

**SCUOLA MATERNA STATALE "SANTA MARIA IN VIA LATA", SCUOLA  
VESPERTINA E SCUOLA ELEMENTARE "EMBRIACO"**

**E1616**

**Via Fieschi 14, 16 e 92B e Piazza Santa Maria in Via Lata 12 -  
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 MATERNA STATALE “SANTA MARIA IN VIA LATA”, SCUOLA VESPERTINA E SCUOLA ELEMENTARE “EMBRIACO”**

**E1616**

**VIA FIESCHI 14, 16 E 92B E PIAZZA SANTA MARIA IN VIA LATA 12 - 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](mailto:energymanager@comune.genova.it); [www.comune.genova.it](http://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	10/05/2018	Ing. S. Nicolini	Ing. S: Nicolini	Ing. F. Coccia	Prima pubblicazione
			Ing. A. Aprea		
B	03/08/2018	Ing. S. Nicolini	Ing. S: Nicolini	Ing. F. Coccia	Revisione
			Ing. A. Aprea		

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**

<b>REGISTRO REVISIONI E PUBBLICAZIONI .....</b>	<b>3</b>
<b>INDICE.....</b>	<b>I</b>
<b>PAGINA.....</b>	<b>I</b>
<b>EXECUTIVE SUMMARY .....</b>	<b>I</b>
<b>1 INTRODUZIONE .....</b>	<b>1</b>
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
<b>2 DATI DELL'EDIFICIO.....</b>	<b>7</b>
2.1 INQUADRAMENTO TERRITORIALE, SOCIO-ECONOMICO E DESTINAZIONE D'USO .....	7
2.2 VERIFICA DEI VINCOLI INTERFERENTI SULLE PARTI DELL'IMMOBILE INTERESSATE DAGLI 'INTERVENTI.....	8
2.3 MODALITÀ DI GESTIONE E MANUTENZIONE DI EDIFICI ED IMPIANTO.....	10
<b>3 DATI CLIMATICI .....</b>	<b>12</b>
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 .....	14
<b>4 AUDIT EDIFICIO E IMPIANTI ELETTRICI E MECCANICI .....</b>	<b>15</b>
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.....	19
4.2.1 <i>Sottosistema di emissione</i> .....	19
4.2.2 <i>Sottosistema di regolazione</i> .....	20
4.2.3 <i>Sottosistema di distribuzione</i> .....	21
4.2.4 <i>Sottosistema di generazione</i> .....	23
4.3 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO PRODUZIONE ACQUA CALDA SANITARIA .....	24
4.4 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO ELETTRICO E PRINCIPALI UTENZE ELETTRICHE .....	25
4.5 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO ILLUMINAZIONE .....	25
<b>5 CONSUMI RILEVATI .....</b>	<b>27</b>
5.1 CONSUMI ENERGETICI STORICI PER CIASCUN VETTORE E CONNESSIONE ALLE RETI GAS NATURALE ED ELETTRICA.....	27
5.1.1 <i>Energia termica</i> .....	27
5.1.2 <i>Energia elettrica</i> .....	31
5.2 INDICATORI DI PERFORMANCE ENERGETICI ED AMBIENTALI .....	34
<b>6 MODELLO DEL FABBISOGNO ENERGETICO.....</b>	<b>38</b>
6.1 METODOLOGIA DI CALCOLO ADOTTATA E VALIDAZIONE DEI MODELLI DI CALCOLO .....	38
6.1.1 <i>Validazione del modello termico</i> .....	39
6.1.2 <i>Validazione del modello elettrico</i> .....	40
6.2 FABBISOGNI ENERGETICI.....	41
6.3 PROFILI ENERGETICI MENSILI.....	42
<b>7 ANALISI DEI COSTI PRE-INTERVENTO .....</b>	<b>44</b>
7.1 COSTI RELATIVI ALLA FORNITURA DEI VETTORI ENERGETICI .....	44
7.1.1 <i>Vettore termico</i> .....	44
7.1.2 <i>Vettore elettrico</i> .....	50
7.2 TARIFFE E PREZZI VETTORI ENERGETICI UTILIZZATI NELL'ANALISI.....	53

7.3	COSTI DI GESTIONE E MANUTENZIONE DI EDIFICIO ED IMPIANTI.....	54
7.4	BASELINE DEI COSTI.....	55
<b>8</b>	<b>IDENTIFICAZIONE DELLE MISURE DI EFFICIENZA ENERGETICA .....</b>	<b>57</b>
8.1	DESCRIZIONE, FATTIBILITÀ E PRESTAZIONI DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI .....	57
8.1.1	<i>Involucro edilizio</i> .....	57
	<b>EEM1: COIBENTAZIONE MURATURE VERTICALI .....</b>	<b>57</b>
	<b>EEM2: COIBENTAZIONE SOLAI .....</b>	<b>58</b>
	<b>EEM3: SOSTITUZIONE INFISSI PIANO TERZO – LATO CORTE INTERNA E SOSTITUZIONE VALVOLE THERMOSTATICHE ESISTENTI .....</b>	<b>60</b>
8.1.2	<i>Impianto riscaldamento</i> .....	62
	<b>EEM4: SOSTITUZIONE DELLE VALVOLE THERMOSTATICHE ESISTENTI .....</b>	<b>62</b>
8.1.3	<i>Impianto di produzione ACS</i> .....	64
8.1.4	<i>Impianto di illuminazione ed impianto elettrico</i> .....	64
	<b>EEM5: SOSTITUZIONE CORPI ILLUMINANTI.....</b>	<b>64</b>
<b>9</b>	<b>VALUTAZIONE ECONOMICO-FINANZIARIA.....</b>	<b>66</b>
9.1	ANALISI DEI COSTI DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI CONSIDERATI FATTIBILI.....	66
	<b>EEM1: COIBENTAZIONE MURATURE VERTICALI .....</b>	<b>66</b>
	<b>EEM2: COIBENTAZIONE SOLAI .....</b>	<b>67</b>
	<b>EEM3: SOSTITUZIONE INFISSI PIANO TERZO – LATO CORTE INTERNA E SOSTITUZIONE VALVOLE THERMOSTATICHE ESISTENTI .....</b>	<b>69</b>
	<b>EEM4: SOSTITUZIONE VALVOLE THERMOSTATICHE ESISTENTI .....</b>	<b>70</b>
	<b>EEM5: SOSTITUZIONE CORPI ILLUMINANTI.....</b>	<b>70</b>
9.2	ANALISI DI CONVENIENZA DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI CONSIDERATI FATTIBILI.....	71
	<b>EEM1: COIBENTAZIONE MURATURE VERTICALI .....</b>	<b>73</b>
	<b>EEM2: COIBENTAZIONE SOLAI .....</b>	<b>74</b>
	<b>EEM3: SOSTITUZIONE INFISSI PIANO TERZO – LATO CORTE INTERNA E SOSTITUZIONE VALVOLE THERMOSTATICHE ESISTENTI .....</b>	<b>75</b>
	<b>EEM4: SOSTITUZIONE VALVOLE THERMOSTATICHE ESISTENTI .....</b>	<b>76</b>
	<b>EEM5: SOSTITUZIONE CORPI ILLUMINANTI.....</b>	<b>77</b>
	<b>SINTESI .....</b>	<b>78</b>
9.3	IDENTIFICAZIONE DELLE SOLUZIONI INTEGRATE D'INTERVENTO E SCENARI D'INVESTIMENTO.....	79
9.3.1	<i>Scenario 1: &lt;15 ANNI</i> .....	82
9.3.2	<i>Scenario 2: &lt;25 ANNI</i> .....	88
<b>10</b>	<b>CONCLUSIONI .....</b>	<b>94</b>
10.1	RIASSUNTO DEGLI INDICI DI PERFORMANCE ENERGETICA .....	94
10.2	RIASSUNTO DEGLI SCENARI DI INVESTIMENTO E DEI PRINCIPALI RISULTATI .....	95
10.3	RACCOMANDAZIONI .....	97
10.4	CONCLUSIONI E COMMENTI.....	99
	<b>ALLEGATO A – ELENCO DOCUMENTAZIONE FORNITA DALLA COMMITTENZA.....</b>	<b>A</b>
	<b>ALLEGATO B – ELABORATI .....</b>	<b>A</b>
	<b>ALLEGATO C – REPORT DI INDAGINE TERMOGRAFICA .....</b>	<b>1</b>
	<b>ALLEGATO D – REPORT RELATIVI AD ALTRE PROVE DIAGNOSTICHE STRUMENTALI .....</b>	<b>1</b>

---

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		1874
Zona climatica		D
Destinazione d'uso principale		E.7. : Edifici adibiti ad attività scolastiche a tutti i livelli ed assimilabili.
Destinazione d'uso secondaria		E.6. : Edifici adibiti ad attività sportive
Superficie utile riscaldata	[m <sup>2</sup> ]	4.330
Superficie disperdente (S)	[m <sup>2</sup> ]	7.790
Volume lordo riscaldato (V)	[m <sup>3</sup> ]	25.298
Rapporto S/V	[1/m]	0,31
Superficie lorda aree interne (scaldate e non scaldate)	[m <sup>2</sup> ]	4.946
Superficie lorda complessiva (aree interne ed esterne)	[m <sup>2</sup> ]	4.946
Tipologia generatore riscaldamento		Caldaia a basamento di tipo tradizionale
Potenza totale impianto riscaldamento	[kW]	424
Potenza totale impianto raffrescamento	[kW]	Assente
Tipo di combustibile		Gas metano
Tipologia generatore Acqua Calda sanitaria (ACS)		Caldaie murali a gas metano (una in cucina e due in palestra)
Emissioni CO2 di riferimento <sup>(1)</sup>	[t/anno]	75,9
Consumo di riferimento Gas Metano <sup>(1)</sup>	[kWh <sub>th</sub> /anno]	224.422
Spesa annuale Gas Metano <sup>(1)</sup>	[€/anno]	17.534 <sup>(2)</sup>
Consumo di riferimento energia elettrica <sup>(1)</sup>	[kWh <sub>el</sub> /anno]	63.238
Spesa annuale energia elettrica <sup>(1)</sup>	[€/anno]	13.065

Nota (1): Valori di Baseline

Nota (2): Importo da fatturazione

Descrizione delle Misure di efficienza energetica proposte:

- EEM1: coibentazione sul lato interno delle murature verticali;
- EEM2: coibentazione del solaio disperdente;
- EEM3: sostituzione degli infissi del terzo piano e delle valvole termostatiche;
- EEM4: Sostituzione valvole termostatiche esistenti
- EEM5: sostituzione dei corpi illuminanti.
- SCN 1: EEM2+EEM4+EEM5
- SCN 2: EEM 1 + EEM 2 + EEM 3 + EEM 4 +EEM 5

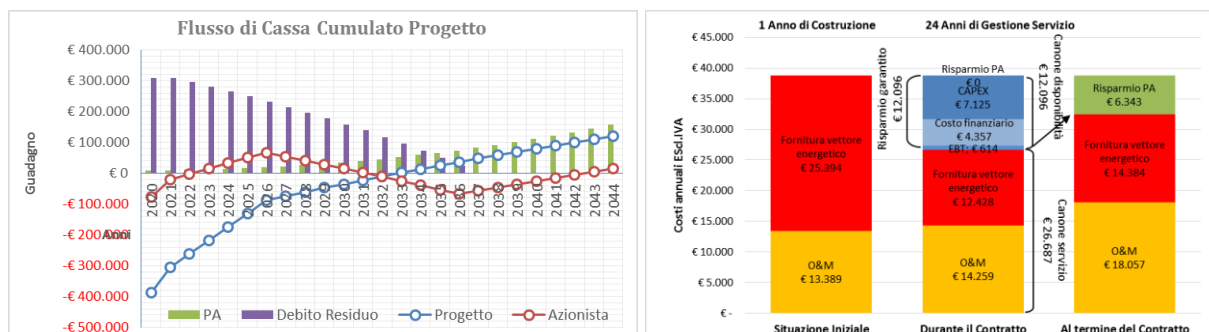
Tabella 0.2 – Sintesi dei risultati della valutazione economico-finanziaria delle misure di efficienza energetica proposte e degli scenari ottimali, caso con incentivi

CON INCENTIVI														
	% $\Delta E$	% $\Delta CO_2$	$\Delta C_E$	$\Delta C_{MO}$	$\Delta C_{MS}$	$I_0$	TRS	TRA	n	VAN	TIR	IP	DSCR	LLCR
	[%]	[%]	[€/anno]	[€/anno]	[€/anno]	[€]	[anni]	[anni]	[anni]	[€]	[%]	[-]		
EEM1	19,10%	20,09%	€ 5.916,62	€ -	€ -	€ 226.835,00	18,8	32,7	30	€ 19.143,68	2,84%	-0,08	N/A	N/A
EEM2	24,36%	25,66%	€ 7.545,32	€ -	€ -	€ 64.491,00	4,8	5,9	30	€ 89.582,54	16,19%	1,39	N/A	N/A
EEM3	3,62%	3,82%	€ 1.122,50	€ -	€ -	€ 52.072,00	24,5	37,2	30	€ 10.324,86	1,2%	-0,20	N/A	N/A
EEM4	4,44%	4,23%	€ 1.374,99	€ -	€ -	€ 7.875,00	3,8	4,4	15	€ 8.945,41	20,97%	1,14	N/A	N/A
EEM5	15,49%	14,30%	€ 4.798,32	€ -	€ -	€ 32.056,00	4,2	4,7	15	€ 28.897,02	18,08%	0,90	N/A	N/A
SCN1	41,09%	41,18%	€ 12.731,03	€ -	€ -	€ 104.423,00	8,54	12,85	15	€ 4.813	5,01%	0,0461	1,14	0,674
SCN2	58,05%	59,02%	€ 17.982,94	€ -	€ -	€ 375.633,00	13,83	26,17	25	-€ 4.321	3,82%	-0,015	1,024	0,810

Figura 0.1 – Scenario 1: analisi finanziaria



Figura 0.2 – Scenario 2: analisi finanziaria



Il primo scenario proposto risulta vantaggioso sia dal punto di vista economico sia energetico, mentre per il secondo ci si trova al limite della sostenibilità finanziaria, ottenendo un VAN di progetto negativo ma pari a solo l'1% dell'investimento complessivo della soluzione integrata.



## 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 della facciata su via Fieschi



### 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 CO<sub>2</sub>.

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. Mara Pignataro		Sopralluogo in sito
Ing. Sarah Nicolini		Sopralluogo in sito
Ing. Sarah Nicolini		Elaborazione dei dati relativi ai consumi energetici
Ing. Sarah Nicolini		Elaborazione dei dati relativi ai consumi energetici
Ing. Sarah Nicolini		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

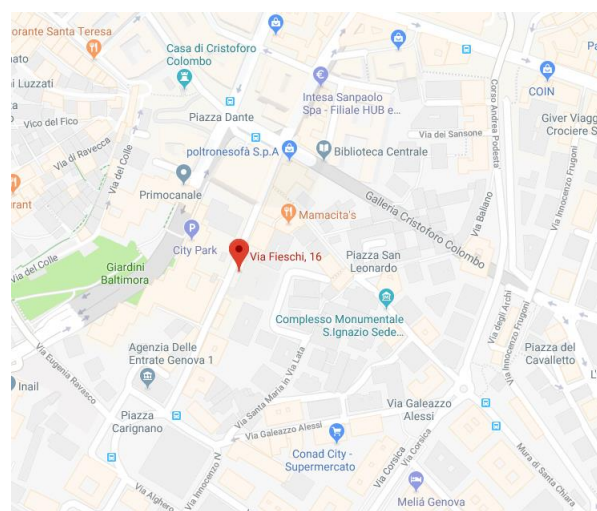
L'immobile oggetto della DE è sito nel Comune di Genova e più precisamente tra il quartiere di CARIGNANO ed il quartiere SAN VINCENZO.

L'edificio è di proprietà del Comune di Genova ed è attualmente adibito a Scuola Elementare, Materna e Scuola Vespertina.

Catastralmente l'edificio oggetto di diagnosi è individuata al NCEU Sezione GEA, F. 97, Map. 467 sub 1 e Map 533 sub 2.

Dalla visura catastale risulta che l'immobile appartiene alla categoria catastale B/5 (Scuole e laboratori scientifici). È presente in prossimità della struttura un altro sub che era adibito a casa del custode della scuola scuole.

Figura 1.2 – Ubicazione dell'edificio



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

Tabella 1.2 - Tabella riepilogativa dei dati dell'edificio

PARAMENTO	U.M.	VALORE
Anno di costruzione edificio		1874
Zona climatica		D
Destinazione d'uso principale		E.7. : Edifici adibiti ad attività scolastiche a tutti i livelli ed assimilabili.
Destinazione d'uso secondaria		E.6. : Edifici adibiti ad attività sportive
Destinazione d'uso catastale		B/5 - Scuole e laboratori scientifici
Superficie utile riscaldata	[m <sup>2</sup> ]	4.330
Superficie disperdente (S)	[m <sup>2</sup> ]	7.790
Volume lordo riscaldato (V)	[m <sup>3</sup> ]	25.298
Rapporto S/V	[1/m]	0,31
Superficie lorda aree interne (scaldate e non scaldate)	[m <sup>2</sup> ]	4.946
Superficie lorda aree esterne	[m <sup>2</sup> ]	

Superficie lorda complessiva (aree interne ed esterne)	[m <sup>2</sup> ]	4.946
Tipologia generatore riscaldamento		Caldaia a basamento di tipo tradizionale
Potenza totale impianto riscaldamento	[kW]	424
Potenza totale impianto raffrescamento	[kW]	Assente
Tipo di combustibile		Gas metano
Tipologia generatore Acqua Calda sanitaria (ACS)		Caldaie murali
Emissioni CO <sub>2</sub> di riferimento <sup>(3)</sup>	[t/anno]	75,9
Consumo di riferimento Gas Metano <sup>(3)</sup>	[kWh <sub>it</sub> /anno]	224.422
Spesa annuale Gas Metano <sup>(3)</sup>	[€/anno]	17.534 <sup>(4)</sup>
Consumo di riferimento energia elettrica <sup>(3)</sup>	[kWh <sub>el</sub> /anno]	63.238
Spesa annuale energia elettrica <sup>(3)</sup>	[€/anno]	13.065

Nota (3): Valori di Baseline

Nota (4): Importo da fatturazione

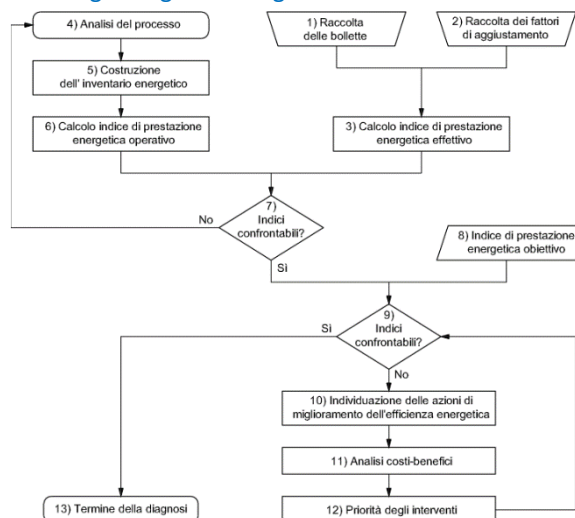
## 1.5 METODOLOGIA DI LAVORO

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

- a) Acquisizione della documentazione utile, fornita dalla PA, come riportato all' Allegato A – Elenco documentazione fornita dalla committenza;
- b) Analisi del quadro normativo di riferimento, incluso la verifica dei vincoli ambientali, storici, archeologici e paesaggistici interferenti sull'immobile interessato dall'intervento;
- c) Visita agli edifici, effettuata in data 20/11/2017 con verifica degli elaborati forniti e rilievo dei dati relativi alle caratteristiche degli elementi disperdenti ed impiantistici costituenti il sistema edificio-impianto;
- d) Visita alla centrale termica 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, Assista, 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<sub>real</sub>), utilizzando le temperature esterne rilevate dalla stazione meteo dell'Università di Genova e riportati all'Allegato I – Dati climatici;
- i) Individuazione della "baseline termica" di riferimento (e relative emissioni di CO<sub>2</sub>) 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<sub>real</sub>), e conseguente normalizzazione secondo i GG di riferimento (GG<sub>ref</sub>);
- j) Individuazione della "baseline elettrica" di riferimento (e relative emissioni di CO<sub>2</sub>) calcolata sulla media aritmetica dei valori relativi ai consumi elettrici reali per tre le annualità 2014, 2015, 2016;

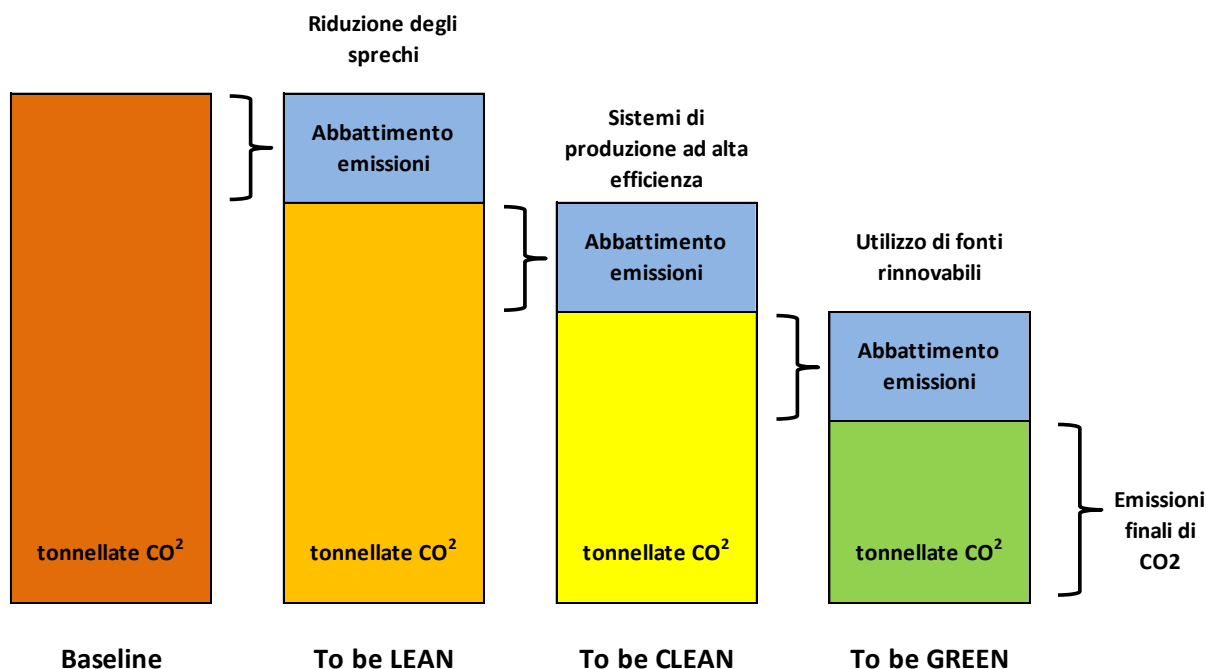
- k) Validazione del modello elaborato mediante il confronto con le baseline energetiche, al fine di ottenere uno scostamento inferiore al 5%;
- l) Analisi delle possibili EEM necessarie per la riqualificazione energetica del sistema edificio-impianto analizzando gli aspetti tecnici, energetici, ed ambientali.
- 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 CO<sub>2</sub>, 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.



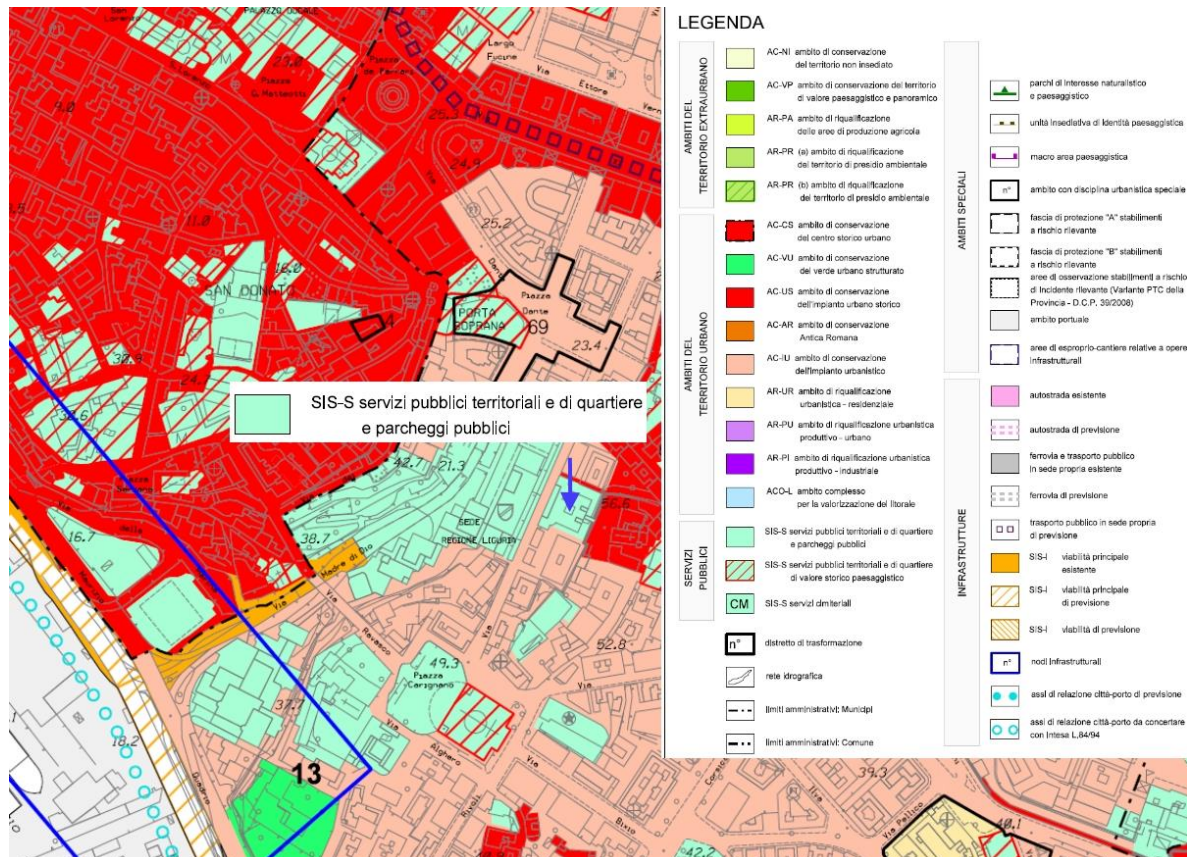
## 2 DATI DELL'EDIFICIO

### 2.1 INQUADRAMENTO TERRITORIALE, SOCIO-ECONOMICO E DESTINAZIONE D'USO

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.

Al Livello Paesaggistico Puntuale l'edificio è inserito nell'area SUQ – Struttura Urbana Qualificata, che si riferisce ad aree territoriali estese e che comprendono siti di particolare pregio quali gli ambiti del paesaggio urbano strutturato, a partire dal centro fino alle propaggini a levante e a ponente, laddove i rapporti tra assetto insediativo, edificato storico e spazi verdi costituiscono un'immagine consolidata da preservare. La finalità è quella di porre in evidenza le caratteristiche di quelle testimonianze culturali appartenenti al paesaggio urbano identitario della città e che contribuiscono a determinare la qualità ambientale della struttura urbana. Gli interventi sul patrimonio edilizio esistente devono perseguire il miglioramento delle caratteristiche architettoniche dell'edificio stesso e contribuire alla qualificazione ambientale dell'intorno e degli spazi liberi.

Figura 2.1 - Particolare estratto dal Piano Urbanistico Comunale



L'edificio ospitante il complesso scolastico oggetto della DE è costituito complessivamente da quattro piani fuori terra, in cui gli spazi sono divisi tra le Scuola Materna, la Scuola Elementare, la Scuola Vespertina e la Scuola per Adulti nel seguente modo:

- Piano terra: Scuola Vespertina, Educazione Permanente e Palestra
- Piano primo: aule Scuola Elementare
- Piano secondo: aule Scuola Elementare
- Piano terzo aule Scuola Materna.

Nella

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

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

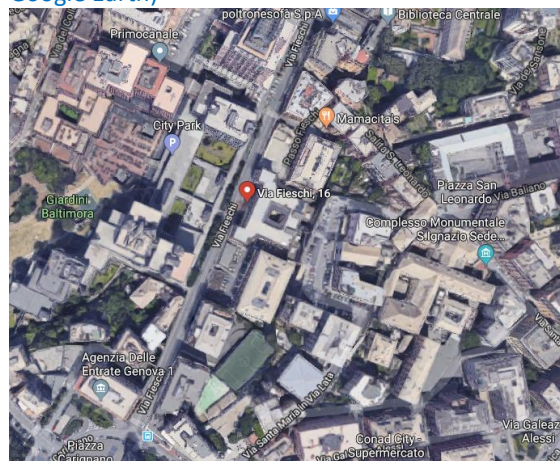


Tabella 2.1 sono riassunte le destinazioni d'uso delle varie aree e le relative superfici.

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

Tabella 2.1 - Suddivisione in piani dell'edificio

PIANO	UTILIZZO	U.M.	SUPERFICIE LORDA COMPLESSIVA <sup>(5)</sup>	SUPERFICIE UTILE RISCALDATA <sup>(6)</sup>	SUPERFICIE UTILE RAFFRESCATA <sup>(6)</sup>
Terra	Scuola per Adulti, Biblioteca e Scuola Vespertina, Educazione Permanente e Palestra	[m <sup>2</sup> ]	1.200 – scuola 220 – palestra	1.306	0
Primo	Aule scuola elementare	[m <sup>2</sup> ]	1.200	959	0
Secondo	Aule scuola elementare	[m <sup>2</sup> ]	1.200	1.019	0
Terzo	Aule scuola Materna	[m <sup>2</sup> ]	1.200	1.045	0
<b>TOTALE</b>		[m <sup>2</sup> ]	<b>5.020</b>	<b>4.330</b>	<b>0</b>

Nota (5): Superficie lorda comprensiva delle zone interne climatizzate e non climatizzate, valutate a partire dalle planimetrie progettuali, opportunamente verificate in fase di sopralluogo

Nota (6): Superficie utile valutata ai fini della creazione del modello energetico

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

L'edificio oggetto di diagnosi si trova nell'ex circoscrizione di Portoria, un quartiere centrale di Genova, amministrativamente compreso nel Municipio I Centro Est.

Per secoli quartiere popolare e periferico, pur se compreso all'interno delle mura cittadine, con l'espansione urbanistica di fine Ottocento è divenuto il centro della città moderna. Sono comprese nell'area di Portoria alcune delle principali vie e piazze del centro di Genova: Piazza De Ferrari, Piazza Dante, Piazza Corvetto, parte della centralissima via XX Settembre, la principale arteria della zona commerciale di Genova e Via Roma.



Figura 2.3 - Particolare estratto dalla carta dei vincoli



Dalla ricerca effettuata sul portale dei Vincoli Architettonici, Archeologici e Paesaggistici della Regione Liguria, emerge che l'edificio è soggetto a Vincolo Architettonico puntuale ai sensi dell'art. 12 del D.Lgs. 42/2004 "Codice dei Beni Culturali e del Paesaggio".

Dalla cartografia del Piano Comunale dei beni paesaggistici soggetti a tutela, emerge che l'edificio non è inserito in aree di interesse paesaggistico ai sensi del D. Lgs. 42/2004.

L'edificio infine, non si trova all'interno di una zona soggetta a vincoli geomorfologici e idraulici.

Nell'analisi delle EEM si è quindi resa necessaria l'identificazione delle possibili interferenze con le prescrizioni sugli interventi edilizi derivanti dal vincolo.

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

MISURA DI EFFICIENZA ENERGETICA	VINCOLO INTERESSATO	VALUTAZIONE INTERFERENZA <sup>(7)</sup>	MISURA DI TUTELA DA ADOTTARE
EEM 1: Cappotto interno pareti perimetrali	Art. 12 D.Lgs. 42/04		Utilizzo di materiali tradizionali o comunque compatibili con l'esistente; intonaci a base di calce o da concordare con la Soprintendenza
EEM 2: Coibentazione intradosso solaio disperdente	Art. 12 D.Lgs. 42/04		Utilizzo di materiali tradizionali o comunque compatibili con l'esistente; intonaci a base di calce o da concordare con la Soprintendenza
EEM 3: Sostituzione infissi	Art. 12 D.Lgs. 42/04		Utilizzo di materiali tradizionali o comunque compatibili con l'esistente; intonaci a base di calce o da concordare con la Soprintendenza
EEM 4 : Sostituzione valvole termostatiche	-		-
EEM 5: Sostituzione corpi illuminanti	-		-

Nota (7): 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.

## 2.3 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.

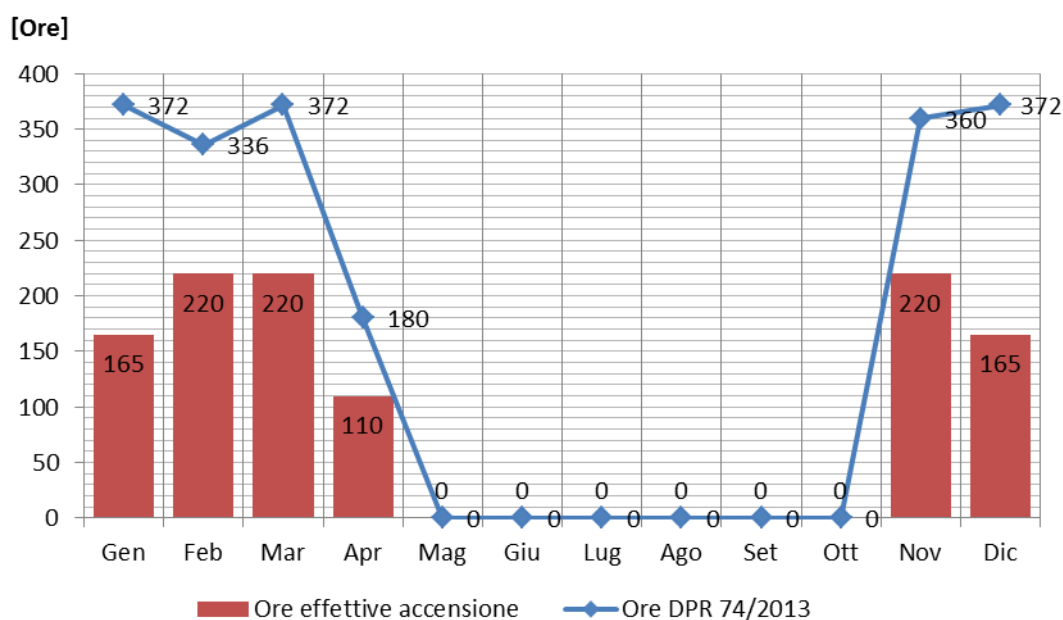
Gli orari di effettivo utilizzo dell'edificio sono stati ricavati tramite intervista agli occupanti, mentre i periodi di attivazione e spegnimento degli impianti sono stati rilevati dalle apparecchiature presenti nella centrale termica a servizio della scuola.

