

SCUOLA DELL'INFANZIA "BERTANI" E PALESTRA "UMBERTO I"

E1602

VIA AGOSTINO BERTANI 7 – 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 DELL'INFANZIA "BERTANI" E
PALESTRA "UMBERTO I"
E1602**

VIA AGOSTINO BERTANI 7 – GENOVA

RAPPORTO DI DIAGNOSI ENERGETICA

FONDO KYOTO - SCUOLA 3
Agosto/2018

COMUNE DI GENOVA
STRUTTURA DI STAFF - ENERGY MANAGER

Comune di Genova – Area Tecnica – Struttura di Staff Energy Manager
Via Di Francia 1 – 18° Piano Matitone – 16149 – Genova
Tel 010 5573560 – 5573855; energymanager@comune.genova.it; www.comune.genova.it

NIER INGEGNERIA S.p.A.
Via Clodoveo Bonazzi 2
40013 – Castel Maggiore – Bologna
051/0391000

REGISTRO REVISIONI E PUBBLICAZIONI

Revisione	Data	Realizzazione	Revisione	Approvazione	Descrizione
[A]	[23/02/2018]	Ing. S. Nicolini	Ing. S: Nicolini Ing. A. Aprea	Ing. F. Coccia	Prima emissione del documento di diagnosi energetica
[B]	[03/08/2018]	Ing. S. Nicolini	Ing. S: Nicolini Ing. A. Aprea	Ing. F. Coccia	Prima revisione del documento di diagnosi energetica

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

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



INDICE

PAGINA

REGISTRO REVISIONI E PUBBLICAZIONI	3
INDICE.....	I
PAGINA.....	I
EXECUTIVE SUMMARY	I
1 INTRODUZIONE	1
1.1 PREMessa	1
1.2 SCOPO DELLA DIAGNOSI ENERGETICA	1
1.3 RIFERIMENTO E CONTATTI AUDITOR E PERSONALE COINVOLTO.....	2
1.4 IDENTIFICAZIONE DELL'EDIFICIO.....	2
1.5 METODOLOGIA DI LAVORO	3
1.6 STRUTTURA DEL REPORT	6
2 DATI DELL'EDIFICIO.....	8
2.1 INQUADRAMENTO TERRITORIALE, SOCIO-ECONOMICO E DESTINAZIONE D'USO	9
2.2 VERIFICA DEI VINCOLI INTERFERENTI SULLE PARTI DELL'IMMOBILE INTERESSATE DAGLI 'INTERVENTI.....	9
2.3 MODALITÀ DI GESTIONE E MANUTENZIONE DI EDIFICI ED IMPIANTO.....	11
3 DATI CLIMATICI	13
3.1 DATI CLIMATICI DI RIFERIMENTO.....	13
3.2 DATI CLIMATICI REALI.....	14
3.3 ANALISI DELL'ANDAMENTO DEI DATI CLIMATICI E PROFILI ANNUALI DEI GRADI GIORNO	14
4 AUDIT EDIFICIO E IMPIANTI ELETTRICI E MECCANICI	16
4.1 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE DELL'INVOLUCRO EDILIZIO.....	16
4.1.1 <i>Involucro opaco</i>	16
4.1.2 <i>Involucro trasparente</i>	18
4.2 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO DI RISCALDAMENTO/ CLIMATIZZAZIONE INVERNALE.....	20
4.2.1 <i>Sottosistema di emissione</i>	20
4.2.2 <i>Sottosistema di regolazione</i>	21
4.2.3 <i>Sottosistema di distribuzione</i>	22
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	26
5 CONSUMI RILEVATI	27
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>	30
5.2 INDICATORI DI PERFORMANCE ENERGETICI ED AMBIENTALI	33
6 MODELLO DEL FABBISOGNO ENERGETICO.....	37
6.1 METODOLOGIA DI CALCOLO ADOTTATA E VALIDAZIONE DEI MODELLI DI CALCOLO	37
6.1.1 <i>Validazione del modello termico</i>	39
6.1.2 <i>Validazione del modello elettrico</i>	40
6.2 FABBISOGNI ENERGETICI.....	40
6.3 PROFILI ENERGETICI MENSILI.....	42
7 ANALISI DEI COSTI PRE-INTERVENTO.....	44
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>	47
7.2 TARIFFE E PREZZI VETTORI ENERGETICI UTILIZZATI NELL'ANALISI.....	50

7.3	COSTI DI GESTIONE E MANUTENZIONE DI EDIFICIO ED IMPIANTI.....	51
7.4	BASELINE DEI COSTI.....	52
8	IDENTIFICAZIONE DELLE MISURE DI EFFICIENZA ENERGETICA	53
8.1	DESCRIZIONE, FATTIBILITÀ E PRESTAZIONI DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI	53
8.1.1	<i>Involucro edilizio</i>	53
	EEM1: COIBENTAZIONE SOLAI	53
	EEM2: COIBENTAZIONE MURATURE VERTICALI	54
	EEM3: SOSTITUZIONE INFISSI E VETROCEMENTO E INSTALLAZIONE VALVOLE TERMOSTATICHE	56
8.1.2	<i>Impianto riscaldamento</i>	58
	EEM4: INSTALLAZIONE VALVOLE TERMOSTATICHE ED ELETTROPOMPA DI CIRCOLAZIONE A GIRI VARIABILI	58
	EEM5: SOSTITUZIONE DEL GENERATORE DI CALORE.....	60
8.1.3	<i>Impianto di produzione ACS</i>	61
8.1.4	<i>Impianto di illuminazione ed impianto elettrico</i>	62
	EEM6: SOSTITUZIONE CORPI ILLUMINANTI.....	62
9	VALUTAZIONE ECONOMICO-FINANZIARIA.....	64
9.1	ANALISI DEI COSTI DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI CONSIDERATI FATTIBILI.....	64
	EEM1: COIBENTAZIONE SOLAI	64
	EEM2: COIBENTAZIONE MURATURE VERTICALI	65
	EEM3: SOSTITUZIONE INFISSI E VETROCEMENTO E INSTALLAZIONE VALVOLE TERMOSTATICHE	67
	EEM4: INSTALLAZIONE VALVOLE TERMOSTATICHE ED ELETTROPOMPA DI CIRCOLAZIONE A GIRI VARIABILI	69
	EEM5: SOSTITUZIONE DEL GENERATORE DI CALORE.....	70
	EEM6: SOSTITUZIONE CORPI ILLUMINANTI.....	73
9.2	ANALISI DI CONVENIENZA DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI CONSIDERATI FATTIBILI.....	74
	EEM1: COIBENTAZIONE SOLAI	75
	EEM2: COIBENTAZIONE MURATURE VERTICALI	76
	EEM3: SOSTITUZIONE INFISSI E VETROCEMENTO E INSTALLAZIONE VALVOLE TERMOSTATICHE	77
	EEM4: INSTALLAZIONE VALVOLE TERMOSTATICHE ED ELETTROPOMPA DI CIRCOLAZIONE A GIRI VARIABILI	78
	EEM5: SOSTITUZIONE DEL GENERATORE DI CALORE.....	79
	EEM6: SOSTITUZIONE CORPI ILLUMINANTI.....	80
	SINTESI	81
9.3	IDENTIFICAZIONE DELLE SOLUZIONI INTEGRATE D'INTERVENTO E SCENARI D'INVESTIMENTO.....	82
9.3.1	<i>Scenario 1: <15 ANNI</i>	84
9.3.2	<i>Scenario 2: <25 ANNI</i>	91
10	CONCLUSIONI	98
10.1	RIASSUNTO DEGLI INDICI DI PERFORMANCE ENERGETICA	98
10.2	RIASSUNTO DEGLI SCENARI DI INVESTIMENTO E DEI PRINCIPALI RISULTATI	100
10.3	RACCOMANDAZIONI	102
10.4	CONCLUSIONI E COMMENTI.....	104
	ALLEGATO A – ELENCO DOCUMENTAZIONE FORNITA DALLA COMMITTENZA.....	A
	ALLEGATO B – ELABORATI	A
	ALLEGATO C – REPORT DI INDAGINE TERMOGRAFICA	1



ALLEGATO D – REPORT RELATIVI AD ALTRE PROVE DIAGNOSTICHE STRUMENTALI	1
ALLEGATO E – RELAZIONE DI DETTAGLIO DEI CALCOLI	1
ALLEGATO F – CERTIFICATO CTI SOFTWARE	1
ALLEGATO G – ATTESTATO DI PRESTAZIONE ENERGETICA	1
ALLEGATO H – BOZZA DI APE SCENARI.....	1
ALLEGATO I – DATI CLIMATICI.....	1
ALLEGATO J – SCHEDE DI AUDIT.....	1
ALLEGATO K – SCHEDE ORE.....	1
ALLEGATO L – PIANO ECONOMICO FINANZIARIO SCENARI	1
ALLEGATO M – REPORT DI BENCHMARK.....	1
ALLEGATO N – CD-ROM	1

EXECUTIVE SUMMARY

Caratteristiche dell'edificio oggetto della DE

Tabella 0.1 - Tabella riepilogativa dei dati dell'edificio

PARAMENTO	U.M.	VALORE
Anno di costruzione edificio		1905
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 ²]	921
Superficie disperdente (S)	[m ²]	3287
Volume lordo riscaldato (V)	[m ³]	4896
Rapporto S/V	[1/m]	0,42
Superficie lorda aree interne (scaldate e non scaldate)	[m ²]	1076
Superficie lorda aree esterne	[m ²]	457
Superficie lorda complessiva (aree interne ed esterne)	[m ²]	1533
Tipologia generatore riscaldamento		Caldaia a basamento di tipo tradizionale
Potenza totale impianto riscaldamento	[kW]	151
Potenza totale impianto raffrescamento	[kW]	Assente
Tipo di combustibile		Gas metano
Tipologia generatore Acqua Calda sanitaria (ACS)		Boiler elettrici
Emissioni CO ₂ di riferimento ⁽¹⁾	[t/anno]	23,82
Consumo di riferimento Gas Metano ⁽¹⁾	[kWh _{rt} /anno]	88.138
Spesa annuale Gas Metano ⁽¹⁾	[€/anno]	7.043 ⁽²⁾
Consumo di riferimento energia elettrica ⁽¹⁾	[kWh _{el} /anno]	12.881
Spesa annuale energia elettrica ⁽¹⁾	[€/anno]	2.818

Nota (1): Valori di Baseline da ripartizione dei consumi per il solo edificio E1602

Nota (2): Importo da fatturazione ripartita per il solo edificio E1602

Descrizione delle Misure di efficienza energetica proposte:

- EEM 1: Coibentazione solai
- EEM 2: Coibentazione murature verticali
- EEM 3: Sostituzione infissi e vetrocemento
- EEM 4: Installazione valvole termostatiche ed elettropompa di circolazione a giri variabili
- EEM 5: Sostituzione generatore di calore ed installazione valvole termostatiche con pompa ad inverter
- EEM 6: Sostituzione corpi illuminanti
- SCN 1: EEM 4 + EEM 5 + EEM 6
- SCN 2: EEM 1 + EEM 2 + EEM 3 + EEM 4 + EEM 5 + EEM 6

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													
	% ΔE [%]	% ΔCO_2 [%]	ΔC_E [€/ann o]	ΔC_{MO} [€/ann o]	ΔC_{MS} [€/an no]	I_0 [€]	TRS [anni]	TRA [anni]	n [anni]	VAN [€]	TIR [%]	IP [-]	DSCR	LLCR
EEM1	14,92 %	15,56 %	€ 1.472	€ -	€ -	€ 40.10 2	13,8	23,6	30	€ 3.512	5,08 %	0,09	N/A	N/A
EEM2	25,73 %	18,65 %	€ 2.537	€ -	€ -	€ 52.41 0	10,8	16,0	30	€ 14.54 1	7,15 %	0,28	N/A	N/A
EEM3	18,11 %	18,65 %	€ 1.786	€ -	€ -	€ 56.28 4	16,6	30,3	30	-€ 570	3,87 %	-0,01	N/A	N/A
EEM4	8,57%	8,91%	€ 845	€ -	€ -	€ 5.617	4,2	4,7	15	€ 5.104	18,17 %	0,91	N/A	N/A
EEM5	18,10 %	18,91 %	€ 1.784	€ -	€ -	€ 15.59 2	4,8	6,0	15	€ 8.884	13,62 %	0,57	N/A	N/A
EEM6	7,66%	6,75%	€ 755	€ -	€ -	€ 6.960	4,9	6,7	15	€ 3.575	12,81 %	0,51	N/A	N/A
SCN1	24,47 %	24,32 %	€ 2.413	€ -	€ -	€ 9.021	3,09	3,39	15	€ 864	17,58 %	3,83	1,104	1,009
SCN2	66,47 %	68,33 %	€ 6.555	€ -	€ -	€ 78.82 4	11,21	11,68	25	€ 1.517	12,76 %	0,91	1,038	0,925

Figura 0.1 – Scenario 1: analisi finanziaria



Figura 0.2 – Scenario 2: analisi finanziaria



Nei due scenari la situazione prospettata è molto diversa, nello SCN2 si ha la realizzazione di una riqualificazione energetica totale dell'edificio. Nella prima ipotesi il VAN a 15 anni risulta positivo e l'intervento è tipo impiantistico e non si interviene sull'involucro edilizio e si ha il passaggio di una sola classe energetica per entrambe le zone termiche. Nello SCN2 si ha il passaggio di 4 e 5 classi energetiche rispettivamente per la scuola materna e la palestra.

1 INTRODUZIONE

1.1 PREMESSA

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

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

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

1.2 SCOPO DELLA DIAGNOSI ENERGETICA

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

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

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

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

Figura 1.1 - Vista della facciata esposta a Ovest



Tabella 1.2 - Tabella riepilogativa dei dati dell’edificio

PARAMENTO	U.M.	VALORE
Anno di costruzione edificio		1905
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 F/5 – Lastrico Solare C/4 – Fabbricati e locali per esercizi sportivi (senza fine di lucro)	
Superficie utile riscaldata	[m ²]	921
Superficie disperdente (S)	[m ²]	3287
Volume lordo riscaldato (V)	[m ³]	4896
Rapporto S/V	[1/m]	0,42
Superficie netta aree interne (scaldate e non scaldate)	[m ²]	1076
Superficie lorda aree esterne	[m ²]	457
Superficie lorda complessiva (aree interne ed esterne)	[m ²]	1533
Tipologia generatore riscaldamento		Caldaia a basamento di tipo tradizionale
Potenza totale impianto riscaldamento	[kW]	151
Potenza totale impianto raffrescamento	[kW]	Assente
Tipo di combustibile		Gas metano
Tipologia generatore Acqua Calda sanitaria (ACS)		Boiler elettrici
Emissioni CO2 di riferimento ⁽¹⁾	[t/anno]	23,82
Consumo di riferimento Gas Metano ⁽¹⁾	[kWh _{tit} /anno]	88.138
Spesa annuale Gas Metano ⁽¹⁾	[€/anno]	7.043 ⁽²⁾
Consumo di riferimento energia elettrica ⁽¹⁾	[kWh _{el} /anno]	12.881
Spesa annuale energia elettrica ⁽¹⁾	[€/anno]	2.818

Nota (1): Valori di Baseline da ripartizione dei consumi per il solo edificio E1602

Nota (2): Importo da fatturazione ripartita per il solo edificio E1602

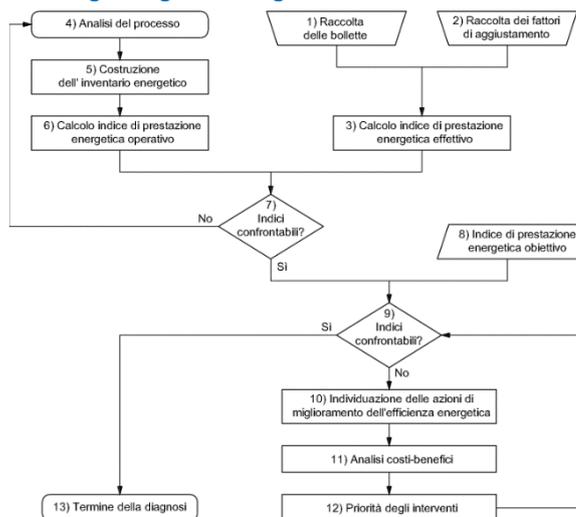
1.5 METODOLOGIA DI LAVORO

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

- Acquisizione della documentazione utile, fornita dalla PA, come riportato all’Allegato A – Elenco documentazione fornita dalla committenza;
- Analisi del quadro normativo di riferimento, incluso la verifica dei vincoli ambientali, storici, archeologici e paesaggistici interferenti sull’immobile interessato dall’intervento;
- Visita agli edifici, effettuata in data 21/11/2017 con verifica degli elaborati forniti e rilievo dei dati relativi alle caratteristiche degli elementi disperdenti ed impiantistici costituenti il sistema edificio-impianto;
- Visita alla centrale termica con il supporto del personale incaricato della conduzione e manutenzione degli impianti e rilevamento dei dati utili;
- Preparazione e compilazione delle schede di Audit previste per la diagnosi di livello II di cui all’appendice A delle LGEE - Linee Guida per l’Efficienza Energetica negli Edifici - sett. 2013 - elaborato da AiCARR per Agesi, Assisital, Assopetroli e Assoenergia, e riportate all’Allegato J – Schede di audit;

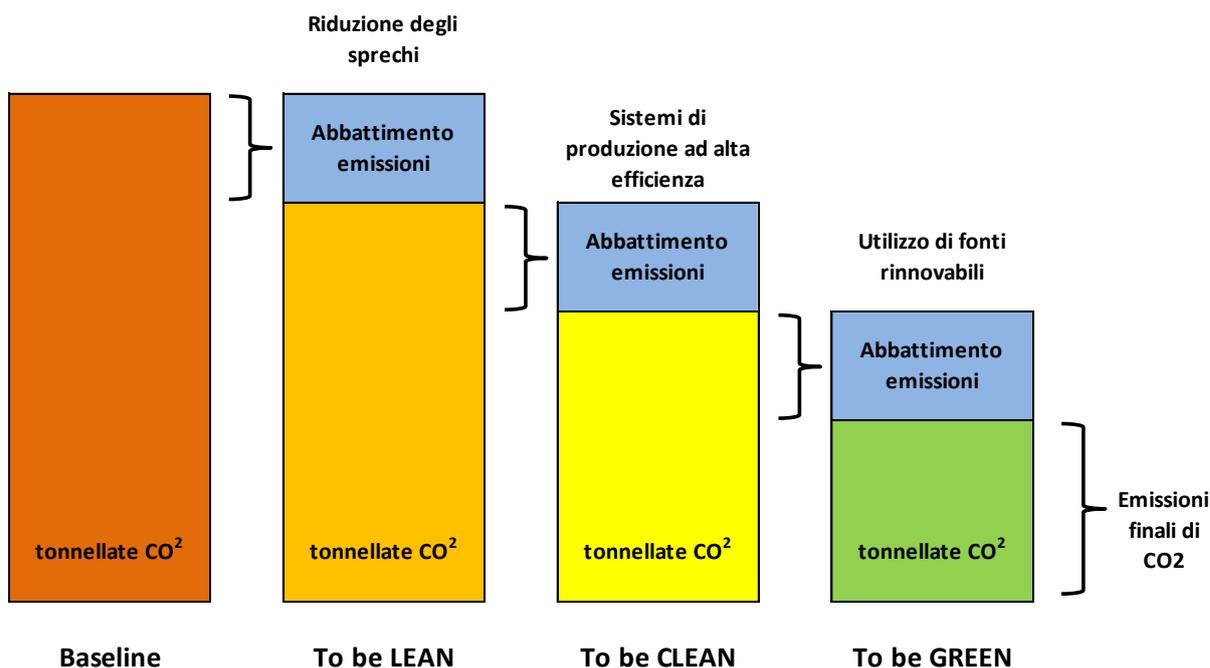
- f) Elaborazione del comportamento termico ed elettrico dell'edificio, realizzata utilizzando il software commerciale Edilclima EC700 – versione 8 in possesso di certificato di conformità rilasciato dal Comitato Termotecnico Italiano (CTI) n°73/2017 ai sensi del D.lgs. 192/05 e s.m.i. e riportato all'Allegato F – Certificato CTI Software;
- g) Analisi dei profili annuali di consumi e costi dei servizi energetici reali dell'edificio, comprensivi della fornitura dei vettori energetici sia elettrici che di gas e degli oneri di O&M, relativamente alle annualità 2014-2015-2016;
- h) Analisi dei dati climatici reali del sito ove è ubicato l'edificio con conseguente calcolo dei Gradi Giorno reali (GG_{real}), utilizzando le temperature esterne rilevate dalla stazione meteo dell'Università di Genova e riportati all'Allegato I – Dati climatici;
- i) Individuazione della "baseline termica" di riferimento (e relative emissioni di CO_2) tramite opportuna ripartizione del consumo di combustibile tra le varie utenze a servizio dell'edificio e destagionalizzazione dello stesso, utilizzando i relativi GG reali (GG_{real}), e conseguente normalizzazione secondo i GG di riferimento (GG_{rif});
- j) Individuazione della "baseline elettrica" di riferimento (e relative emissioni di CO_2) calcolata sulla media aritmetica dei valori relativi ai consumi elettrici reali per tre le annualità 2014, 2015, 2016;
- k) Validazione del modello elaborato mediante il confronto con le baseline energetiche, al fine di ottenere uno scostamento inferiore al 5%;
- l) Analisi delle possibili EEM necessarie per la riqualificazione energetica del sistema edificio-impianto analizzando gli aspetti tecnici, energetici, ed ambientali.
- m) Simulazione del comportamento energetico dell'edificio a seguito dell'attuazione delle varie EEM proposte singolarmente, ed individuazione della nuova classe energetica raggiungibile;
- n) Definizione di due scenari ottimali a partire dalla combinazione delle singole EEM proposte al fine di conseguire un miglioramento del parametro di efficienza energetica dell'edificio superiore a due classi energetiche e tempi di ritorno inferiori uguale rispettivamente a 25 e a 15 anni.
- o) Analisi costi-benefici e di redditività finanziaria derivanti dalla realizzazione delle EEM previste singolarmente, con riferimento ai principali indicatori finanziari ed ai possibili sistemi di incentivazione;
- p) Valutazione economico-finanziaria dei due scenari ottimali previsti, a partire dal "baseline di costi" e con riferimento ai principali indicatori finanziari e di sostenibilità finanziari ed ai possibili sistemi di incentivazione;
- q) Identificazione dell'eventuale canone applicabile nel caso di attuazione dello scenario ottimale attraverso un Energy Performance Contract, con lo scopo di analizzare il possibile interesse nella realizzazione degli interventi studiati, tramite l'intervento di una ESCo;
- r) Realizzazione di una relazione tecnica descrittiva di dettaglio dell'analisi effettuata (Rapporto di DE);
- s) Realizzazione di un report dei Benchmark.

