

SCUOLA ELEMENTARE E MEDIA "MAZZA" E1685

VIA NAPOLI, 60 - GENOVA

RAPPORTO DI DIAGNOSI ENERGETICA
FONDO KYOTO - SCUOLA 3



Agosto 2018

COMUNE DI GENOVA
STRUTTURA DI STAFF - ENERGY MANAGER



COMUNE DI GENOVA

N:ER
INGEGNERIA

SCUOLA ELEMENTARE E MEDIA “MAZZA” E1685

VIA NAPOLI, 60 - GENOVA

RAPPORTO DI DIAGNOSI ENERGETICA

FONDO KYOTO - SCUOLA 3

Agosto 2018

COMUNE DI GENOVA

STRUTTURA DI STAFF - ENERGY MANAGER

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

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

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

NIER INGEGNERIA S.p.A.

Via Clodoveo Bonazzi 2

40013 – Castel Maggiore – Bologna

051/0391000

REGISTRO REVISIONI E PUBBLICAZIONI

Revisione	Data	Realizzazione	Revisione	Approvazione	Descrizione
A	27/04/2018	Ing. G. De Pin	Ing. S. Nicolini Ing. A. Aprea	Ing. F. Coccia	Prima emissione del documento di diagnosi energetica
B	03/08/2018	Ing. G. De Pin	Ing. S. Nicolini Ing. A. Aprea	Ing. F. Coccia	Seconda emissione del documento di diagnosi energetica

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

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

INDICE

PAGINA

REGISTRO REVISIONI E PUBBLICAZIONI	3
INDICE.....	I
EXECUTIVE SUMMARY	I
1 INTRODUZIONE	1
1.1 PREMessa	1
1.2 SCOPO DELLA DIAGNOSI ENERGETICA	1
1.3 RIFERIMENTO E CONTATTI AUDITOR E PERSONALE COINVOLTO.....	1
1.4 IDENTIFICAZIONE DELL’EDIFICIO.....	2
1.5 METODOLOGIA DI LAVORO	3
1.6 STRUTTURA DEL REPORT	6
2 DATI DELL’EDIFICIO.....	7
2.1 INFORMAZIONI SUL SITO	7
2.2 INQUADRAMENTO TERRITORIALE, SOCIO-ECONOMICO E DESTINAZIONE D’USO	7
2.3 VERIFICA DEI VINCOLI INTERFERENTI SULLE PARTI DELL’IMMOBILE INTERESSATE DAGLI INTERVENTI.....	8
2.4 MODALITÀ DI GESTIONE E MANUTENZIONE DI EDIFICI ED IMPIANTO.....	10
3 DATI CLIMATICI	12
3.1 DATI CLIMATICI DI RIFERIMENTO.....	12
3.2 DATI CLIMATICI REALI.....	13
3.3 ANALISI DELL’ANDAMENTO DEI DATI CLIMATICI E PROFILI ANNUALI DEI GRADI GIORNO	13
4 AUDIT EDIFICIO E IMPIANTI ELETTRICI E MECCANICI	15
4.1 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE DELL’INVOLUCRO EDILIZIO	15
4.1.1 <i>Involucro opaco</i>	15
4.1.2 <i>Involucro trasparente</i>	17
4.2 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO DI RISCALDAMENTO/ CLIMATIZZAZIONE INVERNALE.....	18
4.2.1 <i>Sottosistema di emissione</i>	18
4.2.2 <i>Sottosistema di regolazione</i>	19
4.2.3 <i>Sottosistema di distribuzione</i>	20
4.2.4 <i>Sottosistema di generazione</i>	21
4.3 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO PRODUZIONE ACQUA CALDA SANITARIA	23
4.4 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO DI RAFFRESCAMENTO/CLIMATIZZAZIONE ESTIVA	23
4.5 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO DI VENTILAZIONE MECCANICA	23
4.6 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO ELETTRICO E PRINCIPALI UTENZE ELETTRICHE	23
4.7 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO ILLUMINAZIONE	24
4.8 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE DI IMPIANTI DI PRODUZIONE ENERGIA ELETTRICA O COGENERAZIONE	25
5 CONSUMI RILEVATI	26
5.1 CONSUMI ENERGETICI STORICI PER CIASCUN VETTORE E CONNESSIONE ALLE RETI GAS NATURALE ED ELETTRICA.....	26
5.1.1 <i>Energia termica</i>	26
5.1.2 <i>Energia elettrica</i>	29
5.2 INDICATORI DI PERFORMANCE ENERGETICI ED AMBIENTALI	33
6 MODELLO DEL FABBISOGNO ENERGETICO.....	37
6.1 METODOLOGIA DI CALCOLO ADOTTATA E VALIDAZIONE DEI MODELLI DI CALCOLO	37
6.1.1 <i>Validazione del modello termico</i>	38
6.1.2 <i>Validazione del modello elettrico</i>	39
6.2 FABBISOGNI ENERGETICI.....	40
6.3 PROFILI ENERGETICI MENSILI.....	41
7 ANALISI DEI COSTI PRE-INTREVENTO	43
7.1 COSTI RELATIVI ALLA FORNITURA DEI VETTORI ENERGETICI	43



7.1.1	Vettore termico.....	43
7.1.2	Vettore elettrico.....	45
7.2	TARIFFE E PREZZI VETTORI ENERGETICI UTILIZZATI NELL'ANALISI.....	48
7.3	COSTI DI GESTIONE E MANUTENZIONE DI EDIFICIO ED IMPIANTI.....	49
7.4	BASELINE DEI COSTI.....	50
8	IDENTIFICAZIONE DELLE MISURE DI EFFICIENZA ENERGETICA	52
8.1	DESCRIZIONE, FATTIBILITÀ E PRESTAZIONI DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI	52
8.1.1	<i>Involucro edilizio</i>	52
	EEM1: COIBENTAZIONE ESTERNA PARETI VERTICALI	52
	EEM2: COIBENTAZIONE ESTERNA COPERTURA	54
8.1.2	<i>Impianto riscaldamento</i>	56
	EEM3: INSTALLAZIONE VALVOLE TERMOSTATICHE ED ELETTROPOMPA DI CIRCOLAZIONE A GIRI VARIABILI	56
8.1.3	<i>Impianto produzione acqua calda sanitaria</i>	58
8.1.4	<i>Impianto di ventilazione e climatizzazione estiva</i>	58
8.1.5	<i>Impianto di illuminazione ed impianto elettrico</i>	58
	EEM4: SOSTITUZIONE CORPI ILLUMINANTI INTERNI	58
8.1.6	<i>Impianto di generazione da fonti rinnovabili</i>	60
9	VALUTAZIONE ECONOMICO-FINANZIARIA.....	61
9.1	ANALISI DEI COSTI DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI CONSIDERATI FATTIBILI.....	61
	EEM1: COIBENTAZIONE ESTERNA PARETI VERTICALI	61
	EEM2: COIBENTAZIONE ESTERNA COPERTURA	61
	EEM3: INSTALLAZIONE VALVOLE TERMOSTATICHE ED ELETTROPOMPA DI CIRCOLAZIONE A GIRI VARIABILI	62
	EEM4: SOSTITUZIONE CORPI ILLUMINANTI INTERNI	63
9.2	ANALISI DI CONVENIENZA DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI CONSIDERATI FATTIBILI.....	64
	EEM1: COIBENTAZIONE ESTERNA PARETI VERTICALI	66
	EEM2: COIBENTAZIONE ESTERNA COPERTURA	66
	EEM3: INSTALLAZIONE VALVOLE TERMOSTATICHE ED ELETTROPOMPA DI CIRCOLAZIONE A GIRI VARIABILI	67
	EEM4: SOSTITUZIONE CORPI ILLUMINANTI INTERNI	68
	SINTESI	69
9.3	IDENTIFICAZIONE DELLE SOLUZIONI INTEGRATE D'INTERVENTO E SCENARI D'INVESTIMENTO.....	70
9.3.1	<i>Scenario 1: EEM3+EEM4</i>	72
9.3.2	<i>Scenario 2: EEM1+EEM3+EEM4</i>	77
10	CONCLUSIONI	84
10.1	RIASSUNTO DEGLI INDICI DI PERFORMANCE ENERGETICA	84
10.2	RIASSUNTO DEGLI SCENARI DI INVESTIMENTO E DEI PRINCIPALI RISULTATI	85
10.3	RACCOMANDAZIONI	86
10.4	CONCLUSIONI E COMMENTI.....	89
	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		1964
Anno di ristrutturazione		2004
Zona climatica		D
Destinazione d'uso		E.7: Edifici adibiti ad attività scolastiche a tutti i livelli ed assimilabili. E.6 (2): Edifici adibiti ad attività sportive: palestre e assimilabili.
Superficie utile riscaldata	[m ²]	2.740
Superficie disperdente (S)	[m ²]	4.787
Volume lordo riscaldato (V)	[m ³]	12.538
Rapporto S/V	[1/m]	0,38
Superficie lorda aree interne (scaldate e non scaldate)	[m ²]	3.448
Superficie lorda aree esterne	[m ²]	2.560
Superficie lorda complessiva (aree interne ed esterne)	[m ²]	6.008
Tipologia generatore riscaldamento		Caldaia a basamento tradizionale
Potenza totale impianto riscaldamento	[kW]	315,8
Potenza totale impianto raffrescamento	[kW]	-
Tipo di combustibile		Gas naturale
Tipologia generatore Acqua Calda sanitaria (ACS)		Boiler elettrici ad accumulo
Emissioni CO2 di riferimento ⁽¹⁾	[t/anno]	63,552
Consumo di riferimento Gas Metano ⁽¹⁾	[kWh _{th} /anno]	249.264
Spesa annuale Gas Metano ⁽¹⁾	[€/anno]	19.393
Consumo di riferimento energia elettrica ⁽¹⁾	[kWh _{el} /anno]	28.266
Spesa annuale energia elettrica ⁽¹⁾	[€/anno]	7.173

Nota (1): Valori di Baseline

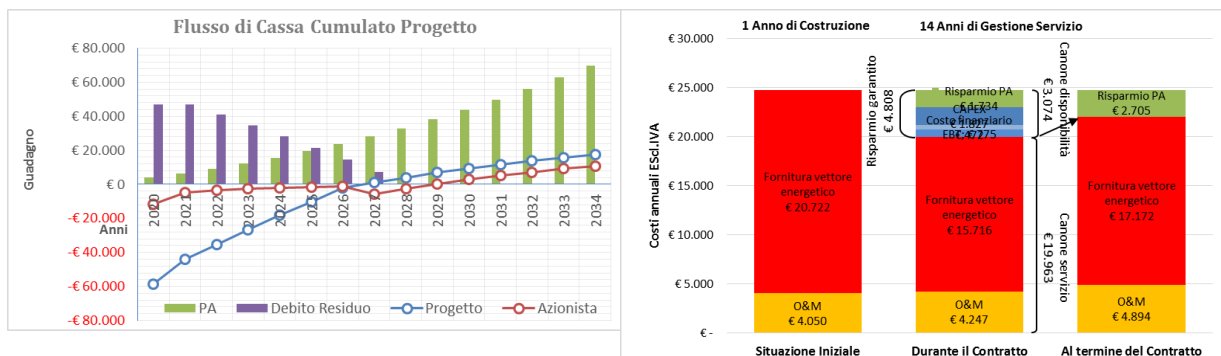
Descrizione delle Misure di efficienza energetica proposte:

- EEM 1: Coibentazione esterna pareti verticali
- EEM 2: Coibentazione esterna copertura
- EEM 3: Installazione valvole termostatiche e elettropompa di circolazione a giri variabili
- EEM 4: Sostituzione corpi illuminanti
- SCN 1: EEM3+EEM4
- SCN 2: EEM1+EEM3+EEM4

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

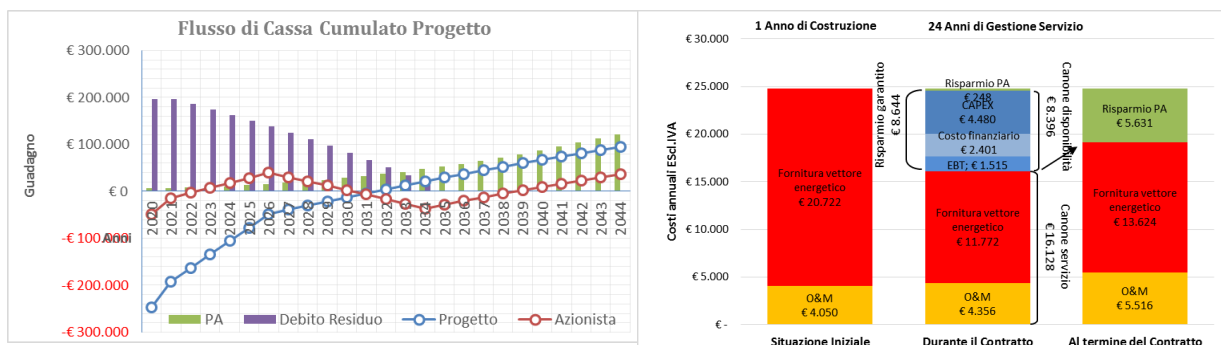
	CON INCENTIVI													
	%Δ _E [%]	%Δ _{CO2} [%]	ΔC _E [€/anno]	ΔC _{MO} [€/anno]	ΔC _{MS} [€/anno]	I ₀ [€]	TRS [anni]	TRA [anni]	n [anni]	VAN [€]	TIR [%]	IP [-]	DSCR	LLCR
EEM1	29,3%	26,0%	6.411	0	0	182.221	14,6	24,8	30	11.498	4,8%	0,06	nd	nd
EEM2	5,0%	4,5%	1.095	0	0	57.992	24,9	37,3	30	-11.657	1,0%	-0,20	nd	nd
EEM3	25,8%	23,0%	5.673	-41	-33	14.061	2,2	2,3	15	45.596	42,9%	3,24	nd	nd
EEM4	3,5%	7,2%	2.493	0	22	42.812	8,9	12,8	15	1.948	4,9%	0,05	nd	nd
SCN1	29,4%	30,2%	8.167	-41	-11	56.873	7,67	11,23	15	4.627	5,82%	0,08	1,05	1,32
SCN2	54,3%	52,4%	13.615	-41	-11	239.094	12,42	21,49	25	9.645	4,63%	0,04	1,06	0,99

Figura 0.1 – Scenario 1: analisi finanziaria



Nota. Con riferimento alla barra centrale (Durante il contratto) si riportano i valori non leggibili: Risparmio PA: 1734 €; CAPEX: 1827 €; Costo finanziario: 472 €; EBT: 775 €;

Figura 0.2 – Scenario 2: analisi finanziaria



L'edificio oggetto di diagnosi presenta uno stato di fatto, al momento del sopralluogo avvenuto a dicembre 2017, in discrete condizioni, almeno per quanto riguarda le aree utilizzate della struttura. Dall'intervista eseguita agli occupanti della struttura non sono emerse particolari criticità relative all'impianto termico o all'involucro edilizio.

La struttura risale agli anni Sessanta del secolo scorso e si può notare come abbia subito nel corso degli anni varie ristrutturazioni edilizie, fra cui la sostituzione dei serramenti dei piani dal primo al quinto nel 2004.

Dopo aver eseguito l'analisi dei consumi e la modellazione energetica, si sono definiti i possibili interventi di efficientamento energetico ed i possibili scenari con tempi di ritorno a 15 e 25 anni.

E' stato possibile individuare un ridotto numero di interventi volti a ridurre il fabbisogno di energia avendo l'edificio ampi margini di miglioramento, nonostante non tutte le misure proposte siano economicamente vantaggiose se prese singolarmente e considerando i prezzi assunti per la valutazione.

Nello SCN 1 si ha la realizzazione di una riqualificazione energetica parziale che tuttavia non permetterebbe un salto di classe energetica all'edificio. Il VAN a 15 anni risulta positivo sia per il progetto che per la ESCo, rendendo allettante l'investimento finanziario per la realizzazione degli interventi. Anche nello SCN 2 il VAN a 25 anni è positivo per entrambi, nonostante l'importante investimento iniziale derivante dal cappotto esterno, che apporta un grosso beneficio in termini energetici e innalza di ben 2 classi la prestazioni energetiche della struttura; le misure garantiscono la convenienza dal punto di vista finanziario.

Un'ulteriore simulazione è stata effettuata considerando tutte e quattro le misure di efficienza proposte. I risultati non sono positivi come quelli ottenuti per lo SCN2, tuttavia si ottiene un VAN di progetto negativo pari a circa l'1% dell'investimento iniziale, con gli altri parametri finanziari nella norma. Nella soluzione, rispetto allo SCN2, viene aggiunta la coibentazione della copertura la quale

potrebbe essere effettuata durante i lavori di ristrutturazione del solaio danneggiato, portando ad un risparmio nell'esecuzione dei lavori facendo corrispondere per uno stesso cantiere due opere edilizie (consolidamento e coibentazione).

Si aggiunge a tali considerazioni anche la necessità di intervenire sulla regolazione dell'impianto, in particolare sulla programmazione dell'accensione della caldaia, in quanto risulta essere funzionante anche la domenica. Tale accorgimento ha un costo di intervento praticamente nullo ma può apportare degli effettivi risparmi di gas naturale per la climatizzazione invernale.

1 INTRODUZIONE

1.1 PREMESSA

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

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

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

Figura 1.1 - Vista dell'ingresso esposto a Nord



1.2 SCOPO DELLA DIAGNOSI ENERGETICA

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

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

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

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

1.3 RIFERIMENTO E CONTATTI AUDITOR E PERSONALE COINVOLTO

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

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

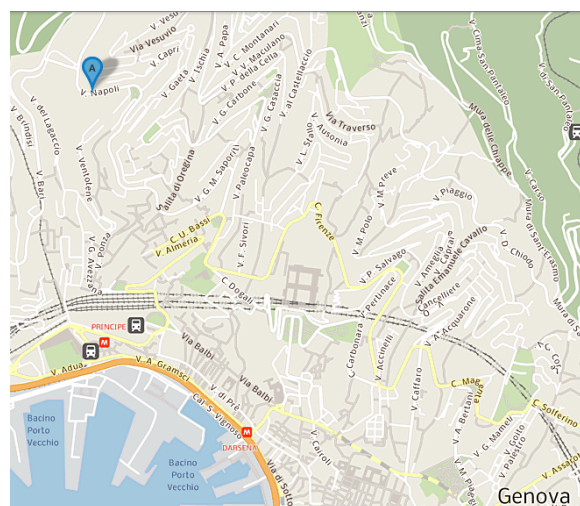
NOME E COGNOME	RUOLO	ATTIVITÀ SVOLTA
Ing. Sarah Nicolini		Sopralluogo in sito
Ing. Giuliano De Pin		Sopralluogo in sito
Ing. Giuliano De Pin		Elaborazione dei dati relativi ai consumi energetici
Ing. Giuliano De Pin		Elaborazione dei dati geometrici e creazione del modello energetico
Ing. Giuliano De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

1.4 IDENTIFICAZIONE DELL'EDIFICIO

L'immobile oggetto della DE, catastalmente individuato al NCEU Sez. A F. 12 Mapp. 333, 334, 330, 331, 332, 335, 336, 337, 338 Sub. 0 è sito nel Comune di Genova e più precisamente fra il quartiere Oregina e il quartiere Lagaccio, in via Napoli, 60. Dato che l'immobile è registrato sotto il catasto terreni sarebbe opportuno aggiornarne la posizione catastale.

L'edificio è di proprietà del Comune di Genova ed è attualmente adibito a Scuola Primaria e Scuola Secondaria di I Grado.

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



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		1964
Anno di ristrutturazione		2004
Zona climatica		D
Destinazione d'uso		E.7: Edifici adibiti ad attività scolastiche a tutti i livelli ed assimilabili. E.6 (2): Edifici adibiti ad attività sportive: palestre e assimilabili.
Superficie utile riscaldata	[m ²]	2.740
Superficie disperdente (S)	[m ²]	4.787
Volume lordo riscaldato (V)	[m ³]	12.538
Rapporto S/V	[1/m]	0,38
Superficie netta aree interne (scaldate e non scaldate)	[m ²]	3.004

Superficie lorda aree interne (scaldate e non scaldate)	[m ²]	3.448
Superficie lorda aree esterne	[m ²]	2.560
Superficie lorda complessiva (aree interne ed esterne)	[m ²]	6.008
Tipologia generatore riscaldamento		Caldaia a basamento tradizionale
Potenza totale impianto riscaldamento	[kW]	315,8
Potenza totale impianto raffrescamento	[kW]	-
Tipo di combustibile		Gas naturale
Tipologia generatore Acqua Calda sanitaria (ACS)		Boiler elettrici ad accumulo
Emissioni CO2 di riferimento ⁽¹⁾	[t/anno]	63,552
Consumo di riferimento Gas Metano ⁽¹⁾	[kWh _{tit} /anno]	249.264
Spesa annuale Gas Metano ⁽¹⁾	[€/anno]	19.393
Consumo di riferimento energia elettrica ⁽¹⁾	[kWh _{el} /anno]	28.266
Spesa annuale energia elettrica ⁽¹⁾	[€/anno]	7.173

Nota (1): Valori di Baseline

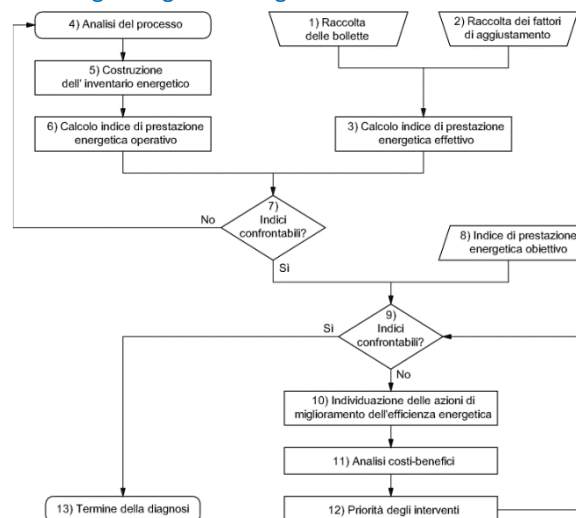
1.5 METODOLOGIA DI LAVORO

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

- a) Acquisizione della documentazione utile, fornita dalla PA, come riportato all'Allegato A – Elenco documentazione fornita dalla committenza; **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**
- b) Analisi del quadro normativo di riferimento, incluso la verifica dei vincoli ambientali, storici, archeologici e paesaggistici interferenti sull'immobile interessato dall'intervento;
- c) Visita agli edifici, effettuata in data 05/12/2017 con verifica degli elaborati forniti e rilievo dei dati relativi alle caratteristiche degli elementi disperdenti ed impiantistici costituenti il sistema edificio-impianto;
- d) Visita alla centrale termica e/o frigorifera, con il supporto del personale incaricato della conduzione e manutenzione degli impianti e rilevamento dei dati utili;
- e) Preparazione e compilazione delle schede di Audit previste per la diagnosi di livello II di cui all'appendice A delle LGEE - Linee Guida per l'Efficienza Energetica negli Edifici - sett. 2013 - elaborato da AiCARR per Agesi, Assistal, Assopetroli e Assoenergia, e riportate all'Allegato J – Schede di audit;
- f) Elaborazione del comportamento termico ed elettrico dell'edificio, realizzata utilizzando il software commerciale Edilclima EC700 – versione 8 in possesso di certificato di conformità rilasciato dal Comitato Termotecnico Italiano (CTI) n°73/2017 ai sensi del D.lgs. 192/05 e s.m.i. e riportato all'Allegato F – Certificato CTI Software;
- 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 del Centro Funzionale e riportati all'Allegato I – Dati climatici;
- i) Individuazione della “baseline termica” di riferimento (e relative emissioni di CO₂) tramite opportuna ripartizione del consumo di combustibile tra le varie utenze a servizio dell'edificio e destagionalizzazione dello stesso, utilizzando i relativi GG reali (GG_{real}), e conseguente normalizzazione secondo i GG di riferimento (GG_{rif});
- j) Individuazione della “baseline elettrica” di riferimento (e relative emissioni di CO₂) calcolata sulla media aritmetica dei valori relativi ai consumi elettrici reali per tre le annualità 2014, 2015, 2016;

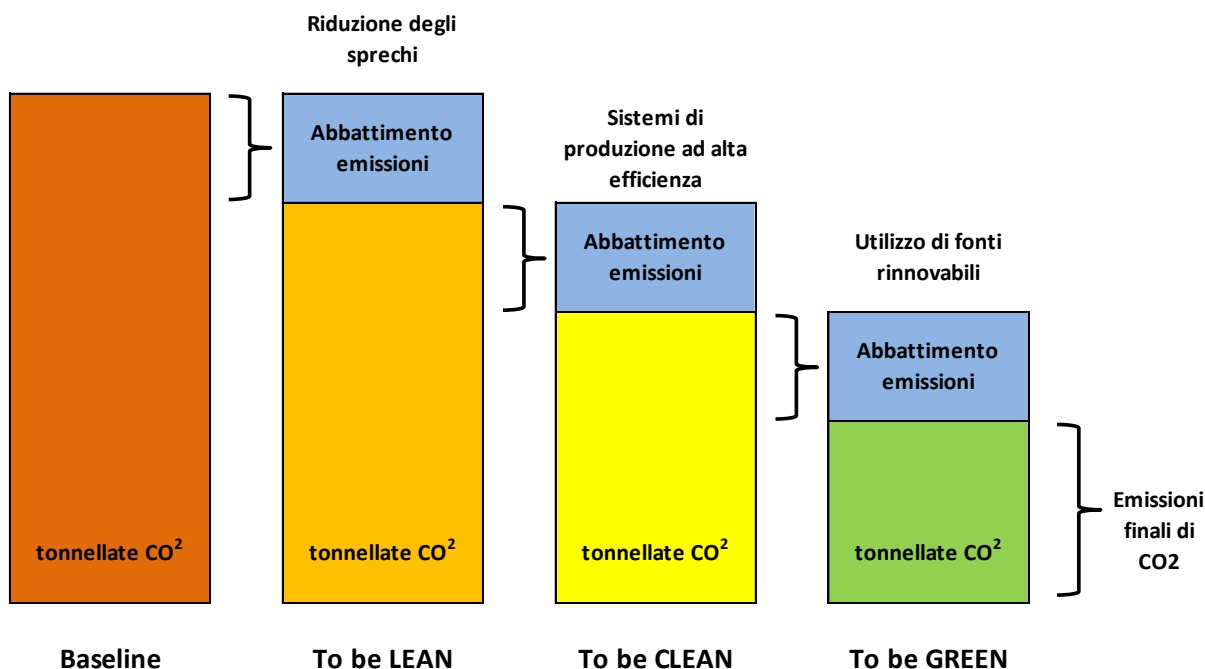
- k) Validazione del modello elaborato mediante il confronto con le baseline energetiche, al fine di ottenere uno scostamento inferiore al 5%;
- l) Analisi delle possibili EEM necessarie per la riqualificazione energetica del sistema edificio-impianto analizzando gli aspetti tecnici, energetici, ed ambientali.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

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



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

Figura 1.4 - Principio della Gerarchia Energetica



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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

1.6 STRUTTURA DEL REPORT

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

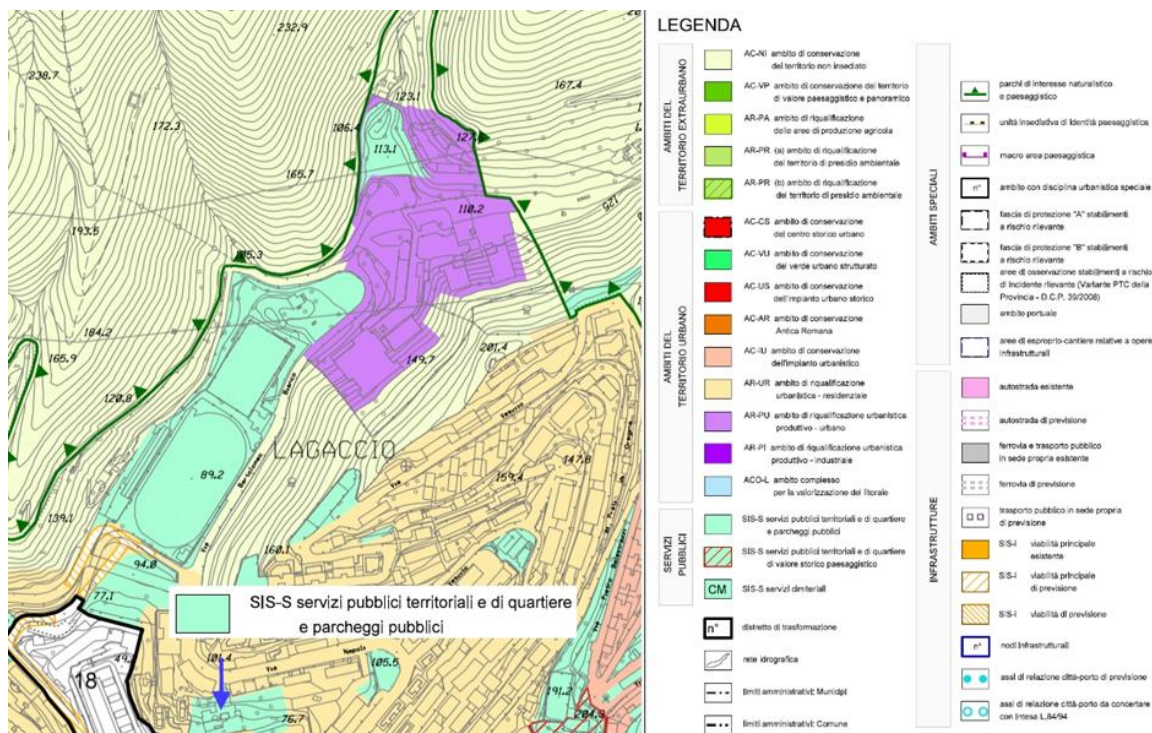
- Una prima parte nella quale sono descritti lo scopo ed i confini della DE e le metodologie di analisi adottate;
- Una seconda parte in cui sono riportate le informazioni dell'edificio rilevate in sede di sopralluogo e le valutazioni effettuate al fine di identificare le caratteristiche tecniche dei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

2 DATI DELL'EDIFICIO

2.1 INFORMAZIONI SUL SITO

Lo strumento urbanistico vigente, il P.U.C approvato con DD n° 2015/118.0.0./18 con entrata in vigore il 3/12/2015, classifica l'edificio oggetto della DE come *SIS-S servizi pubblici territoriali e di quartiere e parcheggi pubblici*, ed è inserito in una zona il cui ambito prevalente è *AR-UR Ambito di riqualificazione urbanistica-residenziale*.