Nella Tabella 2.3 sono pertanto riportati gli orari di funzionamento dell'edificio e gli orari di funzionamento degli impianti termici. Gli orari indicati sono gli orari di massima riferiti ad entrambe le scuole che occupano la struttura. Ogni scuola ha la propria programmazione giornaliera di lezioni ed attività pomeridiane che possono subire variazioni nel corso dell'anno.

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	dal lunedì al venerdì	8.00 – 20.00	Spento
	sabato e domenica	Chiuso	Spento
Dal 1 Novembre al 15 Aprile	dal lunedì al venerdì	8.00 – 20.00	7.00 – 18.00
	sabato e domenica	Chiuso	Spento
Dal 16 Aprile a Giugno	dal lunedì al venerdì	8.00 – 20.00	Spento
	sabato e domenica	Chiuso	Spento
Luglio – Agosto	tutti i giorni	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 sono correlati agli orari di apertura della scuola elementare e materna (mediamente aperte dalle 8 alle 20), mentre non coprono gli altri orari di apertura della Scuola Vespertina e dell'Educazione Permanente, nonché degli orari della palestra, utilizzata nelle ore serali da una Società Sportiva.

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.

Considerando che il profilo di utilizzo degli impianti di riscaldamento prevede alcuni giorni di mancata accensione dell'impianto, come riportato nella Tabella 2.3, i GG sono stati ricalcolati in funzione del numero di giorni effettivi di accensione dell'impianto termico, pertanto si è ottenuto un valore di 926 GG calcolati su 111 giorni effettivi di utilizzo dell'impianto di riscaldamento.

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

I GG così calcolati definiscono i GG<sub>rif</sub> ai fini del processo di normalizzazione di cui al capitolo 5.1.1.

Tabella 3.2 – Profili mensili dei GG<sub>rif</sub>

GIORNI MENSILI	TEMPERATURA ESTERNA UNI 10349:2016	GIORNI RISCALDAMENTO	GG	GIORNI DI UTILIZZO	GIORNI RISCALDAMENTO EFFETTIVI	GG <sub>rif</sub>	PROFILO DI INCIDENZA	
Mese	[°C]	[g/m]		[g/m]	[g/m]			
<b>Gennaio</b>	31	10,4	31	298	20	20	192	21%
<b>Febbraio</b>	28	10,5	28	266	20	20	190	21%
<b>Marzo</b>	31	11,1	31	276	21	21	187	20%
<b>Aprile</b>	30	15,3	15	71	20	15	73	8%
<b>Maggio</b>	31	18,7	-	-	21	-	-	-
<b>Giugno</b>	30	22,4	-	-	20	-	-	-
<b>Luglio</b>	31	24,6	-	-	20	-	-	-
<b>Agosto</b>	31	23,6	-	-	-	-	-	-
<b>Settembre</b>	30	22,2	-	-	20	-	-	-
<b>Ottobre</b>	31	18,2	-	-	21	-	-	-
<b>Novembre</b>	30	13,3	30	201	20	20	134	14%
<b>Dicembre</b>	31	10,0	31	310	15	15	150	16%
<b>TOTALE</b>	<b>365</b>	<b>16,7</b>	<b>166</b>	<b>1421</b>	<b>218</b>	<b>111</b>	<b>926</b>	<b>100%</b>



Si precisa che nel profilo mensile di utilizzo della struttura per il mese di aprile si è considerato un valore di 15 giorni di utilizzo anziché il valore di riferimento pari a 11 giorni. Tale variazione produce una modifica al valore dei  $GG_{rif}$ , che come si evince dalla tabella sottostante ha un'incidenza irrisoria sui consumi di Baseline per il riscaldamento calcolati secondo la metodologia indicata al paragrafo 5.1.1.

Tabella 3.3 – Variazione della Baseline di riscaldamento al variare dei giorni considerati per il mese di aprile.

Codice Edificio	Nome	Q baseline riscaldamento mese aprile 15 giorni	Q baseline riscaldamento mese aprile 11 giorni	Variazione assoluta [kWh]	Delta [%]
E1616	SCUOLA MATERNA STATALE "S. MARIA IN VIA LATA" e SCUOLA ELEMENTARE "EMBRIACO"	226.887	226.669	218	0,10%

### 3.2 DATI CLIMATICI REALI

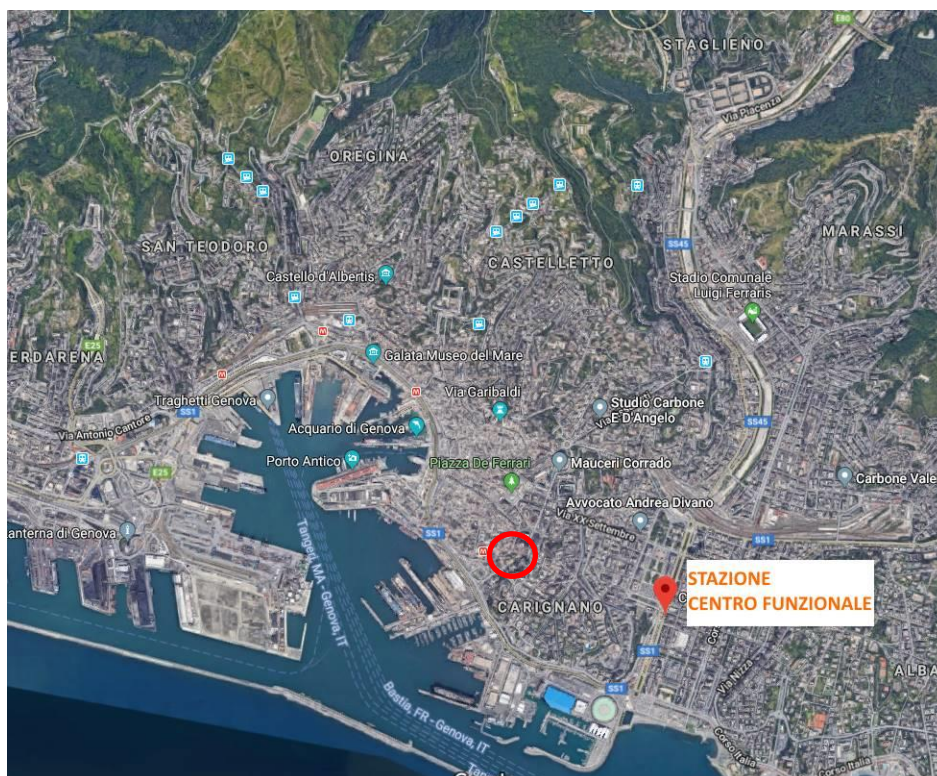
Ai fini della realizzazione dell'analisi energetica si è resa necessaria la definizione delle condizioni climatiche reali, ovvero dei  $GG$  calcolati in funzione della temperatura esterna media oraria del sito effettivamente rilevata, con lo scopo di creare una normalizzazione dei consumi in funzione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

Nell'edificio oggetto di diagnosi, posto ad un'altitudine di 43 m slm, 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.

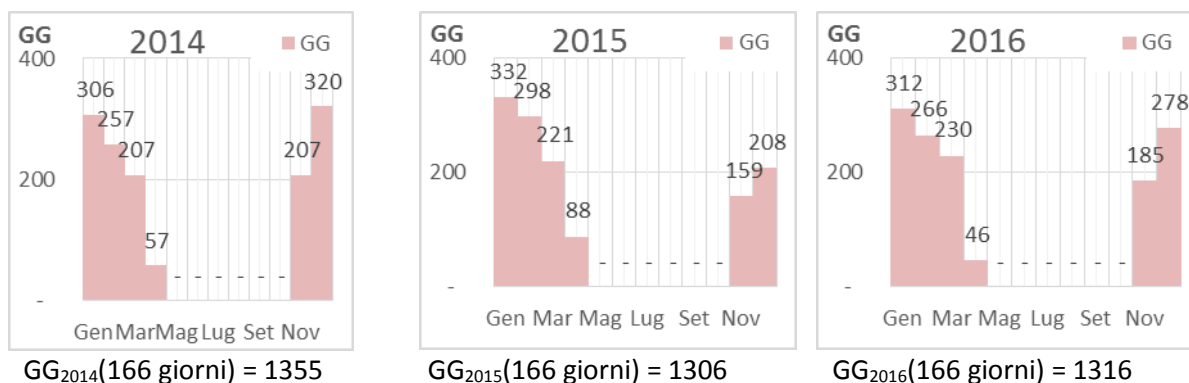
Figura 3.1 – Posizionamento della centralina meteo climatica rispetto all'edificio oggetto di DE



### 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

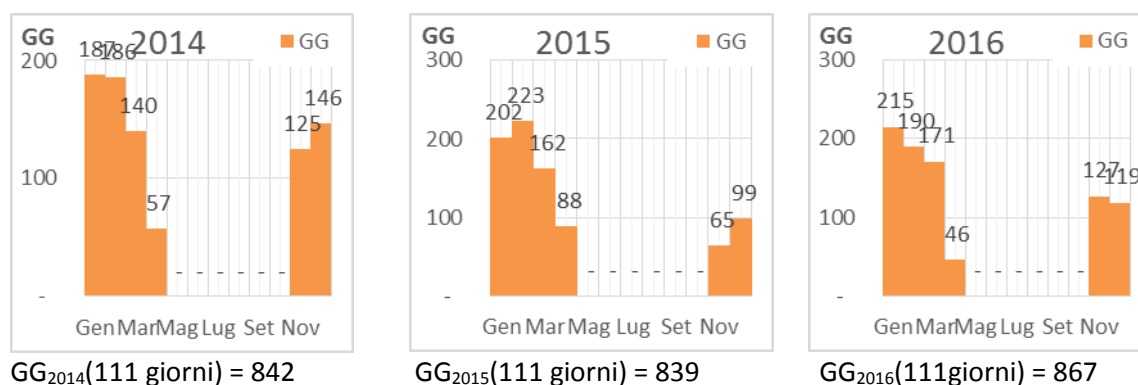


Considerando che il profilo di utilizzo degli impianti di riscaldamento prevede alcuni giorni di mancata accensione dell'impianto, come riportato nella Tabella 2.3, i GG reali sono stati ricalcolati in funzione del numero di giorni effettivi di accensione dell'impianto termico, pertanto si è ottenuto un valore di 926 GG calcolati su 111 giorni effettivi di utilizzo dell'impianto di riscaldamento.

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

I GG così calcolati definiscono i GG<sub>real</sub> ai fini del processo di normalizzazione di cui al capitolo 5.1.1.

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



Come si può notare dai grafici sopra riportati, l'andamento dei GG non è costante e subisce variazioni nel periodo considerato e si attesta molto 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'edificio risalente al 1874 ed è realizzato in laterizio pieno.

La finitura della pareti è ad intonaco.

L'involucro edilizio opaco che costituisce l'edificio è sostanzialmente composto da un unico blocco strutturale.

La struttura geometrica interna risulta molto omogenea, come anche dal punto di vista strutturale.

La copertura è terrazzata ed interamente verso esterno, ed è realizzata in calcestruzzo armato portante, non coibentata.

Figura 4.1 – Facciata esterna – Via Fieschi 16



Figura 4.2 – Facciata esterna – Ingresso via Fieschi 14



Figura 4.3 – Interno scuola materna – piano terzo



Figura 4.4 – Interno scuola elementare – piano secondo



Figura 4.5 – Interno palestra

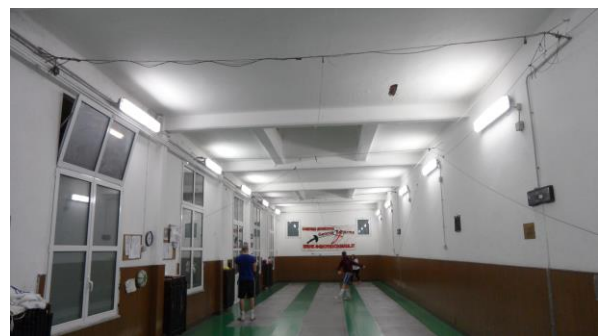


Figura 4.6 – Esterno - copertura





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:

- Come già anticipato non sono state rilevate particolari discontinuità nella struttura edilizia, con presenza di significativi ponti termici
- Sono state rilevate grosse differenze di temperatura in corrispondenza delle nicchie sottofinestra, in cui il muro si assottiglia e lì si concentrano dispersioni di calore significative.

Figura 4.7 – Rilievo termografico dell'esterno - prospetto ovest

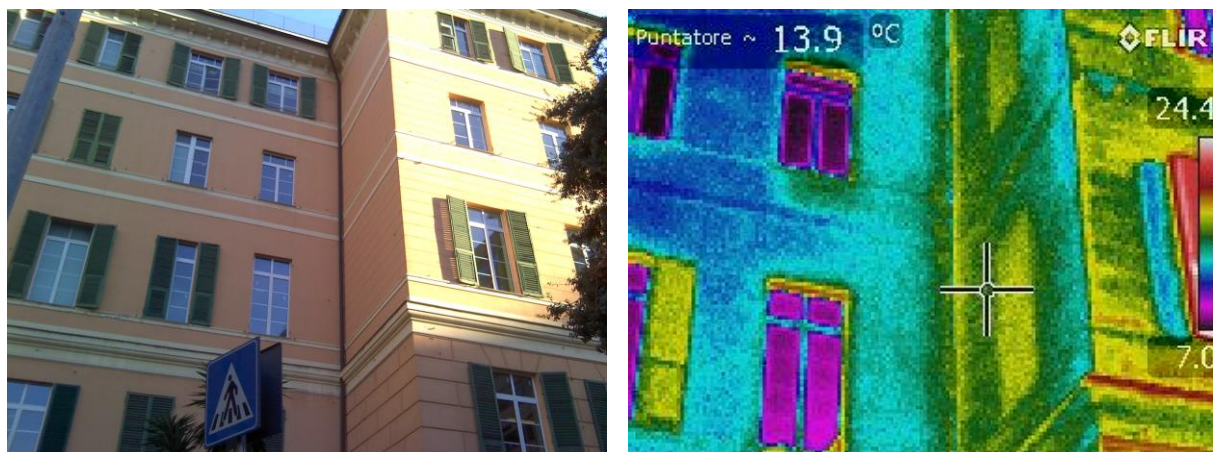
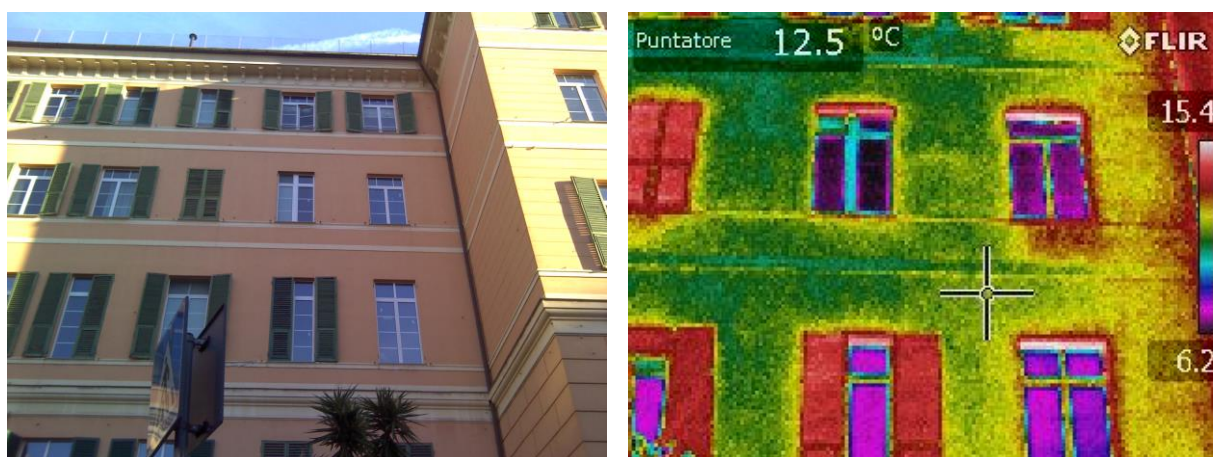


Figura 4.8 – Rilievo termografico dell'esterno - prospetto ovest



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

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



Tabella 4.1 – Trasmittanze termiche dei componenti dell’involucro opaco

TIPO DI COMPONENTE	CODICE	SPESSORE [mm]	ISOLAMENTO	TRASMITTANZA TERMICA [W/m <sup>2</sup> K]	STATO DI CONSERVAZIONE
Muro esterno - 40 cm	M1	400,0	Assente	1,399	Sufficiente
Muro esterno - 30 cm	M2	300,0	Assente	1,671	Sufficiente
Muro verso NR - 80 cm	M3	800,0	Assente	0,805	Sufficiente
Porta in legno	M4	50,0	Assente	2,035	Sufficiente
Muro verso NR - 50 cm	M5	500,0	Assente	1,144	Sufficiente
Muro esterno - 80 cm	M6	800,0	Assente	0,836	Sufficiente
Muro verso NR - 30 cm	M7	300,0	Assente	1,551	Sufficiente
Porta REI	M8	54,0	Assente	0,609	Sufficiente
Muro esterno - 20 cm	M9	190,0	Assente	1,400	Sufficiente
Muro esterno - 70 cm	M10	700,0	Assente	0,933	Sufficiente
Muro esterno - 55 cm	M11	550,0	Assente	1,127	Sufficiente
Pavimento contro terra	P1	445,0	Assente	0,338	Sufficiente
Solaio interpiano	P2	0,0	Assente	0,000	Sufficiente
Solaio verso NR	P3	255,0	Assente	1,690	Sufficiente
Solaio interpiano	S1	0,0	Assente	0,000	Sufficiente
Solaio verso esterno	S2	270,0	Assente	1,617	Sufficiente
Vetrocemento	S3	80,0	Assente	2,767	Sufficiente
Solaio in canticciato	S4	20,0	Assente	3,485	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’Allegato E – Relazione di dettaglio dei calcoli.

#### 4.1.2 Involucro trasparente

L’involucro trasparente che costituisce l’edificio è composto da due diverse tipologie di serramenti, serramenti esterni e sulla corte interna piani 1-2 presentano telaio in pvc con vetrocamera, di recente installazione (2015 probabilmente), mentre il piano terzo sulla corte interna in corrispondenza con la scuola materna presenta serramenti con telaio in metallo e vetro singolo in cattive condizioni con presenza di forti ossidazioni sui serramenti che ne potrebbero compromettere anche la sicurezza per i bambini.

Figura 4.9 – Serramenti in pvc e vetrocamera – scuola elementare – corte interna



Figura 4.10 - Serramenti in legno e vetro singolo – scuola materna – corte interna

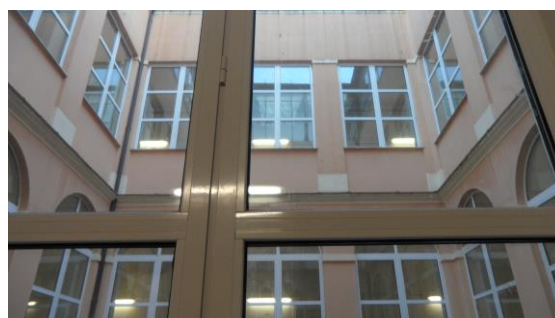
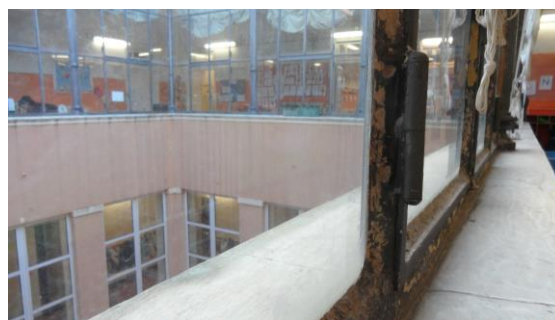


Figura 4.11 – Serramenti in metallo e vetro singolo – scuola materna



Figura 4.12 - Serramenti in metallo e vetro singolo – scuola materna – particolare



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 ampio ponte termico perimetrale
- Il grado di isolamento offerto dagli infissi dotati di vetro singolo è insufficiente, è buono invece il livello di isolamento offerto dagli infissi con telaio in pvc e vetrocamera.

Figura 4.13 – Rilievo termografico dei serramenti esterni in pvc e vetrocamera



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	ALTEZZA	LARGHEZZA	TIPO TELAIO	TIPO VETRO	TRASMITTANZA TERMICA - U <sub>w</sub>	STATO DI CONSERVAZIONE
		[mm]	[mm]				
P-1 - F1 - 140X166 pvc vetrocamera	W1	166,0	140,0	pvc	Doppio	2,221	Buono
P-1 - F2 - 160x270 pvc vetrocamera	W2	270,0	160,0	pvc	Doppio	2,251	Buono
P-1 - F3 - 100x60 pvc vetrocamera	W3	60,0	100,0	pvc	Doppio	2,398	Buono
P0 - F1 - 140X300 pvc vetrocamera	W4	300,0	140,0	pvc	Doppio	2,347	Buono
P1 - F1 - 140X300 pvc vetrocamera	W5	300,0	140,0	pvc	Doppio	2,347	Buono
P1 - F2 - 190x370 pvc vetrocamera	W6	370,0	190,0	pvc	Doppio	2,377	Buono
P2 - F1 - 140X250 pvc vetrocamera	W7	250,0	140,0	pvc	Doppio	2,346	Buono
P2 - F2 - 190x370 pvc vetrocamera	W8	370,0	190,0	pvc	Doppio	2,377	Buono
P3 - F1 - 140X245 pvc vetrocamera	W9	245,0	140,0	pvc	Doppio	2,346	Buono

P3 - F2 - 242X300 metallo vetro singolo W10 300,0 242,0 Metallo Singolo 5,084 Insufficiente

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'Allegato E- Relazione di dettaglio di calcolo.

## 4.2 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO DI RISCALDAMENTO/CLIMATIZZAZIONE INVERNALE

L'impianto di riscaldamento degli ambienti è costituito da una centrale termica unica costituita da una caldaia a basamento di tipo tradizionale, alimentata a gas metano, collegata a tre circuiti di distribuzione che servono l'intero complesso edilizio.

### 4.2.1 Sottosistema di emissione

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

- Radiatori in ghisa

Figura 4.14 – Particolare – radiatore in ghisa – scuola elementare



I rendimenti di emissione desunti dal modello di calcolo delle DE, elaborato con software certificato Edilclima EC700, sono i seguenti:

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

ZONA TERMICA	TIPOLOGIA DI TERMINALE	RENDIMENTO
Scuola elementare, materna, vespertina, palestra	Radiatori in ghisa	90,3%

Le caratteristiche dei terminali di emissione installati sono sintetizzati nella Tabella 4.4

Tabella 4.4 – Riepilogo caratteristiche dei terminali di emissione installati

PIANO	TIPO DI INSTALLAZIONE	NUMERO	POTENZA TERMICA UNITARIA	POTENZA TERMICA COMPLESSIVA	POTENZA A FRIGORIFERA UNITARIA	POTENZA FRIGORIFERA COMPLESSIVA
Terra Scuola	Radiatori su parete esterna non isolata	38	2,92 - MEDIA	111,08	0	0
Terra palestra	Radiatori su parete esterna non isolata	ND	ND	30,2	0	0
Primo	Radiatori su parete esterna non isolata	27	3,06 – MEDIA	82,75	0	0

Secondo	Radiatori su parete esterna non isolata	27	2,85 – MEDIA	76,96	0	0
Terzo	Radiatori su parete esterna non isolata	35	2,89 - MEDIA	101,23	0	0
<b>TOTALE</b>		127		402,22	-	<b>TOTALE</b>

I dati di potenza sono stati ricavati dai file di check-list impianto termico forniti dalla committenza, non sono disponibili informazioni sul delta di temperatura utilizzato per il calcolo della potenza. È stato fatto un confronto con i valori di potenza suggeriti dal software Edilclima e sono risultati essere dello stesso ordine di grandezza.

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

#### 4.2.2 Sottosistema di regolazione

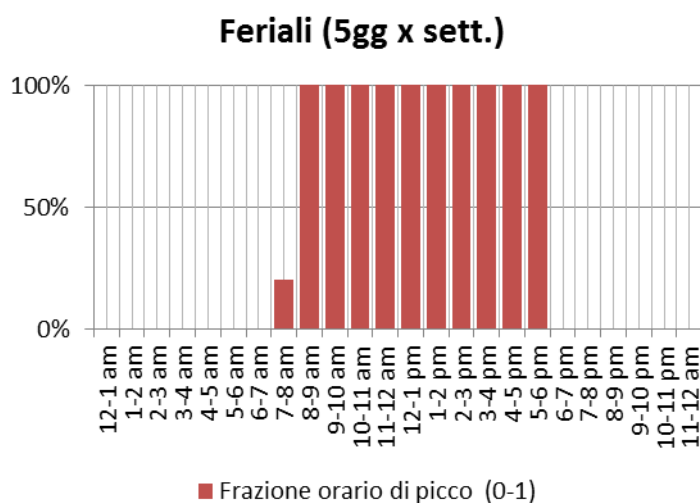
La regolazione del funzionamento dell'impianto avviene attraverso cronotermostato con orari pre-impostati, inoltre in centrale termica è presente un sistema di telegestione e telecontrollo dotato anche di una centralina climatica con sonda esterna. La maggior parte dei radiatori della scuola elementare e materna sono provvisti di valvole termostatiche per la regolazione locale della temperatura.

Figura 4.15 – Particolare valvola termostatica – radiatore in ghisa – scuola elementare



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

Figura 4.16 – Profilo di funzionamento invernale feriale dell’impianto per la zona termica della Scuola media e della scuola elementare.



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
Scuola elementare e materna	Per singolo ambiente ON-OFF + climatica	97%

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 dedicato alla Scuola Elementare e Materna e alla Scuola Vespertina ed Educazione Permanente è costituito dai seguenti elementi:

1) Circuito primario di collegamento tra il generatore di calore e lo scambiatore di calore intermedio.

I circolatori a servizio del circuito primario lavorano in parallelo e sono dotati di inverter (Tabella 4.6).

Tabella 4.6 – Riepilogo caratteristiche pompe circuito primario

ZONA TERMICA	NOME	SERVIZIO	PORTATA MASSIMA [m <sup>3</sup> /h]	PREVALENZA MASSIMA [m]	POTENZA ASSORBITA [kW]
Scuola elementare, materna e palestra	Generatore di calore EG01	Pompa gemellare di mandata acqua calda da generatore di calore a scambiatore	12	11	2x0,8
TOTALE			12	11	0,8

2) Circuito secondario di collegamento tra lo scambiatore di calore intermedio di calore e lo scambiatore .

I circolatori a servizio del circuito secondario lavorano in parallelo e sono dotati di inverter (Tabella 4.7).

Tabella 4.7 – Riepilogo caratteristiche pompe circuito secondario

NOME		SERVIZIO	PORTATA MASSIMA [m <sup>3</sup> /h]	PREVALENZA MASSIMA [m]	POTENZA ASSORBITA [kW]
Generatore di calore	EG02	Pompa gemellare di mandata acqua calda da scambiatore ai circuiti di distribuzione	30	6,5	2x0,9
TOTALE			30	6,5	0,9

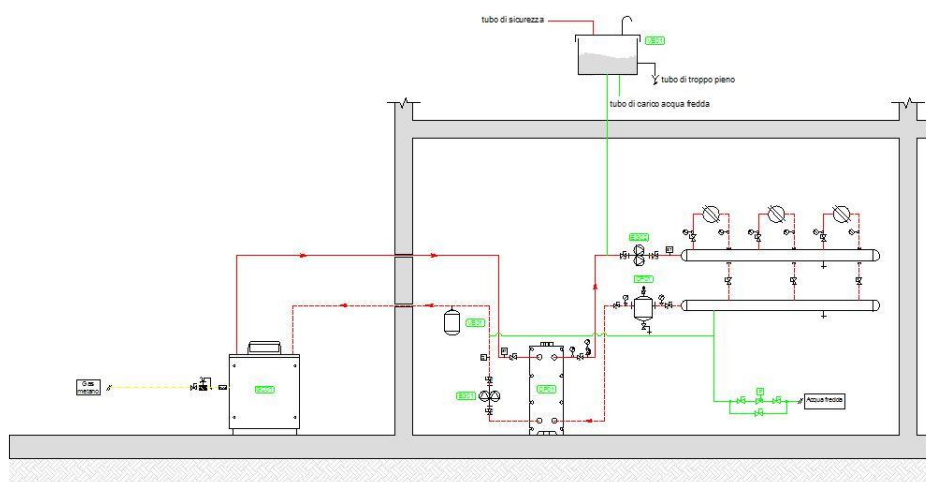
Le temperature del fluido termovettore all'interno del circuito secondario sono riportate nella seguente tabella.

Tabella 4.8 – Temperature di mandata e ritorno del circuito primario

CIRCUITO			TEMPERATURA RILEVATA °C	TEMPERATURA CALCOLO °C
Generatore di calore	Mandata	Caldo	35	80
	Ritorno	Caldo	25	60

Come si evince dalla tabella soprastante la differenza fra temperature rilevate e temperature di calcolo (fanno riferimento alle condizioni convenzionali di progetto), 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 4.17 - Particolare dello schema di impianto



Il rendimento complessivo del sottosistema di distribuzione dell'impianto di riscaldamento invernale è stato assunto nella DE pari al 99% come da modello termico redatto con software certificato Edilclima e calcolato secondo le UNI TS 11300.

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



#### 4.2.4 Sottosistema di generazione

Il sottosistema di generazione è costituito da una caldaia a basamento di tipo a condensazione alimentata a gas metano che produce acqua calda dedicata al servizio di riscaldamento invernale dell'edificio analizzato, installata nel 2010.

Figura 4.18 – Posizionamento generatore di calore



Figura 4.19 - Distribuzione centrale termica



Le caratteristiche dei sistemi di generazione sono riportate nella Tabella 4.9.

Tabella 4.9 – Riepilogo caratteristiche sistemi di generazione

Servizio	MARCA	MODELLO	ANNO DI COSTRUZIONE	POTENZA AL FOCOLARE [kW]	POTENZA TERMICA UTILE [kW]	RENDIMENTO	POTENZA ASSORBITA COMPLESSIVA [kW]
GC01 Riscaldamento	UNICAL	MODEULEX 440	2010	432	80-60 °C – 424,3 50-30°C - 445	98,2%	ND

Il rendimento complessivo del sottosistema di generazione, in regime di riscaldamento è stato assunto pari al 93,8%, calcolato con software di simulazione energetica che implementa le norme UNI TS 11300. Rispetto alla prova fumi resa disponibile dalla committenza, il rendimento è inferiore a quello misurato nel mese di febbraio, pari a 98,2%, esattamente identico a quello di targa. lo scostamento potrebbe essere dovuto a molteplici fattori, innanzitutto le condizioni climatiche a cui si è svolta la prova fumi in oggetto che, in una giornata mite, avrebbe potuto far in modo che il circuito del riscaldamento chiedesse acqua a temperatura inferiore, pertanto si sarebbe potuto verificato un funzionamento del generatore di calore molto prossimo alle condizioni di condensazione. Inoltre la diagnosi energetica considera il funzionamento dei terminali ad alta temperatura con delta T di 80-60, pertanto il rendimento di una caldaia a condensazione a quelle condizioni si abbassa.

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

### 4.3 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO PRODUZIONE ACQUA CALDA SANITARIA

La produzione di ACS avviene mediante l'ausilio di 3 caldaie murali a metano posizionate in corrispondenza della cucina e della palestra.

Le caratteristiche del sistema di produzione di ACS sono riportate nella Tabella 4.10.

Tabella 4.10 – Riepilogo caratteristiche impianto di produzione ACS

SERVIZIO	MARCA	Volume l	Numero	POTENZA TERMICA kW
Cucina	ACS	VAILLANT – TURBOBLOCK	1	25,5
Palestra	ACS	VAILLANT	1	14
Palestra	ACS	ACQUASPRINT	1	14
TOTALE			3	53,5

Figura 4.20 - Caldaia a metano di tipo tradizionale – Cucina



Figura 4.21 - Caldaia a metano di tipo tradizionale – Cucina



I rendimenti caratteristici dei sottosistemi dell'impianto di produzione acqua calda sanitaria sono riportati nella Tabella 4.11.

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

SOTTOSISTEMA DI EROGAZIONE	SOTTOSISTEMA DI DISTRIBUZIONE	SOTTOSISTEMA DI RICIRCOLO	SOTTOSISTEMA DI ACCUMULO	SOTTOSISTEMA DI GENERAZIONE	RENDIMENTO GLOBALE MEDIO STAGIONALE
100%	92,6%	-	-	90,6% cucina – 91,1% palestra	77,1% cucina – 77,6% palestra

Nota (8) Valori ricavati da modello energetico

Nel sistema di produzione di ACS in oggetto non è presente alcun sistema di ricircolo e alcun sistema di accumulo. I rendimenti indicati sono stati calcolati con software di simulazione energetica che implementa le norme UNI TS 11300.

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



#### 4.4 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO ELETTRICO E PRINCIPALI UTENZE ELETTRICHE

Le utenze sottese all'impianto elettrico, oltre a quelle precedentemente descritte, sono costituite essenzialmente da utenze locali quali ad esempio le attrezzature della cucina ed altri dispositivi in uso del personale (pc, LIM e stampante multifunzione).

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

Tabella 4.12 – Elenco e caratteristiche delle altre utenze elettriche

DESCRIZIONE	NUMERO	POTENZA	POTENZA	ORE ANNUE DI
		NOMINALE – STIMA	COMPLESSIVA	UTILIZZO
		[W]	[W]	[ore] – STIMA
distributore bevande	2	800	1600	6048
pc	15	200	3000	360
stampanti	2	200	400	360
LIM	13	340	4420	360
Lavastoviglie	1	9600	9600	360
Cappa	1	150	150	360
Armadi refrigerati	2	300	600	1092

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 e negli appositi file dell'Allegato B.

#### 4.5 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO ILLUMINAZIONE

L'impianto di illuminazione è costituito da lampade a neon fluorescenti di tipo T8.

Figura 4.22 – Particolare dei corpi illuminanti ubicati nell'edificio- fluorescente 2X36W



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

Tabella 4.13 – Elenco e caratteristiche dei corpi illuminanti

ZONATERMICA	DESCRIZIONE	NUMERO	POTENZA UNITARIA	POTENZA COMPLESSIVA
			[W]	[W]
Palestra	fluorescenti	13	2x36	936
P0	fluorescenti	81	2x36	5832
P0	fluorescenti	33	1x36	1188
P1	fluorescenti	60	2x36	4320
P1	fluorescenti	50	1x36	1800
P2	fluorescenti	67	2x36	4824
P2	fluorescenti	35	1x36	1260
P2	fluorescenti	4	4x18	288

P3	fluorescenti	30	2x36	2160
P3	fluorescenti	91	1x36	3276
S1	fluorescenti	9	2x36	648

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.

## 5 CONSUMI RILEVATI

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

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

I vettori energetici analizzati sono i seguenti:

- Gas metano;
- Energia elettrica.

#### 5.1.1 Energia termica

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

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

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

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

Nota (9) Fonte: Prospetto B.19 UNI TS 11300-2:2014

La fornitura di Gas metano avviene tramite la presenza di tre diversi contatori, di cui uno solo è dedicato alla centrale termica, il PDR1, uno è dedicato alla produzione di ACS della palestra, il PDR2 e l'ultimo contatore, il PDR3, è dedicato alla cucina ed alla produzione di ACS.

