

Liceo classico A.D'Oria - Scuola Media D'Oria Pascoli

E287

VIA ARMANDO DIAZ, 8 GENOVA

RAPPORTO DI DIAGNOSI ENERGETICA
FONDO KYOTO - SCUOLA 3



Luglio 2018

COMUNE DI GENOVA
STRUTTURA DI STAFF - ENERGY MANAGER



COMUNE DI GENOVA

ATI:

 **energynet**

(mandataria)

more
energy
Integrated Engineering

(mandante)

**Liceo classico A.D'Oria - Scuola Media D'Oria Pascoli
E287**

VIA ARMANDO DIAZ, 8 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	12/06/2018	Ornella Restani Michela Guerra Simone Venturelli	Irene Paradisi Luigi Guerra	Saverio Magni	Prima Pubblicazione
B	26/07/2018	Ornella Restani Michela Guerra Simone Venturelli	Irene Paradisi Luigi Guerra	Saverio Magni	Aggiornamento sulla base delle indicazioni fornite dalla PA

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

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.....	2
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	11
3.1 DATI CLIMATICI DI RIFERIMENTO.....	11
3.2 DATI CLIMATICI REALI.....	12
3.3 ANALISI DELL’ANDAMENTO DEI DATI CLIMATICI E PROFILI ANNUALI DEI GRADI GIORNO	12
4 AUDIT EDIFICIO E IMPIANTI ELETTRICI E MECCANICI	14
4.1 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE DELL’INVOLUCRO EDILIZIO	14
4.1.1 <i>Involucro opaco</i>	14
4.1.2 <i>Involucro trasparente</i>	15
4.2 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO DI RISCALDAMENTO/ CLIMATIZZAZIONE INVERNALE.....	16
4.2.1 <i>Sottosistema di emissione</i>	16
4.2.2 <i>Sottosistema di regolazione</i>	17
4.2.3 <i>Sottosistema di distribuzione</i>	19
4.2.4 <i>Sottosistema di generazione</i>	20
4.3 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO PRODUZIONE ACQUA CALDA SANITARIA	21
4.4 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO DI RAFFRESCAMENTO/ CLIMATIZZAZIONE ESTIVA	21
4.5 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO DI VENTILAZIONE MECCANICA	22
4.6 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO ELETTRICO E PRINCIPALI UTENZE ELETTRICHE	22
4.7 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO ILLUMINAZIONE	23
4.8 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE DI IMPIANTI DI PRODUZIONE ENERGIA ELETTRICA O COGENERAZIONE	24
5 CONSUMI RILEVATI	25
5.1 CONSUMI ENERGETICI STORICI PER CIASCUN VETTORE E CONNESSIONE ALLE RETI GAS NATURALE ED ELETTRICA.....	25
5.1.1 <i>Energia termica</i>	25
5.1.2 <i>Energia elettrica</i>	28
5.2 INDICATORI DI PERFORMANCE ENERGETICI ED AMBIENTALI	30
6 MODELLO DEL FABBISOGNO ENERGETICO.....	34
6.1 METODOLOGIA DI CALCOLO ADOTTATA E VALIDAZIONE DEI MODELLI DI CALCOLO	34
6.1.1 <i>Validazione del modello termico</i>	36
6.1.2 <i>Validazione del modello elettrico</i>	37
6.2 FABBISOGNI ENERGETICI.....	37
6.3 PROFILI ENERGETICI MENSILI.....	38
7 ANALISI DEI COSTI PRE-INTREVENTO	40
7.1 COSTI RELATIVI ALLA FORNITURA DEI VETTORI ENERGETICI	40
7.1.1 <i>Vettore termico</i>	40
7.1.2 <i>Vettore elettrico</i>	40
7.2 TARIFFE E PREZZI VETTORI ENERGETICI UTILIZZATI NELL’ANALISI.....	43
7.3 COSTI DI GESTIONE E MANUTENZIONE DI EDIFICIO ED IMPIANTI.....	44
7.4 BASELINE DEI COSTI.....	44



8	IDENTIFICAZIONE DELLE MISURE DI EFFICIENZA ENERGETICA	46
8.1	DESCRIZIONE, FATTIBILITÀ E PRESTAZIONI DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI	46
8.1.1	<i>Involucro edilizio</i>	46
8.1.2	<i>Impianto riscaldamento.....</i>	48
8.1.3	<i>Impianto di generazione da fonti rinnovabili.....</i>	49
9	VALUTAZIONE ECONOMICO-FINANZIARIA.....	51
9.1	ANALISI DEI COSTI DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI CONSIDERATI FATTIBILI	51
9.2	ANALISI DI CONVENIENZA DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI CONSIDERATI FATTIBILI	54
9.3	IDENTIFICAZIONE DELLE SOLUZIONI INTEGRATE D’INTERVENTO E SCENARI D’INVESTIMENTO	60
9.3.1	<i>Scenario 1: EEM2+EEM3.....</i>	62
9.3.2	<i>Scenario 2: EEM1+EEM2+EEM3.....</i>	68
10	CONCLUSIONI	73
10.1	RIASSUNTO DEGLI INDICI DI PERFORMANCE ENERGETICA	73
10.2	RIASSUNTO DEGLI SCENARI DI INVESTIMENTO E DEI PRINCIPALI RISULTATI	73
10.3	CONCLUSIONI E COMMENTI.....	74
	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		1934
Anno di ristrutturazione		-
Zona climatica		D
Destinazione d'uso		E.8
Superficie utile riscaldata	[m ²]	6474,49
Superficie disperdente (S)	[m ²]	9297,56
Volume lordo riscaldato (V)	[m ³]	35867,99
Rapporto S/V	[1/m]	0,26
Superficie lorda aree interne (scaldate e non scaldate)	[m ²]	7802,04
Superficie lorda aree esterne	[m ²]	869,15
Superficie lorda complessiva (aree interne ed esterne)	[m ²]	8671,19
Tipologia generatore riscaldamento		2 Caldaie tradizionali
Potenza totale impianto riscaldamento	[kW]	948
Potenza totale impianto raffrescamento	[kW]	3,5
Tipo di combustibile		Gas metano
Tipologia generatore Acqua Calda sanitaria (ACS)		Boiler Elettrici
Emissioni CO2 di riferimento ⁽¹⁾	[t/anno]	99,29
Consumo di riferimento Gas Metano ⁽¹⁾	[kWh _{th} /anno]	266100
Spesa annuale Gas Metano ⁽¹⁾	[€/anno]	20672
Consumo di riferimento energia elettrica ⁽¹⁾	[kWh _{el} /anno]	97502
Spesa annuale energia elettrica ⁽¹⁾	[€/anno]	19915

Nota (1): Valori di Baseline

Descrizione delle Misure di efficienza energetica proposte:

- EEM 1: Isolamento pareti verticali con cappotto interno
- EEM 2: Rifacimento impianto termico
- EEM3: Installazione impianto fotovoltaico
- SCN1: Sostituzione generatori di calore, installazione valvole termostatiche e impianto fotovoltaico
- SCN2: Isolamento a cappotto su pareti interne, sostituzione generatori di calore e installazione valvole termostatiche e fotovoltaico

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
	[%]	[%]	[€/anno]	[€/anno]	[€/anno]	[€]	[anni]	[anni]	[€]	[%]	[-]
EEM 1	15,16%	11,21%	4279,16	-	-	261.012	28,48	37,82	55.583,2	0%	0,21
EEM 2	15,52%	11,48%	4382,52	-	-	62.215	8,86	11,76	17.598,5	8%	0,28
EEM 3	22,66%	38,75%	16828,05	-	-	194.082	11,21	15,32	34.233,8	6%	0,18

SCN1	41,43%	56%	23929,0	-	-	256.217	10,52	13,66	14.803,8	5%	0,06
SCN2	56,69%	68%	28247,3	-	-	517.309	13,24	19,62	51.694,9	5%	0,10

Figura 0.1 – Scenario 1: analisi finanziaria

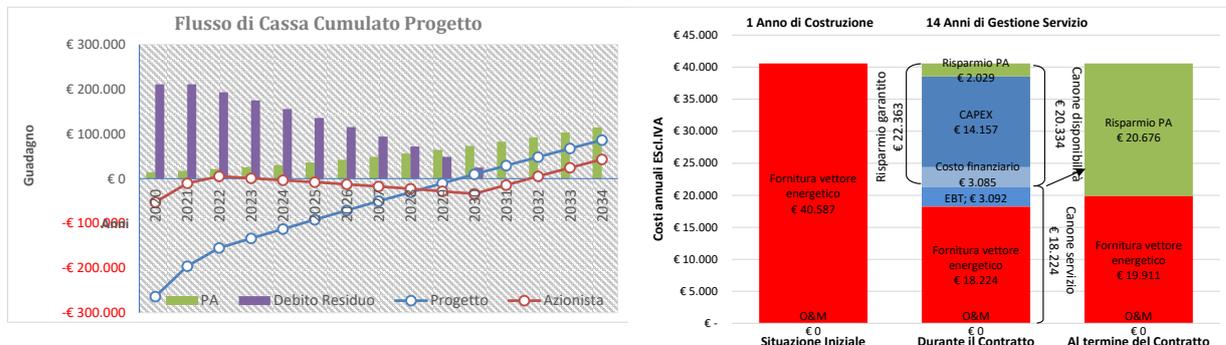
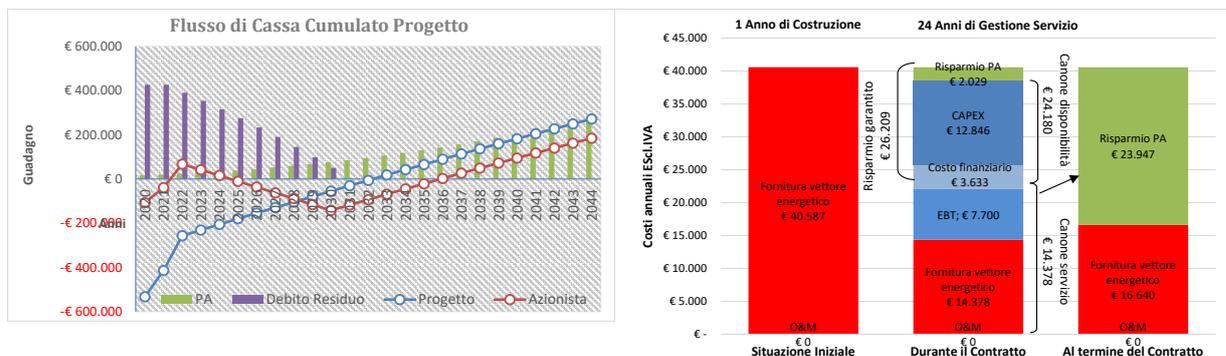


Figura 0.2 – Scenario 2: analisi finanziaria



La combinazione degli interventi di isolamento pareti, rifacimento impianto termico e installazione impianto fotovoltaico comportano una notevole riduzione dei consumi e dei costi energetici e si ripagano in un tempo sufficientemente conveniente se paragonato con la vita utile dei componenti stessi.

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 il gli attuali consumi, in quanto tali edifici risultano essere particolarmente energivori.

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

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

1.2 SCOPO DELLA DIAGNOSI ENERGETICA

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

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

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

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

Figura 1.1 - Vista della facciata esposta a Nord



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

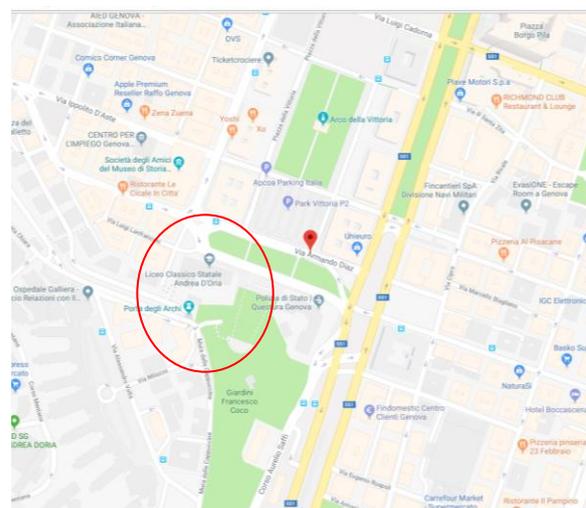
NOME E COGNOME	RUOLO	ATTIVITÀ SVOLTA
Ornella Restani		Sopralluogo in sito
Simone Venturelli		Elaborazione dei dati relativi ai consumi energetici
Simone Venturelli		Elaborazione dei dati geometrici ed alla creazione del modello energetico
Ornella Restani		Validazione modello energetico e stesura relazioni
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. 65 Mapp. 663 Sub. 2 e F 65 Mapp. 106 Sub.1 è sito nel Comune di Genova e più precisamente in una zona centrale della città, poco distante dalla stazione ferroviaria di Brignole e dall’Arco della Vittoria.

L’edificio è di proprietà del Comune di Genova ed è attualmente adibito a complesso scolastico, Liceo Classico Andrea D’Oria e Scuola Media D’Oria Pascoli.

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		1934
Anno di ristrutturazione		-
Zona climatica		D
Destinazione d'uso		E.8
Superficie utile riscaldata	[m ²]	6474,49
Superficie disperdente (S)	[m ²]	9297,56
Volume lordo riscaldato (V)	[m ³]	35867,99
Rapporto S/V	[1/m]	0,26
Superficie lorda aree interne (scaldate e non scaldate)	[m ²]	7802,04
Superficie lorda aree esterne	[m ²]	869,15
Superficie lorda complessiva (aree interne ed esterne)	[m ²]	8671,19
Tipologia generatore riscaldamento		2 Caldaie tradizionali
Potenza totale impianto riscaldamento	[kW]	948
Potenza totale impianto raffrescamento	[kW]	3,5
Tipo di combustibile		Gas metano
Tipologia generatore Acqua Calda sanitaria (ACS)		Boiler Elettrici
Emissioni CO2 di riferimento ⁽¹⁾	[t/anno]	99,29
Consumo di riferimento Gas Metano ⁽¹⁾	[kWh _{it} /anno]	266100
Spesa annuale Gas Metano ⁽¹⁾	[€/anno]	20672
Consumo di riferimento energia elettrica ⁽¹⁾	[kWh _{ei} /anno]	97502
Spesa annuale energia elettrica ⁽¹⁾	[€/anno]	19915

Nota (1): Valori di Baseline

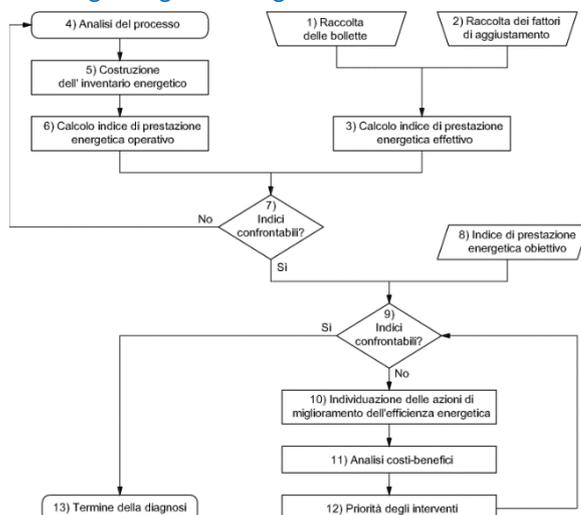
1.5 METODOLOGIA DI LAVORO

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

- Acquisizione della documentazione utile, fornita dalla PA, come riportato all’Allegato A – Elenco documentazione fornita dalla committenza;**Errore. L’origine riferimento non è stata trovata.**
- Analisi del quadro normativo di riferimento, incluso la verifica dei vincoli ambientali, storici, archeologici e paesaggistici interferenti sull’immobile interessato dall’intervento;
- Visita agli edifici, effettuata in data 06/12/2017 con verifica degli elaborati forniti e rilievo dei dati relativi alle caratteristiche degli elementi disperdenti ed impiantistici costituenti il sistema edificio-impianto;
- Visita alla centrale termica e/o frigorifera, con il supporto del personale incaricato della conduzione e manutenzione degli impianti e rilevamento dei dati utili;
- Preparazione e compilazione delle schede di Audit previste per la diagnosi di livello II di cui all’appendice A delle LGEE - Linee Guida per l’Efficienza Energetica negli Edifici - sett. 2013 - elaborato da AiCARR per Agesi, Assistal, Assopetroli e Assoenergia, e riportate all’Allegato J – Schede di audit;
- Elaborazione del comportamento termico ed elettrico dell’edificio, realizzata utilizzando il software commerciale Edilclima EC700 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;

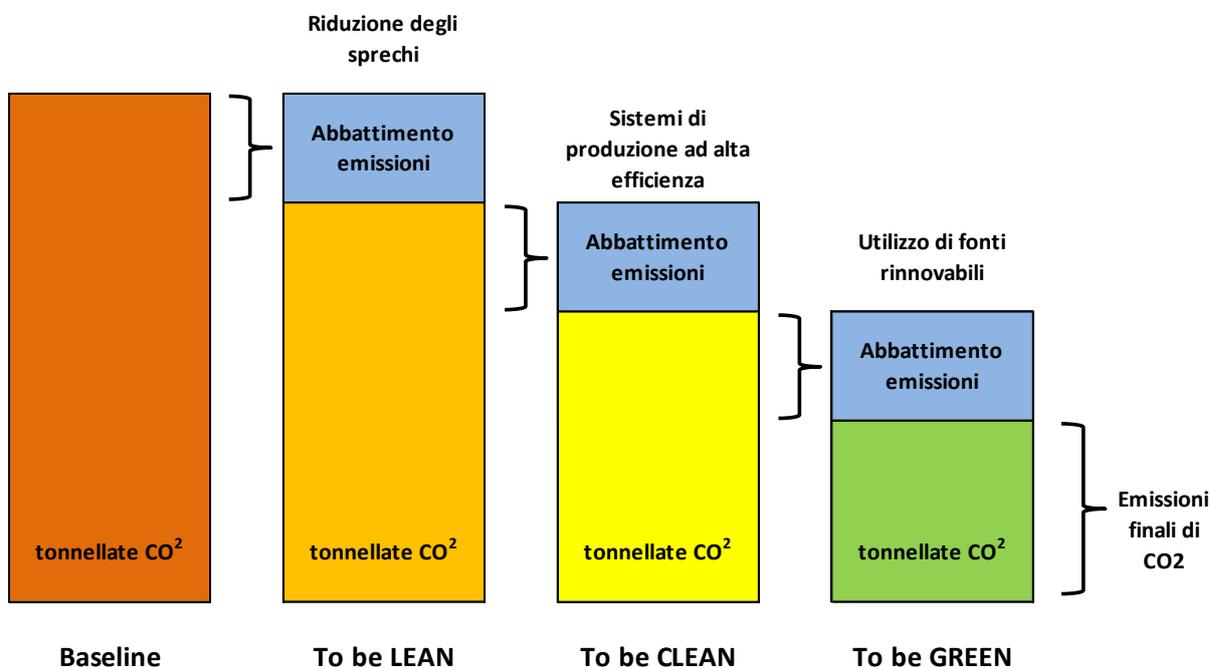
- g) Analisi dei profili annuali di consumi e costi dei servizi energetici reali dell’edificio, comprensivi della fornitura dei vettori energetici sia elettrici che di gas e degli oneri di O&M, relativamente alle annualità 2014-2015-2016;
- h) Analisi dei dati climatici reali del sito ove è ubicato l’edificio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

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



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

Figura 1.4 - Principio della Gerarchia Energetica



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

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

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

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

Una volta esaminate le possibili EEM si è realizzata una analisi economica delle stesse, ponendo particolare attenzione nella valutazione dei possibili sistemi incentivanti applicabili (Conto Termico,

Titoli di Efficienza Energetica, ecc) 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:

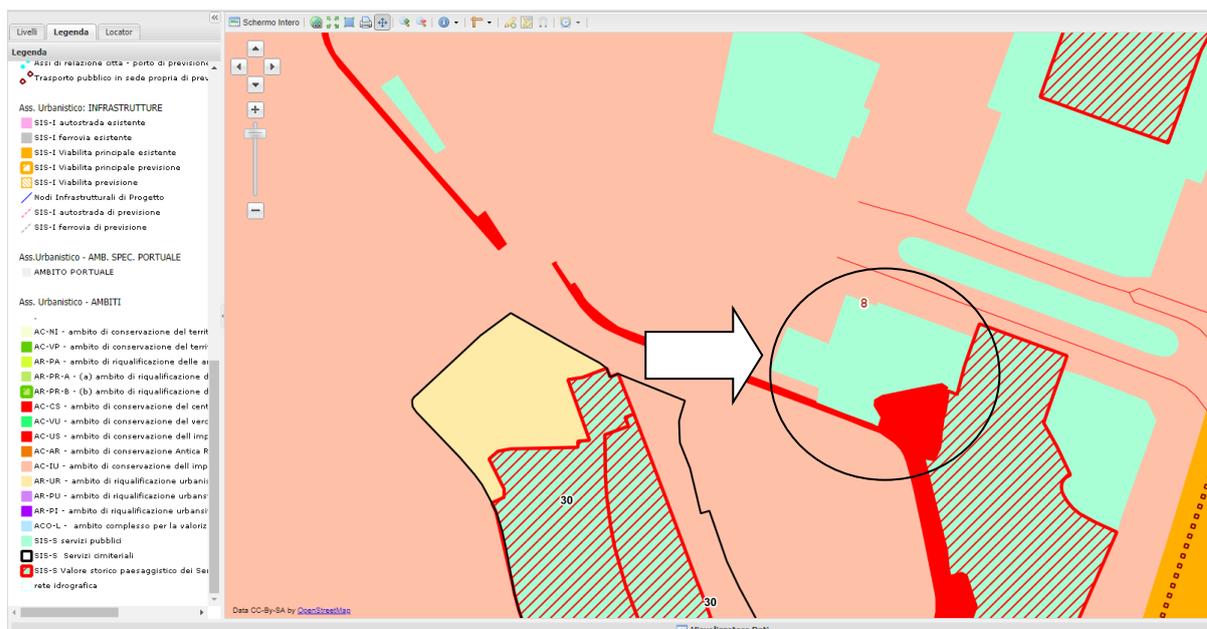
- Una prima parte nella quale sono descritti lo scopo ed i confini della DE e le metodologie di analisi adottate;
- Una seconda parte in cui sono riportate le informazioni dell’edificio rilevate in sede di sopralluogo e le valutazioni effettuate al fine di identificare le caratteristiche tecniche dei 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 SIS-S servizi pubblici, dedicato alle strutture di pubblica utilità.

Figura 2.1 - Particolare estratto dal Piano Urbanistico Comunale



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

L’edificio ove è ubicato il complesso scolastico in oggetto risale all’incirca al 1930 e ai sensi del DPR 412/93 attualmente ricade nella destinazione d’uso E.8 Edifici ad uso scolastico.