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



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

Figura 1.4 - Principio della Gerarchia Energetica



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

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

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

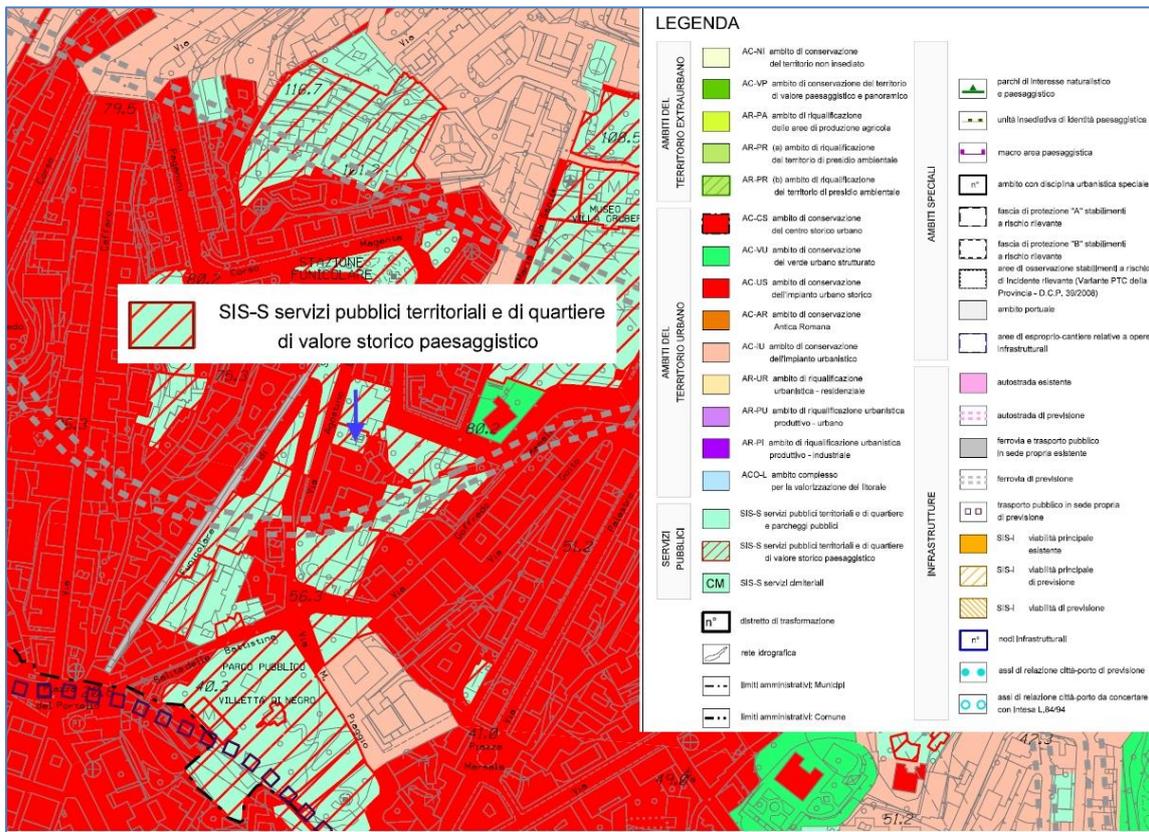
2 DATI DELL'EDIFICIO

Lo strumento urbanistico vigente, il P.U.C approvato con DD n° 2015/118.0.0./18 con entrata in vigore il 3/12/2015, classifica l'edificio oggetto della DE in ambito SIS-S Servizi pubblici territoriali e di quartiere di valore storico paesaggistico.

Al Livello Paesaggistico Puntuale del PUC, l'edificio è inserito nell'Ambito del Paesaggio urbano strutturato sia antico che moderno, atto a preservare l'ossatura portante del sistema paesaggistico genovese e gli ambiti originati dai moderni processi di trasformazione urbanistica, testimoni delle politiche evolutive, economiche e sociali di sviluppo della città.

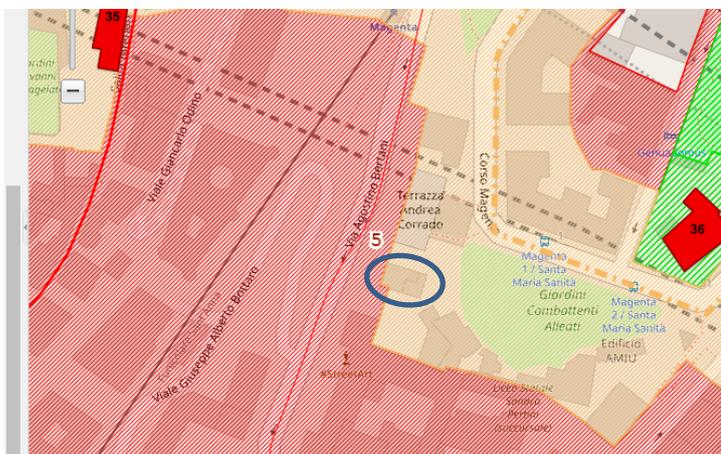
Gli interventi consentiti per questa categoria di edificio sono contenuti nella relativa scheda d'ambito riportata all'interno delle Norme di Conformità del PUC.

Figura 2.1 - Particolare estratto dal Piano Urbanistico Comunale – Assetto Urbanistico e Livello Paesaggistico puntuale



Livello Paes. Puntuale - ELEMENTI AREALI

- CORSO D'ACQUA
- UNITA INSEDIATIVA DI IDENTITA' PAESAGGISTICA
- CENTRO STORICO
- ANTICA ROMANA
- AREA DI RISPETTO DELLE EMERGENZE PAESAGGISTICHE
- PARCO GIARDINO VERDE STRUTTURATO
- ETICHETTA
- AMBITO DEL PAESAGGIO URBANO STRUTTURATO ANTICO
- AMBITO DEL PAESAGGIO URBANO STRUTTURATO CITTA' MODERNA
- STRUTTURA URBANA QUALIFICATA
- AMBITO DI PAESAGGIO COSTIERO
- AMBITO DI PAESAGGIO COSTIERO - ARCO COSTIERO
- LUOGO DI IDENTITA' PAESAGGISTICA
- PAESAGGIO AGRARIO
- VISIBILITA' DEI LUOGHI - PANORAMICITA' VISUALI
- PARCO DI INTERESSE NATURALISTICO E PAESAGGISTICO
- MACROAREA
- UNITA INSEDIATIVA DI IDENTITA' PAESAGGISTICA



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

L’edificio ove sono ubicate la Scuola dell’Infanzia “Bertani” e la Palestra “Umberto I” risale all’incirca al 1905, ed ai sensi del DPR 412/93, attualmente ricade nella destinazione d’uso E.7. : Edifici adibiti ad attività scolastiche a tutti i livelli ed assimilabili ed E.6 : Edifici adibiti ad attività sportive.

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

L’asilo nido è frequentato da 58 bambini suddivisi tra due sezioni e da una decina di adulti suddivisi tra personale ATA, insegnanti e cuochi.

L’edificio ospitante il complesso oggetto della DE è costituito complessivamente da un due piani fuori terra, di cui la Scuola dell’Infanzia occupa parzialmente il piano terra ed interamente il primo, mentre la palestra occupa solo locali situati al piano terra.

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



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

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

Tabella 2.1 - Suddivisione in piani dell’edificio

PIANO	UTILIZZO	U.M.	SUPERFICIE LORDA COMPLESSIVA ⁽¹⁾	SUPERFICIE UTILE RISCALDATA ⁽²⁾	SUPERFICIE UTILE RAFFRESCATA ⁽³⁾
Terra	Scuola dell’Infanzia	[m ²]	148	128	0
	Palestra	[m ²]	430	364	0
Primo	Scuola dell’Infanzia	[m ²]	497	429	0
TOTALE		[m ²]	1076	921	0

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

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

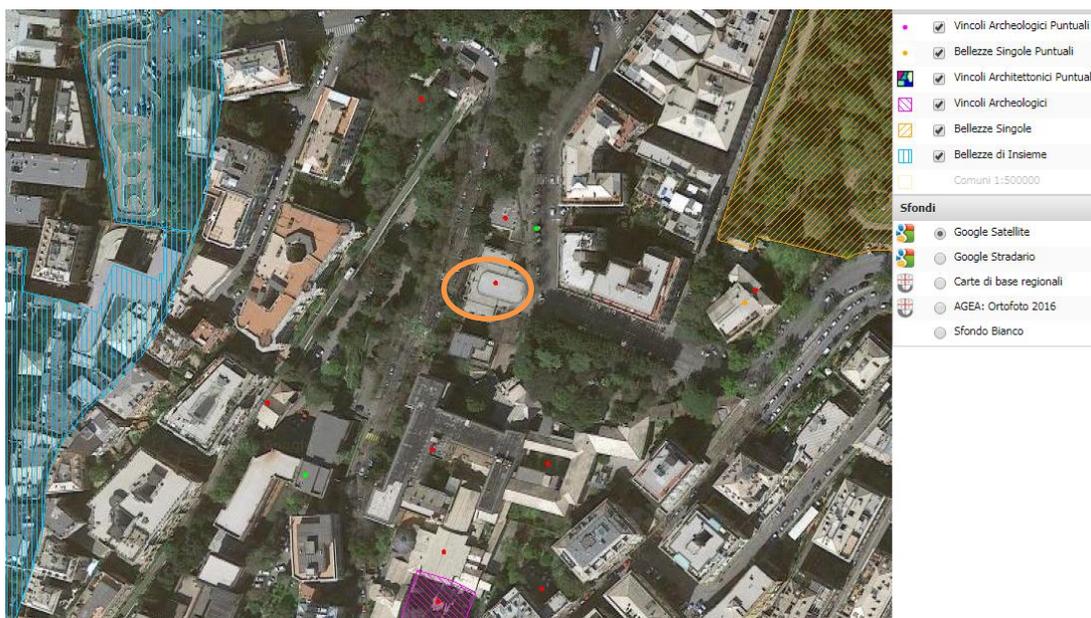
2.2 VERIFICA DEI VINCOLI INTERFERENTI SULLE PARTI DELL’IMMOBILE INTERESSATE DAGLI INTERVENTI

L’edificio si trova nell’ex circoscrizione di Castelletto, un quartiere residenziale situato sulle alture che sovrastano il centro storico di Genova, compreso tra i quartieri Prè, Maddalena, Portoria e San Vincenzo a sud, Oregina a ovest e tre quartieri della Val Bisagno (San Fruttuoso, Marassi e Staglieno) a est.

L'ex circoscrizione "Castelletto" fa parte del Municipio I Centro Est e comprende le unità urbanistiche "Castelletto", "Manin" e "San Nicola".

La massiccia urbanizzazione di quest'area risale alla seconda metà dell'Ottocento.

Figura 2.3 - Particolare estratto dalla carta dei vincoli



Dalla ricerca effettuata sugli strumenti urbanistici comunali e sul portale dei Vincoli architettonici, archeologici e paesaggistici della Regione Liguria, emerge che l'edificio non è soggetto a vincoli architettonici puntuali né è inserito in aree di notevole interesse paesaggistico ai sensi del D. Lgs. 42/2004 "Codice dei Beni Culturali e del Paesaggio".

L'edificio inoltre non è soggetto a vincoli geomorfologici e idraulici.

Tuttavia, i servizi pubblici individuati con valore storico paesaggistico dalla cartografia del PUC devono conformarsi alle norme progettuali di livello puntuale dell'ambito di conservazione AC-US - Ambito Di Conservazione Dell'impianto Urbano Storico.

La specifica scheda d'ambito prevede che "gli interventi sul patrimonio edilizio esistente devono perseguire il mantenimento e la valorizzazione delle caratteristiche architettoniche, tipologiche e storico-ambientali dell'edificio, dell'intorno, degli spazi liberi e a verde e dei percorsi pedonali e storici, ripristinando le caratteristiche formali storiche degli edifici nel caso in cui siano state alterate (per esempio attraverso la sostituzione dei manti di copertura, l'utilizzo di intonaci sintetici, ecc.)".

Nell'analisi delle EEM si è quindi resa necessaria l'identificazione delle possibili interferenze con le prescrizioni sugli interventi edilizi riportate sulle Norme di Conformità del PUC per il relativo ambito.

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

MISURA DI EFFICIENZA ENERGETICA	VINCOLO INTERESSATO	VALUTAZIONE INTERFERENZA ⁽¹⁾	MISURA DI TUTELA DA ADOTTARE
EEM 1: Coibentazione interna solaio di copertura	Ambito AC-US livello puntuale		Utilizzo di materiali tradizionali o comunque compatibili con l'esistente; intonaci a base di calce o traspiranti
EEM 2: Cappotto interno pareti perimetrali	Ambito AC-US livello puntuale		Utilizzo di materiali tradizionali o comunque compatibili con l'esistente; intonaci a base di calce o traspiranti
EEM 3: Sostituzione degli infissi	Ambito AC-US livello puntuale		Utilizzo di materiali tradizionali o comunque compatibile con l'esistente; telaio in legno
EEM 4: Installazione valvole termostatiche e pompa a giri variabili	-		-
EEM 5: Sostituzione generatore di calore	-		-
EEM 6: Sostituzione corpi illuminanti	-		-

Nota (1): Legenda livelli di interferenza:

	Non perseguibile
	Perseguibile tramite adozione misure di tutela indicate
	Interferenza nulla

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

2.3 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.

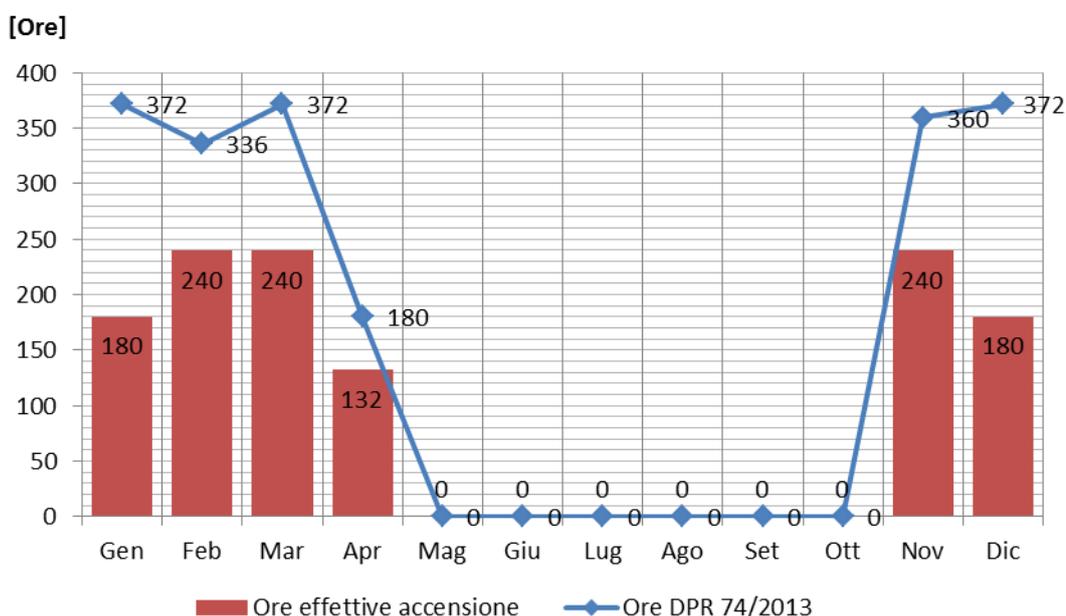
Gli orari di effettivo utilizzo dell'edificio sono stati ricavati tramite intervista agli occupanti, mentre i periodi di attivazione e spegnimento degli impianti sono stati rilevati dalle apparecchiature presenti nella centrale termica a servizio della scuola.

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

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	7.45 – 17.00	Spento
	sabato e domenica	chiuso	spento
Dal 1 Novembre al 15 Aprile	dal lunedì al venerdì	7.45 – 17.00	6.00 – 18.00
	sabato e domenica	chiuso	spento
Dal 16 Aprile a Giugno	dal lunedì al venerdì	7.30 – 17.00	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.

Dal punto di vista manutentivo, attualmente le condizioni di Conduzione e Manutenzione (O&M) degli impianti a servizio dell'edificio oggetto della DE non rientrano nel contratto SIE3, ma nel contratto di conduzione e manutenzione per centrali termiche con potenza >35 kW.

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 107 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 GGrif ai fini del processo di normalizzazione di cui al capitolo 5.1.1.

Tabella 3.2 – Profili mensili dei GGrif

GIORNI MENSILI	TEMPERATURA ESTERNA UNI 10349:2016	GIORNI RISCALDAMENTO	GG	GIORNI DI UTILIZZO	GIORNI RISCALDAMENTO EFFETTIVI	GGrif	PROFILO DI INCIDENZA	
Mese	[°C]	[g/m]		[g/m]	[g/m]			
Gennaio	31	10,4	31	298	20	20	192	21%
Febbraio	28	10,5	28	266	20	20	190	21%
Marzo	31	11,1	31	276	21	21	187	21%
Aprile	30	15,3	15	71	20	11	56	6%
Maggio	31	18,7	-	-	21	-	-	0%
Giugno	30	22,4	-	-	20	-	-	0%
Luglio	31	24,6	-	-	20	-	-	0%
Agosto	31	23,6	-	-	-	-	-	0%
Settembre	30	22,2	-	-	20	-	-	0%
Ottobre	31	18,2	-	-	21	-	-	0%
Novembre	30	13,3	30	201	20	20	134	15%
Dicembre	31	10,0	31	310	15	15	150	17%
TOTALE	365	16,7	166	1421	218	107	909	100%

3.2 DATI CLIMATICI REALI

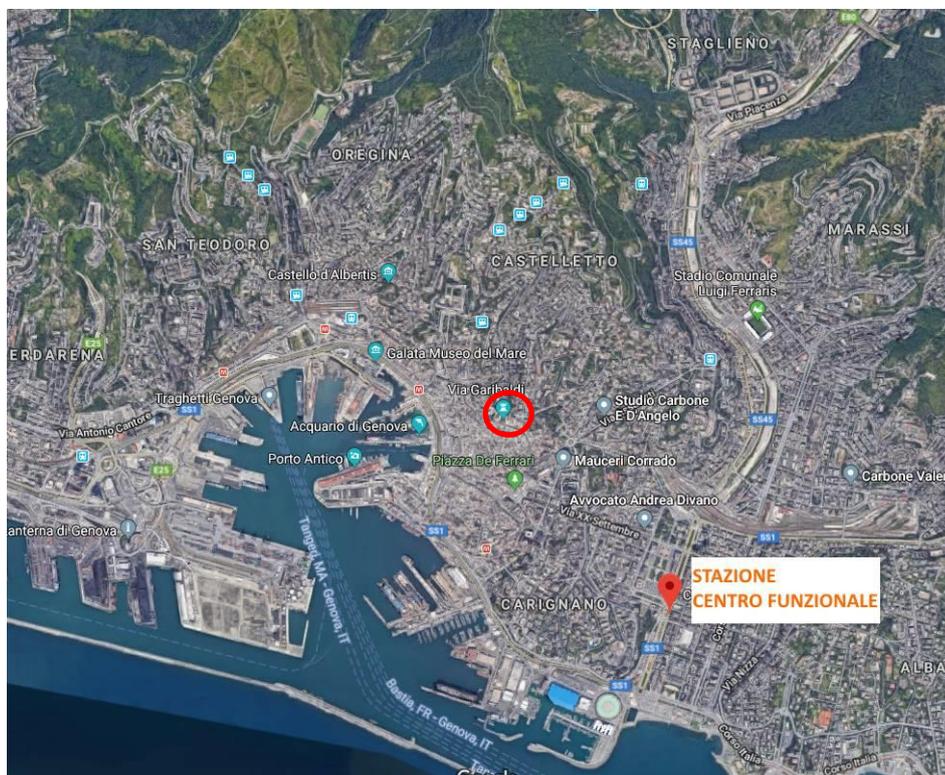
Ai fini della realizzazione dell’analisi energetica si è resa necessaria la definizione delle condizioni climatiche reali, ovvero dei GG calcolati in funzione della temperatura esterna media oraria del sito effettivamente rilevata, con lo scopo di creare una normalizzazione dei consumi in funzione delle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

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

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

Nell’edificio oggetto di diagnosi, posto ad un’altitudine di 65 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.

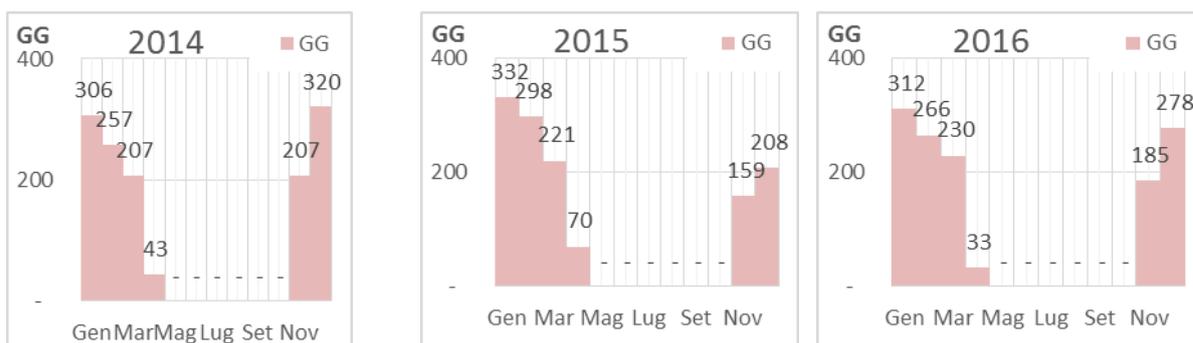
Figura 3.1 – Posizionamento della centralina meteo climatica rispetto all’edificio oggetto di DE



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



GG₂₀₁₄(162 giorni) = 1340

GG₂₀₁₅(162 giorni) = 1288

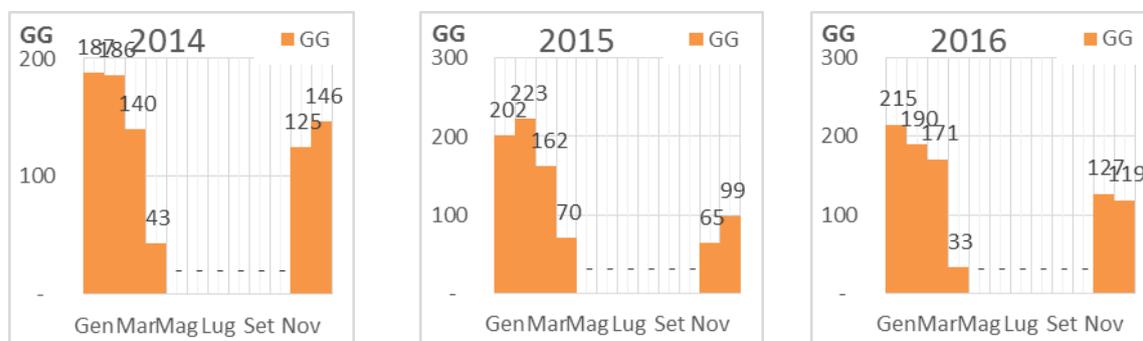
GG₂₀₁₆(163 giorni) = 1304

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 834 GG calcolati su 107 giorni effettivi di utilizzo dell'impianto di riscaldamento.

