
Costo finanziamento,(D+INT _D)	$q_D * n_D$	€ 54.372
Costi per interessi debito, INT _D	INT_D=q_D*n_D-D	€ 7.750

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

PARAMETRI ECONOMICI		
Costo annuo energia pre-intervento, IVA escl.	C_{E0}	€ 15.189
Costo annuo O&M pre-intervento, IVA escl.	C_{M0}	€ 3.189
Spesa PA pre-intervento (Baseline)	$C_{baseline}$	€ 18.379
Altri costi di gestione ESCo post-intervento, IVA escl.	C_{altro}	€ -
Riduzione% costi fornitura Energia	$\% \Delta C_E$	26,0%
Riduzione% costi O&M	$\% \Delta C_M$	10,0%
Obiettivo riduzione spesa PA	$\% C_{baseline}$	5,0%
Risparmio annuo PA garantito	45,6%	€ 3.089
Risparmio annuo PA immediato durante la gestione	Risp.IM	€ 919
Risparmio PA durante la concessione	14%	€ 45.071
Risparmio annuo PA al termine della concessione	Risp.Term.	€ 5.107
N° di Canoni annuali	anni	14
Utile lordo della ESCO	%CAPEX	0,52%
Costo Contrattuale ESCO €/anno IVA escl.	C_{ESCO}	€ 22
Costi FTT €/anno IVA escl.	C_{FTT}	€ 554
Costi CAPEX €/anno IVA escl.	C_{CAPEX}	€ 1.595
Canone O&M €/anno	C_{nM}	€ 2.980
Canone Energia €/anno	C_{nE}	€ 12.310
Canone Servizi €/anno IVA escl.	C_{nS}	€ 15.290
Canone Disponibilità €/anno IVA escl.	C_{nD}	€ 2.170
Canone Totale €/anno IVA escl.	C_n	€ 17.460
Aliquota IVA %	IVA	22%
Rimborso erariale IVA	R_{IVA}	€ 10.203
Ricavi da Incentivi, esenti d'IVA	R_B	€ 25.750

Durata Incentivi, anni	ns	1
Inizio erogazione Incentivi, anno		2022

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

INDICATORI DI REDDITIVITA DEL PROGETTO PRE-IMPOSTE		
Tempo di Ritorno Semplice, Spb = Io / FC, Anni	T.R.S.	9,55
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	T.R.A.	16,04
Valore Attuale Netto, VAN = VA - Io	VAN > 0	-€655
Tasso interno di rendimento del progetto	TIR > WACC	3,65%
Indice di Profitto	IP	-1,16%
INDICATORI DI REDDITIVITA DELLA ESCO PRE-IMPOSTE		
Tempo di Ritorno Semplice, Spb = Io / FC, Anni	T.R.S.	17,97
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	T.R.A.	7,97
Valore Attuale Netto, VAN = VA - Io	VAN > 0	€ 784
Tasso interno di rendimento dell'azionista	TIR > ke	44,21%
Debit Service Cover Ratio	DSCR < 1,3	1,069
Loan Life Cover Ratio	LLCR > 1	1,161
Indice di Profitto Azionista	IP	1,39%

Figura 9.10 –SCN1: Flussi di cassa del progetto



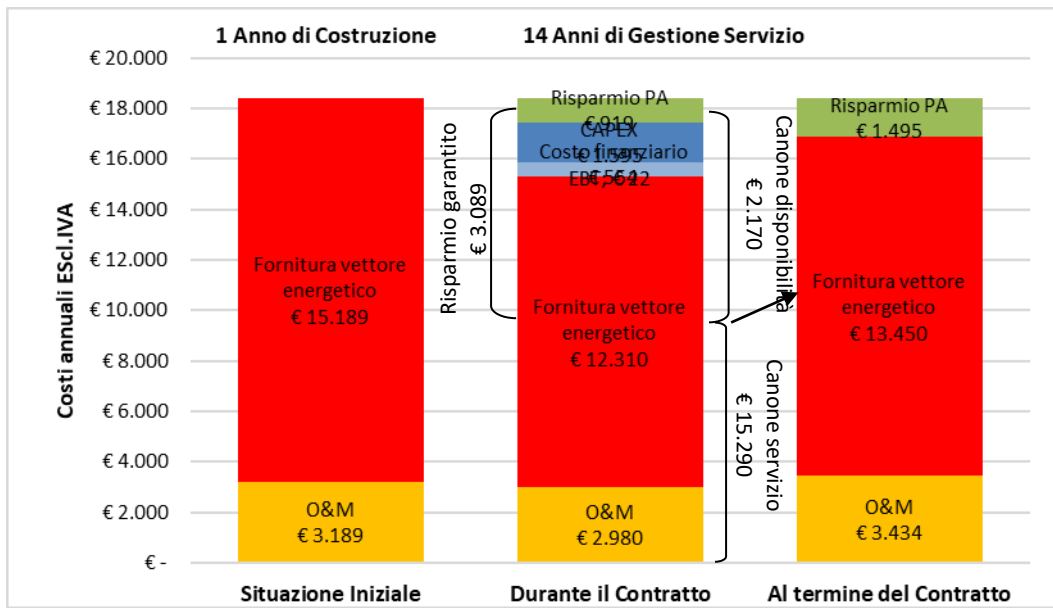
Figura 9.11 – SCN1: Flussi di cassa dell'azionista