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 ospitante il complesso scolastico oggetto della DE è costituito complessivamente da sei piani fuori terra, ad eccezione del piano quarto e di parte del piano terzo adibito a Scuola media, gli altri piani sono destinati ad ospitare il liceo classico e i relativi servizi

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

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

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

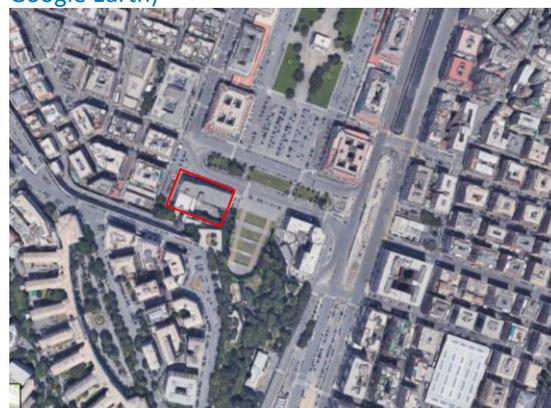


Tabella 2.1 - Suddivisione in piani dell’edificio

PIANO	UTILIZZO	U.M.	SUPERFICIE LORDA COMPLESSIVA ⁽²⁾	SUPERFICIE UTILE RISCALDATA ⁽³⁾	SUPERFICIE UTILE RAFFRESCATA ⁽³⁾
Terra	Liceo classico: ingresso, aule, palestra	[m ²]	1110	864,14	0
Primo	Liceo classico: aule e laboratori, uffici, aula magna ed ex alloggio custode	[m ²]	1480	942,52	0
Secondo	Liceo classico: aule e laboratori, aula magna (doppio volume)	[m ²]	1452	1313,67	0
Terzo	Liceo classico: aule e laboratori. Scuola media: ingresso e aule	[m ²]	1446	1216,72	0
Quarto	Liceo classico: aule e laboratori Scuola media: aule e uffici	[m ²]	1448	1215,93	50,89
Quinto	Liceo classico: aule e laboratori	[m ²]	1133	921,51	0
TOTALE		[m ²]	8069	6474,49	50,89

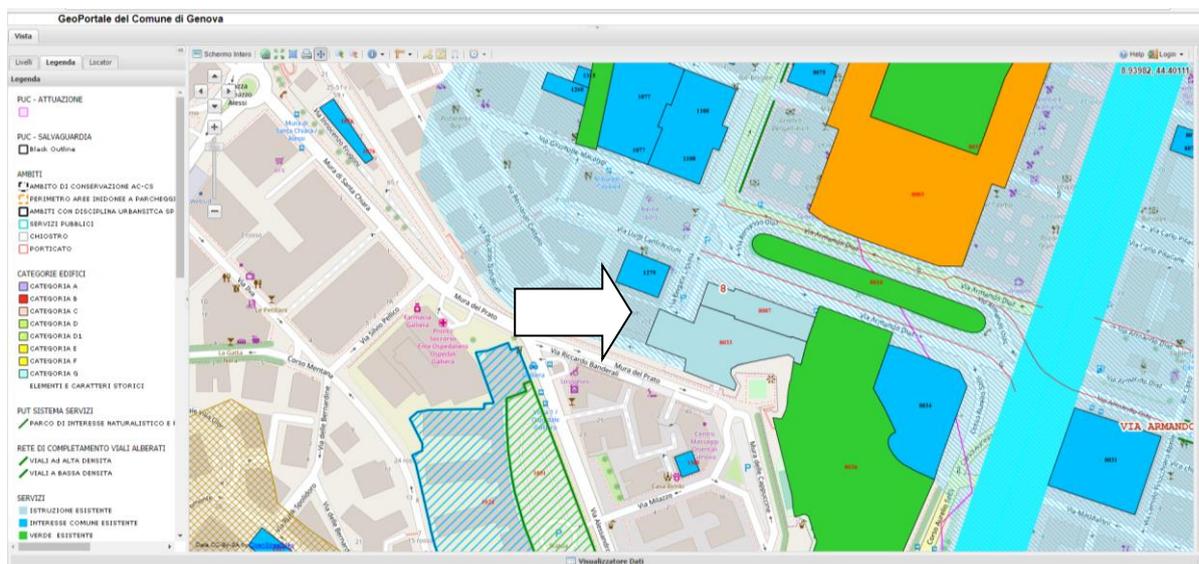
Nota (2): Superficie lorda comprensiva delle zone interne climatizzate e non climatizzate, valutate a partire dalle planimetrie progettuali, opportunamente verificate in fase di sopralluogo

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

Dal punto di vista urbanistico, non risultano riportati sulla mappa cartografica del Comune di Genova particolari vincoli sull’edificio in oggetto. Tuttavia, poiché l’edificio risale agli Anni ’30, non si esclude la presenza di altri vincoli non chiaramente specificati nella cartografia stessa.

Figura 2.3 - Particolare estratto dalla carta dei vincoli



Dal punto di vista geologico, il complesso scolastico si trova in Zona C “area con suscettibilità d’uso limitata” e in zona urbanizzata. Infine, dal punto di vista geomorfologico ed idraulico, l’area risulta inondabile con diversi tempi di ritorno.

Nell’analisi delle EEM si è quindi resa necessaria l’identificazione delle possibili interferenze con i vincoli presenti.

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

MISURA DI EFFICIENZA ENERGETICA	VINCOLO INTERESSATO	VALUTAZIONE INTERFERENZA ⁽⁴⁾	MISURA DI TUTELA DA ADOTTARE
EEM1 – Isolamento pareti verticali con cappotto interno	nessuno		Verificare presenza ulteriori vincoli, vista la datazione dell’edificio
EEM2 – Rifacimento impianto termico	nessuno		-
EEM3 – Installazione impianto fotovoltaico	nessuno		Verifica strutturale copertura esistente

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.

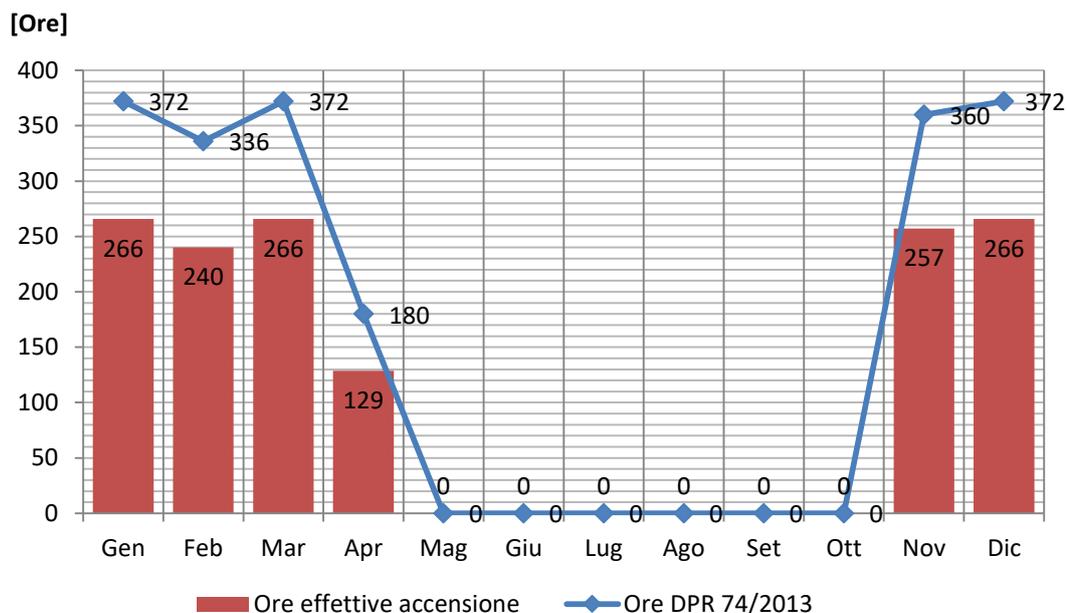
Gli orari di effettivo utilizzo dell’edificio sono stati ricavati intervista al personale scolastico, mentre i periodi di attivazione e spegnimento degli impianti sono stati forniti dal manuntentore.

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

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

ZONA	PERIODO	GIORNI SETTIMENALI	ORARIO FUNZIONAMENTO EDIFICIO	ORARIO FUNZIONAMENTO IMPIANTO
Liceo classico	Dal 1 Novembre al 15 Aprile	dal lunedì al venerdì	7.00 – 18.00	7.00-18.00
Liceo classico	Dal 16 Aprile al 30 Giugno	dal lunedì al venerdì	7.00 – 18.00	-
Liceo classico	Dal 1 Settembre al 31 Ottobre	dal lunedì al venerdì	7.00 – 18.00	-
Scuola media	Dal 1 Novembre al 15 Aprile	dal lunedì al venerdì	7.30 – 19.00	7.00-18.00
Scuola media	Dal 16 Aprile al 30 Giugno	dal lunedì al venerdì	7.30 – 19.00	-
Scuola media	Dal 1 Settembre al 31 Ottobre	dal lunedì al venerdì	7.30 – 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 espletamento delle lezioni, ma dipendono anche dalla presenza di personale all’interno della struttura pertanto durante il periodo di riscaldamento anticipano di circa mezz’ora l’apertura della scuola.

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.

Le utenze sono a carico della Città Metropolitana e non si hanno informazioni circa gli importi legati al servizio calore né alla manutenzione.

3 DATI CLIMATICI

3.1 DATI CLIMATICI DI RIFERIMENTO

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

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

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

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

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

Considerando che il profilo di utilizzo degli impianti di riscaldamento prevede alcuni giorni di mancata accensione dell’impianto, come riportato nella Tabella 2.3, i GG sono stati ricalcolati in funzione del numero di giorni effettivi di accensione dell’impianto termico, pertanto si è ottenuto un valore di 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 0.

Tabella 3.2 – Profili mensili dei GG_{rif}

	Anno	T	H	GG	GGE	Risc	Raffr	ComGE	GG	g Util	g Risc	g Raffr	GG	INC	GGE
Mese	g/m	°C	°C	[-]	[-]	g/m	g/m	g/m	[-]	g/m	g/m	g/m	[-]	[%]	[-]
Gen	31	10,4	n/d	298	-	n/d	-	31	298	18	18	-	170	18%	-
Feb	28	10,5	n/d	266	-	n/d	-	28	266	20	20	-	193	21%	-
Mar	31	11,1	n/d	276	-	n/d	-	31	276	22	22	-	196	21%	-
Apr	30	15,3	n/d	141	-	n/d	-	15	71	22	15	-	73	8%	-
Mag	31	18,7	n/d	46	1	n/d	1	-	-	22	-	1	-	0%	1
Giu	30	22,4	n/d	-	88	n/d	22	-	-	22	-	20	-	0%	77
Lug	31	24,6	n/d	-	211	n/d	29	-	-	21	-	21	-	0%	147
Ago	31	23,6	n/d	-	174	n/d	31	-	-	-	-	-	-	0%	-
Set	30	22,2	n/d	-	58	n/d	16	-	-	22	-	16	-	0%	58
Ott	31	18,2	n/d	60	5	n/d	4	-	-	22	-	4	-	0%	5
Nov	30	13,3	n/d	201	-	n/d	-	30	201	21	21	-	141	15%	-
Dic	31	10,0	n/d	310	-	n/d	-	31	310	16	16	-	157	17%	-
Tot	365	16,7	n/d	1598	538	0	103	166	1421	227	112	63	929	100%	289

3.2 DATI CLIMATICI REALI

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

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

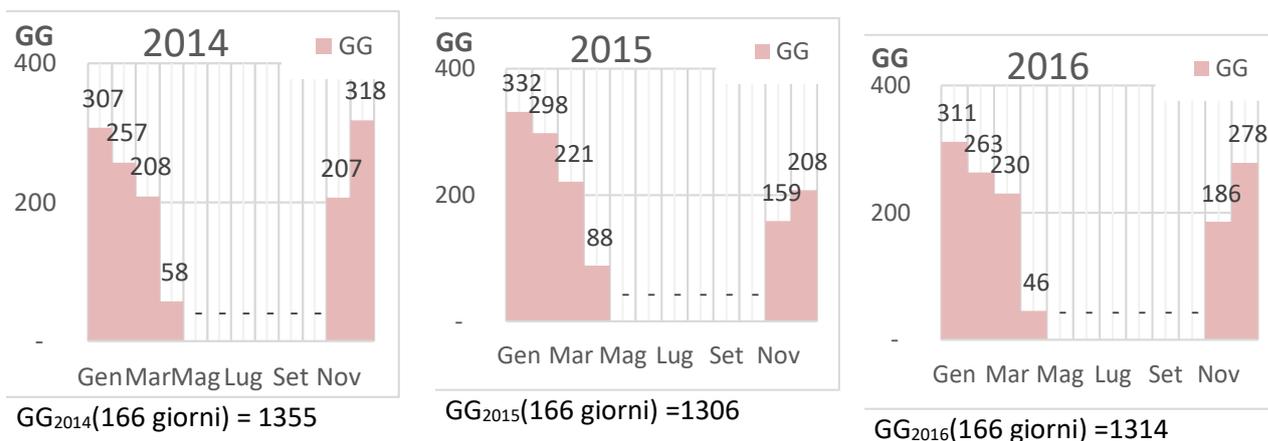
Figura 3.1 – Posizionamento della centralina meteo climatica rispetto all’edificio oggetto di DE



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

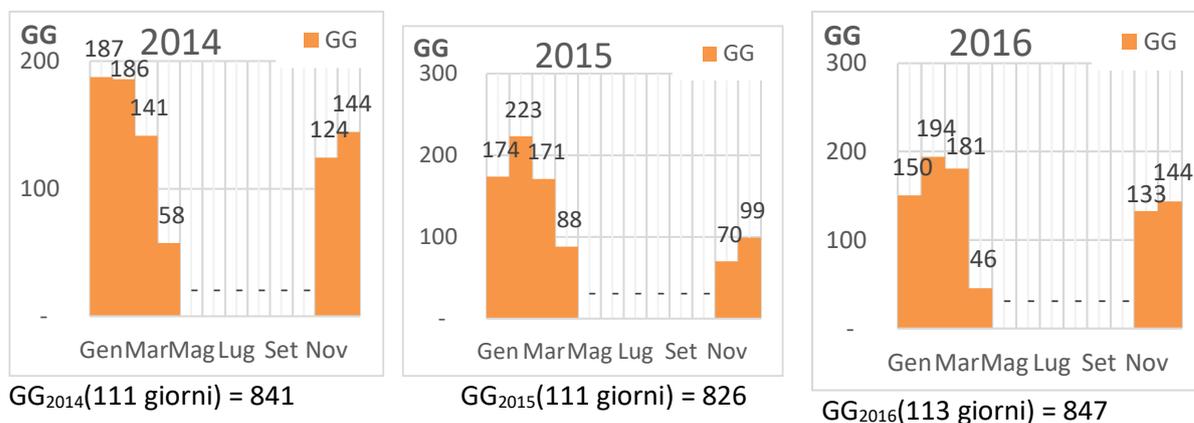


Considerando che il profilo di utilizzo degli impianti di riscaldamento prevede alcuni giorni di mancata accensione dell’impianto, come riportato nella Tabella 2.3, i GG reali sono stati ricalcolati in funzione del numero di giorni effettivi di accensione dell’impianto termico, pertanto si è ottenuto un valore di 838 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 0.

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



Come si può notare dai grafici sopra riportati, l’andamento dei GG risulta pressoché costante nel triennio considerato; febbraio e marzo risultano i mesi più freddi dell’anno

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 con muratura portante di vario spessore.

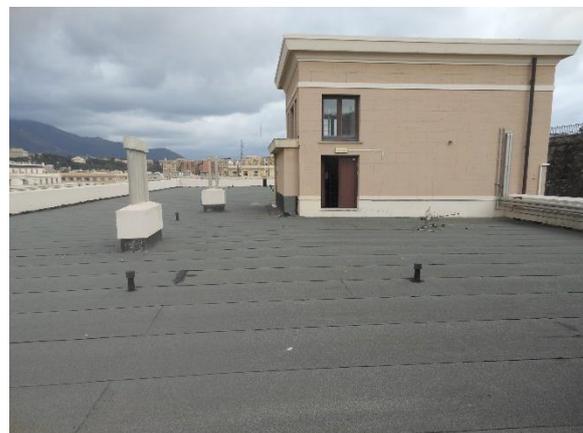
La copertura è piana e realizzata su due livelli: una parte di copertura è più bassa di un piano, ma entrambe sono state rifatte e isolate circa 20 anni fa.

Figura 4.1 - Particolare della porzione di involucro – pareti verticali opache



La struttura, risalente alla fine degli Anni '30, presenta molte criticità dal punto di vista termico: le pareti perimetrali in particolare sono non isolate ma visto il pregio estetico dell’edificio si consiglia di procedere ad isolare tali pareti dall’interno, senza toccare l’intonaco esterno.

Figura 4.2 - Particolare della copertura



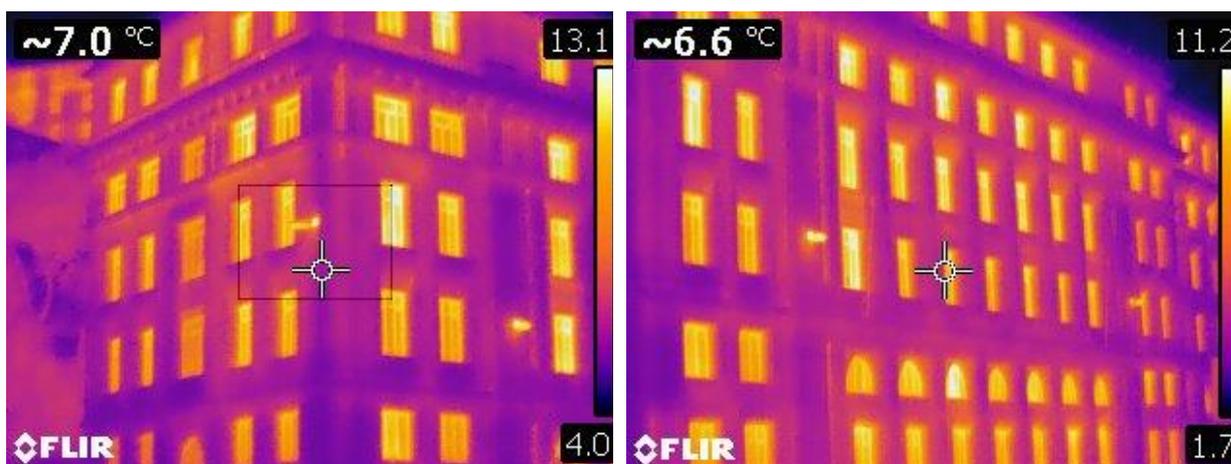
Ai fini di un’identificazione più precisa delle caratteristiche dei componenti dell’involucro opaco si è proceduto, in sede di sopralluogo, alla realizzazione delle seguenti indagini diagnostiche:

- Rilievo termografico eseguito tramite l’utilizzo di Termocamera FLIR 340 con lente 25’ secondo le seguenti modalità: la prova è stata effettuata il 05/12/2017 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 tra i 18.5 e i 20°C, a seconda dei locali

La realizzazione delle suddette indagini ha portato alle seguenti conclusioni:

- le pareti esterne presentano valori di trasmittanza simili tra un piano e l’altro;
- la struttura dell’edificio è realizzata con pareti in muratura piena e struttura portante.

Figura 4.3 – Rilievo termografico della parete nord



I dettagli delle indagini diagnostiche effettuate sono riportati all’Allegato C – Report di indagine termografica

Dalle analisi effettuate sono stati identificati i valori di trasmittanza dei principali 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	30	Presente	0,9	Buono
Pavimento controterra	P1	35	Assente	0,5	Buono
Parete verticale esterna	M1-M14	20-60	Assente	1,04-1,96	Sufficiente

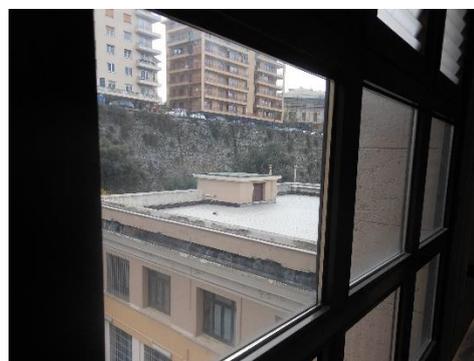
L’elenco completo dei componenti dell’involucro opaco, rilevati in sede di sopralluogo, e delle relative caratteristiche tecniche è riportato nella Sezione 4.1 dell’ Allegato J – Schede di audit.

4.1.2 Involucro trasparente

L’involucro trasparente che costituisce l’edificio è composto prevalentemente da serramenti con telaio in alluminio senza taglio termico e vetrocamera.

Lo stato di conservazione degli stessi è discreto: non sono state rilevate infiltrazioni ma l’assenza di taglio termico comporta forti dispersioni

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 05/12/2017 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 tra i 18.5 e i 20°C, a seconda dei locali

La realizzazione delle suddette indagini ha portato alla conclusione che i serramenti hanno prestazioni termiche inferiori rispetto alle pareti verticali su cui insistono.

I dettagli delle indagini diagnostiche effettuate sono riportati all’Allegato C – Report di indagine termografica.

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

Tabella 4.2 – Trasmittanze termiche dei componenti dell’involucro trasparente

TIPO DI COMPONENTE	CODICE	DIMENSIONI [HXL] [cm]	TIPO TELAIO	TIPO VETRO	TRASMITTANZA TERMICA [W/mqK]	STATO DI CONSERVAZIONE
Serramento verticale	W2	1.9x2.8	Alluminio senza taglio termico	Vetro doppio	4,79	Buono
Serramento verticale	W14	1.6x2.6	Alluminio senza taglio termico	Vetro doppio	5,24	Buono
Serramento verticale	W16	1.5x2.6	Alluminio senza taglio termico	Vetro doppio	5,24	Buono
Portafinestra verticale	W18	2x2.6	Alluminio senza taglio termico	Vetro doppio	5,24	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 due caldaie tradizionali alimentate a gas metano per il solo riscaldamento del complesso scolastico. L’acqua calda è infatti prodotta separatamente con boiler elettrici.

4.2.1 Sottosistema di emissione

Il sottosistema di emissione è costituito esclusivamente da radiatori principalmente a colonna disposti principalmente su pareti esterne ed interne.

Figura 4.5 - Particolare dei radiatori



I rendimenti di emissione desunti dal modello di calcolo delle DE sono i seguenti (calcolati secondo UNI TS 11300):

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

ZONA TERMICA	TIPOLOGIA DI TERMINALE	RENDIMENTO
Liceo classico	Radiatori	91,4%
Scuola media	Radiatori	91,4%

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]
Terra	su parete esterna o interna	22	varia	varia	-	-
Primo	su parete esterna o interna	31	varia	varia	-	-
Secondo	su parete esterna o interna	22	varia	varia	-	-
Terzo	su parete esterna o interna	30	varia	varia	-	-
Quarto	su parete esterna o interna	30	varia	varia	-	-
Quinto	su parete esterna o interna	27	varia	varia	-	-
TOTALE		162	varia			

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 e da remoto con la telegestione.