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

I GG così calcolati definiscono i GG_{real} ai fini del processo di normalizzazione di cui al capitolo 5.1.1.

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



GG₂₀₁₄(107 giorni) = 827

GG₂₀₁₅(107 giorni) = 821

GG₂₀₁₆(107giorni) = 854

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 162/166 giorni.

4 AUDIT EDIFICIO E IMPIANTI ELETTRICI E MECCANICI

4.1 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE DELL'INVOLUCRO EDILIZIO

4.1.1 Involucro opaco

Il prospetto principale da Via Bertani si presenta molto ricco di decorazioni, con paraste e colonne che sorreggono l'architrave, alternate a grandi aperture.

Ai lati del prospetto sono inoltre presenti anche finestre cieche timpanate.

L'edificio risalente al 1905 presenta una spiccata forma neoclassica ed è vincolato ai sensi del D.Lgs. 42/2004 come di "interesse Storico Artistico Particolarmente Importante".

La finitura della pareti è ad intonaco con modanature in finto bugnato.

L'involucro edilizio opaco che costituisce l'edificio è sostanzialmente composto da un unico blocco strutturale, risalente al 1905 e realizzato con le tecniche dell'epoca e dunque caratterizzato da murature portanti, presumibilmente in muratura e debitamente intonacate.

La struttura risulta omogena senza particolari discontinuità.

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

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 4.3 – Rilievo termografico del prospetto da via Bertani



Figura 4.1 – Facciata esterna - Ovest



Figura 4.2 - Particolare della porzione di involucro interna – Scuola dell'Infanzia



Figura 4.4 – Rilievo termografico del prospetto Sud

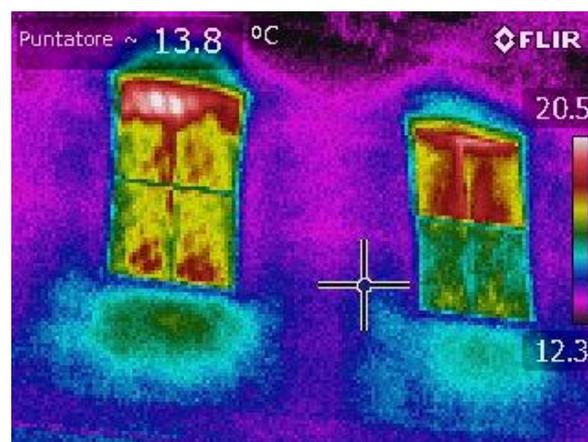
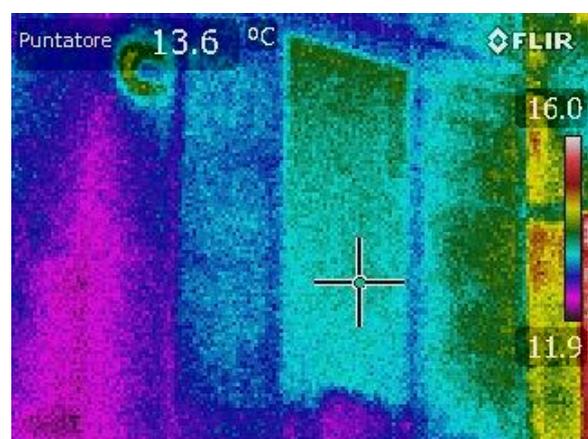


Figura 4.5 – Rilievo termografico delle finestre cieche del piano terra.



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

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

Tabella 4.1 – Trasmittanze termiche dei componenti dell’involucro opaco

TIPO DI COMPONENTE	CODICE	SPESORE [mm]	ISOLAMENTO	TRASMITTANZA TERMICA [W/m ² K]	STATO DI CONSERVAZIONE
Muro esterno 84 cm	M1	840,0	Assente	0,866	Insufficiente
Muro esterno 36 cm sottofinestra	M2	360,0	Assente	1,702	Sufficiente
Muro interno 44 cm	M3	440,0	Assente	1,399	Sufficiente
Muro interno 70 cm	M4	700,0	Assente	1,023	Sufficiente
Muro interno 10 cm	M5	100,0	Assente	2,731	Sufficiente
Vetrocemento	M6	80,0	Assente	2,555	Sufficiente
Muro esterno verso cavedio 14 cm	M7	140,0	Assente	2,459	Sufficiente
Muro esterno 70 cm	M8	700,0	Assente	1,074	Sufficiente
Muro esterno 26 cm	M9	260,0	Assente	2,055	Sufficiente
Muro esterno 60 cm	M10	600,0	Assente	1,205	Sufficiente
Pavimento contro-terra	P1	545,0	Assente	0,312	Sufficiente
Solaio verso esterno	S1	300,0	Assente	1,500	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 varie tipologie di serramenti con telaio in metallo e vetro singolo o con telaio in legno e vetro singolo e ampie aperture in vetrocemento in corrispondenza della palestra al piano terra.

Lo stato di conservazione degli stessi è insufficiente e presentano delle criticità non trascurabili.

Figura 4.6 - Particolare della vetrata esposta a sud – Piano primo



Figura 4.7 - Particolare della vetrata esposta a sud – Piano primo

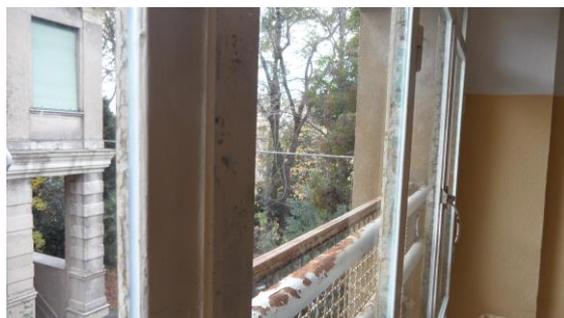


Figura 4.8 - Particolare della porzione di involucro trasparente - Palestra



Figura 4.9 – Infissi interni

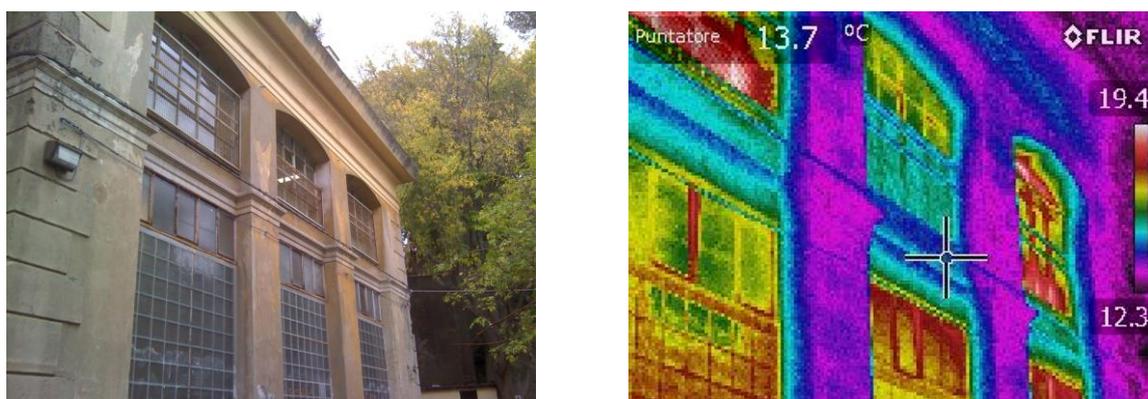


Ai fini di un'identificazione più precisa delle caratteristiche dei componenti dell'involucro trasparente si è proceduto, in sede di sopralluogo, alla realizzazione del rilievo termografico.

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 è insufficiente.

Figura 4.10 – Rilievo termografico dei serramenti esterni verso nord



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 _w	STATO DI CONSERVAZIONE
		[mm]	[mm]			[W/mqK]	
P0 - F2 - metallo vetro singolo 265x80	W1	265,0	80,0	Metallo	Singolo	4,964	Insufficiente
P0 - Porta - metallo vetro singolo 260x470	W2	265,0	470,0	Metallo	Singolo	4,820	Insufficiente
P0 - F3 - metallo vetro singolo 244x120	W3	244,0	120,0	Metallo	Singolo	4,904	Insufficiente
P0 - F4 - legno vetro singolo 130x260	W4	130,0	260,0	Legno	Singolo	3,813	Insufficiente
P1 - F1 - metallo vetro singolo 250X188	W5	250,0	176,0	Metallo	Singolo	4,928	Insufficiente
P1 - F2 - metallo vetro singolo 314X188	W6	314,0	176,0	Metallo	Singolo	4,891	Insufficiente
P1 - F3 - legno vetro singolo 130x210	W7	130,0	210,0	Legno	Singolo	3,871	Insufficiente
P0 - Porta - alluminio vetro singolo 150x350	W8	150,0	350,0	Metallo	Singolo	5,411	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 dei calcoli.

4.2 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO DI RISCALDAMENTO/CLIMATIZZAZIONE INVERNALE

L’impianto di riscaldamento degli ambienti è costituito da una centrale termica costituita da una caldaia a basamento di tipo tradizionale, alimentata a gas metano. La centrale termica non serve unicamente l’edificio E1602 costituito dalla Scuola dell’Infanzia “Bertani” e dalla palestra “Umberto I” ma anche l’edificio E1600 “Accademia Ligustica”.

4.2.1 Sottosistema di emissione

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

- Radiatori in ghisa
- Radiatori in alluminio.

Figura 4.11 – Particolare – radiatore in ghisa



Figura 4.12 - Particolare - radiatore in alluminio



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

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

ZONA TERMICA	TIPOLOGIA DI TERMINALE	RENDIMENTO
Scuola dell’Infanzia	Radiatori in ghisa e alluminio	91,3%
Palestra	Radiatori in ghisa e alluminio	91,3%

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

Tabella 4.4 - Riepilogo caratteristiche dei terminali di emissione installati

LOCALE	TIPO DI INSTALLAZIONE	NUMERO	POTENZA TERMICA UNITARIA - MEDIA	POTENZA TERMICA COMPLESSIVA	POTENZA FRIGORIFERA UNITARIA	POTENZA FRIGORIFERA COMPLESSIVA
			[kW]	[kW]	[kW]	[kW]
Piano terra Scuola Materna	Radiatori su parete esterna non isolata	5	2,3	11,5	0	0
Piano terra Palestra	Radiatori su parete esterna non isolata	9	5,1	45,6	0	0
Piano primo Scuola Materna	Radiatori su parete esterna non isolata	14	3,6	51,0	0	0
TOTALE		28		108,1	0	0

I rendimento riportati nella Tabella 4.3 sono desunti dal modello di simulazione energetica implementato sul software certificato Edilclima EC700. Mediante lo stesso modello di simulazione è stata eseguita anche una verifica della potenza dei corpi scaldanti con le informazioni fornite dalla PA riportate in Tabella 4.4, che ha dato esito positivo.

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. Solo in tre locali al piano primo i radiatori sono dotati di valvole termostatiche, la maggior parte dei radiatori ne sono sprovvisti e pertanto la regolazione avviene mediante la sonda climatica in centrale termica.

Figura 4.13 – Valvola termostatica installata su radiatore

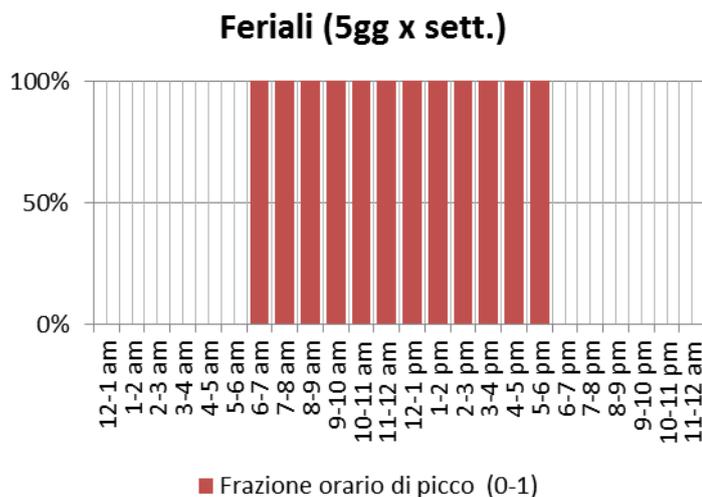


Figura 4.14 – Particolare centrale termica – Cronotermostato



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

Figura 4.15 - Profilo di funzionamento invernale feriale dell’impianto per la zona termica della Scuola dell’Infanzia e della Palestra.



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 della DE, realizzato con software certificato Edilclima EC700, che implementa le norme di calcolo UNI TS 11300 sono riportati nella Tabella 4.5:

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

ZONA TERMICA	TIPO DI REGOLAZIONE	RENDIMENTO
Scuola dell’Infanzia e Palestra	Climatica	86,4%

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

Come già anticipato, la centrale termica principale serve due edifici adiacenti, l’edificio E1600 Accademia Ligustica e l’edificio E1602 la Scuola dell’Infanzia “Bertani” e la palestra “Umberto I”. Dal collettore principale si dipartono due circuiti indipendenti, uno dedicato alla Scuola e Palestra ed uno dedicato all’Accademia.

Il sottosistema di distribuzione dedicato alla Scuola dell’Infanzia ed alla Palestra è costituito dai seguenti elementi:

- 1) Circuito primario di collegamento tra il collettore di mandata e la Scuola dell’Infanzia e Palestra.

Le caratteristiche dei circolatori a servizio del circuito primario sono riportate nella Tabella 4.6. Le pompe di circolazione di marca LOWARA mod. FCG 50-8T sono gemellari, a giri fissi e con funzionamento alternato.

Tabella 4.6 - Riepilogo caratteristiche pompe circuito primario

NOME	SERVIZIO	PORTATA MASSIMA [m ³ /h]	PREVALENZA MASSIMA [m]	POTENZA ASSORBITA [kW]
Generatore di calore EG01	Pompa gemellare di mandata acqua calda da collettore a circuito della Scuola dell’Infanzia e Palestra	36	6,6	2x0,51
TOTALE		36	6,6	0,51

Le temperature del fluido termovettore all’interno del circuito primario sono riportate nella Tabella 4.7.

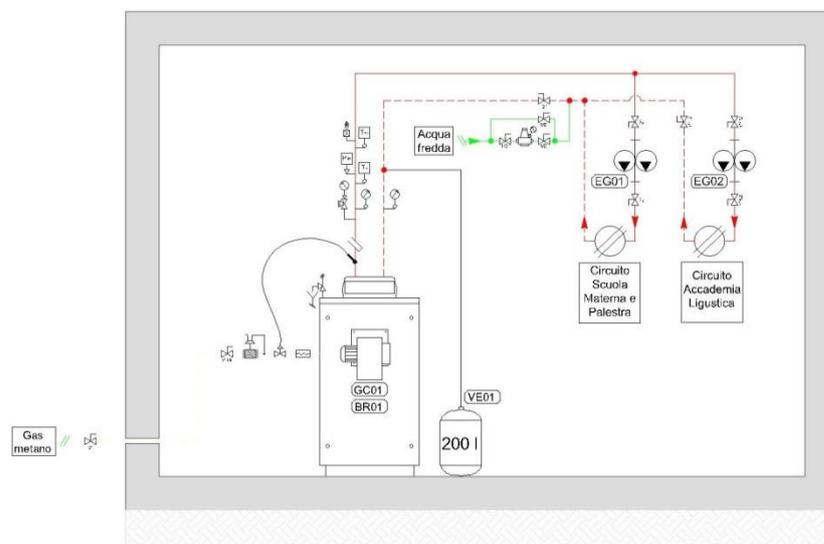
Tabella 4.7 – Temperature di mandata e ritorno del circuito primario

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

Le temperature di mandata e ritorno del circuito primario rilevate in sede di sopralluogo non sono state acquisite e riportate in quanto nella data di esecuzione dello stesso, per via della temperatura esterna elevata, l’impianto non è mai andato a regime nel lasso del tempo di visita al fabbricato. Si tratta pertanto di valori non rappresentativi e non necessari al fine della modellizzazione del sistema edificio-impianto.

Si riportano le temperature di calcolo di progetto, utilizzate ai fini della modellazione energetica eseguita con software di simulazione, fanno riferimento alla temperatura esterna di progetto pari a 0°C.

Figura 4.16 - Particolare dello schema di impianto



Il rendimento complessivo del sottosistema di distribuzione dell’impianto di riscaldamento invernale è stato assunto nella DE pari al 93,8%. Il rendimento è stato calcolato mediante software certificato Edilclima EC700 che implementa le norme tecniche 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 basemento di tipo tradizionale alimentata a gas metano che produce acqua calda dedicata al servizio di riscaldamento invernale di due edifici adiacenti.

Figura 4.17 – Particolare del generatore di calore a basemento



Figura 4.18 - Particolare pompe gemellari di mandata al circuito della Scuola e Palestra



Le caratteristiche dei sistemi di generazione sono riportate nella Tabella 4.8. I dati tecnici riportati sono stati individuati sul libretto di centrale termica e sulla targa del generatore di calore stesso.

Tabella 4.8 - Riepilogo caratteristiche generatore di calore

Servizio	MARCA	MODELLO	ANNO DI COSTRUZIONE	POTENZA AL FOCOLARE [kW]	POTENZA TERMICA UTILE [kW]	RENDIMENTO	POTENZA ASSORBITA COMPLESSIVA [kW]
GC01 Riscaldamento	UNICAL	TRI	1988	166	151	92,4%	-

Dal libretto di centrale è stato possibile fare un confronto tra la prova fumi di febbraio 2017 che ha misurato un rendimento pari al 92,4%, con il rendimento fornito dal software Edilclima EC700 stimato pari a 89,1%. La differenza sostanziale potrebbe essere dovuta al clima in cui è avvenuta la prova stessa, Edilclima utilizza infatti le temperature di progetto pari a 0°C per la località di Genova, mentre a febbraio al momento della prova, con il clima più mite la prova ha dato un valore superiore. L’elenco dei componenti del sottosistema di generazione per il riscaldamento degli ambienti rilevati in sede di sopralluogo e delle relative caratteristiche tecniche è riportato nella Sezione 6.1 dell’Allegato J – Schede di audit.

4.3 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO PRODUZIONE ACQUA CALDA SANITARIA

Il consumo di acqua calda sanitaria per un edificio come quello in oggetto è significativo, considerando la destinazione d’uso scuola e palestra.

La produzione di ACS avviene mediante l’ausilio di 4 boiler elettrici con accumulo integrato dislocati all’interno della struttura in corrispondenza dei servizi igienici e delle docce della palestra.

Le caratteristiche del sistema di produzione di ACS sono riportate nella **Errore. L’origine riferimento non è stata trovata.**

Tabella 4.9 - Riepilogo caratteristiche impianto di produzione ACS

SERVIZIO	MARCA	Volume l	Numero	POTENZA ASSORBITA kW	
Palestra	ACS	ARISTON	100	1	1,5
Scuola dell’infanzia	ACS	SITAM	15	1	1,2
Scuola dell’infanzia	ACS	ARISTON	75	1	1,2
Scuola dell’infanzia	ACS	ARISTON	15	1	1,2
TOTALE			4		5,1

Figura 4.19 - Bollitore elettrico con accumulo – scuola dell’infanzia



Figura 4.20 - Bollitore elettrico con accumulo - palestra



I rendimenti caratteristici dei sottosistemi dell’impianto di produzione acqua calda sanitaria sono riportati nella Tabella 4.10 sono stati presi dal software di simulazione energetica certificato Edilclima EC700.

Tabella 4.10 – 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%	92,8%	-	-	75%	35,6%

Nell’impianto di produzione di ACS non è presente nessuna rete di ricircolo dell’ACS e nessun sistema di accumulo.

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 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 4.11.

Tabella 4.11 – Elenco e caratteristiche delle altre utenze elettriche

ZONATERMICA	DESCRIZIONE	NUMERO	POTENZA NOMINALE [W]	POTENZA COMPLESSIVA [W]	ORE ANNUE DI UTILIZZO [ore]
Scuola dell’infanzia	Montascale	1	2000	2000	180
	Macchinetta caffè	1	340	340	900
	Fotocopiatrice-stampante	4	200	800	1300
	Scaldavivande	1	500	500	360
	pc	4	200	800	360

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 nei file predisposti all’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 4.21 - Particolare dei corpi illuminanti ubicati nell’edificio



Figura 4.22 - Particolare dei corpi illuminanti ubicati nell’edificio



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

Tabella 4.12 – Elenco e caratteristiche dei corpi illuminanti

ZONATERMICA	DESCRIZIONE	NUMERO	POTENZA UNITARIA [W]	POTENZA COMPLESSIVA [W]
Scuola dell’infanzia – Piano terra	Fluorescenti	1	1x36	36
	Fluorescenti	10	2x36	720
Palestra – Piano terra	Fluorescenti	2	1x36	72
	Fluorescenti	8	1x18	144
	Fluorescenti	15	2x36	1.080
Scuola dell’infanzia – Piano primo	Fluorescenti	53	2x36	3.816

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

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

La fornitura di Gas metano avviene tramite la presenza di un unico contatore dedicato alla centrale termica, non sono presenti altri usi relativi al vettore.

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

Relativamente al PDR 1 – 03270015721869 sono riportati i dati delle letture estratte dalle fatture a valle di una grossa operazione di conguaglio eseguita per gli anni 2015 e 2016, per le quali si trova uno scostamento contenuto sul totale rispetto ai dati rilevati dalla società di distribuzione del metano. Per l'anno 2014 sono stati considerati i dati rilevati dalla società di distribuzione tal quali. Si ricorda che il suddetto PDR è a servizio della centrale termica che fornisce calore per la climatizzazione invernale a due edifici adiacenti, l'edificio oggetto di diagnosi E1602 e l'Accademia Ligustica, edificio E1600 situato in via Agostino Bertani 5.

Tali consumi sono riportati nella Tabella 5.2 con indicazione dei PDR di riferimento.

Tabella 5.2 - Consumi annuali di energia termica per il triennio di riferimento – Dati di fatturazione

PDR	Utilizzo	2014	2015	2016	2014	2015	2016
		[Sm ³]	[Sm ³]	[Sm ³]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
03270015721869	Riscaldamento	14.581	13.132	12.987	137.353	123.707	122.338

Parallelamente all'analisi dei consumi storici forniti dalla società di distribuzione si è provveduto alla valutazione dei consumi fatturati nel triennio di riferimento. La ripartizione mensile degli anni 2015 e 2016 è stata eseguita secondo le indicazioni rinvenute nelle fatture fornite dalla Committenza, per il 2014 la suddivisione mensile invece è stata eseguita utilizzando i GG mensili della Stazione Meteo del Centro Funzionale.