Figura 2.1 - Particolare estratto dal Piano Urbanistico Comunale



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

L'edificio risale agli anni Sessanta del XX secolo e l'ultima ristrutturazione importante risale al 2004 quando sono stati sostituiti i componenti finestrati. Attualmente ricade nella destinazione d'uso E.7. - Edifici adibiti ad attività scolastiche a tutti i livelli ed assimilabili e E.6 (2) - Edifici adibiti ad attività sportive: palestre e assimilabili.

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

La Scuola Primaria ospita 134 studenti, mentre la Scuola Secondaria ne ospita 58; l'edificio è inoltre frequentato da 45 persone fra insegnanti, educatori e personale amministrativo, tecnico e ausiliario.

L'edificio ospitante il complesso scolastico oggetto della DE è costituito complessivamente da 6 piani fuori terra più una sopraelevazione centrale in copertura (considerato come piano settimo), occupati da aule scolastiche, palestre e locali tecnici. Il Piano Quinto è inagibile dal Giugno 2015 a causa del crollo di porzioni del solaio di copertura provocato dall'esecuzione di prove di resistenza statica sul solaio stesso.

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 Maps)



Tabella 2.1 - Suddivisione in piani dell'edificio

PIANO	UTILIZZO	U.M.	SUPERFICIE LORDA COMPLESSIVA ⁽¹⁾	SUPERFICIE UTILE RISCALDATA ⁽²⁾	SUPERFICIE UTILE RAFFRESCATA ⁽²⁾
Terra	Palestre, centrale termica	[m ²]	517	424	-
Primo	Refettorio e Cucina Scuola Primaria	[m ²]	513	249	-
Secondo	Aule Scuola Secondaria	[m ²]	581	495	-
Terzo	Aule Scuola Primaria	[m ²]	594	529	-
Quarto	Ingresso, aule Scuola Primaria, uffici	[m ²]	574	512	-
Quinto	Inagibile (In precedenza aule Scuola Secondaria)	[m ²]	607	531	-
Sesto	Locale tecnico	[m ²]	62	-	-
TOTALE		[m ²]	3448	2740	-

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

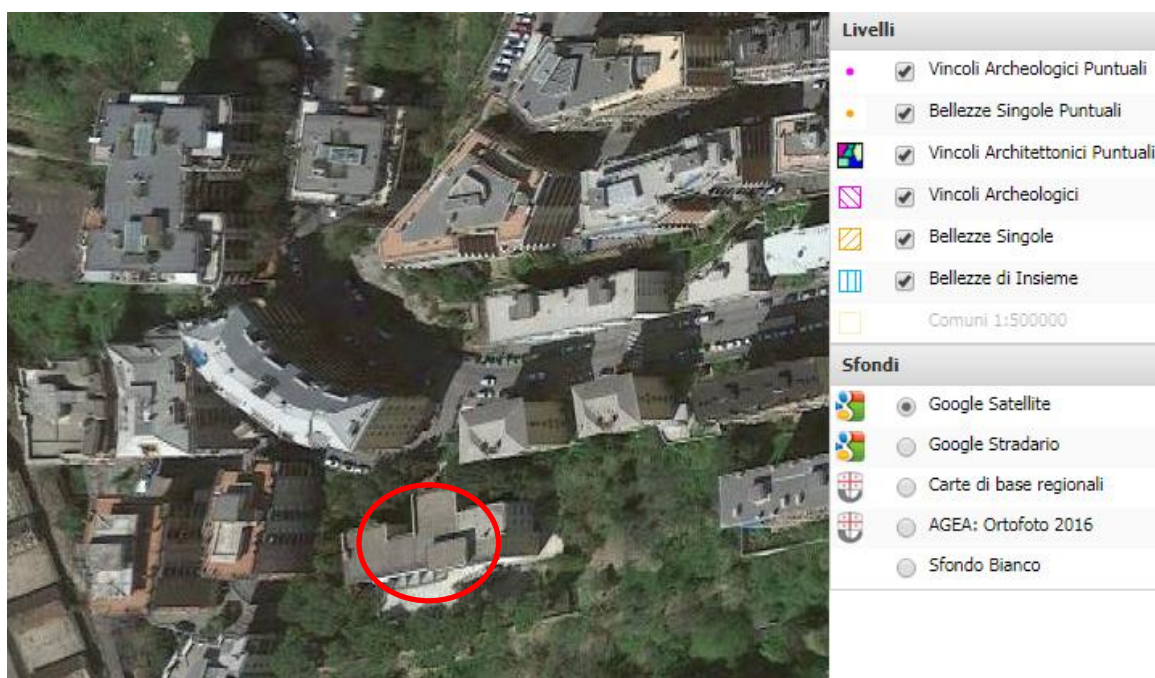
Nota (2): Superficie utile valutata ai fini della creazione del modello energetico

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

L'"unità urbanistica" del Lagaccio, la più occidentale tra quelle del Municipio I Centro Est, si estende nella stretta valle dell'omonimo rivo, compresa fra i colli di Oregina e Granarolo, che ha alla sua sommità il forte Sperone.

L'abitato sorge nella zona più a valle, immediatamente a monte della stazione ferroviaria di Genova Principe e del Palazzo del Principe. La parte più a monte dell'ex lago, dietro ai moderni impianti sportivi, rimane invece inabitata e verde, costellata da alcuni ruderi di vecchie polveriere, un tempo legate agli insediamenti militari della città.

Figura 2.3 - Particolare estratto dalla carta dei vincoli



Dalla ricerca effettuata sugli strumenti urbanistici comunali e sul portale dei Vincoli Architettonici, Archeologici e Paesaggistici della Regione Liguria, emerge che l'edificio non è soggetto né a vincoli architettonici né paesaggistici.

L'edificio non si trova all'interno di una zona soggetta a vincolo idrogeologico.

Nell'analisi delle EEM non si è quindi resa necessaria l'identificazione delle possibili interferenze con il vincolo presente.

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

MISURA DI EFFICIENZA ENERGETICA	VINCOLO INTERESSATO	VALUTAZIONE INTERFERENZA ⁽¹⁾	MISURA DI TUTELA DA ADOTTARE
EEM1 – Coibentazione esterna pareti verticali	-		-
EEM2 – Coibentazione esterna copertura	-		-
EEM3 – Installazione valvole termostatiche ed elettropompa di circolazione a giri variabili	-		-
EEM4 – Sostituzione corpi illuminanti	-		-

Nota (1): 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.

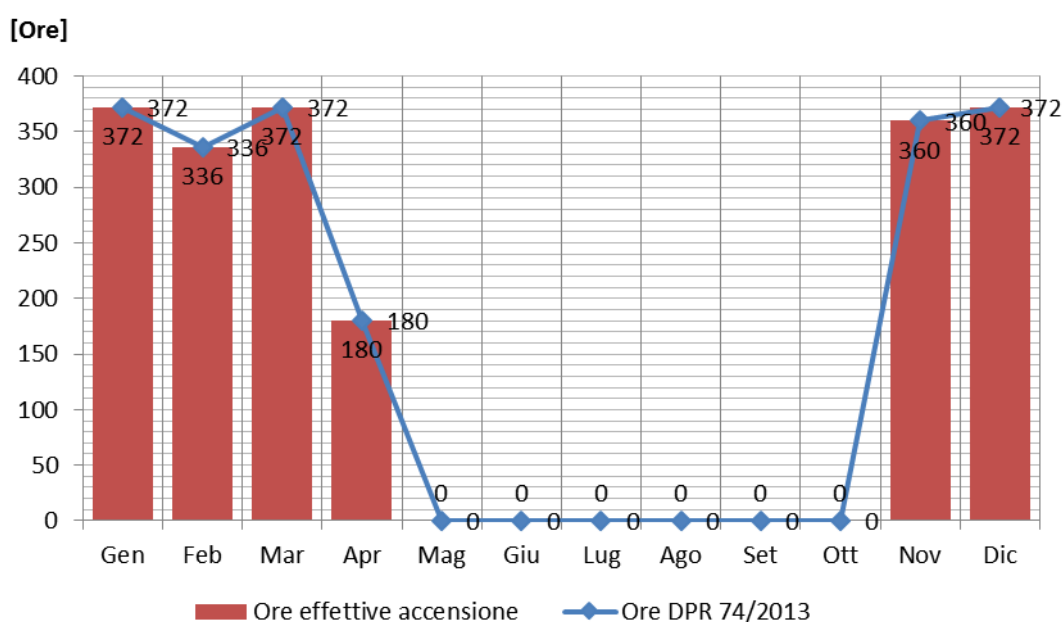
Gli orari di effettivo utilizzo dell'edificio sono stati ricavati tramite intervista agli occupanti, mentre i periodi di attivazione e spegnimento degli impianti sono stati rilevati dalle apparecchiature presenti nella centrale termica a servizio della scuola.

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

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

PERIODO	GIORNI SETTIMENALI	ORARIO FUNZIONAMENTO EDIFICIO	ORARIO FUNZIONAMENTO IMPIANTO
Settembre - Ottobre	Da Lunedì a Venerdì	7.30 – 18.30	Spento
	Sabato	7.30 – 13.00	Spento
	Domenica	Chiuso	Spento
Dal 1 Novembre al 15 Aprile	Da Lunedì a Venerdì	7.30 – 18.30	6.00 – 18.00
	Sabato	7.30 – 13.00	6.00 – 13.00
	Domenica	Chiuso	6.00 – 13.00
Dal 16 Aprile a Giugno	Da Lunedì a Venerdì	7.30 – 18.30	Spento
	Sabato	7.30 – 13.00	Spento
	Domenica	Chiuso	Spento
Luglio - Agosto	Da Lunedì a Venerdì	7.30 – 18.30	Spento
	Sabato	7.30 – 13.00	Spento
	Domenica	Chiuso	Spento

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. Infatti, dalle verifiche effettuate in sede di rilievo tecnico, l'impianto termico risulta programmato per funzionare anche la domenica mattina. Inoltre risulta esserci discrepanza fra il numero di ore giornaliere di funzionamento dell'impianto termico durante la stagione di riscaldamento fornito dalla PA pari a 10 ore e l'effettivo numero pari a 12 verificato in fase di sopralluogo.

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.

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

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

3 DATI CLIMATICI

3.1 DATI CLIMATICI DI RIFERIMENTO

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

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

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

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

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

Nonostante che il profilo di utilizzo degli impianti di riscaldamento non 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 1257 GG calcolati su 149 giorni effettivi di utilizzo dell'impianto di riscaldamento. Per la valutazione è stato considerato un periodo di spegnimento dell'impianto durante le vacanze per le festività natalizie.

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

I GG così calcolati definiscono i GG_{rif} ai fini del processo di normalizzazione di cui al capitolo 0.

Tabella 3.2 – Profili mensili dei GG_{rif}

Mese	GIORNI MENSILI	TEMPERATURA ESTERNA UNI 10349:2016 [°C]	GIORNI RISCALDAMENTO [g/m]	GG	GIORNI DI UTILIZZO [g/m]	GIORNI RISCALDAMENTO EFFETTIVI [g/m]	GG _{rif}	PROFILO DI INCIDENZA
Gennaio	31	10,4	31	298	24	24	230	18%
Febbraio	28	10,5	28	266	28	28	266	21%
Marzo	31	11,1	31	276	31	31	276	22%
Aprile	30	15,3	15	71	30	15	73	6%
Maggio	31	18,7	-	-	31	-	-	0%
Giugno	30	22,4	-	-	30	-	-	0%
Luglio	31	24,6	-	-	31	-	-	0%
Agosto	31	23,6	-	-	-	-	-	0%
Settembre	30	22,2	-	-	30	-	-	0%
Ottobre	31	18,2	-	-	31	-	-	0%
Novembre	30	13,3	30	201	30	30	201	16%

Dicembre	31	10,0	31	310	21	21	210	17%
TOTALE	365	16,7	166	1421	317	149	1257	100%

3.2 DATI CLIMATICI REALI

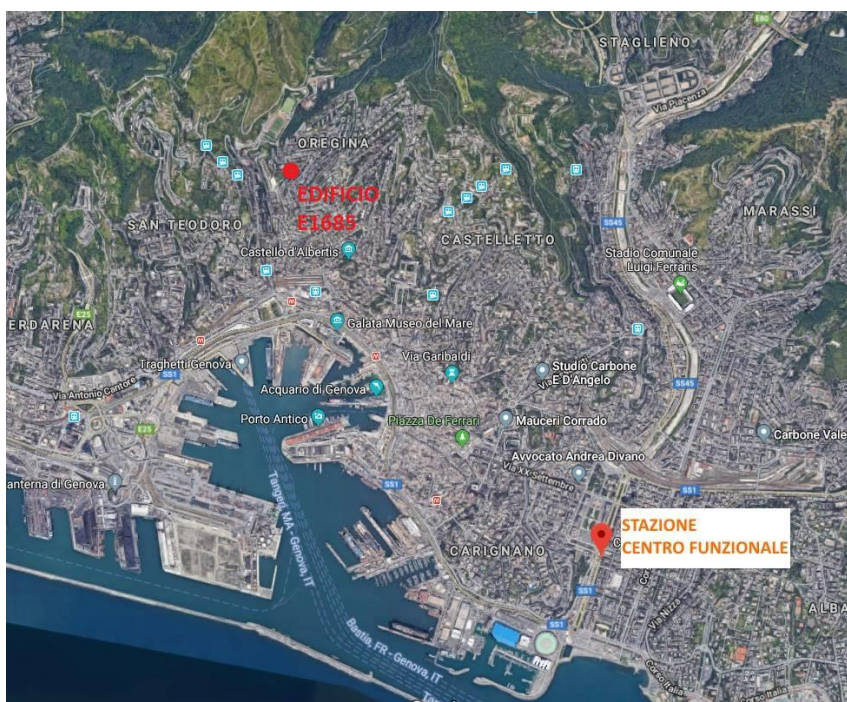
Ai fini della realizzazione dell'analisi energetica si è resa necessaria la definizione delle condizioni climatiche reali, ovvero dei GG calcolati in funzione della temperatura esterna media oraria del sito effettivamente rilevata, con lo scopo di creare una normalizzazione dei consumi in funzione delle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

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

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

Nell'edificio oggetto di diagnosi, posto ad un'altitudine di circa 103 m s.l.m., sono stati utilizzati i dati climatici rilevati dalla centralina meteo del Centro Funzionale, in quanto le condizioni climatiche sono più simili rispetto alla centralina di Castellaccio posta a circa 360 m sul livello del mare.

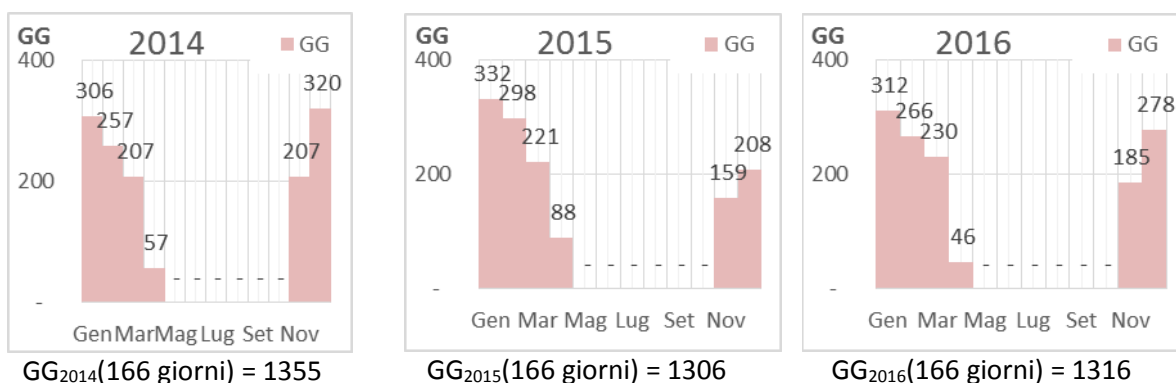
Figura 3.1 – Posizionamento della centralina meteo climatica rispetto all'edificio oggetto di DE



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

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

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

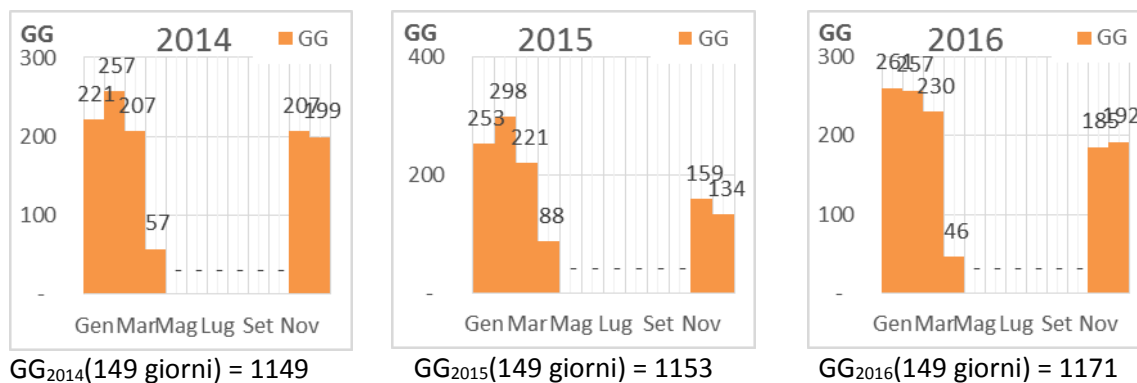


Considerando che il profilo di utilizzo degli impianti di riscaldamento prevede alcuni giorni di mancata accensione dell'impianto, come riportato nella Tabella 2.3, i GG reali sono stati ricalcolati in funzione del numero di giorni effettivi di accensione dell'impianto termico, pertanto si è ottenuto un valore di 1158 GG calcolati su 149 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 non è costante e subisce variazioni, seppur minime, nel periodo considerato e si attesta al di sotto dei GG sia di norma e che del funzionamento a 166 giorni.

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 composto da un unico blocco strutturale, le cui pareti verticali sono caratterizzate da telaio in calcestruzzo armato e tamponamenti in mattoni forati e debitamente intonacate.

La struttura risulta non omogenea, in quanto composta da piani sfalsati contro terra. Tuttavia non sono presenti pareti verticali opache appoggiate al terreno, vista la presenza di intercapedini. L'involucro presenta inoltre spessori murari differenti a seconda della posizione e dell'esposizione delle pareti verticali.

Figura 4.1 - Particolare della porzione di involucro; in evidenza i piani sfalsati e l'intercapedine



La copertura dell'edificio è completamente verso esterno; si tratta di una copertura piana realizzata in latero-cemento non coibentata, rivestita con guaina impermeabilizzante. In sede di sopralluogo si è registrata la necessità di ristrutturazione del solaio di copertura perché danneggiato durante prove statiche di resistenza.

Il locale Palestra Sud possiede invece una copertura in latero-cemento non coibentata calpestabile, accessibile dai locali del Piano Secondo.

Figura 4.2 - Particolare della facciata Sud e della copertura Palestra Sud

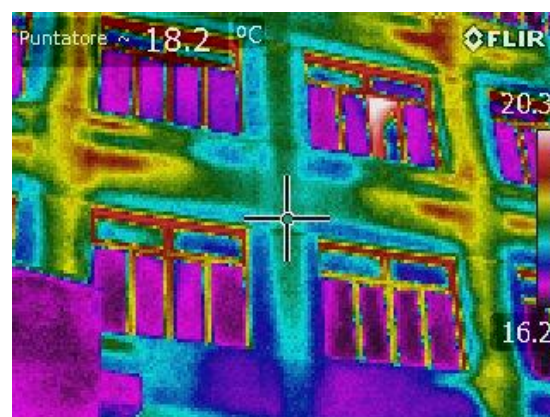


Ai fini di un'identificazione più precisa delle caratteristiche dei componenti dell'involucro opaco si è proceduto, in sede di sopralluogo, alla realizzazione di un rilievo termografico eseguito tramite l'utilizzo di termo camera FLIR E40.

La realizzazione delle suddette indagini ha portato alle seguenti conclusioni:

- Risulta in evidenza la struttura a telaio in calcestruzzo armato (vedi Figura sottostante)
- Risulta in evidenza la traccia delle tubazioni dell'impianto di distribuzione per il riscaldamento (vedi Figura sottostante)
- Non sono state rilevate particolari discontinuità nella struttura edilizia, con presenza di significativi ponti termici

Figura 4.3 – Rilievo termografico della parete Sud



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

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

Tabella 4.1 – Trasmittanze termiche dei componenti dell'involucro opaco

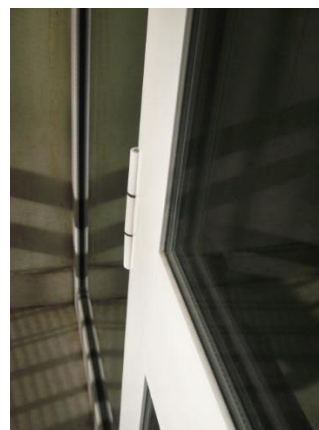
TIPO DI COMPONENTE	CODICE	SPESORE [mm]	ISOLAMENTO	TRASMITTANZA TERMICA [W/m ² K]	STATO DI CONSERVAZIONE
Muro verso esterno 46 cm	M2	460,0	Assente	0,697	Sufficiente
Muro verso esterno 44 cm	M3	440,0	Assente	0,717	Sufficiente
Muro verso esterno 34 cm	M4	340,0	Assente	0,874	Sufficiente
Muro verso esterno 24 cm	M5	240,0	Assente	1,144	Sufficiente
Muro verso esterno 12 cm	M6	120,0	Assente	2,153	Sufficiente
Muro verso non climatizzato	M10	200,0	Assente	1,587	Sufficiente
Porta PVC	M14	48,0	Presente	0,662	Sufficiente
Pavimento contro terra palestra	P1	436,0	Assente	0,564	Sufficiente
Pavimento contro terra	P2	436,0	Assente	0,825	Sufficiente
Pavimento verso non climatizzato	P3	435,0	Assente	1,390	Sufficiente
Pavimento verso esterno	P4	435,0	Assente	1,390	Sufficiente
Copertura	S1	450,0	Assente	1,328	Scarso
Copertura Palestra	S4	420,0	Assente	1,355	Sufficiente
Soffitto verso non climatizzato	S5	435,0	Assente	1,390	Sufficiente

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

4.1.2 Involucro trasparente

L'involucro trasparente che costituisce l'edificio è composto da serramenti con telaio in PVC e vetrocamera 3/9/3 e 3/6/3. In particolare il locale Palestra Sud presenta un'ampia superficie vetrata composta da finestre a nastro con vetrocamera. Lo stato di conservazione degli infissi risulta buono in quanto installati nel 2004 in sostituzione dei precedenti.

Figura 4.4 - Particolare dei serramenti

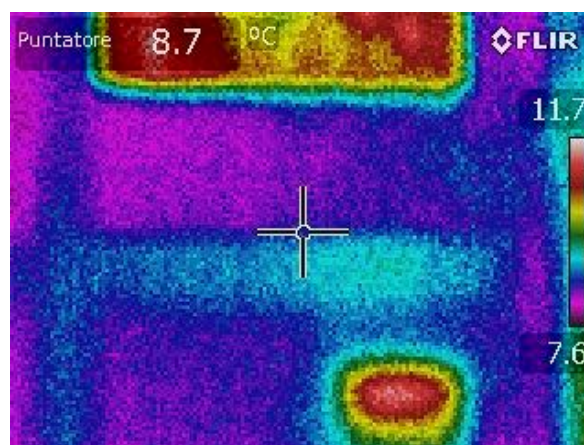


Ai fini di un'identificazione più precisa delle caratteristiche dei componenti dell'involucro trasparente si è proceduto, in sede di sopralluogo, alla realizzazione del rilievo termografico.

La realizzazione delle suddette indagini ha portato alle seguenti conclusioni:

- Gli infissi presentano un comportamento normale con presenza di ponte termico perimetrale
- Il grado di isolamento offerto dagli infissi in vetrocamera è sufficiente.

Figura 4.5 – Rilievo termografico dei serramenti sulla parete Ovest del locale Palestra Sud.



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]	TIPO TELAIO	TIPO VETRO	TRASMITTANZA TERMICA	STATO DI CONSERVAZIONE
		[cm]			[W/mqK]	E
Finestra 250x210	W1	250x210	PVC	Vetro doppio	2,755	Buono
Finestra vano scala 250x150	W2	250x150	PVC	Vetro doppio	2,746	Buono
Finestra 250x150	W3	250x150	PVC	Vetro doppio	2,746	Buono
Finestra 130x210	W4	130x210	PVC	Vetro doppio	2,884	Buono
Finestra 80x80	W5	80x80	PVC	Vetro doppio	2,806	Buono
Finestra 120x110	W11	120x110	PVC	Vetro doppio	2,834	Buono

Finestra 120x210	W12	120x210	PVC	Vetro doppio	2,885	Buono
Finestra sud palestra 2040x300	W13	2040x300	Alluminio	Vetro doppio	2,709	Buono
Finestra ovest palestra 600x210	W14	600x210	PVC	Vetro doppio	2,675	Buono
Finestra 60x150	W15	60x150	PVC	Vetro doppio	2,817	Buono
Finestra 210x110	W16	210x110	PVC	Vetro doppio	2,753	Buono
Porte-finestra ingresso	W20	460x330	PVC	Vetro doppio	2,720	Buono
Porta-finestra terrazzo palestra 250x300	W21	250x300	PVC	Vetro doppio	2,711	Buono
Porta-finestra terrazzo CT 150x270	W23	150x270	PVC	Vetro doppio	2,731	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 e nell'Errore. L'origine riferimento non è stata trovata..

4.2 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO DI RISCALDAMENTO/CLIMATIZZAZIONE INVERNALE

L'impianto di riscaldamento degli ambienti è costituito da un impianto ad acqua alimentato da una caldaia a basamento di tipo tradizionale a gas naturale

4.2.1 Sottosistema di emissione

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

- Radiatori in ghisa

I terminali di cui sopra sono per la maggior parte posizionati su parete esterna non isolata.

Figura 4.6 - Particolare radiatore.



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

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

ZONA TERMICA	TIPOLOGIA DI TERMINALE	RENDIMENTO ⁽¹⁾
Tutte	Radiatori	91,3%

Nota (1): Valore ricavato da modellazione energetica

Le caratteristiche dei terminali di emissione installati sono sintetizzate nella Tabella 4.4; tali caratteristiche sono state recepite dalla documentazione fornita dalla PA e verificate in sede di sopralluogo. Dalla modellazione energetica eseguita con software certificato Edilclima si è ottenuto un valore globale di potenza installata per l'emissione pari a 289 kW, considerando un salto termico nominale lato aria di 50°C e lato acqua di 10°C; tale valore si discosta di circa il 20% rispetto al totale riportato in tabella.

Tabella 4.4 - Riepilogo caratteristiche dei radiatori installati

PIANO	TIPO DI INSTALLAZIONE	NUMERO	POTENZA TERMICA UNITARIA ⁽¹⁾	POTENZA TERMICA COMPLESSIVA ⁽¹⁾	POTENZA FRIGORIFERA UNITARIA	POTENZA FRIGORIFERA COMPLESSIVA
			[kW]	[kW]	[kW]	[kW]
Terra	A parete	17	1,19 – 3,46	50,16	-	-
Primo	A parete	13	0,33 – 3,24	18,52	-	-
Secondo	A parete	23	1,08 – 2,31	38,03	-	-
Terzo	A parete	26	0,71 – 1,84	36,77	-	-
Quarto	A parete	26	0,71 – 2,88	42,75	-	-
Quinto	A parete	27	0,32 – 2,60	51,20	-	-
Sesto	-	0	-	0	-	-
TOTALE		132	-	237,43	-	-

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

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

4.2.2 Sottosistema di regolazione

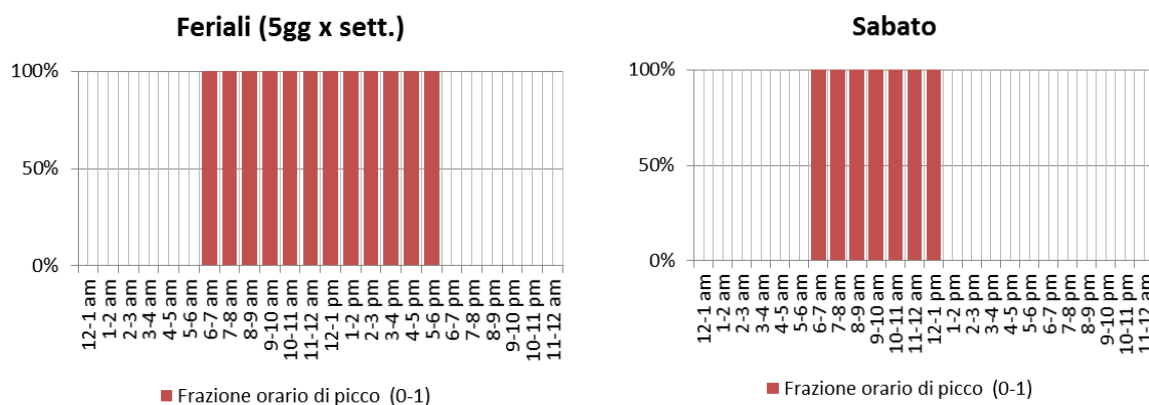
La regolazione dell'impianto avviene attraverso cronotermostato con orari pre-impostati, inoltre in centrale termica è presente un sistema di telegestione e telecontrollo dotato anche di una centralina climatica con sonda esterna.

Figura 4.7 - Particolare della centraline di regolazione, telecontrollo e telegestione.



L'accensione dell'impianto termico segue 2 programmazioni differenti, una per i giorni feriali dal lunedì al venerdì, uno per il sabato e la domenica, come si può vedere dalle Figure che seguono.