Figura 4.6 - Particolare della centralina di controllo in centrale termica (curva di compensazione climatica e telegestione)



Figura 4.7 – Contacalorie in centrale termica



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

Figura 4.8 - Profilo di funzionamento invernale dell’impianto per la zona termica 1 – Liceo classico

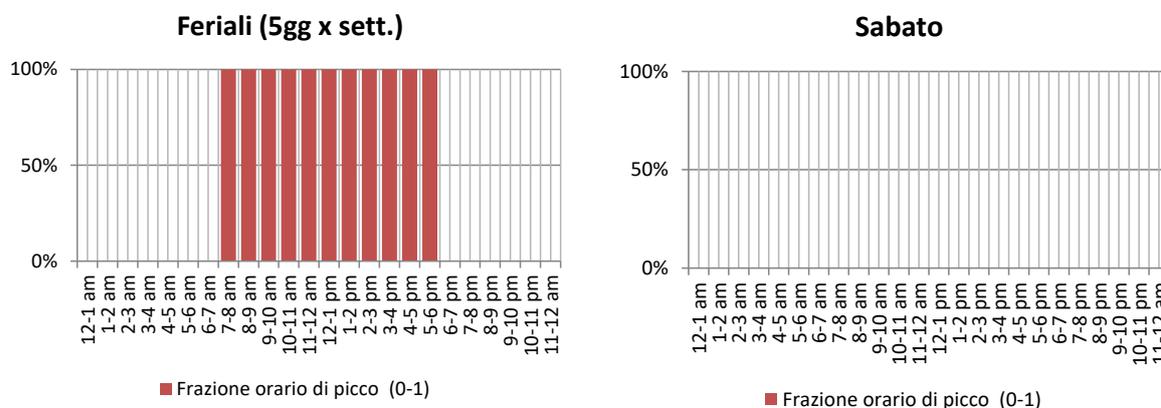
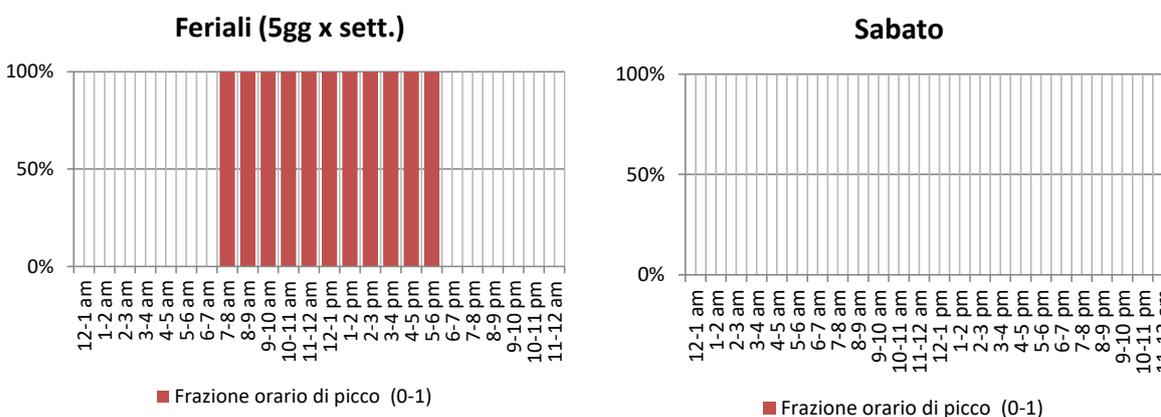


Figura 4.9 - Profilo di funzionamento invernale dell’impianto per la zona termica 2 – Scuola media



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 (secondo UNI TS 11300) 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
Unica – impianto centralizzato	Climatica centralizzata	82 %

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 installata in centrale termica per la mandata al circuito (unico) a servizio delle due scuole. 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]
Circuito unico	mandata acqua calda	ND	ND	2,2

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	63	65
	Ritorno	Caldo	40	40

Nota (8): Valori rilevati il giorno 06/12/2017 alle ore 15.30, in orario di apertura della scuola, con una temperatura esterna di circa 15°C

Per quanto riguarda le temperature del fluido termovettore caldo si è potuto notare un effettivo riscontro tra i valori considerati nel modello di calcolo e quelli rilevati in sede di sopralluogo.

Il rendimento complessivo del sottosistema di distribuzione è stato assunto nella DE pari al 93 % 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 due caldaie uguali alimentate a gas metano, che funzionano in cascata e sono ubicate nella centrale termica posta in copertura. Si tratta di due Viessmann Vitocrossal 300 CT3U con potenzialità al focolare pari a 474 kW ciascuna.

Figura 4.10 - Particolare della centrale termica in copertura



Figura 4.11 - Particolare dei generatori di calore



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 ⁽⁷⁾	POTENZA TERMICA UTILE ⁽⁷⁾	RENDIMENTO	POTENZA ASSORBITA COMPLESSIVA
				[kW]	[kW]		[kW]
Gen 1 Riscaldamento	Viessmann	Vitocrossal 300 CT3U	2002	474	460	98 %	0,62
Gen 2 Riscaldamento	Viessmann	Vitocrossal 300 CT3U	2002	474	460	98 %	0,62

Nota (5): Valori ricavati dal modello energetico

Nota (7): Valori ricavati da dati di targa

Il rendimento complessivo del sottosistema di generazione, in regime di riscaldamento è stato assunto nella DE pari al 98%. Non si sono riscontrate sostanziali differenze rispetto al rendimento nominale di targa e il rendimento calcolato attraverso la prova fumi.

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

4.3 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO PRODUZIONE ACQUA CALDA SANITARIA

La produzione di acqua calda sanitaria è eseguita tramite n°4 bollitori elettrici ad accumulo installati localmente nei servizi igienici.

Figura 4.12 - Particolare di un boiler elettrico per la produzione di acqua calda sanitaria



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

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

SOTTOSISTEMA DI EROGAZIONE	SOTTOSISTEMA DI DISTRIBUZIONE	SOTTOSISTEMA DI RICIRCOLO	SOTTOSISTEMA DI ACCUMULO	SOTTOSISTEMA DI GENERAZIONE	RENDIMENTO GLOBALE MEDIO STAGIONALE
100 %	93 %	-	-	75 %	38,5 %

Nota: Valori ricavati dal modello energetico

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

4.4 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO DI RAFFRESCAMENTO/CLIMATIZZAZIONE ESTIVA

La climatizzazione in regime estivo è presente solo negli uffici della scuola media e viene effettuata grazie alla presenza di un sistema monosplit costituito da un’unità esterna e uno split interno.

Figura 4.13 - Particolare di un sistema monosplit



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

Tabella 4.10 – Rendimenti dell’impianto di climatizzazione estiva

Sottosistema di Emissione	Sottosistema di Regolazione	Sottosistema di Distribuzione	Sottosistema di Accumulo	Sottosistema di Generazione	Rendimento Globale medio stagionale
97 %	96 %	100 %	-	330 %	169 %

Nota: Valori ricavati dal modello energetico

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

4.5 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO DI VENTILAZIONE MECCANICA

La ventilazione è prevalentemente naturale. Sono presenti unicamente due estrattori in due bagni alimentati ad energia elettrica.

Figura 4.14 - Particolare di un estrattore



L’elenco dei componenti dell’impianto di ventilazione meccanica controllata rilevati in sede di sopralluogo e delle relative caratteristiche tecniche è riportato nella Sezione 8 dell’ Allegato J – Schede di audit.

4.6 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO ELETTRICO E PRINCIPALI UTENZE ELETTRICHE

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

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]
Liceo classico D’Oria	PC	14	0,2	2,8	100
Liceo classico D’Oria	TV	71	0,2	14,2	200
Liceo classico D’Oria	Fotocopiatrice	5	0,1	0,5	50
Liceo classico D’Oria	Frigorifero	1	0,2	0,2	2400
Liceo classico D’Oria	LIM	8	0,5	4	300
Liceo classico D’Oria	Microonde	1	0,8	0,8	200
Liceo classico D’Oria	Stampante	23	0,2	4,6	100
Scuola media D’Oria Pascoli	Stufetta elettrica	1	4,05	4,05	60
Scuola media D’Oria Pascoli	PC	32	0,2	6,4	200
Scuola media D’Oria Pascoli	TV	12	0,2	2,4	100
Scuola media D’Oria Pascoli	LIM	1	0,5	0,5	300
Scuola media D’Oria Pascoli	Stampante	4	0,2	0,8	100
Scuola media D’Oria Pascoli	Fotocopiatrice	2	0,1	0,2	50

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

4.7 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO ILLUMINAZIONE

L’impianto di illuminazione è costituito da lampade di diverse tipologie, principalmente fluorescenti 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 2x58 W installate a soffitto

Figura 4.15 - Particolare dei corpi illuminanti ubicati nelle aule



L’elenco e le caratteristiche dei corpi illuminanti sono riportati nella Tabella 4.12.

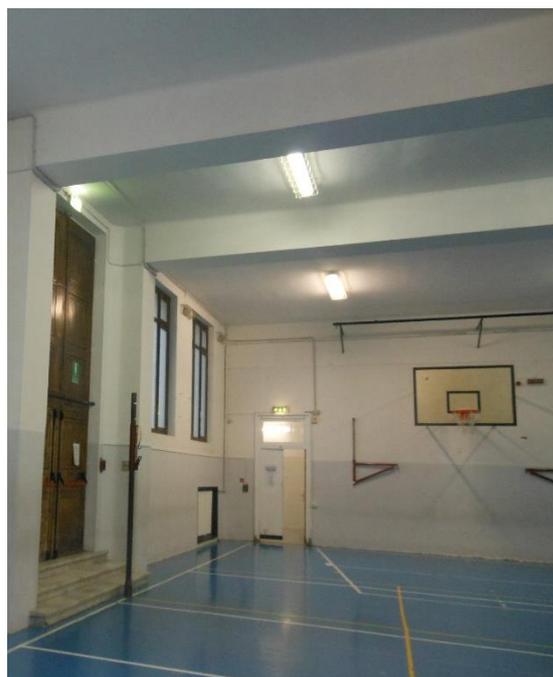
Tabella 4.12 – Elenco e caratteristiche dei corpi illuminanti

ZONATERMICA	DESCRIZIONE	NUMERO	POTENZA UNITARIA [W]	POTENZA COMPLESSIVA [W]
Liceo classico D’Oria	Fluorescenti tubolari	51	72	3672
Liceo classico D’Oria	Fluorescenti tubolari	10	36	360
Liceo classico D’Oria	Fluorescenti tubolari	213	116	24708
Liceo classico D’Oria	Fluorescenti tubolari	17	36	612
Liceo classico D’Oria	Fluorescenti tubolari	37	58	2146
Liceo classico D’Oria	Fluorescenti tubolari	10	36	360
Liceo classico D’Oria	Fluorescenti tubolari	16	18	288
Liceo classico D’Oria	Incandescenza	4	200	800
Liceo classico D’Oria	Incandescenza	12	50	600
Scuola media D’Oria Pascoli	Fluorescenti tubolari	91	116	10556
Scuola media D’Oria Pascoli	Fluorescenti tubolari	2	36	72
Scuola media D’Oria Pascoli	Fluorescenti tubolari	15	58	870

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 risulta abbastanza recente e costituito prevalentemente da fluorescenti tubolari, anche in palestra.

Figura 4.16 - Particolare dei corpi illuminanti ubicati nella palestra del Liceo



L’aula magna del Liceo classico è illuminata, quando occupata, da faretto di varia potenzialità oltre da lampade fluorescenti tubolari

Figura 4.17 - Particolare dei corpi illuminanti ubicati nella aula magna del Liceo



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

Non presente

5 CONSUMI RILEVATI

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

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

I vettori energetici analizzati sono i seguenti:

- Gas metano
- Energia elettrica

5.1.1 Energia termica

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

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

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

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

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

La fornitura di Gas metano avviene tramite la presenza di un contatore a servizio dell’intero complesso scolastico, la cui effettiva ubicazione è rappresentata nelle planimetrie riportate all’Allegato B – Elaborati.

L’analisi dei consumi storici di Gas metano si basa sui m³ di gas rilevati dalla società di distribuzione nel triennio di riferimento con cadenza annua. Le utenze risultano in capo alla Città Metropolitana che per la redazione della diagnosi in oggetto non ha comunicato il PDR di riferimento.

Tali consumi sono riportati nella Tabella 5.2.

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

PDR	Utilizzo	2014	2015	2016	2014	2015	2016
		[Sm ³]	[Sm ³]	[Sm ³]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
ND	Riscaldamento	28.921	23.412	24.111	272.436	220.541	227.126

Parallelamente all’analisi dei consumi storici forniti dalla Città Metropolitana si è provveduto alla valutazione dei consumi fatturati nel triennio di riferimento. Per questo complesso scolastico non sono presenti consumi su base mensile, poiché è presente un contratto di gestione calore e i dati forniti sono solo su base annuale. Non è stato possibile recuperare nemmeno il PDR di riferimento. Si è provveduto pertanto a ripartire il consumo annuale noto su base mensile, utilizzando la stagionalità.

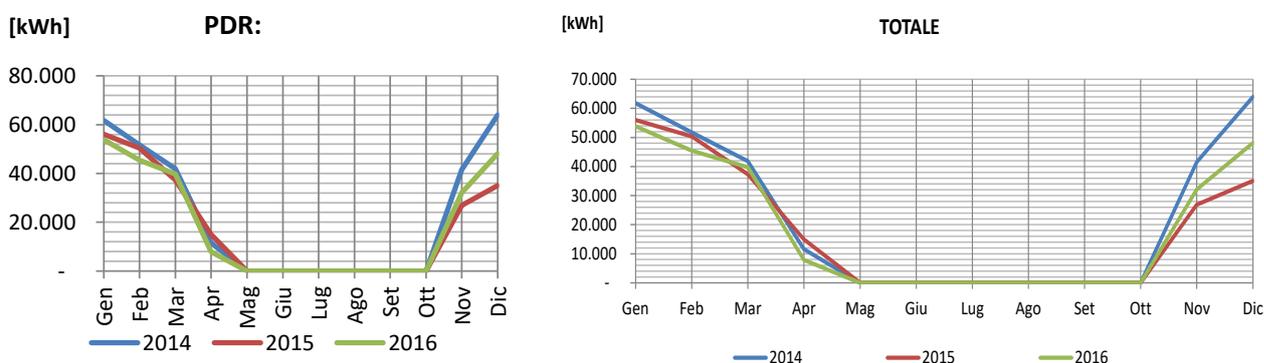
I consumi fatturati dalla società di fornitura sono riportati nella Tabella 5.3.

Tabella 5.3 - Consumi mensili di energia termica per il triennio di riferimento

PDR: ND	2014	2015	2016	2014	2015	2016
Mese	[Sm ³]	[Sm ³]	[Sm ³]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gen	6.559	5.949	5.712	61.785	56.038	53.812
Feb	5.490	5.347	4.827	51.716	50.368	45.469
Mar	4.446	3.960	4.221	41.877	37.305	39.759
Apr	1.227	1.584	840	11.559	14.921	7.913
Mag	-	-	-	-	-	-
Giu	-	-	-	-	-	-
Lug	-	-	-	-	-	-
Ago	-	-	-	-	-	-
Set	-	-	-	-	-	-
Ott	-	-	-	-	-	-
Nov	4.410	2.851	3.406	41.539	26.853	32.082
Dic	6.790	3.721	5.105	63.959	35.056	48.091
Totale	28.921	23.412	24.111	272.436	220.541	227.126

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

Figura 5.1 – Andamento mensile dei consumi termici fatturati



Dall’analisi effettuata è emerso che il prelievo termico del triennio è caratterizzato da un valore minimo pari a 23.412 m³ e un valore di massimo prelievo 28.921 m³. I consumi annui non hanno subito una sostanziale variazione e risultano piuttosto costanti.

Confrontando l’andamento dei consumi con i GG_{real} del triennio di riferimento si può notare che effettivamente i consumi risultano maggiori nella stagione termica più fredda, caratterizzata da un numero superiore di gradi giorno.

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

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

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

Dove:

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

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

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

Tale consumo è stato valutato scorporando, dal consumo complessivo del contatore che alimenta la centrale termica, il contributo per la produzione di acqua calda sanitaria, prodotta con boiler elettrici. E’ ora quindi possibile valutare il consumo destagionalizzato, come di seguito riportato:

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

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

\bar{Q}_{ACS} = Consumo termico reale per ACS dell’edificio, kWh/anno, valutato come la media dei consumi per l’ACS nel triennio di riferimento;

\bar{Q}_{ALTRO} = Consumo termico reale per eventuali altri utilizzi dell’edificio, kWh/anno, valutato come la media dei consumi per altri usi, nel triennio di riferimento. Tale contributo non è stato valutato in quanto non presente.

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

Tabella 5.4 – Normalizzazione dei consumi annuali di energia termica

ANNO	GG _{REALI} SU 106 GIORNI	GG _{RIF} SU 106 GIORNI	CONSUMO REALE	CONSUMO REALE	α_{rif}	CONSUMO NORMALIZZATO A 897 GG	CONSUMO O ACS	CONSUMO ALTRO
			RISC. [Smc]	RISC. [kWh]		[kWh]	[kWh]	[kWh]
2014	841	929	28.921	272.436	323,9	300.943	-	-
2015	826	929	23.412	220.541	267,0	248.042	-	-
2016	847	929	24.111	227.126	268,2	249.114	-	-
Media	838	929	25.481	240.034	286,44	266.099,9	-	-

Come si può notare dai dati riportati il comportamento energetico dell’edificio, negli anni considerati, è stato caratterizzato da consumi annuali piuttosto stabili.

Si sono pertanto definiti per il calcolo della Baseline i parametri riportati nella Tabella 5.5:

Tabella 5.5 –Individuazione della Baseline termica

GRANDEZZA	VALORE [kWh]
\bar{Q}_{ACS}	-
\bar{Q}_{ALTRO}	-
$\bar{a}_{rif} \times GG_{rif}$	266.100
$Q_{baseline}$	266.100

5.1.2 Energia elettrica

La fornitura di energia elettrica avviene tramite la presenza di un unico contatore a servizio sia del Liceo classico che della scuola media.

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. Anche l’energia elettrica è in capo alla Città Metropolitana.

L’analisi dei consumi storici di energia elettrica si basa sulla base dei kWh ottenuti dai dati di fatturazione rilevati nel triennio di riferimento forniti dalla Città Metropolitana.

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

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

POD	ZONA SERVITA	2014	2015	2016	MEDIA
		[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
IT001E04165795	Liceo classico	94.825	93.609	104.073	97.502
	Scuola media				
TOTALE		94.825	93.609	104.073	EEbaseline 97.502,33

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 97.502 kWh/anno.

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

POD: IT001E04165795	F1	F2	F3	TOTALE
Anno 2014	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gen - 14	7.647	1.926	1.686	11.259
Feb - 14	6.742	1.996	1.485	10.223
Mar - 14	5.584	1.901	2.040	9.525
Apr - 14	5.182	1.463	1.600	8.245
Mag - 14	4.741	1.802	1.707	8.250
Giu - 14	2.874	1.204	1.587	5.665
Lug - 14	1.972	922	1.358	4.252
Ago - 14	1.207	782	1.399	3.388
Set - 14	4.227	1.163	1.447	6.837
Ott - 14	5.517	1.547	1.540	8.604
Nov - 14	4.620	1.462	1.718	7.800
Dic - 14	8.165	857	1.755	10.777
Totale	58.478	17.025	19.322	94.825
POD: IT001E04165795	F1	F2	F3	TOTALE
Anno 2015	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gen - 15	7.143	1.472	1.754	10.369
Feb - 15	7.043	1.321	1.418	9.782
Mar - 15	6.564	1.395	1.730	9.689
Apr - 15	5.379	1.116	1.611	8.106
Mag - 15	3.484	1.134	1.038	5.656
Giu - 15	3.273	1.264	1.679	6.216
Lug - 15	2.139	1.050	1.596	4.785
Ago - 15	1.716	817	1.539	4.072
Set - 15	3.225	1.186	1.770	6.181
Ott - 15	6.487	1.371	1.303	9.161
Nov - 15	7.041	1.344	1.532	9.917
Dic - 15	6.390	1.279	2.006	9.675
Totale	59.884	14.749	18.976	93.609

POD: IT001E04165795	F1	F2	F3	TOTALE
Anno 2016	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gen - 16	7.320	1.559	2.212	11.091
Feb - 16	7.667	1.421	1.592	10.680
Mar - 16	6.443	1.349	1.754	9.546
Apr - 16	5.037	1.410	2.037	8.484
Mag - 16	6.982	1.463	1.948	10.393
Giu - 16	-	-	-	-
Lug - 16	-	-	-	-
Ago - 16	7.897	3.575	5.550	17.022
Set - 16	-	-	-	-
Ott - 16	10.351	2.845	3.529	16.725
Nov - 16	7.195	1.450	1.858	10.503
Dic - 16	5.987	1.492	2.150	9.629
Totale	64.879	16.564	22.630	104.073

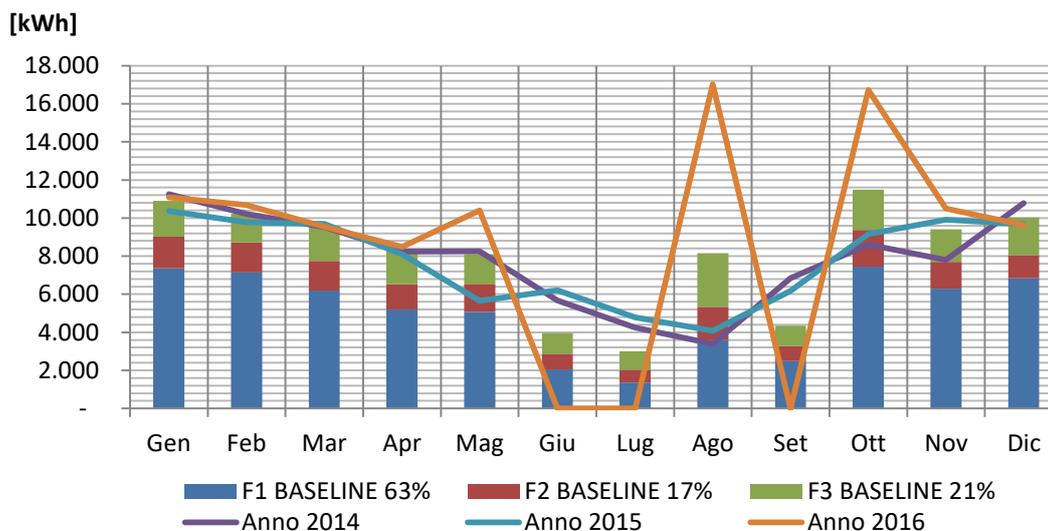
Dall’analisi effettuata è stato possibile definire i profili mensili dei consumi elettrici di Baseline, valutati come la media dei valori mensili analizzati nel triennio di riferimento. Tali valori sono riportati nella Tabella 5.8.