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

Relativamente al PDR 1 – 3290049562549 sono riportati i dati rilevati dalla società di distribuzione del metano per l'anno 2014, 2015 e 2016. Per i PDR 2 (3270020788349) e PDR 3 (3270020788248) sono riportati i dati di fatturazione del gas metano per gli anni 2014, 2015 e 2016.

Tali consumi sono riportati nelle seguenti tabelle, con indicazione dei PDR di riferimento, i dati di fatturazione ed i dati forniti dal distributore locale.

Tabella 5.2 – Consumi annuali di energia termica per il triennio di riferimento – Dati del distributore dei 3 PDR

PDR	Utilizzo	2014	2015	2016	2014	2015	2016
		[Sm <sup>3</sup> ]	[Sm <sup>3</sup> ]	[Sm <sup>3</sup> ]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
		Metano	Metano	Metano	Metano	Metano	Metano
3290049562549	Riscaldamento	22.152	18.844	25.243	208.672	177.510	237.789
3270020788349	ACS	225	145	171	2.120	1.370	1.608
3270020788248	ACS + uso cottura	1.917	3.647	3.041	18.058	34.357	28.649

Tabella 5.3 – Consumi annuali di energia termica per il triennio di riferimento – Dati di fatturazione dei 3 PDR

PDR	Utilizzo	2014	2015	2016	2014	2015	2016
		[Sm <sup>3</sup> ]	[Sm <sup>3</sup> ]	[Sm <sup>3</sup> ]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
		Metano	Metano	Metano	Metano	Metano	Metano
3290049562549	Riscaldamento	22.152	18.844	25.243	208.672	177.510	237.789
3270020788349	ACS	225	5.116	3.787	2.120	48.197	35.674
3270020788248	ACS + uso cottura	1.917	3.604	3.075	18.058	33.946	28.967

Parallelamente all'analisi dei consumi storici forniti dalla società di distribuzione si è provveduto alla valutazione dei consumi fatturati nel triennio di riferimento.

La stima dei consumi fatturati dalla società di fornitura è riportata nella Tabella 5.4.

La suddivisione mensile dei consumi sul triennio di riferimento è stata ricavata in base ai gradi giorno della stazione meteo di riferimento.

Tabella 5.4 – Consumi mensili di energia termica per il triennio di riferimento – Dati di fatturazione dei 3 PDR

PDR: 3270049562549	2014	2015	2016	2014	2015	2016
Mese	[Sm <sup>3</sup> ]	[Sm <sup>3</sup> ]	[Sm <sup>3</sup> ]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gen	4.931	4.535	6.262	46.454	42.717	58.985
Feb	4.895	5.013	5.518	46.107	47.223	51.978
Mar	3.691	3.634	4.975	34.766	34.233	46.864
Apr	1.508	1.983	1.336	14.204	18.682	12.587
Mag	-	-	-	-	-	-
Giu	-	-	-	-	-	-
Lug	-	-	-	-	-	-
Ago	-	-	-	-	-	-
Set	-	-	-	-	-	-
Ott	-	-	-	-	-	-
Nov	3.281	1.453	3.691	30.912	13.689	34.771
Dic	3.846	2.226	3.461	36.229	20.967	32.605
<b>Totale</b>	<b>22.152</b>	<b>18.844</b>	<b>25.243</b>	<b>208.672</b>	<b>177.510</b>	<b>237.789</b>

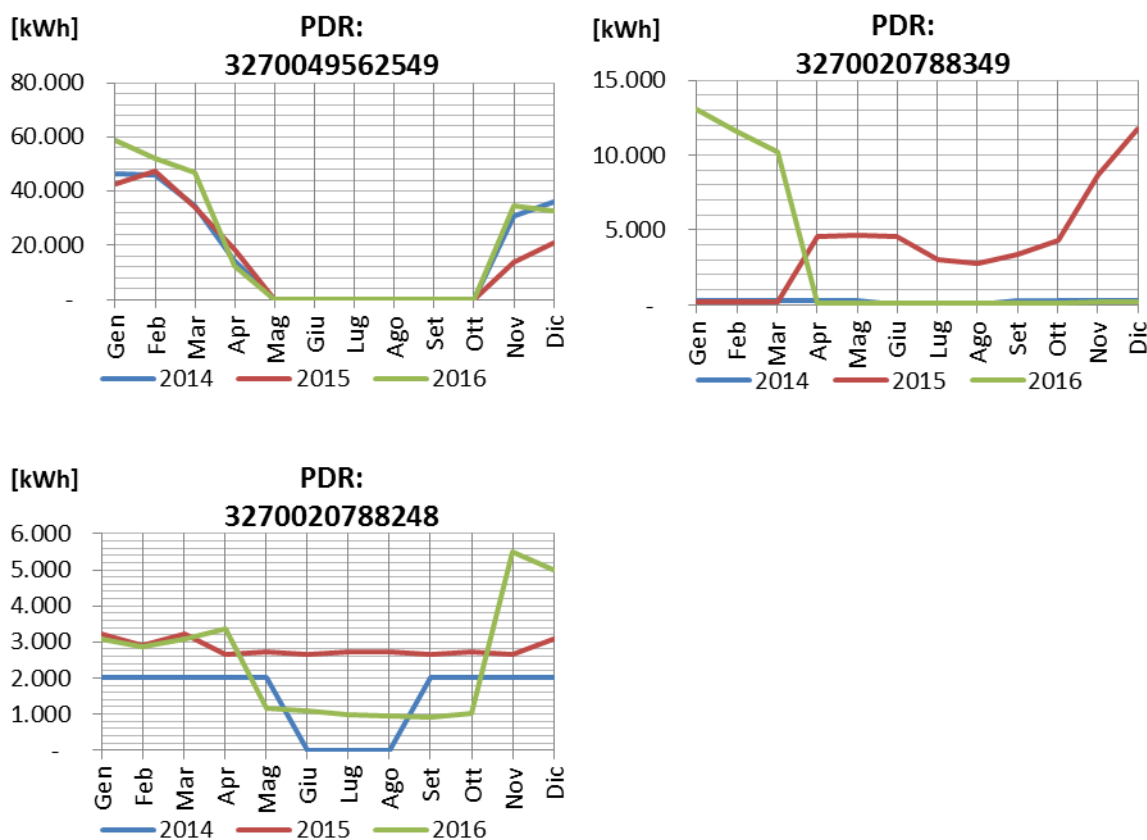
  

PDR: 3270020788349	2014	2015	2016	2014	2015	2016
Mese	[Sm <sup>3</sup> ]	[Sm <sup>3</sup> ]	[Sm <sup>3</sup> ]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gen	25	22	1.384	236	203	13.037
Feb	25	19	1.225	236	183	11.540
Mar	25	22	1.081	236	203	10.183
Apr	25	480	12	236	4.522	113
Mag	25	495	9	236	4.663	85
Giu	-	480	8	-	4.522	75
Lug	-	322	8	-	3.033	75
Ago	-	289	8	-	2.722	75
Set	25	361	9	236	3.401	85
Ott	25	453	9	236	4.267	85
Nov	25	924	16	236	8.704	151
Dic	25	1.250	18	236	11.775	170
<b>Totale</b>	<b>225</b>	<b>5.116</b>	<b>3.787</b>	<b>2.120</b>	<b>48.197</b>	<b>35.674</b>

PDR: 3270020788248	2014	2015	2016	2014	2015	2016
Mese	[Sm <sup>3</sup> ]	[Sm <sup>3</sup> ]	[Sm <sup>3</sup> ]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gen	213	341	326	2.006	3.211	3.071
Feb	213	308	305	2.006	2.900	2.873
Mar	213	341	327	2.006	3.211	3.080
Apr	213	281	358	2.006	2.647	3.372
Mag	213	291	123	2.006	2.741	1.159
Giu	-	281	114	-	2.647	1.074
Lug	-	291	103	-	2.741	970
Ago	-	290	102	-	2.732	961
Set	213	281	95	2.006	2.647	895
Ott	213	291	107	2.006	2.741	1.008
Nov	213	281	584	2.006	2.647	5.501
Dic	213	327	531	2.006	3.080	5.002
Totale	1.917	3.604	3.075	18.058	33.946	28.967

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

Figura 5.1 – Andamento mensile dei consumi termici fatturati



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 nullo nel triennio di riferimento;

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

Si sottolinea che ai fini della normalizzazione e della successiva validazione del modello energetico dei due edifici serviti dalla centrale termica e dal PDR 1, come precedentemente anticipato, si utilizzeranno per la definizione dei consumi reali,  $Q_{real,i}$ , i consumi di gas metano forniti dalla società di distribuzione. I dati di consumi energetico estratti per il PDR 2 e 3 dai dati di fatturazione si discostano molto dai dati forniti dalla Stazione Appaltante nel file Kyoto Baseline, pertanto, ai fini del calcolo della baseline termica successiva viene utilizzato il valore medio per PDR indicato nel suddetto file, cui viene scorporato l'uso cucina dal PDR3.

Tabella 5.5 – Normalizzazione dei consumi annuali di energia termica

ANNO	GG <sub>REAL</sub> SU 111 GIORNI	GG <sub>RIF</sub> SU 111 GIORNI	CONSUMO REALE RISC. [Smc]	CONSUMO REALE RISC. [kWh]	$A_{rif}$	CONSUMO NORMALIZZATO A 926 GG [kWh]	CONSUMO ACS [kWh]	CONSUMO ALTRO [kWh]
2014	842	926	22.152	208.732	248,0	229.663	2.459	
2015	839	926	18.844	177.561	211,6	196.019	2.459	
2016	867	926	25.243	237.857	274,3	254.058	2.459	
<b>Media</b>	<b>849</b>	<b>926</b>	<b>22.080</b>	<b>208.050</b>	<b>245,0</b>	<b>226.887</b>	<b>2.459</b>	

Si sono pertanto definiti per il calcolo della Baseline i parametri riportati nella Tabella 5.6:

Tabella 5.6 – Individuazione della Baseline termica

GRANDEZZA	VALORE
	[Kwh]
$\bar{Q}_{ACS}$	2.459-
$\bar{Q}_{ALTRO}$	0-
$\bar{a}_{rif} \times GG_{rif}$	226.887
<b><math>Q_{baseline}</math></b>	<b>229.346</b>

### 5.1.2 Energia elettrica

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

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

L'elenco delle fatture analizzate è riportato all' Allegato A – Elenco documentazione fornita dalla committenza. Sono state fornite tutte le fatture di energia elettrica del periodo 2014-2016 considerato.

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 5.7 con indicazione dei POD di riferimento.

Tabella 5.7 – Elenco POD e relativi consumi annuali per il triennio di riferimento

POD	ZONA SERVITA	2014	2015	2016	MEDIA
		[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
IT001E00097652	Scuola elementare, materna, Vespertine, Educazione permanente e Palestra	64.054	64.817	61.842	63.238
<b>TOTALE</b>		<b>64.054</b>	<b>64.817</b>	<b>61.842</b>	<b>63.238</b>

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-E1616 ed è emerso uno scostamento massimo dell'8,5% sul valore medio per l'anno 2016, questo forse dovuto alla mancanza di qualche fattura di conguaglio.

Tabella 5.8 – Elenco POD e relativi consumi annuali per il triennio di riferimento – dati distributore

POD	ZONA SERVITA	2014	2015	2016	MEDIA
		[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
IT001E00097652	Scuola elementare, materna, Vespertine, Educazione permanente e Palestra	64.054	66.4718	67.550	65.674
<b>TOTALE</b>		<b>64.054</b>	<b>66.418</b>	<b>67.550</b>	<b>65.674</b>

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

Si è pertanto definito un consumo  $EE_{baseline}$  pari a 63.238 kWh.

Di seguito si riportano i consumi mensili di energia elettrica suddivisi per fascia per tutti i POD analizzati

Tabella 5.9 – Consumi mensili di energia elettrica suddivisi per fasce, per il triennio di riferimento – POD1

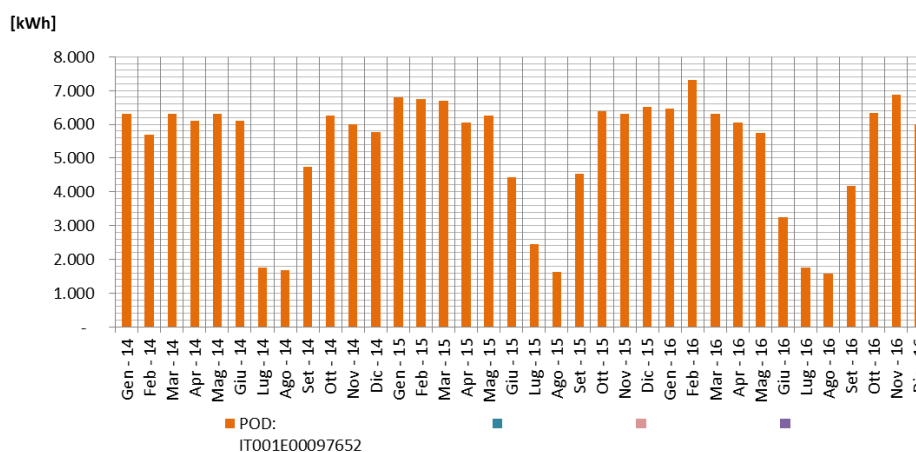
POD: IT001E00097652	F1	F2	F3	TOTALE
Anno 2014	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gen – 14	2.073	2.022	2.215	6.310
Feb – 14	1.897	1.979	1.824	5.700
Mar – 14	2.104	2.118	2.089	6.311
Apr – 14	2.035	2.026	2.046	6.107
Mag – 14	2.051	2.184	2.076	6.311
Giu – 14	186	220	5.701	6.107
Lug – 14	871	351	535	1.757
Ago – 14	709	357	608	1.674
Set – 14	3.090	722	930	4.742
Ott – 14	4.450	831	989	6.270
Nov – 14	4.170	787	1.050	6.007
Dic – 14	3.874	766	1.118	5.758
<b>Totale</b>	<b>27.510</b>	<b>14.363</b>	<b>21.181</b>	<b>63.054</b>
POD: IT001E00097652	F1	F2	F3	TOTALE
Anno 2015	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gen – 15	4.842	855	1.102	6.799
Feb – 15	5.042	794	902	6.738
Mar – 15	4.857	838	1.006	6.701
Apr – 15	4.220	752	1.078	6.050
Mag – 15	3.966	936	1.357	6.259
Giu – 15	2.610	722	1.099	4.431
Lug – 15	1.042	544	852	2.438
Ago – 15	679	342	609	1.630
Set – 15	3.286	609	652	4.547
Ott – 15	4.866	768	755	6.389
Nov – 15	4.424	775	1.113	6.312
Dic – 15	4.571	801	1.151	6.523
<b>Totale</b>	<b>44.405</b>	<b>8.736</b>	<b>11.676</b>	<b>64.817</b>
POD: IT001E00097652	F1	F2	F3	TOTALE
Anno 2016	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gen – 16	4.291	814	1.368	6.473
Feb – 16	5.460	898	944	7.302
Mar – 16	4.504	814	985	6.303
Apr – 16	4.008	892	1.163	6.063
Mag – 16	4.239	684	817	5.740
Giu – 16	2.144	493	622	3.259
Lug – 16	679	399	673	1.751
Ago – 16	651	351	567	1.569
Set – 16	2.857	628	678	4.163



Ott - 16	4.496	834	997	6.327
Nov - 16	5.070	829	981	6.880
Dic - 16	3.936	884	1.192	6.012
<b>Totale</b>	<b>42.335</b>	<b>8.520</b>	<b>10.987</b>	<b>61.842</b>

Considerando la presenza di un unico POD a servizio dell'edificio in oggetto, si riporta la Figura 5.2 con un confronto grafico tra i profili elettrici reali relativi per il triennio di riferimento.

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.

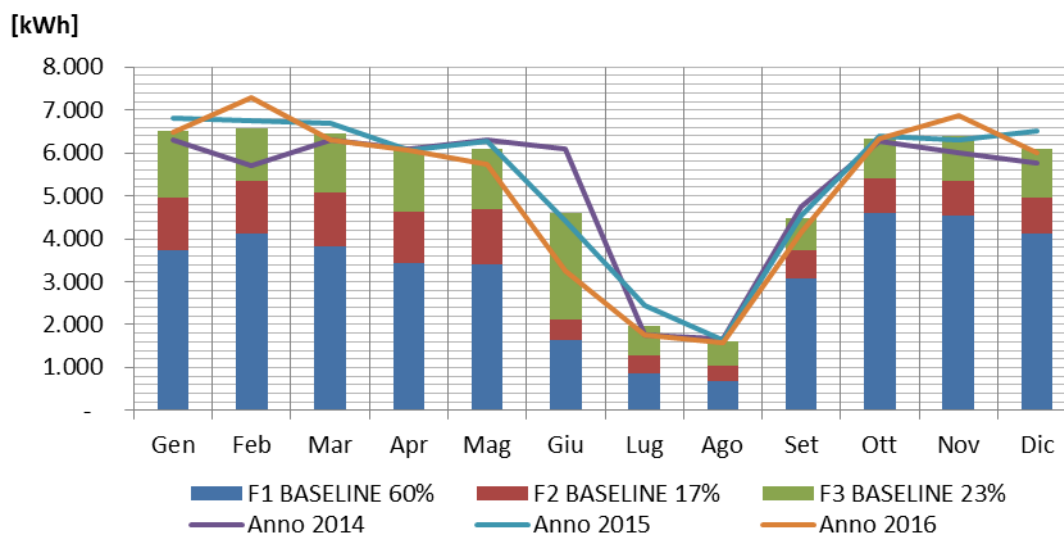
Tali valori sono riportati nella Tabella 5.10.

Tabella 5.10 – Consumi mensili di Baseline

BASILINE	F1	F2	F3	TOTALE
	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gennaio	3.735	1.230	1.562	6.527
Febbraio	4.133	1.224	1.223	6.580
Marzo	3.822	1.257	1.360	6.438
Aprile	3.421	1.223	1.429	6.073
Maggio	3.419	1.268	1.417	6.103
Giugno	1.647	478	2.474	4.599
Luglio	864	431	687	1.982
Agosto	680	350	595	1.624
Settembre	3.078	653	753	4.484
Ottobre	4.604	811	914	6.329
Novembre	4.555	797	1.048	6.400
Dicembre	4.127	817	1.154	6.098
<b>Totale</b>	<b>38.083</b>	<b>10.540</b>	<b>14.615</b>	<b>63.238</b>

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



Non è stato inoltre possibile rappresentare i profili giornalieri dei consumi elettrici del POD in oggetto, in quanto non disponibili sul sito dalla società di distribuzione dell'energia elettrica. I profili di prelievo mensili nel triennio di riferimento presentano andamenti ricorrenti e seguono in modo adeguato i periodi di utilizzo ed apertura della struttura, nello specifico si rileva che comunque durante il periodo di chiusura ci sono sempre dei consumi legati alle utenze sempre attive.

## 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 CO<sub>2</sub> utilizzati sono riportati nella Tabella 5.11.

Tabella 5.11 – Fattori di emissione di CO<sub>2</sub>.

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

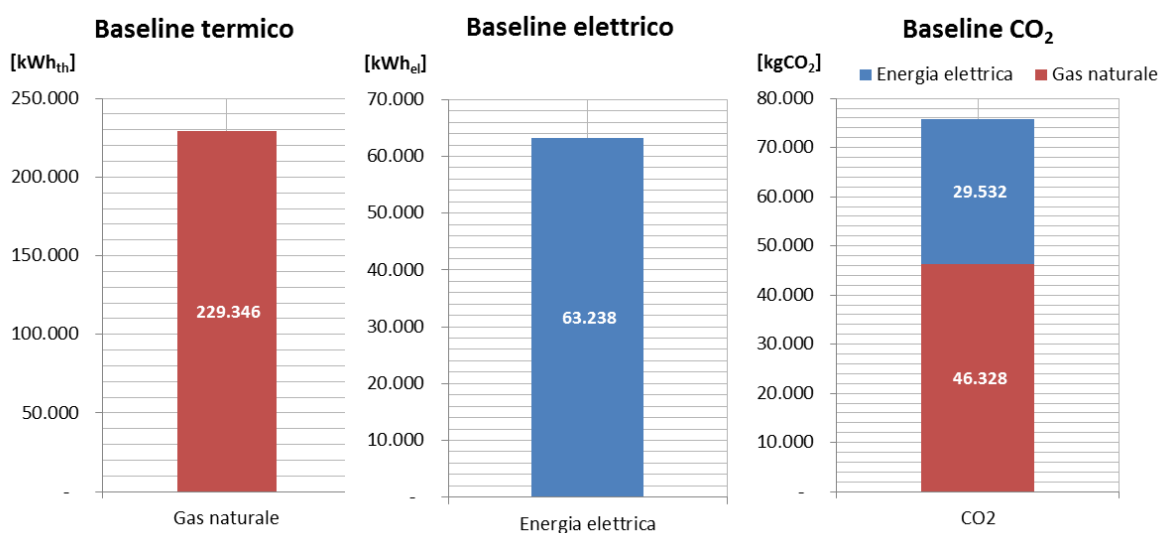
\* da "Linee Guida Patto dei Sindaci" per anno 2010

Applicando tali fattori di conversione è stato possibile valutare la Baseline delle emissioni di CO<sub>2</sub>, come riportato nella Tabella 5.12 e nella Figura 5.4

Tabella 5.12 – Baseline delle emissioni di CO<sub>2</sub>.

COMBUSTIBILE	CONSUMO DI BASELINE	FATTORE DI CONVERSIONE	
	[kWh]	[kgCO <sub>2</sub> /kWh]	[kgCO <sub>2</sub> ]
Gas naturale	229.346	0,202	46.328
Energia elettrica	63.238	0,467	29.532

Figura 5.4 – Rappresentazione grafica della Baseline dei consumi e delle emissioni di CO<sub>2</sub>.



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 5.13 – Fattori di conversione in energia primaria dei vettori energetici

COMBUSTIBILE	F <sub>P,nren</sub>	F <sub>P,ren</sub>	F <sub>P,tot</sub>
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 5.14.

Tabella 5.14 – Fattori di riparametrizzazione

PARAMETRO		VALORE	U.M.
FATTORE 1	Superficie netta riscaldata	4.330	m <sup>2</sup>
FATTORE 1	Volume netto riscaldata	20.548	m <sup>2</sup>
FATTORE 1	Volume lordo riscaldata	25.298	m <sup>3</sup>

Nella Tabella 5.15 e Tabella 5.16 sono riportati gli indicatori di performance valutati coerentemente con quanto riportato nella sezione 2.5 dell'Allegato J – Schede di audit.

Tabella 5.15 – Indicatori di performance calcolati con riferimento all'energia primaria totale

VETTORE ENERGETICO	CONSUMO ENERGETICO DI BASELINE [kWh/anno]	FATTORE DI CONVERSIONE ENERGIA PRIMARIA TOTALE	CONSUMO DI ENERGIA PRIMARIA TOTALE [kWh/anno]	INDICATORI DI CONSUMO ENERGIA PRIMARIA TOTALE			INDICATORI AMBIENTALI		
				FATTORE 1 [kWh/m <sup>2</sup> ]	FATTORE 2 [kWh/m <sup>2</sup> ]	FATTORE 3 [kWh/m <sup>3</sup> ]	FATTORE 1 [Kg CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> ]	FATTORE 2 [Kg CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> ]	FATTORE 3 [Kg CO <sub>2</sub> /m <sup>3</sup> ]
Gas naturale	229.346	1,05	240.813	55,6	11,7	9,5	10,70	2,25	1,83
Energia elettrica	63.238	2,42	153.035	35,3	7,4	6,0	6,82	1,44	1,17
<b>TOTALE</b>			<b>393.848</b>	<b>91</b>	<b>19</b>	<b>16</b>	<b>18</b>	<b>4</b>	<b>3</b>

Tabella 5.16 – Indicatori di performance calcolati con riferimento all'energia primaria non rinnovabile

VETTORE ENERGETICO	CONSUMO ENERGETICO DI BASELINE [kWh/anno]	FATTORE DI CONVERSIONE ENERGIA PRIMARIA NON RINN.	CONSUMO DI ENERGIA PRIMARIA NON RINN. [kWh/anno]	INDICATORI DI CONSUMO ENERGIA PRIMARIA NON RINNOVABILE			INDICATORI AMBIENTALI		
				FATTORE 1 [kWh/m <sup>2</sup> ]	FATTORE 2 [kWh/m <sup>2</sup> ]	FATTORE 3 [kWh/m <sup>3</sup> ]	FATTORE 1 [Kg CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> ]	FATTORE 2 [Kg CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> ]	FATTORE 3 [Kg CO <sub>2</sub> /m <sup>3</sup> ]
Gas naturale	229.346	1,05	240.813	55,6	11,7	9,5	10,70	2,25	1,83
Energia elettrica	63.238	1,95	123.313	28,5	6,0	4,9	6,82	1,44	1,17
<b>TOTALE</b>			<b>364.127</b>	<b>84</b>	<b>18</b>	<b>14</b>	<b>18</b>	<b>4</b>	<b>3</b>

Figura 5.5 – Indicatori di performance e relative emissioni di CO<sub>2</sub> valutati in funzione della superficie utile riscaldata

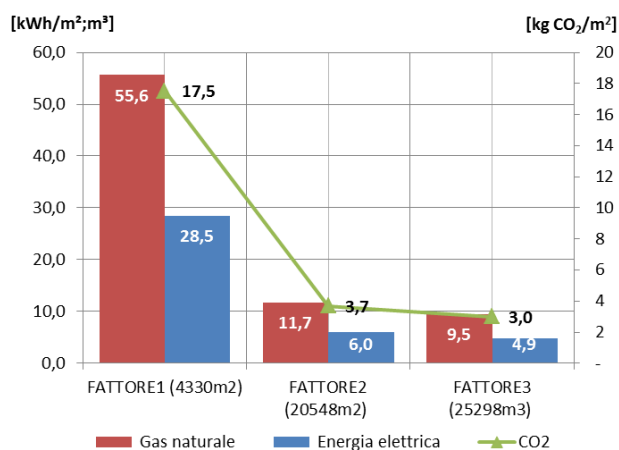
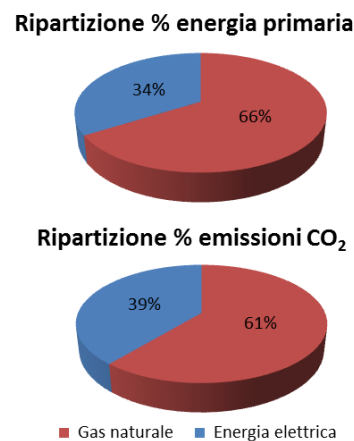


Figura 5.6 – Ripartizione % dei consumi di energia primaria e delle relative emissioni di CO<sub>2</sub>



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<sub>e</sub>);
- Ore di occupazione dell'edificio scolastico (fattore F<sub>h</sub>);
- Gradi Giorno convenzionali della località (1435 GG) così come definiti D.P.R. 412/93 – allegato A
- Volume riscaldato (V<sub>risc</sub>).

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 5.17 – Indicatori di performance energetici

COMBUSTIBILE	IEN <sub>R</sub>			IEN <sub>E</sub>		
	Wh/(m <sup>3</sup> GG anno)			Wh/(m <sup>3</sup> anno)		
	2014	2015	2016	2014	2015	2016
Gas Naturale	6,9	6,4	8,1	0	0	0
Energia elettrica	0	0	0	12,7	13,1	12,5

E' stato quindi possibile effettuare un raffronto con le classi di merito riportate nelle suddette Linee Guida ENEA – FIRE, ottenendo relativamente ad IEN<sub>R</sub> un valore pressoché in aumento nel triennio considerato. Il giudizio per questo indicatore è buono per tutti i 3 anni considerati.

IEN<sub>E</sub> rimane circa costante nel periodo considerato. Il giudizio per questo indicatore permane insufficiente dal primo all'ultimo anno.

Per la sintesi ed il confronto di tutti gli indicatori di performance energetici ed ambientali degli edifici del Lotto 1, si rimanda all'Errore. **L'origine riferimento non è stata trovata.** allegato alla presente diagnosi energetica.

## 6 MODELLO DEL FABBISOGNO ENERGETICO

### 6.1 METODOLOGIA DI CALCOLO ADOTTATA E VALIDAZIONE DEI MODELLI DI CALCOLO

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

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

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

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

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

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

INDICE DI PRESTAZIONE ENERGETICA		U.M.	ENERGIA PRIMARIA TOTALE	ENERGIA PRIMARIA NON RINNOVABILE
Globale	EP <sub>gl</sub>	kWh/mq anno	141,69	131,84
Climatizzazione invernale	EP <sub>H</sub>	kWh/mq anno	92,55	92,11
Produzione di acqua calda sanitaria	EP <sub>w</sub>	kWh/mq anno	0,73	0,73
Ventilazione	EP <sub>v</sub>	kWh/mq anno	0	0
Raffrescamento	EP <sub>c</sub>	kWh/mq anno	0	0
Illuminazione artificiale	EP <sub>L</sub>	kWh/mq anno	48,40	39,00
Trasporto di persone e cose	EP <sub>T</sub>	kWh/mq anno	0	0
Emissioni equivalenti di CO <sub>2</sub>	CO <sub>2eq</sub>	Kg/mq anno	28	28

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 <sup>3</sup> /anno] – [kWh]	[kWh/anno]
Gas Naturale	39.815	375.058
Energia Elettrica	94.166	183.623

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)	$E_T + E_{altro}^{(10)}$
Perdite al trasformatore	$E_{trasf}^{(10)}$
Energia elettrica esportata dall'impianto a fonti rinnovabili	$E_{exp,el}$

Nota (10) Tale contributo non è definito all'interno delle norme UNITS 11300 pertanto è stato valutato dall'Auditor ipotizzando un profilo di consumi annuali di utilizzo delle attrezzature della cucina.

### 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 degli edifici serviti dalla medesima centrale termica, ognuno con il proprio orario di accensione e spegnimento degli impianti ed inserendo nel modello tutti i dati tecnici rilevati in sede di sopralluogo.

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

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

INDICE DI PRESTAZIONE ENERGETICA		U.M.	ENERGIA PRIMARIA TOTALE	ENERGIA PRIMARIA NON RINNOVABILE
Globale	EP <sub>gl</sub>	kWh/mq anno	89,14	82,80
Climatizzazione invernale	EP <sub>H</sub>	kWh/mq anno	57,46	57,15
Produzione di acqua calda sanitaria	EP <sub>w</sub>	kWh/mq anno	0,69	0,68
Ventilazione	EP <sub>v</sub>	kWh/mq anno	0	0
Raffrescamento	EP <sub>c</sub>	kWh/mq anno	0	0
Illuminazione artificiale	EP <sub>L</sub>	kWh/mq anno	30,99	24,97
Trasporto di persone e cose	EP <sub>T</sub>	kWh/mq anno	0	0
Emissioni equivalenti di CO <sub>2</sub>	CO <sub>2eq</sub>	Kg/mq anno	18	18

I valori di EP globali sopra riportati di scostano di una piccola percentuale rispetto agli EP calcolati dai dati di consumo e baseline individuati, pertanto risultano coerenti.

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

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

FONTE ENERGETICA UTILIZZATA	CONSUMO	CONSUMO ENERGIA PRIMARIA NON RINNOVABILE
	[mc/anno] – [kWh]	[kWh/anno]
Gas Naturale	24.734	233.062
Energia Elettrica	61.799	120.508

La validazione del modello energetico termico è stata effettuata confrontando il consumo energetico di baseline (Q<sub>baseline</sub>) così come definito al precedente capitolo 5.1.1 ed il fabbisogno teorico (Q<sub>teorico</sub>) derivante dalla modellazione energetica.

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

Q <sub>teorico</sub>	Q <sub>baseline</sub>	Congruità
[kWh/anno]	[kWh/anno]	[%]
233.062	229.346	2%

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<sub>baseline</sub>) così come definito al precedente capitolo 5.1.2 ed il fabbisogno teorico (EE<sub>teorico</sub>) derivante dalla modellazione energetica.

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

EE <sub>teorico</sub>	EE <sub>baseline</sub>	Congruità
[kWh/anno]	[kWh/anno]	[%]
63.238	61.799	2%

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



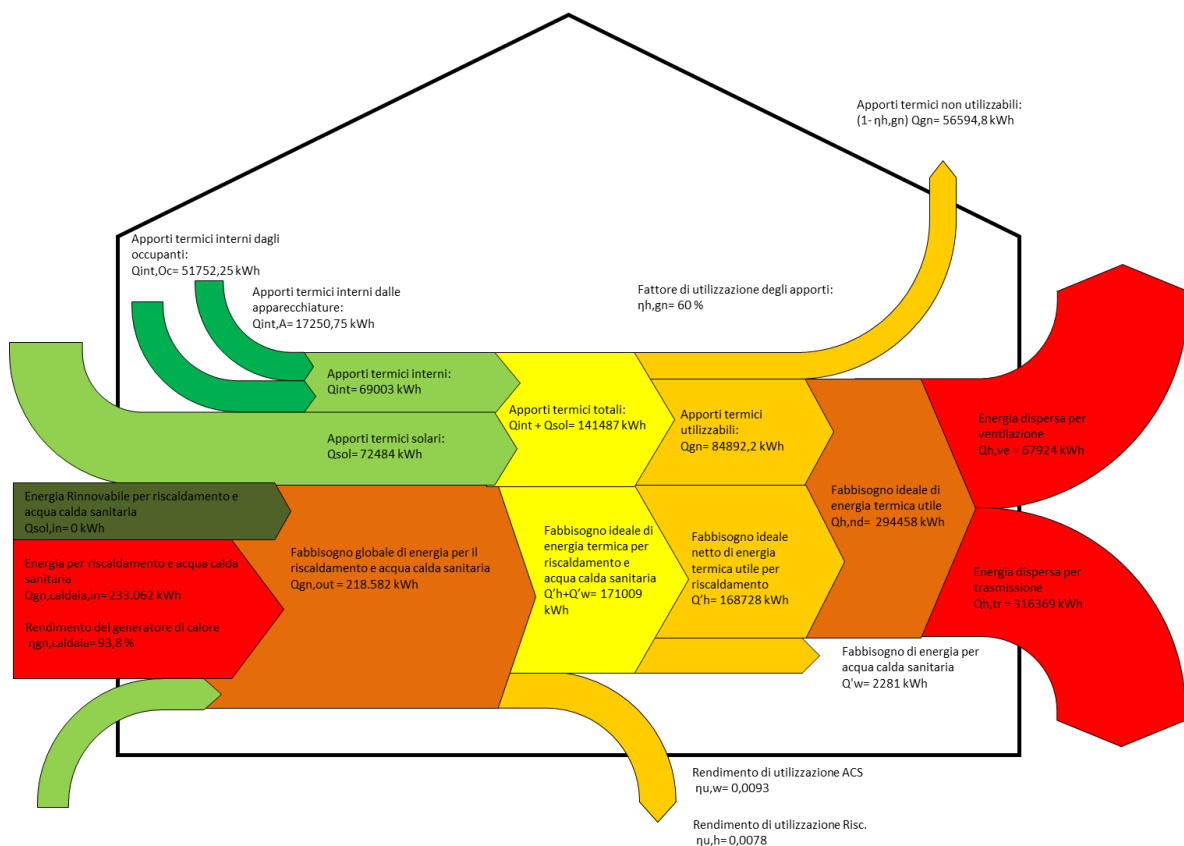
## 6.2 FABBISOGNI ENERGETICI

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

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

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

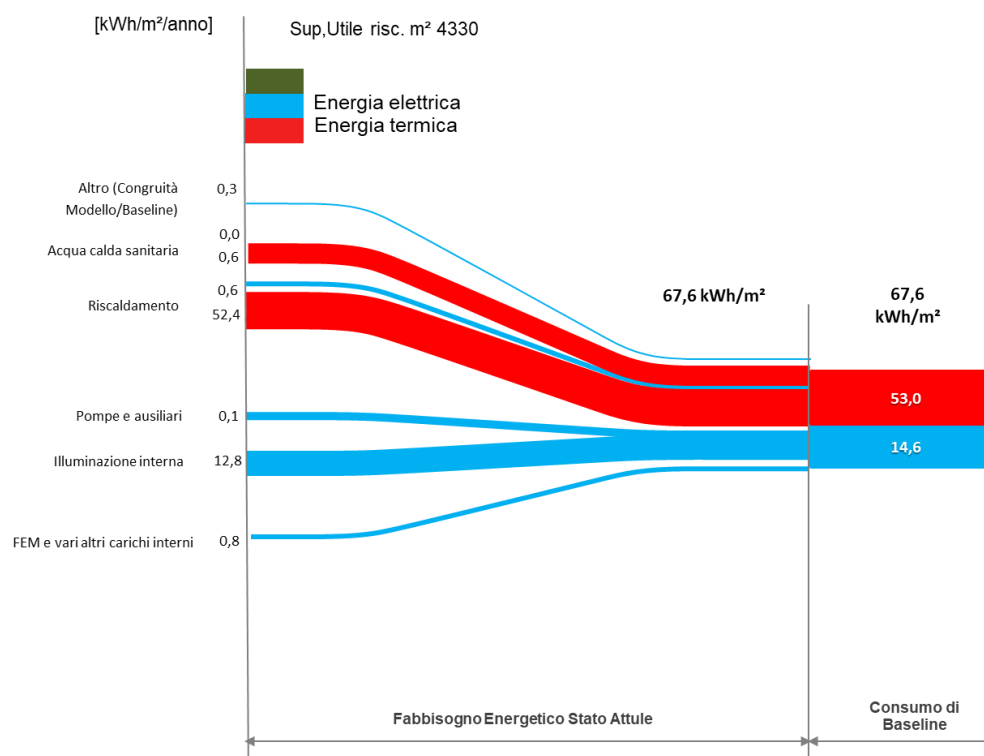
Figura 6.1 – Diagramma di Sankey relativo al fabbisogno termico dell'edificio allo stato attuale



Dall'analisi del diagramma di Sankey relativo al fabbisogno termico dell'edificio è possibile notare che la maggior parte di energia termica è dispersa per trasmissione e non si ha il contributo di energia rinnovabile in ingresso all'edificio.