Figura 4.8 - Profilo di funzionamento invernale dell'impianto per le zone termiche 1 e 2.



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

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

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

ZONA TERMICA	TIPO DI REGOLAZIONE	RENDIMENTO ⁽¹⁾
Tutte	Solo climatica (compensazione con sonda esterna)	69,8%

Nota (1): Valore ricavato da modellazione energetica

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

4.2.3 Sottosistema di distribuzione

Il sottosistema di distribuzione è costituito dai seguenti elementi:

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

1) **Circuito primario:** è presente una pompa di circolazione gemellare a velocità fissa, a servizio del circuito di distribuzione. Ai collettori di mandata caldo e freddo sono collegati 5 rami, non provvisti di circolatori dedicati. Non si conoscono le zone dell'edificio servite da ciascun circuito.

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

Tabella 4.6 - Riepilogo caratteristiche pompe circuito primario

NOME	SERVIZIO	PORTATA ⁽¹⁾ [m ³ /h]	PREVALENZA ⁽¹⁾ [kPa]	POTENZA ASSORBITA ⁽¹⁾ [kW]
Caldaia a basamento	EG01 Riscaldamento	11 - 63	5 - 52	0,470 – 0,880
TOTALE		11 - 63	11 - 63	0,470 – 0,880

Nota (1): 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

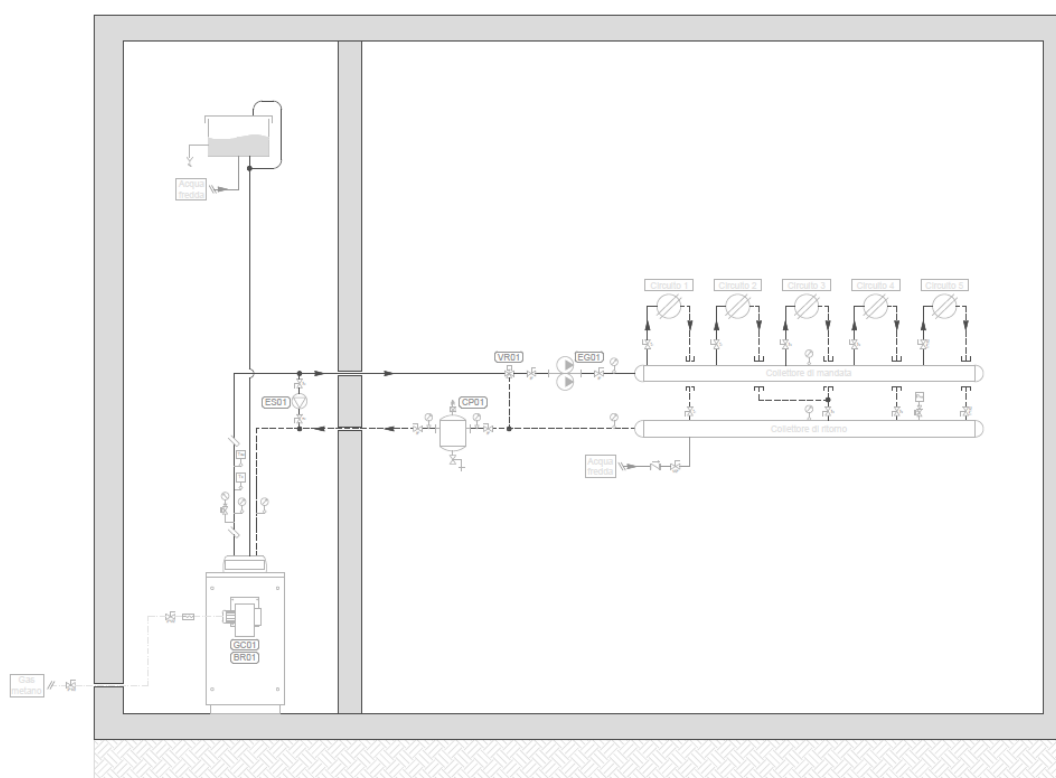
CIRCUITO			TEMPERATURA RILEVATA ⁽²⁾	TEMPERATURA CALCOLO ⁽¹⁾
			°C	°C
Caldaia a basamento	Mandata	Caldo	60	80
	Ritorno	Caldo	52	60

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

Nota (2): Valori rilevati il giorno 05/12/2017 in orario di apertura della scuola, con una temperatura esterna di circa 12°C

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

Figura 4.9 - Particolare dello schema di impianto (Fonte: Tavola 155-P00-005-CENTRALE TERMICA.dwg)



Il rendimento complessivo del sottosistema di distribuzione è risultato nella DE pari al 90,0%, così come ricavato da modellazione energetica mediante software certificato Edilclima.

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 caldaia a basamento tradizionale in acciaio, alimentata a gas naturale, UNICAL TRISTAR 300, risalente al 2010 con potenza termica utile massima di 300 kW. Il generatore è inoltre equipaggiato con un bruciatore ad aria soffiata RIELLO TS 2.34 MZ con potenza massima di 390 kW. Entrambi i dispositivi sono in buono stato di conservazione.

Figura 4.10 - Particolare della caldaia



Figura 4.11 - Particolare del bruciatore



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

Tabella 4.8 - Riepilogo caratteristiche caldaia

Servizio	MARCA	MODELLO	ANNO DI COSTRUZIONE	POTENZA AL FOCOLARE ⁽¹⁾	POTENZA TERMICA UTILE ⁽¹⁾	RENDIMENTO ⁽¹⁾	POTENZA ASSORBITA COMPLESSIVA ⁽²⁾
				[kW]	[kW]		[kW]
Gen 1 Riscaldamento	UNICAL	TRISTAR 300	2010	234,6-315,8	225-300	95,9%-95%	nd

Nota (1). Valori ricavati dai dati di targa

Nota (2): Valore non disponibile nella scheda tecnica dei generatori

Il rendimento complessivo del sottosistema di generazione, in regime di riscaldamento è risultato nella DE pari al 96,6%, così come ricavato da modellazione energetica mediante software certificato Edilclima. Risulta superiore rispetto al valore ottenuto dall'ultima prova fumi eseguita sull'impianto nel 2017 e pari a 94,1%.

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

Il consumo di acqua calda sanitaria è relativamente ridotto data la destinazione d'uso dell'edificio.

La produzione è eseguita tramite 5 bollitori elettrici ad accumulo per un totale di 7,5 kW di potenza elettrica. I boiler sono installati localmente nei servizi igienici ad uso degli studenti e del personale scolastico, nonché all'interno del locale Cucina al Piano Primo.

Figura 4.12 - Particolare di un boiler elettrico per la produzione di ACS



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

Nota(1). Valori ricavati da modellazione energetica

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

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

Non sono presenti impianti per la climatizzazione estiva.

4.5 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO DI VENTILAZIONE MECCANICA

Non sono presenti impianti di ventilazione meccanica

4.6 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO ELETTRICO E PRINCIPALI UTENZE ELETTRICHE

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

Tali tipologie di utenze sono state raggruppate insieme ed identificate con la denominazione di forza elettromotrice (FEM) e sono riportate nella Tabella 4.10.

Tabella 4.10 – Elenco e caratteristiche delle altre utenze elettriche

ZONATERMICA	DESCRIZIONE	NUMERO	POTENZA NOMINALE	POTENZA COMPLESSIVA	ORE ANNUE DI UTILIZZO
			[W]	[W]	[ore]
Zona 1	LIM+PC	18	400	7200	1200
	PC	9	100	900	6000
	Fotocopiatrice	1	1200	1200	6000
	Stampante	2	200	400	6000
	Scaldavivande	2	1000	2000	600
	Router	1	50	50	6000
	Rack rete LAN	1	200	200	6000
	Distributore bevande	2	800	1600	6000
	Piastra elettrica	1	1000	1000	300
	Ventilatore	1	50	50	300
	Stufetta elettrica	1	2000	2000	100
	Microonde	1	500	500	300
	Macchinetta del caffè	1	600	600	6000
Zona 2	LIM+PC	1	400	400	1200

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

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

4.7 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO ILLUMINAZIONE

L'impianto di illuminazione è costituito esclusivamente da lampade a fluorescenza di tipo T8. Le principali tipologie di corpi illuminanti sono di seguito elencati:

- Lampade a fluorescenza 1x18W installate nei vani scala;
- Lampade a fluorescenza 2x18W installate nei servizi igienici;
- Lampade a fluorescenza 1x36W installate in centrale termica;
- Lampade a fluorescenza 2x36W installate nelle aule, negli uffici, nei corridoi e nelle palestre;

Figura 4.13 - Particolare dei corpi illuminanti a fluorescenza tipo T8 2x36W ubicati nei corridoi



L'elenco e le caratteristiche dei corpi illuminanti sono riportate nella Tabella 4.11.

Tabella 4.11 – Elenco e caratteristiche dei corpi illuminanti

ZONATERMICA	DESCRIZIONE	NUMERO	POTENZA UNITARIA	POTENZA COMPLESSIVA
			[W]	[W]
Zona 1	Fluorescente T8 1x18W	27	18	486
	Fluorescente T8 2x18W	12	36	432

	Fluorescente T8 2x36W	210	72	15120
Zona 2	Fluorescente T8 2x36W	22	72	1584
Centrale termica	Fluorescente T8 1x36W	4	36	144

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.

Durante la fase di sopralluogo è stato possibile rilevare come i corpi illuminanti siano in buono stato di conservazione.

Figura 4.14 - Particolare dei corpi illuminanti a fluorescenza tipo T8 2x36W ubicati nei servizi igienici



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

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

5 CONSUMI RILEVATI

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

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

I vettori energetici analizzati sono i seguenti:

- Gas naturale;
- Energia elettrica.

5.1.1 Energia termica

Il vettore termico utilizzato per la climatizzazione invernale della struttura è il gas naturale.

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

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

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

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

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

- Centrale termica per il riscaldamento degli ambienti delle Zone 1 e 2;

L'effettiva ubicazione del contatore è rappresentata nelle planimetrie riportate all' Allegato B – Elaborati

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

Tali consumi sono riportati nella **Errore. L'autoriferimento non è valido per un segnalibro.** con indicazione dei PDR di riferimento.

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

PDR	Utilizzo	2014 [Sm ³]	2015 [Sm ³]	2016 [Sm ³]	2014 [kWh]	2015 [kWh]	2016 [kWh]
3270049563458	Riscaldamento	27.122	21.445	24.551	255.487	202.009	231.270

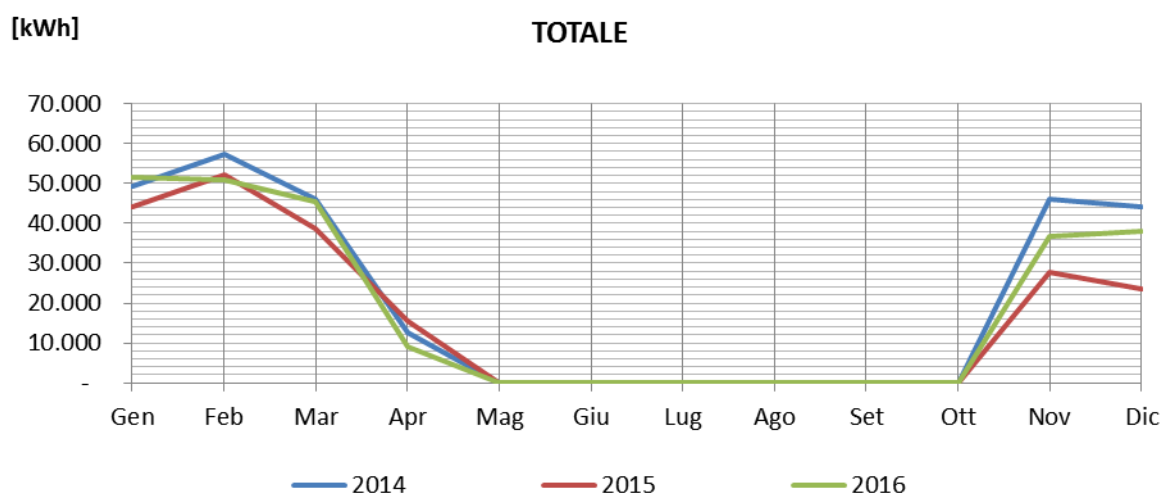
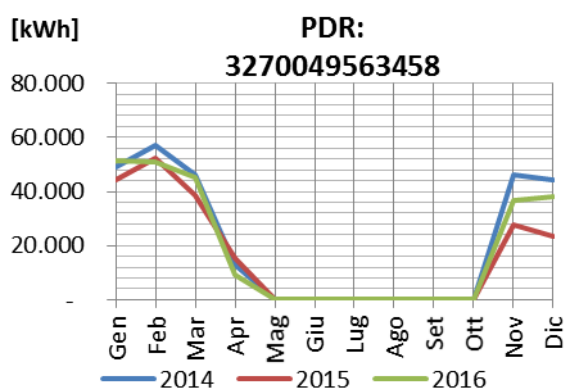
Data l'indisponibilità della fatturazione per il consumo di gas naturale, si è provveduto alla valutazione dei consumi nel triennio di riferimento redistribuendoli sulla base dei gradi giorno reali illustrati precedentemente, utilizzando i consumi forniti alla PA da parte della società di distribuzione. I consumi redistribuiti sono riportati nella Tabella 5.3.

Tabella 5.3 - Consumi mensili di energia termica per il triennio di riferimento – Dati fatturati da società di fornitura

PDR: 3270049563458	2014	2015	2016	2014	2015	2016
Mese	[Sm ³]	[Sm ³]	[Sm ³]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gennaio	5.222	4.696	5.462	49.190	44.236	51.456
Febbraio	6.075	5.546	5.397	57.227	52.242	50.844
Marzo	4.889	4.106	4.817	46.055	38.682	45.373
Aprile	1.352	1.642	962	12.739	15.469	9.065
Maggio	-	-	-	-	-	-
Giugno	-	-	-	-	-	-
Luglio	-	-	-	-	-	-
Agosto	-	-	-	-	-	-
Settembre	-	-	-	-	-	-
Ottobre	-	-	-	-	-	-
Novembre	4.881	2.959	3.887	45.978	27.873	36.615
Dicembre	4.703	2.496	4.025	44.299	23.511	37.918
Totale	27.122	21.445	24.551	255.489	202.012	231.270

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 21445 Sm³ del 2015 e un valore massimo prelevato di 27122 Sm³ nel 2014. Confrontando l'andamento dei consumi con i GG_{real} del triennio di riferimento si può notare che non esiste una chiara correlazione fra i consumi e i 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.

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; tale contributo è nullo in quanto la produzione di ACS avviene mediante boiler elettrici ad accumulo

\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.

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

Tabella 5.4 – Normalizzazione dei consumi annuali di energia termica

ANNO	GG _{REAL} SU 149 GIORNI	GG _{RIF} SU 166 GIORNI	CONSUMO REALE RISC. [Smc]	CONSUMO REALE RISC. [kWh]	α_{rif}	CONSUMO NORMALIZZATO A 1158 GG [kWh]	CONSUMO ACS [kWh]	CONSUMO ALTRO [kWh]
2014	1.149	1.257	27.122	255.562	222,4	279.461	-	-
2015	1.153	1.257	21.445	202.070	175,2	220.209	-	-
2016	1.171	1.257	24.551	231.337	197,5	248.239	-	-
Media	1.158	1.257	24.373	229.656	198,4	249.264	-	-

Come si può notare dai dati riportati il comportamento energetico dell'edificio, negli anni considerati, è stato caratterizzato da un andamento nei consumi non dipendente dai gradi giorno reali. Infatti il consumo reale massimo dell'impianto si è verificato nel 2014, a cui corrisponde invece il valore minimo di GG reali calcolati.

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}	0
\bar{Q}_{ALTRO}	0
$\bar{a}_{rif} \times GG_{rif}$	249.264
$Q_{baseline}$	249.264

5.1.2 Energia elettrica

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

- Intero edificio;

L'effettiva ubicazione del contatore è rappresentata nelle planimetrie riportate all' Allegato B – Elaborati.

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

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

Tali consumi annuali sono riportati nella Tabella 5.6 con indicazione del 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]
IT001E00122685	Intero edificio	27.935	27.594	29.270	28.266
TOTALE		27.935	27.594	29.270	28.266

Tali consumi sono stati confrontati con i consumi annui elaborati e forniti dalla PA ed (identificati per l'edificio oggetto della DE all'interno del file kyotoBaseline-E1685) e sono emerse le seguenti differenze: i consumi sono coincidenti per il 2014, mentre sono stati calcolati dalla fatturazione dei consumi inferiori del 3,7% e del 7,3% rispettivamente per gli anni 2015 e 2016

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

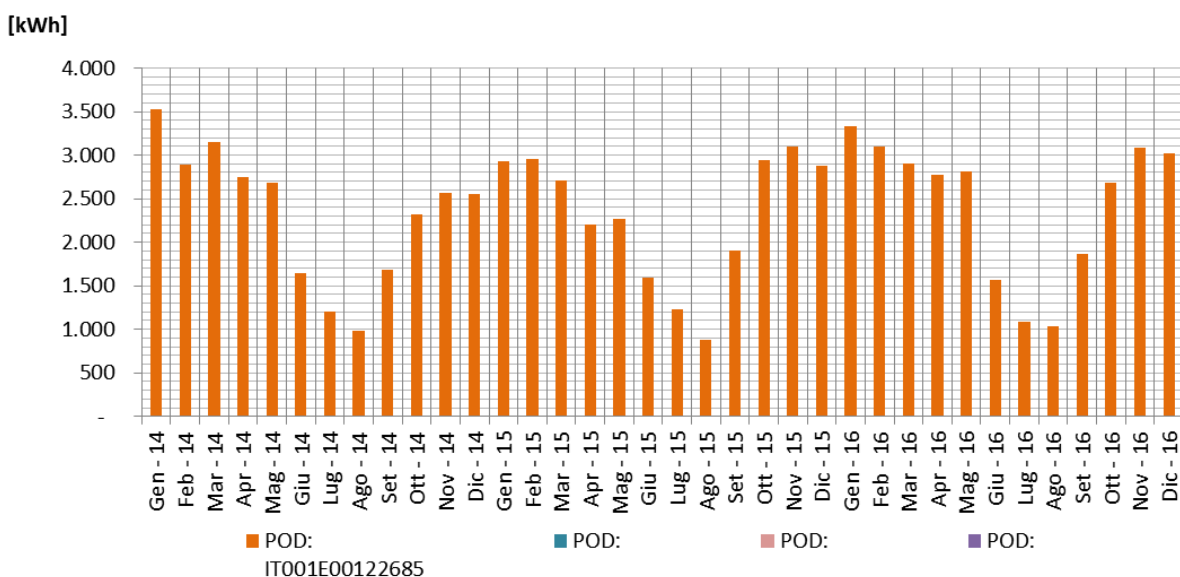
Si è pertanto definito un consumo $EE_{baseline}$ pari a 28.266 kWh.

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

POD: IT001E00122685	F1	F2	F3	TOTALE
Anno 2014	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gen - 14	2.619	428	476	3.523
Feb - 14	2.104	408	379	2.891
Mar - 14	2.205	466	475	3.146
Apr - 14	1.876	376	490	2.742
Mag - 14	1.677	440	572	2.689
Giu - 14	931	301	418	1.650
Lug - 14	579	246	373	1.198
Ago - 14	377	224	376	977

Set - 14	1.093	261	324	1.678
Ott - 14	1.665	309	348	2.322
Nov - 14	1.799	319	447	2.565
Dic - 14	1.785	313	456	2.554
Totale	18.710	4.091	5.134	27.935
POD: IT001E00122685	F1	F2	F3	TOTALE
Anno 2015	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gen - 15	2.111	352	470	2.933
Feb - 15	2.179	353	420	2.952
Mar - 15	1.963	332	420	2.715
Apr - 15	1.509	269	420	2.198
Mag - 15	1.385	328	553	2.266
Giu - 15	870	291	435	1.596
Lug - 15	517	274	434	1.225
Ago - 15	354	194	337	885
Set - 15	1.267	280	357	1.904
Ott - 15	2.188	352	402	2.942
Nov - 15	2.291	357	449	3.097
Dic - 15	2.043	330	508	2.881
Totale	18.677	3.712	5.205	27.594
POD: IT001E00122685	F1	F2	F3	TOTALE
Anno 2016	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gen - 16	2.327	406	601	3.334
Feb - 16	2.255	403	441	3.099
Mar - 16	2.050	366	485	2.901
Apr - 16	1.840	380	554	2.774
Mag - 16	2.059	323	435	2.817
Giu - 16	873	301	399	1.573
Lug - 16	485	234	371	1.090
Ago - 16	426	222	384	1.032
Set - 16	1.183	293	386	1.862
Ott - 16	1.885	354	445	2.684
Nov - 16	2.290	345	444	3.079
Dic - 16	1.933	411	681	3.025
Totale	19.606	4.038	5.626	29.270

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



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

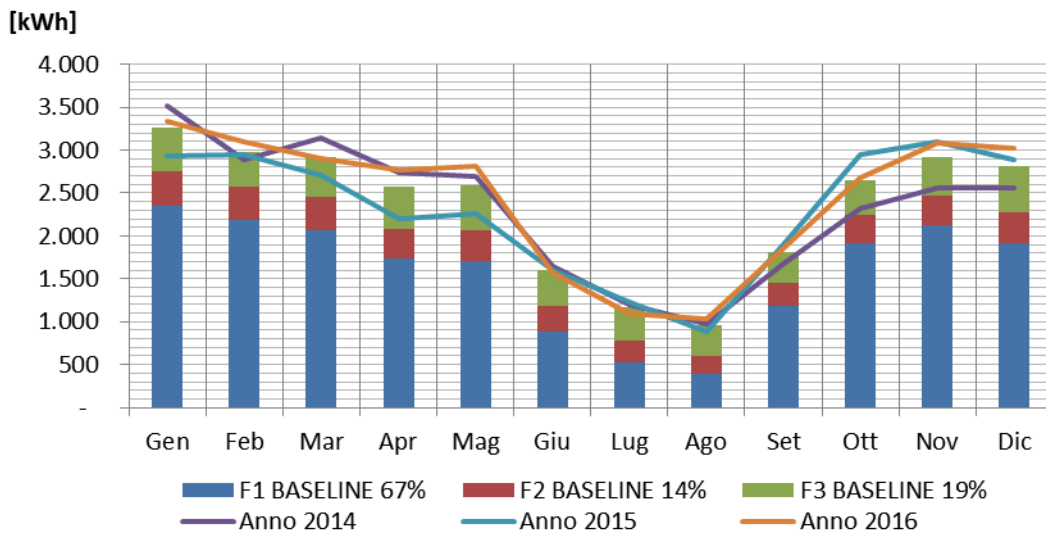
Tali valori sono riportati nella Tabella 5.8.

Tabella 5.8 – Consumi mensili di Baseline

BASELINE	F1	F2	F3	TOTALE
	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gennaio	2.352	395	516	3.263
Febbraio	2.179	388	413	2.981
Marzo	2.073	388	460	2.921
Aprile	1.742	342	488	2.571
Maggio	1.707	364	520	2.591
Giugno	891	298	417	1.606
Luglio	527	251	393	1.171
Agosto	386	213	366	965
Settembre	1.181	278	356	1.815
Ottobre	1.913	338	398	2.649
Novembre	2.127	340	447	2.914
Dicembre	1.920	351	548	2.820
Totale	18.998	3.947	5.322	28.266

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

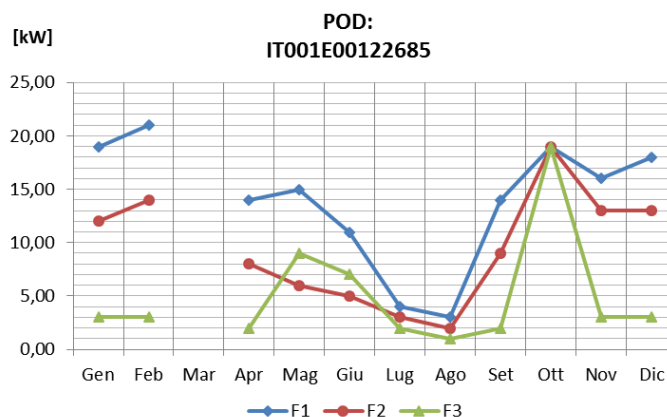
Figura 5.3 – Confronto tra i profili mensili elettrici reali e i valori di Baseline per il triennio di riferimento



I profili di prelievo mensili nel triennio di riferimento presentano andamenti in linea con l'utilizzo della struttura, ossia si nota un forte calo nei mesi estivi, con i consumi maggiori registrati nei mesi invernali. Si osserva che anche nei mesi di luglio e agosto si hanno consumi non nulli, nonostante sia periodo di interruzione delle lezioni. In tale periodo tuttavia vengono svolte attività da parte del personale ausiliario, tecnico e amministrativo che concorrono al consumo mensile mediante l'utilizzo di attrezzature elettriche e di illuminazione.

Non è stato possibile rappresentare i profili giornalieri dei consumi elettrici accedendo alle informazioni fornite dalla società di distribuzione dell'energia elettrica, in quanto non esiste sovrapposizione fra periodo di riferimento e curve disponibili. Dalle fatture del 2015 è stato invece possibile ricostruire i profili di assorbimento di potenza del POD nelle 3 fasce orarie e per tutti i mesi dell'anno, tranne che per il mese di marzo per il quale non ci sono dati disponibili, che presentano il seguente andamento.

Figura 5.4 – Profili di potenza giornalieri per il POD IT001E00122685



Il prelievo di potenza massima è pari a 21 kW e si verifica in fascia F1 nel mese di febbraio 2015, pari al valore di potenza disponibile del POD. Tale potenza richiesta risulta non coerente con la potenza massima erogata dal contatore installato pari a 16,5 kW. Inoltre si riscontrano anomalie riguardanti il prelievo di potenza nelle fasce F2 e F3, in quanto elevate e uguali a quelle della fascia F1, come

avviene nel mese di ottobre. Infine per il mese di marzo si rileva un prelievo nullo, del tutto incoerente con il reale utilizzo, per cui non rappresentato nel grafico.

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.

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

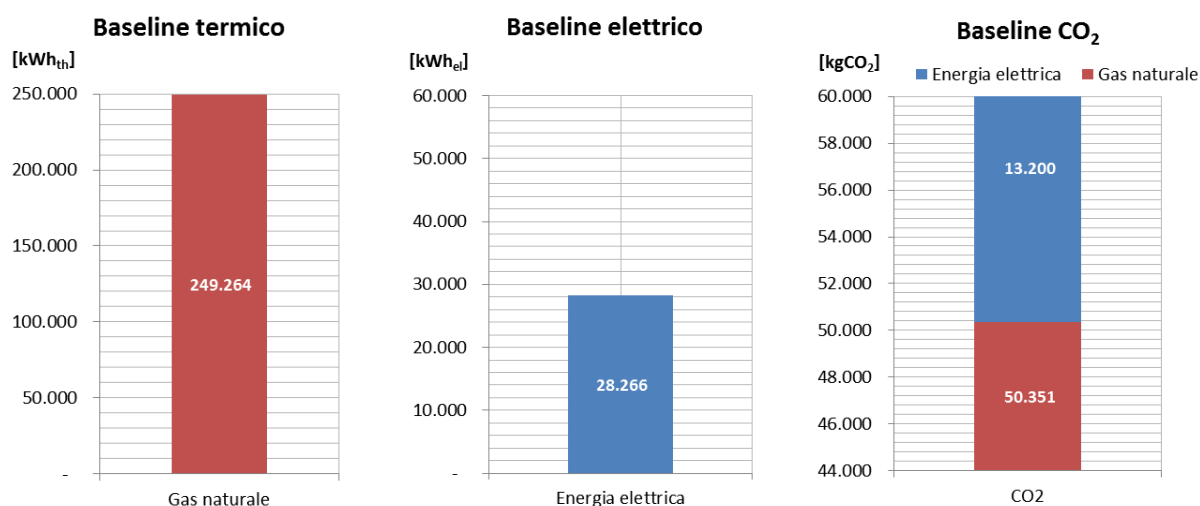
* da "Linee Guida Patto dei Sindaci" per anno 2010

Applicando tali fattori di conversione è stato possibile valutare la Baseline delle emissioni di CO₂, come riportato nella Tabella 5.10 e nella Figura 5.5.

Tabella 5.10 – Baseline delle emissioni di CO₂.

COMBUSTIBILE	CONSUMO DI BASELINE	FATTORE DI CONVERSIONE	
	[kWh]	[tCO ₂ /MWh]	[tCO ₂]
Energia elettrica	28.266	* 0,467	13,20
Gas naturale	249.264	* 0,202	50,35

Figura 5.5 – 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	2.740	m ²
FATTORE 2	Superficie netta complessiva delle aree interne (riscaldate e non riscaldate)	3.004	m ²
FATTORE 3	Volume lordo complessivo (aree interne riscaldate e non riscaldate)	12.866	m ³

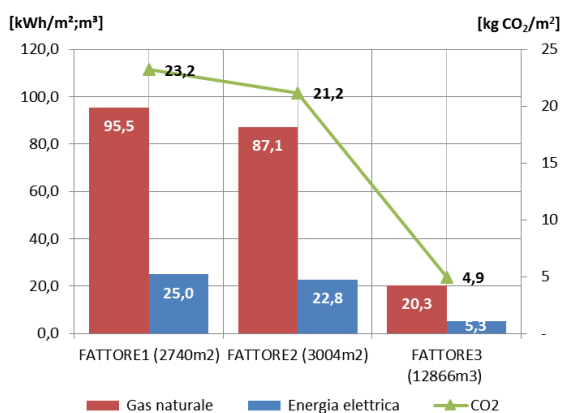
Nella Tabella 5.13 e Tabella 5.14 sono riportati gli indicatori di performance valutati coerentemente con quanto riportato nella sezione 2.5 dell’Allegato J – Schede di audit.