Tabella 5.8 – Consumi mensili di Baseline

BASELINE	F1	F2	F3	TOTALE
Mese	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gen	7.370	1.652	1.884	10.906
Feb	7.151	1.579	1.498	10.228
Mar	6.197	1.548	1.841	9.587
Apr	5.199	1.330	1.749	8.278
Mag	5.069	1.466	1.564	8.100
Giu	2.049	823	1.089	3.960
Lug	1.370	657	985	3.012
Ago	3.607	1.725	2.829	8.161
Set	2.484	783	1.072	4.339
Ott	7.452	1.921	2.124	11.497
Nov	6.285	1.419	1.703	9.407
Dic	6.847	1.209	1.970	10.027
Totale	61.080	16.113	20.309	97.502

L’andamento dei consumi elettrici mensili nel triennio di riferimento e di Baseline è riportato nel grafico 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 calanti nel periodo estivo vista la poca occupazione dei locali in tali periodi di chiusura agli studenti. L’andamento del 2016 risulta poi anomalo e legato ad assenza di bollette con cadenza mensile.

5.2 INDICATORI DI PERFORMANCE ENERGETICI ED AMBIENTALI

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

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

Tabella 5.9 - Fattori di emissione di CO₂.

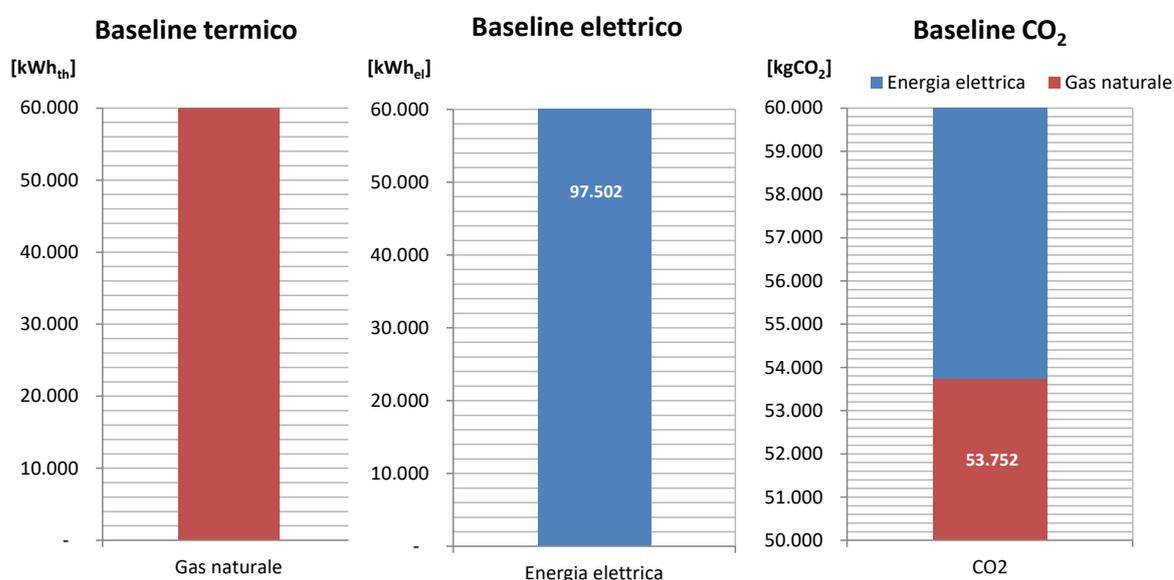
COMBUSTIBILE	FATTORE DI CONVERSIONE
	kgCO ₂ /kWh
Energia elettrica	* 0,467
Gas naturale	* 0,202
GPL	* 0,227
Olio combustibile	* 0,267
Gasolio	* 0,267
Benzina	* 0,249

* da “Linee Guida Patto dei Sindaci” per anno 2010

Applicando tali fattori di conversione è stato possibile valutare la Baseline delle emissioni di CO₂, come riportato nella Tabella 5.10 – Baseline delle emissioni di CO₂. Tabella 5.10 e nella Figura 5.3.

Tabella 5.10 – Baseline delle emissioni di CO₂.

COMBUSTIBILE	CONSUMO DI BASELINE	FATTORE DI CONVERSIONE	EMISSIONI DI CO ₂
	[kWh]	[kgCO ₂ /kWh]	[kgCO ₂]
Gas naturale	266.100	0,202	53.752
Energia elettrica	97.502	0,467	45.534
GPL	-	0,227	-
Gasolio	-	0,267	-
Teleriscaldamento	-	-	-
Altro Combustibile	-	-	-
TOTALE			99.286

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 5.11 - Fattori di conversione in energia primaria dei vettori energetici

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

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

Tabella 5.12.

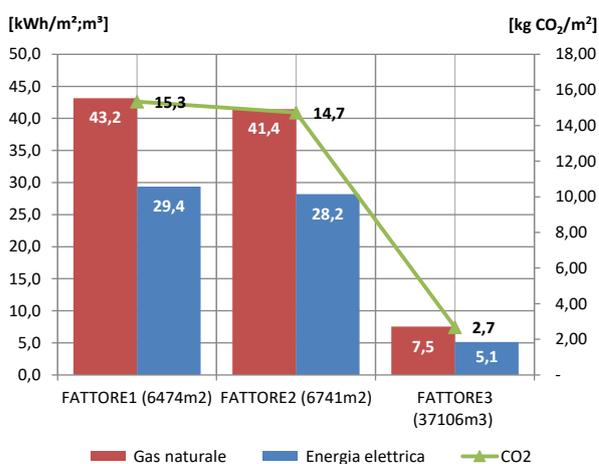
Tabella 5.12 – Fattori di riparametrizzazione

PARAMETRO		VALORE	U.M.
FATTORE 1	Superficie netta riscaldata	6.474	m ²
FATTORE 2	Superficie netta complessiva delle aree interne (riscaldate e non riscaldate)	6.741	m ²
FATTORE 3	Volume lordo complessivo (aree interne riscaldate e non riscaldate)	37.106	m ³

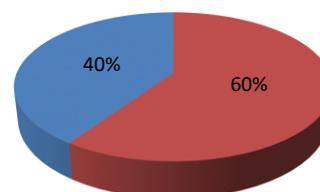
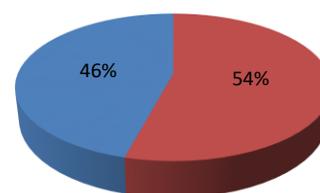
Nella Tabella 5.13 sono riportati gli indicatori di performance valutati coerentemente con quanto riportato nella sezione 2.5 dell’Allegato J – Schede di audit.

Tabella 5.13 – Indicatori di performance calcolati con riferimento all’energia primaria non rinnovabile

VETTORE ENERGETICO	CONSUMO ENERGETICO DI BASELINE [kWh/anno]	FATTORE DI CONVERSIONE ENERGIA PRIMARIA NON RINN.	CONSUMO DI ENERGIA PRIMARIA NON RINN. [kWh/anno]	INDICATORI DI CONSUMO ENERGIA PRIMARIA NON RINNOVABILE			INDICATORI AMBIENTALI		
				FATTORE 1 [kWh/m ²]	FATTORE 2 [kWh/m ²]	FATTORE 3 [kWh/m ³]	FATTORE 1 [kg CO ₂ /m ²]	FATTORE 2 [kg CO ₂ /m ²]	FATTORE 3 [kg CO ₂ /m ³]
Gas naturale	266.100	1,05	279.405	43,2	41,4	7,5	8,30	7,97	1,45
Energia elettrica	97.502	1,95	190.130	29,4	28,2	5,1	7,03	6,75	1,23
TOTALE			469.534	72,53	69,65	12,65	15,34	14,73	2,68

Figura 5.4 – Indicatori di performance e relative emissioni di CO₂ valutati in funzione della superficie utile riscaldataFigura 5.5 – Ripartizione % dei consumi di energia primaria e delle relative emissioni di CO₂

Ripartizione % energia primaria

Ripartizione % emissioni CO₂

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

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

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

La formula definita è sotto riportata:

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

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

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

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

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

Tabella 5.14 – Indicatori di performance energetici

COMBUSTIBILE	IEN _R			IEN _E		
	Wh/(m ³ GG anno)			Wh/(m ³ anno)		
	2014	2015	2016	2014	2015	2016
Gas Naturale	4,8	3,9	4,0	-	-	-
Energia elettrica	-	-	-	10.938,49	10.798,21	12.005,28

È stato quindi possibile effettuare un raffronto con le classi di merito riportate nelle suddette Linee Guida ENEA - FIRE, ottenendo un indice buono per il riscaldamento e insufficiente per l’energia elettrica.

Nel dettaglio tutti gli indici di prestazione 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	178,78	188,46
Climatizzazione invernale	EP_H	kWh/mq anno	139,47	139,68
Produzione di acqua calda sanitaria	EP_w	kWh/mq anno	0,9	1,11
Ventilazione	EP_v	kWh/mq anno	0,18	0,22
Raffrescamento	EP_c	kWh/mq anno	2,85	3,54
Illuminazione artificiale	EP_L	kWh/mq anno	35,38	43,9
Trasporto di persone e cose	EP_T	kWh/mq anno	0	0
Emissioni equivalenti di CO2	CO_{2eq}	Kg/mq anno	37,20	37,20

NB. Negli indici di prestazione energetica non sono compresi i consumi associati alle attrezzature come PC, schermi, elettrodomestici, ...

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] o [kWh/anno]	[kWh/anno]
Gas Naturale	85.982	850.447,96
Energia Elettrica	133.379	260.089,05

Il modello di calcolo utilizzato deve essere validato attraverso il confronto dei fabbisogni energetici risultanti 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	$EP_{gl,ren}$	kWh/mq anno	101,31	108,21
Climatizzazione invernale	EP_H	kWh/mq anno	73,31	73,45
Produzione di acqua calda sanitaria	EP_w	kWh/mq anno	0,9	1,11
Ventilazione	EP_v	kWh/mq anno	0,18	0,22
Raffrescamento	EP_c	kWh/mq anno	2,88	3,57
Illuminazione artificiale	EP_L	kWh/mq anno	23,52	29,19
Trasporto di persone e cose	EP_T	kWh/mq anno	0,53	0,65
Emissioni equivalenti di CO2	CO_{2eq}	kg/mq anno	-	21,29

NB. Negli indici di prestazione energetica non sono compresi i consumi associati alle attrezzature come PC, schermi, elettrodomestici, ...

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	
	[m ³ /anno] o [kWh/anno]	[kWh/anno]
Gas Naturale	45.107	446.153,34
Energia Elettrica	102.002	198.903,90

NB. Negli indici di prestazione energetica non sono compresi i consumi associati alle attrezzature come PC, schermi, elettrodomestici, ...

La validazione del modello energetico termico è stata effettuata confrontando il consumo energetico di baseline ($Q_{baseline}$) così come definito al precedente capitolo 0 ed il fabbisogno teorico ($Q_{teorico}$) derivante dalla modellazione energetica.

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

$Q_{teorico}$	$Q_{baseline}$	Congruità
[kWh/anno]	[kWh/anno]	[%]
279.456	266.100	5,00

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

6.1.2 Validazione del modello elettrico

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

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

$EE_{teorico}$	$EE_{baseline}$	Congruità
[kWh/anno]	[kWh/anno]	[%]
102.002	97.502	4,00

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

6.2 FABBISOGNI ENERGETICI

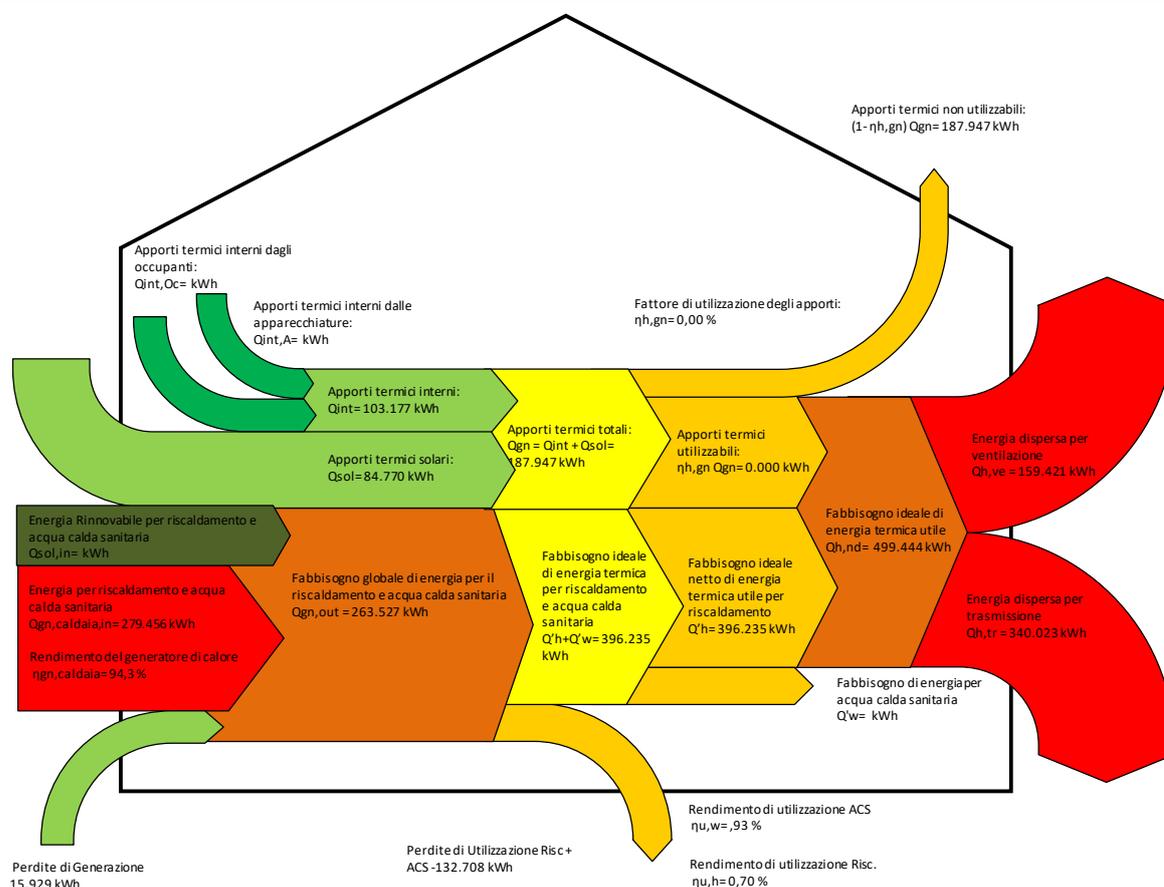
Al fine di valutare la prestazione energetica del sistema edificio-impianti si è reso necessario predisporre i risultati della modellazione energetica nella forma di un bilancio energetico che descriva l’andamento dei flussi energetici caratteristici dell’edificio in modo da valutare in maniera puntuale 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.

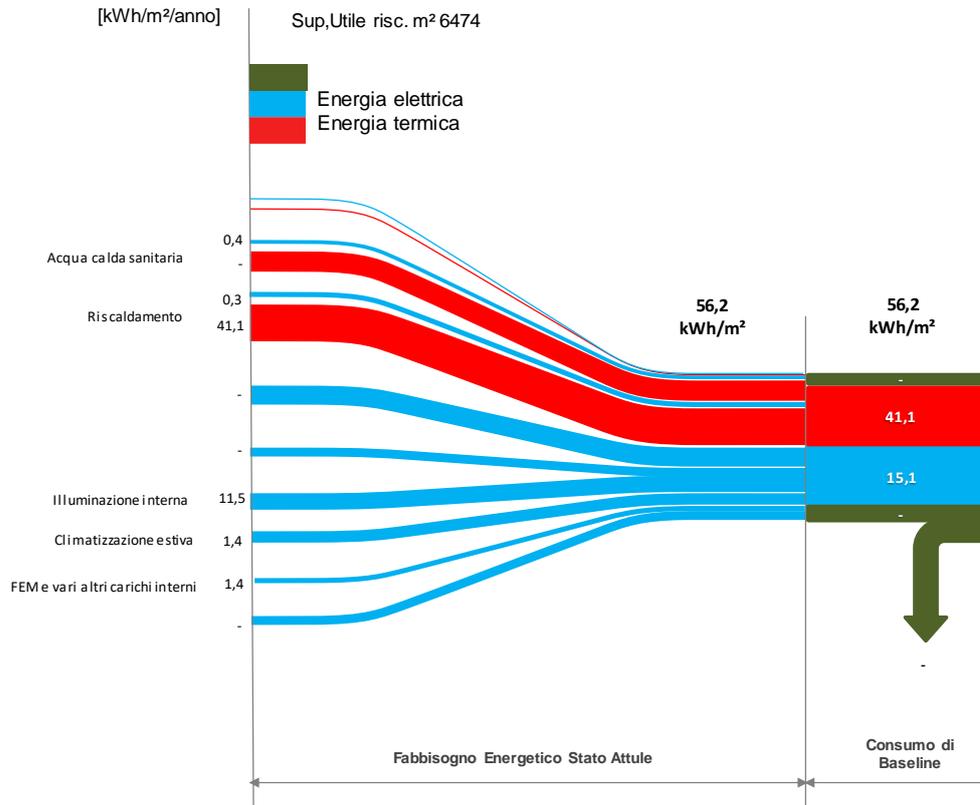
Figura 6.1 – Diagramma di Sankey relativo al fabbisogno termico dell’edificio allo stato attuale

Grafico con presenza di energia recuperata al sottosistema di generazione



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

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



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

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

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

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

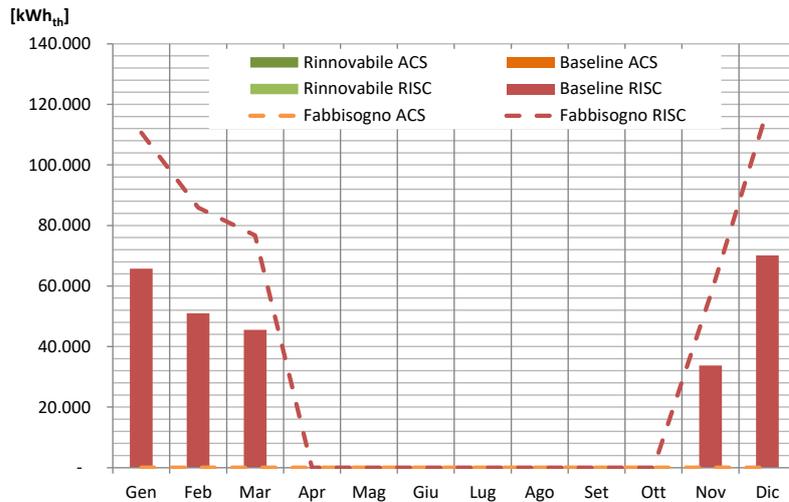
Dall’analisi del diagramma di Sankey relativo al bilancio energetico complessivo dell’edificio è possibile notare che la maggior parte dei consumi è di tipo termico.

6.3 PROFILI ENERGETICI MENSILI

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

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

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



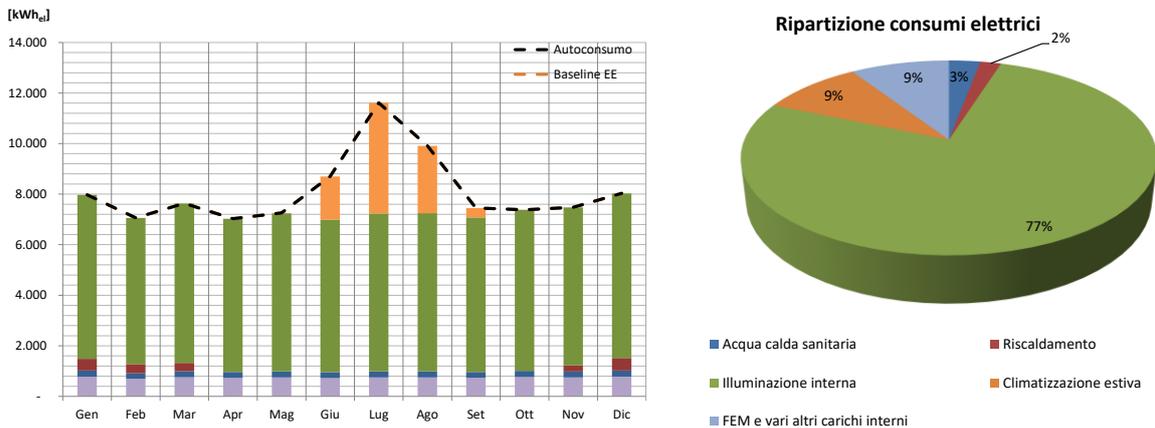
Tutti i consumi sono dovuti al riscaldamento pertanto risultano nulli in regime estivo e aumentano nei mesi più freddi.

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

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

I risultati di tale valutazione sono riportati nella Figura 6.4.

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



Si può notare come la maggior parte dei consumi sia da attribuirsi all’illuminazione interna, poiché i macchinari elettrici presenti sono poco rilevanti in un edificio scolastico.

7 ANALISI DEI COSTI PRE-INTREVENTO

7.1 COSTI RELATIVI ALLA FORNITURA DEI VETTORI ENERGETICI

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

7.1.1 Vettore termico

La fornitura del vettore termico avviene tramite il contratto di Servizio Integrato Energia 3 (SIE3) stipulato dalla Città Metropolitana con un soggetto terzo (non noto), comprensivo sia la fornitura del vettore energetico che la conduzione e manutenzione degli impianti. Non è stato quindi possibile effettuare un’analisi dei costi di fatturazione del vettore energetico in quanto tali fatture non sono a disposizione della PA.

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

7.1.2 Vettore elettrico

La fornitura del vettore elettrico avviene tramite un contratto con POD IT001E04165795 come di seguito elencato:

- POD 1 – IT001E04165795: contratto di fornitura del vettore energetico, stipulato direttamente dalla PA con la società di fornitura. È stato quindi possibile effettuare un’analisi di dettaglio dei costi fatturati e delle caratteristiche del contratto di fornitura.