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/(m<sup>2</sup> anno), sulla base delle superfici utili delle zone riscaldate.

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

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

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

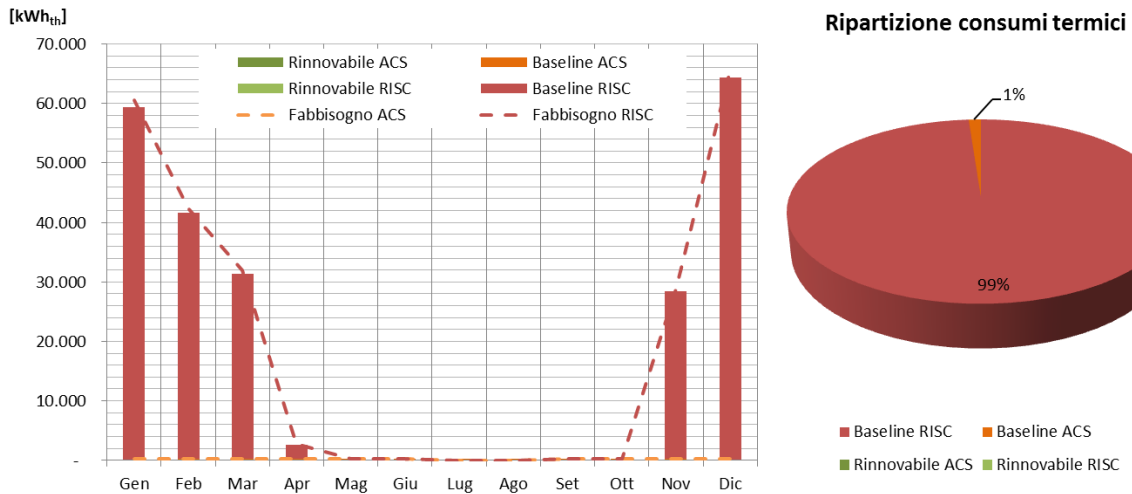
Dall'analisi del diagramma di Sankey relativo al bilancio energetico complessivo dell'edificio   possibile notare che non si ha un contributo di energia rinnovabile e che il consumo maggiore di energia termica   a carico del servizio di riscaldamento, mentre la maggioranza del consumo elettrico   a carico dell'illuminazione dell'edificio.

### 6.3 PROFILI ENERGETICI MENSILI

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

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

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



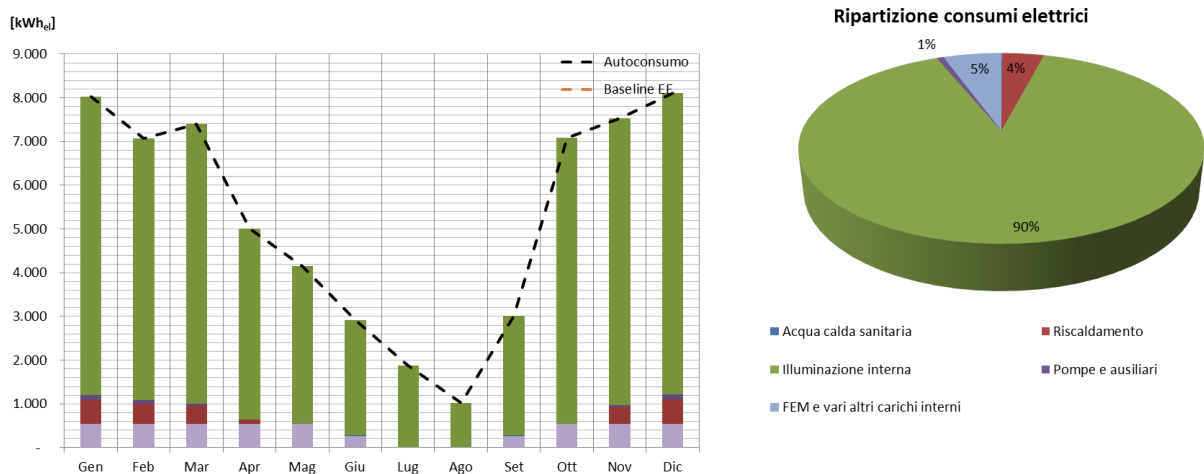
Si può notare come la maggior parte dei consumi termici sia da attribuirsi al servizio di riscaldamento invernale degli ambienti.

Inoltre è possibile individuare che non sono presenti contributi di energia rinnovabile sia per riscaldamento che per ACS.

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, individuando come i profili di consumo seguano l'effettivo utilizzo della struttura. Si può notare come la maggior parte dei consumi sia da attribuirsi al sistema di illuminazione interna, seguito da FEM e da pompe ed ausiliari dell'impianto di riscaldamento. Per approfondimenti in merito alla modellazione elettrica si fa riferimento ai contenuti dell'Allegato B. 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



## 7 ANALISI DEI COSTI PRE-INTERVENTO

### 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 tre diversi contatori:

- il PDR1 - 3290049562549 - che prevede un 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 quindi stato possibile effettuare un'analisi dei costi di fatturazione del vettore energetico in quanto tali fatture non sono a disposizione della PA.
- Il PDR2 – 3270020788349 – che prevede per contratto "uso tecnologico + riscaldamento" è adibito alla produzione di ACS della palestra annessa alla scuola. Il contratto di fornitura del solo vettore energetico è stipulato direttamente PA con la società di fornitura. È stato quindi possibile effettuare una analisi di dettaglio dei costi fatturati e delle caratteristiche del contratto di fornitura
- Il PDR3 – 3270020788248 – "riscaldamento individuale + uso cottura cibi + produzione di acqua calda sanitaria". Il contratto di fornitura del solo vettore energetico è stipulato direttamente PA con la società di fornitura. È stato quindi possibile effettuare una analisi di dettaglio dei costi fatturati e delle caratteristiche del contratto di fornitura

Nelle seguenti tabelle si riportano le principali caratteristiche dei contratti di fornitura del vettore termico per gli anni di riferimento.

Tabella 7.1 – Caratteristiche dei contratti di fornitura del vettore termico per il triennio di riferimento – PDR2.

PDR2 – 03270020788349	2014	2015	2016
Indirizzo di fornitura			
Dati di intestazione fattura	Comune di Genova	Comune di Genova	Comune di Genova
Società di fornitura	IREN	1 -IREN 2- ENI	1- ENI 2- ENERGETIC
Inizio periodo fornitura	Precedente	Cambio fornitura a aprile 2015	Cambio fornitura da aprile 2016
Fine periodo fornitura	-	1- maggio 2015	1-maggio 2016
Classe del contatore	G4	G4	G4
Tipologia di contratto	ND	UTENZE CON ATTIVITA' DI SERVIZIO PUBBLICO	UTENZE CON ATTIVITA' DI SERVIZIO PUBBLICO
Opzione tariffaria	ND	1- PUNTO DI RICONSEGNA PER SERVIZIO PUBBLICO 2 – CONSIP 7 GAS	1 – CONSIP 7 GAS 2- PUNTO DI RICONSEGNA PER USI DIVERSI
Valore del coefficiente correttivo dei consumo	ND	1,023	1,023
Prezzi del fornitura del combustibile €/kWh <sup>(8)</sup>	0,035	0,029	0,027

Nota (11): 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.

Tabella 7.2 – Caratteristiche dei contratti di fornitura del vettore termico per il triennio di riferimento – PDR3.

PDR3 – 03270020788248	2014	2015	2016
Indirizzo di fornitura			
Dati di intestazione fattura	Comune di Genova	Comune di Genova	Comune di Genova
Società di fornitura	IREN	1- IREN 2- ENI	1- ENI 2- ENERGETIC
Inizio periodo fornitura	Precedente	Cambio fornitura a aprile 2015	Cambio fornitura da aprile 2016
Fine periodo fornitura	-	1- maggio 2015	1-maggio 2016
Classe del contatore	G6	G6	G6
Tipologia di contratto	ND	UTENZE CON ATTIVITA' DI SERVIZIO PUBBLICO	UTENZE CON ATTIVITA' DI SERVIZIO PUBBLICO
Opzione tariffaria	ND	1- PUNTO DI RICONSEGNA PER SERVIZIO PUBBLICO 2 – CONSIP 7 GAS	1 – CONSIP 7 GAS 2- PUNTO DI RICONSEGNA PER USI DIVERSI
Valore del coefficiente correttivo dei consumo	ND	1,023	1,023
Prezzi del forniture del combustibile €/kWh <sup>(8)</sup>	0,037	0,033	0,024

Nota (12): 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.

Nelle Tabella 7.3 si riportano l'andamento del costo del vettore termico nel triennio di riferimento fornito, suddiviso nelle varie componenti, ricostruito in base ai costi medi unitari per il metano (2014-2015-2016), reperiti sul sito ARERA.

Tabella 7.3 – Andamento del costo del vettore termico nel triennio di riferimento per il PDR1 3290049562549.

PDR: 3270049562549	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	1.835,47	26,55	580,26	797,91	712,84	3.953,02	46.454	0,085
Feb – 14	1.821,75	26,35	575,92	791,95	707,51	3.923,49	46.107	0,085
Mar – 14	1.373,66	19,87	434,26	597,15	533,49	2.958,43	34.766	0,085
Apr – 14	517,09	8,25	179,79	243,97	208,80	1.157,91	14.204	0,082
Mag – 14	-	-	-	-	-	-	-	-
Giu – 14	-	-	-	-	-	-	-	-
Lug – 14	-	-	-	-	-	-	-	-
Ago – 14	-	-	-	-	-	-	-	-
Set – 14	-	-	-	-	-	-	-	-
Ott – 14	-	-	-	-	-	-	-	-
Nov – 14	1.095,54	17,67	392,99	530,94	448,17	2.485,30	30.912	0,080
Dic – 14	1.283,98	20,70	460,59	622,27	525,26	2.912,81	36.229	0,080
<b>Totale</b>	<b>7.927,50</b>	<b>119,39</b>	<b>2.623,80</b>	<b>3.584,19</b>	<b>3.136,07</b>	<b>17.390,95</b>	<b>208.672</b>	<b>0,083</b>
PDR: 3270049562549	QUOTA ENERGIA	ONERI DI SISTEMA	ONERI DI SISTEMA	IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO (IVA INCLUSA)
ANNO 2015	FISSA	PARTE FISSA	PARTE VARIABILE					
ANNO 2015	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[kWh]	[€/kWh]

Gen - 15	1.505,00	84,49	561,77	733,71	634,69	3.519,66	42.717	0,082
Feb - 15	1.663,78	93,40	621,03	811,12	701,65	3.890,98	47.223	0,082
Mar - 15	1.206,09	67,71	450,19	587,99	508,64	2.820,61	34.233	0,082
Apr - 15	598,00	36,95	250,89	320,89	265,48	1.472,21	18.682	0,079
Mag - 15	-	-	-	-	-	-	-	-
Giu - 15	-	-	-	-	-	-	-	-
Lug - 15	-	-	-	-	-	-	-	-
Ago - 15	-	-	-	-	-	-	-	-
Set - 15	-	-	-	-	-	-	-	-
Ott - 15	-	-	-	-	-	-	-	-
Nov - 15	435,96	27,07	200,04	235,12	197,60	1.095,80	13.689	0,080
Dic - 15	667,76	41,47	306,40	360,13	302,67	1.678,43	20.967	0,080
<b>Totale</b>	<b>6.076,60</b>	<b>351,09</b>	<b>2.390,32</b>	<b>3.048,96</b>	<b>2.610,73</b>	<b>14.477,69</b>	<b>177.510</b>	<b>0,082</b>
PDR: 3270049562549	QUOTA ENERGIA	ONERI DI SISTEMA PARTE FISSA	ONERI DI SISTEMA PARTE VARIABILE	IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO (IVA INCLUSA)
	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[KWh]	[€/kWh]
ANNO 2016	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[KWh]	[€/kWh]
Gen - 16	1.749,27	105,79	854,94	1.013,13	819,09	4.542,22	58.985	0,077
Feb - 16	1.541,49	93,22	753,39	892,79	721,80	4.002,69	51.978	0,077
Mar - 16	1.389,82	84,05	679,26	804,95	650,78	3.608,86	46.864	0,077
Apr - 16	294,01	22,57	176,14	216,19	155,96	864,87	12.587	0,069
Mag - 16	-	-	-	-	-	-	-	-
Giu - 16	-	-	-	-	-	-	-	-
Lug - 16	-	-	-	-	-	-	-	-
Ago - 16	-	-	-	-	-	-	-	-
Set - 16	-	-	-	-	-	-	-	-
Ott - 16	-	-	-	-	-	-	-	-
Nov - 16	847,49	62,36	492,55	597,23	439,92	2.439,55	34.771	0,070
Dic - 16	794,68	58,47	461,86	560,02	412,51	2.287,55	32.605	0,070
<b>Totale</b>	<b>6.616,76</b>	<b>426,46</b>	<b>3.418,15</b>	<b>4.084,32</b>	<b>3.200,05</b>	<b>17.745,74</b>	<b>237.789</b>	<b>0,075</b>

Tabella 7.4 – Andamento del costo del vettore termico nel triennio di rierimento per il PDR2 3270020788349

PDR: 3270020788349	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	9,30	13,25	2,94	4,05	6,50	36,04	236	0,153
Feb - 14	9,30	13,25	2,94	4,05	6,50	36,04	236	0,153
Mar - 14	9,30	13,25	2,94	4,05	6,50	36,04	236	0,153
Apr - 14	8,57	13,47	2,98	4,05	6,40	35,47	236	0,151
Mag - 14	8,57	13,47	2,98	2,99	1,87	29,89	236	0,127

Giu - 14	-	-	-	-	-	-	-	-
Lug - 14			-	-	-	-	-	-
Ago - 14			-	-	-	-	-	-
Set - 14	8,35	13,25	2,99	2,99	1,83	29,42	236	0,125
Ott - 14	8,35	13,25	2,99	2,99	1,83	29,42	236	0,125
Nov - 14	8,35	13,25	2,99	4,05	6,30	34,94	236	0,148
Dic - 14	8,35	13,25	2,99	4,05	6,30	34,94	236	0,148
<b>Totale</b>	<b>78,45</b>	<b>119,69</b>	<b>26,76</b>	<b>33,25</b>	<b>44,03</b>	<b>302,19</b>	<b>2.120</b>	<b>0,143</b>
PDR: 3270020788349	QUOTA ENERGIA	ONERI DI SISTEMA		IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO (IVA INCLUSA)
		PARTE FISSA	PARTE VARIABILE					
ANNO 2015	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[KWh]	[€/kWh]
Gen - 15	9,21	3,93	1,24	1,42	2,05	17,86	203	0,088
Feb - 15	8,32	3,55	1,12	1,28	1,85	16,13	183	0,088
Mar - 15	9,21	3,93	1,24	1,42	2,05	17,86	203	0,088
Apr - 15	136,10	3,85	60,22	88,39	28,86	317,42	4.522	0,070
Mag - 15	140,36	3,85	59,21	96,92	71,08	371,42	4.663	0,080
Giu - 15	136,10	3,85	57,42	93,98	64,10	355,46	4.522	0,079
Lug - 15	87,37	3,85	37,47	67,52	43,17	239,38	3.033	0,079
Ago - 15	78,43	3,85	33,47	61,21	38,93	215,89	2.722	0,079
Set - 15	97,95	3,85	41,81	76,46	48,42	268,49	3.401	0,079
Ott - 15	124,77	3,85	52,47	95,95	60,95	337,98	4.267	0,079
Nov - 15	254,51	3,85	107,02	195,70	123,44	684,52	8.704	0,079
Dic - 15	344,32	3,85	142,03	264,75	166,09	921,04	11.775	0,078
<b>Totale</b>	<b>1.426,66</b>	<b>46,07</b>	<b>594,73</b>	<b>1.045,00</b>	<b>650,98</b>	<b>3.763,43</b>	<b>48.197</b>	<b>0,078</b>
PDR: 3270020788349	QUOTA ENERGIA	ONERI DI SISTEMA		IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO (IVA INCLUSA)
		PARTE FISSA	PARTE VARIABILE					
ANNO 2016	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[KWh]	[€/kWh]
Gen - 16	347,44	3,52	162,98	257,21	139,09	910,24	13.037	0,070
Feb - 16	316,12	3,52	142,70	256,63	158,17	877,14	11.540	0,076
Mar - 16	278,95	3,52	125,29	228,96	140,08	776,79	10.183	0,076
Apr - 16	2,40	2,57	0,36	0,79	0,92	7,04	113	0,062
Mag - 16	1,79	2,57	0,27	0,60	0,83	6,06	85	0,071
Giu - 16	1,59	2,57	0,24	0,53	0,80	5,73	75	0,076
Lug - 16	1,67	2,57	0,25	0,53	0,81	5,83	75	0,077
Ago - 16	1,65	2,57	0,25	0,53	0,81	5,81	75	0,077
Set - 16	1,86	2,57	0,28	0,60	0,84	6,15	85	0,073
Ott - 16	2,12	2,57	0,18	0,60	0,86	6,33	85	0,075
Nov - 16	3,76	2,57	2,17	3,20	1,48	13,18	151	0,087
Dic - 16	4,23	2,57	2,45	3,61	1,59	14,45	170	0,085



<b>Totale</b>	<b>963,58</b>	<b>33,69</b>	<b>437,42</b>	<b>753,79</b>	<b>446,28</b>	<b>2.634,76</b>	<b>35.674</b>	<b>0,074</b>
---------------	---------------	--------------	---------------	---------------	---------------	-----------------	---------------	--------------

Tabella 7.5 – Andamento del costo del vettore termico nel triennio di rierimento per il PDR3 3270020788248

PDR: 3270020788248	QUOTA ENERGIA	ONERI DI SISTEMA	ONERI DI SISTEMA	IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO (IVA INCLUSA)
	FISSA	PARTE FISSA	PARTE VARIABILE					
<b>ANNO 2014</b>	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[KWh]	[€/kWh]
Gen – 14	79,28	13,25	25,06	34,46	33,45	185,51	2.006	0,092
Feb – 14	79,28	13,25	25,06	34,46	33,45	185,51	2.006	0,092
Mar – 14	79,28	13,25	25,06	34,46	33,45	185,51	2.006	0,092
Apr – 14	73,04	13,47	25,40	34,46	32,20	178,58	2.006	0,089
Mag – 14	73,04	13,47	25,40	25,51	15,95	153,37	2.006	0,076
Giu – 14	-	-	-	-	-	-	-	-
Lug – 14			-	-	-	-	-	-
Ago – 14			-	-	-	-	-	-
Set – 14	71,11	13,25	25,51	25,51	15,63	151,01	2.006	0,075
Ott – 14	71,11	13,25	25,51	25,51	15,63	151,01	2.006	0,075
Nov – 14	71,11	13,25	25,51	34,46	31,75	176,09	2.006	0,088
Dic – 14	71,11	13,25	25,51	34,46	31,75	176,09	2.006	0,088
<b>Totale</b>	<b>668,37</b>	<b>119,69</b>	<b>228,02</b>	<b>283,31</b>	<b>243,28</b>	<b>1.542,66</b>	<b>18.058</b>	<b>0,085</b>
PDR: 3270020788248	QUOTA ENERGIA	ONERI DI SISTEMA	ONERI DI SISTEMA	IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO (IVA INCLUSA)
	FISSA	PARTE FISSA	PARTE VARIABILE					
<b>ANNO 2015</b>	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[KWh]	[€/kWh]
Gen – 15	146,03	2,96	46,28	52,27	24,75	272,29	3.211	0,085
Feb – 15	131,90	2,67	50,56	60,98	41,21	287,31	2.900	0,099
Mar – 15	146,03	2,96	52,51	66,74	59,01	327,24	3.211	0,102
Apr – 15	79,68	3,85	33,61	55,02	37,88	210,04	2.647	0,079
Mag – 15	82,51	3,85	33,09	56,98	38,82	215,25	2.741	0,079
Giu – 15	79,68	3,85	32,76	59,19	38,61	214,09	2.647	0,081
Lug – 15	78,96	3,85	33,86	61,63	39,23	217,53	2.741	0,079
Ago – 15	78,70	3,85	33,74	61,42	39,10	216,81	2.732	0,079
Set – 15	76,25	3,85	32,76	59,52	37,92	210,30	2.647	0,079
Ott – 15	80,16	3,85	33,91	61,63	39,50	219,05	2.741	0,080
Nov – 15	77,40	3,85	33,34	59,52	38,31	212,42	2.647	0,080
Dic – 15	90,08	3,85	37,88	69,26	44,23	245,30	3.080	0,080
<b>Totale</b>	<b>1.147,39</b>	<b>43,24</b>	<b>454,31</b>	<b>724,14</b>	<b>478,55</b>	<b>2.847,63</b>	<b>33.946</b>	<b>0,084</b>
PDR: 3270020788248	QUOTA ENERGIA	ONERI DI SISTEMA	ONERI DI SISTEMA	IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO (IVA INCLUSA)
	FISSA	PARTE FISSA	PARTE VARIABILE					
<b>ANNO 2016</b>	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[KWh]	[€/kWh]

Gen - 16	84,12	3,52	34,76	49,76	13,45	185,61	3.071	0,060
Feb - 16	78,70	3,52	37,88	60,01	33,05	213,17	2.873	0,074
Mar - 16	84,38	3,52	39,24	64,03	42,06	233,23	3.080	0,076
Apr - 16	71,54	2,57	42,75	75,82	42,39	235,07	3.372	0,070
Mag - 16	24,46	2,57	14,69	26,05	14,91	82,68	1.159	0,071
Giu - 16	22,71	2,57	13,61	24,15	13,87	76,90	1.074	0,072
Lug - 16	21,47	2,57	12,46	21,82	12,83	71,14	970	0,073
Ago - 16	21,11	2,57	12,34	21,60	12,68	70,30	961	0,073
Set - 16	19,56	2,57	11,49	20,12	11,82	65,56	895	0,073
Ott - 16	25,25	2,57	11,68	22,66	13,68	75,84	1.008	0,075
Nov - 16	137,21	2,57	63,77	123,69	71,99	399,23	5.501	0,073
Dic - 16	124,75	2,57	57,98	112,47	65,51	363,27	5.002	0,073
<b>Totale</b>	<b>715,27</b>	<b>33,69</b>	<b>352,65</b>	<b>622,18</b>	<b>348,23</b>	<b>2.072,03</b>	<b>28.967</b>	<b>0,072</b>

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 da ARERA. Come è possibile notare il costo medio del vettore energetico segue l'andamento medio considerato, a parte nel periodo aprile - ottobre 2014 in cui la ripartizione dei consumi di metano è stata eseguita considerando per il PDR1 i GG corrispondenti e per il PDR 2 ed il PDR3 i periodi di apertura dell'edificio.

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

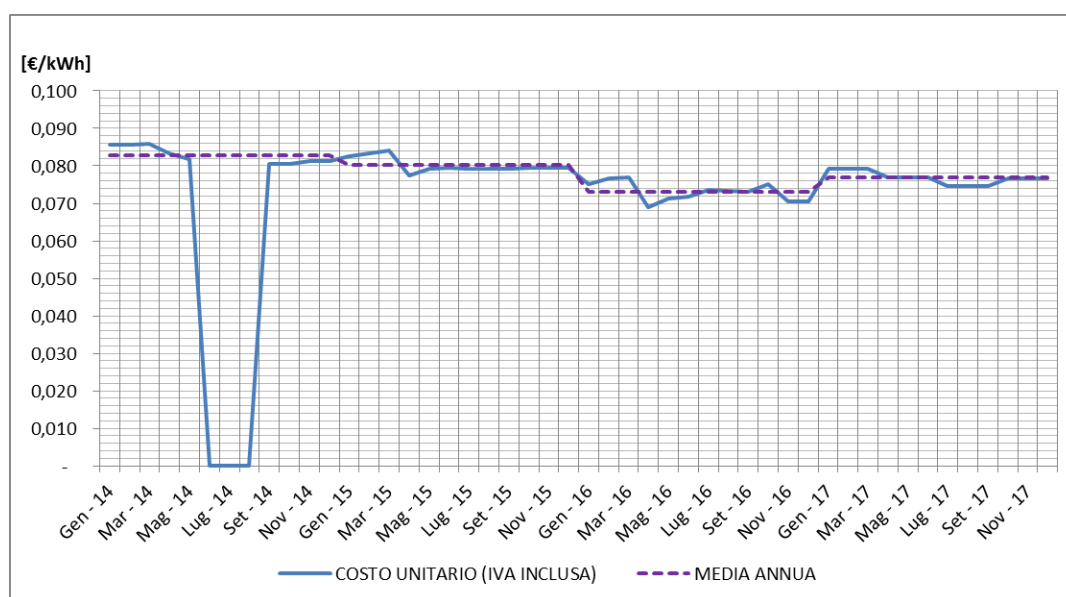
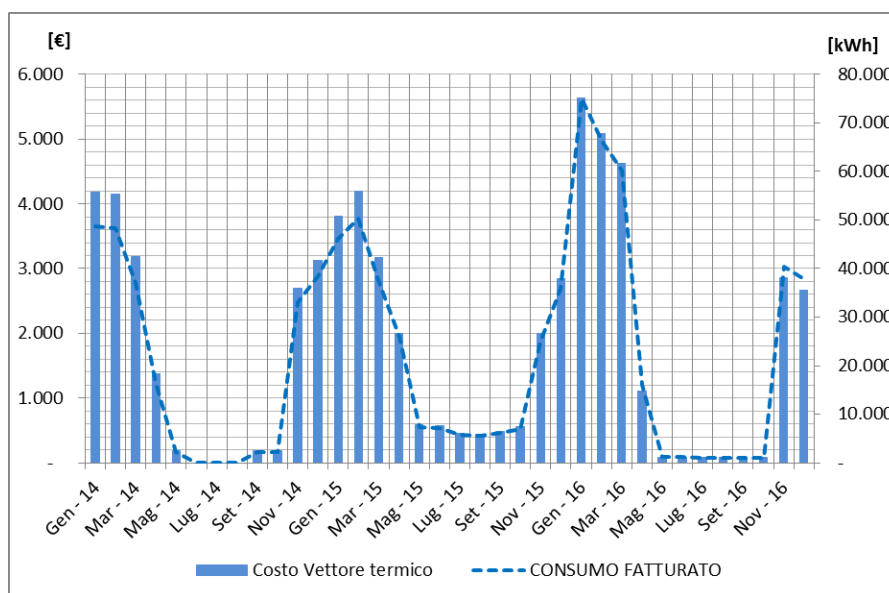


Figura 7.2 – Andamento dei consumi e dei costi dell'energia termica



### 7.1.2 Vettore elettrico

La fornitura del vettore elettrico avviene tramite 4 POD presente all'interno dell'edificio, come di seguito elencato:

- POD 1 – IT001E00097652 – Il contratto di fornitura del vettore energetico è 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.

Nelle seguenti tabelle si riportano le principali caratteristiche dei contratti di fornitura del vettore elettrico per gli anni di riferimento dei POD elencati.

Tabella 7.6 – Caratteristiche dei contratti di fornitura del vettore elettrico per il triennio di riferimento – POD 1

POD 1 – IT001E00097881	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	1- EDISON ENERGIA SPA 2 GALA SPA	1 – GALA SPA – 2 – IREN MERCATO SPA
Inizio periodo fornitura	Precedente	CONTRATTO GALA DA APRILE 2015	CONTRATTO IREN MERCATO DA APRILE 2016
Fine periodo fornitura	-	CHIUSURA CONTRATTO CON EDISON ENERGIA DA MARZO 2015	CHIUSURA CONTRATTO CON GALA SPA DA MARZO 2015
Potenza elettrica impegnata	44 kW,	44 kW,	44 kW,
Potenza elettrica disponibile	44 kW,	44 kW,	44 kW,
Tipologia di contratto	Forniture in BT (Escluso IP)	1 – Forniture in BT (Escluso IP) - 2 – CONSIP EE12 Lotto 2	1 – Forniture in BT (Escluso IP) – CONSIP EE12 Lotto 2 - 2 – CONSIP13 VERDE – L0390

Prezzi del forniture dell'energia elettrica <sup>(13)</sup>	0,088	0,063	0,067
---	-------	-------	-------

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

Nelle seguenti tabelle si riporta l'andamento del costo del vettore elettrico nel triennio di riferimento, suddiviso nelle varie componenti, per ogni POD analizzato.

Tabella 7.7 – Andamento del costo del vettore elettrico nel triennio di riferimento – POD 1

POD: IT001E00097652	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	542,41	438,54	475,35	78,88	337,74	1.873	6.310	0,297
Feb – 14	492,94	438,54	429,25	71,25	315,04	1.747	5.700	0,306
Mar – 14	546,62	438,54	475,35	78,89	338,67	1.878	6.311	0,298
Apr – 14	552,49	438,54	474,10	76,34	339,12	1.881	6.107	0,308
Mag – 14	569,72	438,54	489,93	78,89	346,96	1.924	6.311	0,305
Giu – 14	515,49	82,24	463,18	76,34	250,19	1.387	6.107	0,227
Lug – 14	158,27	35,05	139,12	21,96	77,97	432	1.757	0,246
Ago – 14	148,20	35,05	135,61	20,93	74,75	415	1.674	0,248
Set – 14	437,92	85,50	370,83	59,28	209,78	1.163	4.742	0,245
Ott – 14	574,63	99,00	501,93	78,38	275,87	1.530	6.270	0,244
Nov – 14	543,01	101,65	480,84	75,09	264,13	1.465	6.007	0,244
Dic – 14	508,54	96,34	460,96	71,98	250,32	1.388	5.758	0,241
<b>Totale</b>	<b>5.590</b>	<b>2.728</b>	<b>4.896</b>	<b>788</b>	<b>3.081</b>	<b>17.083</b>	<b>63.054</b>	<b>0,271</b>
POD: IT001E00097652	QUOTA ENERGIA	ONERI DI SISTEMA	ONERI DI SISTEMA	IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO (IVA INCLUSA)
		PARTE FISSA	PARTE VARIABILE					
ANNO 2015	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[KWH]	[€/kWh]
Gen – 15	577,80	105,19	520,62	84,99	283,49	1.572	6.799	0,231
Feb – 15	554,31	105,19	515,94	84,23	277,13	1.537	6.738	0,228
Mar – 15	530,72	107,90	513,12	83,76	271,81	1.507	6.701	0,225
Apr – 15	350,97	102,83	467,74	75,63	219,38	1.217	6.050	0,201
Mag – 15	351,05	97,42	483,90	78,24	222,33	1.233	6.259	0,197
Giu – 15	244,13	81,21	342,57	55,39	159,13	882	4.431	0,199
Lug – 15	127,98	35,64	193,26	30,48	85,22	473	2.438	0,194
Ago – 15	87,71	32,93	133,87	20,38	60,47	335	1.630	0,206
Set – 15	211,12	100,48	363,81	56,84	161,09	893	4.547	0,196
Ott – 15	275,86	111,72	529,53	79,86	219,33	1.216	6.389	0,190
Nov – 15	279,24	111,72	523,15	78,90	218,46	1.211	6.312	0,192
Dic – 15	504,72	111,72	540,64	81,54	272,50	1.511	6.523	0,232
<b>Totale</b>	<b>4.096</b>	<b>1.104</b>	<b>5.128</b>	<b>810</b>	<b>2.450</b>	<b>13.588</b>	<b>64.817</b>	<b>0,210</b>

POD: IT001E00097652	QUOTA ENERGIA	ONERI DI SISTEMA	ONERI DI SISTEMA	IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO
		PARTE FISSA	PARTE VARIABILE					(IVA INCLUSA)
ANNO 2016	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[KWH]	[€/kWh]
Gen - 16	447,03	99,85	498,49	80,91	247,78	1.374	6.473	0,212
Feb - 16	409,40	99,85	562,58	91,28	255,88	1.419	7.302	0,194
Mar - 16	329,64	97,34	486,48	78,82	218,30	1.211	6.303	0,192
Apr - 16	318,93	97,34	469,89	75,79	211,63	1.174	6.063	0,194
Mag - 16	324,06	89,80	446,13	71,75	204,98	1.137	5.740	0,198
Giu - 16	194,60	69,68	254,63	40,74	123,12	683	3.259	0,210
Lug - 16	122,39	31,97	135,90	21,89	68,67	381	1.751	0,217
Ago - 16	99,08	26,94	122,66	19,61	59,02	327	1.569	0,209
Set - 16	302,10	84,77	324,78	52,04	168,01	932	4.163	0,224
Ott - 16	508,32	97,34	494,35	79,09	259,40	1.438	6.327	0,227
Nov - 16	612,66	102,37	535,79	86,00	294,67	1.631	6.880	0,237
Dic - 16	506,62	102,37	467,98	75,15	253,80	1.406	6.012	0,234
<b>Totale</b>	<b>4.175</b>	<b>1.000</b>	<b>4.800</b>	<b>773</b>	<b>2.365</b>	<b>13.112</b>	<b>61.842</b>	<b>0,212</b>

Nel grafico in Figura 7.3 è riportato l'andamento del costo unitario del vettore elettrico nel triennio di riferimento.