Dall'analisi effettuata è emerso che l'intervento risulta conveniente nell'arco dei 15 anni con tempi di ritorno inferiori ai 10 anni. Contemporaneamente l'intervento consente un miglioramento di una classe energetica.

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 9.12.

Figura 9.12 – Scenario 1: Schema di Energy Performance Contract



9.3.2 Scenario 2: EEM1+EEM2+EEM3

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

Tabella 9.14 – Combinazione di EEM proposta per lo scenario 2

VOCE INVESTIMENTO	TOTALE (IVA ESCLUSA)	IVA Al 22%	TOTALE (IVA INCLUSA)
	[€]	[€]	[€]
EEM1 Fornitura & Posa	17.041	3.749	20.790
EEM2 Fornitura & Posa	67.099	14.762	81.861
EEM3 Fornitura & Posa	29.335	6.454	35.789
TOTALE (I₀)	113.475	24.965	138.440
VOCE INCENTIVO	DESCRIZIONE	TOTALE (IVA INCLUSA)	
		[€]	
Incentivi	[Conto termico]	€ 25.750	
Durata incentivi		1	
Incentivo annuo		€ 25.750	

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

Figura 9.13 – SCN2: Diagramma di Sankey relativo al fabbisogno termico post intervento

Grafico con presenza di energia recuperata al sottosistema di generazione

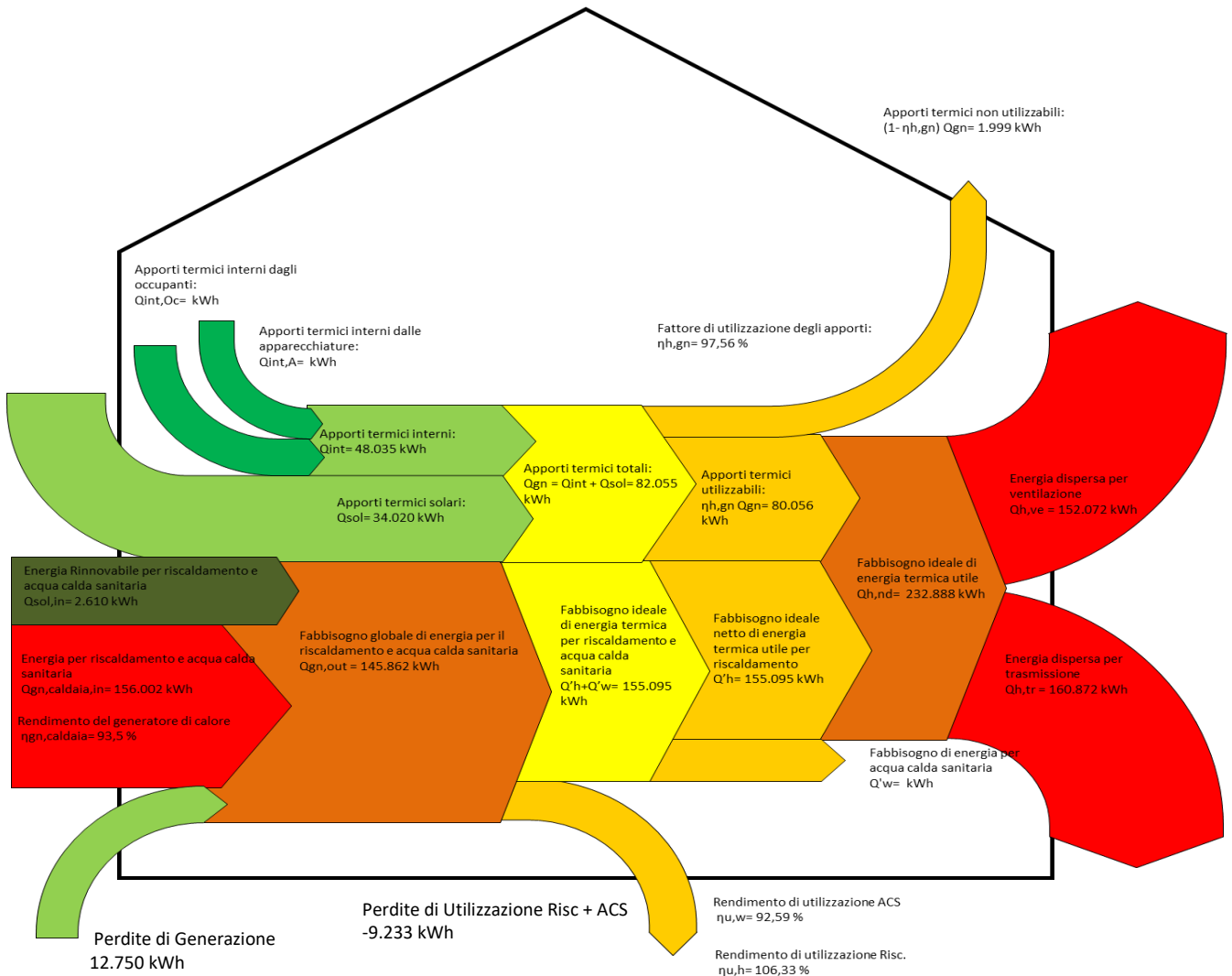
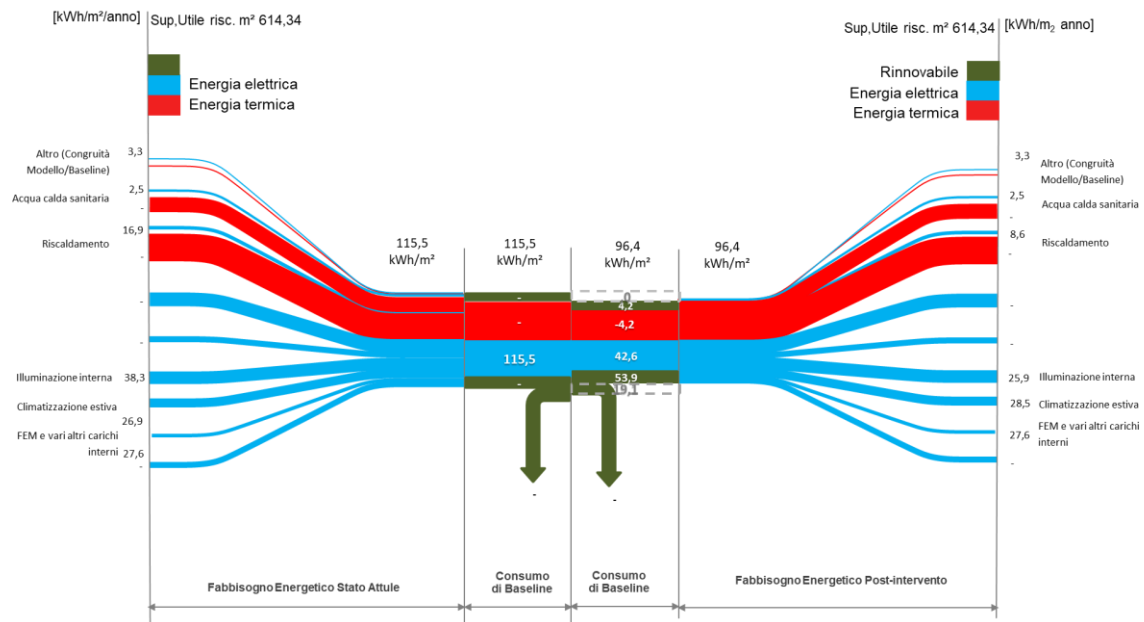


Figura 9.14 – SCN2: Bilancio energetico complessivo dell'edificio post intervento