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

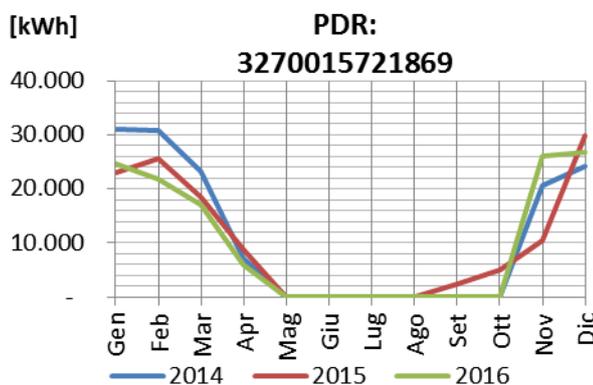
Tabella 5.3 - Consumi mensili di energia termica per il triennio di riferimento – Dati di fatturazione

PDR: 03270015721869	2014	2015	2016	2014	2015	2016
Mese	[Sm ³]	[Sm ³]	[Sm ³]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gen	3.303	2.448	2.610	31.113	23.060	24.586
Feb	3.278	2.706	2.312	30.881	25.493	21.779
Mar	2.472	1.962	1.809	23.285	18.480	17.041
Apr	754	935	642	7.106	8.803	6.048
Mag	-	1	-	-	9	-
Giu	-	1	-	-	9	-
Lug	-	1	-	-	9	-
Ago	-	1	-	-	9	-
Set	-	257	2	-	2.421	19
Ott	-	531	19	-	5.002	179
Nov	2.198	1.117	2.758	20.703	10.522	25.980
Dic	2.576	3.173	2.835	24.265	29.890	26.706
Totale	14.581	13.132	12.987	137.353	123.707	122.338

Rispetto ai dati riportati per il PDR1 all’interno del file file Kyoto-Baseline-E1602 non si verifica una sostanziale differenza con i valori riportati.

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

Figura 5.1 – Andamento mensile dei consumi termici fatturati



Confrontando l’andamento dei consumi con i GG_{real} del triennio di riferimento si può notare che fronte di un maggior numero di GG_{real} si verifica una diminuzione dei consumi di gas metano per il riscaldamento.

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 in quanto non si verifica una sostanziale differenza con i valori riportati nel file Kyoto-Baseline-E1602.

Tabella 5.4 – Normalizzazione dei consumi annuali di energia termica

ANNO	GG ^{REALI} SU [111] GIORNI	GG ^{RIF} SU [111] GIORNI	CONSUMO REALE RISC. [Smc]	CONSUMO REALE RISC. [kWh]	α_{rif}	CONSUMO NORMALIZZATO A [926] GG [kWh]	CONSUMO ACS [kWh]	CONSUMO ALTRO [kWh]
2014	827	909	14.581	137.392	166,1	150.945	-	-
2015	821	909	12.872	121.289	147,7	134.260	-	-
2016	854	909	13.430	126.547	148,1	134.628	-	-
Media	834	909	13.628	128.409	153,9	139.901	-	-

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

Tabella 5.5 – Individuazione della Baseline termica

GRANDEZZA	VALORE
	[Kwh]
\bar{Q}_{ACS}	-
\bar{Q}_{ALTRO}	-
$\bar{a}_{rif} \times GG_{rif}$	139.901
$Q_{baseline}$	139.901

Ai fini dell'individuazione della quota di gas metano corrispondente all'Edificio oggetto di diagnosi è stata riproporzionata la quota di metano totale secondo le percentuali ricavate dal modello energetico elaborato con Edilclima EC700. Il risultato è riportato nella seguente tabella.

Tabella 5.6 – Ripartizione consumi di Gas Metano

EDIFICIO	PERCENTUALE	VALORE	CONSUMO DI GAS METANO
	[%]	[kWh]	[Smc]
E1600	37%	51.763	5.495
E1602	63%	88.138	9.356
Totale	100%	139.901	14.851

5.1.2 Energia elettrica

La fornitura di energia elettrica avviene tramite la presenza di 1 contatore il quale risulta a servizio dell’intero edificio E1602.

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

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

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

Tali consumi annuali sono riportati nella Tabella 5.7 con indicazione dei POD di riferimento.

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

POD	ZONA SERVITA	2014	2015	2016	MEDIA
		[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
IT001E00097884	Scuola dell’Infanzie e Palestra	11.282	12.186	13.603	12.357
TOTALE		11.282	12.186	13.603	12.357

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-E1602 ed è emerso uno scostamento del 4% sul valore medio, mentre il dato relativo al 2014 è risultato perfettamente corrispondente. Nonostante ciò si è deciso di adottare come valori di consumo di energia elettrica i dati forniti dal distributore locale.

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]
IT001E00122667	Asilo nido	11.282	12.681	14.679	12.881
TOTALE		11.282	12.681	14.679	12.881

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

Si è pertanto definito un consumo $EE_{baseline}$ pari a 12.881 kWh.

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

POD: IT001E00097884	F1	F2	F3	TOTALE
Anno 2014	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gen - 14	857	157	190	1.204
Feb - 14	774	213	115	1.102
Mar - 14	908	237	139	1.284
Apr - 14	670	209	155	1.034
Mag - 14	747	261	161	1.169
Giu - 14	521	152	135	808
Lug - 14	280	115	69	464
Ago - 14	88	75	77	240
Set - 14	548	142	88	778
Ott - 14	693	179	110	982
Nov - 14	756	171	151	1.078
Dic - 14	725	188	226	1.139
Totale	7.567	2.099	1.616	11.282
POD: IT001E00097884	F1	F2	F3	TOTALE
Anno 2015	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gen - 15	856	206	213	1.275
Feb - 15	894	198	149	1.241
Mar - 15	908	237	139	1.284
Apr - 15	731	59	136	926
Mag - 15	694	201	172	1.067
Giu - 15	578	166	116	860
Lug - 15	224	77	83	384
Ago - 15	158	97	123	378
Set - 15	483	155	85	723
Ott - 15	871	264	150	1.285
Nov - 15	990	317	170	1.477
Dic - 15	758	300	228	1.286
Totale	8.145	2.277	1.764	12.186
POD: IT001E00097884	F1	F2	F3	TOTALE
Anno 2016	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gen - 16	873	337	254	1.464
Feb - 16	956	277	147	1.380
Mar - 16	853	336	214	1.403
Apr - 16	771	295	163	1.229
Mag - 16	832	268	142	1.242
Giu - 16	580	211	139	930
Lug - 16	240	169	109	518
Ago - 16	113	110	91	314
Set - 16	425	195	100	720
Ott - 16	919	270	165	1.354
Nov - 16	1.094	327	221	1.642
Dic - 16	859	295	254	1.408
Totale	8.515	3.090	1.999	13.604

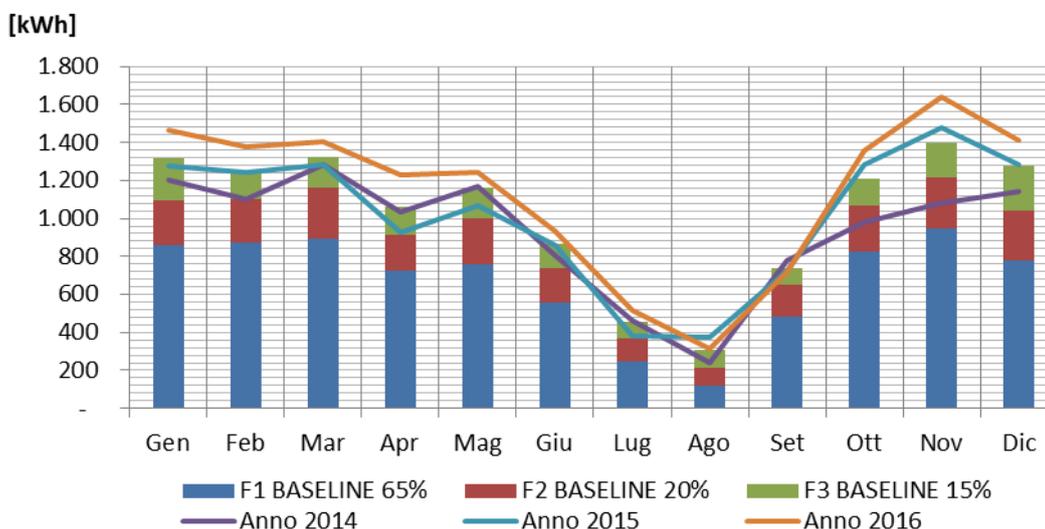
Dall’analisi effettuata è stato possibile definire i profili mensili dei consumi elettrici di Baseline, valutati come la media dei valori mensili analizzati nel triennio di riferimento. Tali valori sono riportati nella Tabella 5.10.

Tabella 5.10 – Consumi mensili di Baseline

BASELINE	F1	F2	F3	TOTALE
	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gennaio	862	233	219	1.314
Febbraio	875	229	137	1.241
Marzo	890	270	164	1.324
Aprile	724	188	151	1.063
Maggio	758	243	158	1.159
Giugno	560	176	130	866
Luglio	248	120	87	455
Agosto	120	94	97	311
Settembre	485	164	91	740
Ottobre	828	238	142	1.207
Novembre	947	272	181	1.399
Dicembre	781	261	236	1.278
Totale	8.076	2.489	1.793	12.357

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

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



Come è possibile notare il consumo mensile segue il periodo di apertura ed utilizzo dell’edificio, nei mesi estivi si nota la flessione dei consumi elettrici dovuta alle vacanze. I consumi elettrici non si annullano completamente in quanto evidentemente alcune apparecchiature rimangono in funzione anche in estate.

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.

5.2 INDICATORI DI PERFORMANCE ENERGETICI ED AMBIENTALI

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

I fattori di emissione di CO₂ utilizzati sono riportati nella Tabella 5.11 - Fattori di emissione di CO₂. Tabella 5.11.

Tabella 5.11 - Fattori di emissione di CO₂.

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

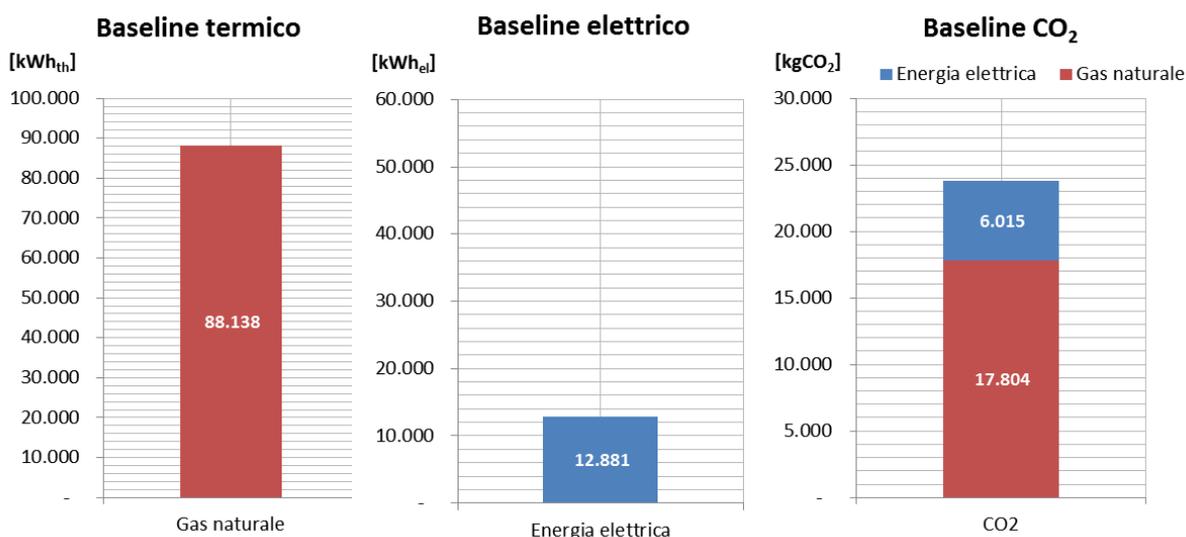
* da "Linee Guida Patto dei Sindaci" per anno 2010

Applicando tali fattori di conversione è stato possibile valutare la Baseline delle emissioni di CO₂, come riportato nella Tabella 5.12 e nella Figura 5.3

Tabella 5.12 – Baseline delle emissioni di CO₂.

COMBUSTIBILE	CONSUMO DI BASELINE	FATTORE DI CONVERSIONE	
	[kWh]	[kgCO ₂ /kWh]	[kgCO ₂]
Energia elettrica	12.881	* 0,467	6.015
Gas naturale	83.317	* 0,202	16.830

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



Ai fini del calcolo degli indici di performance è necessario effettuare la conversione dei consumi di baseline in energia primaria, utilizzando i fattori di conversione indicati dal Decreto Interministeriale

26 giugno 2015 “Applicazione delle metodologie di calcolo delle prestazioni energetiche e definizione delle prescrizioni e dei requisiti minimi degli edifici” nell’Allegato 1-Tabella 1.

Tabella 5.13 - Fattori di conversione in energia primaria dei vettori energetici

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

La valutazione degli indicatori di performance è stata effettuata parametrizzando i consumi reali di Baseline di cui al Capitolo 5, in funzione dei fattori riportati nella Tabella 5.14.

Tabella 5.14 – Fattori di riparametrizzazione

PARAMETRO		VALORE	U.M.
FATTORE 1	Superficie netta riscaldata	921	m ²
FATTORE 1	Superficie netta complessiva delle aree interne (riscaldate e non riscaldate)	921	m ²
FATTORE 1	Volume lordo complessivo (aree interne riscaldate e non riscaldate)	4.596	m ³

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 ²]	FATTORE 2 [kWh/m ²]	FATTORE 3 [kWh/m ³]	FATTORE 1 [Kg CO ₂ /m ²]	FATTORE 2 [Kg CO ₂ /m ²]	FATTORE 3 [Kg CO ₂ /m ³]
Gas naturale	88.138	1,05	92.545	100,5	100,5	18,9	19,33	19,33	3,64
Energia elettrica	12.881	2,42	31.172	33,8	33,8	6,4	6,53	6,53	1,23
TOTALE			123.717	134	134	25	26	26	5

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 ²]	FATTORE 2 [kWh/m ²]	FATTORE 3 [kWh/m ³]	FATTORE 1 [Kg CO ₂ /m ²]	FATTORE 2 [Kg CO ₂ /m ²]	FATTORE 3 [Kg CO ₂ /m ³]
Gas naturale	88.138	1,05	92.545	100,5	100,5	18,9	19,33	19,33	3,64
Energia elettrica	12.881	1,95	25.118	27,3	27,3	5,1	6,53	6,53	1,23
TOTALE			117.662	128	128	24	26	26	5

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

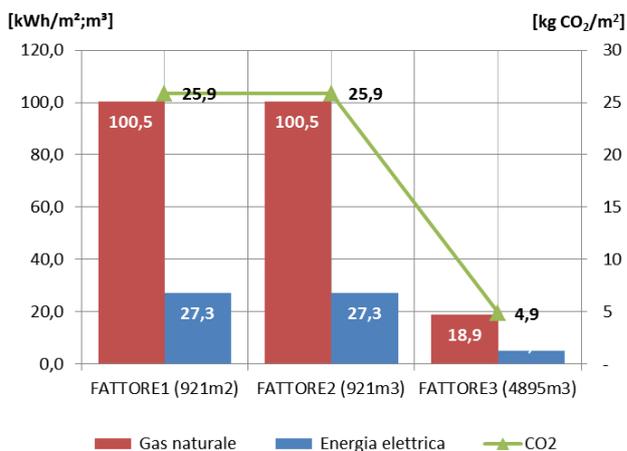
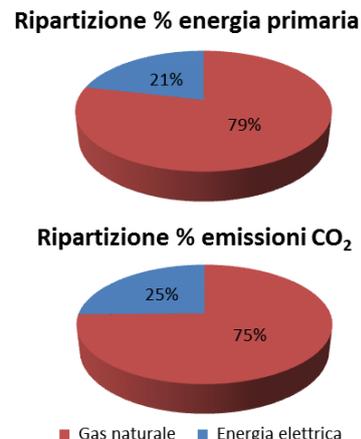


Figura 5.5 – Ripartizione % dei consumi di energia primaria e delle relative emissioni di CO₂



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

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

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

La formula definita è sotto riportata:

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

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

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

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

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

Tabella 5.17 – Indicatori di performance energetici

COMBUSTIBILE	IEN _R			IEN _E		
	Wh/(m³ GG anno)			Wh/(m³ anno)		
	2014	2015	2016	2014	2015	2016
Gas Naturale	13,5	12,0	12,5	0	0	0
Energia elettrica	0	0	0	10,5	11,3	12,6

E' stato quindi possibile effettuare un raffronto con le classi di merito riportate nelle suddette Linee Guida ENEA - FIRE, ottenendo relativamente ad IEN_R una diminuzione globale del valore di benchmark, dovuto ad una lieve diminuzione del consumo di gas metano tra il 2014 ed il 2016. Il giudizio per questo indicatore è buono per tutti i 3 anni considerati.

IEN_E subisce invece un progressivo aumento del valore, dovuto appunto ad aumento dei consumi così come registrato dal distributore di energia elettrica. Il giudizio per questo indicatore permane insufficiente dal primo all'ultimo anno considerato.

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.

Considerando il fatto che esiste un unico PDR e che la centrale termica è unica per l’edificio E1600 e per l’edificio E1602 oggetto di diagnosi energetica, è stato costruito un unico modello per entrambi gli edifici, considerando i due edifici come zone termiche a sé con in comune solo l’impianto di climatizzazione invernale. Grazie alle maschere di output del software di simulazione utilizzato è stato possibile individuare per entrambe le zone termiche i fabbisogni energetici, gli indicatori di prestazione energetica e tutte le informazioni necessarie ai fini del presente documento.

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

Vista le diverse destinazioni d’uso presenti all’interno dell’edificio sono state costruite due diverse zone termiche con le proprie caratteristiche, ovvero scuola materna – E.7 e palestra E6(2), serviti però dallo stesso circuito dell’impianto di riscaldamento invernale, come precedentemente descritto.

Nella Tabella 6.1 sono riportati gli indicatori di performance energetica ricavati dalla modellazione dell’edificio, nella zona termica della palestra.

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

INDICE DI PRESTAZIONE ENERGETICA		U.M.	ENERGIA PRIMARIA TOTALE	ENERGIA PRIMARIA NON RINNOVABILE
Globale	EP _{gl}	kWh/mq anno	89,44	85,86
Climatizzazione invernale	EP _H	kWh/mq anno	72,68	72,36
Produzione di acqua calda sanitaria	EP _w	kWh/mq anno	7,56	6,09
Ventilazione	EP _v	kWh/mq anno	0	0
Raffrescamento	EP _c	kWh/mq anno	0	0
Illuminazione artificiale	EP _L	kWh/mq anno	9,19	7,40
Trasporto di persone e cose	EP _T	kWh/mq anno	0	0
Emissioni equivalenti di CO2	CO _{2eq}	Kg/mq anno	18	18

Nella Tabella 6.2 sono riportati gli indicatori di performance energetica ricavati dalla modellazione dell’edificio, nella zona termica della scuola materna.

Tabella 6.2 – Indicatori di performance energetica e ambientali ricavati dalla modellazione (valutazione in modalità standard di utilizzo) – zona termica scuola materna

INDICE DI PRESTAZIONE ENERGETICA		U.M.	ENERGIA PRIMARIA TOTALE	ENERGIA PRIMARIA NON RINNOVABILE
Globale	EP _{gl}	kWh/mq anno	192,12	183,45
Climatizzazione invernale	EP _H	kWh/mq anno	150,90	150,23
Produzione di acqua calda sanitaria	EP _w	kWh/mq anno	15,21	12,26
Ventilazione	EP _v	kWh/mq anno	0	0
Raffrescamento	EP _c	kWh/mq anno	0	0
Illuminazione artificiale	EP _L	kWh/mq anno	24,64	19,85
Trasporto di persone e cose	EP _T	kWh/mq anno	1,37	1,10
Emissioni equivalenti di CO2	CO _{2eq}	Kg/mq anno	38	38

Gli indici di prestazione energetica sopra riportati corrispondono ad un quantitativo annuo di vettore energetico consumato per l’edificio E1602, riportato nella Tabella 6.3

Tabella 6.3 – Consumo di vettore energetico ricavato dalla modellazione (valutazione in modalità standard di utilizzo)

FONTE ENERGETICA UTILIZZATA	CONSUMO	CONSUMO ENERGIA PRIMARIA NON RINNOVABILE
	[m ³ /anno] – [kWh]	[kWh/anno]
Gas Naturale	10.914	102.810
Energia Elettrica	13.338	26.009

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 6.4;
- 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 6.4 – Elenco dei fabbisogni che contribuiscono alla valutazione del fabbisogno complessivo di energia elettrica prelevata dalla rete

FABBISOGNO	Corrispondenza UNI TS 11300 [kWhel]
Energia ausiliaria complessiva assorbita dal sottosistema di generazione per la produzione di ACS	E _{w, aux, gn}
Energia ausiliaria complessiva assorbita dal sottosistema di generazione per il riscaldamento	E _{H, aux, gn}
Fabbisogno di energia elettrica dell’impianto di ventilazione meccanica e dei terminali di emissione	E _{ve,el} + E _{aux,e}

Fabbisogno di energia elettrica per gli ausiliari di distribuzione (Riscaldamento e ACS)	$E_{W, aux, d} + E_{W, aux, d}$
Fabbisogno di energia elettrica per l'illuminazione interna dell'edificio	$E_{L, int}$
Fabbisogno di energia elettrica per gli ausiliari degli impianti di climatizzazione	$Q_{C, aux}$
Fabbisogno di energia elettrica per i sistemi di trasporto (+ eventuali altri carichi interni)	$E_T + E_{altro}^{(1)}$
Perdite al trasformatore	$E_{trasf}^{(*)}$
Energia elettrica esportata dall'impianto a fonti rinnovabili	$E_{exp, el}$

Nota (1) Tale contributo non è definito all'interno delle norme UNITS 11300 pertanto è stato valutato dall'Auditor 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 6.5 sono riportati gli indicatori di performance energetica ricavati dalla modellazione dell'edificio in modalità "Adattata all'utenza" della zona termica della palestra.