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

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

POD: IT001E00012345	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	mar-15	apr-16
Fine periodo fornitura	feb-15	mar-16	42705
Potenza elettrica impegnata	41 kW	41 kW	41 kW
Potenza elettrica disponibile	41 kW	25 kW	28 kW
Tipologia di contratto	Altri Usi	Altri Usi	Altri Usi
Opzione tariffaria ⁽¹⁾	BTA6	BTA6	BTA6
Prezzi della 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: IT001E00012 345	QUOTA ENERGIA	ONERI DI SISTEMA	ONERI DI SISTEMA	IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO (IVA INCLUSA)
		PARTE FISSA	PARTE VARIABILE					
ANNO 2014	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[KWH]	[€/kWh]
Gen – 14	883	147	1.034	141	221	2.426	11.259	0,215
Feb – 14	804	134	940	128	201	2.206	10.223	0,216
Mar – 14	746	128	875	119	187	2.054	9.525	0,216
Apr – 14	648	143	800	103	169	1.864	8.245	0,226
Mag – 14	652	144	779	103	168	1.845	8.250	0,224
Giu – 14	450	100	549	71	117	1.287	5.665	0,227
Lug – 14	339	70	397	53	86	944	4.252	0,222
Ago – 14	273	55	305	42	68	743	3.388	0,219
Set – 14	562	111	676	85	143	1.578	6.837	0,231
Ott – 14	864	155	920	131	207	2.277	8.604	0,265
Nov – 14	827	149	895	126	200	2.198	7.800	0,282
Dic – 14	739	160	821	114	183	2.018	10.777	0,187
Totale	7.788	1.496	8.991	1.217	1.949	21.441	94.825	0,226
POD: IT001E00012 345	QUOTA ENERGIA	ONERI DI SISTEMA	ONERI DI SISTEMA	IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO (IVA INCLUSA)
		PARTE FISSA	PARTE VARIABILE					
ANNO 2015	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[KWH]	[€/kWh]
Gen – 15	843	138	956	130	207	2.274	10.369	0,219
Feb – 15	766	131	835	122	185	2.039	9.782	0,208
Mar – 15	747	111	815	104	178	1.954	9.689	0,202
Apr – 15	591	108	687	101	149	1.636	8.106	0,202
Mag – 15	498	792		105	307	1.701	5.656	0,301
Giu – 15						-	-	
Lug – 15						-	-	
Ago – 15						-	-	
Set – 15						-	-	
Ott – 15						-	-	
Nov – 15	328	139	22	37	116	642	9.917	0,065
Dic – 15	1.110	246	73	121	341	1.891	9.675	0,195
Totale	4.882	1.665	3.388	720	1.482	12.137	63.194	0,192
POD: IT001E00012	QUOTA ENERGIA	ONERI DI SISTEMA	ONERI DI SISTEMA	IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO

345	PARTE FISSA		PARTE VARIABILE					(IVA INCLUSA)
	[€]	[€]	[€]	[€]				[€/kWh]
ANNO 2016	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[KWH]	[€/kWh]
Gen - 16	1.184	284	82	139	372	2.060	11.091	0,186
Feb - 16	1.110	274	79	134	351	1.949	10.680	0,182
Mar - 16	963	248	71	119	308	1.710	9.546	0,179
Apr - 16	1.036	202	78	131	318	1.766	8.484	0,208
Mag - 16						-	-	
Giu - 16						-	-	
Lug - 16						-	-	
Ago - 16	753		1.883	213	627	3.475	17.022	0,204
Set - 16						-	-	
Ott - 16	966		1.925	209	682	3.782	16.725	0,226
Nov - 16	756		1.132	131	444	2.464	10.503	0,235
Dic - 16	653		1.065	120	404	2.242	9.629	0,233
Totale	7.422	1.008	6.314	1.196	3.507	19.448	93.680	0,208

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

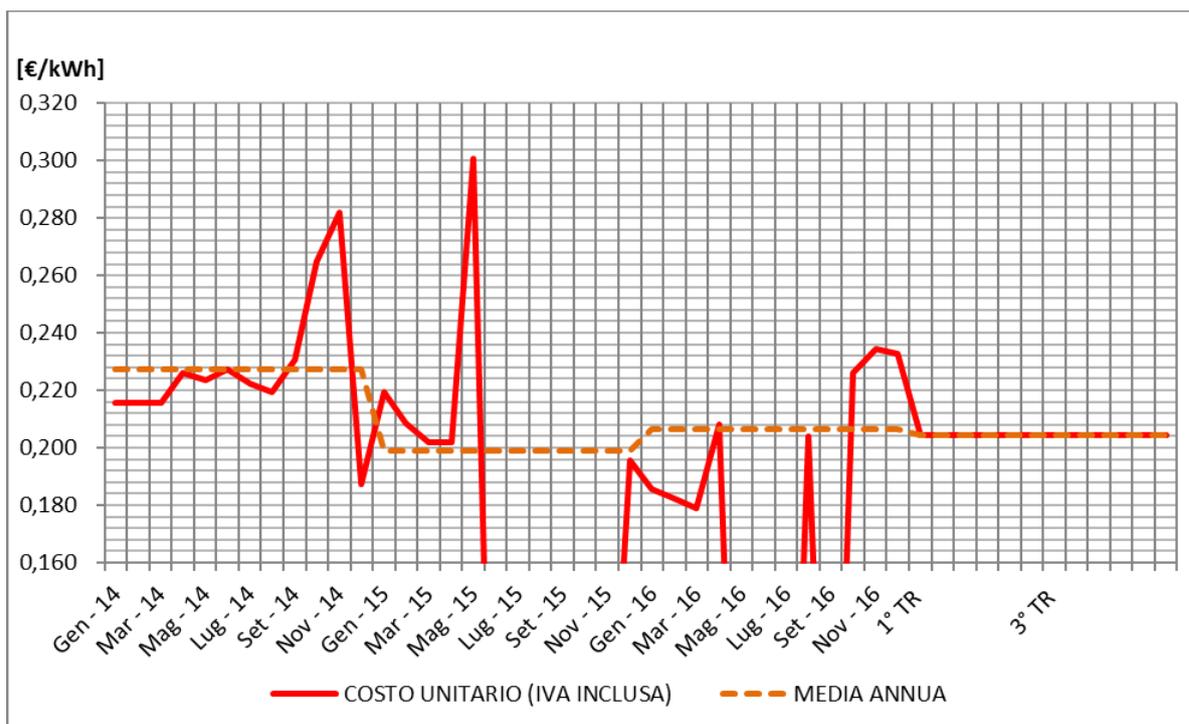
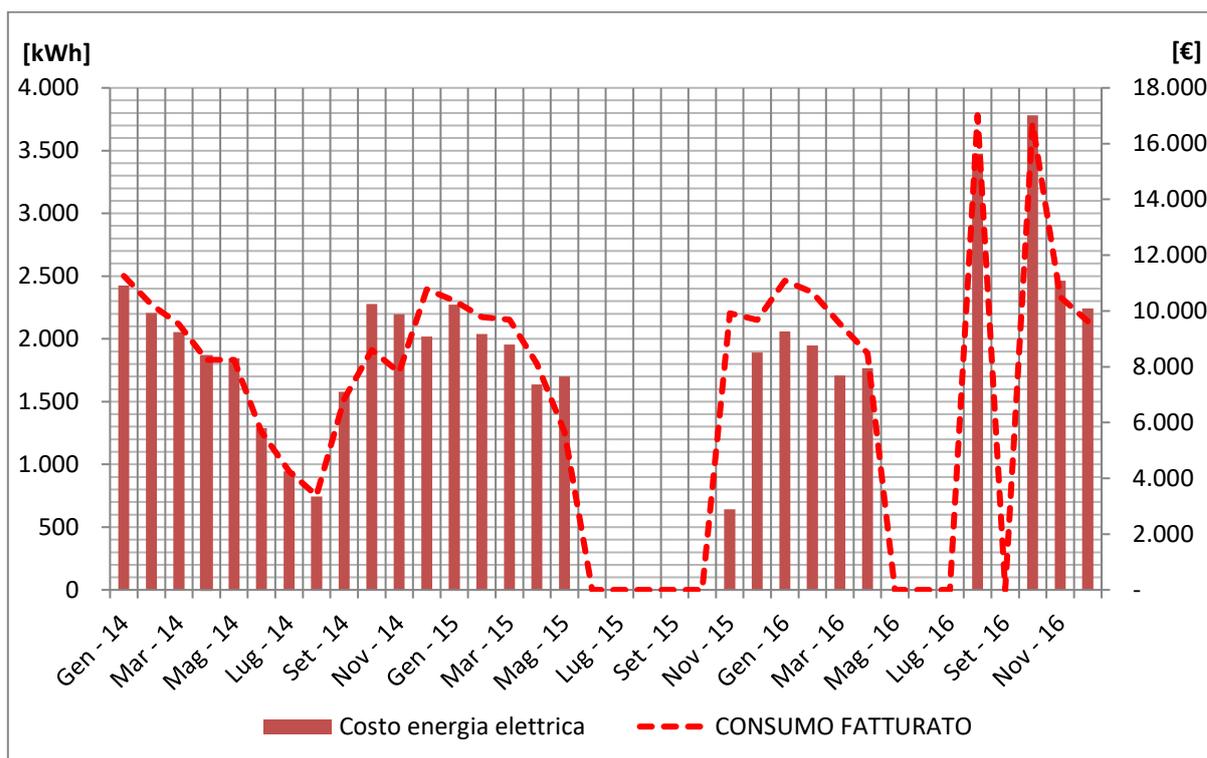


Figura 7.2 – Andamento dei consumi e dei costi dell’energia elettrica



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	272.436	-	-	94.825	21.441	0,23	21.441,33
2015	220.541	-	-	93.609	12.137,43	0,13	12.137,43
2016	227.126	-	-	104.073	19.447,58	0,19	19.447,58
2017	240.034	-	-	97.502	17.675,45	0,18	17.675,45
Media	272.436	-	-	94.825	21.441	0,23	21.441,33

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

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

Definizione		Valore	U.M.
Costo unitario dell’energia termica	Valore relativo all’ultimo anno a disposizione	Cu _Q 0,078	[€/kWh]
Costo unitario dell’energia elettrica	Valore relativo all’ultimo anno a disposizione	Cu _{EE} 0,20	[€/kWh]

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

Per il calcolo dei costi unitari si è fatto riferimento al file DE_Lotto.8-E195_revA-AllegatoB-Grafici_Template.xlsx.

7.3 COSTI DI GESTIONE E MANUTENZIONE DI EDIFICIO ED IMPIANTI

Non è stato possibile accedere ai costi di gestione e manutenzione dell’edificio essendo questo parte della Città Metropolitana.

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:

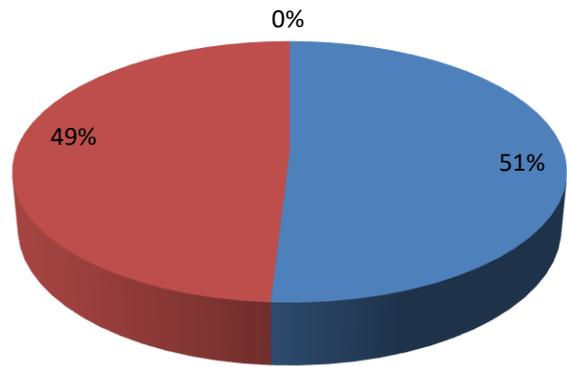
$$C_{baseline} = C_E + C_{MO} + C_{MS}$$

Ne risulta quindi un C_E pari a €40587 e un $C_{baseline}$ pari a € 40587.

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

VETTORE TERMICO			VETTORE ELETTRICO				O&M ($C_{MO} + C_{MS}$)		TOTALE
$Q_{baseline}$	Cu_Q	C_Q	$EE_{baseline}$	Cu_{EE}	C_{EE}	C_M	C_{MO}	C_{MS}	$C_Q + C_{EE} + C_M$
[kWh]	[€/kWh]	[€]	[kWh]	[€/kWh]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]
51.000	0,074	3.749	41.310	0,234	9.673	5.352	4.228	1.124	18.773

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: Isolamento pareti verticali con cappotto esterno

Generalità

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

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

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

Figura 8.1 – Particolare della facciata oggetto di intervento



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 14 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.

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

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

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

Infine, si procede stendendo lo strato di finitura.

Prestazioni raggiungibili

I miglioramenti ottenibili tramite l’attuazione della EEM1 sono riportati nella Tabella 8.1 e nella Figura 8.2.

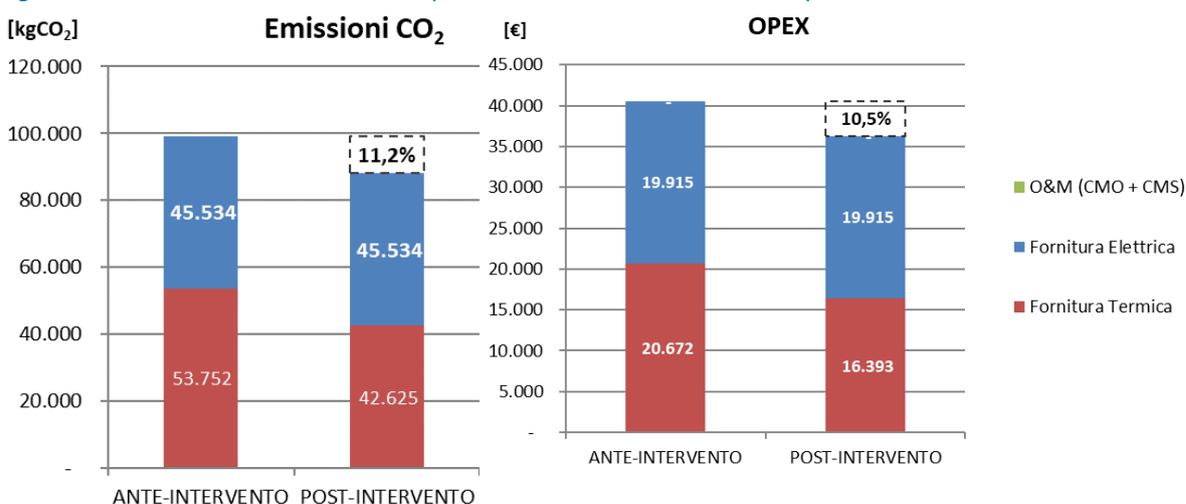
Tabella 8.1 – Risultati analisi EEM1 – Isolamento pareti verticali

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
EM1 Trasmittanza parete verticale M1	[W/m ² K]	1,04	0,245	76,4%
EM1 Trasmittanza parete verticale M2	[W/m ² K]	1,25	0,255	79,6%
EM1 Trasmittanza parete verticale M3	[W/m ² K]	1,14	0,25	78,1%
Q _{teorico}	[kWh]	279.456	221.609	20,7%
EE _{teorico}	[kWh]	102.002	102.002	0,0%
Q _{baseline}	[kWh]	266.100	211.017	20,7%
EE _{Baseline}	[kWh]	97.502	97.502	0,0%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	53.752	42.625	20,7%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	45.534	45.534	0,0%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	99.286	88.159	11,2%
Fornitura Termica, C _Q	[€]	20.672	16.393	20,7%
Fornitura Elettrica, C _{EE}	[€]	19.915	19.915	0,0%
Fornitura Energia, C_E	[€]	40.587	36.308	10,5%
C _{MO}	[€]	-	-	-
C _{MS}	[€]	-	-	-
O&M (C _{MO} + C _{MS})	[€]	-	-	-
OPEX	[€]	40.587	36.308	10,5%
Classe energetica	[-]	D	C	+1 classi

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

I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,078 [€/kWh] per il vettore termico e 0,204 [€/kWh] per il vettore elettrico

Figura 8.2 – EEM1: Riduzione dei costi operativi e delle emissioni di CO₂ a partire dalla baseline



8.1.2 Impianto riscaldamento

EEM2: Rifacimento impianto termico

Generalità

L’intervento consiste nella sostituzione dell’attuale generatore di calore con una caldaia a condensazione ad alto rendimento. La potenzialità è valutata in base alla combinazione o meno di questo intervento con interventi sull’involucro.

Per la sola sostituzione della caldaia si è valutata una potenzialità pari a 590 kW.

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

Inoltre, viene prevista l’installazione su tutti i radiatori dell’edificio di valvole termostatiche e relativi comandi.

Questo intervento permette di ottenere un risparmio energetico legato all’effettiva richiesta di carico termico differenziabile per ciascun ambiente di ogni zona climatizzata con un sensibile aumento. Al fine di un corretto funzionamento è prevista l’installazione di una pompa modulante in sostituzione a quella esistente.

Caratteristiche funzionali e tecniche

L’installazione di un generatore a condensazione consente di ottenere un rendimento di generazione pari al 98%.

Prestazioni raggiungibili

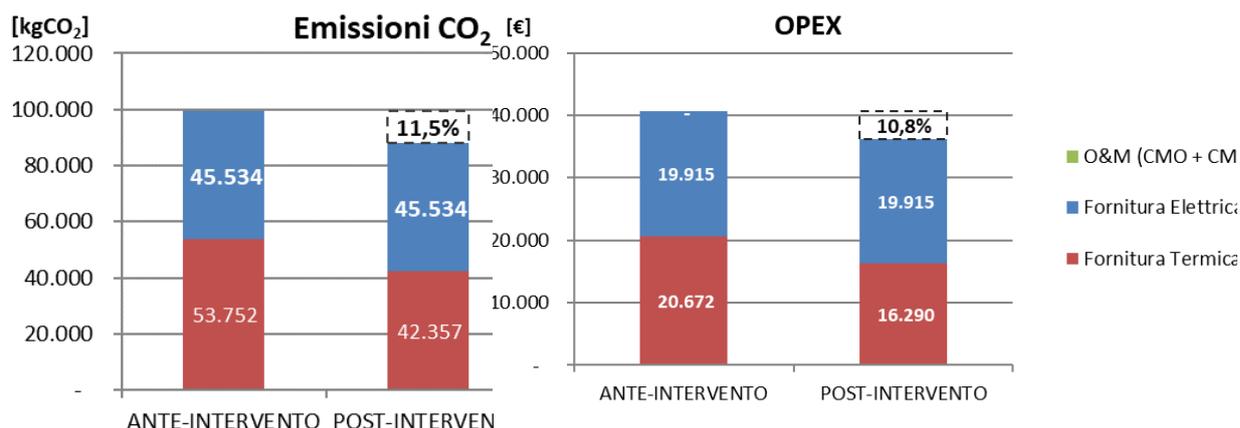
I miglioramenti ottenibili tramite l’attuazione della EEM2 sono riportati nella Tabella 8.1 e nella Figura 8.2.

Tabella 8.2 – Risultati analisi EEM2 – Rifacimento impianto termico

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
EEM2 Rendimento impianto termico	[%]	83,5	98	14,8%
$Q_{teorico}$	[kWh]	279.456	220.212	21,2%
$EE_{teorico}$	[kWh]	102.002	102.002	0,0%
$Q_{baseline}$	[kWh]	266.100	209.687	21,2%
$EE_{Baseline}$	[kWh]	97.502	97.502	0,0%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	53.752	42.357	21,2%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	45.534	45.534	0,0%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	99.286	87.890	11,5%
Fornitura Termica, C_Q	[€]	20.672	16.290	21,2%
Fornitura Elettrica, C_{EE}	[€]	19.915	19.915	0,0%
Fornitura Energia, C_E	[€]	40.587	36.205	10,8%
C_{MO}	[€]	-	-	-
C_{MS}	[€]	-	-	-
O&M ($C_{MO} + C_{MS}$)	[€]	-	-	-
OPEX	[€]	40.587	36.205	10,8%
Classe energetica	[-]	D	C	+1 classi

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

I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,08 €/kWh per il vettore termico e 0,204 €/kWh per il vettore elettrico.

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

8.1.3 Impianto di generazione da fonti rinnovabili

EEM3: Installazione pannelli fotovoltaici

Generalità

Si prevede l’installazione di un impianto fotovoltaico di potenzialità pari a 80 kW.

Caratteristiche funzionali e tecniche

Esposizione pannelli: Sud Est (-10°)

Inclinazione pannelli: 15°

Potenza singolo pannello: 250W

Numero pannelli: 320

Efficienza singolo pannello: 0,13

Fattore di efficienza: 0,75

Prestazioni raggiungibili

I miglioramenti ottenibili tramite l’attuazione della EEM3 sono riportati nella Tabella 8.3 – Risultati analisi EEM3 – Installazione pannelli fotovoltaici Tabella 8.3 e nella Figura 8.4.

Tabella 8.3 – Risultati analisi EEM3 – Installazione pannelli fotovoltaici

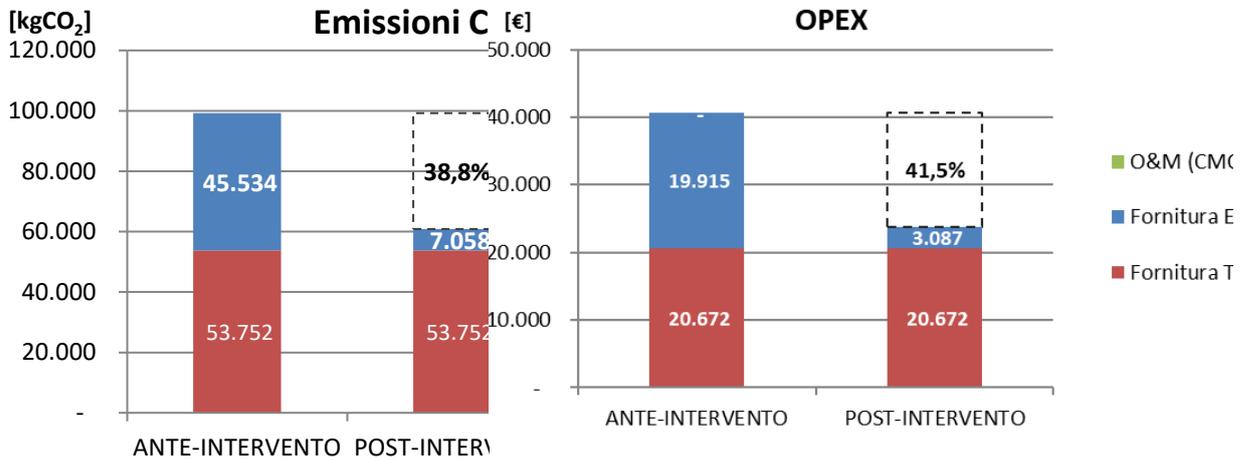
CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
EM3 Potenza impianto fotovoltaico	[kW]	0	80	100,0%
$Q_{teorico}$	[kWh]	279.456	279.456	0,0%
$EE_{teorico}$	[kWh]	102.002	15.810	84,5%
$Q_{baseline}$	[kWh]	266.100	266.100	0,0%
$EE_{Baseline}$	[kWh]	97.502	15.113	84,5%
Emiss. CO ₂ Termico	[kgCO ₂]	53.752	53.752	0,0%
Emiss. CO ₂ Elettrico	[kgCO ₂]	45.534	7.058	84,5%
Emiss. CO₂ TOT	[kgCO₂]	99.286	60.810	38,8%
Fornitura Termica, C_Q	[€]	20.672	20.672	0,0%
Fornitura Elettrica, C_{EE}	[€]	19.915	3.087	84,5%
Fornitura Energia, C_E	[€]	40.587	23.759	41,5%
C_{MO}	[€]	-	-	-
C_{MS}	[€]	-	-	-

O&M (C _{M0} + C _{MS})	[€]	-	-	-
OPEX	[€]	40.587	23.759	41,5%
Classe energetica	[-]	D	C	+1 classi

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

I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,08 €/kWh per il vettore termico e 0,204 €/kWh per il vettore elettrico.

Figura 8.4 – EEM3: Riduzione dei costi operativi e delle emissioni di CO₂ a partire dalla baseline



9 VALUTAZIONE ECONOMICO-FINANZIARIA

9.1 ANALISI DEI COSTI DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI CONSIDERATI FATTIBILI

EEM1: Isolamento parete verticale in CLS con cappotto esterno

La realizzazione di tale intervento consentirebbe l’ottenimento degli incentivi previsti dal conto termico 2.0, i quali possono essere quantificati in 104.405 € e verranno concessi in un’unica annualità vista la proprietà in capo alla pubblica amministrazione.