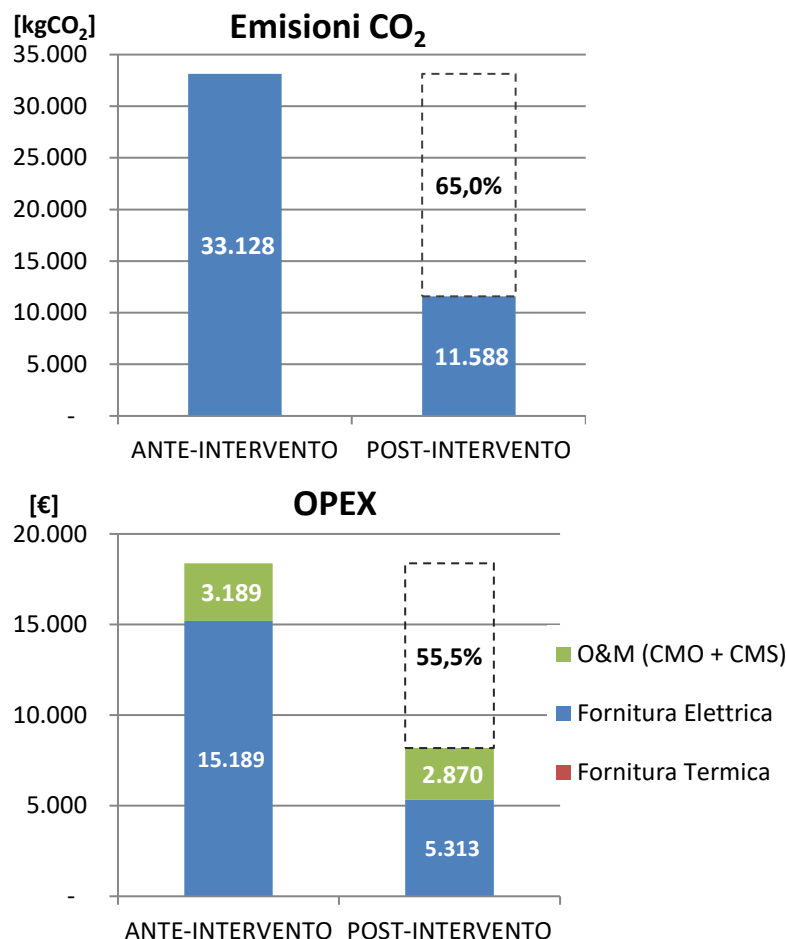


I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione dello Scenario 2 sono riportati nella Tabella 9.15 e nella Figura 9.15

Tabella 9.15 – Risultati analisi SCN2 – EEM1+EEM2+EEM3

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
EM1 [Parametro caratteristico dell'intervento]	[W/m²K]	1,047	0,337	67,8%
Lampade LED	W	72	36	50,0%
Impianto Fotovoltaico	W	0	30	
Q _{teorico}	[kWh]	9.157	9.157	0,0%
EE _{teorico}	[kWh]	68.895	24.099	65,0%
Q _{baseline}	[kWh]	-	-	-
EE _{Baseline}	[kWh]	70.938	24.814	65,0%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	-	-	-
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	33.128	11.588	65,0%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	33.128	11.588	65,0%
Fornitura Termica, C _Q	[€]	-	-	-
Fornitura Elettrica, C _{EE}	[€]	15.189	5.313	65,0%
Fornitura Energia, C_E	[€]	15.189	5.313	65,0%
C _{MO}	[€]	2.870	2.583	10,0%

C_{MS}	[€]	319	287	10,0%
O&M ($C_{MO} + C_{MS}$)	[€]	3.189	2.870	10,0%
OPEX	[€]	18.379	8.183	55,5%
Classe energetica	[-]	C	A3	+3 classi

 Figura 9.15 – SCN2: Riduzione dei costi operativi (OPEX) e delle emissioni di CO₂ a partire dalla baseline


E' stato quindi possibile presentare un modello semplificato di Piano Economico Finanziario (PEF) indicativo, i cui calcoli di dettaglio sono riportati all'Allegato L – Piano Economico Finanziario scenari. I risultati dell'analisi sono riportati nella Tabella 9.16, Tabella 9.17 e Tabella 9.18 e nelle successive figure.

Tabella 9.16 – 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	10,2
Anni Equity	n_E	24
Costi d'Investimento diretti, IVA incl.	I_D	€ 138.440
Oneri Finanziari (costi indiretti)	$\%Of$	3,00%
Costi d'Investimento indiretti, IVA incl.	Of	€ 4.153
Costi d'Investimento (diretti+Indiretti) , IVA incl.	CAPEX	€ 142.593
%CAPEX a Debito	D	80,0%
%CAPEX a Equity	E	20,00%
Debito	I_D	€ 114.075
Equity	I_E	€ 28.519
Fattore di annualità Debito	FA_D	8,44
Rata annua debito	q_D	€ 13.520
Costo finanziamento,(D+INT _D)	$q_D * n_D$	€ 137.900
Costi per interessi debito, INT _D	INT_D=q_D*n_D-D	€ 23.826