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

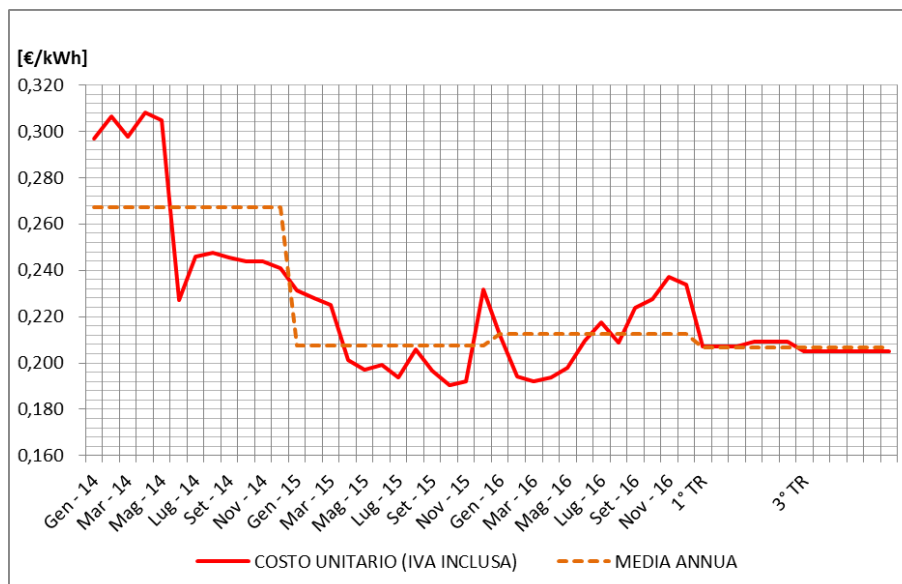
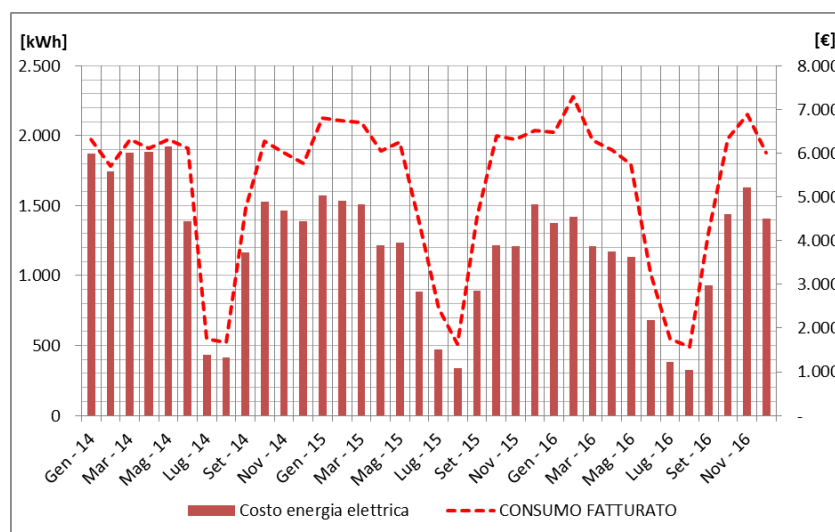


Figura 7.4 – Andamento dei consumi e dei costi dell'energia elettrica



## 7.2 TARIFFE E PREZZI VETTORI ENERGETICI UTILIZZATI NELL'ANALISI

Nella Tabella 7.8 sono sintetizzati i costi ed i consumi energetici precedentemente analizzati. I costi unitari sono IVA compresa.

Ai fini del calcolo della Baseline dei costi si sono pertanto assunti i valori riportati nella Tabella 7.9 ricavati nel seguente modo:

- Il costo unitario del gas naturale è stato calcolato a partire dai valori di costo forniti dalla Autorità di Regolazione per Energia Reti e Ambiente (ARERA – ex AEEGSI) per il servizio di maggior tutela per l'anno 2017, considerando i valori trimestrali di costo indicati per la Regione Liguria, riferiti ai "condomini uso domestico".

Cu<sub>Q</sub> è stato ottenuto apportando una riduzione del 5% al costo unitario medio annuo ricavato per il servizio di maggior tutela, in funzione del consumo annuo e della classe del contatore per i PDR in esame, ciò al fine di riportare tali valori a condizioni simili a quelle del mercato libero a cui aderisce la Pubblica Amministrazione.

- Analogamente il costo unitario per l'energia elettrica è stato calcolato a partire dai costi trimestrali forniti da ARERA per il servizio di maggior tutela, riferiti al 2017 per "clienti non domestici".

Il costo unitario così ricavato, è stato confrontato con il costo unitario ricavato dalla fatturazione per l'anno 2016. Poiché quest'ultimo risulta minore del CU<sub>EE</sub> di ARERA, è stata applicata una riduzione del 5% al costo unitario medio annuo ricavato per il servizio di maggior tutela in funzione della potenza disponibile e della potenza impegnata per i POD in esame.

Tabella 7.8 – Sintesi dei consumi nel triennio di riferimento

ANNO	VETTORE TERMICO			VETTORE ELETTRICO			TOTALE
	[kWh]	[€]	[€/kWh]	[kWh]	[€]	[€/kWh]	[€]
2014	228849	€ 19.235,81	€ 0,08	63054	€ 17.082,92	€ 0,27	€ 36.318,73
2015	267753	€ 21.088,76	€ 0,08	64817	€ 13.588,26	€ 0,21	€ 34.677,02
2016	302429	€ 22.452,53	€ 0,07	61842	€ 13.112,45	€ 0,21	€ 35.564,98
Media	266344	€ 20.925,70	€ 0,08	63238	€ 14.594,54	€ 0,23	€ 35.520,24

Ai fini del calcolo della Baseline dei costi si sono pertanto assunti i valori di riportati nella Tabella 7.9.

Tabella 7.9 – 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 <sub>UQ</sub> 0,078	[€/kWh]
Costo unitario dell'energia elettrica	Valore relativo all'ultimo anno a disposizione	C <sub>UEE</sub> 0,207	[€/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:

- L1-042-145: servizio SIE3
- L1-042-297: O&M<35kW

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 SIE 3 ed O&M<35kW prevedono rispettivamente il pagamento di un canone annuale da parte della PA pari a 33.473 € e di 249 €..

Nel caso di impianti su cui è attivo il Servizio A all'interno del vigente contratto SIE3, i costi della manutenzione (C<sub>M</sub>) sono stimati come segue:

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

E sono ripartiti in una quota ordinaria (C<sub>MO</sub>) e in una quota straordinaria (C<sub>MS</sub>) come segue:

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

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

Nel caso di impianto non soggetto a fornitura di energia, il costo di manutenzione C<sub>M</sub> è pari al valore contrattuale della conduzione e manutenzione come fornito all'interno del file Kyoto Baseline. In questo caso i costi di manutenzione sono ripartiti in una quota ordinaria C<sub>MO</sub> ed in una quota straordinaria C<sub>MS</sub> come segue:

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

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



Ai fini del calcolo della Baseline dei costi si sono pertanto assunti i valori di riportati nella Tabella 7.10. I valori indicati sono comprensivi di entrambi i contratti di manutenzione in essere.

Tabella 7.10 – 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	CM <sub>o</sub> 12.932	[€/anno]
Costo per la manutenzione straordinaria	Media relativa a gli stessi anni considerati per il rilevamento dei consumi storici	CM <sub>s</sub> 3.403	[€/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. In questo caso la spesa relativa alla componente gas metano è inserita all'interno della componente O&M.

Per la componente energetica vale la seguente formula:

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

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

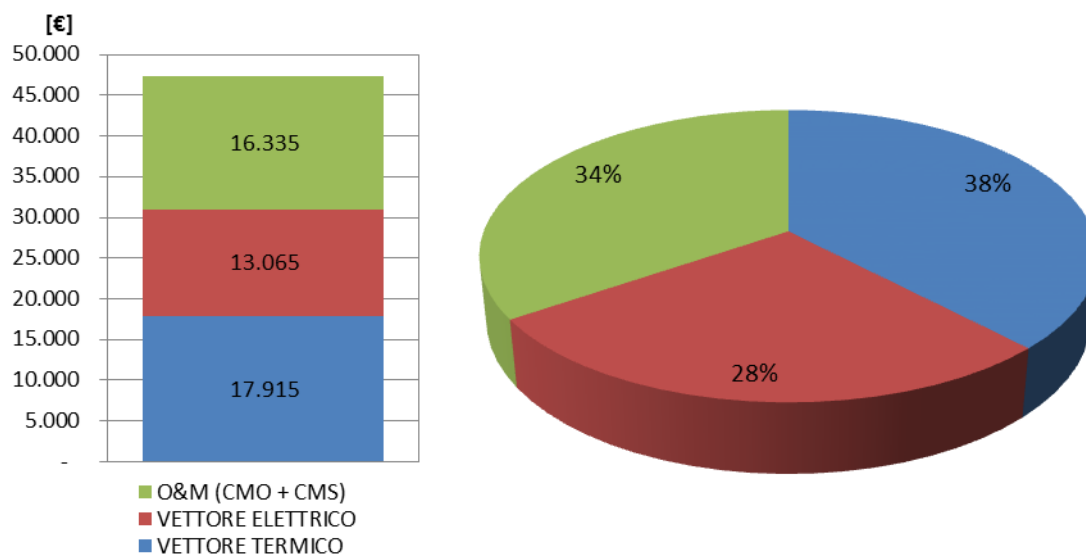
$$C_{baseline} = C_E + C_{MO} + C_{MS}$$

Ne risulta quindi un C<sub>E</sub> pari a € 30.980 e un C<sub>baseline</sub> pari a € 47.315.

Tabella 7.11 – Valori di costo individuati per il calcolo della Baseline

VETTORE TERMICO			VETTORE ELETTRICO			O&M (C <sub>MO</sub> + C <sub>MS</sub> )			TOTALE
Q <sub>baseline</sub>	Cu <sub>Q</sub>	C <sub>Q</sub>	EE <sub>baseline</sub>	Cu <sub>EE</sub>	C <sub>EE</sub>	C <sub>M</sub>	C <sub>MO</sub>	C <sub>MS</sub>	CQ+CEE+CM
[kWh]	[€/kWh]	[€]	[kWh]	[€/kWh]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]
229.346	0,078	17.915	63.238	0,207	13.065	16.335	12.932	3.403	47.315

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 murature verticali

###### Generalità

La misura prevede la coibentazione dell'intradosso delle murature verticali disperdenti verso l'esterno al fine di ridurre le dispersioni termiche attraverso il componente opaco ed aumentare il comfort termico all'interno dei locali. Non è possibile eseguire interventi di coibentazione esternamente alla struttura visto il vincolo cui è sottoposto a Vincolo Architettonico Puntuale.

Nell'edificio in esame, la struttura edilizia principale è costituita da muratura portante di spessore variabile da 20 cm a 70 cm.

Questo intervento comporta una notevole diminuzione dei consumi energetici a carico dell'impianto di riscaldamento invernale e conseguentemente una riduzione delle emissioni di CO<sup>2</sup> in ambiente.

###### Caratteristiche funzionali e tecniche

Dal punto di vista tecnologico, l'intervento prevede, l'installazione di un cappotto interno rispetto alle pareti verticali dell'edificio con l'applicazione di uno strato isolante e di una lastra in cartongesso intonacata, come finitura interna.

Si è scelto di proporre di eseguire l'operazione di coibentazione con lana di vetro, materiale leggero e traspirante.

In questa fase abbiamo considerato, nella riproduzione su modello termico dell'intervento, il sistema isolante che consenta il raggiungimento delle trasmittanze limite per l'accesso al Conto Termico (per la zona termica D – 0,26 W/mqK).

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.

###### Descrizione dei lavori

Si consiglia di fare eseguire l'intervento solo da personale specializzato e ditte certificate e che forniscono garanzia di risultato.

E' indispensabile per tutti gli interventi dall'interno porre particolare attenzione alle verifiche termometriche e soprattutto alla condensa interstiziale.

La parete perimetrale infatti rimane fredda e quindi il rischio di condense negli strati freddi potrebbe aumentare, è indispensabile quindi verificare le condizioni termometriche e il flusso di vapore che attraversa la parete se è smaltito. Si consiglia comunque una barriera al vapore verso l'interno sulla faccia calda dell'isolante o sulle lastre di rivestimento.

E' fondamentale la corretta stuccatura dei giunti sulle lastre esterne per evitare possibili crepe o segnature nei punti di giunzione dei pannelli.

Successivamente all'installazione non sono richiesti particolari interventi di manutenzione.

###### Prestazioni raggiungibili

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

Nonostante l'efficacia dell'intervento è stato possibile ottenere un miglioramento di una sola classe energetica rispetto allo stato di fatto.

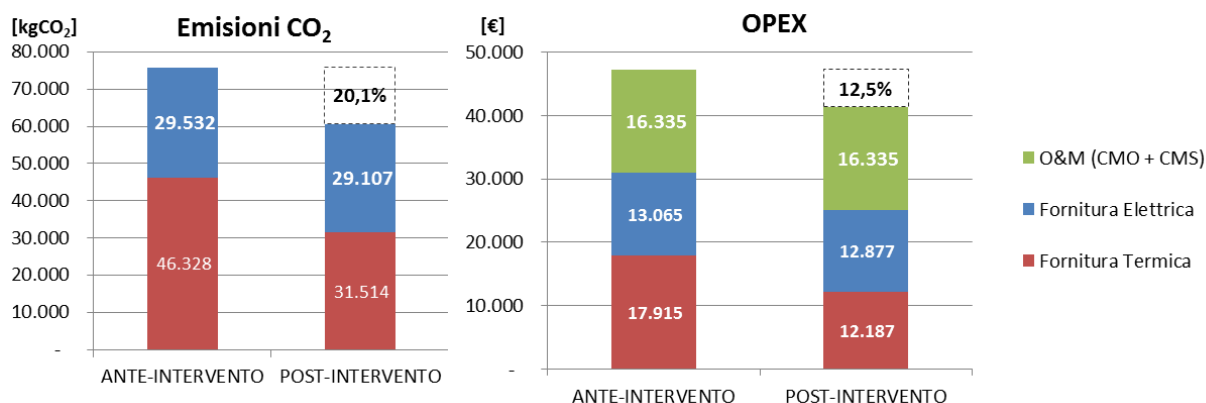
Tabella 8.1 – Risultati analisi EEM1 – Coibentazione murature verticali

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
Trasmittanza media murature verticali	[W/mqK]	1,144	0,265	<b>76,8%</b>
Q <sub>teorico</sub>	[kWh]	233.062	158.537	<b>32,0%</b>
EE <sub>teorico</sub>	[kWh]	61.799	60.910	<b>1,4%</b>
Q <sub>baseline</sub>	[kWh]	229.346	156.010	<b>32,0%</b>
EE <sub>Baseline</sub>	[kWh]	63.238	62.328	<b>1,4%</b>
Emiss. CO2 Termico	[kgCO <sub>2</sub> ]	46.328	31.514	<b>32,0%</b>
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO <sub>2</sub> ]	29.532	29.107	<b>1,4%</b>
<b>Emiss. CO2 TOT</b>	<b>[kgCO<sub>2</sub>]</b>	<b>75.860</b>	<b>60.621</b>	<b>20,1%</b>
Fornitura Termica, C <sub>Q</sub>	[€]	17.915	12.187	<b>32,0%</b>
Fornitura Elettrica, C <sub>EE</sub>	[€]	13.065	12.877	<b>1,4%</b>
<b>Fornitura Energia, C<sub>E</sub></b>	<b>[€]</b>	<b>30.980</b>	<b>25.064</b>	<b>19,1%</b>
C <sub>MO</sub>	[€]	12.932	12.932	<b>0,0%</b>
C <sub>MS</sub>	[€]	3.403	3.403	<b>0,0%</b>
O&M (C <sub>MO</sub> + C <sub>MS</sub> )	[€]	<b>16.335</b>	<b>16.335</b>	<b>0,0%</b>
OPEX	[€]	<b>47.315</b>	<b>41.399</b>	<b>12,5%</b>
Classe energetica	[-]	E	D	+1 CLASSE

Nota (14) I fattori di emissione per il calcolo delle emissioni di CO2 sono: 0,202 [kgCO<sub>2</sub>/kWh] per il vettore termico e 0,467 [kgCO<sub>2</sub>/kWh] per il vettore elettrico

I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,078 [€/kWh] per il vettore termico e 0,207 [€/kWh] per il vettore elettrico

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



## EEM2: Coibentazione solai

### Generalità

La misura prevede la coibentazione del solaio di copertura disperdenti verso l'esterno al fine di ridurre le dispersioni termiche attraverso il componente opaco ed aumentare il comfort termico all'interno dei locali sottostanti.

Questo intervento comporta una notevole diminuzione dei consumi energetici a carico dell'impianto di riscaldamento invernale e conseguentemente una riduzione delle emissioni di

Figura 8.2 – Copertura dell'edificio



CO<sup>2</sup> in ambiente.

### Caratteristiche funzionali e tecniche

Si è scelto di proporre di eseguire l'operazione di coibentazione con 15 cm di lana di vetro.

In questa fase abbiamo considerato, nella riproduzione su modello termico dell'intervento, il sistema isolante che consenta il raggiungimento delle trasmittanze limite per l'accesso al Conto Termico (per la zona termica D – 0,22 W/mqK).

L'installazione di uno strato coibentate in corrispondenza dei solai verso esterno può essere realizzata in aderenza con quello esistente.

Per il corretto funzionamento dell'isolamento termico i pannelli devono essere integri e devono essere posati con i giunti ben accostati.

Occorre che l'utente sia informato del fatto che, qualora si voglia successivamente all'intervento sospendere qualcosa al soffitto (lampade ecc...), occorre utilizzare opportuni sistemi di fissaggio .

### Descrizione dei lavori

Il materiale isolante al momento della posa deve essere asciutto. Nel caso vi sia presenza di umidità occorre verificare l'asciugatura del supporto prima di procedere alla posa.

Il lavoro deve essere svolto da personale tecnico specializzato che provveda alla raccolta di documentazione tecnica relativa al corretto impiego del materiale isolante attraverso la documentazione tecnica del produttore (es. etichetta marcatura CE, attestato di conformità).

Le verifiche importanti da svolgere sono visive durante la realizzazione dei lavori. Devono essere assicurato attraverso indagine visiva il corretto accostamento dei pannelli.

Dal punto di vista strumentale, a lavori conclusi e in un periodo di condizionamento un'eventuale indagine termografica dall'interno può verificare la presenza e uniformità del materiale isolante e un'indagine di misura in opera della conduttanza può verificare il buon grado di isolamento della struttura.

Successivamente all'installazione non sono richiesti particolari interventi di manutenzione.

### Prestazioni raggiungibili

I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione della EEM2 sono riportati nella Tabella 8.1 e nella Figura 8.3.

Nonostante l'efficacia dell'intervento è stato possibile ottenere un miglioramento di una sola classe energetica rispetto allo stato di fatto.

Tabella 8.2 – Risultati analisi EEM2 – Coibentazione solaio disperdente

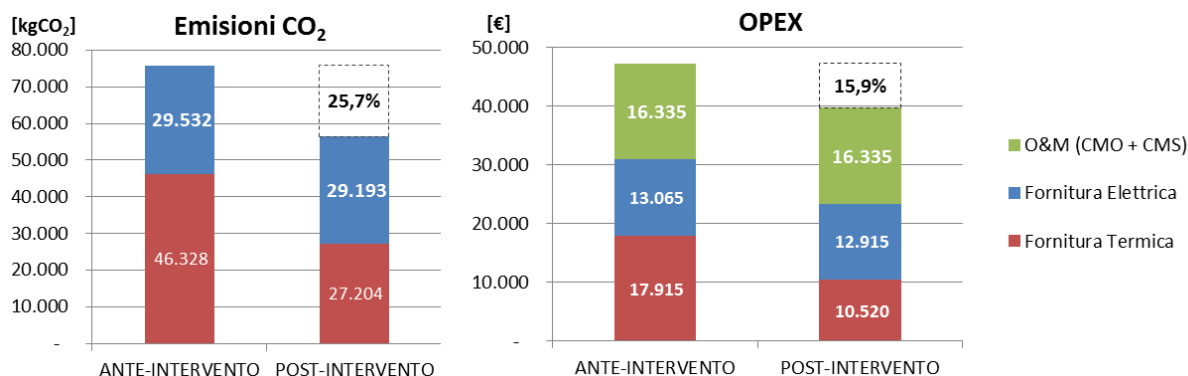
CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
Trasmittanza media solaio coibentato	[W/mqK]	3,485	0,207	<b>94,1%</b>
Q <sub>teorico</sub>	[kWh]	233.062	136.855	<b>41,3%</b>
EE <sub>teorico</sub>	[kWh]	61.799	61.090	<b>1,1%</b>
Q <sub>baseline</sub>	[kWh]	229.346	134.672	<b>41,3%</b>
EE <sub>Baseline</sub>	[kWh]	63.238	62.512	<b>1,1%</b>
Emiss. CO2 Termico	[kgCO <sub>2</sub> ]	46.328	27.204	<b>41,3%</b>
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO <sub>2</sub> ]	29.532	29.193	<b>1,1%</b>
<b>Emiss. CO2 TOT</b>	<b>[kgCO<sub>2</sub>]</b>	<b>75.860</b>	<b>56.397</b>	<b>25,7%</b>
Fornitura Termica, C <sub>Q</sub>	[€]	17.915	10.520	<b>41,3%</b>
Fornitura Elettrica, C <sub>EE</sub>	[€]	13.065	12.915	<b>1,1%</b>
<b>Fornitura Energia, C<sub>E</sub></b>	<b>[€]</b>	<b>30.980</b>	<b>23.435</b>	<b>24,4%</b>
C <sub>MO</sub>	[€]	12.932	12.932	<b>0,0%</b>
C <sub>MS</sub>	[€]	3.403	3.403	<b>0,0%</b>

O&M (C <sub>MO</sub> + C <sub>MS</sub> )	[€]	16.335	16.335	0,0%
OPEX	[€]	47.315	39.770	15,9%
Classe energetica	[-]	E	D	+1 CLASSE

Nota (15) I fattori di emissione per il calcolo delle emissioni di CO<sub>2</sub> sono: 0,202 [kgCO<sub>2</sub>/kWh] per il vettore termico e 0,467 [kgCO<sub>2</sub>/kWh] per il vettore elettrico

I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,078 [€/kWh] per il vettore termico e 0,207 [€/kWh] per il vettore elettrico

Figura 8.3 – EEM2: Riduzione dei costi operativi e delle emissioni di CO<sub>2</sub> a partire dalla baseline



### EEM3: Sostituzione infissi piano terzo – lato corte interna e sostituzione valvole termostatiche esistenti

#### Generalità

In questa sezione si riporta l'intervento di sostituzione infissi sul lato della corte interna del piano terzo della scuola materna e la sostituzione delle valvole termostatiche esistenti con valvole termostatiche di ultima generazione in tutto l'edificio scolastico.

Gli infissi da sostituire sono con telaio in metallo e vetro singolo.

Questo intervento ha l'obiettivo di ottimizzare le prestazioni termiche dell'edificio, diminuendo le dispersioni termiche attraverso il componente, migliorare le condizioni di comfort interno e contenere i consumi energetici e le emissioni di CO<sub>2</sub> in ambiente.

L'intervento proposto non presenta un tempo di ritorno pienamente favorevole all'investimento, ma tuttavia se ne auspica la realizzazione soprattutto per la salvaguardia della sicurezza degli utilizzatori della struttura e dei lavoratori presenti, in quanto gli infissi della corte interna del piano terzo presentano criticità rilevanti.

Figura 8.4 – Infissi esistenti – piano terzo corte interna



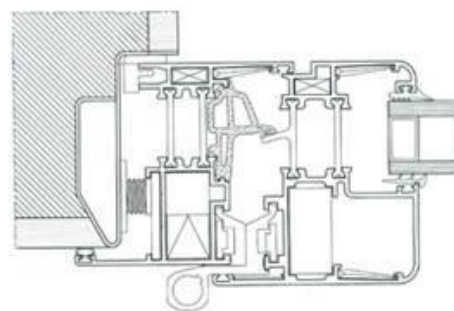


### Caratteristiche funzionali e tecniche

Dal punto di vista tecnologico, l'intervento prevede, la sostituzione dei componenti vetrati della struttura mediante l'installazione di vetri con telaio in legno massiccio con taglio termico e vetrocamera con gas inerte nell'intercapedine che conferisce caratteristiche basso emissive all'infisso. In questa fase abbiamo considerato, nella riproduzione su modello termico dell'intervento, la sostituzione dei serramenti con caratteristiche tecniche tali da consentire il raggiungimento delle trasmittanze limite per l'accesso al Conto Termico (per la zona termica D – 1,67 W/mqK).

Inoltre, come richiesto dal Conto Termico, è stato inserito un sistema di controllo delle temperature dei singoli locali mediante valvole termostatiche installate sui terminali di emissione del calore. Le valvole termostatiche sono presenti nella maggior parte dei locali dell'edificio, ma mancano in alcune parti, si propone pertanto di uniformare la regolazione di ogni singolo locale con valvole termostatiche di ultima generazione.

Figura 8.5 – Particolare infisso taglio termico



### Descrizione dei lavori

Si consiglia di fare eseguire l'intervento solo da personale specializzato e ditte certificate e che forniscono garanzia di risultato.

È importante verificare in sede di installazione la corretta posa degli infissi nonché la tenuta all'aria e all'acqua. Inoltre occorre verificare la migliore risoluzione del ponte termico perimetrale dell'infisso stesso in sede di progettazione. Una soluzione potrebbe essere offerta dall'installazione di un controtelaio coibentato e successivamente sigillato.

Il miglioramento offerto da questo intervento aumenta se realizzato in sinergia con gli interventi di coibentazione dell'involucro opaco. Ai fini di una migliore verifica della corretta installazione e tenuta dei nuovi serramenti è possibile realizzare un blowerdoor test sull'edificio e ulteriori indagini termografiche.

Successivamente all'installazione non sono richiesti particolari interventi di manutenzione.

### Prestazioni raggiungibili

I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione della EEM in oggetto sono riportati nella Tabella 8.3 e nella Figura 8.6.

Tabella 8.3 – Risultati analisi EEM 3 – Sostituzione infissi piano terzo e valvole termostatiche

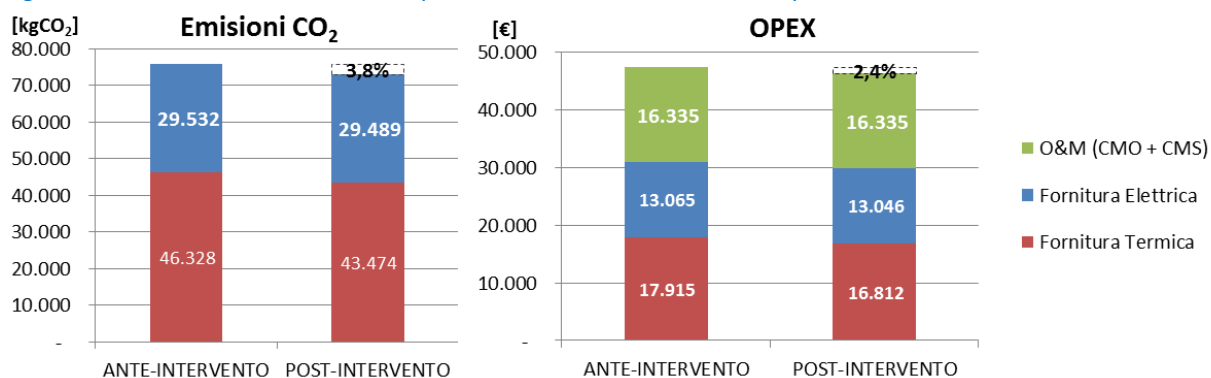
CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
Trasmittanza termica infissi P3	[W/mqK]	5,084	1,5	<b>70,5%</b>
Rendimento di regolazione	[%]	97	99	<b>-2,1%</b>
Q <sub>teorico</sub>	[kWh]	233.062	218.707	<b>6,2%</b>
EE <sub>teorico</sub>	[kWh]	61.799	61.709	<b>0,1%</b>
Q <sub>baseline</sub>	[kWh]	229.346	215.220	<b>6,2%</b>
EE <sub>baseline</sub>	[kWh]	63.238	63.146	<b>0,1%</b>
Emiss. CO2 Termico	[kgCO <sub>2</sub> ]	46.328	43.474	<b>6,2%</b>
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO <sub>2</sub> ]	29.532	29.489	<b>0,1%</b>
<b>Emiss. CO2 TOT</b>	<b>[kgCO<sub>2</sub>]</b>	<b>75.860</b>	<b>72.963</b>	<b>3,8%</b>
Fornitura Termica, C <sub>Q</sub>	[€]	17.915	16.812	<b>6,2%</b>
Fornitura Elettrica, C <sub>EE</sub>	[€]	13.065	13.046	<b>0,1%</b>

Fornitura Energia, C <sub>e</sub>	[€]	30.980	29.858	3,6%
C <sub>MO</sub>	[€]	12.932	12.932	0,0%
C <sub>MS</sub>	[€]	3.403	3.403	0,0%
O&M (C <sub>MO</sub> + C <sub>MS</sub> )	[€]	16.335	16.335	0,0%
OPEX	[€]	47.315	46.193	2,4%
Classe energetica	[-]	E	E	-

Nota (16) I fattori di emissione per il calcolo delle emissioni di CO<sub>2</sub> sono: 0,202 [kgCO<sub>2</sub>/kWh] per il vettore termico e 0,467 [kgCO<sub>2</sub>/kWh] per il vettore elettrico

I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,078 [€/kWh] per il vettore termico e 0,207 [€/kWh] per il vettore elettrico

Figura 8.6 – EEM: Riduzione dei costi operativi e delle emissioni di CO<sub>2</sub> a partire dalla baseline



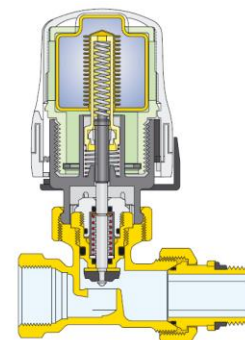
### 8.1.2 Impianto riscaldamento

#### EEM4: Sostituzione delle valvole termostatiche esistenti

##### 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.

Nell'edificio oggetto di diagnosi sono presenti valvole termostatiche piuttosto datate, con funzionamento ON/OFF e non modulante e l'impianto di riscaldamento è dotato di pompe già dotate di inverter. Sul mercato esistono valvole termostatiche con regolazione variabile da 0,5°C per permettono una regolazione più fine della temperatura ambiente, se accoppiate all'impianto termico dotato di pompe ad inverter esistente.



##### 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.

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 EEM4 sono riportati nella Tabella 8.4 e nella Figura 8.7.

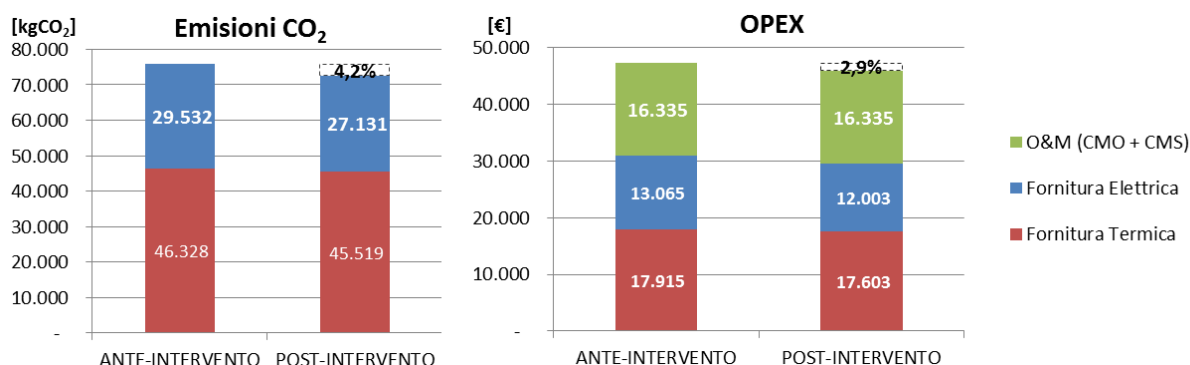
Tabella 8.4 – Risultati analisi EEM3 – Sostituzione delle valvole termostatiche

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
Rendimento di regolazione	[%]	97%	99%	-2,1%
Q <sub>teorico</sub>	[kWh]	233.062	228.992	1,7%
EE <sub>teorico</sub>	[kWh]	61.799	56.775	8,1%
Q <sub>baseline</sub>	[kWh]	229.346	225.341	1,7%
EE <sub>Baseline</sub>	[kWh]	63.238	58.097	8,1%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO <sub>2</sub> ]	46.328	45.519	1,7%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO <sub>2</sub> ]	29.532	27.131	8,1%
<b>Emiss. CO2 TOT</b>	<b>[kgCO<sub>2</sub>]</b>	<b>75.860</b>	<b>72.650</b>	<b>4,2%</b>
Fornitura Termica, C <sub>Q</sub>	[€]	17.915	17.603	1,7%
Fornitura Elettrica, C <sub>EE</sub>	[€]	13.065	12.003	8,1%
<b>Fornitura Energia, C<sub>E</sub></b>	<b>[€]</b>	<b>30.980</b>	<b>29.605</b>	<b>4,4%</b>
C <sub>MO</sub>	[€]	12.932	12.932	0,0%
C <sub>MS</sub>	[€]	3.403	3.403	0,0%
O&M (C <sub>MO</sub> + C <sub>MS</sub> )	[€]	<b>16.335</b>	<b>16.335</b>	<b>0,0%</b>
OPEX	[€]	<b>47.315</b>	<b>45.940</b>	<b>2,9%</b>
Classe energetica	[-]	E	E	-

Nota (17) I fattori di emissione per il calcolo delle emissioni di CO2 sono: 0,202 [kgCO<sub>2</sub>/kWh] per il vettore termico e 0,467 [kgCO<sub>2</sub>/kWh] per il vettore elettrico

I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,078 [€/kWh] per il vettore termico e 0,207 [€/kWh] per il vettore elettrico

Figura 8.7 – EEM4: Riduzione dei costi operativi e delle emissioni di CO2 a partire dalla baseline



### 8.1.3 Impianto di produzione ACS

Non sono stati proposti interventi migliorativi relativi all’impianto di produzione di ACS in quanto un intervento di questa tipologia non risulta conveniente dal punto di vista economico. Dall’analisi svolta infatti, risulta che la produzione di ACS avviene per mezzo di caldaie alimentate a gas metano posizionate in corrispondenza della cucina e degli spogliatoi della palestra e che occupa l’1,1% del consumo energetico termico totale dell’edificio. Inoltre la caldaia installata in cucina è di recente installazione, pertanto non si è ritenuto necessario procedere con interventi di efficientamento su questo uso energetico.