Tabella 6.5 – Indicatori di performance energetica ricavati dalla modellazione (valutazione in modalità adattata all'utenza) – Zona termica palestra

INDICE DI PRESTAZIONE ENERGETICA		U.M.	ENERGIA PRIMARIA TOTALE	ENERGIA PRIMARIA NON RINNOVABILE
Globale	EP_{gl}	kWh/mq anno	76,40	72,28
Climatizzazione invernale	EP_H	kWh/mq anno	59,65	59,38
Produzione di acqua calda sanitaria	EP_w	kWh/mq anno	7,56	6,09
Ventilazione	EP_v	kWh/mq anno	0	0
Raffrescamento	EP_c	kWh/mq anno	0	0
Illuminazione artificiale	EP_L	kWh/mq anno	9,19	7,40
Trasporto di persone e cose	EP_T	kWh/mq anno	0	0
Emissioni equivalenti di CO2	CO_{2eq}	Kg/mq anno	15	15

Nella Tabella 6.6 sono riportati gli indicatori di performance energetica ricavati dalla modellazione dell'edificio in modalità "Adattata all'utenza" della zona termica della scuola materna.

Tabella 6.6 – Indicatori di performance energetica ricavati dalla modellazione (valutazione in modalità adattata all'utenza) – Zona termica scuola materna

INDICE DI PRESTAZIONE ENERGETICA		U.M.	ENERGIA PRIMARIA TOTALE	ENERGIA PRIMARIA NON RINNOVABILE
Globale	EP_{gl}	kWh/mq anno	165,03	156,48
Climatizzazione invernale	EP_H	kWh/mq anno	123,82	123,27
Produzione di acqua calda sanitaria	EP_w	kWh/mq anno	15,21	12,26
Ventilazione	EP_v	kWh/mq anno	0	0
Raffrescamento	EP_c	kWh/mq anno	0	0
Illuminazione artificiale	EP_L	kWh/mq anno	24,64	19,85
Trasporto di persone e cose	EP_T	kWh/mq anno	1,37	1,10
Emissioni equivalenti di CO2	CO_{2eq}	Kg/mq anno	33	33

Gli indici di prestazione energetica sopra riportati corrispondono ad un quantitativo annuo di vettore energetico consumato, riportato nella Tabella 6.7.

Tabella 6.7 – 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	8.954	84.346
Energia Elettrica	13.148	25.639

La validazione del modello energetico termico è stata effettuata confrontando il consumo energetico di baseline ($Q_{baseline}$) così come definito al precedente capitolo 5.1.1 ed il fabbisogno teorico ($Q_{teorico}$) derivante dalla modellazione energetica.

Tabella 6.8 – Validazione del modello energetico termico (valutazione adattata all’utenza)

$Q_{teorico}$	$Q_{baseline}$	Congruità
[kWh/anno]	[kWh/anno]	[%]
84.346	88.138	4,7%

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

6.1.2 Validazione del modello elettrico

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

Tabella 6.9 – Validazione del modello energetico elettrico (valutazione in modalità adattata all’utenza)

$EE_{teorico}$	$EE_{baseline}$	Congruità
[kWh/anno]	[kWh/anno]	[%]
13.148	12.881	2%

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

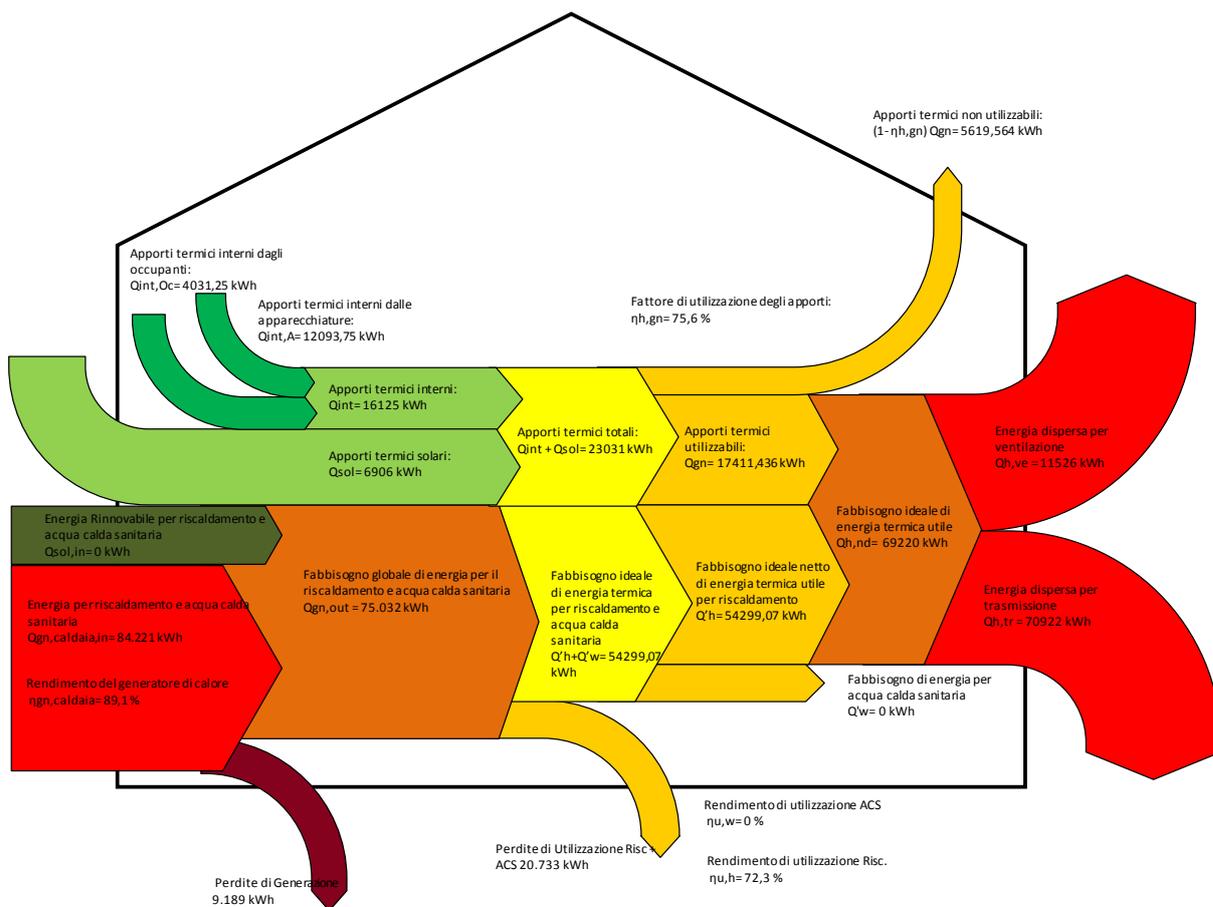
6.2 FABBISOGNI ENERGETICI

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.

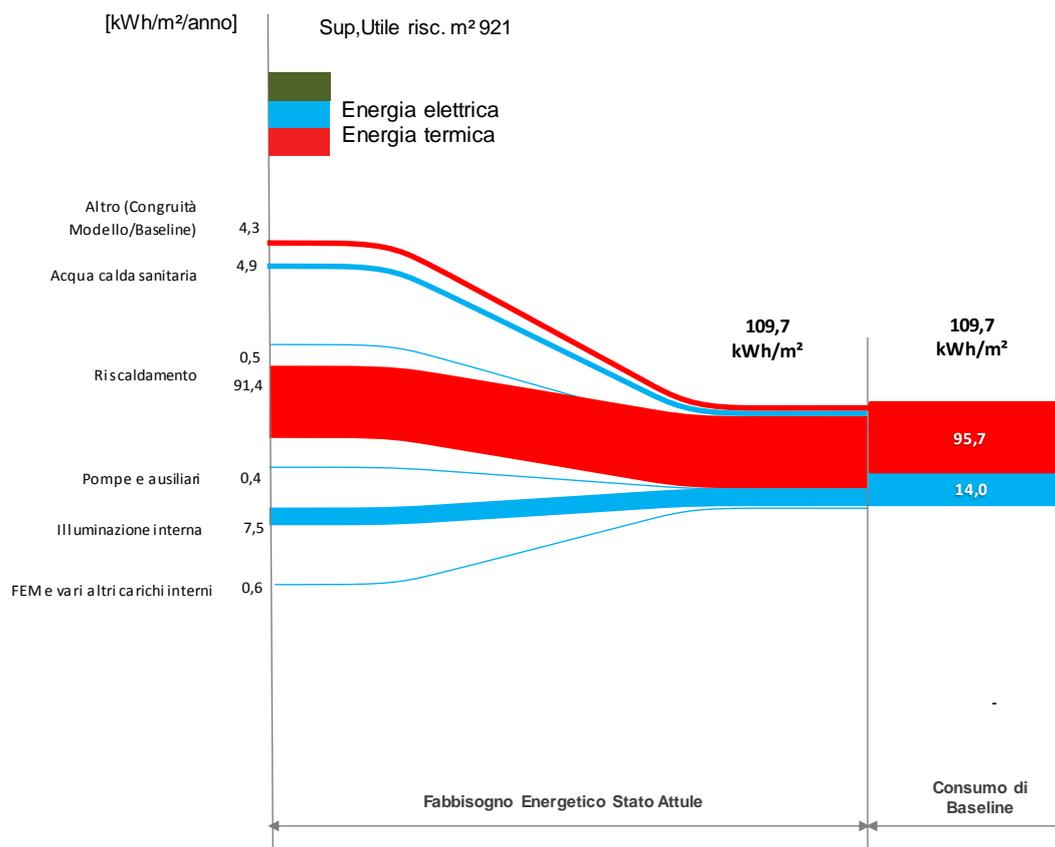
Figura 6.1 – Diagramma di Sankey relativo al fabbisogno termico dell'edificio allo stato attuale



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/(m² anno), sulla base delle superfici utili delle zone riscaldate.

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

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

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

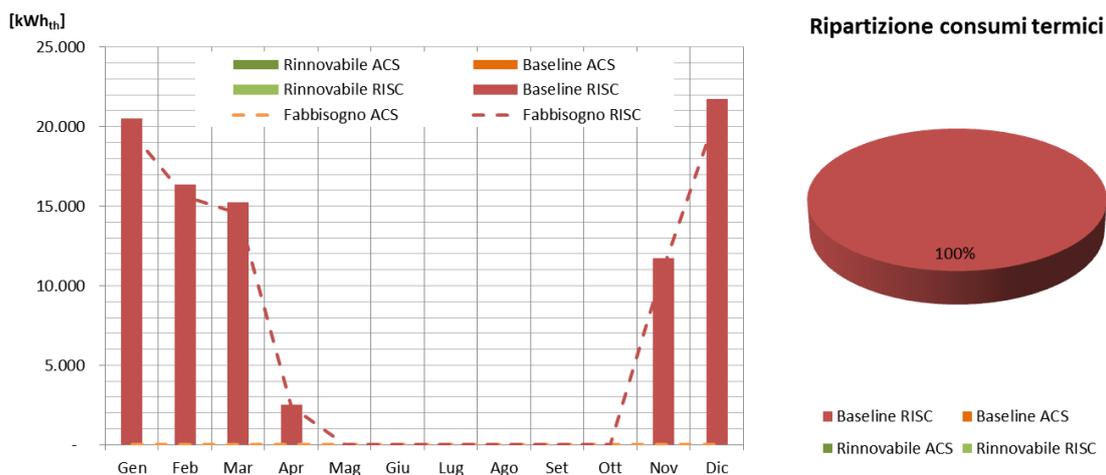
Dall’analisi del diagramma di Sankey relativo al bilancio energetico complessivo dell’edificio   possibile notare che non si ha un contributo di energia rinnovabile e che il consumo maggiore di energia termica   a carico del servizio di riscaldamento, mentre la maggioranza del consumo elettrico   a carico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



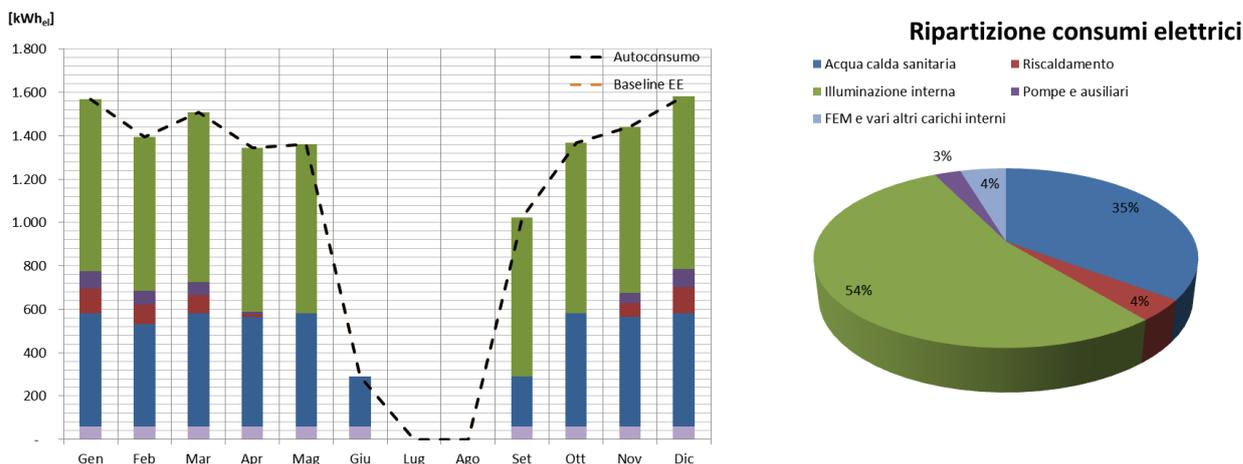
Si può notare come la totalità dei consumi termici sia da attribuirsi al servizio di riscaldamento invernale degli ambienti, pertanto gli interventi migliorativi proposti, andranno ad interessare principalmente tali componenti. Non sono presenti contributi di rinnovabile per il riscaldamento.

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

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

I risultati di tale valutazione sono riportati nella Figura 6.4.

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



Si può notare come la maggior parte dei consumi sia da attribuirsi al sistema di illuminazione interna, seguito da FEM (ascensori e attrezzature della cucina). Pertanto si andranno a proporre interventi di efficientamento che riguardano prevalentemente la componente illuminazione ed impianto di riscaldamento invernale. Relativamente alla determinazione degli ulteriori carichi interni e FEM si faccia riferimento agli appositi file predisposti per l'Allegato B, con l'indicazione dei fattori di carico e dei profili di funzionamento ipotizzati.

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 un unico contatore, il PDR 03270015721869, che prevede un contratto di fornitura del solo vettore energetico ad uso riscaldamento, stipulato direttamente dalla PA con la società di fornitura. E' stato possibile effettuare un'analisi di dettaglio dei costi fatturati e delle caratteristiche del contratto di fornitura del biennio 2015-2016. Per il 2014 i costi sono stati calcolati con i dati reperiti per ogni trimestre su ARERA. Si ricorda che il PDR in oggetto è a servizio della centrale termica di due edifici, l'edificio E1600 e l'edificio E1602.

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

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

PDR: 03270029215967	2014	2015	2016
Indirizzo di fornitura			
Dati di intestazione fattura	-	Comune di Genova	Comune di Genova
Società di fornitura	-	1- IREN MERCATO SPA 2- ENI	1- ENI 2- ENERGETIC SPA
Inizio periodo fornitura	-	1- ND 2- 01/04/2015	1- 01/04/2015 2- 01/04/2016
Fine periodo fornitura	-	1- 01/04/2015 2- ND	1- 31/03/2016 2- ND
Classe del contatore	-	1- Tradizionale classe G025 2- Tradizionale classe G025	1- Tradizionale classe G02 2- Misuratore gas senza correttore
Tipologia di contratto	-	1- ND 2- Prodotto Consip 7 Gas – Utenze con attività di servizio pubblico	1- Prodotto Consip 7 Gas – Utenze con attività di servizio pubblico 2- Prodotto per la gara CONSIP 8 Indiretti - Punto di riconsegna per usi diversi
Opzione tariffaria ⁽¹⁾	-	1- ND 2- ND	1- ND 2- ND
Valore del coefficiente correttivo dei consumi	-	1- 1,023 2- 1,023	1- 1,023 2- 1
Potere calorifico inferiore convenzionale del combustibile	-	-	-
Prezzi di fornitura del combustibile ⁽²⁾ (IVA ESCLUSA)	-	0,36 €/smc	0,39 €/smc

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

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

I dati fatturazione riportati nelle seguenti tabelle sono quelli frutto di una ricostruzione, considerando le letture da conguaglio e utilizzando i dati costo unitario reale da fattura relativi al mese di riferimento.

Dalle informazioni riportate nella tabella si può desumere che non si rivela una sostanziale differenza dai consumi di gas metano riportati nel file kyotoBaseline-E1602.

Nelle Tabella 7.2 si riportano l'andamento del costo del vettore termico nel biennio di riferimento fornito, suddiviso nelle varie componenti. Per il solo anno 2014 le spese sono state ricostruite con il costo unitario del gas metano reperito sul sito ARERA.

Tabella 7.2 – Andamento del costo del vettore termico nel triennio di riferimento per il PDR 03270015721869.

PDR: 03270015721869.	QUOTA ENERGIA	ONERI DI SISTEMA PARTE FISSA	ONERI DI SISTEMA PARTE VARIABILE	IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO (IVA INCLUSA)
ANNO 2014	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[KWH]	[€/kWh]
Gennaio	1.229	27	466	700	533	2.955	31.113	0,095
Febbraio	1.220	27	463	694	529	2.933	30.881	0,095
Marzo	920	20	349	524	399	2.211	23.285	0,095
Aprile	259	6	108	160	117	649	7.106	0,091
Maggio	-	-	-	-	-	-	-	-
Giugno	-	-	-	-	-	-	-	-
Luglio	-	-	-	-	-	-	-	-
Agosto	-	-	-	-	-	-	-	-
Settembre	-	-	-	-	-	-	-	-
Ottobre	-	-	-	-	-	-	-	-
Novembre	734	16	269	465	326	1.811	20.703	0,087
Dicembre	860	19	315	546	383	2.122	24.265	0,087
Totale	5.222	115	1.968	3.088	2.287	12.681	137.353	0,092
PDR: 03270015721869.	QUOTA ENERGIA	ONERI DI SISTEMA PARTE FISSA	ONERI DI SISTEMA PARTE VARIABILE	IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO (IVA INCLUSA)
ANNO 2015	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[KWH]	[€/kWh]
Gennaio	1.229	27	466	700	533	2.955	23.060	0,128
Febbraio	1.220	27	463	694	529	2.933	25.493	0,115
Marzo	920	20	349	524	399	2.211	18.480	0,120
Aprile	259	6	108	160	117	649	8.803	0,074
Maggio	-	-	-	-	-	-	9	-
Giugno	-	-	-	-	-	-	9	-
Luglio	-	-	-	-	-	-	9	-
Agosto	-	-	-	-	-	-	9	-
Settembre	-	-	-	-	-	-	2.421	-
Ottobre	-	-	-	-	-	-	5.002	-
Novembre	734	16	269	465	326	1.811	10.522	0,172
Dicembre	860	19	315	546	383	2.122	29.890	0,071
Totale	5.222	115	1.968	3.088	2.287	12.681	123.707	0,103
PDR: 03270015721869.	QUOTA ENERGIA	ONERI DI SISTEMA PARTE FISSA	ONERI DI SISTEMA PARTE VARIABILE	IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO (IVA INCLUSA)
ANNO 2016	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[KWH]	[€/kWh]
Gennaio	1.073	24	351	517	433	2.399	24.586	0,098
Febbraio	1.186	27	370	572	474	2.630	21.779	0,121
Marzo	860	19	269	415	344	1.907	17.041	0,112
Aprile	271	72	88	202	139	773	6.048	0,128
Maggio	-	24	-	-	5	29	-	-

Giugno	-	24	-	-	5	29	-	-
Luglio	-	24	-	-	5	29	-	-
Agosto	-	24	-	-	5	29	-	-
Settembre	-	24	-	-	5	29	19	1,547
Ottobre	-	24	-	-	5	29	179	0,163
Novembre	562	48	165	433	266	1.474	25.980	0,057
Dicembre	1.234	24	413	948	576	3.195	26.706	0,120
Totale	5.186	357	1.657	3.087	2.263	12.551	122.338	0,103

Tabella 7.3 –Ripartizione dei costi consumi di Gas Metano – rif. 2016

EDIFICIO	PERCENTUALE	SPESA DI GAS METANO
	[%]	[€]
E1600	37%	4.644
E1602	63%	7.907
Totale	100%	12.551

Nel grafico in Figura 7.1 è riportato l’andamento del costo unitario del vettore termico nel triennio di riferimento. Il grafico riporta alcuni picchi nel suo andamento, dovuti a periodi di fatturazione in cui sono pressochè assenti i consumi di metano, pertanto si ottiene un consumo in materia energia molto basso, mentre sono preponderanti le quote fisse della bolletta di fatturazione, cosa successa ad esempio a settembre 2016.

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

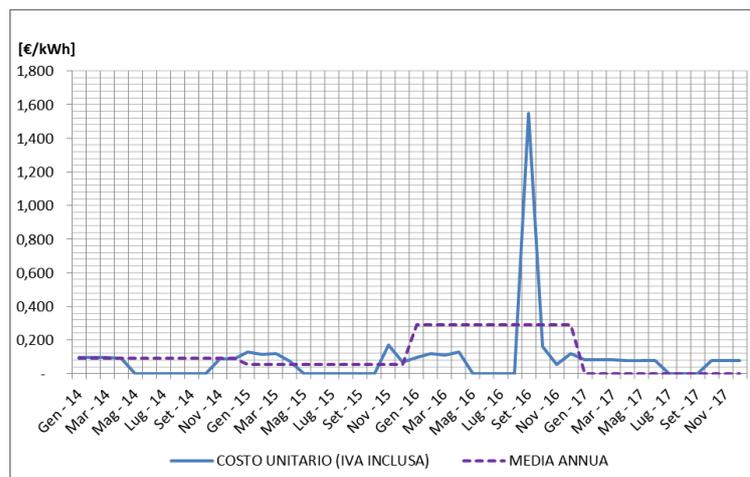
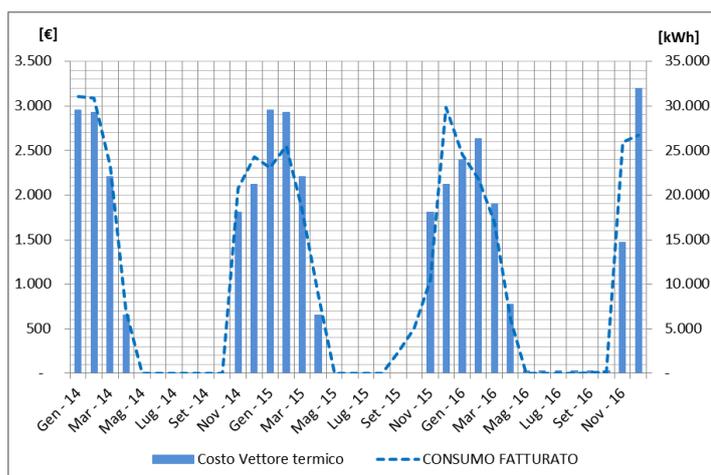


Figura 7.2 – Andamento dei consumi e dei costi dell'energia termica



7.1.2 Vettore elettrico

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

- POD 1 – IT001E00097884: contratto di fornitura del vettore energetico, stipulato direttamente dalla PA con la società di fornitura. E' stato quindi possibile effettuare un'analisi di dettaglio dei costi fatturati e delle caratteristiche del contratto di fornitura.