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

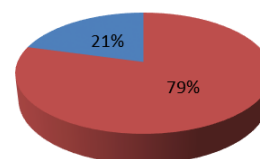
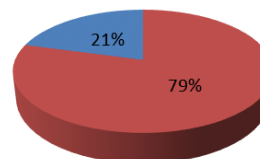
VETTORE ENERGETICO	CONSUMO ENERGETICO DI BASELINE	FATTORE DI CONVERSIONE ENERGIA PRIMARIA TOTALE	CONSUMO DI ENERGIA PRIMARIA TOTALE	INDICATORI DI CONSUMO ENERGIA PRIMARIA TOTALE			INDICATORI AMBIENTALI		
				FATTORE 1	FATTORE 2	FATTORE 3	FATTORE 1	FATTORE 2	FATTORE 3
	[kWh/anno]		[kWh/anno]	[kWh/m ²]	[kWh/m ²]	[kWh/m ³]	[Kg CO ₂ /m ²]	[Kg CO ₂ /m ²]	[Kg CO ₂ /m ³]
Gas naturale	249.264	1,05	261.727	95,5	87,1	20,3	18,38	16,76	3,91
Energia elettrica	28.266	2,42	68.405	25,0	22,8	5,3	4,82	4,39	1,03
TOTALE			330.132	120	110	26	23	21	5

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

VETTORE ENERGETICO	CONSUMO ENERGETICO DI BASELINE	FATTORE DI CONVERSIONE ENERGIA PRIMARIA NON RINN.	CONSUMO DI ENERGIA PRIMARIA NON RINN.	INDICATORI DI CONSUMO ENERGIA PRIMARIA NON RINNOVABILE			INDICATORI AMBIENTALI		
				FATTORE 1	FATTORE 2	FATTORE 3	FATTORE 1	FATTORE 2	FATTORE 3
	[kWh/anno]		[kWh/anno]	[kWh/m ²]	[kWh/m ²]	[kWh/m ³]	[Kg CO ₂ /m ²]	[Kg CO ₂ /m ²]	[Kg CO ₂ /m ³]
Gas naturale	249.264	1,05	261.727	95,5	87,1	20,3	18,38	16,76	3,91
Energia elettrica	28.266	1,95	55.119	20,1	18,3	4,3	4,82	4,39	1,03
TOTALE			316.847	116	105	25	23	21	5

Figura 5.6 – Indicatori di performance e relative emissioni di CO₂ valutati in funzione della superficie utile riscaldata

 Figura 5.7 – Ripartizione % dei consumi di energia primaria e delle relative emissioni di CO₂

Ripartizione % energia primaria


 Ripartizione % emissioni CO₂


■ Gas naturale ■ Energia elettrica

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 5.15 – Indicatori di performance energetici

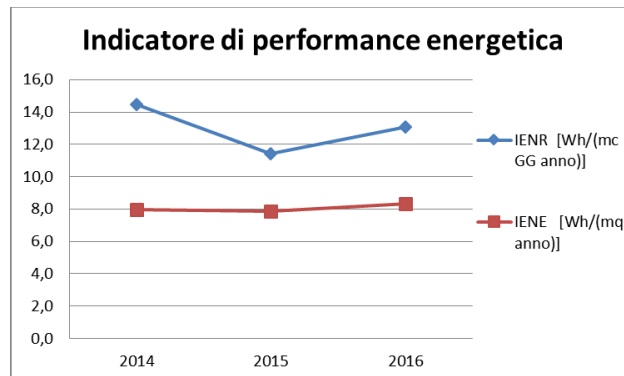
COMBUSTIBILE	IEN _R			IEN _E		
	Wh/(m³ GG anno)			Wh/(m³ anno)		
	2014	2015	2016	2014	2015	2016
Gas Naturale	14,4	11,4	13,1	0	0	0
Energia elettrica	0	0	0	7,9	7,8	8,3

Data la compresenza di diverse destinazioni d'uso all'interno della struttura, con zone di cubatura paragonabile tra loro, i valori riportati in tabella sono stati mediati sul volume lordo riscaldato di ciascuna zona termica.

E' stato quindi possibile effettuare un raffronto con le classi di merito riportate nelle suddette Linee Guida ENEA - FIRE, anche queste mediate sul volume lordo riscaldato. Si ottiene relativamente ad IEN_R un andamento simile a quello dei consumi di gas naturale. Il giudizio per questo indicatore è buono per l'anno 2015 e sufficiente per gli altri due (i limiti per la definizione della classe di merito rimodulati sul volume lordo riscaldato sono 12,9 e 18,7 Wh/(m³ GG anno)).

IEN_E invece si mantiene nell'intorno di 8 Wh/(mq anno). Il giudizio per questo indicatore è sufficiente per tutti e tre gli anni di riferimento.

Figura 5.8 – Indicatori di performance energetica IEN



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

6 MODELLO DEL FABBISOGNO ENERGETICO

6.1 METODOLOGIA DI CALCOLO ADOTTATA E VALIDAZIONE DEI MODELLI DI CALCOLO

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

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

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

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

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

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

INDICE DI PRESTAZIONE ENERGETICA		U.M.	ENERGIA PRIMARIA TOTALE	ENERGIA PRIMARIA NON RINNOVABILE
Globale non rinnovabile	$EP_{gl,nren}$	kWh/mq anno		103,59
Climatizzazione invernale	EP_H	kWh/mq anno	69,97	69,79
Produzione di acqua calda sanitaria	EP_w	kWh/mq anno	0,48	0,39
Ventilazione	EP_v	kWh/mq anno	-	-
Raffrescamento	EP_c	kWh/mq anno	-	-
Illuminazione artificiale	EP_L	kWh/mq anno	40,95	32,99
Trasporto di persone e cose	EP_T	kWh/mq anno	0,52	0,42
Emissioni equivalenti di CO ₂	CO_{2eq}	Kg/mq anno	21,96	-

L'indice di prestazione energetica relativo all'energia primaria totale vale 111,92 kWh/(mq anno).

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

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

FONTE ENERGETICA UTILIZZATA	CONSUMO	CONSUMO ENERGIA PRIMARIA NON RINNOVABILE
	[m ³ /anno]	[kWh/anno]
Gas Naturale	19.122	189.172
Energia Elettrica		94.718

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

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

Dove:

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

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

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

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

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

6.1.1 Validazione del modello termico

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

Si è quindi provveduto alla simulazione dei parametri reali di utilizzo dell’edificio considerando il reale funzionamento, con il proprio orario di accensione e spegnimento della centrale termica ed inserendo nel modello tutti i dati tecnici disponibili e rilevati in sede di sopralluogo e di analisi successiva.

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

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

INDICE DI PRESTAZIONE ENERGETICA	U.M.	ENERGIA PRIMARIA TOTALE	ENERGIA PRIMARIA NON RINNOVABILE
Globale non rinnovabile	$EP_{gl, nren}$	kWh/mq anno	109,42

Climatizzazione invernale	EP _H	kWh/mq anno	96,43	96,17
Produzione di acqua calda sanitaria	EP _w	kWh/mq anno	0,48	0,39
Ventilazione	EP _v	kWh/mq anno	-	-
Raffrescamento	EP _c	kWh/mq anno	-	-
Illuminazione artificiale	EP _L	kWh/mq anno	15,44	12,44
Trasporto di persone e cose	EP _T	kWh/mq anno	0,52	0,42
Emissioni equivalenti di CO ₂	CO _{2eq}	Kg/mq anno	22,40	

L'indice di prestazione energetica relativo all'energia primaria totale vale 112,87 kWh/(mq anno).

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

Gli indici di prestazione energetica sopra riportati corrispondono ad un quantitativo annuo di vettore energetico consumato, riportato nella Tabella 6.5.

Tabella 6.5 – Consumo di vettore energetico ricavato dalla modellazione (valutazione in modalità adattata all'utenza)

FONTE ENERGETICA UTILIZZATA	CONSUMO	CONSUMO
	[mc/anno]	[kWh/anno]
Gas Naturale	26.352	248.278
Energia Elettrica	-	20.095

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]	[%]
248.270	249.264	0,4

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]	[%]
27.784	28.266	2

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

La stima dei consumi di energia elettrica attribuibili a illuminazione, climatizzazione, produzione di ACS e trasporto di persone o cose deriva dalla modellazione sviluppata mediante software certificato. Per quanto riguarda invece la quota parte relativa alle utenze identificate con il nome FEM, e identificabili con le attrezzature in Tabella 4.10, è stata fatta una valutazione dei valori di

potenze assorbite, fattori di carico e ore di funzionamento medi annuali, ottenendo un valore pari a 7.690 kWh/anno. Il dettaglio del calcolo si può trovare nell’Allegato B – Elaborati.

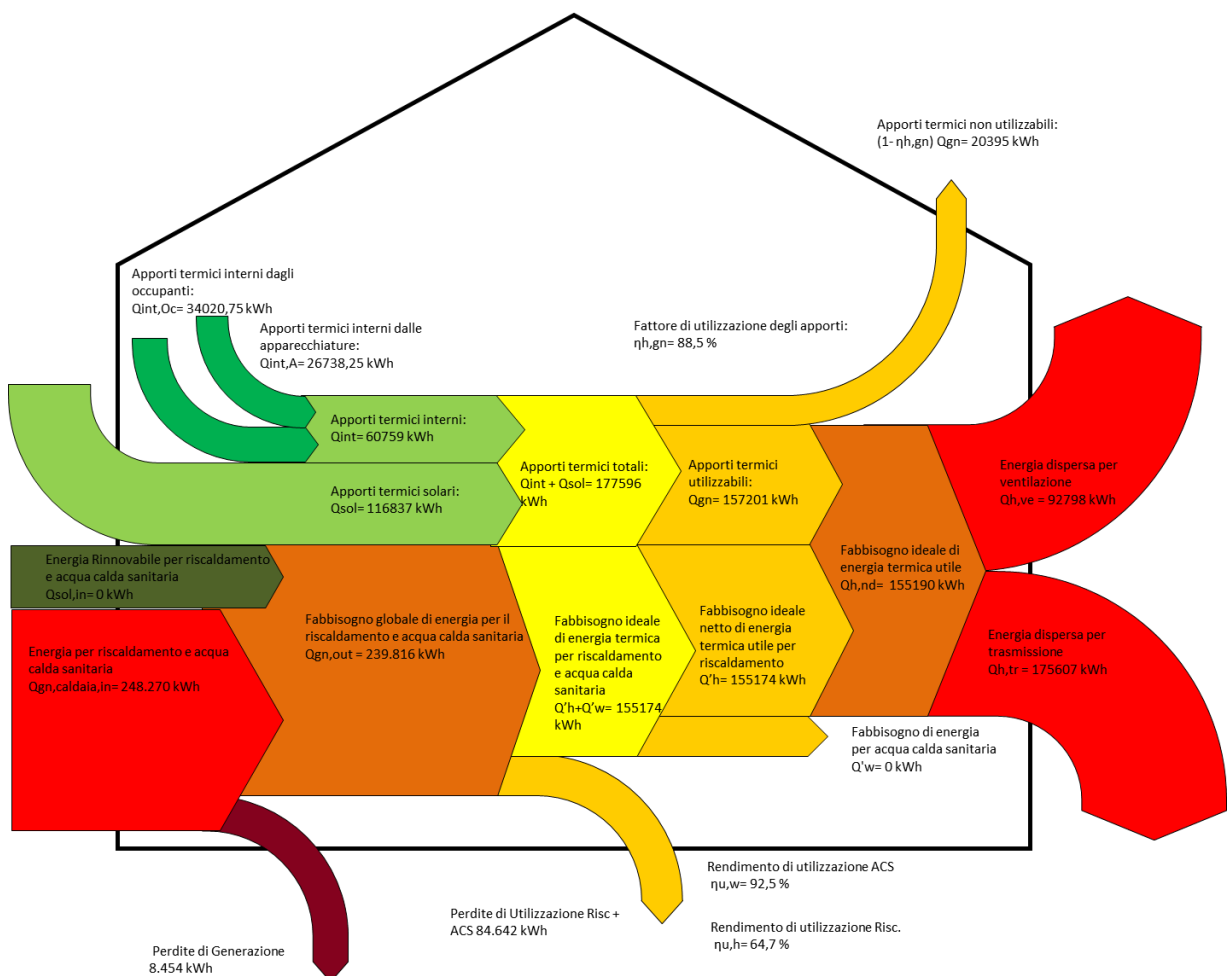
6.2 FABBISOGNI ENERGETICI

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

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

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

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

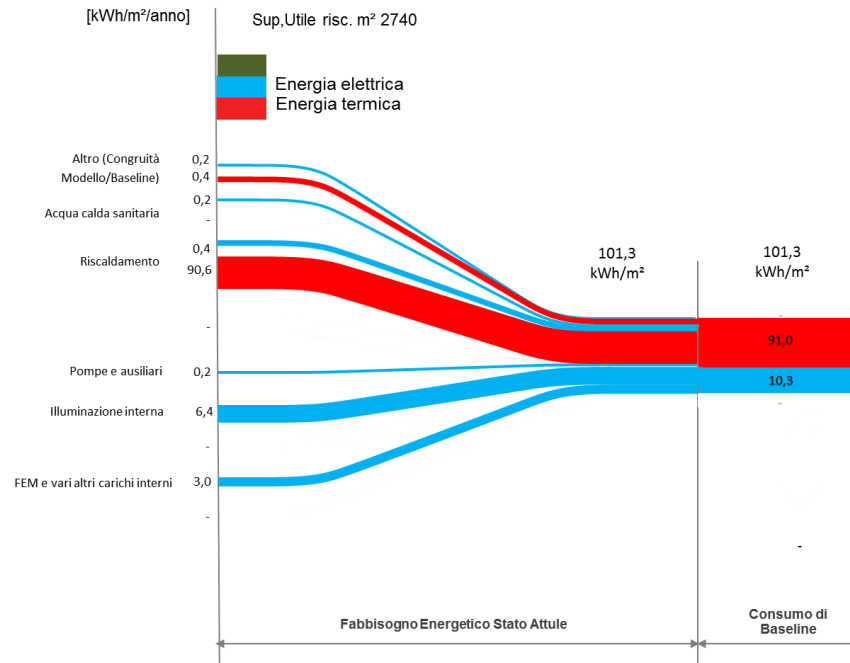


Dall’analisi del diagramma di Sankey relativo al fabbisogno termico dell’edificio è possibile notare che la quota per l’ACS risulta nulla in quanto prodotta mediante boiler ad accumulo elettrici, mentre vengono ampiamente sfruttati gli apporti gratuiti interni e solari per sopperire a parte del fabbisogno

energetico per la climatizzazione invernale. Tuttavia il rendimento di utilizzazione per riscaldamento risulta piuttosto scarso.

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

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



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

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

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

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

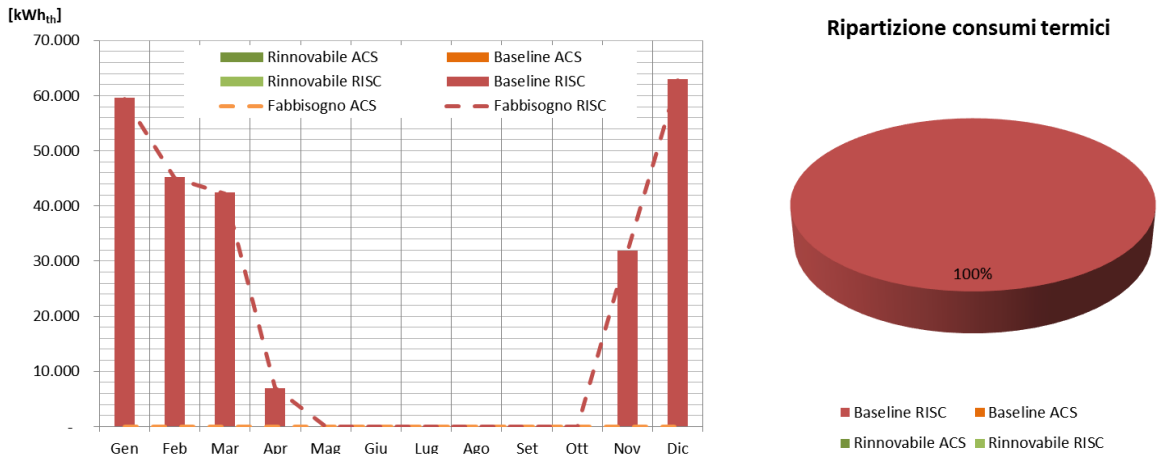
Dall'analisi del diagramma di Sankey relativo al bilancio energetico complessivo dell'edificio è possibile notare che il riscaldamento risulta essere la voce predominante dei fabbisogni di energia, ben al di sopra del secondo contributo dato dall'illuminazione artificiale. Più in generale la quota relativa all'energia termica è circa 9 volte superiore a quella dell'energia elettrica.

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.

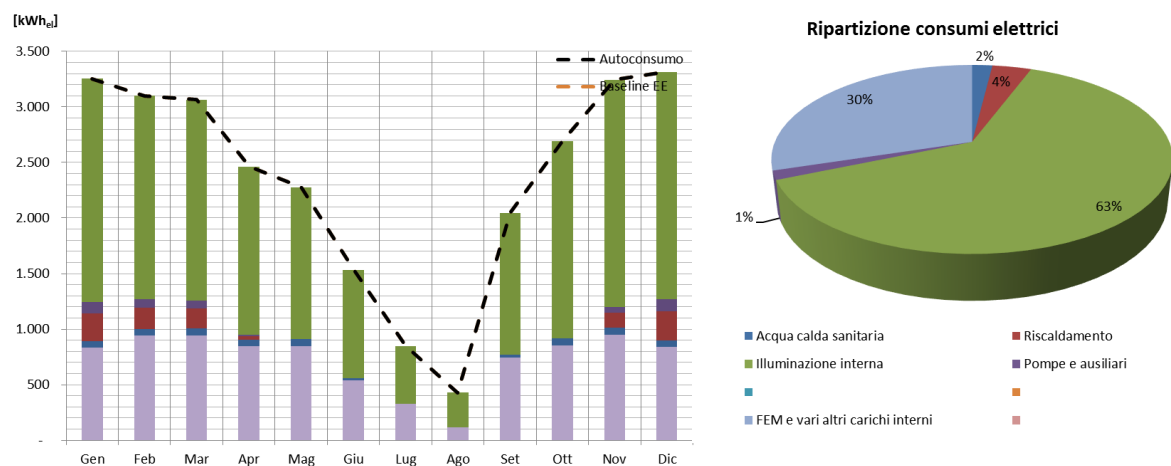
Figura 6.3 – Confronto tra il profilo mensile del Baseline Termico e il profilo mensile dei GG rif



I grafici rappresentano i consumi termici distribuiti durante l’anno relativi al riscaldamento, essendo l’unica utenza servita dal gas naturale. Pertanto si andrà ad intervenire sull’edificio in modo da ridurre il fabbisogno per la climatizzazione invernale, sia mediante opere sull’involucro sia per quanto riguarda l’efficientamento degli impianti.

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 artificiale con una quota annua che supera il 60% dei consumi. La seconda fetta in termini quantitativi spetta ai consumi relativi alle varie attrezzature scolastiche utilizzate sia dagli studenti che dal personale. Gli interventi prioritari riguarderanno quindi il relamping della struttura.

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 un singolo contatore, come di seguito elencato:

- PDR 1 – 3270049563458: contratto di Servizio Integrato Energia 3 (SIE3) stipulato dalla PA con un soggetto terzo, comprensivo sia della fornitura del vettore energetico che della conduzione e manutenzione degli impianti. Non è stato quindi possibile effettuare un'analisi dei costi di fatturazione del vettore energetico in quanto tali fatture non sono a disposizione della PA;

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

Tabella 7.1 – Andamento del costo del vettore termico nel triennio di riferimento

PDR: 3270049563458	QUOTA ENERGIA FISSA	ONERI DI SISTEMA PARTE FISSA	ONERI DI SISTEMA PARTE VARIABILE	IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO (IVA INCLUSA)
ANNO 2014	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[KWH]	[€/kWh]
Gennaio						4.501	49.190	0,092
Febbraio						5.237	57.227	0,092
Marzo						4.214	46.055	0,092
Aprile						1.120	12.739	0,088
Maggio						-	-	-
Giugno						-	-	-
Luglio						-	-	-
Agosto						-	-	-
Settembre						-	-	-
Ottobre						-	-	-
Novembre						3.991	45.978	0,087
Dicembre						3.846	44.299	0,087
Totale	-	-	-	-	-	22.910	255.489	0,090
PDR: 3270049563458	QUOTA ENERGIA	ONERI DI SISTEMA PARTE FISSA	ONERI DI SISTEMA PARTE VARIABILE	IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO (IVA INCLUSA)
ANNO 2015	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[KWH]	[€/kWh]
Gennaio						3.907	44.236	0,088
Febbraio						4.614	52.242	0,088

Marzo						3.417	38.682	0,088
Aprile						1.311	15.469	0,085
Maggio						-	-	-
Giugno						-	-	-
Luglio						-	-	-
Agosto						-	-	-
Settembre						-	-	-
Ottobre						-	-	-
Novembre						2.396	27.873	0,086
Dicembre						2.021	23.511	0,086
Totale						17.666	202.012	0,087
PDR: 3270049563458	QUOTA ENERGIA	ONERI DI SISTEMA PARTE FISSA	ONERI DI SISTEMA PARTE VARIABILE	IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO (IVA INCLUSA)
ANNO 2016	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[KWH]	[€/kWh]
Gennaio						4.118	51.456	0,080
Febbraio						4.069	50.844	0,080
Marzo						3.631	45.373	0,080
Aprile						647	9.065	0,071
Maggio						-	-	-
Giugno						-	-	-
Luglio						-	-	-
Agosto						-	-	-
Settembre						-	-	-
Ottobre						-	-	-
Novembre						2.708	36.615	0,074
Dicembre						2.805	37.918	0,074
Totale						17.978	231.270	0,078

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

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

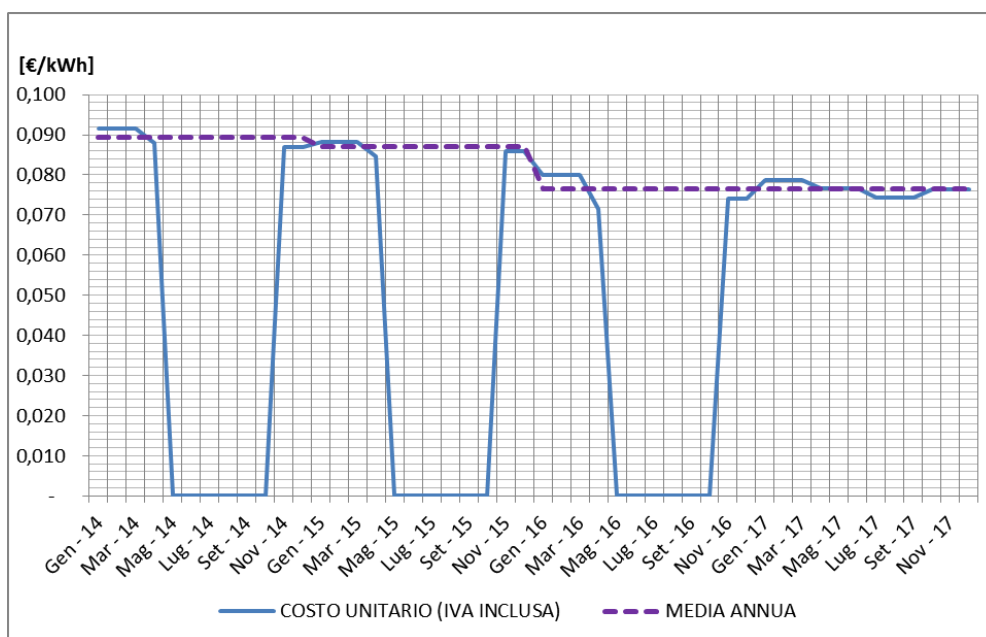
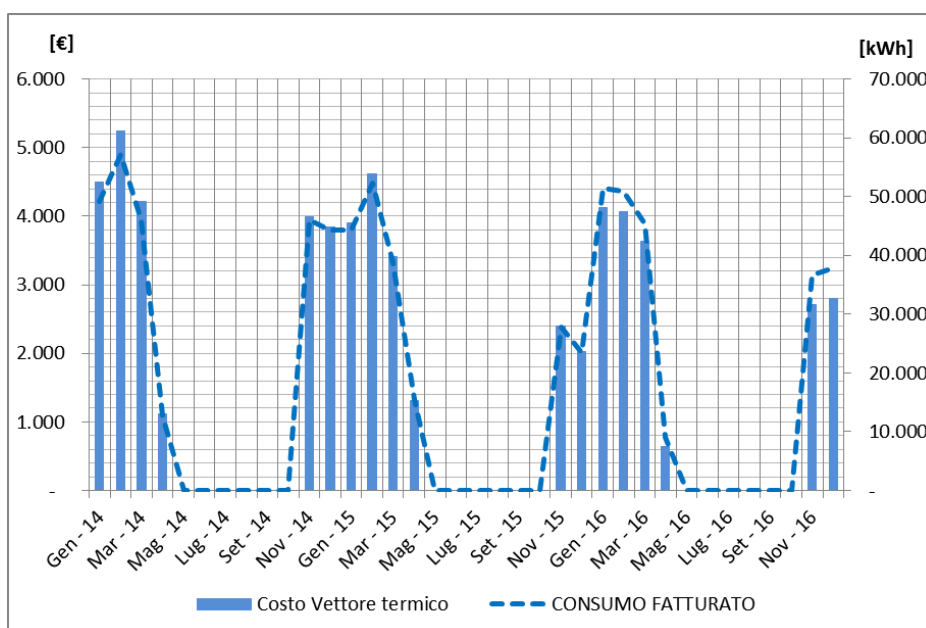


Figura 7.2 – Andamento dei consumi e dei costi dell’energia termica



7.1.2 Vettore elettrico

La fornitura del vettore elettrico avviene tramite un contratto per il POD presente all’interno dell’edificio, come di seguito elencato:

- POD 1 – IT001E00122685: contratto di fornitura del vettore energetico, stipulato direttamente dalla PA con la società di fornitura. E’ stato quindi possibile effettuare un’analisi di dettaglio dei costi fatturati e delle caratteristiche del contratto di fornitura.

Nella Tabella 7.2 si riportano le principali caratteristiche del contratto di fornitura del vettore termico per gli anni di riferimento.

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

POD: IT001E00122685	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	EDISON ENERGIA SPA – GALA SPA	GALA SPA – IREN MERCATO SPA
Inizio periodo fornitura	Precedente	CONTRATTO GALA DA APRILE 2015	CONTRATTO IREN MERCATO DA APRILE 2015
Fine periodo fornitura	-	CHIUSURA CONTRATTO CON EDISON ENERGIA DA MARZO 2015	CHIUSURA CONTRATTO CON GALA SPA DA MARZO 2016
Potenza elettrica impegnata	21 kW	21 kW	19 kW
Potenza elettrica disponibile	21 kW	21 kW	21 kW
Tipologia di contratto	Forniture in BT (Escluso IP)	CONSIP EE12 - L2 - Delibera 308/2016/R/eel	CONSIP13 VERDE - L0390
Opzione tariffaria ⁽¹⁾	nd	nd	nd
Prezzi del forniture dell'energia elettrica ⁽²⁾	0,077 €/kWh	0,052 €/kWh	0,064 €/kWh

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

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

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

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

POD: IT001E00122 685	QUOTA ENERGIA	ONERI DI SISTEMA	ONERI DI SISTEMA	IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO (IVA INCLUSA)
	FISSA	PARTE FISSA	PARTE VARIABILE					
ANNO 2014	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[kWh]	[€/kWh]
Gen – 14	278	64	311	44	70	766	3.523	0,218
Feb – 14	228	64	255	36	58	642	2.891	0,222
Mar – 14	246	64	279	39	63	691	3.146	0,220
Apr – 14	213	64	260	34	57	629	2.742	0,229
Mag – 14	206	59	255	34	55	609	2.689	0,226
Giu – 14	124	43	157	21	35	380	1.650	0,230
Lug – 14	88	64	116	15	28	312	1.198	0,261
Ago – 14	70	64	95	12	24	266	977	0,273
Set – 14	128	64	159	21	37	410	1.678	0,244
Ott – 14	179	64	221	29	49	543	2.322	0,234
Nov – 14	194	64	244	32	53	588	2.565	0,229
Dic – 14	189	64	243	32	53	581	2.554	0,228
Totale	2.144	745	2.595	349	583	6.417	27.935	0,230
POD: IT001E00122 685	QUOTA ENERGIA	ONERI DI SISTEMA PARTE FISSA	ONERI DI SISTEMA PARTE VARIABILE	IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO (IVA INCLUSA)

ANNO 2015	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[kWh]	[€/kWh]
Gen – 15	211	65	264	37	58	634	2.933	0,216
Feb – 15	203	65	265	37	57	627	2.952	0,212
Mar – 15	179	65	245	34	52	574	2.715	0,212
Apr – 15	101	52	198	27	38	415	2.198	0,189
Mag – 15	101	65	195	28	39	428	2.266	0,189
Giu – 15	69	63	144	20	29	324	1.596	0,203
Lug – 15	52	65	111	15	24	267	1.225	0,218
Ago – 15	36	65	83	11	20	215	885	0,243
Set – 15	69	42	172	24	31	338	1.904	0,177
Ott – 15	102	66	271	37	48	523	2.942	0,178
Nov – 15	108	66	285	39	50	547	3.097	0,177
Dic – 15	198	63	264	36	56	617	2.881	0,214
Totale	1.428	741	2.496	345	501	5.510	27.594	0,200
POD: IT001E00122 685	QUOTA ENERGIA	ONERI DI SISTEMA PARTE FISSA	ONERI DI SISTEMA PARTE VARIABILE	IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO (IVA INCLUSA)
ANNO 2016	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[kWh]	[€/kWh]
Gen – 16	194	65	297	42	60	657	3.334	0,197
Feb – 16	138	60	277	39	51	564	3.099	0,182
Mar – 16	118	62	259	36	48	524	2.901	0,181
Apr – 16	147	62	216	35	46	505	2.774	0,182
Mag – 16	160	62	219	35	48	523	2.817	0,186
Giu – 16	94	62	123	20	30	328	1.573	0,208
Lug – 16	77	62	85	14	24	262	1.090	0,241
Ago – 16	66	62	81	13	22	244	1.032	0,236
Set – 16	135	62	145	23	37	402	1.862	0,216
Ott – 16	217	62	210	34	52	576	2.684	0,214
Nov – 16	275	62	242	38	62	679	3.079	0,221
Dic – 16	254	62	237	38	59	651	3.025	0,215
Totale	1.876	746	2.390	366	538	5.916	29.270	0,202

Nel grafico in Figura 7.3 è riportato l'andamento del costo unitario del vettore elettrico nel triennio di riferimento e per le mensilità dell'anno 2017 per cui è stato possibile ricavare i costi unitari forniti dall'AEEGSI.