### 8.1.4 Impianto di illuminazione ed impianto elettrico

#### EEM5: Sostituzione corpi illuminanti

##### 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. Attualmente all’interno dell’edificio nella maggior parte dei locali sono installate lampade fluorescenti di vecchia generazione tipo T8 con reattori ferromagnetici di varia potenza. Ad un maggior costo iniziale per un determinato tipo di lampada, corrisponde un minor costo di gestione, dovuto a minori consumi e a una vita più lunga, una lampada LED ha infatti un’efficienza maggiore rispetto ad una tradizionale T8.

##### Caratteristiche funzionali e tecniche

I corpi illuminanti presenti sono di 5 tipologie principali che nel progetto di efficientamento dei corpi illuminanti han trovato le corrispondenze riporta nella seguente tabella.

Tabella 8.5 –Sostituzione corpi illuminanti

Potenza [W]	Tipologia	Corrispondenza LED [W]
4x18	Fluo T8	31
1X36	Fluo T8	16
2X36	Fluo T8	2x16

##### Descrizione dei lavori

Verificare la compatibilità con la tipologia di lampadari presenti, sia a livello di potenza richiesta che di resa cromatica, oltre che le caratteristiche dimensionali delle sorgenti luminose

### Prestazioni raggiungibili

I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione della EEM4 sono riportati nella Tabella 8.6 e nella Figura 8.8.

Nonostante l'efficacia dell'intervento non è stato possibile ottenere un cambiamento di classe rispetto allo stato di fatto.

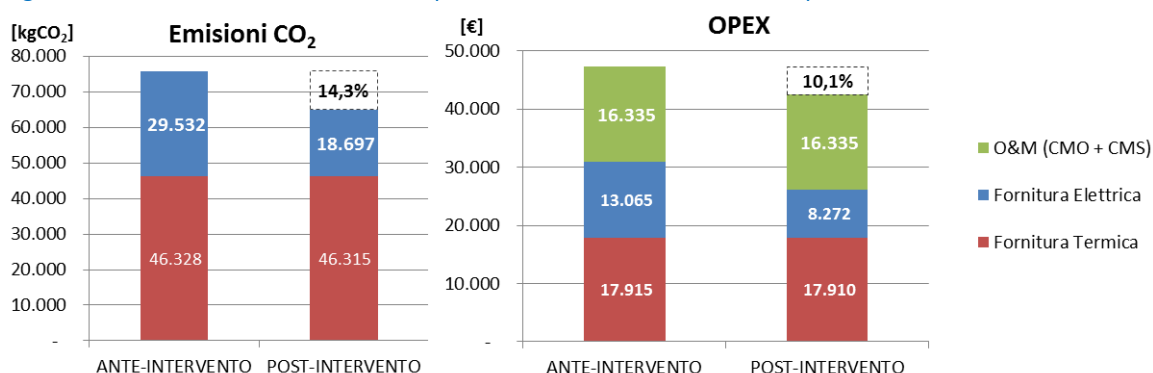
Tabella 8.6 – Risultati analisi EEM5 – Sostituzione corpi illuminanti

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
Potenza elettrica installata per illuminazione	[W]	26532	11788	55,6%
Q <sub>teorico</sub>	[kWh]	233.062	232.997	0,0%
EE <sub>teorico</sub>	[kWh]	61.799	39.126	36,7%
Q <sub>baseline</sub>	[kWh]	229.346	229.282	0,0%
EE <sub>baseline</sub>	[kWh]	63.238	40.037	36,7%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO <sub>2</sub> ]	46.328	46.315	0,0%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO <sub>2</sub> ]	29.532	18.697	36,7%
<b>Emiss. CO2 TOT</b>	<b>[kgCO<sub>2</sub>]</b>	<b>75.860</b>	<b>65.012</b>	<b>14,3%</b>
Fornitura Termica, C <sub>Q</sub>	[€]	17.915	17.910	0,0%
Fornitura Elettrica, C <sub>EE</sub>	[€]	13.065	8.272	36,7%
<b>Fornitura Energia, C<sub>E</sub></b>	<b>[€]</b>	<b>30.980</b>	<b>26.182</b>	<b>15,5%</b>
C <sub>MO</sub>	[€]	12.932	12.932	0,0%
C <sub>MS</sub>	[€]	3.403	3.403	0,0%
O&M (C <sub>MO</sub> + C <sub>MS</sub> )	[€]	16.335	16.335	0,0%
OPEX	[€]	47.315	42.517	10,1%
Classe energetica	[-]	E	E	-

Nota (18) I fattori di emissione per il calcolo delle emissioni di CO2 sono: 0,202 [kgCO<sub>2</sub>/kWh] per il vettore termico e 0,467 [kgCO<sub>2</sub>/kWh] per il vettore elettrico

I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,078 [€/kWh] per il vettore termico e 0,207 [€/kWh] per il vettore elettrico

Figura 8.8 – EEM5: Riduzione dei costi operativi e delle emissioni di CO2 a partire dalla baseline



## 9 VALUTAZIONE ECONOMICO-FINANZIARIA

### 9.1 ANALISI DEI COSTI DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI CONSIDERATI FATTIBILI

#### EEM1: Coibentazione murature verticali

Nella Tabella 9.1 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM 1, che consiste nella coibentazione delle murature verticali. L'IVA è stata considerata pari al 22%. I costi della sicurezza sono stimati al 3% ed i costi relativi alla progettazione al 7%.

La realizzazione di tale intervento consentirebbe l'ottenimento degli incentivi previsti dal conto termico 2.0, i quali possono essere quantificati come di seguito descritto:

Isolamento termico di superfici opache delimitanti il volume climatizzato (art.4, c.1, lett.a)

- Percentuale incentivata = 40% della spesa ammissibile;
- Valore massimo incentivo = 400000 €
- Costo massimo ammissibile = 80 €/mq
- Costo unitario valutato per l'intervento: 60 €/mq

Tabella 9.1 – Analisi dei costi della EEM1 – Coibentazione murature interne verticali

DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO PREZZARIO	PREZZO UNITARIO SCONTATO	TOTALE (IVA ESCLUSA)	IVA	TOTALE (IVA INCLUSA)
				[€/m <sup>2</sup> cm]	[€/m <sup>2</sup> cm]	[€]	[%]	[€]
Controparete termoisolante e fonoassorbente realizzata con lastre in gesso rivestito a bordi assottigliati, spessore 12,50 mm, incollate a pannelli di lana di vetro idrorepellente prodotta con almeno l'80% di vetro riciclato e con un esclusivo legante brevettato di origine naturale che garantisce la massima qualità dell'aria, con barriera al vapore costituita da un foglio di alluminio interposto tra il pannello in lana di vetro e la lastra di gesso rivestito.	Prezzario Milano	3798	mq	€ 41,10	€ 37,36	€ 141.907,09	22%	€ 173.126,65
Conducibilità termica dichiarata $\lambda_D$ spessori 20 ÷ 50 mm 0,031 W/m.K (lana di vetro); Conducibilità termica dichiarata $\lambda_D$ spessori 60 ÷ 80 mm 0,034 W/m.K (lana di vetro); Conducibilità termica dichiarata $\lambda_D$ 0,025 W/m.K (lastra di gesso rivestito). Classe di reazione al fuoco spessori 20 ÷ 50 mm A2-s1,d0 Classe di reazione al fuoco spessori 60 ÷ 80 mm F Resistenza alla diffusione del vapore acqueo $\mu$ lana di vetro 1								



	Resistenza alla diffusione del vapore acqueo $\mu$ lastra in gesso rivestito: 10 (campo secco), 4 (campo umido). Applicate direttamente alla parete con incollaggi in gesso, compresa la rasatura dei giunti, i piani di lavoro interni e l'assistenza muraria, negli spessori mm: - spessore 12,50 + 80 mm di lana di vetro								
20.A90.B20.010	Tinteggiatura di superfici murarie interne, con idropittura lavabile a base di polimero acrilico in emulsione acquosa (prime due mani)	Prezzario Regione Liguria	3798	m2	€ 6,95	€ 6,32	€ 23.996,45	22%	€ 29.275,67
05.P68.A60.005	Distacco dall'impianto di tutti i tipi di corpi scaldanti, di qualsiasi dimensione, compresi i materiali di consumo per sostituzione o demolizione Di qualsiasi dimensione	Prezzario Regione Piemonte	127	cad	€ 11,49	€ 10,34	€ 1.313,31	22%	€ 1.602,23
05.P68.B20.005	Riattacco agli impianti di tutti i tipi di corpi scaldanti, di qualsiasi dimensione, compresi i materiali di consumo Di qualsiasi dimensione	Prezzario Regione Piemonte	127	cad	€ 15,84	€ 14,26	€ 1.810,51	22%	€ 2.208,82
	Costi per la sicurezza	-	3%	%			€ 5.070,82	22%	€ 6.186,40
	Costi progettazione (in % su importo lavori)	-	7%	%			€ 11.831,92	22%	€ 14.434,94
<b>TOTALE (I<sub>0</sub> - EEM1)</b>							<b>€ 185.930</b>	<b>22%</b>	<b>€ 226.835</b>
<b>Incentivi</b>	<b>[Conto termico]</b>								<b>€ 90.733,89</b>
<b>Durata incentivi</b>									<b>5</b>
<b>Incentivo annuo</b>									<b>€ 18.146,78</b>

## EEM2: Coibentazione solai

Nella La realizzazione di tale intervento consentirebbe dunque l'ottenimento degli incentivi previsti dal conto termico 2.0, i quali possono essere quantificati come di seguito descritto:

Isolamento copertura dall'interno (art.4, c.1, lett.a)

- Percentuale incentivata = 40% della spesa ammissibile;
- Costo massimo ammissibile = 100 €/mq
- Costo unitario valutato per l'intervento: 56,52 €/mq

Tabella 9.2 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM 2, che consiste nella coibentazione del solaio disperdente. L'IVA è stata considerata pari al 22%. I costi della sicurezza sono stimati al 3% ed i costi relativi alla progettazione al 7%.

La realizzazione di tale intervento consentirebbe dunque l'ottenimento degli incentivi previsti dal conto termico 2.0, i quali possono essere quantificati come di seguito descritto:

Isolamento copertura dall'interno (art.4, c.1, lett.a)

- Percentuale incentivata = 40% della spesa ammissibile;
- Costo massimo ammissibile = 100 €/mq
- Costo unitario valutato per l'intervento: 56,52 €/mq

Tabella 9.2 – Analisi dei costi della EEM2 – Coibentazione solaio disperdente

	DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO	PREZZO	TOTALE	IVA	TOTALE
					UNITARIO PREZZARIO	UNITARIO SCONTATO	(IVA ESCLUSA)	(IVA INCLUSA)	
					[€/n° o €/m <sup>2</sup> ]	[€/n° o €/m <sup>2</sup> ]	[€]	[%]	[€]
B55004a	Controsoffitto realizzato con lastre di cartongesso, reazione al fuoco Euroclasse A1 - s1, d0, fissate mediante viti autopercoranti ad una struttura costituita da profilati in lamiera di acciaio zincato dello spessore di 6/10 mm ad interasse di 600 mm, comprese la stessa struttura e la stuccatura dei giunti:	DEI - ristruttur. 2015	1141	m2	€ 28,96	€ 26,33	€ 30.039,42	22%	€ 36.648,09
01.P09.B03.030	Pannelli semirigidi in lana di vetro, euroclasse A1, densità di 30-35 kg/m <sup>3</sup> e lambda inferiore a 0,034 W/mK; con adeguata protezione di barriera al vapore - Spessore 15 cm	Prezzario Regione Piemonte	1141	m2	€ 10,25	€ 9,32	€ 10.632,05	22%	€ 12.971,10
01.A09.G50.005	Posa in opera di materiali per isolamento termico (lana di vetro o di roccia, polistirolo, poliuretano, materiali simili) sia in rotoli che in lastre di qualsiasi dimensione e spessore, compreso il carico, lo scarico, il trasporto e deposito a qualsiasi piano del fabbricato	Prezzario Regione Piemonte	1141	m2	€ 6,59	€ 5,99	€ 6.835,63	22%	€ 8.339,47
95.B10.S20.020	Impalcature per interni, realizzate con cavalletti, trabattelli, strutture tubolari, misurate in proiezione orizzontale, piani di lavoro per altezza da 2,00 a 4,00 metri.	Prezzario Regione Liguria	29	m2	€ 21,17	€ 19,25	€ 548,98	22%	€ 669,75
<b>TOTALE PARZIALE LAVORI</b>							<b>€ 48.056,07</b>	<b>22%</b>	<b>€ 58.628,40</b>
Costi per la sicurezza		-	3%	%			€ 1.441,68	22%	€ 1.758,85
Costi progettazione (in % su importo lavori)		-	7%	%			€ 3.363,92	22%	€ 4.103,99
<b>TOTALE (I<sub>0</sub> – EEM1)</b>							<b>€ 52.862</b>	<b>22%</b>	<b>€ 64.491</b>
<b>Incentivi</b>		<b>[Conto termico]</b>							€ 25.796
<b>Durata incentivi</b>									5
<b>Incentivo annuo</b>									€ 5.159,30

### EEM3: Sostituzione infissi piano terzo – lato corte interna e sostituzione valvole termostatiche esistenti

Nella La realizzazione di tale intervento consentirebbe dunque l'ottenimento degli incentivi previsti dal conto termico 2.0, i quali possono essere quantificati come di seguito descritto:

Sostituzione di chiusure trasparenti comprensive di infissi delimitanti il volume climatizzato (art.4, c.1, lett.b)

- Percentuale incentivata = 40% della spesa ammissibile;
- Costo massimo ammissibile = 450 €/mq

Per quanto riguarda le sole voci di costo relative a infissi, sicurezza e progettazione il costo unitario supera il massimo ammissibile, per cui l'incentivo sarà pari a al 40% del costo massimo moltiplicato per la superficie oggetto di intervento, ottenendo 15660 €. Per la parte di valvole termostatiche invece l'incentivo può essere calcolato come il 40% dell'investimento, ossia 2799 €.

Tabella 9.3 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM 3, che consiste nella sostituzione degli infissi in metallo e vetro singolo sul lato corte interna ala piano terzo e la sostituzione delle valvole termostatiche esistenti con altre più efficienti. L'IVA è stata considerata pari al 22%.

La realizzazione di tale intervento consentirebbe dunque l'ottenimento degli incentivi previsti dal conto termico 2.0, i quali possono essere quantificati come di seguito descritto:

Sostituzione di chiusure trasparenti comprensive di infissi delimitanti il volume climatizzato (art.4, c.1, lett.b)

- Percentuale incentivata = 40% della spesa ammissibile;
- Costo massimo ammissibile = 450 €/mq

Per quanto riguarda le sole voci di costo relative a infissi, sicurezza e progettazione il costo unitario supera il massimo ammissibile, per cui l'incentivo sarà pari a al 40% del costo massimo moltiplicato per la superficie oggetto di intervento, ottenendo 15660 €. Per la parte di valvole termostatiche invece l'incentivo può essere calcolato come il 40% dell'investimento, ossia 2799 €.

Tabella 9.3 – Analisi dei costi della EEM3 – – Sostituzione infissi piano terzo e valvole termostatiche

DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO	PREZZO	TOTALE	IVA	TOTALE
				UNITARIO PREZZARIO	UNITARIO SCONTATO	(IVA ESCLUSA)	(IVA INCLUSA)	
				[€/n° o €/m <sup>2</sup> ]	[€/n° o €/m <sup>2</sup> ]	[€]	[%]	[€]
25.A05.H01.100	Smontaggio e recupero delle parti riutilizzabili, incluso accantonamento nell'ambito del cantiere, di: serramenti in acciaio, PVC, alluminio, compreso telaio (misura minima 2,00 m <sup>2</sup> )	87	m2	€ 39,61	€ 36,01	€ 3.132,79	22%	€ 3.822,00
PR.A23.A30.010	Finestra o portafinestra in PVC completa di vetrocamera, qualità media, con valore massimo di trasmittanza U=2,8 W/m <sup>2</sup> K, controtelaio escluso, misurazione minima per serramento m <sup>2</sup> 1,0 apertura ad una o due ante o a vasistas	87	m2	€ 328,90	€ 299,00	€ 26.013,00	22%	€ 31.735,86
PR.A23.B10.020	Controtelaio per finestre, portefinestre e simili, in legno.	37	m	€ 7,59	€ 6,90	€ 257,44	22%	€ 314,07
01.A15.A10.015	Posa in opera di vetri di qualunque dimensione su telai metallici od in legno, misurati in opera sul minimo rettangolo	87	m2	€ 46,79	€ 42,11	€ 3.663,66	22%	€ 4.469,66

circoscritto, incluso il  
compenso per lo sfrido del  
materiale

PR.C17.A15.010	Valvole micrometriche a squadra complete di testa termostatica con elemento sensibile a gas: Ø 15 mm	Prezzario Regione Liguria	137	cad	€ 35,42	€ 32,20	€ 4.411,40	22%	€ 5.381,91
RU.M01.E01.020	Impianti Elettrici Idraulici Riscaldamento Installatore 4° cat. ex operaio specializzato	Prezzario Regione Liguria	46	h	€ 31,88	€ 28,98	€ 1.323,50	22%	€ 1.614,67
	Costi per la sicurezza		3%	%			€ 1.164,05	22%	€ 1.420
	Costi progettazione (in % su importo lavori)		7%	%			€ 2.716,13	22%	€ 3.314
<b>TOTALE (I<sub>0</sub> – EEM3)</b>							<b>€ 42.682</b>	<b>22%</b>	<b>€ 52.072</b>
<b>Incentivi</b>	<b>[Conto termico ]</b>								<b>€ 18.459</b>
<b>Durata incentivi</b>									<b>5</b>
<b>Incentivo annuo</b>									<b>€ 3.692</b>

#### EEM4: Sostituzione valvole termostatiche esistenti

Nella Tabella 9.4 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM 4, che consiste nella sostituzione delle valvole termostatiche esistenti con altre più efficienti. Non sono state sostituite le pompe di distribuzione del circuito di riscaldamento in quanto già dotate di inverter ed in buona condizione. L'IVA è stata considerata pari al 22%.

La realizzazione di tale intervento consentirebbe l'ottenimento degli incentivi previsti dal conto termico 2.0, i quali possono essere quantificati pari al 40% dell'importo totale dell'intervento, dato l'importo iniziale inferiore ai 50000 € e il costo unitario inferiore ai 25 €/m<sup>2</sup>.

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

	DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO PREZZARIO	PREZZO UNITARIO SCONTATO	TOTALE (IVA ESCLUSA)	IVA	TOTALE (IVA INCLUSA)
					[€/n° o €/m <sup>2</sup> ]	[€/n° o €/m <sup>2</sup> ]	[€]	[%]	[€]
PR.C17.A15.010	Valvole micrometriche a squadra complete di testa termostatica con elemento sensibile a gas: Ø 15 mm	Prezzario Regione Liguria	137	cad	€ 35,42	€ 32,20	€ 4.411,40	22%	€ 5.381,91
RU.M01.E01.020	Impianti Elettrici Idraulici Riscaldamento Installatore 4° cat. ex operaio specializzato	Prezzario Regione Liguria	46	h	€ 31,88	€ 28,98	€ 1.323,50	22%	€ 1.614,67
	Costi per la sicurezza	-	3%	%			€ 176,05	22%	€ 214,78
	Costi progettazione (in % su importo lavori)	-	7%	%			€ 410,78	22%	€ 501,15
<b>TOTALE (I<sub>0</sub> – EEM4)</b>							<b>€ 6.455</b>	<b>22%</b>	<b>€ 7.875</b>
<b>Incentivi</b>	<b>[Conto termico ]</b>								<b>€ 3.150,11</b>
<b>Durata incentivi</b>									<b>5</b>
<b>Incentivo annuo</b>									<b>€ 630,02</b>

### **EEM5: Sostituzione corpi illuminanti**

Nella Tabella 9.5 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM 5, che consiste nella sostituzione dei corpi illuminanti. L'IVA è stata considerata pari al 22%.

La realizzazione di tale intervento consentirebbe l'ottenimento degli incentivi previsti dal conto termico 2.0, i quali possono essere quantificati pari al 40% dell'importo totale dell'intervento, dato l'importo iniziale inferiore ai 70000 € e il costo unitario inferiore ai 35 €/m<sup>2</sup>.

Tabella 9.5 – Analisi dei costi della EEM5 – Sostituzione corpi illuminanti

DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO PREZZARIO	PREZZO UNITARIO SCONTATO	TOTALE (IVA ESCLUSA)	IVA	TOTALE (IVA INCLUSA)
				[€/n° o €/m <sup>2</sup> ]	[€/n° o €/m <sup>2</sup> ]	[€]	[%]	[€]
1E.06.060.0210.c Lampade a led a tubo per applicazione in lampade a tubi fluorescenti tradizionali compatibili alimentazione 230 V c.a. 50 Hz. Durata nominale 40.000 ore delle seguenti tipologie: - Lunghezza 1200 mm – flusso luminoso 1600 lm potenza 16 w	Prezzario Milano	729	cad	€ 34,69	€ 31,54	€ 22.990,01	22%	€ 28.047,81
1E.06.060.0120.b Plafoniera per installazione a soffitto o a sospensione. Prodotto in conformità alle norme EN 60598-1 CEI 34-21, classe di isolamento I e grado di protezione IP40 – IK06 in conformità alle norme EN 60529 e EN 50102. Corpo e cornice stampato in policarbonato bianco infrangibile ed autoestingente, diffusore estruso in tecnopolimero opale ad alta trasmittanza, completa di sistema dimmer; equipaggiata con lampada led 4000K 3700 lm potenza 31 w, modulo da: 600 mm x 600 mm	Prezzario Milano	4	cad.	€ 246,63	€ 224,21	€ 896,84	122%	€ 1.094,14
Costi per la sicurezza	-	3%	%			€ 716,61	22%	€ 874,26
Costi progettazione (in % su importo lavori)	-	7%	%			€ 1.672,08	22%	€ 2.039,94
<b>TOTALE (I<sub>0</sub> – EEM1)</b>						<b>€ 26.276</b>	<b>22%</b>	<b>€ 32.056</b>
<b>Incentivi</b>	<b>[Conto termico ]</b>							<b>€ 12.822,46</b>
<b>Durata incentivi</b>								<b>5</b>
<b>Incentivo annuo</b>								<b>€ 2.564,49</b>

## 9.2 ANALISI DI CONVENIENZA DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI CONSIDERATI FATTIBILI

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

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



Gli indicatori economici d'investimento utilizzati sono:

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

Essi sono così definiti:

1) Tempo di ritorno semplice (TRS):

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

Dove:

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

2) Tempo di ritorno attualizzato (TRA):

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

Dove:

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

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

Dove:

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

3) Valore Attuale Netto (VAN) del progetto:

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

Dove:

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

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

5) Indice di Profitto (IP):

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

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

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

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

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

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

Tabella 9.6 – Risultati dell'analisi di convenienza della EEM1– Coibentazione murature verticali

PARAMETRO FINANZIARIO		U.M.	VALORE	
Investimento Iniziale	$I_0$	€	226.835	
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	18.147	
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	33,4		18,8
Tempo di rientro attualizzato	TRA	52,4		32,7
Valore attuale netto	VAN	-	99.930	- 19.144
Tasso interno di rendimento	TIR	-0,8%		2,8%
Indice di profitto	IP	-0,44		-0,08

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

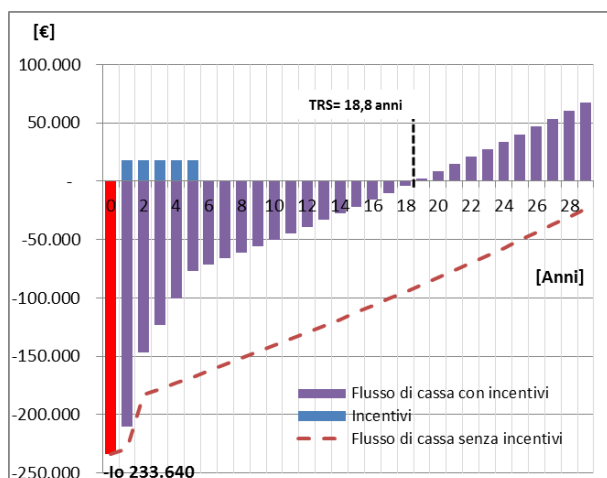
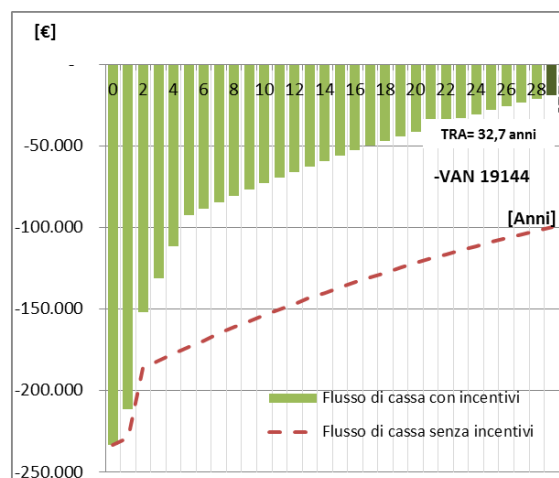


Figura 9.2 – EEM1: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



Dall'analisi effettuata è emerso che il tempo di ritorno dell'intervento senza incentivi è di circa 33 anni, su un tempo di vita dell'intervento stimato essere di 30 anni. Con il supporto dell'incentivo derivante da Conto Termico il tempo di ritorno semplice si accorcia a meno di 20 anni, rendendo conveniente l'EEM1.

### EEM2: Coibentazione solai

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

Tabella 9.7 – Risultati dell'analisi di convenienza della EEM2– Coibentazione solai

PARAMETRO FINANZIARIO		U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	<b>I<sub>0</sub></b>	€	64.491
Oneri Finanziari %I <sub>0</sub>	<b>OF</b>	[%]	3,0%
Aliquota IVA	<b>%IVA</b>	[%]	22,0%
Anno recupero erariale IVA	<b>n<sub>IVA</sub></b>	anni	3
Vita utile	<b>n</b>	anni	30
Incentivo annuo	<b>B</b>	€/anno	5.159
Durata incentivo	<b>n<sub>B</sub></b>	anni	5
Tasso di attualizzazione	<b>i</b>	[%]	3,5%
INDICE FINANZIARIO DI PROGETTO		VALORE SENZA INCENTIVI	VALORE CON INCENTIVI
Tempo di rientro semplice	<b>TRS</b>	8,4	4,8
Tempo di rientro attualizzato	<b>TRA</b>	10,6	5,9
Valore attuale netto	<b>VAN</b>	66.614	89.583
Tasso interno di rendimento	<b>TIR</b>	11,5%	16,2%
Indice di profitto	<b>IP</b>	1,03	1,39

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

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

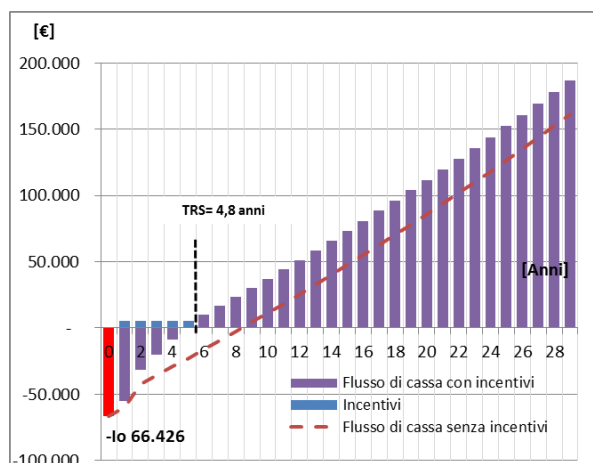
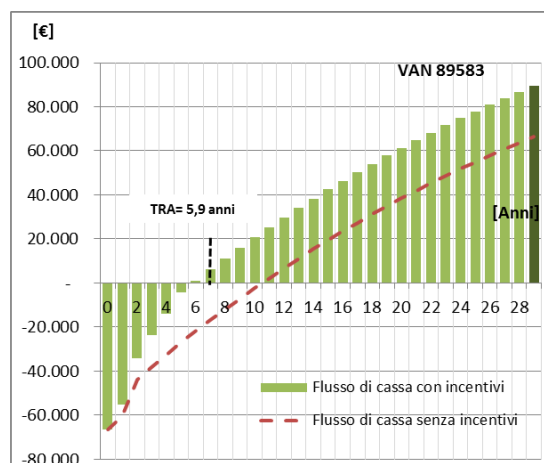


Figura 9.4 – EEM2: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



Dall'analisi effettuata è emerso che il tempo di ritorno dell'intervento senza incentivi è di circa 8 anni, su un tempo di vita dell'intervento stimato essere di 30 anni. Con il supporto dell'incentivo derivante da Conto Termico il tempo di ritorno semplice si accorcia a meno di 5, rendendo conveniente l'EEM2.

### EEM3: Sostituzione infissi piano terzo – lato corte interna e sostituzione valvole termostatiche esistenti

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

Tabella 9.8 – Risultati dell'analisi di convenienza della EEM3 – Sostituzione infissi piano terzo e valvole termostatiche

PARAMETRO FINANZIARIO		U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	$I_0$	€	52.072
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	3.692
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	38,8	24,5
Tempo di rientro attualizzato	TRA	59,9	37,2
Valore attuale netto	VAN	- 26.760	- 10.325
Tasso interno di rendimento	TIR	-1,9%	1,2%
Indice di profitto	IP	-0,51	-0,20

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

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

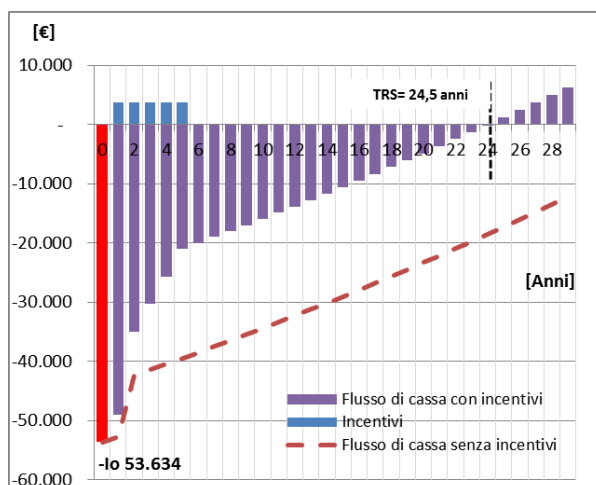
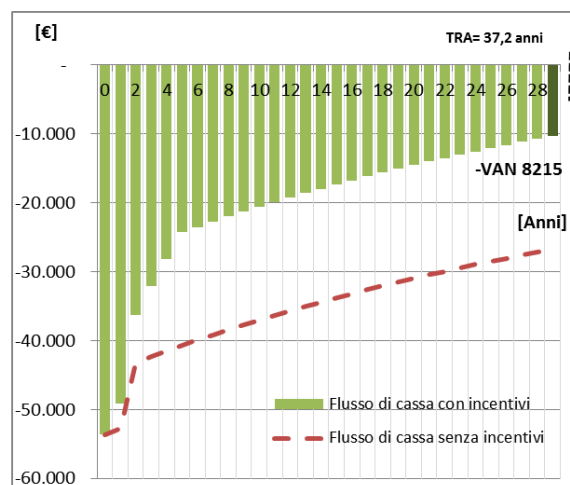


Figura 9.6 – EEM3: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



Dall'analisi effettuata è emerso che il tempo di ritorno dell'intervento senza incentivi è di circa 39 anni, su un tempo di vita dell'intervento stimato essere di 30 anni. Con il supporto dell'incentivo derivante da Conto Termico il tempo di ritorno attualizzato diventa di circa 37 anni, rendendo poco conveniente l'EEM3. Nonostante l'investimento non sia estremamente vantaggioso, se ne consiglia ugualmente la realizzazione viste le condizioni critiche riscontrate sugli infissi oggetto di intervento.

#### EEM4: Sostituzione valvole termostatiche esistenti

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

Tabella 9.9 – Risultati dell'analisi di convenienza della EEM4 – Sostituzione valvole termostatiche

PARAMETRO FINANZIARIO		U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	$I_0$	€	7.875
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	630
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	5,7	3,8
Tempo di rientro attualizzato	TRA	6,8	4,4
Valore attuale netto	VAN	6.141	8.945
Tasso interno di rendimento	TIR	14,6%	21,0%
Indice di profitto	IP	0,78	1,14

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

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

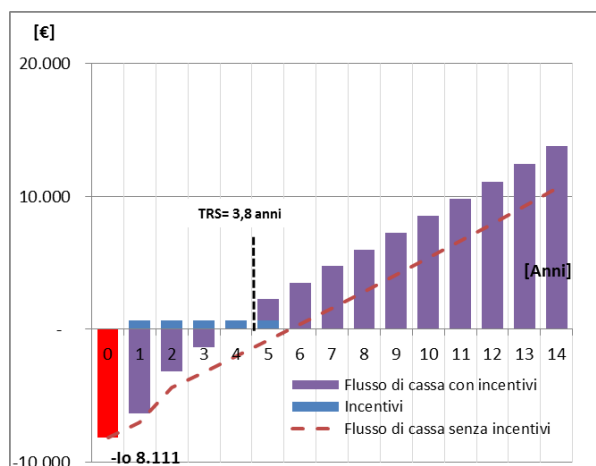
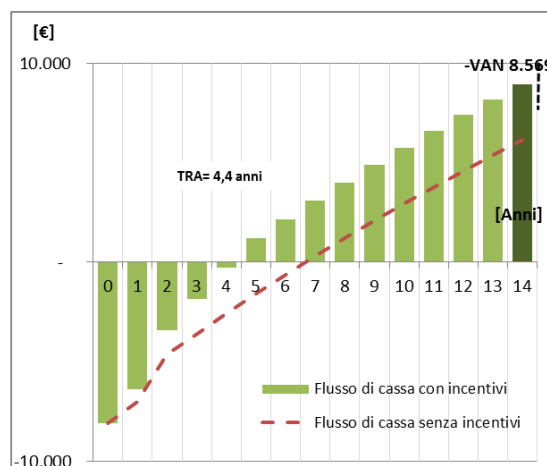


Figura 9.8 – EEM4: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



Dall'analisi effettuata è emerso che il tempo di ritorno dell'intervento senza incentivi è di circa 6 anni, su un tempo di vita dell'intervento stimato essere di 15 anni. Con il supporto dell'incentivo derivante da Conto Termico il tempo di ritorno semplice si accorcia a meno di 4, non rendendo conveniente l'EEM4.