Nella Tabella 7.4 si riportano le principali caratteristiche del contratto di fornitura del vettore termico per gli anni di riferimento.

Tabella 7.4 – Caratteristiche dei contratti di fornitura del vettore elettrico per il triennio di riferimento

POD: IT001E00012345	2014	2015	2016
Indirizzo di fornitura			
Dati di intestazione fattura	Comune di Genova	Comune di Genova	Comune di Genova
Società di fornitura	EDISON ENERGIA SPA	1- EDISON ENERGIA SPA 2 GALA SPA	GALA SPA – IREN MERCATO SPA
Inizio periodo fornitura	Precedente	CONTRATTO GALA DA APRILE 2015	CONTRATTO IREN MERCATO DA APRILE 2015
Fine periodo fornitura	-	CHIUSURA CONTRATTO CON EDISON ENERGIA DA MARZO 2015	CHIUSURA CONTRATTO CON GALA SPA DA MARZO 2015
Potenza elettrica impegnata	10 kW	10 kW	10 kW
Potenza elettrica disponibile	10 kW	10 kW	10 kW
Tipologia di contratto	Forniture in BT (Escluso IP)	Forniture in BT (Escluso IP) - CONSIP EE12 Lotto 2	Forniture in BT (Escluso IP) - CONSIP EE12 Lotto 2 - CONSIP13 VERDE - L0390
Prezzi del fornitura dell'energia elettrica ⁽¹⁾	0,07 €/kWh	0,06 €/kWh	0,07 €/kWh

Nota (1): con prezzo di fornitura s'intende soltanto la quota variabile del servizio di acquisto e vendita, sono escluse le imposte, i corrispettivi per il dispacciamento e lo sbilanciamento, per l'uso della rete, e il servizio di misura e ogni altra voce.

Nella Tabella 7.5 si riporta l'andamento del costo del vettore elettrico nel triennio di riferimento, suddiviso nelle varie componenti. Manca la fattura riferita a luglio 2016, di cui però sono stati ricavati i dati di consumo per fascia. Il costo corrispondente è stato ricavato con il costo medio annuale del vettore energetico e non è stato possibile ripartirlo tra le varie voci di costo.

Tabella 7.5 – Andamento del costo del vettore elettrico nel triennio di riferimento

POD: IT001E00097 884	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	51,68	41,71	62,46	8,96	36,26	201,07	1.204	0,167
Feb – 14	130,37	41,71	140,96	19,87	73,24	406,15	1.102	0,369
Mar – 14	101,56	41,72	113,35	16,05	59,99	332,67	1.284	0,259
Apr – 14	82,17	41,71	80,30	12,93	47,76	264,87	1.034	0,256
Mag – 14	91,17	41,71	90,45	14,61	52,28	290,22	1.169	0,248
Giu – 14	62,41	41,71	68,25	10,10	38,29	220,76	808	0,273
Lug – 14					-	125,28	464	0,270
Ago – 14	17,57	41,81	22,64	3,00	18,70	103,72	240	0,432
Set – 14	60,82	41,81	73,29	9,73	40,84	226,49	778	0,291
Ott – 14	76,40	42,03	93,03	12,28	49,22	272,96	982	0,278
Nov – 14	82,42	42,03	102,19	13,48	52,83	292,95	1.078	0,272
Dic – 14	83,65	42,03	107,94	14,24	54,53	302,39	1.139	0,265
Totale	840,22	459,98	954,86	135,25	523,95	3.039,54	11.282	0,269
POD: IT001E00097 884	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	91,12	42,78	122,45	15,94	27,23	299,52	1.275	0,235
Feb – 15	85,86	42,78	119,19	15,51	26,33	289,67	1.241	0,233
Mar – 15	85,62	42,78	123,47	16,05	26,79	294,71	1.284	0,230
Apr – 15	34,40	43,10	50,60	7,57	13,57	149,24	926	0,161
Mag – 15	38,33	43,10	59,97	9,12	15,05	165,57	1.067	0,155
Giu – 15	47,30	43,10	77,71	11,77	17,99	197,87	860	0,230
Lug – 15	44,93	43,10	48,08	7,15	14,33	157,58	384	0,410
Ago – 15	46,93	43,10	50,66	7,36	14,80	162,85	378	0,431
Set – 15	37,49	43,46	67,88	9,93	15,88	174,63	723	0,242
Ott – 15	69,15	43,89	146,72	20,59	28,04	308,39	1.285	0,240
Nov – 15	59,40	43,90	122,94	17,27	24,35	267,87	1.477	0,181
Dic – 15	93,29	43,89	103,07	14,06	25,43	279,74	1.286	0,218
Totale	734	519	1.093	152	250	2.747,64	12.186	0,225
POD: IT001E00097	QUOTA ENERGIA	ONERI DI SISTEMA	ONERI DI SISTEMA	IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO

884	PARTE FISSA		PARTE VARIABILE		[€]	[€]	[KWH]	(IVA INCLUSA)
	[€]	[€]	[€]	[€]				[€/kWh]
ANNO 2016	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[KWH]	[€/kWh]
Gen - 16	94,63	41,83	146,88	20,65	30,40	334,38	1.464	0,228
Feb - 16	79,61	41,83	108,54	14,90	24,49	269,36	1.380	0,195
Mar - 16	78,43	41,83	113,90	17,10	25,13	276,39	1.403	0,197
Apr - 16	143,70	86,49	217,44	32,00	47,96	527,58	1.229	0,429
Mag - 16	6,74	5,64	8,52	1,11	2,20	24,20	1.242	0,019
Giu - 16	62,87	43,19	90,37	12,74	20,92	230,08	930	0,247
Lug - 16	44,19	39,31	59,83	7,59	15,09	166,00	518	0,320
Ago - 16	75,66	50,39	91,90	12,50	23,05	253,51	314	0,807
Set - 16	43,23	16,88	41,85	6,24	10,82	119,03	720	0,165
Ott - 16	146,87	53,40	146,87	22,06	36,92	406,12	1.354	0,300
Nov - 16	36,50	11,25	33,33	5,13	8,62	94,83	1.642	0,058
Dic - 16	118,86	42,68	117,55	17,60	29,67	326,36	1.408	0,232
Totale	931,27	474,71	1.176,96	169,64	275,26	3.027,84	13.604	0,223

Nel grafico in Figura 7.3 è riportato l'andamento del costo unitario del vettore elettrico nel triennio di riferimento. Il costo unitario ha oscillazioni importanti attorno al valore della media annua per tutto il periodo considerato, probabilmente dovuto a fatture di conguaglio.

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

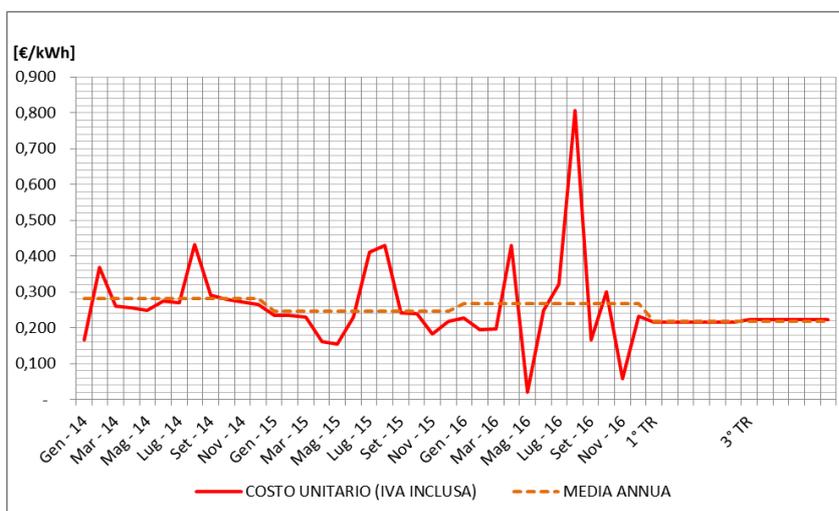
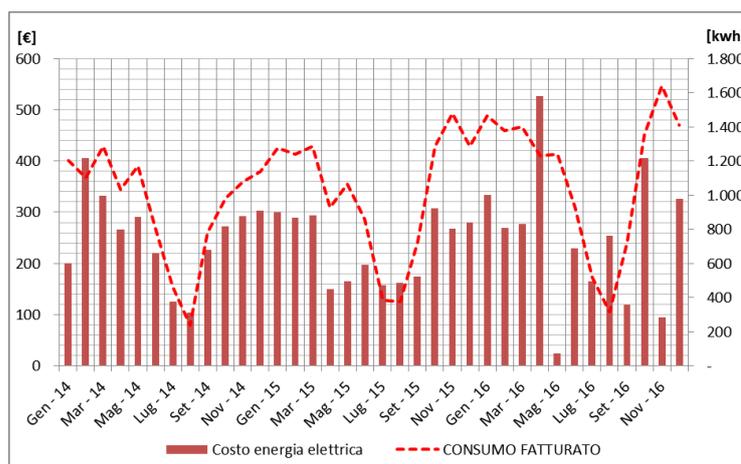


Figura 7.4 – Andamento dei consumi e dei costi dell’energia elettrica



7.2 TARIFFE E PREZZI VETTORI ENERGETICI UTILIZZATI NELL’ANALISI

Nella Tabella 7.6 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 7.7 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_Q 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_{EE} 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.

Relativamente alla spesa energetica complessiva per il gas metano è stata considerata una quota pari al 65% della spesa totale a carico del PDR considerato, percentuale corrispondente alla porzione di consumo di competenza dell’edificio E1602.

Tabella 7.6 – Sintesi dei consumi nel triennio di riferimento

ANNO	VETTORE TERMICO			VETTORE ELETTRICO			TOTALE
	[kWh]	[€]	[€/kWh]	[kWh]	[€]	[€/kWh]	[€]
2014	86532	€ 7.988,72	€ 0,09	11282	€ 3.039,54	0,27	€ 11.028,26
2015	76390	€ 7.907,34	€ 0,10	12186	€ 2.747,64	0,23	€ 10.654,98
2016	79702	€ 5.049,19	€ 0,06	13604	€ 3.027,84	0,22	€ 8.077,02
Media	80875	€ 6.981,75	€ 0,09	12357	€ 2.938,34	0,24	€ 9.920,09

Ai fini del calcolo della Baseline dei costi si sono pertanto assunti i valori di riportati nella Tabella 7.7.

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

Definizione			Valore	U.M.
Costo unitario dell’energia termica	Valore relativo all’ultimo anno a disposizione	C _{UQ}	0,080	[€/kWh]
Costo unitario dell’energia elettrica	Valore relativo all’ultimo anno a disposizione	C _{UE}	0,219	[€/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:

- L1-042-220: servizio di conduzione e manutenzione caldaia con potenza >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 prevedono il pagamento di un canone annuale da parte della PA pari a 1.993,89 € + IVA, cui spetta a carico della struttura una quota stimata pari al 67% dell’importo totale.

Nel caso di impianti non oggetto di fornitura di energia, il costo della manutenzione C_M è pari al valore contrattuale della conduzione e manutenzione (C_{SIIE3}) come fornito all’interno del file kyotoBaseline-E1602. In questo caso i costi della manutenzione sono ripartiti in una quota ordinaria (C_{MO}) e in una quota straordinaria (C_{MS}) come segue:

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

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

Ai fini del calcolo della Baseline dei costi si sono pertanto assunti i valori di riportati nella Tabella 7.8.

Tabella 7.8 – Valori di costo manutentivi individuati per il calcolo della Baseline

Definizione			Valore	U.M.
Costo per la gestione e manutenzione ordinaria	Corrispettivo annuale relativo al contratto O&M in essere	C _{MO}	1.379	[€/anno]
Costo per la manutenzione straordinaria	Media relativa a gli stessi anni considerati per il rilevamento dei consumi storici	C _{MS}	153	[€/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:

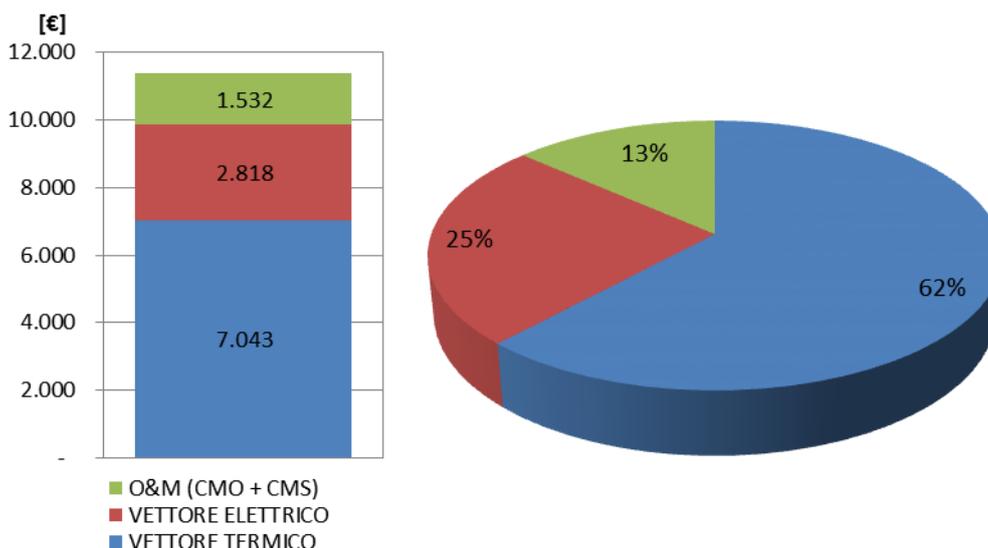
$$C_{baseline} = C_E + C_{MO} + C_{MS}$$

Ne risulta quindi un C_E pari a € 9.861 e un $C_{baseline}$ pari a € 11.393

Tabella 7.9 – Valori di costo individuati per il calcolo della Baseline

VETTORE TERMICO			VETTORE ELETTRICO			O&M ($C_{MO} + C_{MS}$)			TOTALE
$Q_{baseline}$	Cu_Q	C_Q	$EE_{baseline}$	Cu_{EE}	C_{EE}	C_M	C_{MO}	C_{MS}	$CQ+CEE+CM$
[kWh]	[€/kWh]	[€]	[kWh]	[€/kWh]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]
88.138	0,080	7.043	12.881	0,219	2.818	1.532	1.379	153	11.393

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 solai

Generalità

La misura prevede la coibentazione dei solai 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 CO² in ambiente.

Figura 8.1 – Copertura dell'edificio – Lastrico solare accessibile



Caratteristiche funzionali e tecniche

Si è scelto di proporre di eseguire l'operazione di coibentazione con un adeguato strato di lana di vetro (12 cm), tale da consentire 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, sul lato interno.

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 EEM1 sono riportati nella Tabella 8.1 e nella **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**

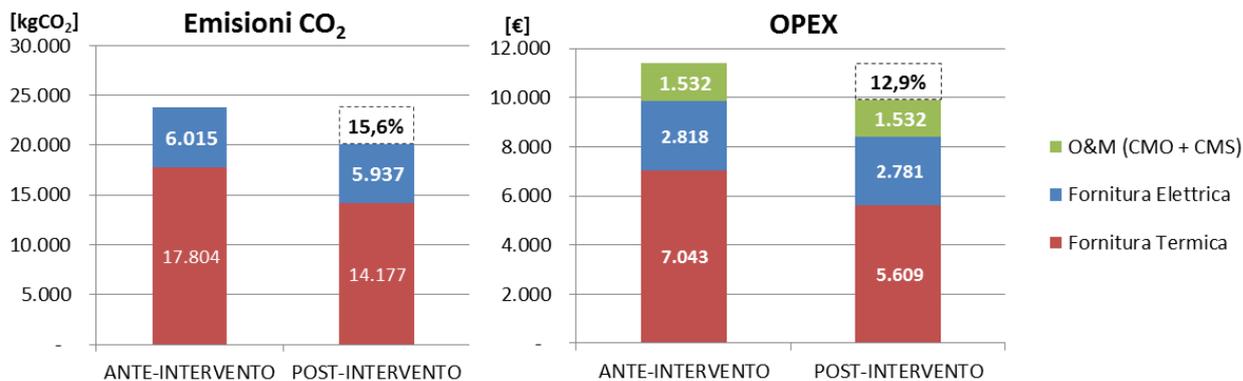
Nonostante l'efficacia dell'intervento non è stato possibile ottenere un cambiamento di classe rispetto allo stato di fatto.

Tabella 8.1 – Risultati analisi EEM1 – Coibentazione solai

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
Trasmittanzs solaio disperdente	[W/mqK]	1,5	0,22	85,3%
Q _{teorico}	[kWh]	84.221	67.066	20,4%
EE _{teorico}	[kWh]	13.148	12.976	1,3%
Q _{baseline}	[kWh]	88.138	70.185	20,4%
EE _{Baseline}	[kWh]	12.881	12.712	1,3%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	17.804	14.177	20,4%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	6.015	5.937	1,3%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	23.819	20.114	15,6%
Fornitura Termica, C _Q	[€]	7.043	5.609	20,4%
Fornitura Elettrica, C _{EE}	[€]	2.818	2.781	1,3%
Fornitura Energia, C_E	[€]	9.861	8.389	14,9%
C _{MO}	[€]	1.379	1.379	0,0%
C _{MS}	[€]	153	153	0,0%
O&M (C _{MO} + C _{MS})	[€]	1.532	1.532	0,0%
OPEX	[€]	11.393	9.922	12,9%
Classe energetica - Scuola materna	[-]	G	F	+1 CLASSE
Classe energetica - Palestra	[-]	F	F	-

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

I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,080 [€/kWh] per il vettore termico e 0,219 [€/kWh] per il vettore elettrico

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

EEM2: Coibentazione murature verticali

Generalità

La misura prevede la coibentazione delle murature verticali disperdenti verso l'esterno sul lato interno, 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 in quanto di "interesse Storico Artistico Particolarmente Importante".

Nell'edificio in esame, la struttura edilizia principale è costituita da muratura portante di spessore variabile da 84 cm a 14 cm.

Questo intervento comporta una notevole diminuzione dei consumi energetici a carico dell'impianto di riscaldamento invernale e conseguentemente una riduzione delle emissioni di CO₂ 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.

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 EEM2 sono riportati nella Tabella 8.2 e nella Figura 8.3.

Si è ottenuto il miglioramento di 2 classi energetiche per la scuola elementare e di una sola per la palestra

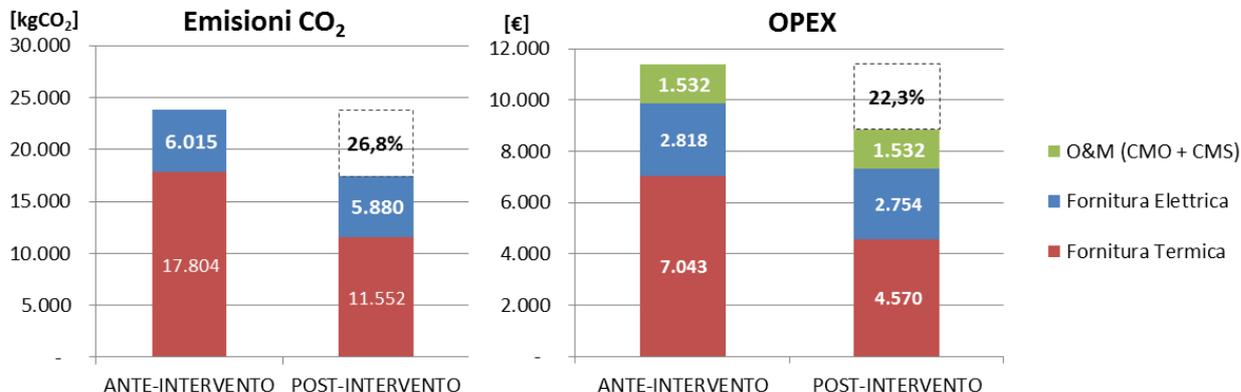
Tabella 8.2 – Risultati analisi EEM2 – Coibentazione murature verticali

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
Trasmittanza media murature verticali	[W/mqK]	1,42	0,245	82,7%
Q _{teorico}	[kWh]	84.221	54.644	35,1%
EE _{teorico}	[kWh]	13.148	12.851	2,3%
Q _{baseline}	[kWh]	88.138	57.186	35,1%
EE _{baseline}	[kWh]	12.881	12.590	2,3%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	17.804	11.552	35,1%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	6.015	5.880	2,3%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	23.819	17.431	26,8%
Fornitura Termica, C _Q	[€]	7.043	4.570	35,1%
Fornitura Elettrica, C _{EE}	[€]	2.818	2.754	2,3%
Fornitura Energia, C_E	[€]	9.861	7.324	25,7%
C _{MO}	[€]	1.379	1.379	0,0%
C _{MS}	[€]	153	153	0,0%
O&M (C _{MO} + C _{MS})	[€]	1.532	1.532	0,0%
OPEX	[€]	11.393	8.856	22,3%
Classe energetica - Scuola materna	[-]	G	E	+2 CLASSI

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

I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,080 [€/kWh] per il vettore termico e 0,219 [€/kWh] per il vettore elettrico

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



EEM3: Sostituzione infissi e vetrocemento e installazione valvole termostatiche

Generalità

La misura prevede la sostituzione del telaio e della parte vetrata degli infissi presenti e la sostituzione delle porzioni di vetrocemento presenti con un vetrocemento di nuova generazione a risparmio energetico. 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 CO₂ in ambiente.

Deve essere posta particolare attenzione alla scelta tecnologica e dei materiali, visto il vincolo cui è sottoposto in quanto di "interesse Storico Artistico Particolarmente Importante".

I serramenti presenti sono prevalentemente in vetro singolo con telaio in ferro probabilmente sostituiti successivamente alla costruzione.

Contestualmente alla sostituzione dei serramenti è stata considerata l'installazione di un sistema di regolazione dotato di valvole termostatiche e pompa ad inverter, al fine di rientrare nel campo di applicazione del Conto Termico.

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.

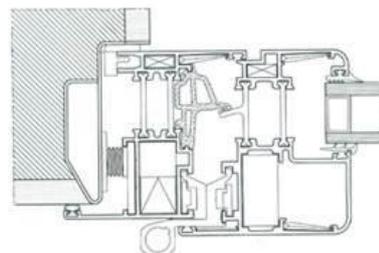
Si propone anche la sostituzione delle porzioni di muratura costituite da vetrocemento.

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

Figura 8.4 – Infissi esistenti



Figura 8.5 – Particolare infisso taglio termico



trasmissioni limite per l’accesso al Conto Termico (per la zona termica D – 1,67 W/mqK). E’ stato possibile rientrare nei limiti di legge anche per la sostituzione del vetrocemento. 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 e sostituita la pompa di circolazione dedicata all’edificio E1602 (EG01) con una pompa gemellare a giri variabili.