Tabella 9.17 – Parametri Economici dell'analisi di redditività dello SCN2

PARAMETRI ECONOMICI		
Costo annuo energia pre-intervento, IVA escl.	C_{E0}	€ 15.189
Costo annuo O&M pre-intervento, IVA escl.	C_{M0}	€ 3.189
Spesa PA pre-intervento (Baseline)	$C_{baseline}$	€ 18.379
Altri costi di gestione ESCo post-intervento, IVA escl.	C_{altro}	€ -
Riduzione% costi fornitura Energia	$\% \Delta C_E$	65,0%
Riduzione% costi O&M	$\% \Delta C_M$	10,0%
Obiettivo riduzione spesa PA	$\% C_{baseline}$	5,0%
Risparmio annuo PA garantito	45,6%	€ 9.127
Risparmio annuo PA immediato durante la gestione	Risp.IM	€ 919
Risparmio PA durante la concessione	14%	€ 112.700
Risparmio annuo PA al termine della concessione	Risp.Term.	€ 13.745
N° di Canoni annuali	anni	24
Utile lordo della ESCO	%CAPEX	57,01%
Costo Contrattuale ESCO €/anno IVA escl.	C_{ESCO}	€ 3.387
Costi FTT €/anno IVA escl.	C_{FTT}	€ 993
Costi CAPEX €/anno IVA escl.	C_{CAPEX}	€ 3.828
Canone O&M €/anno	C_{nM}	€ 3.057
Canone Energia €/anno	C_{nE}	€ 6.195
Canone Servizi €/anno IVA escl.	C_{nS}	€ 9.252
Canone Disponibilità €/anno IVA escl.	C_{nD}	€ 8.208
Canone Totale €/anno IVA escl.	C_n	€ 17.460
Aliquota IVA %	IVA	22%
Rimborso erariale IVA	R_{IVA}	€ 24.965
Ricavi da Incentivi, esenti d'IVA	R_B	€ 25.750

Durata Incentivi, anni	n₈	1
Inizio erogazione Incentivi, anno		2022

Tabella 9.18 – Risultati dell’analisi di redditività e sostenibilità finanziaria della SCN2

INDICATORI DI REDDITIVITA DEL PROGETTO PRE-IMPOSTE		
Tempo di Ritorno Semplice, Spb = Io / FC, Anni	T.R.S.	11,43
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	T.R.A.	15,62
Valore Attuale Netto, VAN = VA - Io	VAN > 0	€ 32.876
Tasso interno di rendimento del progetto	TIR > WACC	7,06%
Indice di Profitto	IP	23,75%
INDICATORI DI REDDITIVITA DELLA ESCO PRE-IMPOSTE		
Tempo di Ritorno Semplice, Spb = Io / FC, Anni	T.R.S.	15,05
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	T.R.A.	16,13
Valore Attuale Netto, VAN = VA - Io	VAN > 0	€ 11.409
Tasso interno di rendimento dell'azionista	TIR > ke	15,35%
Debit Service Cover Ratio	DSCR < 1,3	1,148
Loan Life Cover Ratio	LLCR > 1	3,480
Indice di Profitto Azionista	IP	8,24%