#### EEM5: Sostituzione corpi illuminanti

L'analisi di convenienza effettuata per la EEM 5 porta alla valutazione dei seguenti indici finanziari:

Tabella 9.10 – Risultati dell'analisi di convenienza della EEM5–Sostituzione corpi illuminanti

PARAMETRO FINANZIARIO		U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	$I_0$	€	32.056
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	2.564
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	6,7	4,2
Tempo di rientro attualizzato	TRA	7,9	4,7
Valore attuale netto	VAN	17.480	28.897
Tasso interno di rendimento	TIR	11,7%	18,1%
Indice di profitto	IP	0,55	0,90

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

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

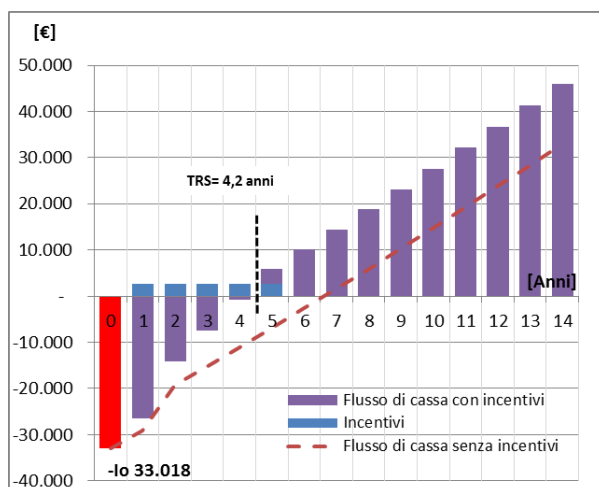
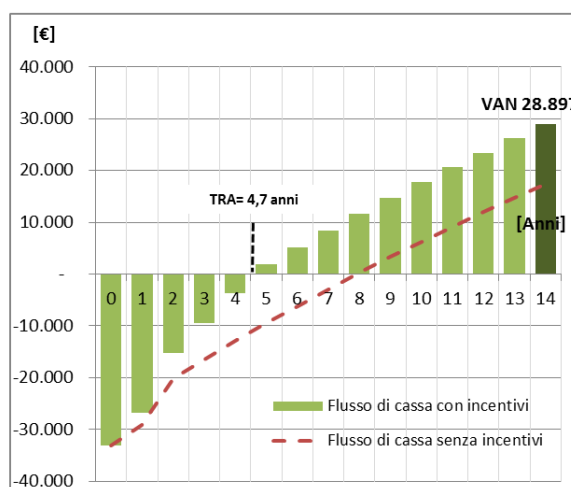


Figura 9.10 – EEM5: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



Dall’analisi effettuata è emerso che il tempo di ritorno dell’intervento senza incentivi di circa 7 anni, su un tempo di vita utile dell’intervento stimato essere di 15 anni. Con il supporto dell’incentivo derivante da Conto Termico il tempo di ritorno semplice si accorcia a circa 4, rendendo conveniente l’EEM5.

### Sintesi

La sintesi della valutazione economico – finanziaria delle EEM proposte è riportata nelle Tabella 9.11 e Tabella 9.12.

Tabella 9.11 – Sintesi dei risultati della valutazione economico-finanziaria, caso senza incentivi

	SENZA INCENTIVI											
	% $\Delta E$ [%]	% $\Delta CO_2$ [%]	$\Delta CE$ [€/y]	$\Delta CMO$ [€/y]	$\Delta CMS$ [€/y]	IO [€]	TRS [anni]	TRA [anni]	n [anni]	VAN [€]	TIR [%]	IP [-]
EEM1	19,10%	20,09%	5.916,6 2	€ -	€ -	226.83 5,00	33,4	52,4	30	-€ 99.930, 01	-0,79%	-0,44
EEM2	24,36%	25,66%	7.545,3 2	€ -	€ -	64.491, 00	8,4	10,6	30	€ 66.614, 35	11,51%	1,03
EEM3	3,62%	3,82%	1.122,5 0	€ -	€ -	52.072, 00	38,8	59,9	30	-€ 26.760, 10	-1,88%	-0,51
EEM4	4,44%	4,23%	1.374,9 9	€ -	€ -	7.875,0 0	5,7	6,8	15	€ 6.140,7 6	14,57%	0,78
EEM5	15,49%	14,30%	4.798,3 2	€ -	€ -	32.056, 00	6,7	7,9	15	€ 17.480, 41	11,71%	0,55

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

- % $\Delta E$  è il valore percentuale di riduzione dei consumi energetici rispetto al baseline energetico complessivo (termico + elettrico);
- % $\Delta CO_2$  è il valore percentuale di riduzione delle emissioni di CO2 rispetto al baseline dell'emissioni complessivo (termico + elettrico);
- $\Delta CE$  è il risparmio economico annuo attribuibile alla riduzione dei consumi energetici (termico + elettrico); assume valori positivi;



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

Tabella 9.12 – Sintesi dei risultati della valutazione economico-finanziaria, caso con incentivi

	CON INCENTIVI											
	$\% \Delta E$ [%]	$\% \Delta CO_2$ [%]	$\Delta C_E$ [€/anno]	$\Delta C_{MO}$ [€/anno]	$\Delta C_{MS}$ [€/anno]	$I_0$ [€]	TRS [anni]	TRA [anni]	n [anni]	VAN [€]	TIR [%]	IP [-]
EEM1	19,10%	20,09%	5.916,62	€ -	€ -	226.835,00	18,8	32,7	30	-€ 19.143,68	2,84%	-0,08
EEM2	24,36%	25,66%	7.545,32	€ -	€ -	64.491,00	4,8	5,9	30	€ 89.582,54	16,19%	1,39
EEM3	3,62%	3,82%	1.122,50	€ -	€ -	52.072,00	24,5	37,2	30	-€ 10.324,86	1,2%	-0,20
EEM4	4,44%	4,23%	1.374,99	€ -	€ -	7.875,00	3,8	4,4	15	€ 8.945,41	20,97%	1,14
EEM5	15,49%	14,30%	4.798,32	€ -	€ -	32.056,00	4,2	4,7	15	€ 28.897,02	18,08%	0,90

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

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

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 minore, permetterà la formulazione di soluzione integrate che includono interventi sull'involucro degli edifici, o più in generale, interventi tipicamente caratterizzati da tempi di ritorno brevi, 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%
- $\tau$  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: SCN1** – Tale scenario consiste nella coibentazione del solaio disperdente, nella sostituzione dei corpi illuminanti e nella sostituzione delle valvole termostatiche esistenti
- **Scenario 2: SCN2** – Tale scenario consiste nella coibentazione del solaio disperdente, nella sostituzione dei corpi illuminanti, nella coibentazione sul lato interno delle murature verticali, nella sostituzione delle valvole termostatiche esistenti e nella sostituzione degli infissi in metallo vetro singolo del piano terzo che affacciano sulla corte interna.

### 9.3.1 Scenario 1: <15 ANNI

La realizzazione dello scenario 1 consiste nella combinazione delle EEM seguenti:

- EEM2: coibentazione del solaio disperdente;
- EEM4: sostituzione delle valvole termostatiche esistenti;
- EEM5: sostituzione dei corpi illuminanti.

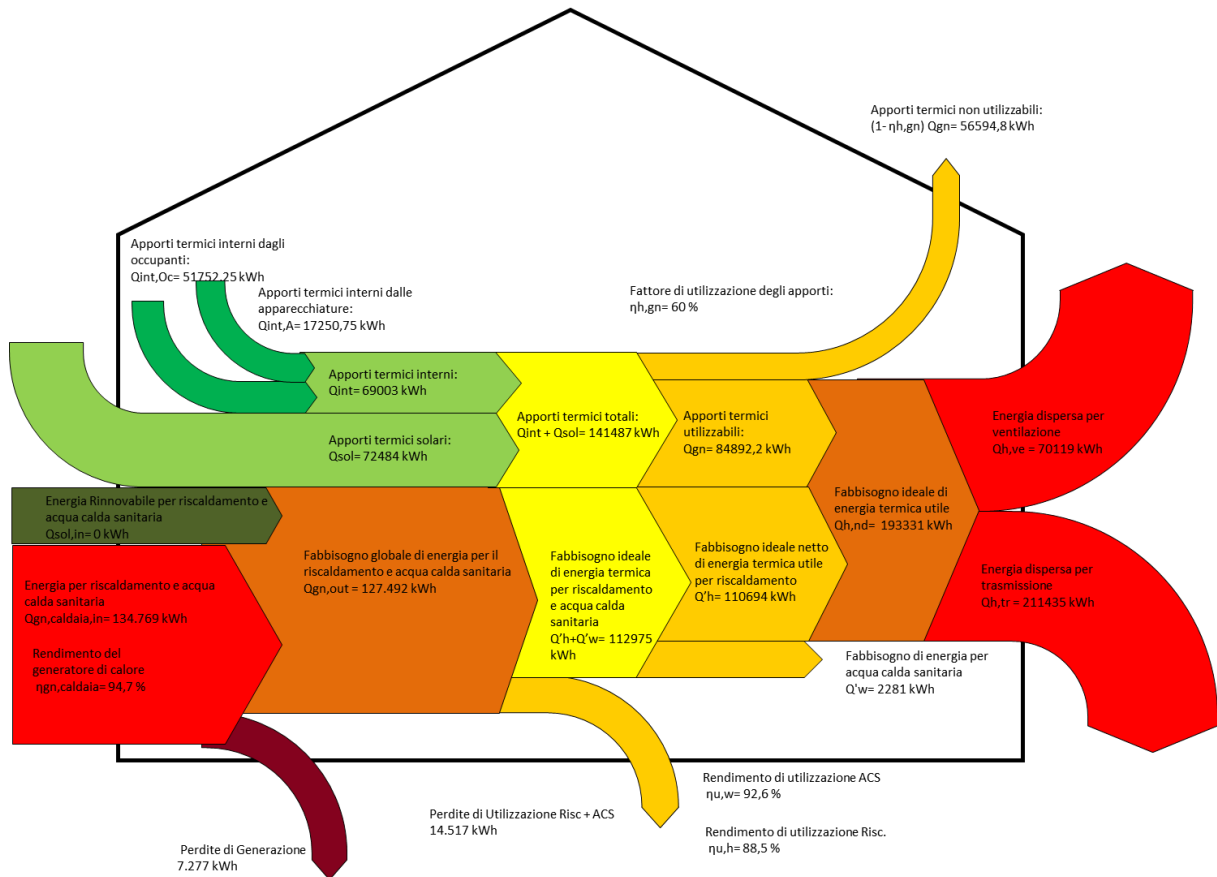
L'incentivo da Conto Termico di cui beneficia lo scenario è pari al 40% della spesa sostenuta per tutti gli interventi in elenco.

Tabella 9.13 – Combinazione di EEM proposta per lo scenario 1

VOCE INVESTIMENTO	TOTALE (IVA ESCLUSA)	IVA Al 22%	TOTALE (IVA INCLUSA)
	[€]	[€]	[€]
EEM2 - Coibentazione solai	€ 48.056,07	€ 10.572,33	€ 58.628,40
EEM4 - Sostituzione valvole termostatiche	€ 5.868,30	€ 1.291,03	€ 7.159,33
EEM5 – Sostituzione corpi illuminanti	€ 23.886,85	€ 5.255,11	€ 29.141,95
EEM2 - Costi per la sicurezza	€ 1.441,68	€ 317,17	€ 1.758,85
EEM4 - Costi per la sicurezza	€ 176,05	€ 38,73	€ 214,78
EEM5 - Costi per la sicurezza	€ 716,61	€ 157,65	€ 874,26
EEM2 -Costi per la progettazione	€ 3.363,92	€ 740,06	€ 4.103,99
EEM4 -Costi per la progettazione	€ 410,78	€ 90,37	€ 501,15
EEM5 - Costi per la progettazione	€ 1.672,08	€ 367,86	€ 2.039,94
<b>TOTALE (I<sub>0</sub>)</b>	<b>€ 85.592,34</b>	<b>€ 18.830,31</b>	<b>€ 104.422,65</b>
VOCE MANUTENZIONE	C <sub>MO</sub> (IVA INCLUSA)	C <sub>MS</sub> (IVA INCLUSA)	C <sub>M</sub> (IVA INCLUSA)
	[€]	[€]	[€]
EEM2 O&M	Come pre - intervento	Come pre - intervento	Come pre - intervento
EEM4 O&M	Come pre - intervento	Come pre - intervento	Come pre - intervento
EEM5 O&M	Come pre - intervento	Come pre - intervento	Come pre - intervento
<b>TOTALE (C<sub>M</sub>)</b>	Come pre - intervento	Come pre - intervento	Come pre - intervento
VOCE INCENTIVO	DESCRIZIONE	TOTALE (IVA INCLUSA)	[€]
Incentivi	Conto termico		€ <b>41.769,06</b>
<b>Durata incentivi</b>			<b>5</b>
<b>Incentivo annuo</b>			<b>€ 8.353,81</b>

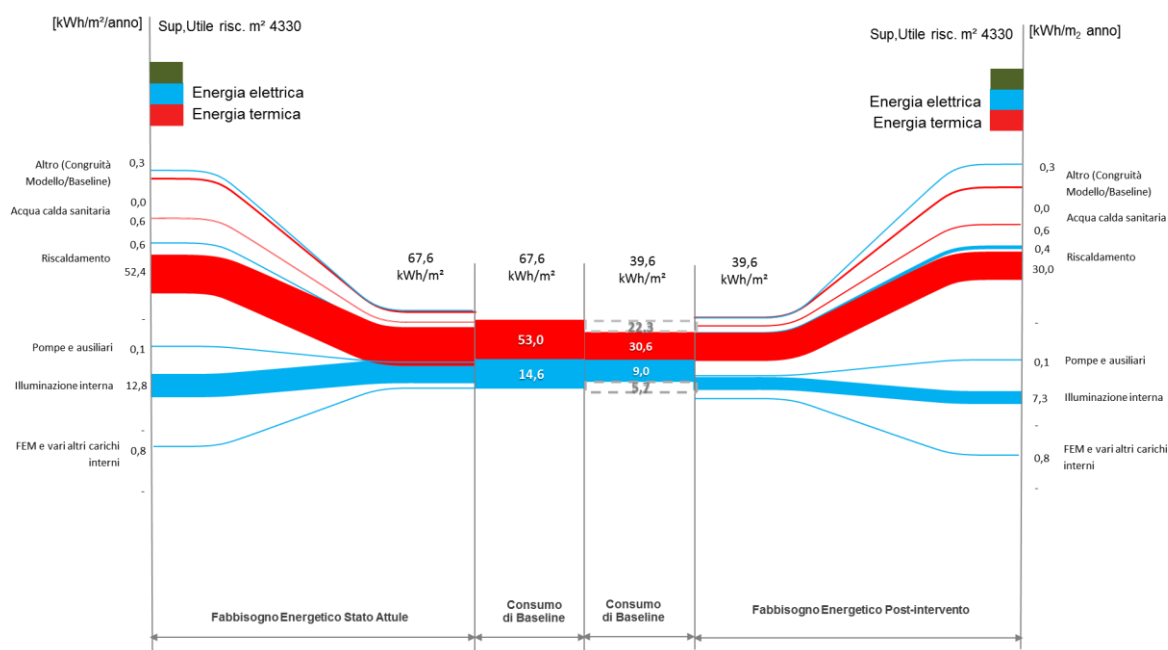
A seguito della modellazione dei due scenari ottimali è stato possibile rappresentare i risultati del bilancio energetico termico nella forma di diagramma di sankey relativo alle situazioni post-intervento.

Figura 9.11 – SCN1: Diagramma di Sankey relativo al fabbisogno termico post intervento



Dall'analisi dei diagrammi di Sankey relativo al fabbisogno termico dell'edificio post intervento è possibile notare che è diminuita l'energia primaria in ingresso all'impianto termico. È aumentato il rendimento termico del generatore di calore, mentre i fabbisogni termici per la produzione di ACS rimangono invariati.

Figura 9.12 – SCN1: Bilancio energetico complessivo dell'edificio post intervento



I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione dello Scenario 1 sono riportati nella Tabella 9.14 e nella Figura 9.13. È possibile notare che a fronte degli interventi di efficientamento energetico proposti si ha un miglioramento di 1 classe energetica, passando dalla classe E dello stato di fatto alla classe D.

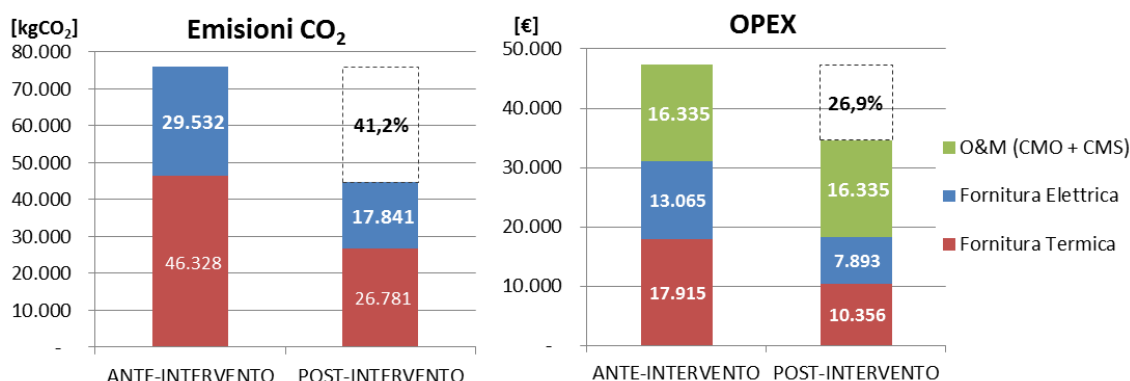
Tabella 9.14 – Risultati analisi SCN1

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
Trasmittanza media solaio coibentato	[W/mqK]	3,485	0,207	<b>94,1%</b>
Rendimento di regolazione	[%]	97	99	<b>-2,1%</b>
Potenza elettrica installata per illuminazione	[W]	26532	11788	<b>55,6%</b>
Q <sub>teorico</sub>	[kWh]	233.062	134.728	<b>42,2%</b>
EE <sub>teorico</sub>	[kWh]	61.799	37.334	<b>39,6%</b>
Q <sub>baseline</sub>	[kWh]	229.346	132.580	<b>42,2%</b>
EE <sub>baseline</sub>	[kWh]	63.238	38.203	<b>39,6%</b>
Emiss. CO2 Termico	[kgCO <sub>2</sub> ]	46.328	26.781	<b>42,2%</b>
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO <sub>2</sub> ]	29.532	17.841	<b>39,6%</b>
<b>Emiss. CO2 TOT</b>	<b>[kgCO<sub>2</sub>]</b>	<b>75.860</b>	<b>44.622</b>	<b>41,2%</b>
Fornitura Termica, C <sub>Q</sub>	[€]	17.915	10.356	<b>42,2%</b>
Fornitura Elettrica, C <sub>EE</sub>	[€]	13.065	7.893	<b>39,6%</b>
<b>Fornitura Energia, C<sub>E</sub></b>	<b>[€]</b>	<b>30.980</b>	<b>18.249</b>	<b>41,1%</b>
C <sub>MO</sub>	[€]	12.932	12.932	<b>0,0%</b>
C <sub>MS</sub>	[€]	3.403	3.403	<b>0,0%</b>
O&M (C <sub>MO</sub> + C <sub>MS</sub> )	[€]	<b>16.335</b>	<b>16.335</b>	<b>0,0%</b>
OPEX	[€]	<b>47.315</b>	<b>34.584</b>	<b>26,9%</b>
Classe energetica	[-]	E	D	<b>+1 CLASSI</b>

Nota (19) I fattori di emissione per il calcolo delle emissioni di CO2 sono: 0,202 [kgCO<sub>2</sub>/kWh] per il vettore termico e 0,467 [kgCO<sub>2</sub>/kWh] per il vettore elettrico

I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,078 [€/kWh] per il vettore termico e 0,207 [€/kWh] per il vettore elettrico

Figura 9.13 – SCN1: Riduzione dei costi operativi (OPEX) e delle emissioni di CO<sub>2</sub> 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 9.15, Tabella 9.16 e Tabella 9.17 e nelle successive figure.

Tabella 9.15 – Parametri finanziari dell'analisi di redditività dello SCN1

PARAMETRI FINANZIARI		
Anni Costruzione	$n_i$	1
Anni Gestione Servizio	$n_s$	14
Anni Concessione	$n$	15
Anno inizio Concessione	$n_0$	2020
Anni dell'ammortamento	$n_A$	10
Saggio Cassa Deposito e Prestiti	$k_{cdP}$	2,00%
Costo Capitale Azienda	WACC	4,00%
$k_{progetto} = \text{Max}(WACC; k_{cdP})$	$k_{progetto}$	4,00%
Inflazione ISTAT	$f$	0,50%
deriva dell'inflazione	$f'$	0,70%
%, interessi debito	$k_D$	3,82%
%, interessi equity	$k_E$	9,00%
Aliquota IRES	IRES	24,0%
Aliquota IRAP	IRAP	3,9%
Aliquota fiscale	$\tau$	27,90%
Anni debito (finanziamento)	$n_D$	13
Anni Equity	$n_E$	14
Costi d'Investimento diretti, IVA incl.	$I_0$	€ 104.423
Oneri Finanziari (costi indiretti)	%Of	3,00%
Costi d'Investimento indiretti, IVA incl.	Of	€ 3.133
Costi d'Investimento (diretti+Indiretti) , IVA incl.	CAPEX	€ 107.556
%CAPEX a Debito	D	80,0%
%CAPEX a Equity	E	20,00%
Debito	$I_D$	€ 86.045
Equity	$I_E$	€ 21.511
Fattore di annualità Debito	$FA_D$	10,24
Rata annua debito	$q_D$	€ 8.407
Costo finanziamento, (D+INT <sub>D</sub> )	$q_D * n_D$	€ 109.288
Costi per interessi debito, INT <sub>D</sub>	$INT_D = q_D * n_D - D$	€ 23.243



Tabella 9.16 – Parametri Economici dell’analisi di redditività dello SCN1

PARAMETRI ECONOMICI			
Costo annuo energia pre-intervento, IVA escl.	$C_{ED}$	€	25.394
Costo annuo O&M pre-intervento, IVA escl.	$C_{MO}$	€	13.389
Spesa PA pre-intervento (Baseline)	$C_{Baseline}$	€	<b>38.783</b>
Altri costi di gestione ESCo post-intervento, IVA escl.	$C_{Altro}$	€	-
Riduzione% costi fornitura Energia	$\% \Delta C_E$		<b>41,0%</b>
Riduzione% costi O&M	$\% \Delta C_M$		<b>0,0%</b>
Obiettivo riduzione spesa PA	$\% C_{Baseline}$		<b>8,0%</b>
Risparmio annuo PA garantito	<b>18,4%</b>	€	<b>8.473</b>
Risparmio annuo PA immediato durante la gestione	<b>Risp.IM</b>	€	3.103
Risparmio PA durante la concessione	<b>9%</b>	€	109.375
Risparmio annuo PA al termine della concessione	<b>Risp.Term.</b>	€	12.458
N° di Canoni annuali	<b>anni</b>		<b>14</b>
Utile lordo della ESCO	<b>%CAPEX</b>		<b>4,63%</b>
Costo Contrattuale ESCO €/anno IVA escl.	$C_{ESCO}$	€	356
Costi FTT €/anno IVA escl.	$C_{FTT}$	€	1.660
Costi CAPEX €/anno IVA escl.	$C_{CAPEX}$	€	3.354
Canone O&M €/anno	$C_{nM}$	€	13.902
Canone Energia €/anno	$C_{nE}$	€	16.408
Canone Servizi €/anno IVA escl.	$C_{nS}$	€	30.310
Canone Disponibilità €/anno IVA escl.	$C_{nD}$	€	5.370
Canone Totale €/anno IVA escl.	<b><math>C_n</math></b>	€	<b>35.680</b>
Aliquota IVA %	<b>IVA</b>		<b>22%</b>
Rimborso erariale IVA	$R_{IVA}$	€	18.830
Ricavi da Incentivi, esenti d’IVA	$R_B$	€	41.769
Durata Incentivi, anni	<b><math>n_B</math></b>		<b>5</b>
Inizio erogazione Incentivi, anno			<b>2022</b>

Tabella 9.17 – 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	<b>T.R.S.</b>		<b>8,54</b>
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	<b>T.R.A.</b>		<b>12,85</b>
Valore Attuale Netto, VAN = VA – Io	<b>VAN &gt; 0</b>	€	<b>4.813</b>
Tasso interno di rendimento del progetto	<b>TIR &gt; WACC</b>		<b>5,01%</b>
Indice di Profitto	<b>IP</b>		<b>4,61%</b>
INDICATORI DI REDDITIVITA DELLA ESCO PRE-IMPOSTE			
Tempo di Ritorno Semplice, Spb = Io / FC, Anni	<b>T.R.S.</b>		<b>2,60</b>
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	<b>T.R.A.</b>		<b>2,96</b>
Valore Attuale Netto, VAN = VA – Io	<b>VAN &gt; 0</b>	€	<b>7.267</b>
Tasso interno di rendimento dell’azionista	<b>TIR &gt; ke</b>		<b>37,32%</b>
Debit Service Cover Ratio	<b>DSCR &lt; 1,3</b>		<b>1,140</b>
Loan Life Cover Ratio	<b>LLLCR &lt; 1</b>		<b>0,674</b>
Indice di Profitto Azionista	<b>IP</b>		<b>6,96%</b>

Figura 9.14 –SCN1: Flussi di cassa del progetto

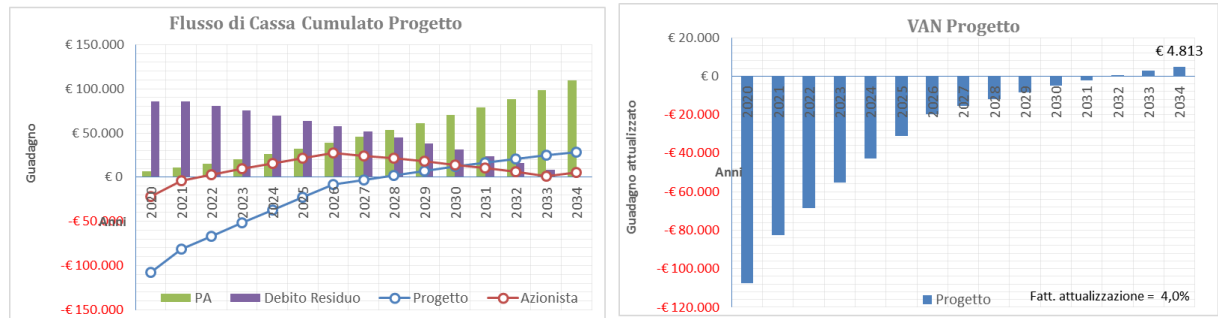
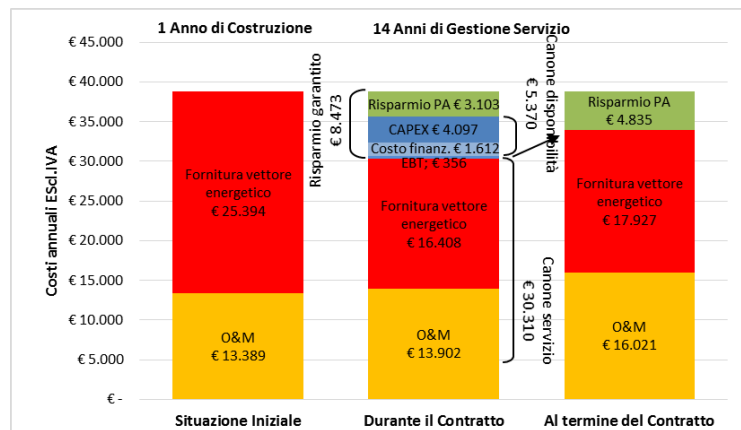


Figura 9.15 – SCN1: Flussi di cassa dell'azionista



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 9.16.

Figura 9.16 – Scenario 1: Schema di Energy Performance Contract



### 9.3.2 Scenario 2: <25 ANNI

La realizzazione dello scenario 2 consiste nella combinazione delle EEM seguenti:

- EEM1: coibentazione sul lato interno delle murature verticali;
- EEM2: coibentazione del solaio disperdente;
- EEM3: sostituzione degli infissi del terzo piano e delle valvole termostatiche;
- EEM4: Sostituzione valvole termostatiche esistenti
- EEM5: sostituzione dei corpi illuminanti.

L'incentivo da Conto Termico di cui beneficia lo scenario è pari al 40% della spesa sostenuta per gli interventi in elenco, tranne che per la sostituzione degli infissi in cui è stato valutato al 40% del costo massimo, come descritto in precedenza

Tabella 9.18 – Combinazione di EEM proposta per lo scenario 2

VOCE INVESTIMENTO	TOTALE	IVA Al 22%	TOTALE
	(IVA ESCLUSA)		(IVA INCLUSA)
	[€]	[€]	[€]
EEM1 - Coibentazione murature verticali	€ 169.027,36	€ 37.186,02	€ 206.213,38
EEM2 - Coibentazione solai	€ 48.056,07	€ 10.572,33	€ 58.628,40
EEM3: Sostituzione infissi P3 e sostituzione valvole termostatiche	€ 33.066,88	€ 7.274,71	€ 40.341,60
EEM4: Sostituzione valvole termostatiche	€ 5.868,30	€ 1.291,03	€ 7.159,33
EEM5 – Sostituzione corpi illuminanti	€ 23.886,85	€ 5.255,11	€ 29.141,95
<hr/>			
EEM1 - Costi per la sicurezza	€ 5.070,82	€ 1.115,58	€ 6.186,40
EEM2 - Costi per la sicurezza	€ 1.441,68	€ 317,17	€ 1.758,85
EEM3 - Costi per la sicurezza	€ 992,01	€ 218,24	€ 1.210,25
EEM4 - Costi per la sicurezza	€ 176,05	€ 38,73	€ 214,78
EEM5 - Costi per la sicurezza	€ 716,61	€ 157,65	€ 874,26
<hr/>			
EEM1 -Costi per la progettazione	€ 11.831,92	€ 2.603,02	€ 14.434,94
EEM2 -Costi per la progettazione	€ 3.363,92	€ 740,06	€ 4.103,99
EEM3 -Costi per la progettazione	€ 2.314,68	€ 509,23	€ 2.823,91
EEM4 -Costi per la progettazione	€ 410,78	€ 90,37	€ 501,15
EEM5 - Costi per la progettazione	€ 1.672,08	€ 367,86	€ 2.039,94
<b>TOTALE (I<sub>a</sub>)</b>	<b>€ 307.896,01</b>	<b>€ 67.737,12</b>	<b>€ 375.633,13</b>
VOCE MANUTENZIONE	C <sub>MO</sub>	C <sub>MS</sub>	C <sub>M</sub>
	(IVA INCLUSA)	(IVA INCLUSA)	(IVA INCLUSA)
	[€]	[€]	[€]
EEM1 O&M	Come pre - intervento	Come pre - intervento	Come pre - intervento
EEM3 O&M	Come pre - intervento	Come pre - intervento	Come pre - intervento
EEM4 O&M	Come pre - intervento	Come pre - intervento	Come pre - intervento
EEM5 O&M	Come pre - intervento	Come pre - intervento	Come pre - intervento
<b>TOTALE (C<sub>M</sub>)</b>	Come pre - intervento	Come pre - intervento	Come pre - intervento
VOCE INCENTIVO	DESCRIZIONE	TOTALE	

(IVA INCLUSA)		[€]
Incentivi	Conto termico	€ 148.162,95
Durata incentivi		5
Incentivo annuo		€ 29.632,59

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

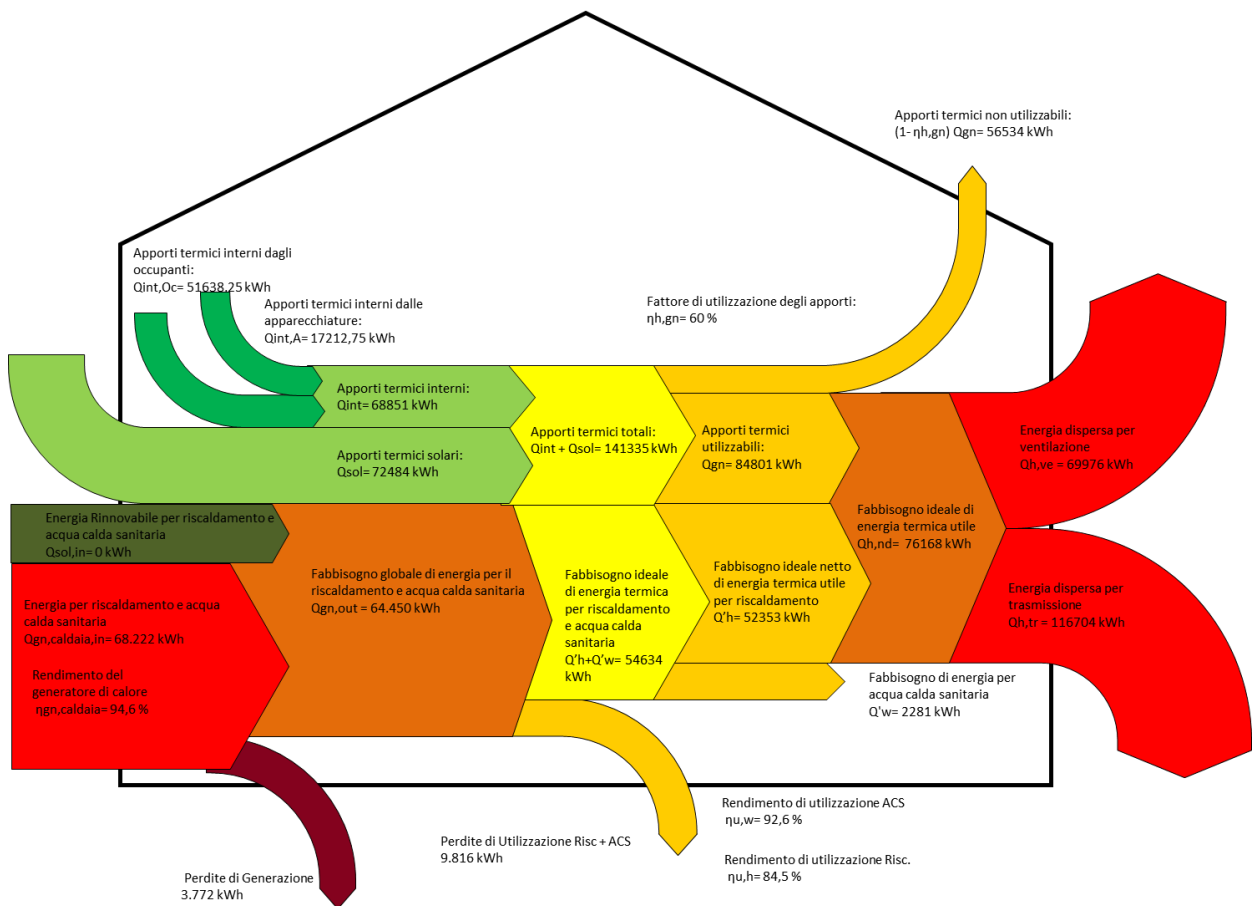
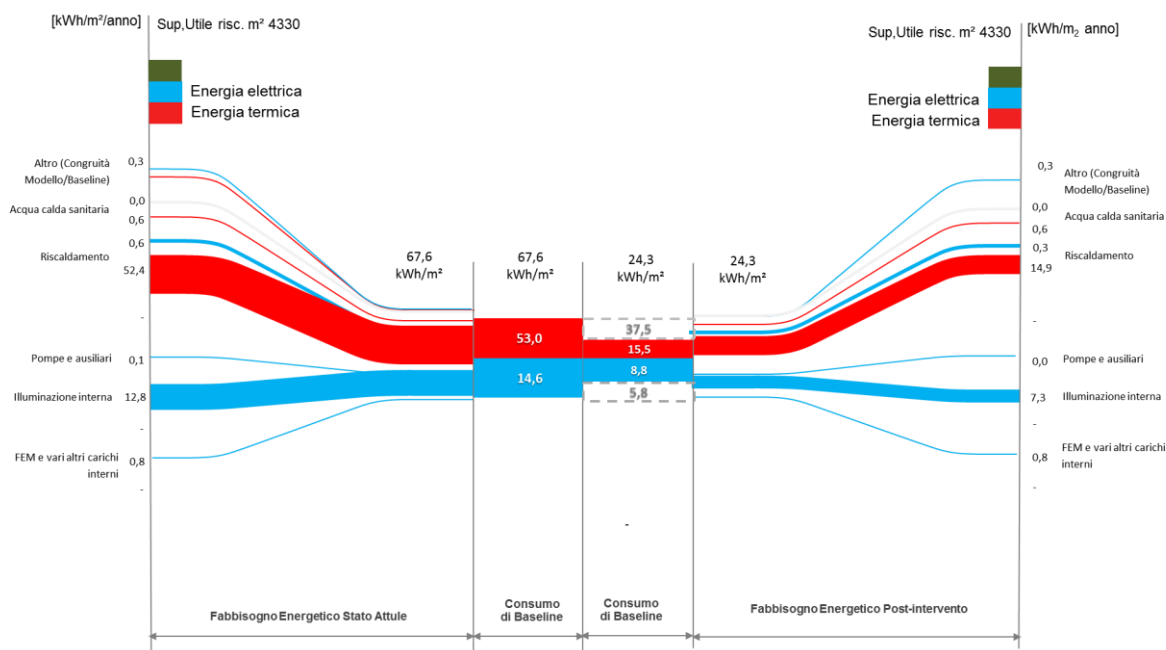


Figura 9.18 – SCN2: Bilancio energetico complessivo dell'edificio post intervento



I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione dello Scenario 2 sono riportati nella Tabella 9.19e nella Figura 9.19. È possibile notare che a fronte degli interventi di efficientamento energetico proposti si ha un miglioramento di 3 classi energetiche, passando dalla classe E dello stato di fatto alla classe B.