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 e del vetrocemento 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 EEM3 sono riportati nella Tabella 8.3 e nella Figura 8.6.

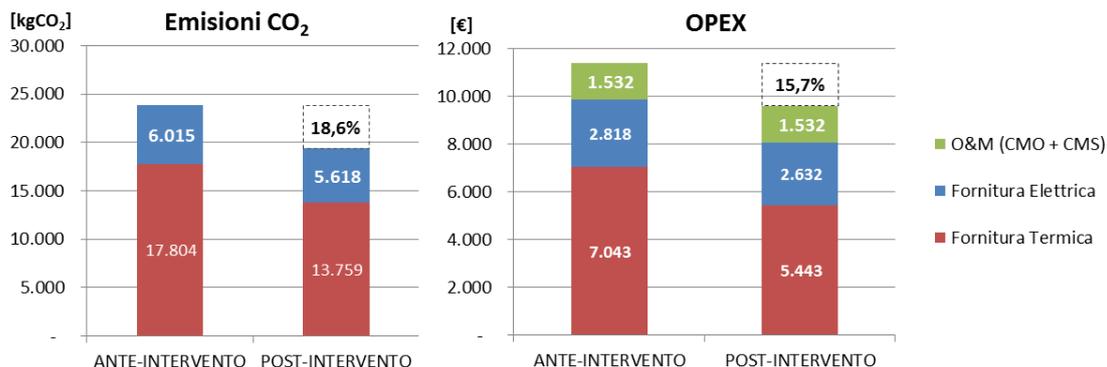
Si è ottenuto il miglioramento di 1 classe energetica per la scuola elementare e di 2 la per la palestra.

Tabella 8.3 – Risultati analisi EEM3 – Sostituzione infissi e vetrocemento

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
Trasmittanza media infissi	[W/mqK]	4,16	1,792	56,9%
Rendimento di regolazione	[%]	86,4	98	-13,4%
Q _{teorico}	[kWh]	84.221	65.088	22,7%
EE _{teorico}	[kWh]	13.148	12.280	6,6%
Q _{baseline}	[kWh]	88.138	68.115	22,7%
EE _{baseline}	[kWh]	12.881	12.031	6,6%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	17.804	13.759	22,7%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	6.015	5.618	6,6%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	23.819	19.378	18,6%
Fornitura Termica, C _Q	[€]	7.043	5.443	22,7%
Fornitura Elettrica, C _{EE}	[€]	2.818	2.632	6,6%
Fornitura Energia, C_E	[€]	9.861	8.075	18,1%
C _{MO}	[€]	1.379	1.379	0,0%
C _{MS}	[€]	153	153	0,0%
O&M (C _{MO} + C _{MS})	[€]	1.532	1.532	0,0%
OPEX	[€]	11.393	9.607	15,7%
Classe energetica - Scuola materna	[-]	G	F	+1 CLASSE
Classe energetica - Palestra	[-]	F	D	+2 CLASSI

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

I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,080 [€/kWh] per il vettore termico e 0,219 [€/kWh] per il vettore elettrico

Figura 8.6 – EEM3: Riduzione dei costi operativi e delle emissioni di CO₂ a partire dalla baseline

8.1.2 Impianto riscaldamento

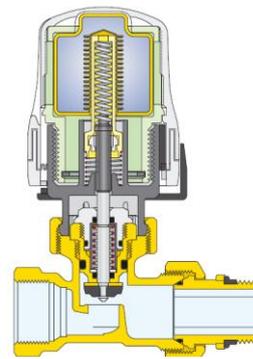
EEM4: Installazione valvole termostatiche ed elettropompa di circolazione a giri variabili

Generalità

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

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

Figura 8.7 – Valvola termostatica



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

Figura 8.8 – Particolari sistema building automation



spegnimento del generatore di calore in funzione della richiesta termica dell'edificio a cui si aggiunge l'elettropompa gemellare di circolazione a giri variabili da installare in centrale termica in sostituzione di quella già presente a velocità di rotazione fissa EG01.



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 8.5 e nella Figura 8.9.

Si è ottenuto il miglioramento di 1 classe energetica per la scuola elementare e nessun passaggio di classe per la palestra.

Tabella 8.4 – Risultati analisi EEM4 – Installazione valvole termostatiche ed elettropompa di circolazione a giri variabili

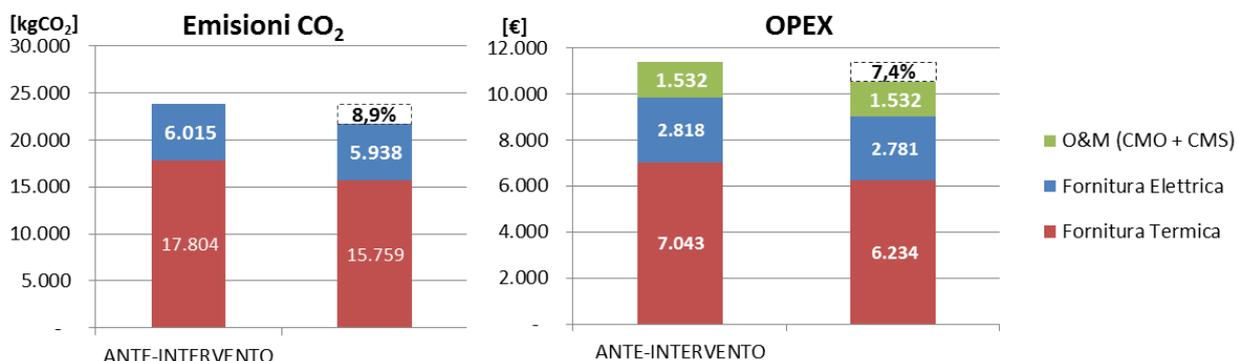
CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
Rendimento di regolazione	[%]	84,8	98	-15,6%
$Q_{teorico}$	[kWh]	84.221	74.549	11,5%
$EE_{teorico}$	[kWh]	13.148	12.979	1,3%
$Q_{baseline}$	[kWh]	88.138	78.015	11,5%
$EE_{Baseline}$	[kWh]	12.881	12.715	1,3%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	17.804	15.759	11,5%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	6.015	5.938	1,3%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	23.819	21.697	8,9%
Fornitura Termica, C_Q	[€]	7.043	6.234	11,5%
Fornitura Elettrica, C_{EE}	[€]	2.818	2.781	1,3%
Fornitura Energia, C_E	[€]	9.861	9.016	8,6%
C_{MO}	[€]	1.379	1.379	0,0%
C_{MS}	[€]	153	153	0,0%
O&M ($C_{MO} + C_{MS}$)	[€]	1.532	1.532	0,0%
OPEX	[€]	11.393	10.548	7,4%
Classe energetica - Scuola materna	[-]	G	F	+1 CLASSE
Classe energetica - Palestra	[-]	F	F	-

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

il vettore elettrico

I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,080 [€/kWh] per il vettore termico e 0,219 [€/kWh] per il vettore elettrico

Figura 8.9 – EEM4: Riduzione dei costi operativi e delle emissioni di CO₂ a partire dalla baseline



EEM5: Sostituzione del generatore di calore

Generalità

L'intervento di sostituzione del generatore presente in centrale termica l'installazione di una caldaia a condensazione modulante che permetterà un migliore adattamento della potenza in funzione del carico richiesto, e consentirà anche di servire i circuiti a bassa temperatura ottimizzando la temperatura di mandata dell'acqua in funzione delle condizioni climatiche esterne e del carico effettivo. Si ricorda che la centrale termica da 151 kW a servizio del riscaldamento dell'edificio E1602, serve anche l'edificio E1600 adiacente, pertanto la potenza termica del generatore di calore deve essere opportunamente dimensionato per soddisfare la potenza necessaria ai due edifici analizzati.

Il risparmio energetico deriva sia dalla migliore efficienza di combustione del nuovo generatore di calore, con minori emissioni inquinanti in ambiente.

Caratteristiche funzionali e tecniche

Occorre inoltre verificare che il rendimento del nuovo generatore di calore a condensazione rispetti i requisiti minimi per l'accesso all'incentivo da Conto Termico.

Descrizione dei lavori

Si consiglia di fare eseguire l'intervento solo da personale specializzato, occorre verificare preventivamente gli spazi di installazione in relazione agli ingombri delle nuove caldaie; verificare l'idoneità del condotto di evacuazione fumi; verificare la necessità di garantire una continuità di servizio all'edificio in fase di sostituzione. Verificare la presenza dell'addolcitore e che questo sia operativo. Verificare, in funzione della potenza installata, la necessità di installare un neutralizzatore di condensa (norma UNI 11071/2003).

Prestazioni raggiungibili

I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione della EEM5 sono riportati nella Tabella 8.5 e nella Figura 8.10.

Si è ottenuto il miglioramento di 1 classe energetica per la scuola elementare e nessun passaggio di classe per la palestra.

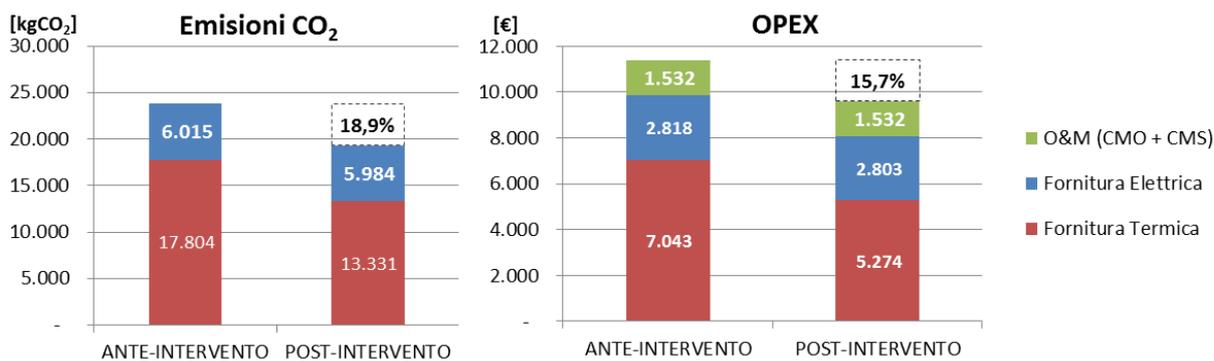
Tabella 8.5 – Risultati analisi EEM5 – Sostituzione del generatore di calore

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
Rendimento di regolazione	[%]	84,8	98	-15,6%
Rendimento di generazione riscaldamento	[%]	86,2	105,1	-21,9%
Q _{teorico}	[kWh]	84.221	63.061	25,1%
EE _{teorico}	[kWh]	13.148	13.079	0,5%
Q _{baseline}	[kWh]	88.138	65.994	25,1%
EE _{Baseline}	[kWh]	12.881	12.813	0,5%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	17.804	13.331	25,1%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	6.015	5.984	0,5%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	23.819	19.315	18,9%
Fornitura Termica, C _Q	[€]	7.043	5.274	25,1%
Fornitura Elettrica, C _{EE}	[€]	2.818	2.803	0,5%
Fornitura Energia, C_E	[€]	9.861	8.077	18,1%
C _{MO}	[€]	1.379	1.379	0,0%
C _{MS}	[€]	153	153	0,0%
O&M (C _{MO} + C _{MS})	[€]	1.532	1.532	0,0%
OPEX	[€]	11.393	9.609	15,7%
Classe energetica - Scuola materna	[-]	G	F	+ 1 CLASSE
Classe energetica - Palestra	[-]	F	F	-

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

I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,080 [€/kWh] per il vettore termico e 0,219 [€/kWh] per il vettore elettrico

Figura 8.10 – EEM5: 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 boiler elettrici singoli posizionati in corrispondenza di alcuni servizi igienici della scuola materna e nello spogliatoio della palestra al piano terra. Ipotizzando di inserire un circuito dedicato alla produzione di ACS combinato con il futuro generatore di calore da installare, l'intervento studiato non risulta sostenibile dal punto di vista finanziario. Il consumo di ACS potrebbe risultare impattante sui consumi elettrici, occupando il 35% dei consumi totali, ma rimane ugualmente un importo molto ridotto rispetto alla spesa

energetica totale, rendendo assolutamente non conveniente un intervento su questo uso energetico della struttura.

8.1.4 Impianto di illuminazione ed impianto elettrico

EEM6: 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.

Figura 8.11 – Corpi illuminanti prevalenti presenti nell’edificio.



Caratteristiche funzionali e tecniche

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

Tabella 8.6 –Sostituzione corpi illuminanti

Potenza [W]	Tipologia	Corrispondenza LED [W]
1X18	Fluo T8	10
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 EEM6 sono riportati nella Tabella 8.7 e nella Figura 8.12.

Nonostante l’efficacia dell’intervento non è stato possibile ottenere un cambiamento di classe rispetto allo stato di fatto per la zona termica della scuola materna, mentre per la palestra si ha un peggioramento, anche se in assoluto si ha una diminuzione dell’ $E_{p_{gl}}$.

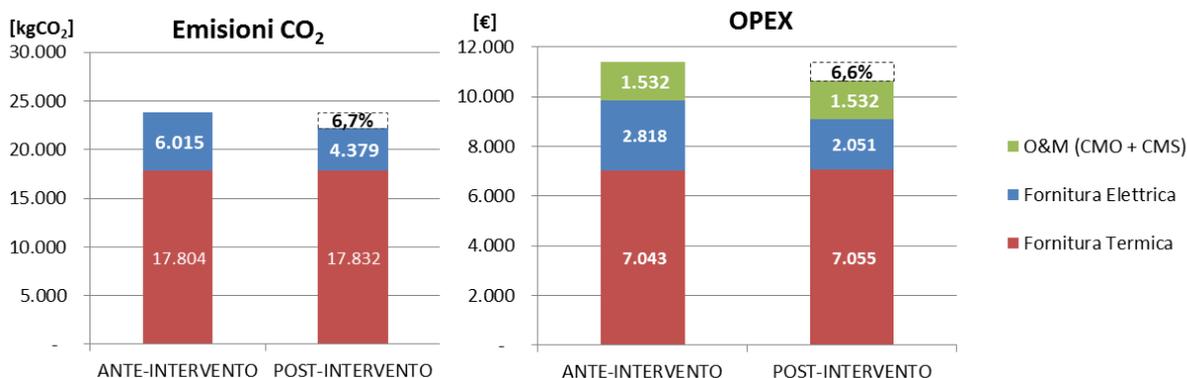
Tabella 8.7 – Risultati analisi EEM6 – Sostituzione corpi illuminanti

CALCOLO RISPARMIO			U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
Potenza elettrica installata per illuminazione			[W]	5868	2624	55,3%
Q _{teorico}			[kWh]	84.221	84.357	-0,2%
EE _{teorico}			[kWh]	13.148	9.572	27,2%
Q _{baseline}			[kWh]	88.138	88.280	-0,2%
EE _{Baseline}			[kWh]	12.881	9.378	27,2%
Emiss. CO2 Termico			[kgCO ₂]	17.804	17.832	-0,2%
Emiss. CO2 Elettrico			[kgCO ₂]	6.015	4.379	27,2%
Emiss. CO2 TOT			[kgCO₂]	23.819	22.212	6,7%
Fornitura Termica, C _Q			[€]	7.043	7.055	-0,2%
Fornitura Elettrica, C _{EE}			[€]	2.818	2.051	27,2%
Fornitura Energia, C_E			[€]	9.861	9.106	7,7%
C _{MO}			[€]	1.379	1.379	0,0%
C _{MS}			[€]	153	153	0,0%
O&M (C _{MO} + C _{MS})			[€]	1.532	1.532	0,0%
OPEX			[€]	11.393	10.638	6,6%
Classe energetica - Scuola materna			[-]	G	G	-
Classe energetica - Palestra			[-]	F	G	-1 CLASSE

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

I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,080 [€/kWh] per il vettore termico e 0,219 [€/kWh] per il vettore elettrico

Figura 8.12 – EEM6: 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 solai

Nella Tabella 9.1 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM 1, che consiste nella coibentazione dei solai di copertura. 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: 62 €/mq

Tabella 9.1 – Analisi dei costi della EEM1 – Coibentazione solai

	DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO		TOTALE (IVA ESCLUSA)	IVA	TOTALE (IVA INCLUSA)
					UNITARIO PREZZARIO	UNITARIO SCONTATO			
					[€/n° o €/m ²]	[€/n° o €/m ²]	[€]	[%]	[€]
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	645	m2	€ 28,96	€ 28,96	€ 18.679,20	22%	€ 22.788,62
01.P09.B03.030	Pannelli semirigidi in lana di vetro, euroclasse A1, densità di 30-35 kg/m ³ e lambda inferiore a 0,034 W/mK; con adeguata protezione di barriera al vapore - Spessore 12 cm	Prezzario Regione Piemonte	645	m2	€ 10,25	€ 10,25	€ 6.611,25	22%	€ 8.065,73
01.A09.G50.005	Posa in opera di materiali per isolamento termico (lana di vetro o di roccia, polistirolo, poliuretano, materiali similari) 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	645	m2	€ 6,59	€ 6,59	€ 4.250,55	22%	€ 5.185,67
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	16	m2	€ 21,17	€ 21,17	€ 341,37	22%	€ 416,47
	Costi per la sicurezza	-	3%	%			€ 896,47	22%	€ 1.093,69

Costi progettazione (in % su importo lavori)	-	7%	%	€	22%	€
				2.091,77		2.551,95
TOTALE (I₀ – EEM1)				€ 32.871	22%	€ 40.102
Incentivi	[Conto termico]					€ 16.041
Durata incentivi						5
Incentivo annuo						€ 3.208,17

EEM2: Coibentazione murature verticali

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

- Percentuale incentivata = 40% della spesa ammissibile;
- Costo massimo ammissibile = 80 €/mq
- Costo unitario valutato per l'intervento: 66 €/mq

Tabella 9.2 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM 2, 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 dunque 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;
- Costo massimo ammissibile = 80 €/mq
- Costo unitario valutato per l'intervento: 66 €/mq

Tabella 9.2 – Analisi dei costi della EEM2 – Coibentazione murature verticali

DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO	PREZZO	TOTALE	IVA	TOTALE	
				UNITARIO PREZZARIO	UNITARIO SCONTATO			(IVA ESCLUSA)	(IVA INCLUSA)
				[€/m ² cm]	[€/m ² cm]	[€]	[%]	[€]	
1C.06.550.0310.f	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. Conducibilità termica dichiarata λ_D spessori 20 ÷ 50 mm 0,031 W/m.K (lana di vetro); Conducibilità termica dichiarata λ_D spessori 60 ÷ 80 mm 0,034 W/m.K (lana di vetro); Conducibilità termica	Prezzario Milano	797	mq	€ 41,10	€ 37,36	€ 29.779	22%	€ 36.330

	dichiarata λ 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 μ lana di vetro 1 Resistenza alla diffusione del vapore acqueo μ 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								
25.A54.B40.010	Rasatura armata con malta preconfezionata a base minerale eseguita a due riprese fresco su fresco rifinita a frattazzo, con interposta rete in fibra di vetro o in poliestere compresa pulizia e preparazione del supporto con una mano di apposito primer. per rivestimento di intere campiture con rete in fibra di vetro 4x4 da 150 gr/mq , spessore totale circa mm 4.	Prezzario Regione Liguria	797	mq	€ 4,95	€ 4,46	€ 3.550,64	22%	€ 4.331,77
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	28	cad	€ 11,49	€ 10,34	€ 289,55	22%	€ 353,25
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	28	cad	€ 15,84	€ 14,26	€ 399,17	22%	€ 486,98
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	797	m2	€ 6,95	€ 6,32	€ 5.036	22%	€ 6.143
	Costi per la sicurezza	-	3%	%			€ 1.172	22%	€ 1.429
	Costi progettazione (in % su importo lavori)	-	7%	%			€ 2.734	22%	€ 3.335
	TOTALE (I₀ – EEM1)						€ 42.959	22%	€ 52.410
	Incentivi	[Conto termico]							€ 20.964
	Durata incentivi								€ 5
	Incentivo annuo								€ 4.193

EEM3: Sostituzione infissi e vetrocemento e installazione valvole termostatiche

Nella Tabella 9.3 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM 3, che consiste nella sostituzione degli infissi e delle porzioni in vetrocemento, contestualmente all'installazione di valvole termostatiche sui radiatori e pompa a giri variabili. 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:

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
- Costo unitario valutato per l'intervento: 473 €/mq
- Calcolo incentivo = 40%*450€/mq*mq infissi sostituiti.