Figura 9.16 –SCN2: Flussi di cassa del progetto

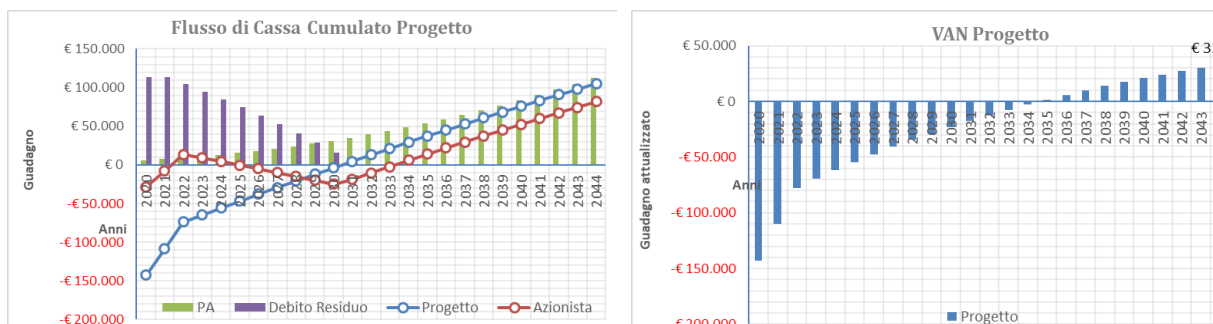


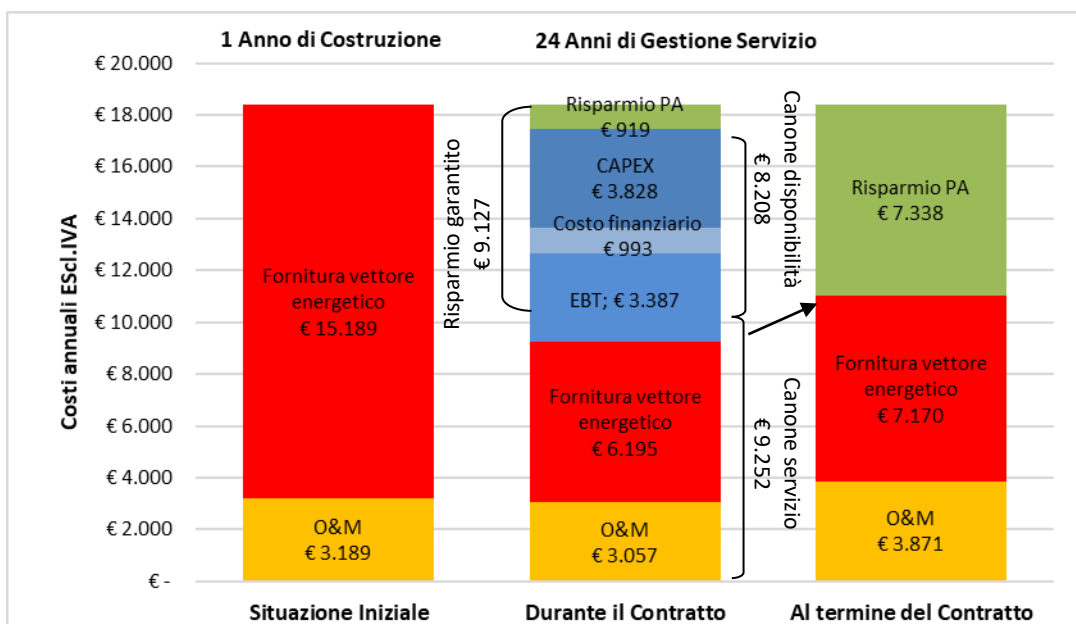
Figura 9.17 – SCN2: Flussi di cassa dell'azionista



Dall’analisi effettuata è emerso che l’intervento risulta conveniente nell’arco dei 15 anni con tempi di ritorno inferiori ai 15 anni. Contemporaneamente l’intervento consente un miglioramento di tre classi energetiche.

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 9.12.

Figura 9.18 – Scenario 2: Schema di Energy Performance Contract



10 CONCLUSIONI

10.1 RIASSUNTO DEGLI INDICI DI PERFORMANCE ENERGETICA

Si riportano in seguito gli indici di prestazione non rinnovabile per il modello adatto all'utenza.

	EPgl	EPH	EPw	EPv	EPc	EPL	EPT	CLASSE
	[kWh/m ² anno]	[kWh/m ² anno]	[kWh/m ² anno]	[kWh/m ² anno]	[kWh/m ² anno]	[kWh/m ² anno]	[kWh/m ² anno]	[kWh/m ² anno]
STATO DI FATTO	48,42	9,34	1,38	0	14,89	21,19	1,62	B
EEM 1	45,32	5,36	1,38	0	15,77	21,19	1,62	B
EEM 2	22,88	7,10	0,84	0	7,88	6,70	0,37	A3
EEM 3	41,59	9,34	1,38	0	14,89	14,36	1,62	B
SCN 1	38,48	5,36	1,38	0	15,77	14,36	1,62	B
SCN 2	16,78	3,54	0,79	0	8,14	4,00	0,26	A3

10.2 RIASSUNTO DEGLI SCENARI DI INVESTIMENTO E DEI PRINCIPALI RISULTATI

	CON INCENTIVI												
	%Δ _E	%Δ _{CO2}	ΔC _E	ΔC _{MO}	ΔC _{MS}	I ₀	TRS	TRA	VAN	TIR	IP	DSCR	LLCR
	[%]	[%]	[€/anno]	[€/anno]	[€/anno]	[€]	[anni]	[anni]	[€]	[%]	[-]	[-]	[-]
EEM 1	4,99%	4,99%	757,77	287,03	31,89	20.789,59	10,53	13,98	7.054,8	8,35%	0,34	-	-
EEM 2	49,03%	49,03%	7.447,14	287,03	31,89	81.861,39	10,31	13,63	54.752,5	9,13%	0,67	-	-
EEM 3	11,00%	11,00%	1.671,41	287,03	31,89	35.789,18	9,68	12,87	14.682,5	9,11%	0,41	-	-
SCN1	15,99%	15,99%	2.429,17	287,03	31,89	56.579,00	9,55	16,04	654,8	3,65%	0,01	1,07	1,16
SCN2	65,02%	65,02%	9.876,32	287,03	31,89	138.440,00	11,43	15,62	32.875,7	7,06%	0,24	1,15	3,48

10.3 CONCLUSIONI E COMMENTI

L'intera struttura oggetto di studio presenta diverse criticità sia a livello strutturale, sia a livello di gestione.

L'edificio risulta poco efficiente dal punto di vista termico, con un involucro opaco poco performante e un involucro trasparente mal mantenuto e caratteristiche termiche particolarmente scadenti.

L'analisi, però, è stata vincolata dal fatto che molte delle zone risultano non riscaldate e dismesse o con un'occupazione occasionale.