Tabella 9.1 – Analisi dei costi della EEM1

DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO	TOTALE (IVA ESCLUSA)	IVA	TOTALE (IVA INCLUSA)
				[€/n° o €/m ²]	[€]	[€]	[€]
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	54208	m2cm	€ 3,17	€ 171.987,20	22%	€ 209.824,38
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	3872	kg	€ 0,75	€ 2.886,40	22%	€ 3.521,41
Collante cementizio per murature in cemento cellulare espanso.	Prezzario Regione Liguria	1936	kg	€ 0,45	€ 862,40	22%	€ 1.052,13
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	96,80	m2	€ 19,25	€ 1.862,96	22%	€ 2.272,81
Intonaco interno in malta cementizia strato aggrappante a base di cemento portland, sabbie classificate ed additivi specifici spessore 5 mm circa.	Prezzario Regione Liguria	3872	m2	€ 4,36	€ 16.896,00	22%	€ 20.613,12
Costi per la sicurezza	-	3%	%		€ 5.834,85	22%	€ 7.118,52
Costi progettazione (in % su importo lavori)	-	7%	%		€ 13.614,65	22%	€ 16.609,87
TOTALE (I₀ – EEM1)					€ 213.944	22%	€ 261.012
Incentivi	[Conto termico]						€ 104.404,89
Durata incentivi							1
Incentivo annuo							€ 104.404,89

EEM2: Rifacimento impianto termico

La realizzazione di tale intervento consentirebbe l’ottenimento degli incentivi previsti dal conto termico 2.0, i quali possono essere quantificati in 7.608 € e verranno concessi in un’unica annualità vista la proprietà in capo alla pubblica amministrazione.

Tabella 9.2 – Analisi dei costi della EEM2

DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO	TOTALE	IVA	TOTALE
					(IVA ESCLUSA)	[%]	(IVA INCLUSA)
				[€/n° o €/m ²]	[€]	[%]	[€]
Caldaie a condensazione a basamento, corpo in lega di alluminio-silicio-magnesio con scambiatore primario a basso contenuto d’acqua, classe 5 NOx, rendimento energetico a 4 stelle in base alle direttive europee, bruciatore modulante con testata metallica ad irraggiamento, compreso il pannello di comando montato sul mantello di rivestimento, della potenza termica nominale di: 590 Kw circa	Prezzario Regione Liguria	1	cad	€ 28.203,75	€ 28.203,75	22%	€ 34.408,58
Sistema fumario prefabbricato a sezione circolare, con giunti maschio-femmina con profilo conico a elementi modulari a doppia parete acciaio inox (parete interna AISI316L e parete esterna AISI304), coibentazione 25mm in lana di roccia pressata, senza guarnizioni di tenuta Coppa di scarico condensa Ø 300 mm	Prezzario Regione Liguria	1	cad	€ 230,00	€ 230,00	22%	€ 280,60
Sola posa in opera di bruciatore per caldaie, compresi la lavorazione della piastra di collegamento alla caldaia, la sola posa della rampa gas e del dispositivo di controllo tenuta valvola, i collegamenti elettrici, i collegamenti alla tubazione del combustibile a metano o gasolio: per generatori di calore da 351 Kw a 700 Kw	Prezzario Regione Liguria	1	cad	€ 419,17	€ 419,17	22%	€ 511,39
Accessori per caldaie a condensazione: Tubi Ø 80mm della lunghezza 1 m	Prezzario Regione Liguria	15	cad	€ 19,21	€ 288,14	22%	€ 351,53
Accessori per caldaie a condensazione: Kit scarichi separati per tubi Ø 80mm	Prezzario Regione Liguria	2	cad	€ 25,87	€ 51,75	22%	€ 63,13
Pn > 350 e Pn <= 500	Prezziario CCIAA RE	2	cad	€ 2.594,36	€ 5.188,73	22%	€ 6.330,25
Regolazione Climatica	Prezziario CCIAA RE	1	cad	€ 496,36	€ 496,36	22%	€ 605,56
Sonde di temperatura e umidità: sola temperatura, per impianti civili e industriali per esterno	Prezzario Regione Liguria	1	cad	€ 69,52	€ 69,52	22%	€ 84,81
Opere edili Operaio Qualificato	Prezzario Regione Liguria	16	h	€ 31,28	€ 500,51	22%	€ 610,62



Impianti Elettrici Idraulici Riscaldamento Installatore 4° cat. ex operaio specializzato	Prezzario Regione Liguria	16	h	€	28,98	€ 463,71	22%	€ 565,73
Trasporto a scarica o a centro di riciclaggio di materiali di risulta provenienti da scavi e/o demolizioni, misurato su autocarro in partenza, esclusi gli eventuali oneri di scarica o smaltimento, eseguito con piccolo mezzo di trasporto con capacità di carico fino a 3 t. per ogni chilometro del tratto oltre i primi 5 km e fino al decimo km.	Prezzario Regione Liguria	100	m³km	€	4,29	€ 429,09	22%	€ 523,49
Costi per la sicurezza	-	3%	%			€ 1.090,22	22%	€ 1.330,07
Costi progettazione (in % su importo lavori)	-	7%	%			€ 2.543,85	22%	€ 3.103,50
Valvole micrometriche a squadra complete di testa termostatica con elemento sensibile a gas: Ø 15 mm	Prezzario Regione Liguria	162	cad	€	32,20	€ 5.216,40	22%	€ 6.364,01
Circolatori per impianti di riscaldamento e condizionamento a velocità variabile, regolate elettronicamente, classe di protezione IP44, classe energetica A, 230V, del tipo: versione gemellare con attacchi flangiati, Ø 80, PN6, prevalenza da 1 a 12 m, portata da 1 a 58 m³/h	Prezzario Regione Liguria	1	cad	€	4.170,19	€ 4.170,19	22%	€ 5.087,63
Sola posa in opera di pompe e/o circolatori singoli o gemellari per fluidi caldi o freddi, compreso bulloni, guarnizioni e il collegamento alla linea elettrica, escluse le flange. Per attacchi del diametro nominale di: maggiore di 80 mm fino a 100 mm	Prezzario Regione Liguria	1	cad	€	88,49	€ 88,49	22%	€ 107,96
Interruttore automatico magnetotermico con potere di interruzione 4,5KA bipolare fino a 32 A - 230 V	Prezzario Regione Liguria	1	cad	€	20,63	€ 20,63	22%	€ 25,17
Impianti Elettrici Idraulici Riscaldamento Installatore 4° cat. ex operaio specializzato	Prezzario Regione Liguria	16	h	€	28,98	€ 463,71	22%	€ 565,73
Costi per la sicurezza	-	3%	%			€ 298,78	22%	€ 364,51
Costi progettazione (in % su importo lavori)	-	7%	%			€ 697,16	22%	€ 850,53
TOTALE (I₀– EEM2)						€ 39.975	22%	€ 62.215
Incentivi	[Conto termico]							€ 19.508
Durata incentivi								1
Incentivo annuo								€ 19.508

EEM3: Installazione impianto fotovoltaico

La realizzazione di tale intervento non prevede l’accesso al Conto Termico 2.0.

Tabella 9.3 – Analisi dei costi della EEM3

DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO [€/kW]	TOTALE (IVA ESCLUSA) [€]	IVA [%]	TOTALE (IVA INCLUSA) [€]
oltre 50 kWp	Prezzario Milano	80	kW	€ 1.807,77	€ 144.621,82	22%	€ 176.438,62
Costi per la sicurezza	-	3%	%		€ 4.338,65	22%	€ 5.293,16
Costi progettazione (in % su importo lavori)	-	7%	%		€ 10.123,53	22%	€ 12.350,70
TOTALE (I₀ – EEM3)					€ 159.084	22%	€ 194.082

9.2 ANALISI DI CONVENIENZA DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI CONSIDERATI FATTIBILI

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

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

Gli indicatori economici d’investimento utilizzati sono:

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

Essi sono così definiti:

1) Tempo di ritorno semplice (TRS):

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

Dove:

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

2) Tempo di ritorno attualizzato (TRA):

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

Dove:

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

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

Dove:

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

3) Valore Attuale Netto (VAN) del progetto:

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

Dove:

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

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

5) Indice di Profitto (IP):

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

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

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

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

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

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

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

EEM1: Isolamento involucro

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

Tabella 9.4 – Risultati dell’analisi di convenienza della EEM1– Isolamento involucro

PARAMETRO FINANZIARIO		U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	I_0	€	261.012
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	104.405
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	47,6	28,5
Tempo di rientro attualizzato	TRA	71,5	37,8
Valore attuale netto	VAN	-155.973	-55.583
Tasso interno di rendimento	TIR	-3,4%	0,2%
Indice di profitto	IP	-0,60	-0,21

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

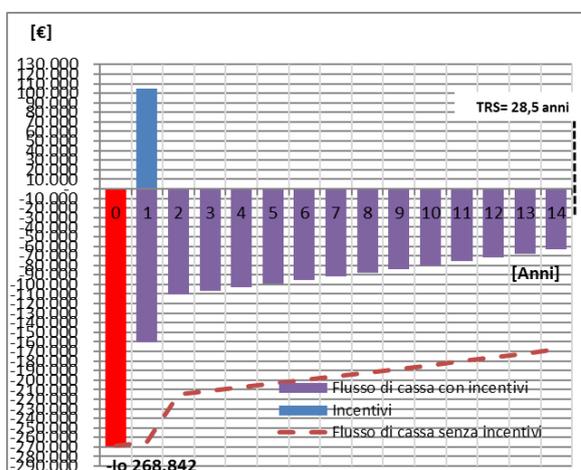
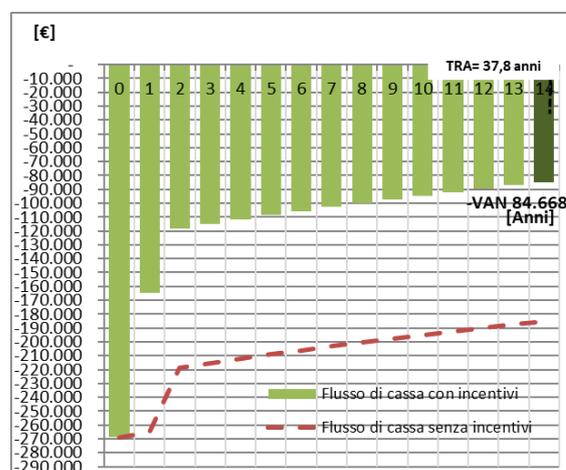


Figura 9.2 – EEM1: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



Dall’analisi effettuata è emerso che l’intervento non risulta conveniente anche sfruttando gli incentivi.

EEM2: Rifacimento impianto termico

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

Tabella 9.5 – Risultati dell’analisi di convenienza della EEM2– Rifacimento impianto termico

PARAMETRO FINANZIARIO		U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	I_0	€	62.215
Oneri Finanziari % I_0	OF	[%]	3,0%
Aliquota IVA	%IVA	[%]	22,0%
Anno recupero erariale IVA	n_{IVA}	anni	3
Vita utile	n	anni	20
Incentivo annuo	B	€/anno	19.508
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	13,5	8,9
Tempo di rientro attualizzato	TRA	20,4	11,8
Valore attuale netto	VAN	- 1.159	17.599
Tasso interno di rendimento	TIR	3,8%	8,5%
Indice di profitto	IP	-0,02	0,28

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

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

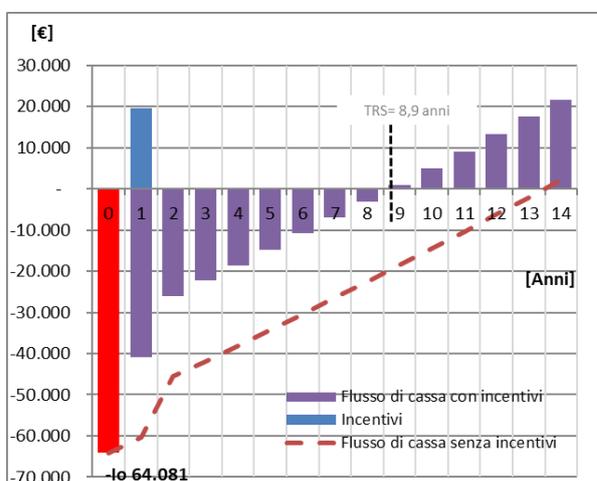
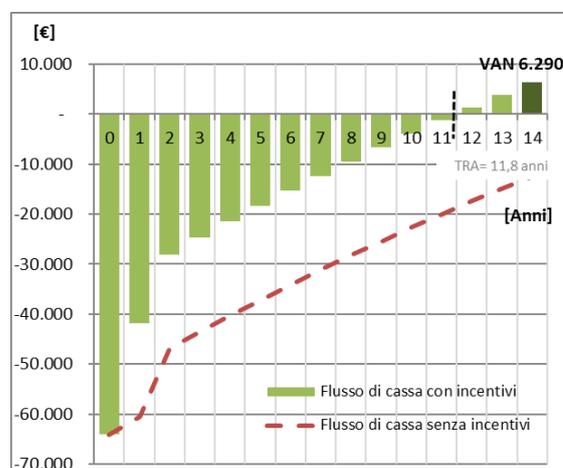


Figura 9.4 – EEM2: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



Dall’analisi effettuata è emerso che l’intervento risulta particolarmente conveniente, con tempi di ritorno al di sotto dei 10 anni sfruttando gli incentivi del Conto Termico 2.0.

EEM3: Installazione impianto fotovoltaico

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

Tabella 9.6 – Risultati dell’analisi di convenienza della EEM3– Installazione fotovoltaico

PARAMETRO FINANZIARIO		U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	I_0	€	194.082
Oneri Finanziari % I_0	OF	[%]	3,0%
Aliquota IVA	%IVA	[%]	22,0%
Anno recupero erariale IVA	n_{IVA}	anni	3
Vita utile	n	anni	20
Incentivo annuo	B	€/anno	-
Durata incentivo	n_B	anni	1
Tasso di attualizzazione	i	[%]	3,5%

INDICE FINANZIARIO DI PROGETTO		VALORE SENZA INCENTIVI	VALORE CON INCENTIVI
Tempo di rientro semplice	TRS	11,2	11,2
Tempo di rientro attualizzato	TRA	15,3	15,3
Valore attuale netto	VAN	34.234	34.234
Tasso interno di rendimento	TIR	6,1%	6,1%
Indice di profitto	IP	-0,02	0,28

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

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

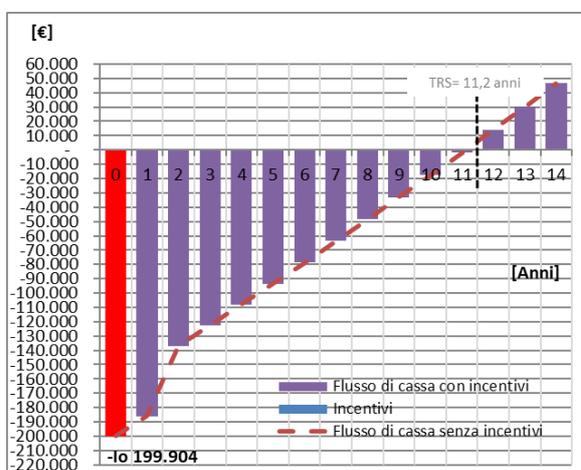
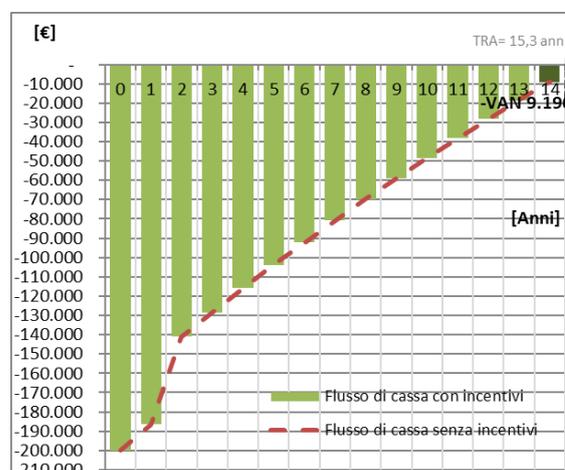


Figura 9.6 – EEM3: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



Dall’analisi effettuata è emerso che l’intervento risulta particolarmente conveniente, con tempi di ritorno al di sotto dei 15.

Sintesi

La sintesi della valutazione economico – finanziaria delle EEM proposte è riportata nelle Tabella 9.7 e Dall’analisi dei risultati emerge che in assenza di incentivi gli interventi sull’involucro risultano non convenienti con tempi di ritorno maggiori rispetto alla vita utile dell’intervento stesso.

La convenienza, invece, aumenta considerevolmente quando si coinvolgono le componenti impiantistiche, vero punto nevralgico dell’intera struttura. In particolar modo risulta assai conveniente intervenire sul sistema di regolazione, installando valvole termostatiche, in modo da ridurre gli spechi ed ottimizzare i consumi.

Tabella 9.8.

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

SENZA INCENTIVI											
	% Δ_E	% Δ_{CO_2}	ΔC_E	ΔC_{MO}	ΔC_{MS}	I_0	TRS	TRA	VAN	TIR	IP
	[%]	[%]	[€/anno]	[€/anno]	[€/anno]	[€]	[anni]	[anni]	[€]	[%]	[-]
EEM 1	15,16%	11%	4.279,2	-	-	261.012	47,61	71,46	- 155.972,6	-3%	- 0,60
EEM 2	15,52%	11%	4.382,5	-	-	62.215	13,53	20,37	- 1.159,2	4%	- 0,02
EEM 3	22,66%	39%	16.828,0	-	-	194.082	11,21	15,32	34.233,8	6%	0,18

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

Dall’analisi dei risultati emerge che in assenza di incentivi gli interventi sull’involucro risultano non convenienti con tempi di ritorno maggiori rispetto alla vita utile dell’intervento stesso.

La convenienza, invece, aumenta considerevolmente quando si coinvolgono le componenti impiantistiche, vero punto nevralgico dell’intera struttura. In particolar modo risulta assai conveniente intervenire sul sistema di regolazione, installando valvole termostatiche, in modo da ridurre gli spechi ed ottimizzare i consumi.

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

CON INCENTIVI											
	% Δ_E	% Δ_{CO_2}	ΔC_E	ΔC_{MO}	ΔC_{MS}	I_0	TRS	TRA	VAN	TIR	IP
	[%]	[%]	[€/anno]	[€/anno]	[€/anno]	[€]	[anni]	[anni]	[€]	[%]	[-]
EEM 1	15,16%	11,21%	4.279,16	-	-	261.012,00	28,48	37,82	-55.583,2	0%	- 0,21
EEM 2	15,52%	11,48%	4.382,52	-	-	62.215,00	8,86	11,76	17.598,5	8%	0,28
EEM 3	22,66%	38,75%	16.828,05	-	-	194.082,00	11,21	15,32	34.233,8	6%	0,18

Dall’analisi dei risultati emerge che sfruttando gli incentivi risultano al limite di convenienza anche l’intervento sull’involucro edilizio, che offre la possibilità di un risparmio energetico considerevole.

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 tn-esimo.

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

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

Dove:

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

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

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

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

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

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

- **Scenario 1: EEM2+EEM3:** Tale scenario consiste nell’installazione di caldaia a condensazione di potenza 590kW e contemporanea installazione di valvole termostatiche su tutti i corpi scaldanti. Ad integrazione si prevede anche l’installazione di un impianto fotovoltaico di potenza pari a 80kW.
- **Scenario 2: EEM1+EEM2+EEM3:** Tale scenario consiste nell’installazione di caldaia a condensazione di potenza 590kW, installazione di valvole termostatiche su tutti i corpi scaldanti e contemporaneo isolamento dell’involucro esterno. Ad integrazione si prevede anche l’installazione di un impianto fotovoltaico di potenza pari a 80kW.

9.3.1 Scenario 1: EEM2+EEM3

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

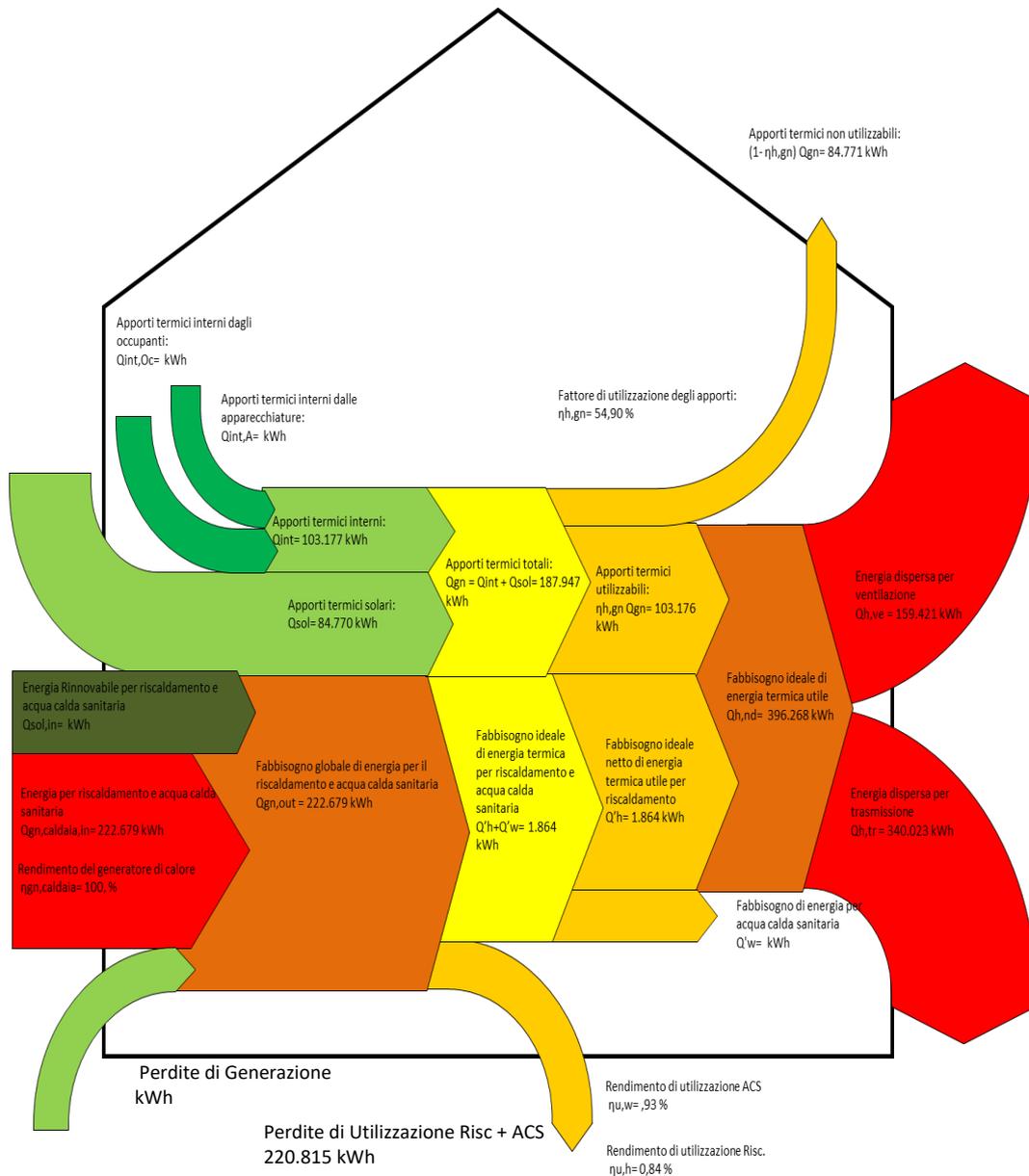
Tabella 9.9 – Combinazione di EEM proposta per lo scenario 1

VOCE INVESTIMENTO	TOTALE (IVA ESCLUSA)	IVA Al 22%	TOTALE (IVA INCLUSA)
	[€]	[€]	[€]
EEM2 Fornitura & Posa	50.995	11.220	62.215
EEM3 Fornitura & Posa	159.083	34.999	194.082
TOTALE (Ia)	210.078	46.219	256.297
VOCE INCENTIVO	DESCRIZIONE	TOTALE (IVA INCLUSA)	
		[€]	
Incentivi	[Conto termico]	19.508	
Durata incentivi		1	
Incentivo annuo		19.508	

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.