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

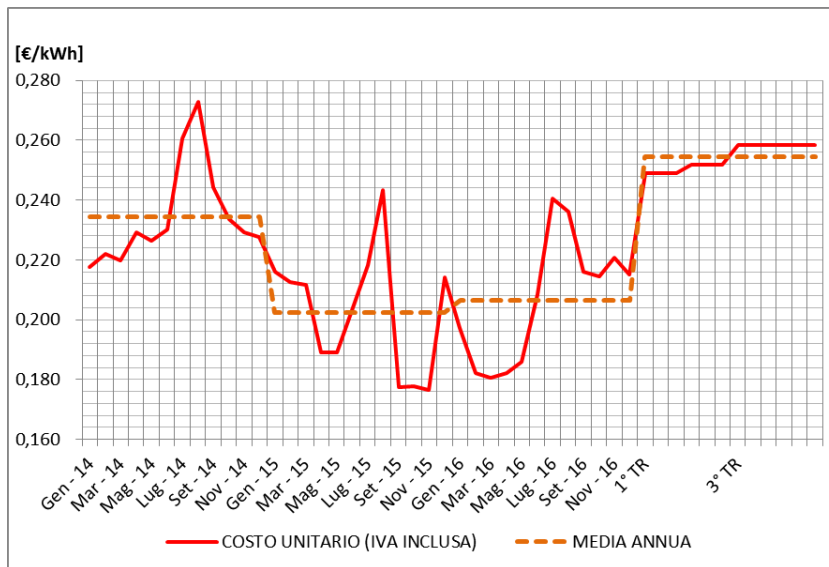
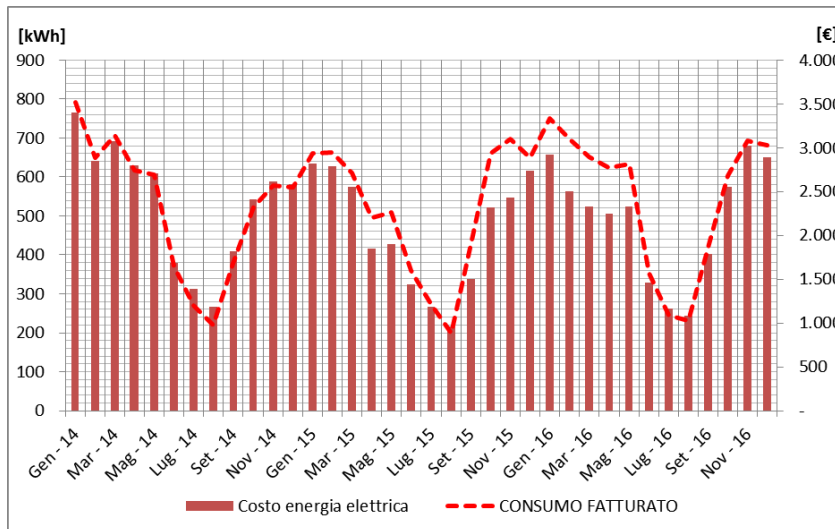


Figura 7.4 – Andamento dei consumi e dei costi dell’energia elettrica



Dall’analisi effettuata risulta evidente che l’andamento dei costi segue l’andamento dei consumi fatturati. Tuttavia si riesce anche a notare come il contratto stabilito con la società di fornitura GALA SPA sia stato il più conveniente nei tre anni di riferimento, essendo maggiore lo scostamento fra linea tratteggiata e barre. Tale valutazione risulta anche dai prezzi di fornitura dell’energia riportati per i tre anni.

7.2 TARIFFE E PREZZI VETTORI ENERGETICI UTILIZZATI NELL’ANALISI

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

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

Tabella 7.4 – Sintesi dei consumi nel triennio di riferimento

ANNO	VETTORE TERMICO			VETTORE ELETTRICO			TOTALE
	[kWh]	[€]	[€/kWh]	[kWh]	[€]	[€/kWh]	[€]
2014	255.489	22.910	0,090	27.935	6.417	0,230	29.327
2015	202.012	17.666	0,087	27.594	5.510	0,200	23.176
2016	231.270	17.978	0,078	29.270	5.916	0,202	23.894
2017	-	-	0,0777	-	-	0,254	-
Media	229.591	19.518	0,083	28.266	5.948	0,221	25.466

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

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

Definizione		Valore	U.M.
Costo unitario dell'energia termica	Valore relativo all'ultimo anno a disposizione	C _{UQ}	0,0777 [€/kWh]
Costo unitario dell'energia elettrica	Valore relativo all'ultimo anno a disposizione	C _{UEE}	0,254 [€/kWh]

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

7.3 COSTI DI GESTIONE E MANUTENZIONE DI EDIFICIO ED IMPIANTI

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

- L1-042-155: servizio SIE3

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

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

Tali servizi prevedono il pagamento di un canone annuale da parte della PA pari a 20.151,74 € IVA esclusa (24.585,12 € IVA inclusa), comprensivi della fornitura di gas naturale.

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

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

e sono ripartiti in una quota ordinaria (C_{M0}) e in una quota straordinaria (C_{MS}) come segue:

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

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

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

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

Definizione		Valore	U.M.
Costo per la gestione e manutenzione ordinaria	Corrispettivo annuale relativo al contratto O&M in essere	C_{MO} 4.102	[€/anno]
Costo per la manutenzione straordinaria	Media relativa a gli stessi anni considerati per il rilevamento dei consumi storici	C_{MS} 1.090	[€/anno]

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

7.4 BASELINE DEI COSTI

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

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

Per la componente energetica vale la seguente formula:

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

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

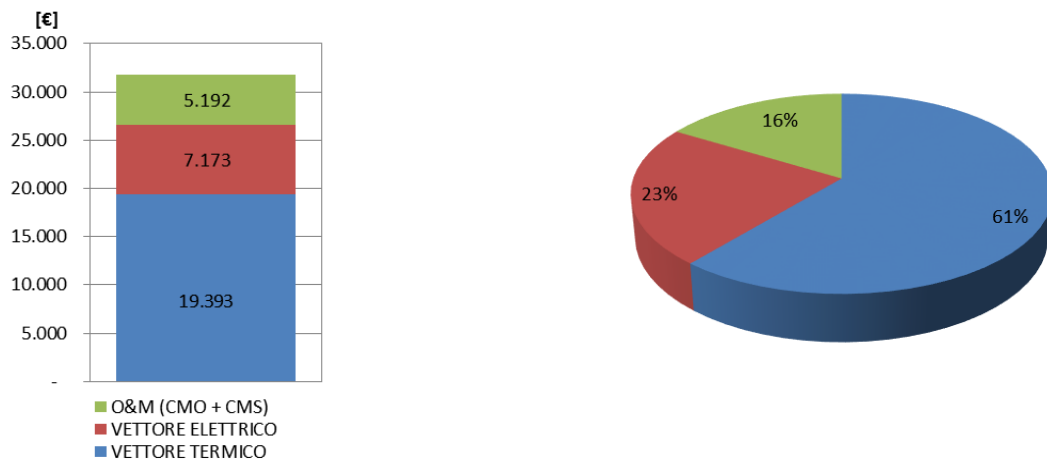
$$C_{baseline} = C_E + C_{MO} + C_{MS}$$

Ne risulta quindi un C_E pari a € 26.566 e un $C_{baseline}$ pari a € 31.758.

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

VETTORE TERMICO			VETTORE ELETTRICO				O&M ($C_{MO} + C_{MS}$)		TOTALE
$Q_{baseline}$	C_{uQ}	C_Q	$EE_{baseline}$	C_{uEE}	C_{EE}	C_M	C_{MO}	C_{MS}	$C_Q + C_{EE} + C_M$
[kWh]	[€/kWh]	[€]	[kWh]	[€/kWh]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]
249.264	0,078	19.393	28.266	0,254	7.173	5.192	4.102	1.090	31.758

Figura 7.5 – Baseline dei costi e loro ripartizione



8 IDENTIFICAZIONE DELLE MISURE DI EFFICIENZA ENERGETICA

8.1 DESCRIZIONE, FATTIBILITÀ E PRESTAZIONI DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI

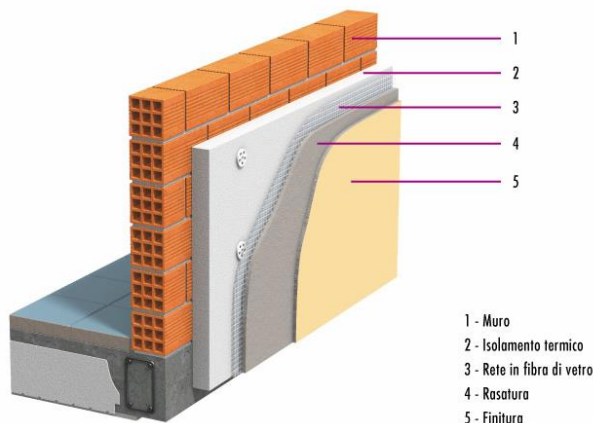
8.1.1 Involucro edilizio

EEM1: Coibentazione esterna pareti verticali

Generalità

La misura prevede l'isolamento delle pareti perimetrali esterne dell'edificio, il cosiddetto isolamento a "cappotto", allo scopo di ridurre i flussi termici tra l'ambiente interno e l'esterno dell'edificio.

Viene generalmente preferito all'isolamento termico interno in quanto permette di risolvere più facilmente i ponti termici presenti nella struttura ed evitare così la formazione di condense e muffe sulle pareti. Il "cappotto" è realizzabile quando si ha la possibilità di aumentare, verso l'esterno, lo spessore delle pareti (non si hanno vincoli di distanza né vincoli di natura architettonica o paesaggistica) e quando si ha uno spessore di muratura tale da generare abbastanza inerzia termica per garantire ottime prestazioni anche nel periodo estivo. Nel caso di vincolo paesaggistico, l'intervento può essere comunque realizzato previa autorizzazione paesaggistica rilasciata dagli enti preposti.



L'isolamento termico esterno permette dunque di:

- migliorare il comfort interno sia in estate che in inverno
- garantire risparmi economici
- preservare la durata della struttura dell'edificio
- aumentare il valore dell'immobile
- contribuire al limitare le emissioni di gas ad effetto serra

Caratteristiche funzionali e tecniche

Dal punto di vista tecnologico, l'intervento prevede l'installazione di un cappotto esterno alle pareti verticali dell'edificio con l'applicazione di:

- uno strato isolante applicato con tasselli e malta collante ad elevato potere adesivo: gli isolanti impiegati possono essere di natura plastica, come ad esempio, polistirene estruso o polietilene, di natura minerale come lana di roccia o lana di vetro, o di natura organica come sughero o fibre vegetali; l'isolante impiegato deve avere un basso coefficiente di dilatazione al calore, buone caratteristiche di traspirabilità e una buona resistenza meccanica;
- un ciclo di rete e rasatura per cappotto come finitura esterna con intonachino colorato o successiva tinteggiatura finale.

La valutazione delle migliorie ottenibili è stata effettuata considerando l'installazione di uno strato di materiale isolante esternamente alle murature esistenti, di spessore tale da rispondere positivamente alla verifica delle trasmittanze limite imposte dal Conto Termico 2.0.

In particolare per l'edificio oggetto di diagnosi si propone la coibentazione dei muri perimetrali identificati nel documento con il codice M2, M3, M4, M5, M6, attraverso l'applicazione di pannelli in polistirene espanso da 130 mm di spessore e densità 30 kg/m³. L'isolamento permette di ottenere

una trasmittanza termica media delle componenti opache verticali oggetto della coibentazione, comprensiva di ponti termici, pari a 0,246 W/(m²K).

Descrizione dei lavori

Il cappotto dovrà preservare l'estetica dell'edificio sia a livello delle proprie peculiarità architettoniche sia a livello di corretta integrazione con il contesto, specie se sottoposto a vincolo.

L'applicazione dei pannelli termoisolanti avverrà previa verifica e conseguimento dell'idoneità del sottofondo che dovrà essere ben asciutto, pulito, privo di polvere, senza umidità e sali, planare. Le parti ammalorate ed incoerenti dovranno essere bonificate con speciali malte di ripristino.

Si avrà cura di risvoltare il cappotto in corrispondenza delle rientranze degli infissi fino al massimo dell'accostamento consentito dal sistema-infisso al fine di ridurre al massimo i ponti termici.

I materiali dovranno essere dotati di apposita marcatura CE ed in generale i lavori dovranno essere eseguiti secondo le regole dell'arte e delle norme vigenti.

Prestazioni raggiungibili

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

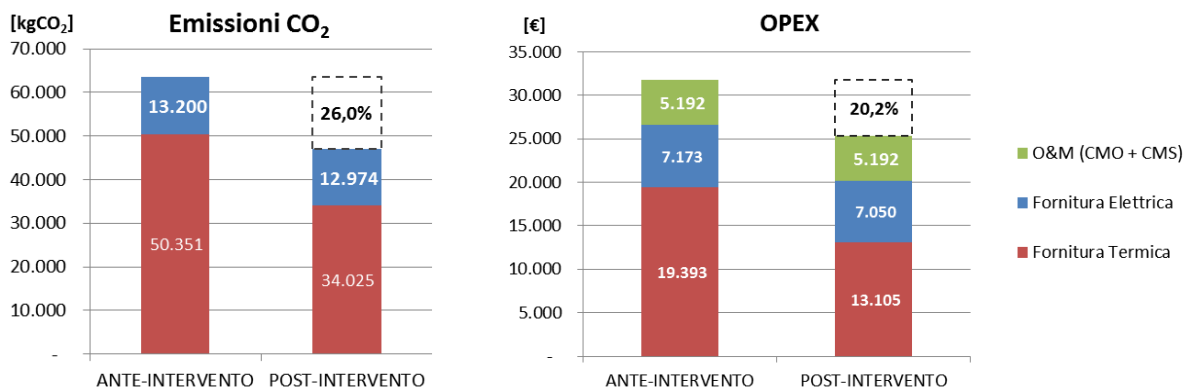
Le superfici disperdenti opache considerate nell'intervento contribuiscono a più del 30% alla potenza dispersa per trasmissione per l'intero edificio, per cui la coibentazione determina un importante effetto sulla riduzione dei consumi, delle emissioni di anidride carbonica e della spesa energetica, soprattutto e quasi esclusivamente per quanto concerne il gas naturale. Si ottiene inoltre un miglioramento di 1 classe energetica rispetto allo stato di fatto.

Tabella 8.1 – Risultati analisi EEM1 – Coibentazione esterna pareti verticali

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
EEM1 Trasmittanza termica media pareti verticali oggetto di intervento	[W/m ² K]	0,863	0,246	71,5%
Q _{teorico}	[kWh]	248.270	167.767	32,4%
EE _{teorico}	[kWh]	27.784	27.308	1,7%
Q _{baseline}	[kWh]	249.264	168.439	32,4%
EE _{Baseline}	[kWh]	28.266	27.782	1,7%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	50.351	34.025	32,4%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	13.200	12.974	1,7%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	63.552	46.999	26,0%
Fornitura Termica, C _Q	[€]	19.393	13.105	32,4%
Fornitura Elettrica, C _{EE}	[€]	7.173	7.050	1,7%
Fornitura Energia, C_E	[€]	26.566	20.155	24,1%
C _{MO}	[€]	4.102	4.102	0,0%
C _{MS}	[€]	1.090	1.090	0,0%
O&M (C _{MO} + C _{MS})	[€]	5.192	5.192	0,0%
OPEX	[€]	31.758	25.347	20,2%
Classe energetica	[-]	E	D	+1 classe

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

Nota (2) I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,078 [€/kWh] per il vettore termico e 0,254 [€/kWh] per il vettore elettrico

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

EEM2: Coibentazione esterna copertura

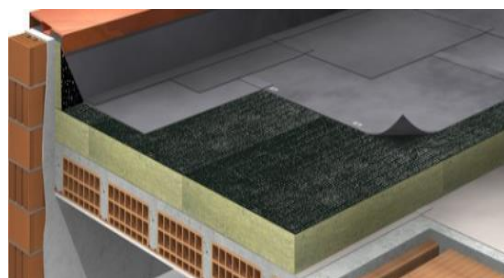
Generalità

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

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

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

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



Caratteristiche funzionali e tecniche

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

- un nuovo strato isolante: gli isolanti impiegati possono essere, ad esempio, polistirene estruso o vetro cellulare; l'isolante impiegato deve in ogni caso essere impermeabile all'acqua, avere un basso coefficiente di dilatazione al calore e una buona resistenza meccanica;
- un nuovo manto impermeabilizzante in doppia guaina bituminosa;
- (opzionale) una protezione del manto stesso conforme all'uso che tale copertura dovrà avere: ghiaia ed argilla espansa se non praticabile, pavimentazione se praticabile.

In questa fase abbiamo considerato, nella riproduzione su modello termico dell'intervento, il sistema isolante che consenta il raggiungimento delle trasmittanze limite per l'applicazione del Conto Termico 2.0. In particolare per l'edificio oggetto di diagnosi si propone la coibentazione della copertura della scuola identificata nel documento con il codice S1, attraverso l'applicazione di pannelli in polistirene espanso da 160 mm di spessore e densità 30 kg/m³. L'isolamento permette di ottenere una trasmittanza termica media, comprensiva di ponti termici, pari a 0,220 W/(m²K).

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

Descrizione dei lavori

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

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

Prestazioni raggiungibili

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

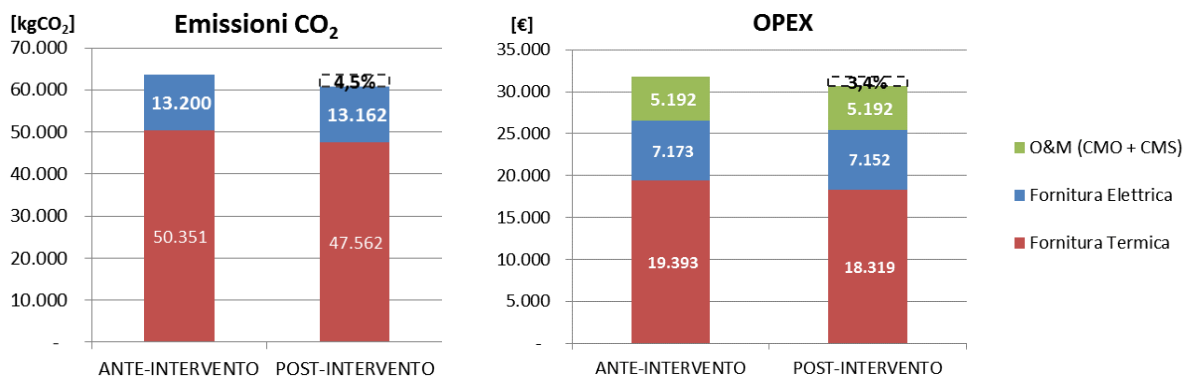
Le superficie opaca orizzontale considerate nell'intervento contribuisce a circa l'11% alla potenza dispersa per trasmissione per l'intero edificio; la coibentazione determina un effetto non trascurabile sulla riduzione dei consumi, delle emissioni di anidride carbonica e della spesa energetica, nonostante la superficie interessata dall'isolamento termico sia relativamente ridotta (circa 570 mq). Tuttavia non si ottiene un miglioramento di classe energetica rispetto allo stato di fatto.

Tabella 8.2 – Risultati analisi EEM2 – Coibentazione esterna copertura

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
EEM2 Trasmittanza media copertura	[W/m ² K]	1,375	0,220	84,0%
Q _{teorico}	[kWh]	248.270	234.514	5,5%
EE _{teorico}	[kWh]	27.784	27.703	0,3%
Q _{baseline}	[kWh]	249.264	235.454	5,5%
EE _{Baseline}	[kWh]	28.266	28.184	0,3%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	50.351	47.562	5,5%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	13.200	13.162	0,3%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	63.552	60.724	4,5%
Fornitura Termica, C _Q	[€]	19.393	18.319	5,5%
Fornitura Elettrica, C _{EE}	[€]	7.173	7.152	0,3%
Fornitura Energia, C_E	[€]	26.566	25.471	4,1%
C _{MO}	[€]	4.102	4.102	0,0%
C _{MS}	[€]	1.090	1.090	0,0%
O&M (C _{MO} + C _{MS})	[€]	5.192	5.192	0,0%
OPEX	[€]	31.758	30.663	3,4%
Classe energetica	[-]	E	E	+0 classi

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

Nota (2) I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,078 [€/kWh] per il vettore termico e 0,254 [€/kWh] per il vettore elettrico

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

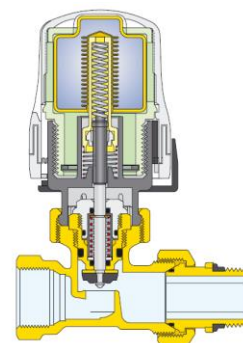
8.1.2 Impianto riscaldamento

EEM3: Installazione valvole termostatiche ed elettropompa di circolazione a giri variabili

Generalità

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

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



Caratteristiche funzionali e tecniche

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

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

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

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



raggiungendo ottimi risultati sia nel comfort che nel risparmio energetico.

Descrizione dei lavori

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

Prestazioni raggiungibili

I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione della EEM3 sono riportati nella L'intervento contribuisce notevolmente al miglioramento del rendimento di regolazione dell'impianto passando dal 70 % al 99%, agendo in collaborazione con la già presente regolazione con curva climatica e raggiungendo una notevole diminuzione dei consumi di gas naturale. I costi manutentivi andranno leggermente ad aumentare visto che si rende necessario un controllo periodico del corretto funzionamento di valvole e termostati di zona. L'azione permette inoltre di migliorare di 1 classe energetica l'edificio rispetto allo stato di fatto.

Tabella 8.3 e nella Figura 8.3.

L'intervento contribuisce notevolmente al miglioramento del rendimento di regolazione dell'impianto passando dal 70 % al 99%, agendo in collaborazione con la già presente regolazione con curva climatica e raggiungendo una notevole diminuzione dei consumi di gas naturale. I costi manutentivi andranno leggermente ad aumentare visto che si rende necessario un controllo periodico del corretto funzionamento di valvole e termostati di zona. L'azione permette inoltre di migliorare di 1 classe energetica l'edificio rispetto allo stato di fatto.

Tabella 8.3 – Risultati analisi EEM3 – Installazione valvole termostatiche ed elettropompa di circolazione a giri variabili

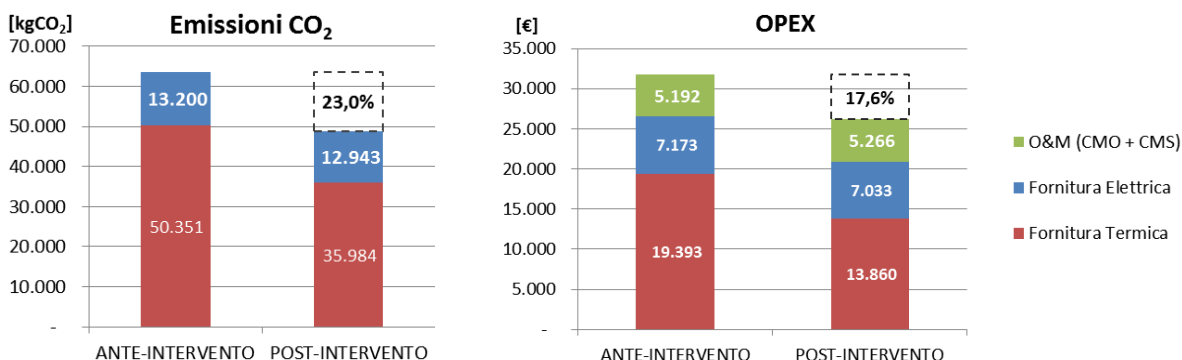
CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
EEM3 Rendimento di regolazione	[%]	70,9	99	-39,6%
Q _{teorico}	[kWh]	248.270	177.429	28,5%
EE _{teorico}	[kWh]	27.784	27.243	1,9%
Q _{baseline}	[kWh]	249.264	178.140	28,5%
EE _{baseline}	[kWh]	28.266	27.716	1,9%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	50.351	35.984	28,5%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	13.200	12.943	1,9%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	63.552	48.928	23,0%
Fornitura Termica, C _Q	[€]	19.393	13.860	28,5%
Fornitura Elettrica, C _{EE}	[€]	7.173	7.033	1,9%
Fornitura Energia, C_E	[€]	26.566	20.893	21,4%
C _{MO}	[€]	4.102	4.143	-1,0%
C _{MS}	[€]	1.090	1.123	-3,0%
O&M (C _{MO} + C _{MS})	[€]	5.192	5.266	-1,4%
OPEX	[€]	31.758	26.158	17,6%
Classe energetica	[-]	E	D	+1 classe

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

il vettore elettrico

Nota (2) I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,078 [€/kWh] per il vettore termico e 0,254 [€/kWh] per il vettore elettrico

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



8.1.3 Impianto produzione acqua calda sanitaria

Non sono previsti interventi sull'impianto di produzione ACS, composto da boiler elettrici. Azioni migliorative, come la produzione centralizzata con generatore dedicato, non sarebbero sostenibili dal punto di vista economico in quanto si necessiterebbe di una cospicua quantità di opere edilizie e impiantistiche.

8.1.4 Impianto di ventilazione e climatizzazione estiva

Non sono previsti interventi sugli impianti di ventilazione e climatizzazione estiva, in quanto non presenti nell'edificio.

8.1.5 Impianto di illuminazione ed impianto elettrico

EEM4: Sostituzione corpi illuminanti interni

Generalità

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

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

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

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



Caratteristiche funzionali e tecniche

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

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

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

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

Tabella 8.4 – Sostituzione corpi illuminanti

Potenza [W]	Tipologia	Corrispondenza LED [W]
1X18	Fluo T8	1X9
1X36	Fluo T8	1X22
2x18	Fluo T8	18
2X36	Fluo T8	32

In particolare per le plafoniere con lampade a fluorescenza 1x18W presenti nei soli vani scala e per quelle 1x36W presenti soltanto nella centrale termica è stata prevista la sola sostituzione delle lampade, mentre per le restanti tipologie è prevista la sostituzione completa di plafoniera e lampada.

Descrizione dei lavori

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

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

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

Prestazioni raggiungibili

I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione della EEM4 sono riportati nella Tabella 8.5 e nella Figura 8.4.

Con l'intervento in oggetto si riesce a ridurre di più del 50% la potenza installata per l'illuminazione interna dell'edificio, riducendo così di quasi il 35% il consumo di energia elettrica totale. I costi di manutenzione straordinaria subiranno una leggera diminuzione, considerando la loro vita utile superiore rispetto alle lampade a fluorescenza. L'azione migliorativa determina tuttavia un peggioramento della classe energetica.

Tabella 8.5 – Risultati analisi EEM4 – Sostituzione corpi illuminanti interni

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
EEM4 Potenza elettrica installata per l'illuminazione	[kW]	17,62	7,88	55,3%
Q _{teorico}	[kWh]	248.270	248.278	0,0%
EE _{teorico}	[kWh]	27.784	18.123	34,8%

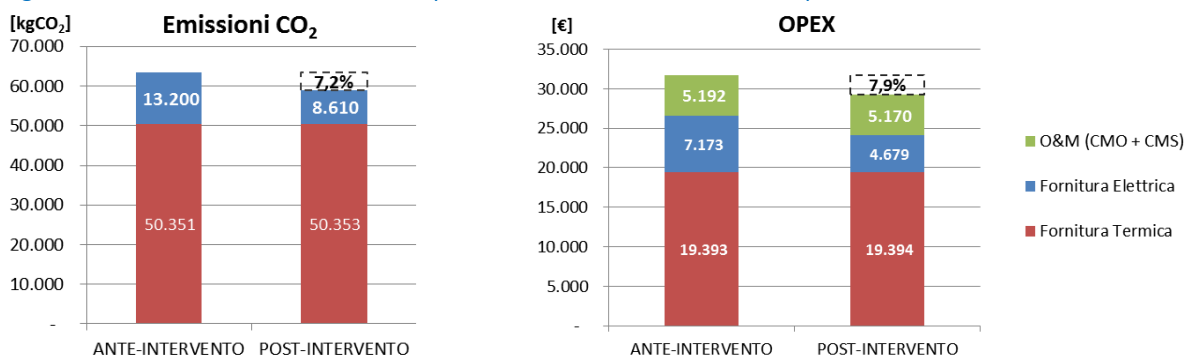
E1685 – SCUOLA ELEMENTARE E MEDIA “MAZZA”

Q_{baseline}	[kWh]	249.264	249.272	0,0%
EE_{Baseline}	[kWh]	28.266	18.438	34,8%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	50.351	50.353	0,0%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	13.200	8.610	34,8%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	63.552	58.963	7,2%
Fornitura Termica, C_Q	[€]	19.393	19.394	0,0%
Fornitura Elettrica, C_{EE}	[€]	7.173	4.679	34,8%
Fornitura Energia, C_E	[€]	26.566	24.073	9,4%
C_{MO}	[€]	4.102	4.102	0,0%
C_{MS}	[€]	1.090	1.068	2,0%
O&M ($C_{MO} + C_{MS}$)	[€]	5.192	5.170	0,4%
OPEX	[€]	31.758	29.243	7,9%
Classe energetica	[-]	E	F	-1 classe

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

Nota (2) I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,078 [€/kWh] per il vettore termico e 0,254 [€/kWh] per il vettore elettrico

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



8.1.6 Impianto di generazione da fonti rinnovabili

Non sono previsti interventi sugli impianti di generazione da fonte rinnovabile.

9 VALUTAZIONE ECONOMICO-FINANZIARIA

9.1 ANALISI DEI COSTI DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI CONSIDERATI FATTIBILI

EEM1: Coibentazione esterna pareti verticali

Nella La realizzazione di tale intervento consentirebbe l'ottenimento degli incentivi previsti dal conto termico 2.0, i quali sono quantificati nel 40% dell'investimento iniziale, dato l'importo iniziale inferiore ai 400000 €, il costo unitario inferiore ai 100 €/m² e la trasmittanza inferiore a 0,260 W/(m²K).