Ulteriore vincolo è stato imposto dal fatto che la struttura è situata in centro storico.

Questo ha permesso una valutazione di interventi sull'involucro nella sola porzione riscaldata. Si è studiato un cappotto interno per la zona degli Uffici Sviluppo Genova che è risultata una soluzione positiva in termini economici e di riduzione dei consumi elettrici.

Quest'ultimi rappresentano la totalità dei consumi dell'intero edificio. Per tale motivo si sono valutate altre due opzioni, installazione di pannelli fotovoltaici e installazione di lampade a LED a basso consumo. Entrambe le soluzioni sono risultate essere positive, sia in termini economici che di risparmio energetico, in modo particolare la prima.

I due Scenari considerati, infine, sono risultati essere soddisfacenti per gli obiettivi preposti ad inizio diagnosi. L'unico parametro non rispettato è stato il salto di due classi energetiche dello Scenario 1, ma ciò era preventivabile a causa delle particolari caratteristiche dell'edificio.

ALLEGATO A – ELENCO DOCUMENTAZIONE FORNITA DALLA COMMITTENZA

Titolo	Data	Nome file
Inquadramento	15/10/2003	DE_Lotto.8-E1363_revA-AllegatoA-E01363.dwg
Inquadramento	15/10/2003	DE_Lotto.8-E1363_revA-AllegatoA-E01363S.dwg
Planimetria P1	14/10/1997	DE_Lotto.8-E1363_revA-AllegatoA-PIAN1.dwg
Planimetria P2	14/10/1997	DE_Lotto.8-E1363_revA-AllegatoA-PIAN2.dwg
Planimetria P3	14/10/1997	DE_Lotto.8-E1363_revA-AllegatoA-PIAN3.dwg
Planimetria P4	14/10/1997	DE_Lotto.8-E1363_revA-AllegatoA-PIAN4.dwg
Planimetria P5	14/10/1997	DE_Lotto.8-E1363_revA-AllegatoA-PIAN5.dwg
Planimetria P6	14/10/1997	DE_Lotto.8-E1363_revA-AllegatoA-PIAN6.dwg
Planimetria P7	14/10/1997	DE_Lotto.8-E1363_revA-AllegatoA-PIAN7.dwg
Planimetria PC	14/10/1997	DE_Lotto.8-E1363_revA-AllegatoA-PIANC.dwg
Planimetria PT	14/10/1997	DE_Lotto.8-E1363_revA-AllegatoA-PIANT.dwg
Planimetria PA	14/10/1997	DE_Lotto.8-E1363_revA-AllegatoA-PIANA.dwg
Superfici zone	09/09/2013	DE_Lotto.8-E1363_revA-AllegatoA-superfici.xlsx
Consumi energia elettrica	02/08/2018	DE_Lotto.8-E1363_revA-AllegatoA-Tabulato consumi EE.xlsx
Inquadramento	15/10/2013	DE_Lotto.8-E1363_revA-AllegatoA-UIU002

ALLEGATO B – ELABORATI

Titolo	Data	Nome file
Contesto urbano	01/08/2018	DE_Lotto.8-E1363_revA-AllegatoB-Contesto geografico e urbano.pdf
Grafici per relazione di diagnosi	01/08/2018	DE_Lotto.8-E1363_revA-AllegatoB-Grafici_template.xlsx
Impianto elettrico P2 e P3	01/08/2018	DE_Lotto.8-E1363_revA-AllegatoB-Impianti elettrici_P2_P3.pdf
Impianto elettrico P4 e P5	01/08/2018	DE_Lotto.8-E1363_revA-AllegatoB-Impianti elettrici_P4_P5.pdf
Impianto elettrico P6 e P7	01/08/2018	DE_Lotto.8-E1363_revA-AllegatoB-Impianti elettrici_P6_P7.pdf
Impianto elettrico PS, PT, P1	01/08/2018	DE_Lotto.8-E1363_revA-AllegatoB-Impianti elettrici_PS_PT_P1.pdf
Impianto termico P2 e P3	01/08/2018	DE_Lotto.8-E1363_revA-AllegatoB-Impianti termici_P2_P3.pdf
Impianto termico P4 e P5	01/08/2018	DE_Lotto.8-E1363_revA-AllegatoB-Impianti termici_P4_P5.pdf
Impianto termico P6 e P7	01/08/2018	DE_Lotto.8-E1363_revA-AllegatoB-Impianti termici_P6_P7.pdf
Impianto termico PS, P1, PT	01/08/2018	DE_Lotto.8-E1363_revA-AllegatoB-Impianti termici_PS_PT_P1.pdf
Planimetria P2 e P3	01/08/2018	DE_Lotto.8-E1363_revA-AllegatoB-Planimetria_P2_P3.pdf
Planimetria P4 e P5	01/08/2018	DE_Lotto.8-E1363_revA-AllegatoB-Planimetria_P4_P5.pdf
Planimetria P6 e P7	01/08/2018	DE_Lotto.8-E1363_revA-AllegatoB-Planimetria_P6_P7.pdf
Planimetria PC	01/08/2018	DE_Lotto.8-E1363_revA-AllegatoB-Planimetria_PC.pdf
Planimetria PS, P1, PT	01/08/2018	DE_Lotto.8-E1363_revA-AllegatoB-Planimetria_PS_PT_P1.pdf
Prospetto Sud	01/08/2018	DE_Lotto.8-E1363_revA-AllegatoB-Prospetti_1.pdf
Prospetto Nord	01/08/2018	DE_Lotto.8-E1363_revA-AllegatoB-Prospetti_2.pdf
Schema a blocchi impianto elettrico	01/08/2018	DE_Lotto.8-E1363_revA-AllegatoB-SCHEMA BLOCCHI QE_REV00.pdf
Sezione struttura	01/08/2018	DE_Lotto.8-E1363_revA-AllegatoB-Sezione.pdf