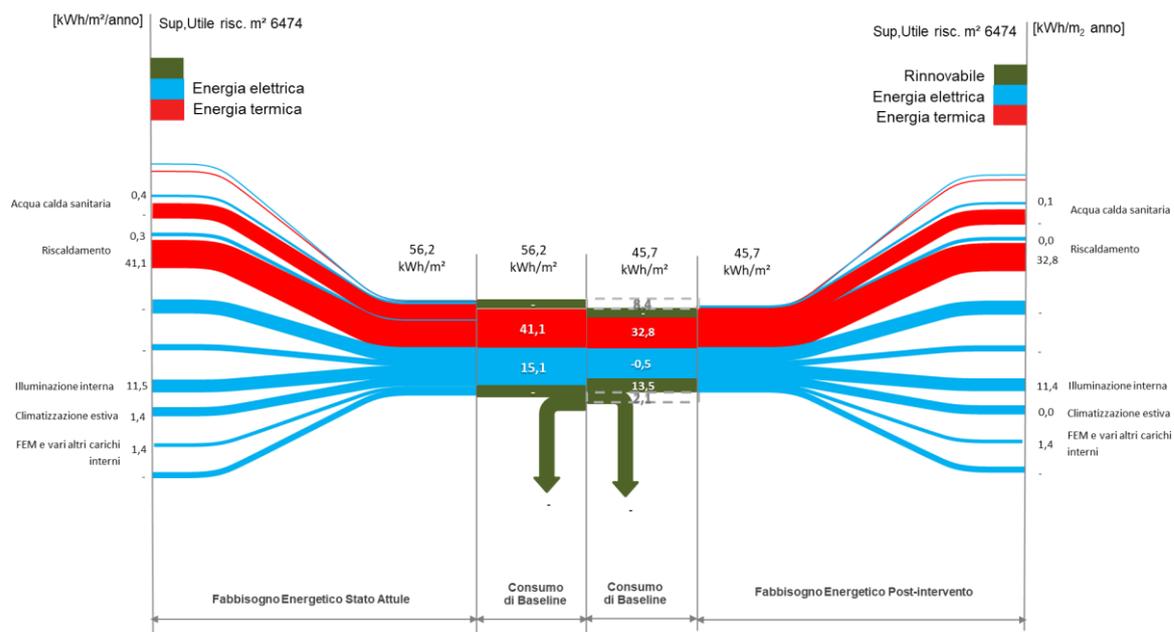
Figura 9.7 – SCN1: Diagramma di Sankey relativo al fabbisogno termico post intervento

Grafico con presenza di energia recuperata al sottosistema di generazione



Dall’analisi dei diagrammi di Sankey relativo al fabbisogno termico dell’edificio post intervento è possibile notare che il risparmio energetico è molto elevato.

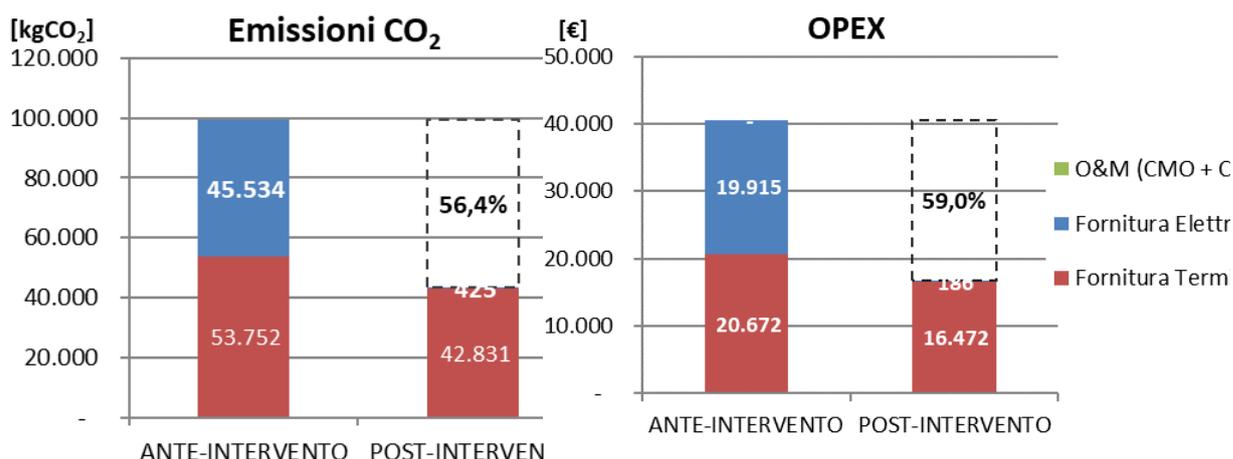
Figura 9.8 – SCN1: Bilancio energetico complessivo dell’edificio post intervento



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

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE %
EM1 Rendimento impianto termico	[%]	83,5	98	14,8%
EM3 Potenza impianto fotovoltaico	[kW]	0	80	100,0%
$Q_{teorico}$	[kWh]	279.456	222.679	20,3%
$EE_{teorico}$	[kWh]	102.002	952	99,1%
$Q_{baseline}$	[kWh]	266.100	212.036	20,3%
$EE_{baseline}$	[kWh]	97.502	910	99,1%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	53.752	42.831	20,3%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	45.534	425	99,1%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	99.286	43.256	56,4%
Fornitura Termica, C_Q	[€]	20.672	16.472	20,3%
Fornitura Elettrica, C_{EE}	[€]	19.915	186	99,1%
Fornitura Energia, C_E	[€]	40.587	16.658	59,0%
C_{MO}	[€]	-	-	-
C_{MS}	[€]	-	-	-
O&M ($C_{MO} + C_{MS}$)	[€]	-	-	-
OPEX	[€]	40.587	16.658	59,0%
Classe energetica	[-]	D	B	+2 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	10
Anni Equity	n_E	14
Costi d'Investimento diretti, IVA incl.	I_o	€ 256.217
Oneri Finanziari (costi indiretti)	%Of	3,00%
Costi d'Investimento indiretti, IVA incl.	Of	€ 7.687
Costi d'Investimento (diretti+Indiretti), IVA incl.	CAPEX	€ 263.904
%CAPEX a Debito	D	80,0%
%CAPEX a Equity	E	20,00%
Debito	I_D	€ 211.123
Equity	I_E	€ 52.781
Fattore di annualità Debito	FA _D	8,30
Rata annua debito	q_D	€ 25.431
Costo finanziamento, (D+INT _D)	$q_D * n_D$	€ 254.309

Costi per interessi debito, INT _D	$INT_D = q_D * n_D - D$	€	43.187
--	-------------------------	---	--------

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

PARAMETRI ECONOMICI			
Costo annuo energia pre-intervento, IVA escl.	C _{E0}	€	40.587
Costo annuo O&M pre-intervento, IVA escl.	C _{M0}	€	-
Spesa PA pre-intervento (Baseline)	C _{baseline}	€	40.587
Altri costi di gestione ESCo post-intervento, IVA escl.	C _{Altro}	€	-
Riduzione% costi fornitura Energia	%ΔC _E		59,0%
Riduzione% costi O&M	%ΔC _M		10,0%
Obiettivo riduzione spesa PA	%C _{baseline}		5,0%
Risparmio annuo PA garantito	45,6%	€	22.363
Risparmio annuo PA immediato durante la gestione	Risp.IM	€	2.029
Risparmio PA durante la concessione	14%	€	115.225
Risparmio annuo PA al termine della concessione	Risp.Term.	€	28.653
N° di Canoni annuali	anni		14
Utile lordo della ESCO	%CAPEX		16,40%
Costo Contrattuale ESCO €/anno IVA escl.	C _{ESCO}	€	3.092
Costi FTT €/anno IVA escl.	C _{FTT}	€	3.085
Costi CAPEX €/anno IVA escl.	C _{CAPEX}	€	14.157
Canone O&M €/anno	C _{nM}	€	-
Canone Energia €/anno	C _{nE}	€	18.224
Canone Servizi €/anno IVA escl.	C _{nS}	€	18.224
Canone Disponibilità €/anno IVA escl.	C _{nD}	€	20.334
Canone Totale €/anno IVA escl.	C _n	€	38.558
Aliquota IVA %	IVA		22%
Rimborso erariale IVA	R _{IVA}	€	46.203
Ricavi da Incentivi, esenti d'IVA	R _B	€	19.508
Durata Incentivi, anni	n _B		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.		10,52
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	T.R.A.		13,66
Valore Attuale Netto, VAN = VA - Io	VAN > 0	€	14.804
Tasso interno di rendimento del progetto	TIR > WACC		5,06%
Indice di Profitto	IP		5,78%
INDICATORI DI REDDITIVITA DELLA ESCO PRE-IMPOSTE			
Tempo di Ritorno Semplice, Spb = Io / FC, Anni	T.R.S.		5,02
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	T.R.A.		14,39
Valore Attuale Netto, VAN = VA - Io	VAN > 0	€	3.454
Tasso interno di rendimento dell'azionista	TIR > ke		10,65%
Debit Service Cover Ratio	DSCR < 1,3		1,062
Loan Life Cover Ratio	LLCR > 1		1,281
Indice di Profitto Azionista	IP		1,35%

Figura 9.10 –SCN1: Flussi di cassa del progetto



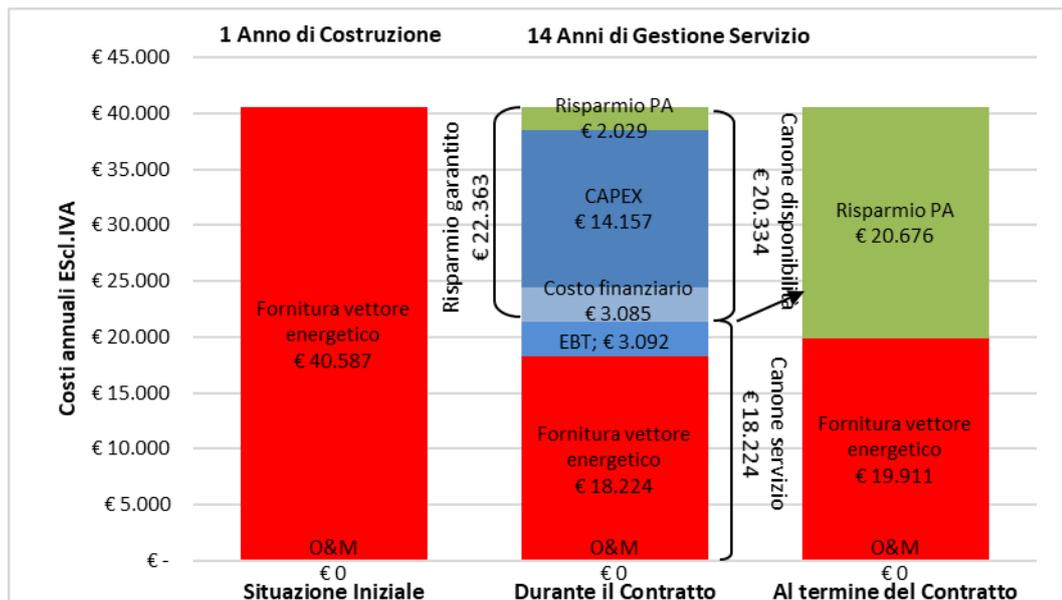
Figura 9.11 – SCN1: Flussi di cassa dell'azionista



Dall’analisi effettuata è emerso che l’intervento risulta conveniente nell’arco dei 15 anni con tempi di ritorno inferiori ai 10 anni. Al tempo stesso si è ottenuto un incremento di due classi energetiche per questa combinazione di interventi.

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:

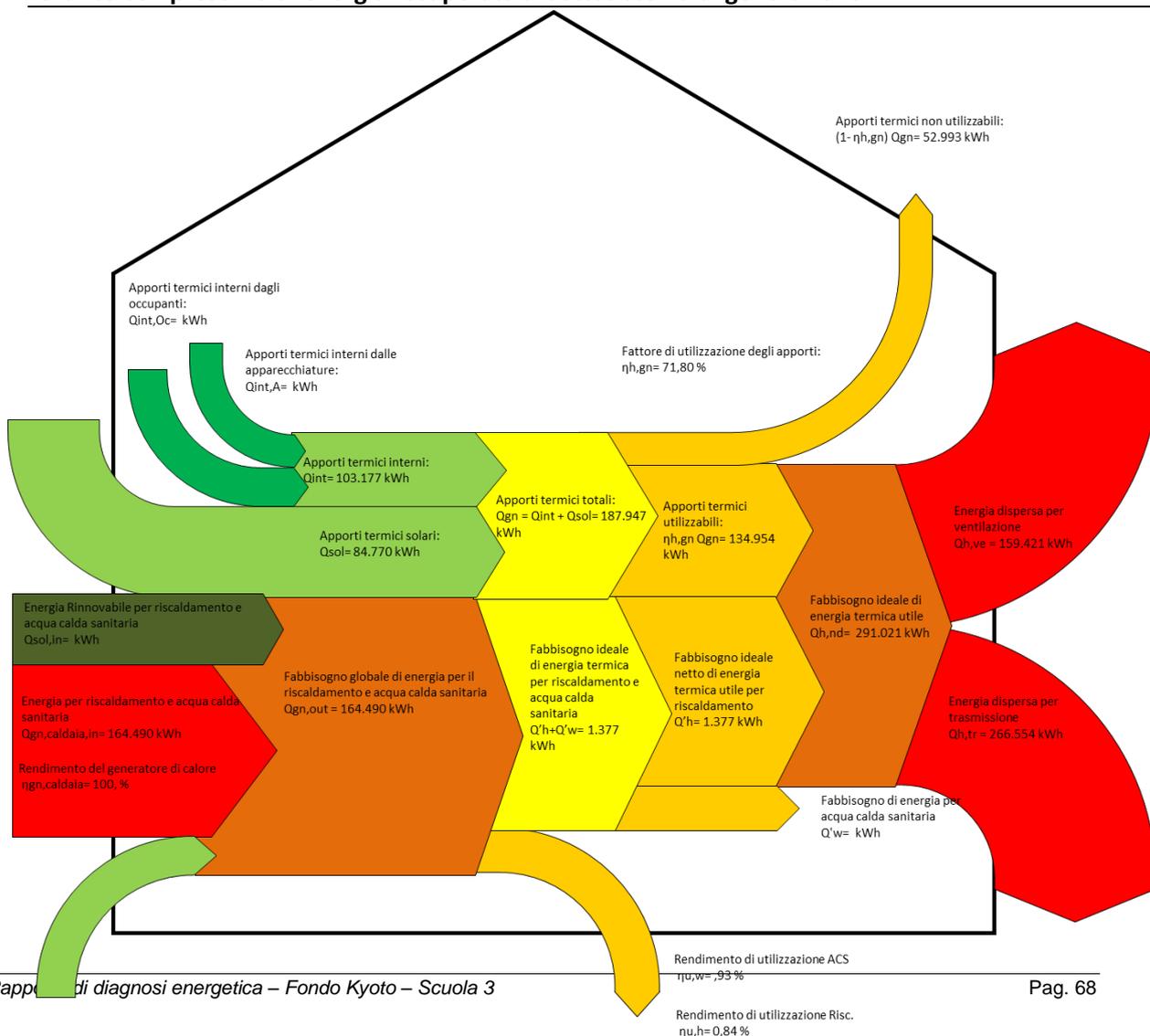
Tabella 9.14 – Combinazione di EEM proposta per lo scenario 1

VOCE INVESTIMENTO	TOTALE (IVA ESCLUSA) [€]	IVA Al 22% [€]	TOTALE (IVA INCLUSA) [€]
EEM1 Fornitura & Posa	213.944	47.068	261.012
EEM2 Fornitura & Posa	50.995	11.220	62.215
EEM3 Fornitura & Posa	159.083	34.999	194.082
TOTALE (Ia)	424.022	93.287	517.309
VOCE INCENTIVO	DESCRIZIONE	TOTALE (IVA INCLUSA) [€]	
Incentivi	[Conto termico]	131.228	
Durata incentivi		1	
Incentivo annuo		131.228	

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.

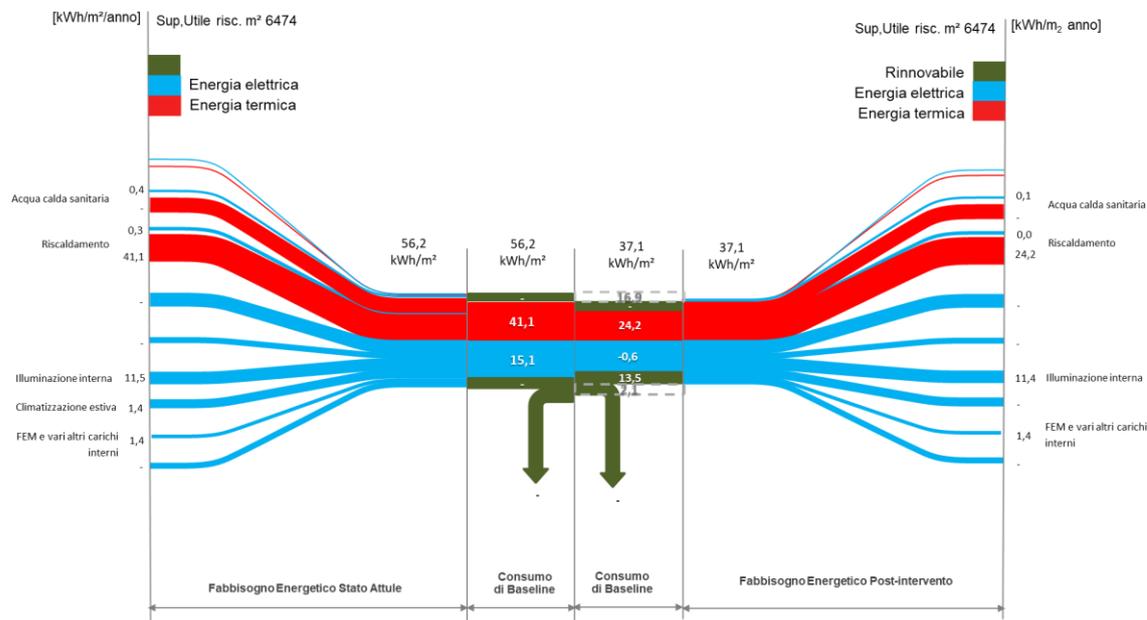
Figura 9.13 – SCN2: Diagramma di Sankey relativo al fabbisogno termico post intervento

Grafico con presenza di energia recuperata al sottosistema di generazione



Dall’analisi dei diagrammi di Sankey relativo al fabbisogno termico dell’edificio post intervento è possibile notare che il risparmio energetico è molto elevato.

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



I miglioramenti ottenibili tramite l’attuazione dello Scenario 1 sono riportati nella – Risultati analisi SCN2e nella Figura 9.15.

Tabella 9.15 – Risultati analisi SCN2

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE %
EM1 Trasmittanza parete verticale M1	[W/m²K]	1,04	0,245	76,4%
EM1 Trasmittanza parete verticale M2	[W/m²K]	1,25	0,255	79,6%
EM1 Trasmittanza parete verticale M3	[W/m²K]	1,14	0,25	78,1%
EM2 Rendimento impianto termico	[%]	83,5	98	14,8%
EM3 Potenza impianto fotovoltaico	[kW]	0	80	100,0%
Q _{teorico}	[kWh]	279.456	164.490	41,1%
EE _{teorico}	[kWh]	102.002	881	99,1%
Q _{baseline}	[kWh]	266.100	156.628	41,1%
EE _{Baseline}	[kWh]	97.502	842	99,1%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	53.752	31.639	41,1%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	45.534	393	99,1%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	99.286	32.032	67,7%
Fornitura Termica, C _Q	[€]	20.672	12.168	41,1%
Fornitura Elettrica, C _{EE}	[€]	19.915	172	99,1%
Fornitura Energia, C_E	[€]	40.587	12.340	69,6%
C _{MO}	[€]	-	-	-
C _{MS}	[€]	-	-	-
O&M (C _{MO} + C _{MS})	[€]	-	-	-
OPEX	[€]	40.587	12.340	69,6%

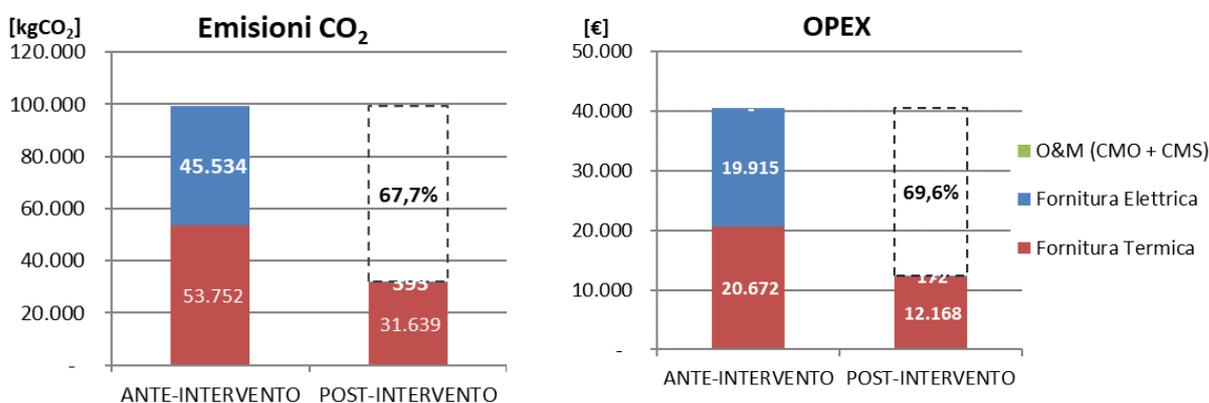
Classe energetica

[-]

D

A1

+3 classi

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

È stato quindi possibile presentare un modello semplificato di Piano Economico Finanziario (PEF) indicativo, i cui calcoli di dettaglio sono riportati all’Allegato L – Piano Economico Finanziario scenari. I risultati dell’analisi sono riportati nella Tabella 9.11, Tabella 9.12 e Tabella 9.13 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_0	2020
Anni dell’ammortamento	n_A	10
Saggio Cassa Deposito e Prestiti	k_{CdP}	2,00%
Costo Capitale Azienda	WACC	4,00%
$k_{progetto} = \text{Max}(WACC; k_{CdP})$	$k_{progetto}$	4,00%
Inflazione ISTAT	f	0,50%
deriva dell’inflazione	f'	0,70%
%, interessi debito	k_D	3,82%
%, interessi equity	k_E	9,00%
Aliquota IRES	IRES	24,0%
Aliquota IRAP	IRAP	3,9%
Aliquota fiscale	τ	27,90%
Anni debito (finanziamento)	n_D	10,2
Anni Equity	n_E	24
Costi d’Investimento diretti, IVA incl.	I_0	€ 517.309
Oneri Finanziari (costi indiretti)	%Of	3,00%
Costi d’Investimento indiretti, IVA incl.	Of	€ 15.519
Costi d’Investimento (diretti+Indiretti) , IVA incl.	CAPEX	€ 532.828
%CAPEX a Debito	D	80,0%
%CAPEX a Equity	E	20,00%
Debito	I_D	€ 426.263
Equity	I_E	€ 106.566
Fattore di annualità Debito	FA _D	8,44