Tabella 9.1 è riportata l'analisi dei costi relativi alla EEM1, che consiste nella coibentazione verso l'esterno delle pareti verticali dell'immobile.

La realizzazione di tale intervento consentirebbe l'ottenimento degli incentivi previsti dal conto termico 2.0, i quali sono quantificati nel 40% dell'investimento iniziale, dato l'importo iniziale inferiore ai 400000 €, il costo unitario inferiore ai 100 €/m² e la trasmittanza inferiore a 0,260 W/(m²K).

Tabella 9.1 – Analisi dei costi della EEM1 – Coibentazione esterna pareti verticali

CODICE	DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO [€/m ²]	TOTALE	IVA	TOTALE
						(IVA ESCLUSA) [€]	[%]	(IVA INCLUSA) [€]
95.B10.S10.010	Ponteggiature "di facciata", in elementi metallici prefabbricati e/o "giunto-tubo"	Prezzario Regione Liguria	2748	m ²	€ 12,98	€ 35.673,32	22%	€ 43.521,45
25.A05.E20.010	Picchettatura di intonaco	Prezzario Regione Liguria	2341	m ²	€ 5,15	€ 12.045,51	22%	€ 14.695,52
01.P09.A26.02 5	Pannello in polistirene espanso sintetizzato (EPS) spessore 140 mm	Prezzario Regione Piemonte	2341	m ²	€ 18,04	€ 42.223,13	22%	€ 51.512,22
03.A07.A01.005	Realizzazione di isolamento termico a cappotto con lastre di qualsiasi dimensione e spessore	Prezzario Regione Piemonte	2341	m ²	€ 12,95	€ 30.326,59	22%	€ 36.998,44
25.A90.A20.010	Tinteggiatura di superfici murarie esterne con idropittura acrilica (prime due mani)	Prezzario Regione Liguria	2341	m ²	€ 6,63	€ 15.514,45	22%	€ 18.927,62
	Costi per la sicurezza	-	3%	%		€ 4.073,49	22%	€ 4.969,66
	Costi progettazione (in % su importo lavori)	-	7%	%		€ 9.504,81	22%	€ 11.595,87
TOTALE (I₀ – EEM1)						€ 149.361,29	22%	€ 182.220,78
Incentivi		Conto termico				€ 72.888,31		
Durata incentivi						5		
Incentivo annuo						€ 14.577,66		

EEM2: Coibentazione esterna copertura

Nella Tabella 9.2 è riportata l'analisi dei costi relativi alla EEM2, che consiste nella coibentazione verso l'esterno della copertura dell'immobile.

La realizzazione di tale intervento consentirebbe l'ottenimento degli incentivi previsti dal conto termico 2.0, i quali sono quantificati nel 40% dell'investimento iniziale, dato l'importo iniziale

inferiore ai 400000 €, il costo unitario inferiore ai 200 €/ m² e la trasmittanza inferiore a 0,220 W/(m²K).

Tabella 9.2 – Analisi dei costi della EEM2 – Coibentazione esterna copertura

CODICE	DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO	TOTALE	IVA	TOTALE
						(IVA ESCLUSA)	(IVA INCLUSA)	
					[€/m ²] o [€/m]	[€]	[%]	[€]
25.A05.C10.010	Demolizione di manti impermeabili su superfici piane o inclinate	Prezzario Regione Liguria	568	m ²	€ 6,25	€ 3.552,58	22%	€ 4.334,15
01.P09.A22.015	Pannello in polistirene espanso sintetizzato (EPS) spessore 60 mm	Prezzario Regione Piemonte	568	m ²	€ 14,23	€ 8.081,09	22%	€ 9.858,93
01.P09.A22.025	Pannello in polistirene espanso sintetizzato (EPS) spessore 100 mm	Prezzario Regione Piemonte	568	m ²	€ 18,80	€ 10.678,40	22%	€ 13.027,65
03.P10.B01.005	Guaina in fibre di polietilene, barriera al vento e all'acqua, traspirante, esente da esalazioni di sostanze tossiche. Rotolo		568	m ²	€ 13,95	€ 7.926,18	22%	€ 9.669,94
25.A44.A50.010	Solo posa di isolamento termico-acustico superfici orizzontali (coperture e simili)	Prezzario Regione Piemonte	568	m ²	€ 6,07	€ 3.449,31	22%	€ 4.208,16
25.A48.A30.010	Solo posa in opera di membrane bituminose semplici, autoprotette, rivestite con lamine metalliche e simili	Prezzario Regione Liguria	568	m ²	€ 10,74	€ 6.098,25	22%	€ 7.439,87
AT.N20.S10.065	Ponteggio per castello di servizio 3,60x1,10 m (due castelli affiancati) misurato in altezza		9	m	€ 174,59	€ 1.571,32	22%	€ 1.917,01
28.A05.B10	Parapetto anticaduta in assi di legno		133	m	€ 13,95	€ 1.855,95	22%	€ 2.264,26
	Costi per la sicurezza	-	3%	%		€ 1.296,39	22%	€ 1.581,60
	Costi progettazione (in % su importo lavori)	-	7%	%		€ 3.024,92	22%	€ 3.690,40
TOTALE (I₀ – EEM2)						€ 47.534,40	22%	€ 57.991,97
Incentivi		Conto termico						€ 23.196,79
Durata incentivi								5
Incentivo annuo								€ 4.639,36

EEM3: Installazione valvole termostatiche ed elettropompa di circolazione a giri variabili

Nella Tabella 9.3 è riportata l'analisi dei costi relativi alla EEM3, che consiste nell'installazione di valvole termostatiche ed elettropompa di circolazione a giri variabili.

La realizzazione di tale intervento consentirebbe l'ottenimento degli incentivi previsti dal conto termico 2.0, i quali sono quantificati nel 40% dell'investimento iniziale, dato l'importo iniziale inferiore ai 50000 € e il costo unitario inferiore ai 25 €/m².

Tabella 9.3 – Analisi dei costi della EEM3 – Installazione valvole termostatiche ed elettropompa di circolazione a giri variabili

CODICE	DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO	TOTALE	IVA	TOTALE
					[€/n°] o [€/h]	(IVA ESCLUSA) [€]	[%]	(IVA INCLUSA) [€]
PR.C17.A15.010	Valvole micrometriche a squadra complete di testa termostatica	Prezzario Regione Liguria	132	cad	€ 32,20	€ 4.250,40	22%	€ 5.185,49
PR.C47.H10.115	Circolatori per impianti di riscaldamento e condizionamento a velocità variabile	Prezzario Regione Liguria	1	cad	€ 4.170,19	€ 4.170,19	22%	€ 5.087,63
40.E10.A10.020	Sola posa in opera di pompe e/o circolatori singoli o gemellari	Prezzario Regione Liguria	1	cad	€ 57,84	€ 57,84	22%	€ 70,56
PR.E40.B05.210	Interruttore automatico magnetotermico	Prezzario Regione Liguria	1	cad	€ 20,63	€ 20,63	22%	€ 25,17
PR.C74.B05.010	Termostato ambiente tipo elettronico, con display a cristalli liquidi	Prezzario Regione Liguria	5	cad	€ 123,34	€ 616,68	22%	€ 752,35
RU.M01.E01.020	Impianti Elettrici Idraulici Riscaldamento Installatore 4° cat. Ex operaio specializzato	Prezzario Regione Liguria	47	h	€ 28,98	€ 1.362,15	22%	€ 1.661,82
	Costi per la sicurezza	-	3%	%		€ 314,34	22%	€ 383,49
	Costi progettazione	-	7%	%		€ 733,45	22%	€ 894,81
TOTALE (I₀ – EEM3)						€ 11.525,67	22%	€ 14.061,32
Incentivi		Conto termico						€ 5.624,53
Durata incentivi								5
Incentivo annuo								€ 1.124,91

EEM4: Sostituzione corpi illuminanti interni

Nella Tabella 9.4 è riportata l'analisi dei costi relativi alla EEM4, che consiste nella sostituzione corpi illuminanti interni.

La realizzazione di tale intervento consentirebbe l'ottenimento degli incentivi previsti dal conto termico 2.0, i quali sono quantificati nel 40% dell'investimento iniziale, dato l'importo iniziale inferiore ai 70000 € e il costo unitario inferiore ai 35 €/ m².

Tabella 9.4 – Analisi dei costi della EEM4 – Sostituzione corpi illuminanti interni

CODICE	DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO	TOTALE	IVA	TOTALE
					[€/n°] o [€/h]	(IVA ESCLUSA) [€]	[%]	(IVA INCLUSA) [€]

1E.06.060.0140.d	Plafoniera a tenuta stagna per installazione diretta a parete o a soffitto, o a sospensione. Bilampada led - lunghezza 690 mm	Prezzario Milano	12	cad	€ 122,90	€ 1.474,80	22%	€ 1.799,26
1E.06.060.0140.e	Plafoniera a tenuta stagna per installazione diretta a parete o a soffitto, o a sospensione. Bilampada led - lunghezza 1300 mm	Prezzario Milano	232	cad	€ 141,55	€ 32.840,65	22%	€ 40.065,60
1E.06.060.0210.a	Lampade a led a tubo - Lunghezza 600 mm	Prezzario Milano	27	cad	€ 21,46	€ 579,52	22%	€ 707,01
1E.06.060.0210.c	Lampade a led a tubo - Lunghezza 1200 mm	Prezzario Milano	4	cad	€ 31,54	€ 126,15	22%	€ 153,90
	Costi per la sicurezza	-	3%	%		€ 21,17	22%	€ 25,83
	Costi progettazione (in % su importo lavori)	-	7%	%		€ 49,40	22%	€ 60,26
TOTALE (I₀ – EEM4)						€ 35.091,68	22%	€ 42.811,86
	Incentivi	Conto termico						€ 17.124,74
	Durata incentivi							5
	Incentivo annuo							€ 3.424,95

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):

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

Dove:

- I₀ è il valore dell'investimento iniziale;

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

2) Tempo di ritorno attualizzato (TRA):

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

Dove:

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

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

Dove:

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

3) Valore Attuale Netto (VAN) del progetto:

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

Dove:

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

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

5) Indice di Profitto (IP):

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

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

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

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

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

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

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

EEM1: Coibentazione esterna pareti verticali

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

Tabella 9.5 – Risultati dell'analisi di convenienza della EEM1– Coibentazione esterna pareti verticali

PARMETRO FINANZIARIO		U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	I_0	€	182.221
Oneri Finanziari % I_0	OF	[%]	3,0%
Aliquota IVA	%IVA	[%]	22,0%
Anno recupero erariale IVA	n_{IVA}	anni	3
Vita utile	n	anni	30
Incentivo annuo	B	€/anno	14.578
Durata incentivo	n_B	anni	5
Tasso di attualizzazione	i	[%]	3,5%
INDICE FINANZIARIO DI PROGETTO		VALORE SENZA INCENTIVI	VALORE SENZA INCENTIVI
Tempo di rientro semplice	TRS	25,1	14,6
Tempo di rientro attualizzato	TRA	41,9	24,8
Valore attuale netto	VAN	- 53.399	11.498
Tasso interno di rendimento	TIR	1,1%	4,8%
Indice di profitto	IP	-0,29	0,06

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

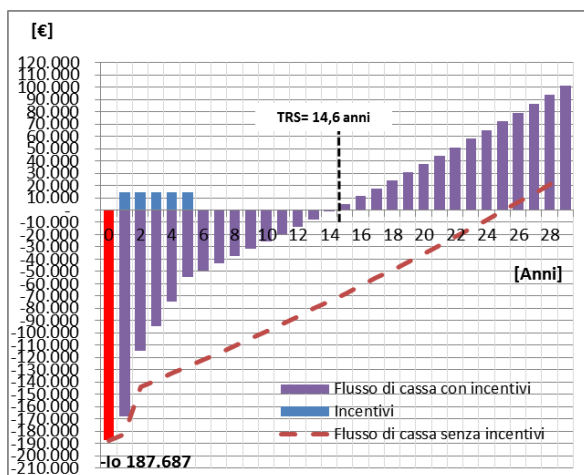
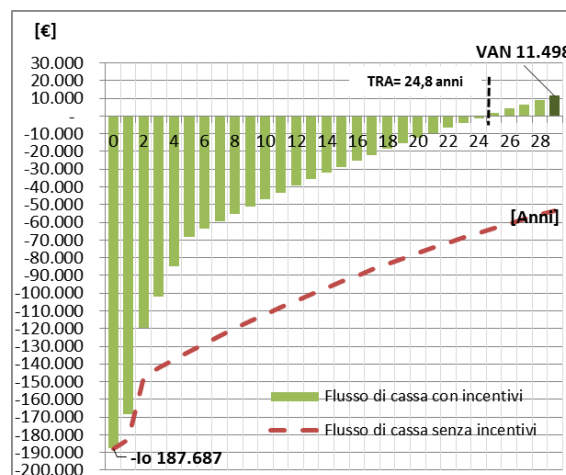


Figura 9.2 – EEM1: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



Dall'analisi effettuata è emerso che il tempo di ritorno semplice dell'intervento senza incentivi è di circa 15 anni, su un tempo di vita dell'intervento stimato essere di 30 anni. Il tempo di ritorno attualizzato risulta inferiore al tempo di vita dell'intervento nel caso di accesso all'incentivo previsto, rendendo quindi l'EEM1 conveniente, con un VAN al trentesimo anno di oltre 11000€.

EEM2: Coibentazione esterna copertura

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

Tabella 9.6 – Risultati dell'analisi di convenienza della EEM2– Coibentazione esterna copertura

PARMETRO FINANZIARIO		U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	I_0	€	57.992
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	4.639
Durata incentivo	n _B	anni	5
Tasso di attualizzazione	i	[%]	3,5%
INDICE FINANZIARIO DI PROGETTO		VALORE SENZA INCENTIVI	VALORE SENZA INCENTIVI
Tempo di rientro semplice	TRS	42,9	24,9
Tempo di rientro attualizzato	TRA	65,3	37,3
Valore attuale netto	VAN	- 32.310	- 11.657
Tasso interno di rendimento	TIR	-2,6%	1,0%
Indice di profitto	IP	-0,56	-0,20

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

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

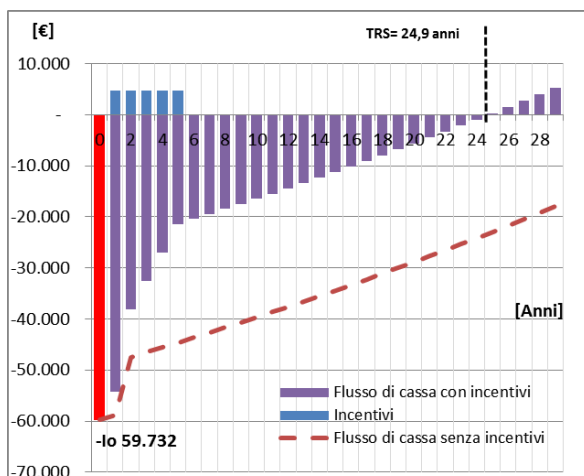
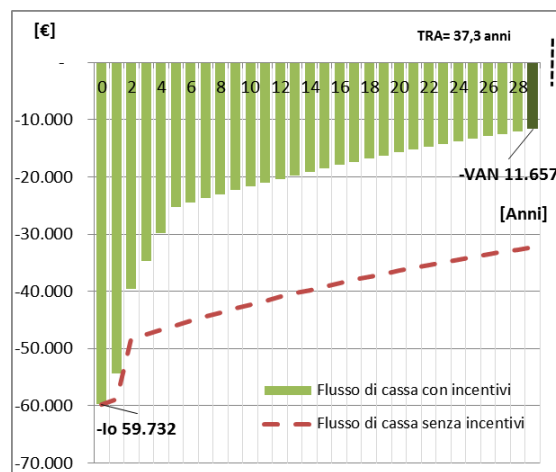


Figura 9.4 – EEM2: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



Dal punto di vista economico l'intervento proposto non può essere considerato sostenibile, infatti determina un VAN negativo al trentesimo anno di vita nonostante il vantaggio derivante dagli incentivi. I risparmi derivanti da tale coibentazione sono relativamente ridotti a causa della bassa incidenza sui fabbisogni energetici determinati dal componente oggetto di intervento; tuttavia è stata presentata come azione migliorativa in quanto potrebbe contribuire alla costruzione di uno scenario valido e soprattutto vista la necessità di ristrutturare il solaio di copertura, trovato danneggiato al momento del sopralluogo, come descritto nei capitoli precedenti.

EEM3: Installazione valvole termostatiche ed elettropompa di circolazione a giri variabili

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

Tabella 9.7 – Risultati dell'analisi di convenienza della EEM3– Installazione valvole termostatiche ed elettropompa di circolazione a giri variabili

PARAMETRO FINANZIARIO		U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	I ₀	€	14.061
Oneri Finanziari %I ₀	OF	[%]	3,0%
Aliquota IVA	%IVA	[%]	22,0%
Anno recupero erariale IVA	n _{IVA}	anni	3

Vita utile	n	anni	15
Incentivo annuo	B	€/anno	1.125
Durata incentivo	n _B	anni	5
Tasso di attualizzazione	i	[%]	3,5%
INDICE FINANZIARIO DI PROGETTO		VALORE SENZA INCENTIVI	VALORE CON INCENTIVI
Tempo di rientro semplice	TRS	2,6	2,2
Tempo di rientro attualizzato	TRA	2,8	2,3
Valore attuale netto	VAN	40.588	45.596
Tasso interno di rendimento	TIR	36,1%	42,9%
Indice di profitto	IP	2,89	3,24

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

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

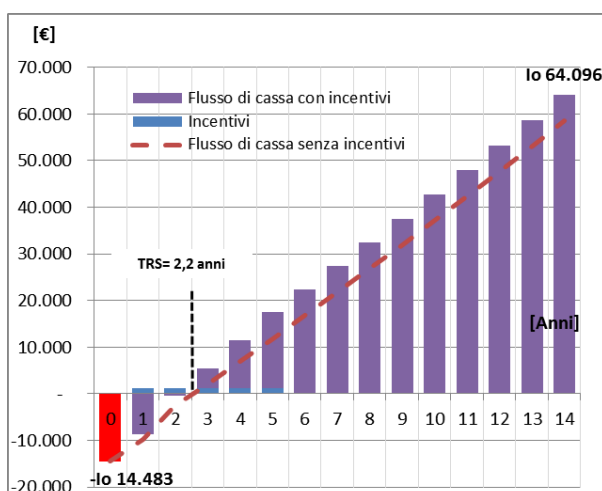
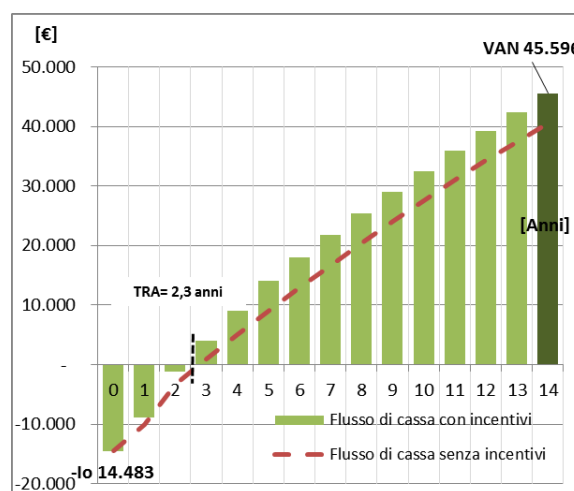


Figura 9.6 – EEM3: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



L'installazione delle valvole termostatiche sui terminali di emissione dell'edificio si conferma essere un intervento fortemente vantaggioso, essendo determinato da un investimento iniziale relativamente ridotto ma portando con sé un notevole vantaggio in termini di risparmio energetico ed economico. L'investimento ha infatti un tempo di ritorno attualizzato di circa 2 anni con un VAN a 15 anni superiore ai 45000€.

EEM4: Sostituzione corpi illuminanti interni

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

Tabella 9.8 – Risultati dell'analisi di convenienza della EEM4 – Sostituzione corpi illuminanti interni

PARAMETRO FINANZIARIO		U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	I ₀	€	42.812
Oneri Finanziari %I ₀	OF	[%]	3,0%
Aliquota IVA	%IVA	[%]	22,0%
Anno recupero erariale IVA	n _{IVA}	anni	3
Vita utile	n	anni	15
Incentivo annuo	B	€/anno	3.425
Durata incentivo	n _B	anni	5
Tasso di attualizzazione	i	[%]	3,5%

INDICE FINANZIARIO DI PROGETTO		VALORE SENZA INCENTIVI	VALORE SENZA INCENTIVI
Tempo di rientro semplice	TRS	16,8	8,9
Tempo di rientro attualizzato	TRA	21,5	12,8
Valore attuale netto	VAN	- 13.299	1.948
Tasso interno di rendimento	TIR	-1,7%	4,9%
Indice di profitto	IP	-0,31	0,05

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

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

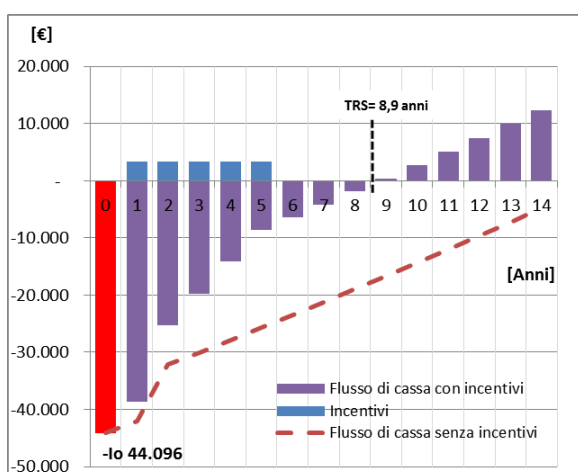
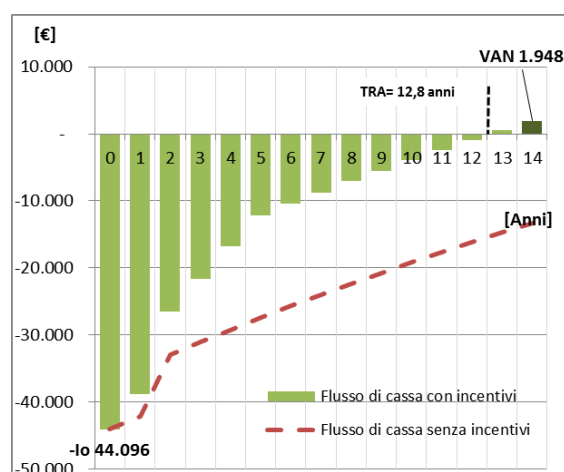


Figura 9.8 – EEM4: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



Dall'analisi effettuata è emerso che il tempo di ritorno semplice dell'intervento con incentivi è di circa 9 anni, su un tempo di vita dell'intervento stimato essere di 15 anni. Il tempo di ritorno attualizzato risulta anch'esso inferiore al tempo di vita dell'intervento nel caso di accesso all'incentivo previsto, con un VAN superiore a 1900 € ai 15 anni.

Sintesi

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

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

	SENZA INCENTIVI											
	% Δ_E [%]	% Δ_{CO_2} [%]	ΔC_E [€/anno]	ΔC_{MO} [€/anno]	ΔC_{MS} [€/anno]	I_0 [€]	TRS [anni]	TRA [anni]	n [anni]	VAN [€]	TIR [%]	IP [-]
EEM 1	29,3%	26,0%	6.411	0	0	182.221	25,1	41,9	30	-53.399	1,1%	-0,29
EEM 2	5,0%	4,5%	1.095	0	0	57.992	42,9	65,3	30	-32.310	-2,6%	-0,56
EEM 3	25,8%	23,0%	5.673	-41	-33	14.061	2,6	2,8	15	40.588	36,1%	2,89
EEM 4	3,5%	7,2%	2.493	0	22	42.812	16,8	21,5	15	-13.299	-1,7%	-0,31

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

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

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

Dall'analisi dei risultati valutati senza gli incentivi emerge che l'unico intervento con VAN positivo è l'EEM3 relativo all'installazione di valvole termostatiche e circolatore ad inverter. Gli altri riportano un VAN negativo senza il Conto Termico.

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

	CON INCENTIVI											
	% ΔE [%]	% ΔCO_2 [%]	ΔC_E [€/anno]	ΔC_{MO} [€/anno]	ΔC_{MS} [€/anno]	I_0 [€]	TRS [anni]	TRA [anni]	n [anni]	VAN [€]	TIR [%]	IP [-]
EEM 1	29,3%	26,0%	6.411	0	0	182.221	14,6	24,8	30	11.498	4,8%	0,06
EEM 2	5,0%	4,5%	1.095	0	0	57.992	24,9	37,3	30	-11.657	1,0%	-0,20
EEM 3	25,8%	23,0%	5.673	-41	-33	14.061	2,2	2,3	15	45.596	42,9%	3,24
EEM 4	3,5%	7,2%	2.493	0	22	42.812	8,9	12,8	15	1.948	4,9%	0,05

Con l'accesso agli incentivi del Conto Termico anche la coibentazione delle pareti verticali (EEM1) e la sostituzione dei corpi illuminanti (EEM4) raggiungono un VAN positivo, mentre l'intervento di coibentazione della copertura continua ad essere non vantaggioso. Nonostante questa situazione si è proceduto ugualmente a considerarli tutti negli scenari di miglioramento SCN1 ed SCN2, dato che la combinazione di diverse azioni di efficientamento può portare a benefici superiori rispetto alla semplice somma aritmetica dei risparmi determinati dai singoli interventi.

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

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

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

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

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

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

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

Nella formulazione del Piano Economico-Finanziario indicativo degli scenari ottimali, si è assunto che i capitali per la realizzazione degli interventi siano resi disponibili da un privato, con una ripartizione dell'investimento al 20% tramite mezzi propri (equity) ed all'80% tramite finanziamento terzi

(debito). Nel calcolo del VAN di Progetto il tasso di attualizzazione i usato coincide con il WACC (costo medio ponderato del capitale) ed è posto pari al 4%, sulla base della seguente equazione:

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

Dove:

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

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

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

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

Essi sono così definiti:

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

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

Dove:

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

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

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

Dove:

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

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

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

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

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

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

- **Scenario 1: EEM3+EEM4** - Tale scenario consiste nell'installazione di un sistema di *building automation* mediante l'uso di valvole termostatiche e di una pompa di circolazione a giri variabili e nella sostituzione dei corpi illuminanti.
- **Scenario 2: EEM1+EEM3+EEM4** - Tale scenario consiste nella combinazione di tre delle quattro EEM presentate in precedenza, ovvero nella realizzazione di una coibentazione delle murature verticali, nella sostituzione dei corpi illuminanti e nell'installazione di un sistema di *building automation* mediante l'uso di valvole termostatiche e di una pompa di circolazione a giri variabili.

9.3.1 Scenario 1: EEM3+EEM4

La realizzazione dello scenario 1 (TRS<15anni) consiste nella combinazione delle EEM di seguito elencate:

- EEM 3: Installazione valvole termostatiche e elettropompa di circolazione a giri variabili
- EEM 4: Sostituzione corpi illuminanti

Tabella 9.11 – Combinazione di EEM proposta per lo scenario 1

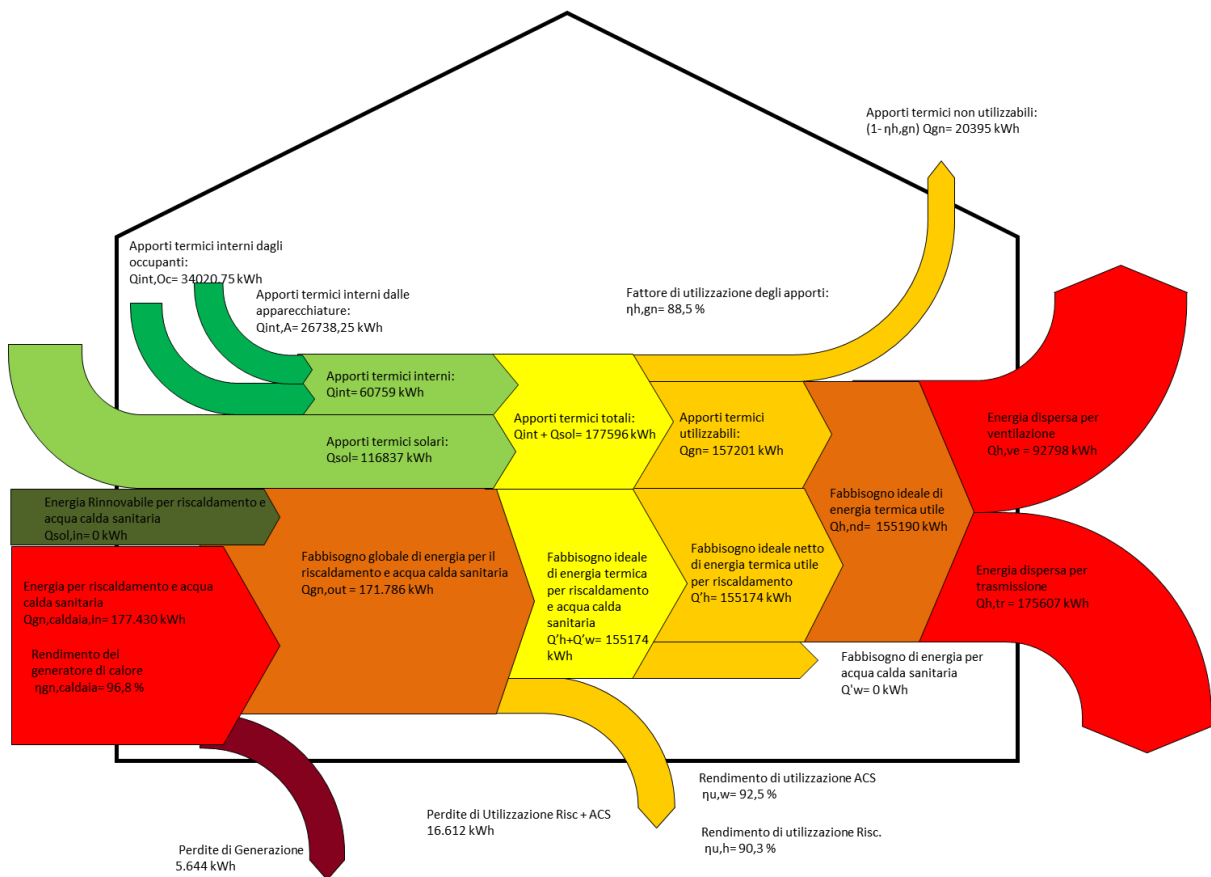
VOCE INVESTIMENTO	TOTALE (IVA ESCLUSA)	IVA AL 22%	TOTALE (IVA INCLUSA)
	[€]	[€]	[€]
EEM3 – Fornitura e posa valvole termostatiche e pompa ad inverter	€ 10.477,88	€ 2.305,13	€ 12.783,02
EEM4 – Fornitura e posa lampade a led	€ 35.021,12	€ 7.704,65	€ 42.725,76
Costi per la sicurezza	€ 335,51	€ 73,81	€ 409,32
Costi per la progettazione	€ 782,85	€ 172,23	€ 955,07
TOTALE (Ia)	€ 46.617,35	€ 10.255,82	€ 56.873,17
VOCE MANUTENZIONE	C _{MO} (IVA INCLUSA)	C _{MS} (IVA INCLUSA)	C _M (IVA INCLUSA)
	[€]	[€]	[€]

EEM3 O&M	€ 4.142,59	€ 1.123,00	€ 5.265,60
EEM4 O&M	€ 4.101,58	€ 1.068,49	€ 5.170,07
TOTALE (C_M)	€ 4.142,59	€ 1.101,20	€ 5.243,79
VOCE INCENTIVO	DESCRIZIONE	TOTALE (IVA INCLUSA)	
		[€]	
Incentivi	Conto termico	€ 22.749,27	
Durata incentivi		5	
Incentivo annuo		€ 4.549,85	

L'incentivo per lo scenario in esame è stato calcolato come somma aritmetica degli incentivi dei due singoli interventi.