ALLEGATO C – REPORT DI INDAGINE TERMOGRAFICA

	Titolo	Data	Nome file
	Report termografico	02/08/2018	DE_Lotto.8-E1363_revA-AllegatoC_report termografico.pdf

ALLEGATO D – REPORT RELATIVI AD ALTRE PROVE DIAGNOSTICHE STRUMENTALI

Titolo	Data	Nome file
--------	------	-----------

ALLEGATO E – RELAZIONE DI DETTAGLIO DEI CALCOLI

Titolo	Data	Nome file
Calcoli software ediclina	02/08/2018	DE_Lotto.8-E1363_revA-AllegatoE-Calcoli.pdf

ALLEGATO F – CERTIFICATO CTI SOFTWARE

Titolo	Data	Nome file
Certificato edilclima	01/02/2018	DE_Lotto.8-E1363_revA-AllegatoF-CertCTI.pdf

ALLEGATO G – ATTESTATO DI PRESTAZIONE ENERGETICA

	Titolo	Data	Nome file
APE		03/08/2018	DE_Lotto.8-E1363_revA-AllegatoG-29337_2018_8025.xml
APE		03/08/2018	DE_Lotto.8-E1363_revA-AllegatoG-29337_2018_8025.pdf

ALLEGATO H – BOZZA DI APE SCENARI

Titolo	Data	Nome file
Bozza APE SCN1		DE_Lotto.8-E1363_revA-AllegatoH-29337_2018_8025_SCN1.pdf
Bozza APE SCN1		DE_Lotto.8-E1363_revA-AllegatoH-29337_2018_8025_SCN1.xml
Bozza APE SCN2		DE_Lotto.8-E1363_revA-AllegatoH-29337_2018_8025_SCN2.pdf
Bozza APE SCN2		DE_Lotto.8-E1363_revA-AllegatoH-29337_2018_8025_SCN2.xml

ALLEGATO I – DATI CLIMATICI

	Titolo	Data	Nome file
	Gradi giorno	18/05/2018	DE_Lotto.8-E1363_revA-AllegatoI-GG.xlsx

ALLEGATO J – SCHEDE DI AUDIT

	Titolo	Data	Nome file
	Scheda Audit	02/08/2018	DE_Lotto.8-E1363_revA-AllegatoJ-Scheda Audit.pdf

ALLEGATO K – SCHEDE ORE

Titolo	Data	Nome file
Intervento cappotto interno	12/06/2018	DE_Lotto.8-E1363_revA-AllegatoK-ORE_A2.1_INVOLUCRO_TO BE LEAN.pdf
Intervento illuminazione a LED	12/06/2018	DE_Lotto.8-E1363_revA-AllegatoK-ORE_L1_IMPIANTO_TO BE LEAN.pdf
Intervento impianto fotovoltaico	12/06/2018	DE_Lotto.8-E1363_revA-AllegatoK-R1_IMPIANTO_TO BE GREEN.pdf

ALLEGATO L – PIANO ECONOMICO FINANZIARIO SCENARI

Titolo	Data	Nome file
Analisi economica finanziaria degli scenari	01/08/2018	DE_Lotto.8-E1363_revA-AllegatoL-AnalisiPEF.xlsx

ALLEGATO M – REPORT DI BENCHMARK

Titolo	Data	Nome file
Report di Benchmark	03/08/2018	DE_Lotto.8-E1363_revB-AllegatoM-Benchmark.xlsx

ALLEGATO N – CD-ROM