Rata annua debito	q_D	€	50.519
Costo finanziamento, (D+INT _D)	$q_D * n_D$	€	515.292
Costi per interessi debito, INT _D	$INT_D = q_D * n_D - D$	€	89.030

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

PARAMETRI ECONOMICI			
Costo annuo energia pre-intervento, IVA escl.	C_{E0}	€	40.587
Costo annuo O&M pre-intervento, IVA escl.	C_{M0}	€	-
Spesa PA pre-intervento (Baseline)	$C_{Baseline}$	€	40.587
Altri costi di gestione ESCo post-intervento, IVA escl.	C_{Altro}	€	-
Riduzione% costi fornitura Energia	$\% \Delta C_E$		69,6%
Riduzione% costi O&M	$\% \Delta C_M$		10,0%
Obiettivo riduzione spesa PA	$\% C_{Baseline}$		5,0%
Risparmio annuo PA garantito	45,6%	€	26.209
Risparmio annuo PA immediato durante la gestione	Risp.IM	€	2.029
Risparmio PA durante la concessione	14%	€	273.074
Risparmio annuo PA al termine della concessione	Risp.Term.	€	38.096
N° di Canoni annuali	anni		24
Utile lordo della ESCO	%CAPEX		34,34%
Costo Contrattuale ESCO €/anno IVA escl.	C_{ESCO}	€	7.624
Costi FTT €/anno IVA escl.	C_{FTT}	€	3.710
Costi CAPEX €/anno IVA escl.	C_{CAPEX}	€	12.846
Canone O&M €/anno	C_{nM}	€	-
Canone Energia €/anno	C_{nE}	€	14.378
Canone Servizi €/anno IVA escl.	C_{nS}	€	14.378
Canone Disponibilità €/anno IVA escl.	C_{nD}	€	24.180
Canone Totale €/anno IVA escl.	C_n	€	38.558
Aliquota IVA %	IVA		22%
Rimborso erariale IVA	R_{IVA}	€	93.285
Ricavi da Incentivi, esenti d'IVA	R_B	€	131.228
Durata Incentivi, anni	n_B		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.		13,24
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	T.R.A.		19,62
Valore Attuale Netto, VAN = VA - Io	VAN > 0	€	51.695
Tasso interno di rendimento del progetto	TIR > WACC		5,41%
Indice di Profitto	IP		9,99%
INDICATORI DI REDDITIVITA DELLA ESCO PRE-IMPOSTE			
Tempo di Ritorno Semplice, Spb = Io / FC, Anni	T.R.S.		16,86
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	T.R.A.		23,42
Valore Attuale Netto, VAN = VA - Io	VAN > 0	€	3.075
Tasso interno di rendimento dell'azionista	TIR > ke		9,48%
Debit Service Cover Ratio	DSCR < 1,3		1,012
Loan Life Cover Ratio	LLCR > 1		2,804

Indice di Profitto Azionista

IP

0,59%

Figura 9.16 –SCN2: Flussi di cassa del progetto



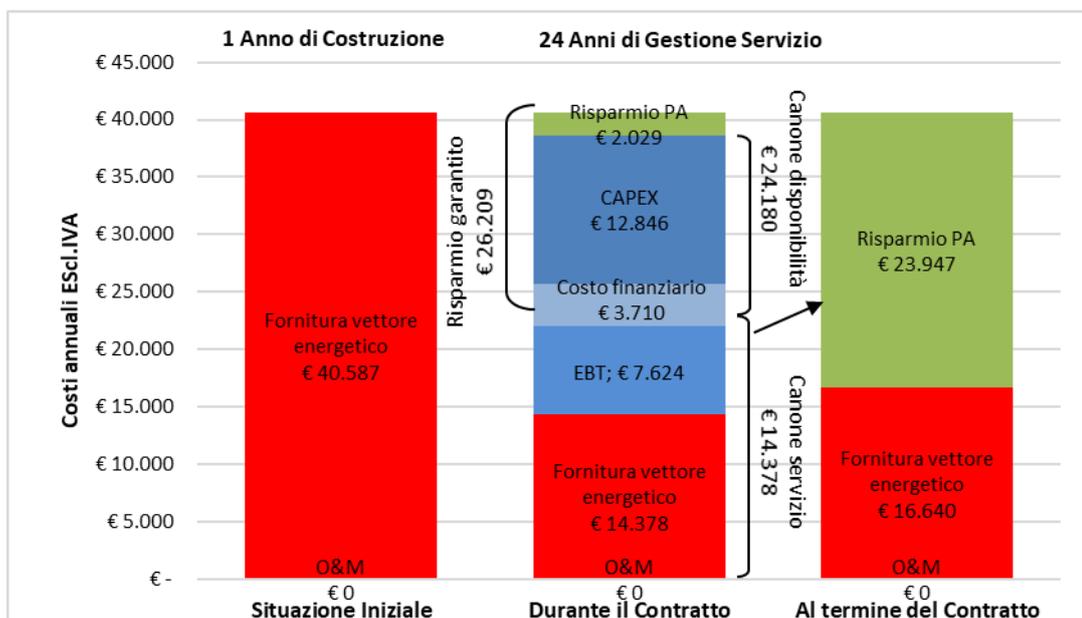
Figura 9.17 – SCN2: Flussi di cassa dell'azionista



Dall’analisi effettuata è emerso che l’intervento risulta conveniente nell’arco dei 25 anni. Questo scenario risulta quello in grado di garantire contemporaneamente un incremento di tre classi energetiche e tempi di ritorno conveniente al di sotto dei 20 anni.

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

La maggior parte dei consumi energetici del complesso scolastico è legata al termico, nonostante la componente elettrica rappresenti una quota importante a livello energetico.

L’involucro dell’edificio presenta caratteristiche insufficienti dal punto di vista termico, nonostante uno spessore elevato delle murature perimetrali. Si è valutato pertanto un intervento di isolamento dell’involucro mediante cappotto esterno di 14cm.

Si sono considerati anche interventi sull’impianto termico. In modo particolare si è valutata la possibilità di interventi sulla regolazione dei singoli ambienti che è risultata assente in sede di sopralluogo.

Anche l’impianto di generazione installato risulta datato e quindi si è ipotizzata una sostituzione di questo con una caldaia a condensazione di nuova generazione con rendimenti elevati.

Per il risparmio di energia elettrica si è valutata un’integrazione con solare fotovoltaico (80kW) in grado di ricoprire circa il 75% del fabbisogno elettrico.

INDICE DI PRESTAZIONE ENERGETICA		ENERGIA PRIMARIA NON RINNOVABILE	U.M.	ENERGIA PRIMARIA TOTALE	U.M.
Globale non rinnovabile	EP _{gl,nren}	178,78	kWh/mq anno	188,46	kWh/mq anno
Climatizzazione invernale	EP _H	139,47	kWh/mq anno	139,68	kWh/mq anno
Produzione di acqua calda sanitaria	EP _w	0,9	kWh/mq anno	1,11	kWh/mq anno
Ventilazione	EP _v	0,18	kWh/mq anno	0,22	kWh/mq anno
Raffrescamento	EP _c	2,85	kWh/mq anno	3,54	kWh/mq anno
Illuminazione artificiale	EP _L	35,38	kWh/mq anno	43,9	kWh/mq anno
Trasporto di persone e cose	EP _T	0	kWh/mq anno	0	kWh/mq anno
Emissioni equivalenti di CO ₂	CO _{2eq}		kg/mq anno	37,20	kg/mq anno

10.2 RIASSUNTO DEGLI SCENARI DI INVESTIMENTO E DEI PRINCIPALI RISULTATI

Si sono valutate le seguenti possibilità di intervento:

EEM1: Isolamento pareti verticali a cappotto

EEM2: Rifacimento impianto termico

EEM3: Installazione di impianto fotovoltaico

Gli interventi sull’involucro, seppur energeticamente convenienti, non risultano economicamente fattibili considerando gli attuali tassi di attualizzazione.

Gli interventi che coinvolgono l’impianto, invece, sono risultati convenienti sia dal punto di vista economico che dal quello energetico.

Al fine di ottenere migliori risultati, si è provato a creare due scenari che combinassero tra loro interventi e permettesse di ottenere un salto di classe energetica di almeno due classi.

Per lo scenario con tempo di ritorno minore di 15 anni si è valutato una combinazione della soluzione 2 con la soluzione 3.

Per lo scenario con tempo di ritorno minore di 25 anni si è valutato una combinazione di tutte e tre le soluzioni di intervento proposte.

Lo SCN1 risulta maggiormente conveniente ma comporta risparmi energetici inferiori rispetto allo SCN2, che consente un salto energetico di addirittura 3 classi (da classe D, a classe A1).

CON INCENTIVI										
%Δ _E	%Δ _{CO₂}	ΔC _E	ΔC _{MO}	ΔC _{MS}	I ₀	TRS	TRA	VAN	TIR	IP
[%]	[%]	[€/anno]	[€/anno]	[€/anno]	[€]	[anni]	[anni]	[€]	[%]	[-]

EEM 1	15,16%	11,21%	4279,16	-	-	261.012	28,48	37,82	55.583,2	0%	0,21
EEM 2	15,52%	11,48%	4382,52	-	-	62.215	8,86	11,76	17.598,5	8%	0,28
EEM 3	22,66%	38,75%	16828,05	-	-	194.082	11,21	15,32	34.233,8	6%	0,18
SCN1	41,43%	56%	23929,0	-	-	256.217	10,52	13,66	14.803,8	5%	0,06
SCN2	56,69%	68%	28247,3	-	-	517.309	13,24	19,62	51.694,9	5%	0,10

10.3 CONCLUSIONI E COMMENTI

Dall’analisi effettuata è emerso che l’insieme di interventi risulta conveniente dal punto di vista economico. Entrambi gli scenari consentono di ottenere un considerevole incremento delle prestazioni energetiche. Interventi sull’impianto termico risultano particolarmente efficaci in quanto sono risultati essere aspetti critici della struttura in esame. Interventi sull’involucro risultano, invece, meno vantaggiosi economicamente, ma comunque assai positivi in termini di risparmio energetico ed abbattimento delle emissioni di agenti atmosferici inquinanti come la CO₂.

L’installazione di fonti rinnovabili, come per esempio pannelli fotovoltaici, è un’opzione assai valida per ottenere ottimi vantaggi dal punto di vista del risparmio energetico.

ALLEGATO A – ELENCO DOCUMENTAZIONE FORNITA DALLA COMMITTENZA

Titolo	Data	Nome file
Tavola di inquadramento complesso/edificio	18/09/1997	DE_Lotto.8-E287_revA-AllegatoA-E00287.dwg
Tavola piano edificio scolastico/sociale piano terra	18/09/1997	DE_Lotto.8-E287_revA-AllegatoA-PIANT.dwg
Tavola piano edificio scolastico/sociale primo piano	18/09/1997	DE_Lotto.8-E287_revA-AllegatoA-PIAN1.dwg
Tavola piano edificio scolastico/sociale secondo piano	18/09/1997	DE_Lotto.8-E287_revA-AllegatoA-PIAN2.dwg
Tavola piano edificio scolastico/sociale terzo piano	18/09/1997	DE_Lotto.8-E287_revA-AllegatoA-PIAN3.dwg
Tavola piano edificio scolastico/sociale quarto piano	18/09/1997	DE_Lotto.8-E287_revA-AllegatoA-PIAN4.dwg
Tavola piano edificio scolastico/sociale quinto piano	18/09/1997	DE_Lotto.8-E287_revA-AllegatoA-PIAN5.dwg
Tavola piano edificio scolastico/sociale sesto piano	18/09/1997	DE_Lotto.8-E287_revA-AllegatoA-PIAN6.dwg
Tavola piano edificio scolastico/sociale settimo piano	18/09/1997	DE_Lotto.8-E287_revA-AllegatoA-PIAN7.dwg
Tavola piano edificio scolastico/sociale quinto copertura	18/09/1997	DE_Lotto.8-E287_revA-AllegatoA-PIANC.dwg
Consumi EE 2014	11/05/2018	DE_Lotto.8-E287_revA-AllegatoA-2014_1261.pdf
Consumi EE 2014-2015 EDISON	05/06/2018	DE_Lotto.8-E287_revA-AllegatoA-2014_2015 EDISON.xlsx
Consumi EE 2015-2016 EDISON	11/05/2018	DE_Lotto.8-E287_revA-AllegatoA-2015_2016 EDISON.xlsx
Consumi EE 2016	11/05/2018	DE_Lotto.8-E287_revA-AllegatoA-2016-06-01_E000279589.pdf
Consumi EE 2016	11/05/2018	DE_Lotto.8-E287_revA-AllegatoA-2016-06-16_E000311292.pdf
Consumi EE 2016	11/05/2018	DE_Lotto.8-E287_revA-AllegatoA-2016-07-03_E000361920.pdf
Consumi EE 2016	11/05/2018	DE_Lotto.8-E287_revA-AllegatoA-2016-08-01_E000394366.pdf
Consumi EE 2016	11/05/2018	DE_Lotto.8-E287_revA-AllegatoA-2016-10-01_E000463602.pdf
Consumi EE 2015-2016 GALA	11/05/2018	DE_Lotto.8-E287_revA-AllegatoA-GALA_2015_2016.xlsx
Consumi EE 2016 IREN	01/06/2018	DE_Lotto.8-E287_revA-AllegatoA-IREN_2016.xlsx

ALLEGATO B – ELABORATI

Titolo	Descrizione	Data	Nome file
Contesto geografico e urbano	Contesto geografico e urbano	Giugno 2018	DE_Lotto.8-E287_revA-AllegatoB-Contesto urbano.pdf
Impianto elettrico – piano terra	Planimetria con indicazione quadri elettrici	Giugno 2018	DE_Lotto.8-E287_revA-AllegatoB-IE_PT.pdf
Impianto elettrico – piano primo	Planimetria con indicazione quadri elettrici	Giugno 2018	DE_Lotto.8-E287_revA-AllegatoB-IE_P1.pdf
Impianto elettrico – piano secondo	Planimetria con indicazione quadri elettrici	Giugno 2018	DE_Lotto.8-E287_revA-AllegatoB-IE_P2.pdf
Impianto elettrico – piano terzo	Planimetria con indicazione quadri elettrici	Giugno 2018	DE_Lotto.8-E287_revA-AllegatoB-IE_P3.pdf
Impianto elettrico – piano quarto	Planimetria con indicazione quadri elettrici	Giugno 2018	DE_Lotto.8-E287_revA-AllegatoB-IE_P4.pdf
Impianto elettrico – piano quinto	Planimetria con indicazione quadri elettrici	Giugno 2018	DE_Lotto.8-E287_revA-AllegatoB-IE_P5.pdf
Impianto elettrico – schema a blocchi quadri elettrici	Schema a blocchi sintetico relativo ai quadri elettrici presenti	Giugno 2018	DE_Lotto.8-E287_revA-AllegatoB-SCHEMA BLOCCHI QE_REV00.pdf
Impianti termici – piano terra	Planimetria con indicazione componenti impianti meccanici	Giugno 2018	DE_Lotto.8-E287_revA-AllegatoB-IM_PT.pdf
Impianti termici – piano primo	Planimetria con indicazione componenti impianti meccanici	Giugno 2018	DE_Lotto.8-E287_revA-AllegatoB-IM_P1.pdf
Impianti termici – piano secondo	Planimetria con indicazione componenti impianti meccanici	Giugno 2018	DE_Lotto.8-E287_revA-AllegatoB-IM_P2.pdf
Impianti termici – piano terzo	Planimetria con indicazione componenti impianti meccanici	Giugno 2018	DE_Lotto.8-E287_revA-AllegatoB-IM_P3.pdf
Impianti termici – piano quarto	Planimetria con indicazione componenti impianti meccanici	Giugno 2018	DE_Lotto.8-E287_revA-AllegatoB-IM_P4.pdf
Impianti termici – piano quinto	Planimetria con indicazione componenti impianti meccanici	Giugno 2018	DE_Lotto.8-E287_revA-AllegatoB-IM_P5.pdf
Involucro edilizio-piano terra	Planimetria	Giugno 2018	DE_Lotto.8-E287_revA-AllegatoB-Planimetria PT.pdf
Involucro edilizio-piano primo	Planimetria	Giugno 2018	DE_Lotto.8-E287_revA-AllegatoB-Planimetria P1.pdf
Involucro edilizio-piano secondo	Planimetria	Giugno 2018	DE_Lotto.8-E287_revA-AllegatoB-Planimetria P2.pdf
Involucro edilizio-piano terzo	Planimetria	Giugno 2018	DE_Lotto.8-E287_revA-AllegatoB-Planimetria P3.pdf
Involucro edilizio-piano quarto	Planimetria	Giugno 2018	DE_Lotto.8-E287_revA-AllegatoB-Planimetria P4.pdf
Involucro edilizio-piano quinto	Planimetria	Giugno 2018	DE_Lotto.8-E287_revA-AllegatoB-Planimetria P5.pdf
Involucro edilizio-piano sesto	Planimetria	Giugno 2018	DE_Lotto.8-E287_revA-AllegatoB-Planimetria P6.pdf
Involucro edilizio- prospetti	Prospetto sud	Giugno 2018	DE_Lotto.8-E287_revA-AllegatoB-prospetto sud.pdf
Involucro edilizio- prospetti	Prospetto nord	Giugno 2018	DE_Lotto.8-E287_revA-AllegatoB-prospetto nord.pdf
Involucro edilizio- prospetti	Prospetto ovest	Giugno 2018	DE_Lotto.8-E287_revA-AllegatoB-prospetto ovest.pdf
Involucro edilizio- prospetti	Prospetto est	Giugno 2018	DE_Lotto.8-E287_revA-AllegatoB-prospetto est.pdf
Involucro edilizio-sezione	Sezione	Giugno 2018	DE_Lotto.8-E287_revA-AllegatoB-sezione.pdf
Zone termiche – piano terra	Identificazione zone termiche e stratigrafie	Giugno 2018	DE_Lotto.8-E287_revA-AllegatoB-ZT_PT.pdf
Zone termiche – piano primo	Identificazione zone termiche e stratigrafie	Giugno 2018	DE_Lotto.8-E287_revA-AllegatoB-ZT_P1.pdf
Zone termiche – piano secondo	Identificazione zone termiche e stratigrafie	Giugno 2018	DE_Lotto.8-E287_revA-AllegatoB-ZT_P2.pdf
Zone termiche – piano terzo	Identificazione zone termiche e stratigrafie	Giugno 2018	DE_Lotto.8-E287_revA-AllegatoB-ZT_P3.pdf
Zone termiche – piano quarto	Identificazione zone termiche e stratigrafie	Giugno 2018	DE_Lotto.8-E287_revA-AllegatoB-ZT_P4.pdf

*E287 – Liceo classico A. D’Oria – Scuola Media D’Oria Pascoli*

Zone termiche – piano quinto	Identificazione zone termiche e stratigrafie	Giugno 2018	DE_Lotto.8-E287_revA-AllegatoB-ZT_P5.pdf
Zone termiche – piano secondo – piano terzo	Identificazione zone termiche e stratigrafie	Giugno 2018	DE_Lotto.8-E287_revA-AllegatoB-zone termiche P2.pdf
Zone termiche – piano quarto – piano quinto	Identificazione zone termiche e stratigrafie	Giugno 2018	DE_Lotto.8-E287_revA-AllegatoB-zone termiche P3.pdf

ALLEGATO C – REPORT DI INDAGINE TERMOGRAFICA

Titolo	Data	Nome file
REPORT DI INDAGINE TERMOGRAFICA SECONDO UNI EN 13187:2000	Giugno 2018	DE_Lotto.8-E287_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
1	Relazione di calcolo	Giugno 2018	DE_Lotto.8-E287_revA-AllegatoC-Relazione calcolo Edilclima.pdf

ALLEGATO F – CERTIFICATO CTI SOFTWARE

Titolo	Data	Nome file
CERTIFICATO N. 73 di garanzia di conformità	15/03/2017	DE_Lotto.8-E287_revA-AllegatoF-CertCTI.pdf

ALLEGATO G – ATTESTATO DI PRESTAZIONE ENERGETICA

Titolo	Data	Nome file
Attestato di prestazione energetica degli edifici	10/06/2018	DE_Lotto.8-E287_revA-AllegatoG-21937_2018_8025.pdf

ALLEGATO H – BOZZA DI APE SCENARI

Titolo	Data	Nome file
Attestato di prestazione energetica degli edifici -SCN1	10/06/2018	DE_Lotto.8-E287_revA-AllegatoH-21937_2018_8025.pdf
Attestato di prestazione energetica degli edifici – SCN2	10/06/2018	DE_Lotto.8-E287_revA-AllegatoH-21937_2018_8025.pdf

ALLEGATO I – DATI CLIMATICI

Titolo	Data	Nome file
Analisi gradi giorno	Giugno 2018	DE_Lotto.8-E287_revA-AllegatoI-GG.xlsx

ALLEGATO J – SCHEDE DI AUDIT

Titolo	Data	Nome file
SCHEDA DI CHECK-LIST DIAGNOSI ENERGETICA DI II LIVELLO	Maggio 2018	DE_Lotto.8-E287_revA-AllegatoJ-Scheda Audit.pdf

ALLEGATO K – SCHEDE ORE

Titolo	Data	Nome file
ORE A 2.5	Giugno 2018	DE_Lotto.8-E287_revA-AllegatoK-ORE_INVOLUCRO_TO BE LEAN_A2.5.pdf
ORE R.1	Giugno 2018	DE_Lotto.8-E287_revA-AllegatoK-ORE_IMPIANTI_TO BE GREEN_R1.pdf
ORE H.2	Giugno 2018	DE_Lotto.8-E287_revA-AllegatoK-TO BE CLEAN_H2.pdf
ORE H.16	Giugno 2018	DE_Lotto.8-E287_revA-AllegatoK-TO BE LEAN_IMPIANTO_H16.pdf

ALLEGATO L – PIANO ECONOMICO FINANZIARIO SCENARI

Titolo	Data	Nome file
PIANO ECONOMICO FINANZIARIO - SCENARI	Giugno 2018	DE_Lotto.8-E287_revB-AllegatoL-AnalisiPEF_rev06.xls

ALLEGATO M – REPORT DI BENCHMARK

Titolo	Data	Nome file
Report Benchmark	26/07/2018	DE_Lotto.8-E287_revB-AllegatoM-Benchmark.xlsx



ALLEGATO N – CD-ROM