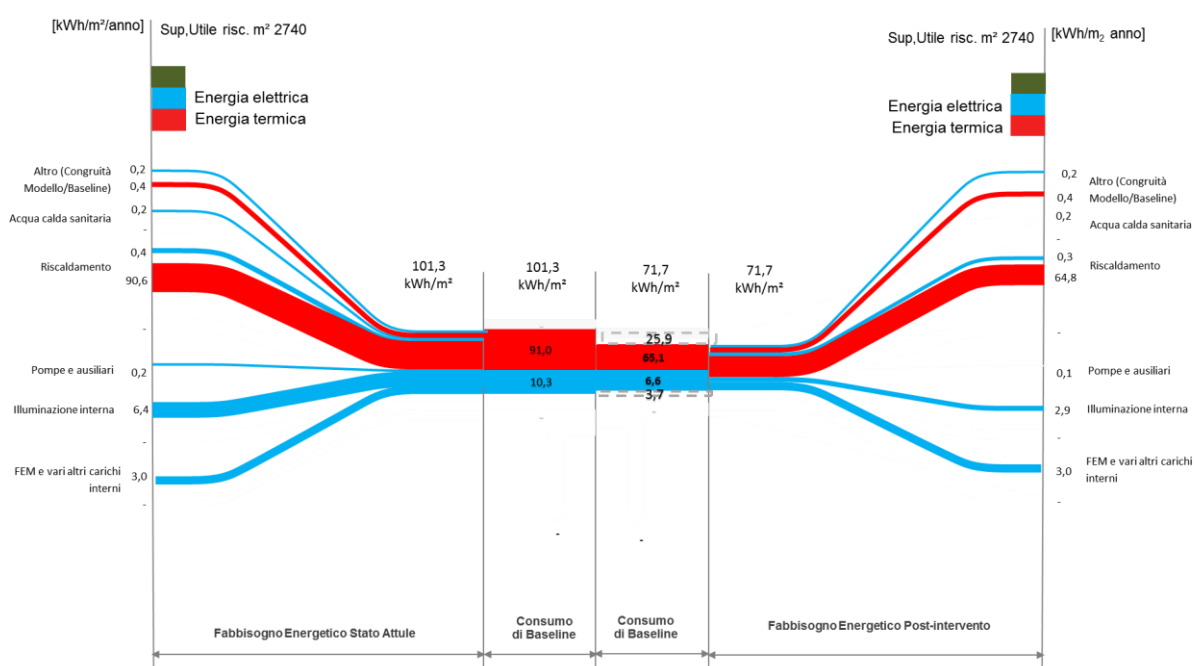
A seguito della modellazione dei due scenari ottimali è stato possibile rappresentare i risultati del bilancio energetico termico nella forma di diagramma di Sankey relativo alle situazioni post-intervento.

Figura 9.9 – SCN1: Diagramma di Sankey relativo al fabbisogno termico post intervento



Dall'analisi del diagramma di Sankey relativo al fabbisogno termico dell'edificio post intervento è possibile notare come siano aumentati i rendimenti di utilizzazione del riscaldamento e degli apporti, grazie al miglioramento nella regolazione e nella distribuzione dell'impianto di climatizzazione invernale, pur avendo le stesse dispersioni termiche attraverso l'involucro. Anche il rendimento del generatore ha subito un miglioramento minimo rispetto allo stato di fatto.

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



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

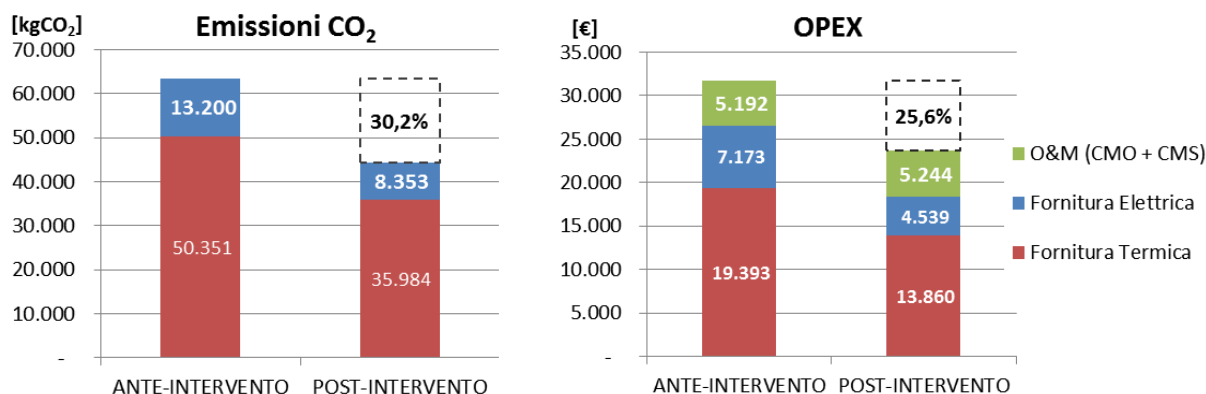
Dai risultati dell'analisi dello SCN1 non si ha avuto un passaggio di 2 classi energetiche; valutando i due interventi coinvolti nello scenario era prevedibile che il miglioramento di classe offerto dall'EEM3 venisse annullato dal peggioramento determinato dall'EEM4.

Tabella 9.12 – Risultati analisi SCN1 – EEM3+EEM4

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE %
EEM3 Rendimento di regolazione	[%]	70,9	99	-39,6%
EEM4 Potenza elettrica installata per l'illuminazione	[kW]	17,622	7,883	55,3%
$Q_{teorico}$	[kWh]	248.270	177.429	28,5%
$EE_{teorico}$	[kWh]	27.784	17.582	36,7%
$Q_{baseline}$	[kWh]	249.264	178.140	28,5%
$EE_{baseline}$	[kWh]	28.266	17.887	36,7%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	50.351	35.984	28,5%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	13.200	8.353	36,7%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	63.552	44.338	30,2%
Fornitura Termica, C_Q	[€]	19.393	13.860	28,5%
Fornitura Elettrica, C_{EE}	[€]	7.173	4.539	36,7%
Fornitura Energia, C_E	[€]	26.566	18.399	30,7%
C_{MO}	[€]	4.102	4.143	-1,0%
C_{MS}	[€]	1.090	1.101	-1,0%
O&M ($C_{MO} + C_{MS}$)	[€]	5.192	5.244	-1,0%
OPEX	[€]	31.758	23.642	25,6%
Classe energetica	[-]	E	E	+0 classi

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

Nota (2) I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,078 [€/kWh] per il vettore termico e 0,254 [€/kWh] per il vettore elettrico

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

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

Tabella 9.13 – Parametri finanziari dell'analisi di redditività dello SCN1– EEM3+EEM4

PARAMETRI FINANZIARI		
Anni Costruzione	n_i	1
Anni Gestione Servizio	n_s	14
Anni Concessione	n	15
Anno inizio Concessione	n_o	2020
Anni dell'ammortamento	n_A	10
Saggio Cassa Deposito e Prestiti	k_{CdP}	2,00%
Costo Capitale Azienda	WACC	4,00%
$k_{progetto} = \text{Max}(WACC; k_{CdP})$	$k_{progetto}$	4,00%
Inflazione ISTAT	f	0,50%
deriva dell'inflazione	f'	0,70%
%, interessi debito	k_D	3,82%
%, interessi equity	k_E	9,00%
Aliquota IRES	IRES	24,0%
Aliquota IRAP	IRAP	3,9%
Aliquota fiscale	τ	27,90%
Anni debito (finanziamento)	n_D	7
Anni Equity	n_E	14
Costi d'Investimento diretti, IVA incl.	I_o	€ 56.873
Oneri Finanziari (costi indiretti)	%Of	3,00%
Costi d'Investimento indiretti, IVA incl.	Of	€ 1.706
Costi d'Investimento (diretti+Indiretti) , IVA incl.	CAPEX	€ 58.579
%CAPEX a Debito	D	80,0%
%CAPEX a Equity	E	20,00%
Debito	I_D	€ 46.863
Equity	I_E	€ 11.716
Fattore di annualità Debito	FA_D	6,13
Rata annua debito	q_D	€ 7.640
Costo finanziamento,(D+INT _D)	$q_D * n_D$	€ 53.478
Costi per interessi debito, INT _D	INT_D=q_D*n_D-D	€ 6.614

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

PARAMETRI ECONOMICI		
Costo annuo energia pre-intervento, IVA escl.	C_{E0}	€ 20.722
Costo annuo O&M pre-intervento, IVA escl.	C_{M0}	€ 4.050
Spesa PA pre-intervento (Baseline)	C_{Baseline}	€ 24.771
Altri costi di gestione ESCo post-intervento, IVA escl.	C_{Altro}	€ -
Riduzione% costi fornitura Energia	%ΔC_E	30,7%
Riduzione% costi O&M	%ΔC_M	-1,0%
Obiettivo riduzione spesa PA	%C_{Baseline}	7,0%
Risparmio annuo PA garantito	45,6%	€ 4.808
Risparmio annuo PA immediato durante la gestione	Risp.IM	€ 1.734
Risparmio PA durante la concessione	14%	€ 69.803
Risparmio annuo PA al termine della concessione	Risp.Term.	€ 7.574
N° di Canoni annuali	anni	14
Utile lordo della ESCO	%CAPEX	18,52%
Costo Contrattuale ESCO €/anno IVA escl.	C_{ESCO}	€ 775
Costi FTT €/anno IVA escl.	C_{FTT}	€ 472
Costi CAPEX €/anno IVA escl.	C_{CAPEX}	€ 1.827
Canone O&M €/anno	C_{nM}	€ 4.247
Canone Energia €/anno	C_{nE}	€ 15.716
Canone Servizi €/anno IVA escl.	C_{nS}	€ 19.963
Canone Disponibilità €/anno IVA escl.	C_{nD}	€ 3.074
Canone Totale €/anno IVA escl.	C_n	€ 23.037
Aliquota IVA %	IVA	22%
Rimborso erariale IVA	R_{IVA}	€ 10.256
Ricavi da Incentivi, esenti d'IVA	R_B	€ 22.749
Durata Incentivi, anni	n_B	5
Inizio erogazione Incentivi, anno		2022

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

INDICATORI DI REDDITIVITA DEL PROGETTO PRE-IMPOSTE		
Tempo di Ritorno Semplice, Spb = Io / FC, Anni	T.R.S.	7,67
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	T.R.A.	11,23
Valore Attuale Netto, VAN = VA - Io	VAN > 0	€ 4.627
Tasso interno di rendimento del progetto	TIR > WACC	5,82%
Indice di Profitto	IP	8,14%
INDICATORI DI REDDITIVITA DELLA ESCO PRE-IMPOSTE		
Tempo di Ritorno Semplice, Spb = Io / FC, Anni	T.R.S.	9,92
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	T.R.A.	12,33
Valore Attuale Netto, VAN = VA - Io	VAN > 0	€ 1.633
Tasso interno di rendimento dell'azionista	TIR > ke	12,08%
Debit Service Cover Ratio	DSCR < 1,3	1,045
Loan Life Cover Ratio	LLCR > 1	1,318
Indice di Profitto Azionista	IP	2,87%

Figura 9.12 –SCN1: Flussi di cassa del progetto

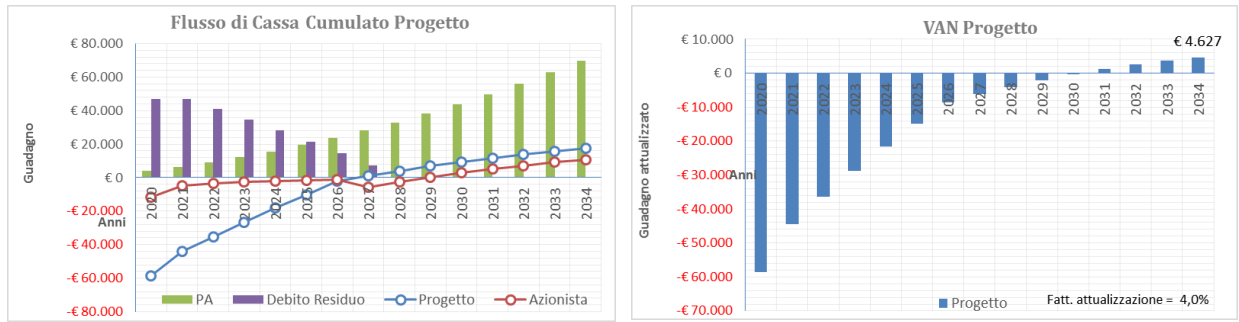
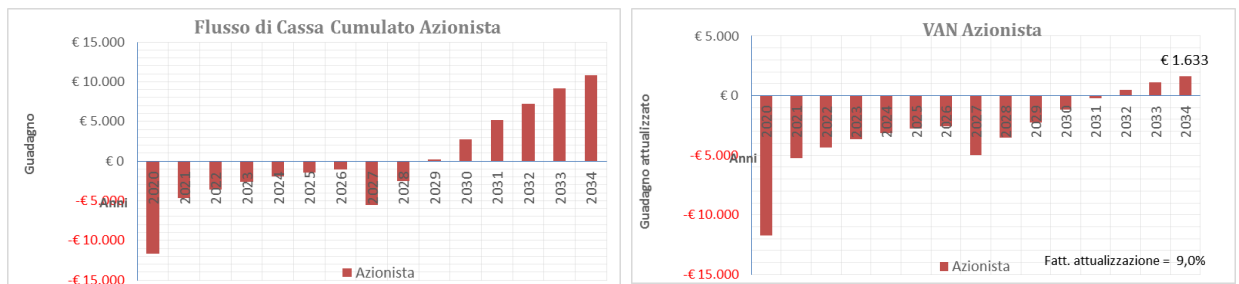
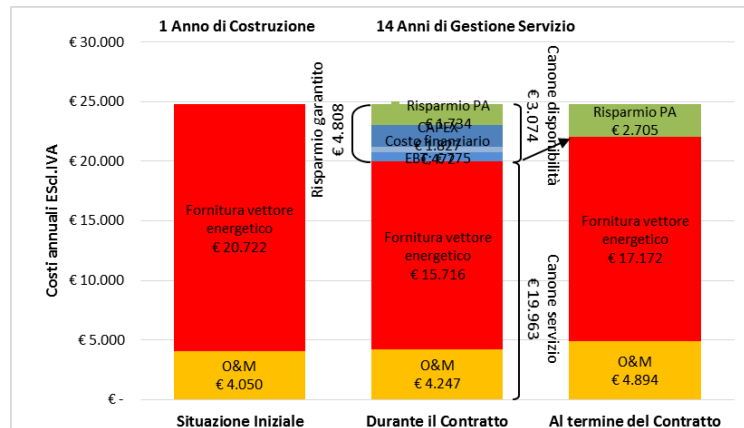


Figura 9.13 – SCN1: Flussi di cassa dell'azionista



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

Figura 9.14 – Scenario 1: Schema di Energy Performance Contract



Nota. Con riferimento alla barra centrale (Durante il contratto) si riportano i valori non leggibili: Risparmio PA: 1734 €; CAPEX: 1827 €; Costo finanziario: 472 €; EBT: 775 €;

9.3.2 Scenario 2: EEM1+EEM3+EEM4

La realizzazione dello scenario 2 (TRS<25anni) consiste nella combinazione delle EEM di seguito elencate:

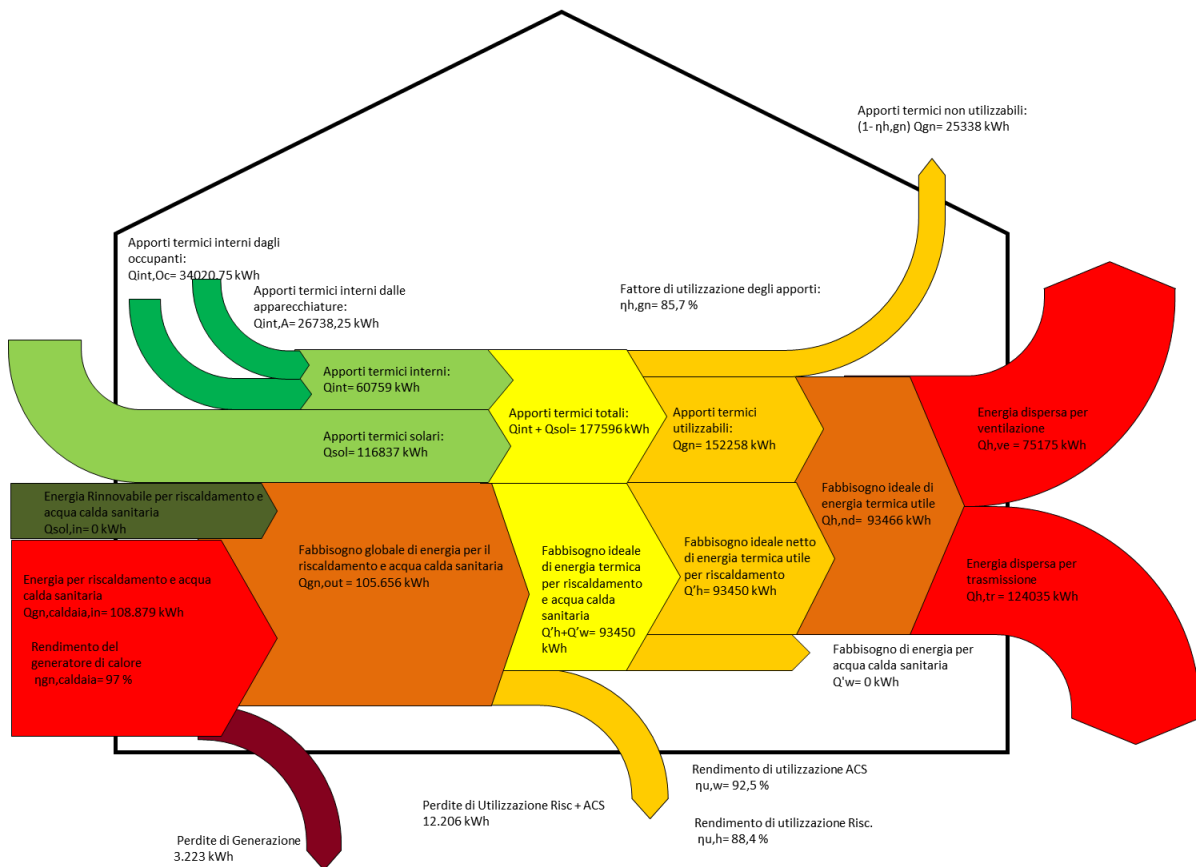
- EEM 1: Coibentazione esterna pareti verticali
- EEM 3: Installazione valvole termostatiche e elettropompa di circolazione a giri variabili
- EEM 4: Sostituzione corpi illuminanti

Tabella 9.16 – Combinazione di EEM proposta per lo scenario 2

VOCE INVESTIMENTO	TOTALE (IVA ESCLUSA)	IVA AL 22%	TOTALE (IVA INCLUSA)
	[€]	[€]	[€]
EEM1 - Fornitura e posa coibentazione pareti verticali	€ 135.783,00	€ 29.872,26	€ 165.655,25
EEM3 – Fornitura e posa valvole termostatiche e pompa ad inverter	€ 10.477,88	€ 2.305,13	€ 12.783,02
EEM4 – Fornitura e posa lampade a led	€ 35.021,12	€ 7.704,65	€ 42.725,76
Costi per la sicurezza	€ 4.409,00	€ 969,98	€ 5.378,98
Costi per la progettazione	€ 10.287,66	€ 2.263,28	€ 12.550,94
TOTALE (I₀)	€ 195.978,65	€ 43.115,30	€ 239.093,95
VOCE MANUTENZIONE	C _{MO} (IVA INCLUSA)	C _{MS} (IVA INCLUSA)	C _M (IVA INCLUSA)
	[€]	[€]	[€]
EEM1 O&M	€ 4.101,58	€ 1.090,29	€ 5.191,87
EEM3 O&M	€ 4.142,59	€ 1.123,00	€ 5.265,60
EEM4 O&M	€ 4.101,58	€ 1.068,49	€ 5.170,07
TOTALE (C_M)	€ 4.142,59	€ 1.101,20	€ 5.243,79
VOCE INCENTIVO	DESCRIZIONE		TOTALE (IVA INCLUSA)
			[€]
Incentivi	Conto termico		€ 95.637,58
Durata incentivi			5
Incentivo annuo			€ 19.127,52

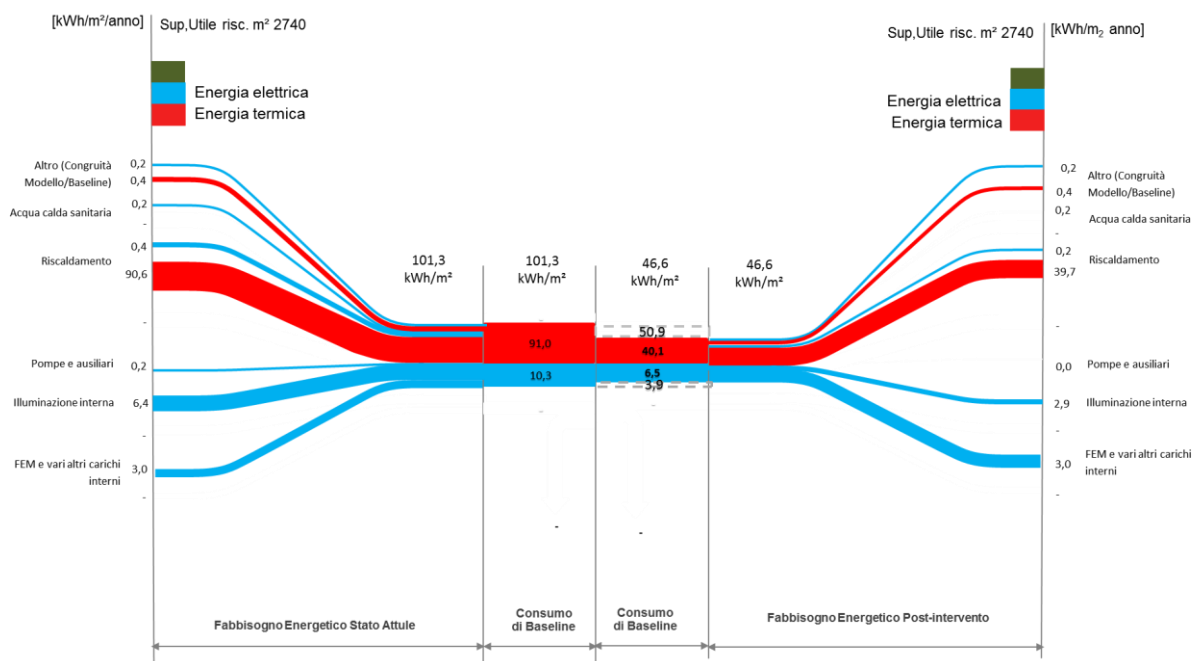
A seguito della modellazione dei due scenari ottimali è stato possibile rappresentare i risultati del bilancio energetico termico nella forma di diagramma di Sankey relativo alle situazioni post-intervento.

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



Dall'analisi del diagramma di Sankey relativo al fabbisogno termico dell'edificio post intervento è possibile notare che l'energia termica persa per trasmissione è diminuita rispetto allo stato di fatto, come anche l'energia in ingresso all'impianto termico.

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



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

Dai risultati dell'analisi dello SCN2 si ha avuto un passaggio di 2 classi energetiche, dalla E alla C, grazie ad interventi migliorativi proposti sia sull'involucro sia sull'impianto di climatizzazione invernale.

Tabella 9.17 – Risultati analisi SCN2 – EEM1+EEM3+EEM4

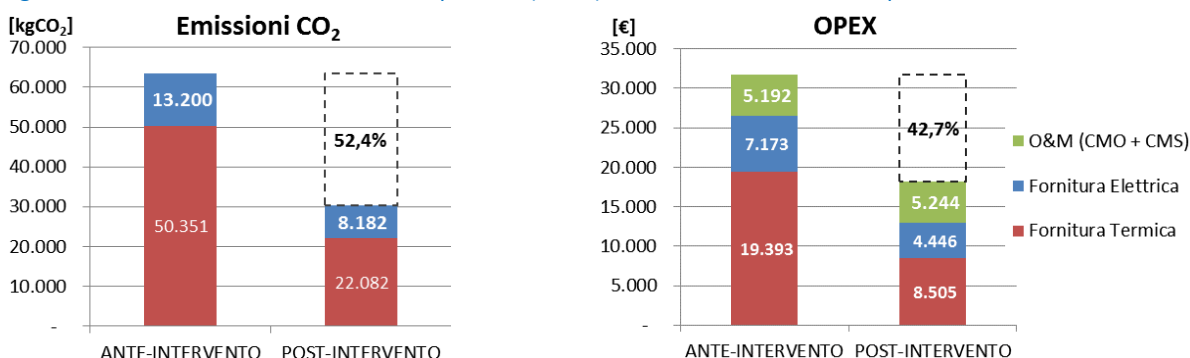
CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE %
EEM1 Trasmittanza termica media pareti verticali oggetto di intervento	[W/m²K]	0,863	0,246	71,5%
EEM3 Rendimento di regolazione	[%]	70,9	99	-39,6%
EEM4 Potenza elettrica installata per l'illuminazione	[kW]	17,622	7,883	55,3%
$Q_{teorico}$	[kWh]	248.270	108.883	56,1%
$EE_{teorico}$	[kWh]	27.784	17.222	38,0%
$Q_{baseline}$	[kWh]	249.264	109.319	56,1%
$EE_{baseline}$	[kWh]	28.266	17.521	38,0%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	50.351	22.082	56,1%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	13.200	8.182	38,0%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	63.552	30.265	52,4%
Fornitura Termica, C_Q	[€]	19.393	8.505	56,1%
Fornitura Elettrica, C_{EE}	[€]	7.173	4.446	38,0%
Fornitura Energia, C_E	[€]	26.566	12.951	51,2%
C_{MO}	[€]	4.102	4.143	-1,0%
C_{MS}	[€]	1.090	1.101	-1,0%
O&M ($C_{MO} + C_{MS}$)	[€]	5.192	5.244	-1,0%

OPEX	[€]	31.758	18.195	42,7%
Classe energetica	[-]	E	C	+2 classi

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

Nota (2) I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,078 [€/kWh] per il vettore termico e 0,254 [€/kWh] per il vettore elettrico

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



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

Tabella 9.18 – Parametri finanziari dell'analisi di redditività dello SCN2 – EEM1+EEM3+EEM4

PARAMETRI FINANZIARI		
Anni Costruzione	n_i	1
Anni Gestione Servizio	n_s	24
Anni Concessione	n	25
Anno inizio Concessione	n_o	2020
Anni dell'ammortamento	n_A	10
Saggio Cassa Deposito e Prestiti	k_{CdP}	2,00%
Costo Capitale Azienda	WACC	4,00%
$k_{progetto} = \text{Max}(WACC; k_{CdP})$	$k_{progetto}$	4,00%
Inflazione ISTAT	f	0,50%
deriva dell'inflazione	f'	0,70%
%, interessi debito	k_D	3,82%
%, interessi equity	k_E	9,00%
Aliquota IRES	IRES	24,0%
Aliquota IRAP	IRAP	3,9%
Aliquota fiscale	τ	27,90%
Anni debito (finanziamento)	n_D	14
Anni Equity	n_E	24
Costi d'Investimento diretti, IVA incl.	I_o	€ 239.094
Oneri Finanziari (costi indiretti)	%Of	3,00%
Costi d'Investimento indiretti, IVA incl.	Of	€ 7.173
Costi d'Investimento (diretti+Indiretti), IVA incl.	CAPEX	€ 246.267
%CAPEX a Debito	D	80,0%
%CAPEX a Equity	E	20,00%
Debito	I_D	€ 197.013

Equity	I_E	€ 49.253
Fattore di annualità Debito	FA_D	10,83
Rata annua debito	q_D	€ 18.188
Costo finanziamento, $(D+INT_D)$	$q_D * n_D$	€ 254.632
Costi per interessi debito, INT_D	$INT_D = q_D * n_D - D$	€ 57.619