Tabella 9.19 – Risultati analisi SCN2

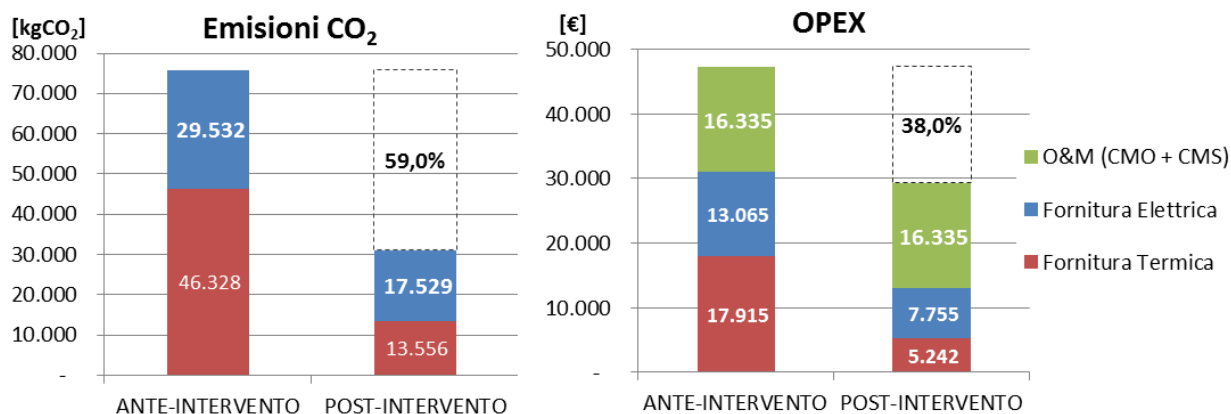
CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
Trasmittanza media solaio coibentato	[W/mqK]	3,485	0,207	<b>94,1%</b>
Rendimento di regolazione	[%]	97	99	<b>-2,1%</b>
Potenza elettrica installata per illuminazione	[W]	26532	11788	<b>55,6%</b>
Trasmittanza media murature verticali	[W/mqK]	1,144	0,265	<b>76,8%</b>
Trasmittanza termica infissi P3	[W/mqK]	5,084	1,5	<b>70,5%</b>
$Q_{teorico}$	[kWh]	233.062	68.199	<b>70,7%</b>
$EE_{teorico}$	[kWh]	61.799	36.682	<b>40,6%</b>
$Q_{baseline}$	[kWh]	229.346	67.111	<b>70,7%</b>
$EE_{baseline}$	[kWh]	63.238	37.536	<b>40,6%</b>
Emiss. CO2 Termico	[kgCO <sub>2</sub> ]	46.328	13.556	<b>70,7%</b>
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO <sub>2</sub> ]	29.532	17.529	<b>40,6%</b>
<b>Emiss. CO2 TOT</b>	<b>[kgCO<sub>2</sub>]</b>	<b>75.860</b>	<b>31.086</b>	<b>59,0%</b>
Fornitura Termica, C <sub>Q</sub>	[€]	17.915	5.242	<b>70,7%</b>
Fornitura Elettrica, C <sub>EE</sub>	[€]	13.065	7.755	<b>40,6%</b>
<b>Fornitura Energia, C<sub>E</sub></b>	<b>[€]</b>	<b>30.980</b>	<b>12.997</b>	<b>58,0%</b>
C <sub>MO</sub>	[€]	12.932	12.932	<b>0,0%</b>
C <sub>MS</sub>	[€]	3.403	3.403	<b>0,0%</b>
O&M (C <sub>MO</sub> + C <sub>MS</sub> )	[€]	<b>16.335</b>	<b>16.335</b>	<b>0,0%</b>

OPEX	[€]	<b>47.315</b>	<b>29.332</b>	<b>38,0%</b>
Classe energetica	[-]	E	B	+3 CLASSI

Nota (20) I fattori di emissione per il calcolo delle emissioni di CO<sub>2</sub> sono: 0,202 [kgCO<sub>2</sub>/kWh] per il vettore termico e 0,467 [kgCO<sub>2</sub>/kWh] per il vettore elettrico

I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,078 [€/kWh] per il vettore termico e 0,207 [€/kWh] per il vettore elettrico

Figura 9.19 – SCN2: Riduzione dei costi operativi (OPEX) e delle emissioni di CO<sub>2</sub> 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 9.20, Tabella 9.21 e Tabella 9.22 e nelle successive figure.

Tabella 9.20 – Parametri finanziari dell'analisi di redditività dello SCN2

PARAMETRI FINANZIARI		
Anni Costruzione	$n_i$	<b>1</b>
Anni Gestione Servizio	$n_s$	<b>24</b>
Anni Concessione	$n$	<b>25</b>
Anno inizio Concessione	$n_0$	<b>2020</b>
Anni dell'ammortamento	$n_A$	<b>10</b>
Saggio Cassa Deposito e Prestiti	$k_{CDP}$	<b>2,00%</b>
Costo Capitale Azienda	<b>WACC</b>	<b>4,00%</b>
$k_{progetto} = \text{Max}(WACC; k_{CDP})$	$k_{progetto}$	<b>4,00%</b>
Inflazione ISTAT	$f$	<b>0,50%</b>
deriva dell'inflazione	$f'$	<b>0,70%</b>
%, interessi debito	$k_D$	<b>3,82%</b>
%, interessi equity	$k_E$	<b>9,00%</b>
Aliquota IRES	<b>IRES</b>	<b>24,0%</b>
Aliquota IRAP	<b>IRAP</b>	<b>3,9%</b>
Aliquota fiscale	$\tau$	<b>27,90%</b>
Anni debito (finanziamento)	$n_D$	<b>16</b>
Anni Equity	$n_E$	<b>24</b>
Costi d'Investimento diretti, IVA incl.	$Io$	€ 375.633,00
Oneri Finanziari (costi indiretti)	<b>%Of</b>	<b>3,00%</b>
Costi d'Investimento indiretti, IVA incl.	<b>Of</b>	€ 11.269
Costi d'Investimento (diretti+Indiretti) , IVA incl.	<b>CAPEX</b>	€ <b>386.902</b>
%CAPEX a Debito	<b>D</b>	<b>80,0%</b>
%CAPEX a Equity	<b>E</b>	<b>20,00%</b>

Debito	$I_D$	€	309.522
Equity	$I_E$	€	77.380
Fattore di annualità Debito	$FA_D$		<b>11,96</b>
Rata annua debito	$q_D$	€	25.881
Costo finanziamento, $(D+INT_D)$	$q_D * n_D$	€	414.088
Costi per interessi debito, $INT_D$	$INT_D = q_D * n_D - D$	€	104.567

Tabella 9.21 – Parametri Economici dell'analisi di redditività dello SCN2

PARAMETRI ECONOMICI			
Costo annuo energia pre-intervento, IVA escl.	$C_{ED}$	€	25.394
Costo annuo O&M pre-intervento, IVA escl.	$C_{MO}$	€	13.389
Spesa PA pre-intervento (Baseline)	$C_{Baseline}$	€	<b>38.783</b>
Altri costi di gestione ESCo post-intervento, IVA escl.	$C_{Altro}$	€	-
Riduzione% costi fornitura Energia	$\% \Delta C_E$		<b>58,0%</b>
Riduzione% costi O&M	$\% \Delta C_M$		<b>0,0%</b>
Obiettivo riduzione spesa PA	$\% C_{Baseline}$		<b>0,0%</b>
Risparmio annuo PA garantito	<b>51,6%</b>	€	<b>12.096</b>
Risparmio annuo PA immediato durante la gestione	<b>Risp.IM</b>	€	-
Risparmio PA durante la concessione	<b>14%</b>	€	157.347
Risparmio annuo PA al termine della concessione	<b>Risp.Term.</b>	€	19.863
N° di Canoni annuali	<b>anni</b>		<b>24</b>
Utile lordo della ESCO	$\% CAPEX$		<b>3,81%</b>
Costo Contrattuale ESCO €/anno IVA escl.	$C_{ESCO}$	€	614
Costi FTT €/anno IVA escl.	$C_{FTT}$	€	4.357
Costi CAPEX €/anno IVA escl.	$C_{CAPEX}$	€	7.125
Canone O&M €/anno	$C_{nM}$	€	14.259
Canone Energia €/anno	$C_{nE}$	€	12.428
Canone Servizi €/anno IVA escl.	$C_{nS}$	€	26.687
Canone Disponibilità €/anno IVA escl.	$C_{nD}$	€	12.096
Canone Totale €/anno IVA escl.	$C_n$	€	<b>38.783</b>
Aliquota IVA %	<b>IVA</b>		<b>22%</b>
Rimborso erariale IVA	$R_{IVA}$	€	67.737
Ricavi da Incentivi, esenti d'IVA	$R_B$	€	148.163
Durata Incentivi, anni	$n_B$		<b>5</b>
Inizio erogazione Incentivi, anno			<b>2022</b>

Tabella 9.22 – Risultati dell'analisi di redditività e sostenibilità finanziaria della SCN2

INDICATORI DI REDDITIVITA DEL PROGETTO PRE-IMPOSTE			
Tempo di Ritorno Semplice, $Spb = I_0 / FC$ , Anni	<b>T.R.S.</b>		<b>13,83</b>
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	<b>T.R.A.</b>		<b>26,17</b>
Valore Attuale Netto, $VAN = VA - I_0$	<b><math>VAN &lt; 0</math></b>	-€	<b>4.321</b>
Tasso interno di rendimento del progetto	<b><math>TIR &lt; WACC</math></b>		<b>3,82%</b>
Indice di Profitto	<b>IP</b>		<b>-1,15%</b>
INDICATORI DI REDDITIVITA DELLA ESCO PRE-IMPOSTE			
Tempo di Ritorno Semplice, $Spb = I_0 / FC$ , Anni	<b>T.R.S.</b>		<b>12,23</b>
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	<b>T.R.A.</b>		<b>13,57</b>
Valore Attuale Netto, $VAN = VA - I_0$	<b><math>VAN &gt; 0</math></b>	€	<b>951</b>



Tasso interno di rendimento dell'azionista	<b>TIR &gt; ke</b>	<b>13,55%</b>
Debit Service Cover Ratio	<b>DSCR &lt; 1,3</b>	<b>1,024</b>
Loan Life Cover Ratio	<b>LLSCR &lt; 1</b>	<b>0,810</b>
Indice di Profitto Azionista	<b>IP</b>	<b>0,25%</b>

Figura 9.20 –SCN2: Flussi di cassa del progetto

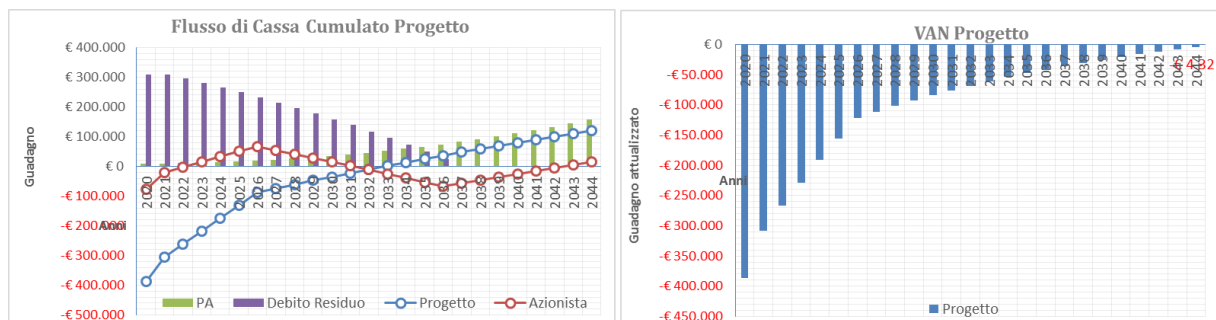
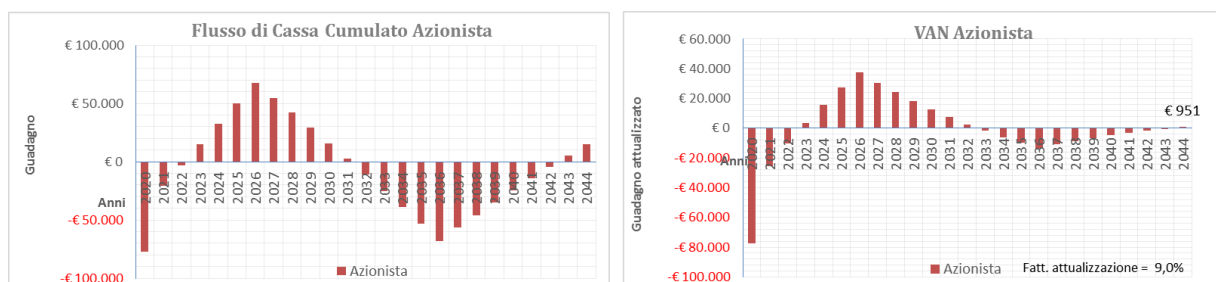
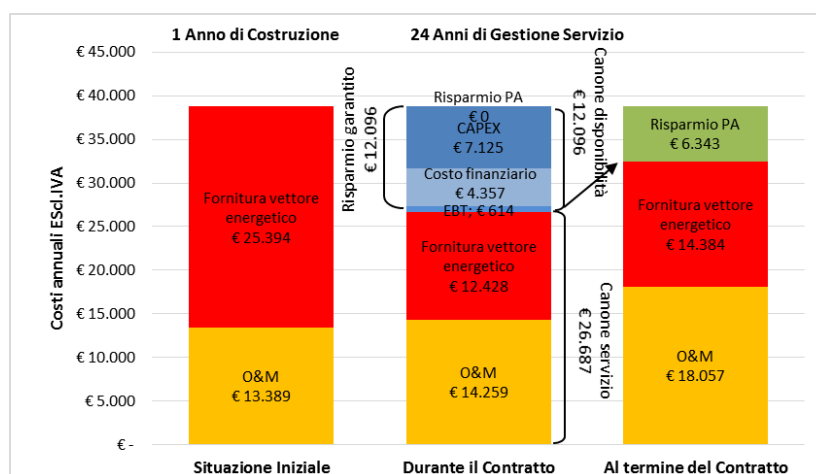


Figura 9.21 – SCN2: Flussi di cassa dell'azionista



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 9.22.

Figura 9.22 – Scenario 2: Schema di Energy Performance Contract



## 10 CONCLUSIONI

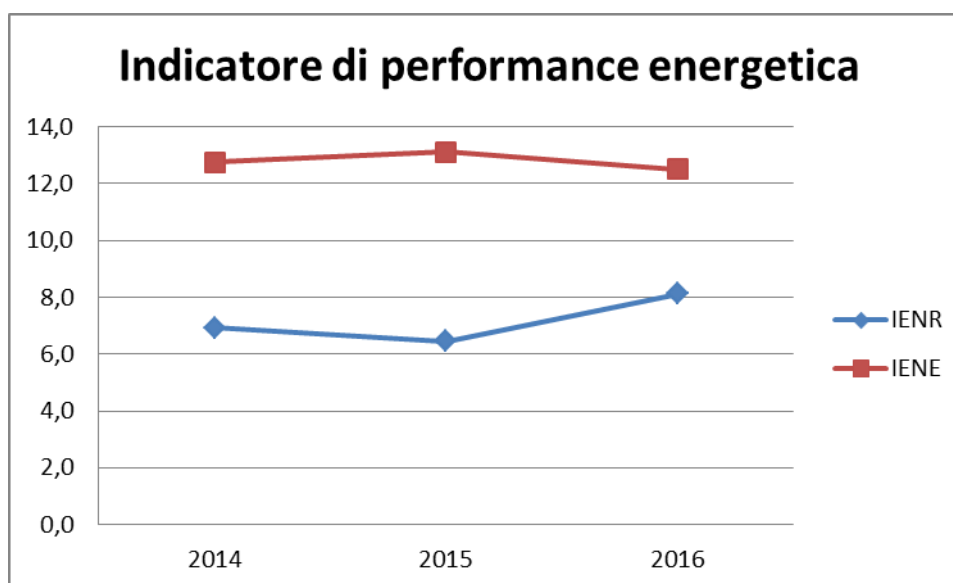
### 10.1 RIASSUNTO DEGLI INDICI DI PERFORMANCE ENERGETICA

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

Relativamente alle classi di merito riportate nelle Linee Guida ENEA – FIRE, si ottiene un valore in aumento del valore di benchmark di IEN<sub>r</sub>. Il giudizio per questo indicatore è buono per tutto il triennio considerato.

L'indicatore IEN<sub>e</sub> rimane circa costante nel triennio, con un giudizio insufficiente.

Figura 10.1 – Indicatori di performance energetica



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 E, 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 <sub>gl</sub>	kWh/mq anno	141,69	131,84
Climatizzazione invernale	EP <sub>H</sub>	kWh/mq anno	92,55	92,11
Produzione di acqua calda sanitaria	EP <sub>w</sub>	kWh/mq anno	0,73	0,73
Ventilazione	EP <sub>v</sub>	kWh/mq anno	0	0
Raffrescamento	EP <sub>c</sub>	kWh/mq anno	0	0
Illuminazione artificiale	EP <sub>L</sub>	kWh/mq anno	48,40	39,00
Trasporto di persone e cose	EP <sub>T</sub>	kWh/mq anno	0	0
Emissioni equivalenti di CO <sub>2</sub>	CO <sub>2eq</sub>	Kg/mq anno	28	28

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 in precedenza.

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 <sub>gl</sub>	kWh/mq anno	88,67	81,80
Climatizzazione invernale	EP <sub>H</sub>	kWh/mq anno	54,00	53,73
Produzione di acqua calda sanitaria	EP <sub>w</sub>	kWh/mq anno	0,73	0,73
Ventilazione	EP <sub>v</sub>	kWh/mq anno	0	0
Raffrescamento	EP <sub>c</sub>	kWh/mq anno	0	0
Illuminazione artificiale	EP <sub>L</sub>	kWh/mq anno	33,93	27,34
Trasporto di persone e cose	EP <sub>T</sub>	kWh/mq anno	0	0
Emissioni equivalenti di CO2	CO <sub>2eq</sub>	Kg/mq anno	17	17

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 <sub>gl</sub>	kWh/mq anno	53,31	46,59
Climatizzazione invernale	EP <sub>H</sub>	kWh/mq anno	18,60	18,49
Produzione di acqua calda sanitaria	EP <sub>w</sub>	kWh/mq anno	0,74	0,73
Ventilazione	EP <sub>v</sub>	kWh/mq anno	0	0
Raffrescamento	EP <sub>c</sub>	kWh/mq anno	0	0
Illuminazione artificiale	EP <sub>L</sub>	kWh/mq anno	33,98	27,38
Trasporto di persone e cose	EP <sub>T</sub>	kWh/mq anno	0	0
Emissioni equivalenti di CO2	CO <sub>2eq</sub>	Kg/mq anno	10	10

## 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 ed SCN2 con tempi di ritorno semplice a 25 e 15 anni, comprendenti i seguenti interventi:

- **Scenario 1: SCN1** :
  - EEM2: coibentazione del solaio disperdente;
  - EEM4: sostituzione delle valvole termostatiche esistenti;
  - EEM5: sostituzione dei corpi illuminanti
- **Scenario 2: SCN2** :
  - EEM1: coibentazione sul lato interno delle murature verticali;
  - EEM2: coibentazione del solaio disperdente;
  - EEM3: sostituzione degli infissi del terzo piano e delle valvole termostatiche;
  - EEM4: Sostituzione valvole termostatiche esistenti
  - EEM5: sostituzione dei corpi illuminanti.

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 CO<sub>2</sub> a partire dalla baseline

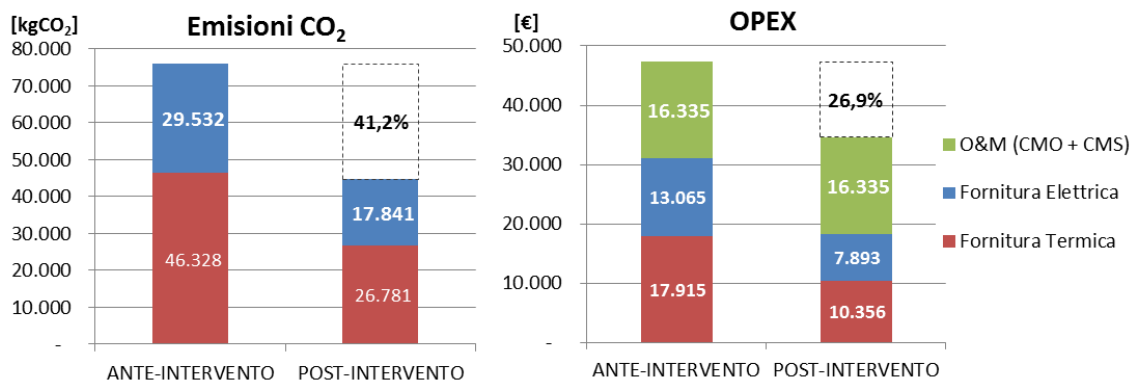
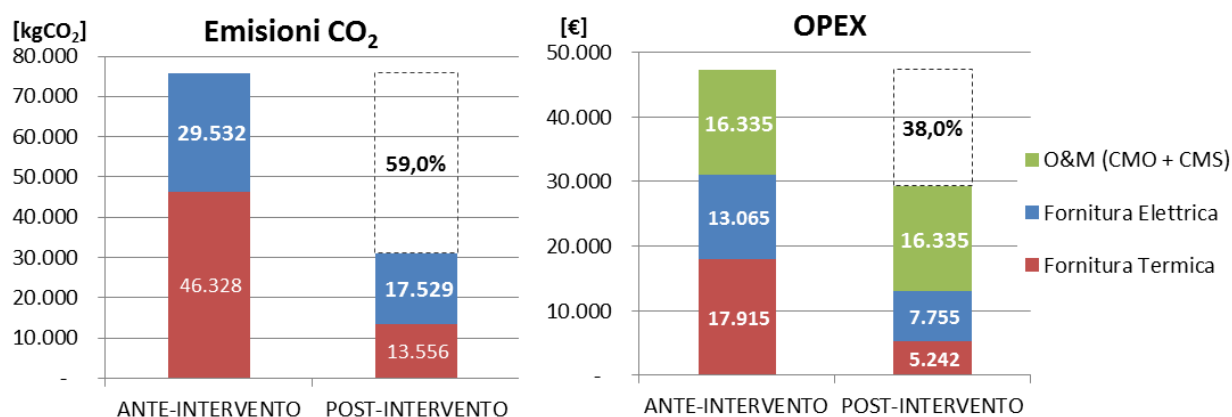


Figura 10.3 – SCN2: Riduzione dei costi operativi (OPEX) e delle emissioni di CO<sub>2</sub> a partire dalla baseline



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.

Dagli approfondimenti eseguiti non esistono particolari interferenze tra gli interventi relativi alle coibentazioni degli involucri edilizi tra di loro 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 sui quadri elettrici generali delle due scuole; 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, 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 e l'impianto costituito da un unico circuito, 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
<b>Acquisti</b>	Acquistare attrezzature ad alta efficienza energetica.	<p>In caso di nuovo acquisto di apparecchiature elettriche di vario tipo e soggette ad etichettatura energetica, verificare che siano in 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>
<b>Apparecchiature elettriche</b>	Spegnerle 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>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>
<b>Climatizzazione</b>	<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</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>

Ambito	Raccomandazioni	Considerazioni
	<p>di calore esterni al circuito del riscaldamento principale.</p> <p>Regolazione dell'impianto 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>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> <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</p>

Ambito	Raccomandazioni	Considerazioni
		prevedere un ulteriore risparmio fino al 4%.
<b>Formazione del personale</b>	Eeguire una campagna informativa in tema di risparmio energetico.	Fornire informazioni su tutte le possibili azioni di risparmio energetico realizzate e di potenziale realizzazione all'interno dell'edificio.  Realizzare incontri per la diffusione della cultura del risparmio energetico.  Distribuzione di materiale informativo sull'efficienza energetica negli edifici.
<b>Illuminazione</b>	Prediligere l'utilizzo della luce naturale durante il giorno.  Evitare gli sprechi.	Non tenere la tapparella abbassata con l'illuminazione accesa.  Uscendo dalla stanza o da un altro ambiente spegnere le luci, specialmente negli ambienti poco frequentati (archivi, sale riunioni e bagni).  Il personale deve inoltre assicurarsi dello spegnimento di tutte le luci prima dell'uscita dall'edificio.

#### 10.4 CONCLUSIONI E COMMENTI

L'edificio oggetto di diagnosi presenta uno stato di fatto, al momento del sopralluogo avvenuto a novembre 2017, in sufficienti condizioni. Dall'intervista eseguita agli occupanti della struttura sono emerse criticità sia relative all'impianto termico, a carico soprattutto della temperatura percepita nelle aule e negli uffici, sia a carico dell'involucro edilizio, ovvero degli infissi di tipologia con telaio in metallo e vetro singolo ad alta trasmittanza presenti al terzo piano della scuola affacciati sulla corte interna. Questi infissi presentano criticità non solo dal punto di vista energetico, ma soprattutto per la sicurezza dei bambini dell'asilo e del personale della scuola.

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.

Nei due scenari individuati si presentano due situazioni diverse, nello SCN 1 si ha un intervento di coibentazione della copertura, di sostituzione dei corpi illuminanti e di sostituzione delle valvole termostatiche esistenti con altre a più alta efficienza, che permette il miglioramento di una classe energetica rispetto allo stato di fatto, nonostante l'EPgl, nren sia quasi dimezzato rispetto allo stato di fatto.

Nello SCN2, oltre gli interventi contenuti nello SCN1, sono stati eseguiti interventi di efficientamento mediante coibentazione delle strutture opache verticali e la sostituzione degli infissi con telaio in metallo e vetro singolo del piano terzo affacciati sulla corte interna.

Secondo questa seconda soluzione adottata si ha il passaggio di tre classi energetiche, dalla classe E dello stato di fatto, alla classe B dello scenario SCN2. Questo dovuto al confronto con un nuovo edificio di riferimento rispetto a quello dello stato di fatto.



## ALLEGATO A – ELENCO DOCUMENTAZIONE FORNITA DALLA COMMITTENZA

	Titolo	Data	Nome file
1	Elenco documentazione fornita	04/06/2018	DE_Lotto.1-E1616_revA_AllegatoA_Elenco doc fornita.xlsx

## ALLEGATO B – ELABORATI

	Titolo	Descrizione	Data	Nome file
1	Elaborazione consumi diagnosi	Elaborazione consumi per diagnosi e calcoli IEN E IER	04/06/2018	DE_Lotto1-E1616_revA-AllegatoB-Consumi per diagnosi – benchmark.xlsx
2	Grafici template	Grafici ed elaborazioni dati utilizzati per la diagnosi ed il calcolo degli interventi migliorativi e gli scenari	03/08/2018	DE_Lotto.1-E1616_revB-AllegatoB-Grafici_Template.xlsx
3	Posizionamento POD, zone termiche, uso dei locali, localizzazione impianto termico – piano seminterrato	Posizionamento POD, zone termiche, uso dei locali, localizzazione impianto termico – piano seminterrato	04/06/2018	DE_Lotto1-E1616_revA-AllegatoB_P-1.dwg
4	Zone termiche, uso dei locali – piano terra	Zone termiche, uso dei locali – piano terra	04/06/2018	DE_Lotto1-E1616_revA-AllegatoB_P0.dwg
5	Zone termiche, uso dei locali – piano primo	Zone termiche, uso dei locali – piano primo	04/06/2018	DE_Lotto1-E1616_revA-AllegatoB_P1.dwg
6	Zone termiche, uso dei locali – piano secondo	Zone termiche, uso dei locali – piano secondo	04/06/2018	DE_Lotto1-E1616_revA-AllegatoB_P2.dwg
7	Zone termiche, uso dei locali – piano terzo	Zone termiche, uso dei locali – piano terzo	04/06/2018	DE_Lotto1-E1616_revA-AllegatoB_P3.dwg
8	Riepilogo bollette energia elettrica	Riepilogo bollette energia elettrica	04/06/2018	DE_Lotto.1-E1616_revA-Allegato B-Riepilogo EE.xlsx
9	Riepilogo bollette gas metano	Riepilogo bollette gas metano	04/06/2018	DE_Lotto.1-E1616_revA-Allegato B-Riepilogo GAS.xlsx
10	Visura catastale	Visura catastale	04/06/2018	DE_Lotto1-E1616_revA-AllegatoB_visura catastale.jpeg
11	Schema a blocchi impianto elettrico	Schema a blocchi impianto elettrico	04/06/2018	DE_Lotto1-E1616_revA-AllegatoB-Schema a blocchi impianto elettrico.xlsx
12	Elenco illuminazione e FEM	Elenco illuminazione e FEM	04/06/2018	DE_Lotto1-E1616_revA-AllegatoB-Illuminazione e FEM.xlsx
13	Schema impianto termico	Schema impianto termico	03/08/2018	DE_Lotto1-E1616_revB-AllegatoB-Schema impianto termico.dwg

## ALLEGATO C – REPORT DI INDAGINE TERMOGRAFICA

	Titolo	Data	Nome file
1	Report termografico	04/06/2018	DE_Lotto.1-E1616_revA-AllegatoC-Report termografico.docx

## ALLEGATO D – REPORT RELATIVI AD ALTRE PROVE DIAGNOSTICHE STRUMENTALI

	Titolo	Data	Nome file
1	Report Strumentali	03/08/2018	DE_Lotto1-E1616_revB_AllegatoD_Report Strumentali.docx

## ALLEGATO E – RELAZIONE DI DETTAGLIO DEI CALCOLI

	Titolo	Data	Nome file
1	Relazione di calcolo energetico edificio E1616	04/06/2018	DE_Lotto.1-E1616_revA-AllegatoE-Relazione di calcolo.rtf

## ALLEGATO F – CERTIFICATO CTI SOFTWARE

	Titolo	Data	Nome file
1	Certificato CTI software	04/06/2018	DE_Lotto.1-E1616_revA_AllegatoF_CertCTI.pdf

## ALLEGATO G – ATTESTATO DI PRESTAZIONE ENERGETICA

	Titolo	Data	Nome file
1	Attestato di prestazione energetica – Edificio E1616 – Bozza	04/06/2018	DE_Lotto.1-E1616_revA-AllegatoG-APE.RTF



## ALLEGATO H – BOZZA DI APE SCENARI

	Titolo	Data	Nome file
1	Attestato di prestazione energetica – Edificio E1616 – Scenario SCN1 – 15 anni –Bozza	04/06/2018	DE_Lotto.1-E1616_revA-AllegatoH-APE-SCN1.rtf
2	Attestato di prestazione energetica – Edificio E1616 – Scenario SCN2 – 25 anni –Bozza	04/06/2018	DE_Lotto.1-E1616_revA-AllegatoH-APE-SCN2.rtf

## ALLEGATO I – DATI CLIMATICI

	Titolo	Data	Nome file
1	Dati climatici di riferimento – Centro Funzionale	04/06/2018	DE_Lotto.1-E1616_revA-Allegato I_Dati climatici Centro Funzionale.xlsx

## ALLEGATO J – SCHEDE DI AUDIT

	Titolo	Data	Nome file
1	Schede AICARR E1616	04/06/2018	DE_Lotto.1-E1616_revA-AllegatoJ-Check list schede AICARR.xlsx

## ALLEGATO K – SCHEDE ORE

	Titolo	Data	Nome file
1	Coibentazione interna delle murature verticali	04/06/2018	DE_Lotto1-E1616_revA-AllegatoK-A1.2 - Chiusure verticali trasparenti - sostituzione dei serramenti.pdf
2	Coibentazione solaio disperdente	04/06/2018	DE_Lotto1-E1616_revA-AllegatoK-A4.2 - Copertura piana - isolamento dall'interno con pannelli.pdf
3	Sostituzione corpi illuminanti	04/06/2018	DE_Lotto1-E1616_revA-AllegatoK-L1 - Installazione di sorgenti luminose ad alta efficienza.pdf
4	Sostituzione infissi	04/06/2018	DE_Lotto1-E1616_revA-AllegatoK-A1.2 - Chiusure verticali trasparenti - sostituzione dei serramenti.pdf
5	Sostituzione valvole termostatiche	04/06/2018	DE_Lotto1-E1616_revA-AllegatoK-H16 - Installazione valvole termostatiche.pdf

## ALLEGATO L – PIANO ECONOMICO FINANZIARIO SCENARI

	Titolo	Data	Nome file
1	Analisi Piano Economico Finanziario	03/08/2018	DE_Lotto.1-E1616_revB-AllegatoL-AnalisiPEF.xlsx

## ALLEGATO M – REPORT DI BENCHMARK

	Titolo	Data	Nome file
1	Report di benchmark lotto 1	03/08/2018	DE_Lotto.1-E1616_revA-Allegato M_Benchmark.docx

## ALLEGATO N – CD-ROM