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

PARAMETRI ECONOMICI		
Costo annuo energia pre-intervento, IVA escl.	C_{E0}	€ 20.722
Costo annuo O&M pre-intervento, IVA escl.	C_{M0}	€ 4.050
Spesa PA pre-intervento (Baseline)	$C_{Baseline}$	€ 24.771
Altri costi di gestione ESCo post-intervento, IVA escl.	C_{Altro}	€ -
Riduzione% costi fornitura Energia	$\% \Delta C_E$	51,2%
Riduzione% costi O&M	$\% \Delta C_M$	-1,0%
Obiettivo riduzione spesa PA	$\% C_{Baseline}$	1,0%
Risparmio annuo PA garantito	45,6%	€ 8.644
Risparmio annuo PA immediato durante la gestione	Risp.IM	€ 248
Risparmio PA durante la concessione	14%	€ 121.692
Risparmio annuo PA al termine della concessione	Risp.Term.	€ 14.267
N° di Canoni annuali	anni	24
Utile lordo della ESCO	$\% CAPEX$	14,77%
Costo Contrattuale ESCO €/anno IVA escl.	C_{ESCO}	€ 1.515
Costi FTT €/anno IVA escl.	C_{FTT}	€ 2.401
Costi CAPEX €/anno IVA escl.	C_{CAPEX}	€ 4.480
Canone O&M €/anno	C_{nM}	€ 4.356
Canone Energia €/anno	C_{nE}	€ 11.772
Canone Servizi €/anno IVA escl.	C_{nS}	€ 16.128
Canone Disponibilità €/anno IVA escl.	C_{nD}	€ 8.396
Canone Totale €/anno IVA escl.	C_n	€ 24.523
Aliquota IVA %	IVA	22%
Rimborso erariale IVA	R_{IVA}	€ 43.115
Ricavi da Incentivi, esenti d'IVA	R_B	€ 95.638
Durata Incentivi, anni	n_B	5
Inizio erogazione Incentivi, anno		2022

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

INDICATORI DI REDDITIVITA DEL PROGETTO PRE-IMPOSTE		
Tempo di Ritorno Semplice, $Spb = Io / FC$, Anni	T.R.S.	12,42
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	T.R.A.	21,49
Valore Attuale Netto, $VAN = VA - Io$	$VAN > 0$	€ 9.645
Tasso interno di rendimento del progetto	$TIR > WACC$	4,63%
Indice di Profitto	IP	4,03%
INDICATORI DI REDDITIVITA DELLA ESCO PRE-IMPOSTE		
Tempo di Ritorno Semplice, $Spb = Io / FC$, Anni	T.R.S.	11,30
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	T.R.A.	11,98
Valore Attuale Netto, $VAN = VA - Io$	$VAN > 0$	€ 4.471
Tasso interno di rendimento dell'azionista	$TIR > ke$	14,59%

Debit Service Cover Ratio	DSCR < 1,3	1,061
Loan Life Cover Ratio	LLCR < 1	0,992
Indice di Profitto Azionista	IP	1,87%

Figura 9.18 –SCN2: Flussi di cassa del progetto

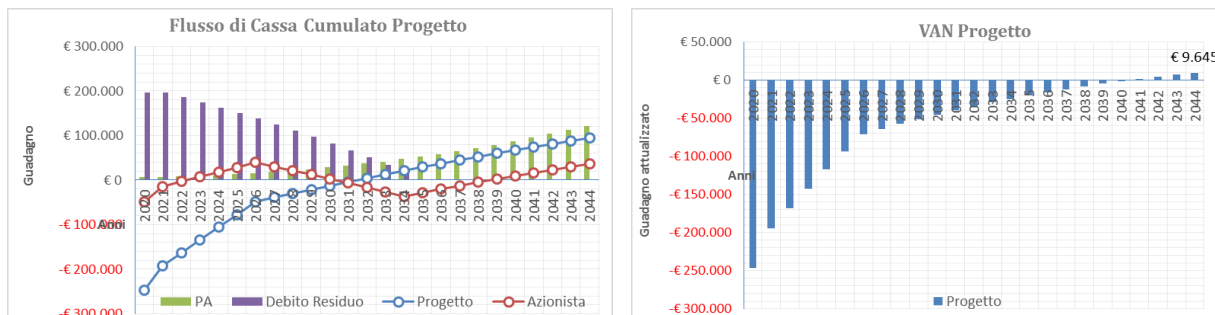
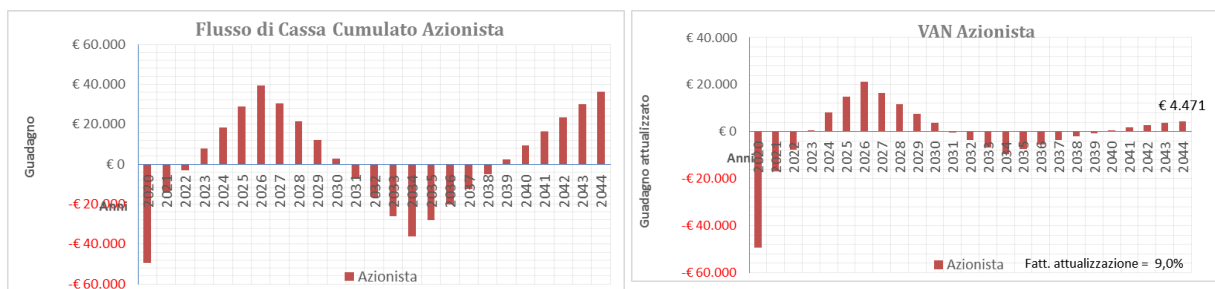
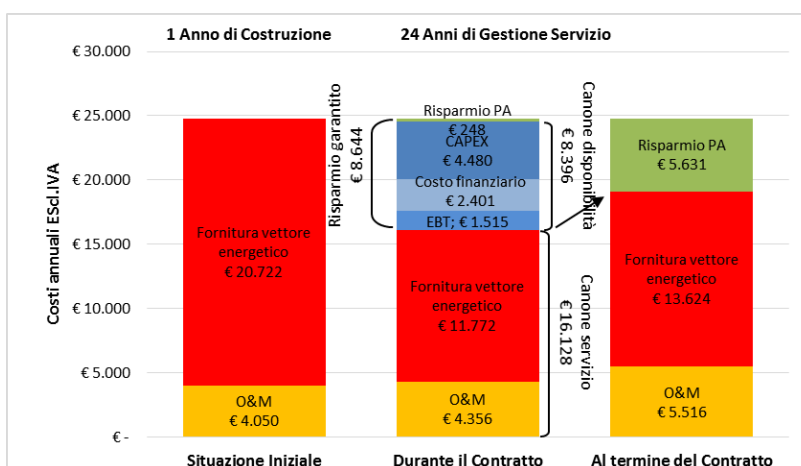


Figura 9.19 – SCN2: Flussi di cassa dell'azionista



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 9.20.

Figura 9.20 – Scenario 2: Schema di Energy Performance Contract

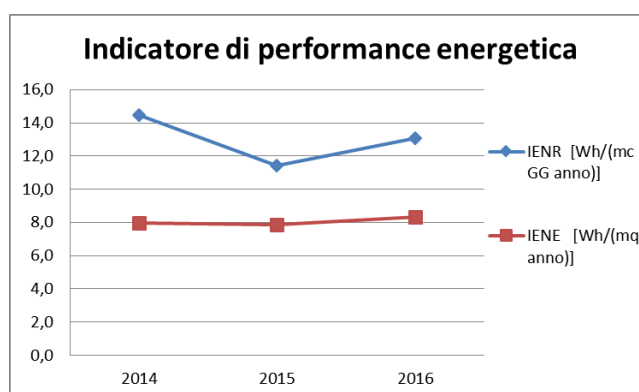


10 CONCLUSIONI

10.1 RIASSUNTO DEGLI INDICI DI PERFORMANCE ENERGETICA

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

Figura 10.1- Indicatori di performance energetica IEN



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

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

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

INDICE DI PRESTAZIONE ENERGETICA		U.M.	ENERGIA PRIMARIA TOTALE	ENERGIA PRIMARIA NON RINNOVABILE
Globale	EP _{gl}	kWh/mq anno	111,92	103,59
Climatizzazione invernale	EP _H	kWh/mq anno	69,97	69,79
Produzione di acqua calda sanitaria	EP _w	kWh/mq anno	0,48	0,39
Ventilazione	EP _v	kWh/mq anno	-	-
Raffrescamento	EP _c	kWh/mq anno	-	-
Illuminazione artificiale	EP _L	kWh/mq anno	40,95	32,99
Trasporto di persone e cose	EP _T	kWh/mq anno	0,52	0,42
Emissioni equivalenti di CO ₂	CO _{2eq}	Kg/mq anno	21,96	-

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

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

INDICE DI PRESTAZIONE ENERGETICA		U.M.	ENERGIA PRIMARIA TOTALE	ENERGIA PRIMARIA NON RINNOVABILE
Globale	EP _{gl}	kWh/mq anno	73,94	68,52
Climatizzazione invernale	EP _H	kWh/mq anno	46,60	46,49
Produzione di acqua calda sanitaria	EP _w	kWh/mq anno	0,48	0,39
Ventilazione	EP _v	kWh/mq anno	-	-

Raffrescamento	EP _c	kWh/mq anno	-	-
Illuminazione artificiale	EP _L	kWh/mq anno	26,34	21,22
Trasporto di persone e cose	EP _T	kWh/mq anno	0,52	0,42
Emissioni equivalenti di CO ₂	CO _{2eq}	Kg/mq anno	14,5	

Tabella 10.3– Indicatori di prestazione energetica secondo DM 26/06/2015 riferiti all’energia primaria totale ed energia primaria totale non rinnovabile (modalità di funzionamento standard) – SCN2

INDICE DI PRESTAZIONE ENERGETICA	U.M.	ENERGIA PRIMARIA TOTALE	ENERGIA PRIMARIA NON RINNOVABILE	
Globale	EP _{gl}	kWh/mq anno	42,88	48,24
Climatizzazione invernale	EP _H	kWh/mq anno	20,90	20,85
Produzione di acqua calda sanitaria	EP _w	kWh/mq anno	0,48	0,39
Ventilazione	EP _v	kWh/mq anno	-	-
Raffrescamento	EP _c	kWh/mq anno	-	-
Illuminazione artificiale	EP _L	kWh/mq anno	26,34	21,22
Trasporto di persone e cose	EP _T	kWh/mq anno	0,52	0,42
Emissioni equivalenti di CO ₂	CO _{2eq}	Kg/mq anno	9,37	

Nelle tabelle precedenti si possono vedere in dettaglio i risultati sugli indicatori di prestazione energetica calcolati in modalità di funzionamento standard, che determinano il salto di 0 e 2 classi energetiche a seconda che venga attuato rispettivamente lo scenario 1 e lo scenario 2.

10.2 RIASSUNTO DEGLI SCENARI DI INVESTIMENTO E DEI PRINCIPALI RISULTATI

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

- **Scenario 1: EEM3+EEM4** - Tale scenario consiste nell’installazione di un sistema di *building automation* mediante l’uso di valvole termostatiche e di una pompa di circolazione a giri variabili e nella sostituzione dei corpi illuminanti.
- **Scenario 2: EEM1+EEM3+EEM4** - Tale scenario consiste nella combinazione di tre delle quattro EEM presentate in precedenza, ovvero della realizzazione di una coibentazione delle murature verticali, nella sostituzione dei corpi illuminanti e nell’installazione di un sistema di *building automation* mediante l’uso di valvole termostatiche e di una pompa di circolazione a giri variabili.

Di seguito si riportano la riduzione dei costi operativi e delle emissioni di CO₂ nelle due ipotesi adottate.

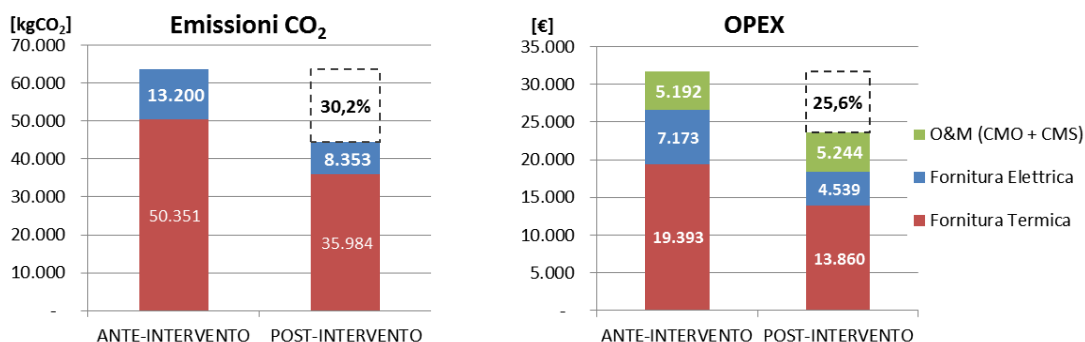
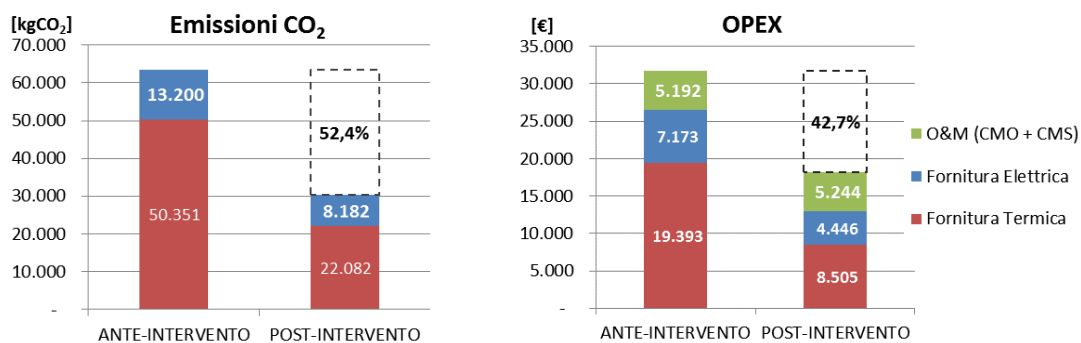
 Figura 10.2 - SCN1: Riduzione dei costi operativi (OPEX) e delle emissioni di CO₂ a partire dalla baseline


Figura 10.3 – SCN2: Riduzione dei costi operativi (OPEX) e delle emissioni di CO₂ a partire dalla baseline

Come è possibile notare sono maggiori i risparmi in costi operativi e in emissioni nello scenario a 25 anni (SCN2), infatti sono più numerosi e più incisivi gli interventi effettuati sull’edificio. In entrambi gli scenari si raggiungono comunque ottimi risultati sia in termini di emissioni di anidride carbonica sia in termini di spesa per l’energia. L’edificio oggetto di diagnosi risulta quindi avere un ampio margine di miglioramento delle sue performance energetiche, principalmente intervenendo sull’involucro attualmente non coibentato e sulla regolazione più spinta dell’impianto di riscaldamento.

Dagli approfondimenti eseguiti non esistono particolari interferenze tra gli interventi relativi alle coibentazioni degli involucri edilizi e nemmeno con l’intervento di sostituzione dei corpi illuminanti.

Le proposte presentate possono essere realizzate con un unico cantiere nel periodo di chiusura estiva della scuola, al fine di non creare interferenze o disturbi alle normali lezioni.

Al fine di misurare in modo efficace i risparmi energetici a valle delle azioni di efficientamento intraprese, si dovrebbe dotare l’edificio di un semplice sistema di monitoraggio dell’energia elettrica e termica. Per quanto riguarda il fabbisogno elettrico, si potrebbe prevedere l’installazione di una apparecchiatura di misura a trasformatori amperometrici sul quadro elettrico generale; in questo modo si riuscirebbero a tenere sotto controllo i consumi globali della struttura e confrontarli con ciò che arriva dalla misura del distributore in fattura. Tuttavia l’installazione di diversi punti di misura per le diverse utenze (illuminazione, FEM, ascensore, etc) consentirebbe di valutare più accuratamente altri possibili margini di risparmio dell’energia, principalmente per quanto riguarda il comportamento delle persone che usufruiscono della struttura. Essendo i consumi termici dovuti alla sola climatizzazione invernale, sarebbe sufficiente l’installazione di un sistema di contabilizzazione del calore composto da un misuratore di portata e da una coppia di sonde di temperatura. In questo modo sarebbe possibile confrontare il consumo di gas naturale derivante dalle letture al contatore con la produzione di energia termica generata in centrale. Per entrambe le soluzioni di misura dei fabbisogni energetici esistono applicazioni ICT, ormai molto diffuse, in grado di monitorare quasi in tempo reale i consumi di energia.

10.3 RACCOMANDAZIONI

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

Ambito	Raccomandazioni	Considerazioni
Acquisti	Acquistare attrezzature ad alta efficienza energetica.	In caso di nuovo acquisto di apparecchiature elettriche di vario tipo e soggette ad etichettatura energetica, verificare che siano in

Ambito	Raccomandazioni	Considerazioni
		<p>classe A o superiore.</p> <p>Nel caso di acquisto di notebook, fotocopiatrici e stampanti verificare la predisposizione alla modalità di funzionamento in stand-by.</p>
<p>Apparecchiature elettriche</p>	<p>Spegnere le fotocopiatrici, le stampanti, i monitor, i pc e le altre attrezzature elettriche se non utilizzate per lungo tempo e nei periodi di chiusura della struttura.</p>	<p>Per non avere sprechi nelle ore di chiusura dell'edificio è possibile spegnere manualmente le apparecchiature elettriche prima dell'uscita del personale o programmare adeguatamente il temporizzatore già inserito a bordo macchina dei modelli più recenti.</p> <p>Predisporre prese comandate per togliere l'alimentazione dai pc, dalle stampanti multifunzione e dalle apparecchiature informatiche in generale, in quanto il consumo in stand-by dei dispositivi elettrici / informatici può essere notevole quando questi sono molto numerosi all'interno dell'edificio (si stima che un pc spento consumi circa 7-8 Wh).</p> <p>Terminato l'uso, spegnere le macchinette portatili del caffè, in quanto il consumo di energia elettrica derivante da queste è significativo. Si stima che una macchinetta da caffè espresso consumi fino a 50 kWh all'anno dovuti al suo consumo in modalità stand-by.</p>
<p>Climatizzazione</p>	<p>Mantenere la temperatura di set-point di legge pari a 20°C.</p> <p>Corretta regolazione delle centraline climatiche</p> <p>Non utilizzare altri generatori di calore esterni al circuito del riscaldamento principale.</p> <p>Regolazione dell'impianto</p>	<p>Evitare di modificare i valori di temperatura imposti dalla legge pari a 20°C agendo con una modifica su valvola termostatica (una volta installata) o termostato, si stima un consumo medio maggiore del 7-8 % per ogni grado che si discosta dalla temperatura di set-point invernale.</p> <p>Si consiglia di verificare con il manutentore i settaggi delle centraline climatiche. Le centraline climatiche dovrebbero essere una per ogni zona termica, in modo tale da poter personalizzare gli orari di funzionamento e la temperatura di mandata a seconda del tipo di utenza servita.</p> <p>Non usare stufette elettriche che, oltre che creare ulteriori consumi, spesso comportano rischi per la sicurezza e discomfort nell'ambiente di lavoro (sovratemperatura indesiderata, secchezza dell'aria, pericoli di folgorazione e di incendio). Si stima che il risparmio annuale dovuto alla mancata accensione di una stufa elettrica sia pari a 300 kWh.</p>

Ambito	Raccomandazioni	Considerazioni
	<p>termico in funzione dei locali effettivamente utilizzati.</p> <p>Limitare la ventilazione naturale dei locali a brevi periodi e negli orari corretti.</p> <p>Tenere i terminali di emissione del calore liberi da eventuali ostruzioni.</p> <p>Spegnimento dell'impianto di produzione del calore.</p>	<p>In caso di mancato utilizzo di un locale, per un solo giorno o per un periodo di tempo più prolungato, prevedere, se possibile, l'eventuale spegnimento del terminale di emissione. Il beneficio dovuto a questo accorgimento può fare risparmiare dall'1% al 3% di energia primaria all'anno.</p> <p>L'apertura delle finestre deve essere limitata ad una durata di pochi minuti, specie con temperature esterne estreme, in quanto le perdite di energia termica per ventilazione ricoprono una quota importante delle dispersioni termiche degli edifici. Tuttavia se ben utilizzata la ventilazione naturale garantisce un'adeguata qualità dell'aria degli ambienti. Le perdite di energia termica per ventilazione ricoprono una quota importante delle dispersioni termiche degli edifici e per limitare questi effetti è importante che il ricambio d'aria venga realizzato quanto possibile negli orari corretti, ovvero la mattina presto in estate e nelle ore di piena insolazione in inverno.</p> <p>Il personale deve inoltre assicurarsi della chiusura di tutte le aperture vetrate prima dell'uscita dall'edificio.</p> <p>I terminali di emissione di calore devono essere liberi e non coperti da tendaggi o altro materiale che ostruisce la diffusione del calore nell'ambiente e riduce l'efficienza dell'impianto. Avere dei terminali più efficienti può permettere di regolare la temperatura di mandata del fluido termovettore ad un valore più basso, e di conseguenza può ridurre i consumi di metano o gasolio.</p> <p>Dopo diverse ore di funzionamento l'edificio mantiene una propria inerzia termica, è pertanto consigliabile spegnere l'impianto termico 30-60 minuti prima dell'uscita, ottenendo anche un adattamento alle condizioni esterne. Si può prevedere un ulteriore risparmio fino al 4%.</p>
<p>Formazione del personale</p>	<p>Eseguire una campagna informativa in tema di risparmio energetico.</p>	<p>Fornire informazioni su tutte le possibili azioni di risparmio energetico realizzate e di potenziale realizzazione all'interno dell'edificio.</p> <p>Realizzare incontri per la diffusione della cultura del risparmio energetico.</p> <p>Distribuzione di materiale informativo</p>

Ambito	Raccomandazioni	Considerazioni
		sull'efficienza energetica negli edifici.
Illuminazione	<p>Prediligere l'utilizzo della luce naturale durante il giorno.</p> <p>Evitare gli sprechi.</p>	<p>Non tenere la tapparella abbassata con l'illuminazione accesa.</p> <p>Uscendo dalla stanza o da un altro ambiente spegnere le luci, specialmente negli ambienti poco frequentati (archivi, sale riunioni e bagni).</p> <p>Il personale deve inoltre assicurarsi dello spegnimento di tutte le luci prima dell'uscita dall'edificio.</p>

10.4 CONCLUSIONI E COMMENTI

L'edificio oggetto di diagnosi presenta uno stato di fatto, al momento del sopralluogo avvenuto a dicembre 2017, in discrete condizioni, almeno per quanto riguarda le aree utilizzate della struttura. Dall'intervista eseguita agli occupanti della struttura non sono emerse particolari criticità relative all'impianto termico o all'involucro edilizio.

La struttura risale agli anni Sessanta del secolo scorso e si può notare come abbia subito nel corso degli anni varie ristrutturazioni edilizie, fra cui la sostituzione dei serramenti dei piani dal primo al quinto nel 2004.

Dopo aver eseguito l'analisi dei consumi e la modellazione energetica, si sono definiti i possibili interventi di efficientamento energetico ed i possibili scenari con tempi di ritorno a 15 e 25 anni.

E' stato possibile individuare un ridotto numero di interventi volti a ridurre il fabbisogno di energia avendo l'edificio ampi margini di miglioramento, nonostante non tutte le misure proposte siano economicamente vantaggiose se prese singolarmente e considerando i prezzi assunti per la valutazione.

Nello SCN 1 si ha la realizzazione di una riqualificazione energetica parziale che tuttavia non permetterebbe un salto di classe energetica all'edificio. Il VAN a 15 anni risulta positivo sia per il progetto che per la ESCo, rendendo allettante l'investimento finanziario per la realizzazione degli interventi. Anche nello SCN 2 il VAN a 25 anni è positivo per entrambi, nonostante l'importante investimento iniziale derivante dal cappotto esterno, che apporta un grosso beneficio in termini energetici e innalza di ben 2 classi la prestazioni energetiche della struttura; le misure garantiscono la convenienza dal punto di vista finanziario.

Un'ulteriore simulazione è stata effettuata considerando tutte e quattro le misure di efficienza proposte. I risultati non sono positivi come quelli ottenuti per lo SCN2, tuttavia si ottiene un VAN di progetto negativo pari a circa l'1% dell'investimento iniziale, con gli altri parametri finanziari nella norma. Nella soluzione, rispetto allo SCN2, viene aggiunta la coibentazione della copertura la quale potrebbe essere effettuata durante i lavori di ristrutturazione del solaio danneggiato, portando ad un risparmio nell'esecuzione dei lavori facendo corrispondere per uno stesso cantiere due opere edilizie (consolidamento e coibentazione).

Si aggiunge a tali considerazioni anche la necessità di intervenire sulla regolazione dell'impianto, in particolare sulla programmazione dell'accensione della caldaia, in quanto risulta essere funzionante anche la domenica. Tale accorgimento ha un costo di intervento praticamente nullo ma può apportare degli effettivi risparmi di gas naturale per la climatizzazione invernale.

ALLEGATO A – ELENCO DOCUMENTAZIONE FORNITA DALLA COMMITTENZA

	Titolo	Data	Nome file
1	Elenco documentazione fornita	03/08/2018	DE_Lotto.1-E1685_revB-AllegatoA-Elenco documentazione fornita.docx

ALLEGATO B – ELABORATI

Titolo	Descrizione	Data	Nome file
1	Pianta con posizione POD e PDR	03/08/2018	DE_Lotto.1-E1685_revB-AllegatoB-Pianta posizione POD e PDR.DWG
2	Pianta zone termiche	03/08/2018	DE_Lotto.1-E1685_revB-AllegatoB-Pianta zone termiche.DWG
3	Fogli di calcolo grafici e tabelle	03/08/2018	DE_Lotto.1-E1685_revB-AllegatoB-Grafici_Template.xlsx
4	Riepilogo fatture energia elettrica	03/08/2018	DE_Lotto.1-E1685_revB-AllegatoB-Riepilogo EE.xlsx
5	Modellazione energetica	03/08/2018	DE_Lotto.1-E1685_revB-AllegatoB-Modellazione.E0001
6	Schema a blocchi impianto elettrico	03/08/2018	DE_Lotto.1-E1685_revB-AllegatoB-Schema a blocchi elettrico.xlsx
7	Schema a blocchi impianto termico	03/08/2018	DE_Lotto.1-E1685_revB-AllegatoB-Schema a blocchi termico.xlsx
8	Calcolo consumi apparecchiature elettriche	03/08/2018	DE_Lotto.1-E1685_revB-AllegatoB-Apparecchiature elettriche.xlsx
9	Estratto di mappa terreni	03/08/2018	DE_Lotto.1-E1685_revA-AllegatoB-Estratto mappa.pdf

ALLEGATO C – REPORT DI INDAGINE TERMOGRAFICA

	Titolo	Data	Nome file
1	Report termografico	03/08/2018	DE_Lotto.1-E1685_revB-AllegatoC-Report termografico.docx

ALLEGATO D – REPORT RELATIVI AD ALTRE PROVE DIAGNOSTICHE STRUMENTALI

	Titolo	Data	Nome file
1	Report indagini strumentali	03/08/2018	DE_Lotto.1-E1685_revA-AllegatoD-Report strumentali.docx

ALLEGATO E – RELAZIONE DI DETTAGLIO DEI CALCOLI

	Titolo	Data	Nome file
1	Relazione di calcolo energetico	03/08/2018	DE_Lotto.1-E1685_revB-AllegatoE-Relazione di calcolo.RTF

ALLEGATO F – CERTIFICATO CTI SOFTWARE

	Titolo	Data	Nome file
1	Certificato CTI software	03/08/2018	DE_Lotto.1-E1685_revB-AllegatoF-CertCTI.pdf

ALLEGATO G – ATTESTATO DI PRESTAZIONE ENERGETICA

	Titolo	Data	Nome file
1	APE stato di fatto	03/08/2018	DE_Lotto.1-E1685_revB-AllegatoG-APE.RTF

ALLEGATO H – BOZZA DI APE SCENARI

	Titolo	Data	Nome file
1	Bozza APE scenario 1	03/08/2018	DE_Lotto.1-E1685_revB-AllegatoH-APE-SCN1.RTF
2	Bozza APE scenario 2	03/08/2018	DE_Lotto.1-E1685_revB-AllegatoH-APE-SCN2.RTF

ALLEGATO I – DATI CLIMATICI

	Titolo	Data	Nome file
1	Dati climatici di riferimento	03/08/2018	GG_Lotto.1-E1685_revB.xlsx

ALLEGATO J – SCHEDE DI AUDIT

	Titolo	Data	Nome file
1	Check-list schede AICARR	03/08/2018	DE_Lotto.1-E1685_revB-AllegatoJ-Check list schede AICARR.xlsx

ALLEGATO K – SCHEDE ORE

	Titolo	Data	Nome file
1	A2.1 - Chiusure verticali opache - coibentazione dall'esterno a cappotto	03/08/2018	DE_Lotto.1-E1683_revA-AllegatoK-A2.1.pdf
2	A4.1 - Coibentazione copertura piana da esterno	03/08/2018	DE_Lotto.1-E1683_revA-AllegatoK-A4.1.pdf
3	H15 - Installazione di pompe a portata variabile	03/08/2018	DE_Lotto.1-E1683_revA-AllegatoK-H15.pdf
4	H16 - Installazione valvole termostatiche	03/08/2018	DE_Lotto.1-E1683_revA-AllegatoK-H16.pdf
5	L1 - Installazione di sorgenti luminose ad alta efficienza	03/08/2018	DE_Lotto.1-E1683_revA-AllegatoK-L1.pdf

ALLEGATO L – PIANO ECONOMICO FINANZIARIO SCENARI

	Titolo	Data	Nome file
1	Analisi Piano Economico-Finanziario	03/08/2018	DE_Lotto.1-E1685_revB-AllegatoL-AnalisiPEF.xlsx



ALLEGATO M – REPORT DI BENCHMARK

	Titolo	Data	Nome file
1	Report di benchmark	03/08/2018	DE_Lotto.1-E1685_revA-Allegato M_Benchmark.docx



ALLEGATO N – CD-ROM