Tabella 9.3 – Analisi dei costi della EEM3 – Sostituzione infissi e vetrocemento ed installazione valvole termostatiche e pompe a giri variabili

	DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO	PREZZO	TOTALE	IVA	TOTALE
					UNITARIO PREZZARIO	UNITARIO SCONTATO	(IVA ESCLUSA)	IVA	(IVA INCLUSA)
					[€/n° o €/m ²]	[€/n° o €/m ²]	[€]	[%]	[€]
25.A05.H01.120	Smontaggio e recupero delle parti riutilizzabili, incluso accantonamento nell'ambito del cantiere, di: serramenti in legno, compreso telaio a murare (misura minima 2,00 m ²)	Prezziario Regione Liguria	67	m2	€ 72,30	€ 65,73	€ 4.404	22%	€ 5.373
PR.A23.A20.010	Finestra o portafinestra in legno completa di vetrocamera, qualità media, con valore massimo di trasmittanza U=2,8 W/m ² K, controtelaio escluso, misurazione minima per serramento m ² 1,0 apertura ad una o due ante o a vasistas	Prezziario Regione Liguria	67	m2	€ 301,07	€ 270,96	€ 18.155	22%	€ 22.149
PR.A23.B10.020	Controtelaio per finestre, portefinestre e simili, in legno.	Prezziario Regione Liguria	33	m	€ 7,59	€ 6,90	€ 226	22%	€ 276
01.A14.A20.005	Lastre verticali in vetrocemento per pareti divisorie, finestrini fissi, anche con parti mobili, costituite da diffusori in vetro normali semplici e doppi e a scatola, annegati in getto di calcestruzzo di cemento 325 in dose 400 kg a m ³ compresa armatura di ferro, eseguite in opera, con superfici piane e perfettamente lisce, rasate su vetro e sulle due facce, per luci varie, compresa ogni prestazione occorrente per la sua esecuzione a regola d'arte - Esclusi telai e manovre in ferro	Prezziario Regione Piemonte	52	m2	€ 215,66	€ 194,09	€ 10.093	22%	€ 12.313

01.A15.A10.015	Posa in opera di vetri di qualunque dimensione su telai metallici od in legno, misurati in opera sul minimo rettangolo circoscritto, incluso il compenso per lo sfrido del materiale	Prezzario Regione Piemonte	119	m2	€ 46,79	€ 42,11	€ 5.011	22%	€ 6.114
PR.C17.A15.010	Valvole micrometriche a squadra complete di testa termostatica con elemento sensibile a gas: Ø 15 mm	Prezzario Regione Liguria	28	cad	€ 35,42	€ 32,20	€ 902	22%	€ 1.100
PR.C47.H10.135	Circolatori per impianti di riscaldamento e condizionamento a velocità variabile, regolate elettronicamente, classe di protezione IP44, classe energetica A, 230V, del tipo: versione gemellare con attacchi flangiati, Ø 50, PN6-10, prevalenza da 1 a 11 m, portata da 1 a 26 m ³ /h	Prezzario Regione Liguria	1	cad	€ 2.999,95	€ 2.727,23	€ 2.727	22%	€ 3.327
40.E10.A10.020	Sola posa in opera di pompe e/o circolatori singoli o gemellari per fluidi caldi o freddi, compreso bulloni, guarnizioni e il collegamento alla linea elettrica, escluse le flange. Per attacchi del diametro nominale di: maggiore di 40 mm fino a 65 mm	Prezzario Regione Liguria	1	cad	€ 50,06	€ 45,51	€ 46	22%	€ 56
PR.E40.B05.210	Interruttore automatico magnetotermico con potere di interruzione 4,5KA bipolare fino a 32 A - 230 V	Prezzario Regione Liguria	1	cad	€ 22,69	€ 20,63	€ 21	22%	€ 25
RU.M01.E01.020	Impianti Elettrici Idraulici Riscaldamento Installatore 4° cat. ex operaio specializzato	Prezzario Regione Liguria	12	h	€ 31,88	€ 28,98	€ 357	22%	€ 436
	Costi per la sicurezza		3%	%			€ 1.258	22%	€ 1.535
	Costi progettazione (in % su importo lavori)		7%	%			€ 2.936	22%	€ 3.582
TOTALE (I₀ – EEM1)							€ 46.135	22%	€ 56.284
Incentivi	[Conto termico]								€ 21.420
Durata incentivi									€ 5
Incentivo annuo									€ 4.284

EEM4: Installazione valvole termostatiche ed elettropompa di circolazione a giri variabili

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:

Installazione di tecnologie di gestione e controllo automatico (building automation) degli impianti termici ed elettrici, inclusa l'installazione di sistemi di termoregolazione e contabilizzazione del calore (art.4, c.1, lett.g)

- Percentuale incentivata = 40% della spesa ammissibile;
- Costo massimo ammissibile = 25 €/mq
- Costo unitario valutato per l'intervento: 6 €/mq

Tabella 9.4 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM 4, che consiste nell'installazione di pompe gemellari ad inverter sul circuito dedicato al servizio di riscaldamento dell'edificio E1602 e valvole termostatiche per la regolazione ambiente della temperatura. 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:

Installazione di tecnologie di gestione e controllo automatico (building automation) degli impianti termici ed elettrici, inclusa l'installazione di sistemi di termoregolazione e contabilizzazione del calore (art.4, c.1, lett.g)

- Percentuale incentivata = 40% della spesa ammissibile;
- Costo massimo ammissibile = 25 €/mq
- Costo unitario valutato per l'intervento: 6 €/mq

Tabella 9.4 – Analisi dei costi della EEM4 – Installazione valvole termostatiche ed elettropompa di circolazione a giri variabili

	DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO	PREZZO	TOTALE	IVA	TOTALE
					UNITARIO PREZZARIO	UNITARIO SCONTATO	(IVA ESCLUSA)	(IVA INCLUSA)	
					[€/n° o €/m ²]	[€/n° o €/m ²]	[€]	[%]	[€]
PR.C17.A15.010	Valvole micrometriche a squadra complete di testa termostatica con elemento sensibile a gas: Ø 15 mm	Prezzario Regione Liguria	28	cad	€ 35,42	€ 32,20	€ 902	22%	€ 1.100
PR.C47.H10.135	Circolatori per impianti di riscaldamento e condizionamento a velocità variabile, regolate elettronicamente, classe di protezione IP44, classe energetica A, 230V, del tipo: versione gemellare con attacchi flangiati, Ø 50, PN6-10, prevalenza da 1 a 11 m, portata da 1 a 26 m ³ /h	Prezzario Regione Liguria	1	cad	€ 2.999,95	€ 2.727,23	€ 2.727	22%	€ 3.327
40.E10.A10.020	Sola posa in opera di pompe e/o circolatori singoli o gemellari per fluidi caldi o freddi, compreso bulloni, guarnizioni e il collegamento alla linea elettrica, escluse le flange. Per attacchi del diametro nominale di: maggiore di 40 mm fino a 65 mm	Prezzario Regione Liguria	1	cad	€ 50,06	€ 45,51	€ 46	22%	€ 56
PR.E40.B05.210	Interruttore automatico magnetotermico con potere di interruzione 4,5KA bipolare fino a 32 A - 230 V	Prezzario Regione Liguria	1	cad	€ 22,69	€ 20,63	€ 21	22%	€ 25

PR.C74.C10.010	Interruttore orario digitale modulare per la programmazione settimanale a due canali	Prezzario Regione Liguria	1	cad	€ 146,74	€ 133,40	€ 133	22%	€ 163
RU.M01.E01.020	Impianti Elettrici Idraulici Riscaldamento Installatore 4° cat. ex operaio specializzato	Prezzario Regione Liguria	12	h	€ 31,88	€ 28,98	€ 357	22%	€ 436
	Costi per la sicurezza	-	3%	%			€ 126	22%	€ 153
	Costi progettazione (in % su importo lavori)	-	7%	%			€ 293	22%	€ 357
TOTALE (I₀ – EEM1)							€ 4.604	22%	€ 5.617
Incentivi	[Conto termico]								€ 2.247
Durata incentivi									€ 5
Incentivo annuo									€ 449

EEM5: Sostituzione del generatore di calore

Nella Tabella 9.5 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM 5 che consiste sostituzione del generatore di calore. L'IVA è stata considerata pari al 22%. Il quadro economico presentato è relativo al rifacimento dell'intera centrale termica. Come già descritto in precedenza, il generatore di calore serve due edifici attigui E1600 ed E1602, su cui il consumo termico è ripartito proporzionalmente come 37% e 63%. Ai fini del calcolo del tempo di rientro dell'investimento verrà considerata a carico dell'edificio E1602 solo la quota corrispondente al 63%, pertanto 9.067 € invece di 14.393 €.

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 impianti di climatizzazione invernale con generatori di calore a condensazione (art.4, c.1, lett.c)

- Percentuale incentivata = 40% della spesa ammissibile;
- Costo massimo ammissibile = 130 €/kWt
- Costo unitario valutato per l'intervento: 83 €/kWt

Tabella 9.5 – Analisi dei costi della EEM5 – Sostituzione del generatore di calore

DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO PREZZARIO	PREZZO UNITARIO SCONTATO	TOTALE (IVA ESCLUSA)	IVA	TOTALE (IVA INCLUSA)
				[€/n° o €/m ₂]	[€/n° o €/m ₂]	[€]	[%]	[€]
PR.C76.B10.015	Prezzario Regione Liguria	1	cad	€ 10.151,63	€ 9.228,75	€ 9.229	22%	€ 11.259
Caldaie a condensazione a basamento, corpo in lega di alluminio-silicio-magnesio con scambiatore primario a basso contenuto d'acqua, classe 5 NOx, rendimento energetico a 4 stelle in base alle direttive europee, bruciatore modulante con testata metallica ad irraggiamento, compreso il pannello di comando montato sul mantello di rivestimento, della potenza termica nominale								

di: 200 Kw circa

PR.C84.C05.500	Sistema fumario prefabbricato a sezione circolare, con giunti maschio-femmina con profilo conico a elementi modulari a doppia parete acciaio inox (parete interna AISI316L e parete esterna AISI304), coibentazione 25mm in lana di roccia pressata, senza guarnizioni di tenuta Coppa di scarico condensa Ø 150 mm	Prezzario Regione Liguria	1	cad	€ 165,72	€ 150,65	€ 151	22%	€ 184
40.C10.B10.120	Sola posa in opera di bruciatore per caldaie, compresi la lavorazione della piastra di collegamento alla caldaia, la sola posa della rampa gas e del dispositivo di controllo tenuta valvola, i collegamenti elettrici, i collegamenti alla tubazione del combustibile a metano o gasolio: per generatori di calore da 101 Kw a 350 Kw	Prezzario Regione Liguria	1	cad	€ 392,78	€ 357,07	€ 357	22%	€ 436
PR.C76.A30.020	Accessori per caldaie a condensazione: Tubi Ø 80mm della lunghezza 1 m	Prezzario Regione Liguria	1	cad	€ 21,13	€ 19,21	€ 19	22%	€ 23
PR.C76.A30.015	Accessori per caldaie a condensazione: Kit scarichi separati per tubi Ø 80mm	Prezzario Regione Liguria	1	cad	€ 28,46	€ 25,87	€ 26	22%	€ 32
40.F10.H10.030	Sola posa in opera di accessori per impianti di termoregolazione compresi collegamenti elettrici: sonde in genere	Prezzario Regione Liguria	1	cad	€ 120,60	€ 109,64	€ 110	22%	€ 134
40.F10.H10.040	Sola posa in opera di accessori per impianti di termoregolazione compresi collegamenti elettrici: interruttore orologio da inserire in quadro elettrico	Prezzario Regione Liguria	1	cad	€ 29,71	€ 27,01	€ 27	22%	€ 33
PR.C74.C10.010	Interruttore orario digitale modulare per la programmazione settimanale a due canali	Prezzario Regione Liguria	1	cad	€ 146,74	€ 133,40	€ 133	22%	€ 163
PR.C74.E05.030	Sonde di temperatura e umidità: sola temperatura, per impianti civili e industriali per esterno	Prezzario Regione Liguria	1	cad	€ 76,47	€ 69,52	€ 70	22%	€ 85
RU.M01.A01.030	Opere edili Operaio Qualificato	Prezzario Regione Liguria	30	h	€ 34,41	€ 31,28	€ 938	22%	€ 1.145
RU.M01.E01.020	Impianti Elettrici Idraulici Riscaldamento Installatore 4° cat. ex operaio specializzato	Prezzario Regione Liguria	24	h	€ 31,88	€ 28,98	€ 696	22%	€ 849
20.A15.B10.015	Trasporto a scarica o a centro di riciclaggio di materiali di risulta	Prezzario Regione Liguria	10	m³km	€ 4,72	€ 4,29	€ 43	22%	€ 52

provenienti da scavi e/o demolizioni, misurato su autocarro in partenza, esclusi gli eventuali oneri di scarica o smaltimento, eseguito con piccolo mezzo di trasporto con capacità di carico fino a 3 t. per ogni chilometro del tratto oltre i primi 5 km e fino al decimo km.

TOTALE GENERATORE DI CALORE A CONDENSAZIONE							€	22%	€
							11.798,05		14.393,63
QUOTA PERTINENZA EDIFICIO E1600				63%			€	22%	€
							7.432,77		9.067,98
PR.C17.A15.010	Valvole micrometriche a squadra complete di testa termostatica con elemento sensibile a gas: Ø 15 mm	Prezzario Regione Liguria	28	cad	€ 35,42	€ 32,20	€ 902	22%	€ 1.100
PR.C47.H10.135	Circolatori per impianti di riscaldamento e condizionamento a velocità variabile, regolate elettronicamente, classe di protezione IP44, classe energetica A, 230V, del tipo: versione gemellare con attacchi flangiati, Ø 50, PN6-10, prevalenza da 1 a 11 m, portata da 1 a 26 m³/h	Prezzario Regione Liguria	1	cad	€ 2.999,95	€ 2.727,23	€ 2.727	22%	€ 3.327
40.E10.A10.020	Sola posa in opera di pompe e/o circolatori singoli o gemellari per fluidi caldi o freddi, compreso bulloni, guarnizioni e il collegamento alla linea elettrica, escluse le flange. Per attacchi del diametro nominale di: maggiore di 40 mm fino a 65 mm	Prezzario Regione Liguria	1	cad	€ 50,06	€ 45,51	€ 46	22%	€ 56
PR.E40.B05.210	Interruttore automatico magnetotermico con potere di interruzione 4,5KA bipolare fino a 32 A - 230 V	Prezzario Regione Liguria	1	cad	€ 22,69	€ 20,63	€ 21	22%	€ 25
PR.C74.C10.010	Interruttore orario digitale modulare per la programmazione settimanale a due canali	Prezzario Regione Liguria	1	cad	€ 146,74	€ 133,40	€ 133	22%	€ 163
RU.M01.E01.020	Impianti Elettrici Idraulici Riscaldamento Installatore 4° cat. ex operaio specializzato	Prezzario Regione Liguria	12	h	€ 31,88	€ 28,98	€ 357	22%	€ 436
	Costi per la sicurezza	-	3%	%			€ 349	22%	€ 425
	Costi progettazione (in % su importo lavori)	-	7%	%			€ 813	22%	€ 992
TOTALE (I₀ – EEM1)							€	22%	€
							12.780		15.592
Incentivi	[Conto termico]								€
									6.237
Durata incentivi									€
									5
Incentivo annuo									€
									1.247

EEM6: Sostituzione corpi illuminanti

Nella Tabella 9.6 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM 6, che consiste nella sostituzione dei corpi illuminanti. L'IVA è stata considerata pari al 22%.

Sostituzione di sistemi per l'illuminazione di interni e delle pertinenze esterne con sistemi di illuminazione efficienti (art.4, c.1, lett.f)

- Percentuale incentivata = 40% della spesa ammissibile;
- Costo massimo ammissibile = 35 €/mq
- Costo unitario valutato per l'intervento: 8 €/mq

Tabella 9.6 – Analisi dei costi della EEM6 – Sostituzione corpi illuminanti

	DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO	PREZZO	TOTALE		TOTALE
					UNITARIO PREZZARIO	UNITARIO SCONTATO	(IVA ESCLUSA)	IVA	(IVA INCLUSA)
					[€/n° o €/m ²]	[€/n° o €/m ²]	[€]	[%]	[€]
1E.06.060.0210.a	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 600 mm - flusso luminoso 825 lm potenza 10W	Prezzario Milano	8	cad	€ 23,61	€ 21,46	€ 172	22%	€ 209
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	159	cad	€ 34,69	€ 31,54	€ 5.014	22%	€ 6.117
	Costi per la sicurezza	-	3%	%			€ 156	22%	€ 190
	Costi progettazione (in % su importo lavori)	-	7%	%			€ 363	22%	€ 443
TOTALE (I₀– EEM1)							€ 5.705	22%	€ 6.960
	Incentivi	[Conto termico]							€ 2.784
	Durata incentivi								€ 5
	Incentivo annuo								€ 557

9.2 ANALISI DI CONVENIENZA DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI CONSIDERATI FATTIBILI

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

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

Gli indicatori economici d'investimento utilizzati sono:

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

Essi sono così definiti:

1) Tempo di ritorno semplice (TRS):

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

Dove:

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

2) Tempo di ritorno attualizzato (TRA):

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

Dove:

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

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

Dove:

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

3) Valore Attuale Netto (VAN) del progetto:

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

Dove:

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

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

5) Indice di Profitto (IP):

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

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

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

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

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

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

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

EEM1: Coibentazione solai

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

Tabella 9.7 – Risultati dell'analisi di convenienza della EEM1– Coibentazione solai

PARAMETRO FINANZIARIO		U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	I_0	€	40.102
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	3.208
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	24,2	13,8
Tempo di rientro attualizzato	TRA	40,6	23,6
Valore attuale netto	VAN	- 10.770	3.512
Tasso interno di rendimento	TIR	1,3%	5,1%
Indice di profitto	IP	-0,27	0,09

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

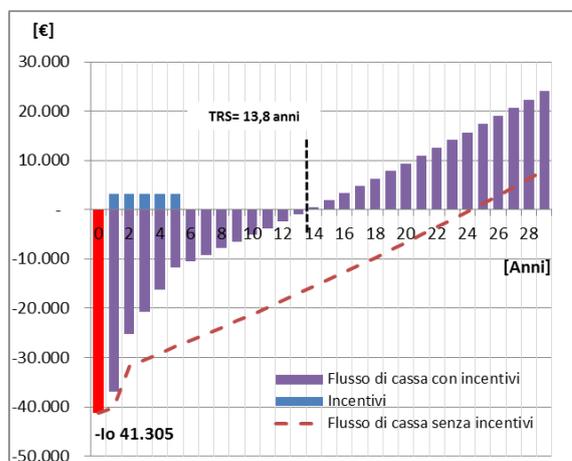
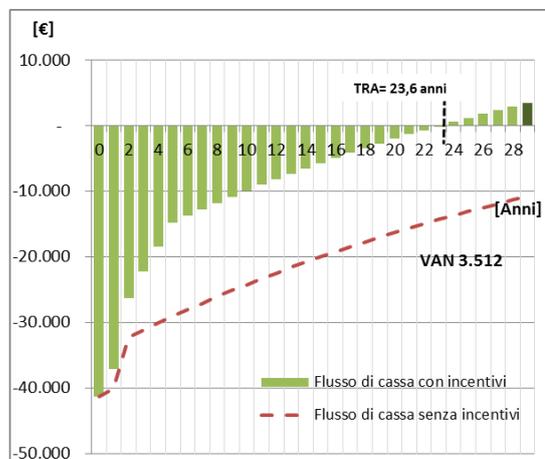


Figura 9.2 – EEM1: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



Dall’analisi effettuata è emerso che il tempo di ritorno dell’intervento senza incentivi è di circa 24 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 14 anni.

EEM2: Coibentazione murature verticali

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

Tabella 9.8 – Risultati dell’analisi di convenienza della EEM1– Coibentazione murature verticali

PARAMETRO FINANZIARIO		U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	I_0	€	52.410
Oneri Finanziari % I_0	OF	[%]	3,0%
Aliquota IVA	%IVA	[%]	22,0%
Anno recupero erariale IVA	n_{IVA}	anni	3
Vita utile	n	anni	30
Incentivo annuo	B	€/anno	4.193
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	19,0	10,8
Tempo di rientro attualizzato	TRA	32,5	16,0
Valore attuale netto	VAN	- 4.125	14.541
Tasso interno di rendimento	TIR	3,3%	7,2%
Indice di profitto	IP	-0,08	0,28

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

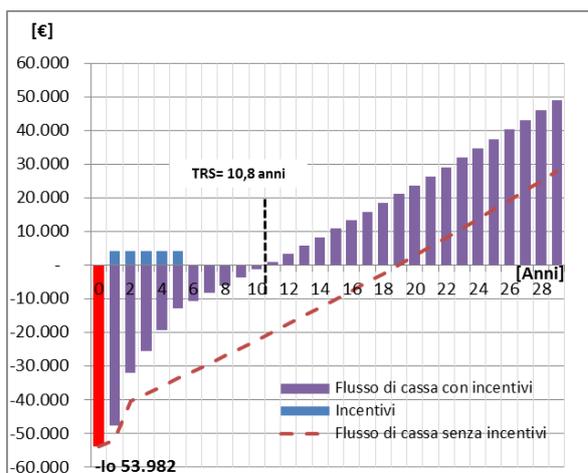
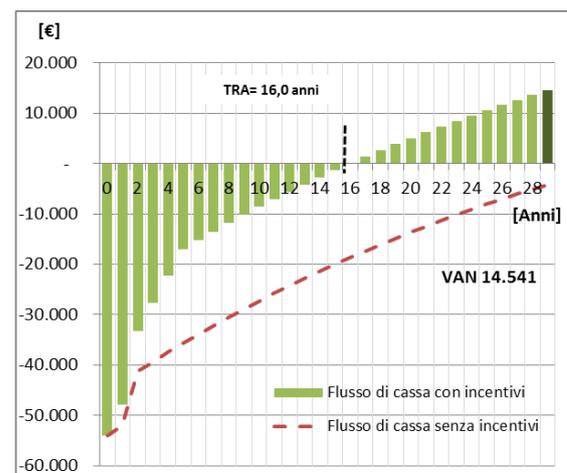


Figura 9.4 – EEM2: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



Dall’analisi effettuata è emerso che il tempo di ritorno dell’intervento senza incentivi è di circa 19 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 circa 11 anni, rendendo conveniente l’EEM2.

EEM3: Sostituzione infissi e vetrocemento e installazione valvole termostatiche

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

Tabella 9.9 – Risultati dell’analisi di convenienza della EEM3– Sostituzione infissi e vetrocemento ed installazione valvole termostatiche

PARAMETRO FINANZIARIO		U.M.	VALORE	
Investimento Iniziale	Io	€	56.284	
Oneri Finanziari %Io	OF	[%]	3,0%	
Aliquota IVA	%IVA	[%]	22,0%	
Anno recupero erariale IVA	n_{IVA}	anni	3	
Vita utile	n	anni	30	
Incentivo annuo	B	€/anno	4.284	
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	27,5	16,6	
Tempo di rientro attualizzato	TRA	45,4	30,3	
Valore attuale netto	VAN	- 19.642	-	570
Tasso interno di rendimento	TIR	0,4%	3,9%	
Indice di profitto	IP	-0,35	-0,01	

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

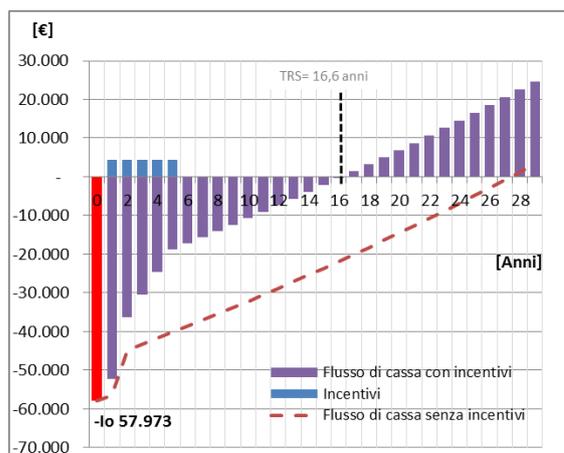
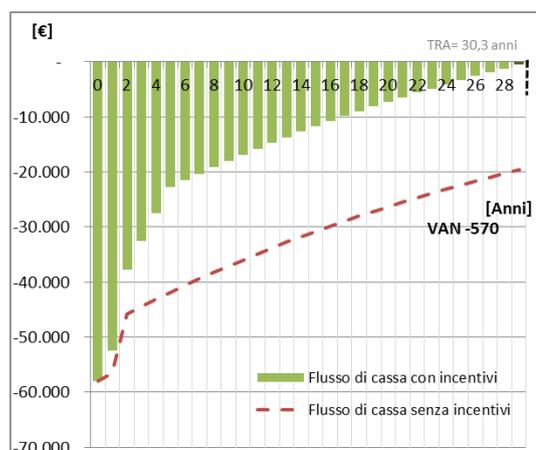


Figura 9.6 – EEM3: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



Dall’analisi effettuata è emerso che il tempo di ritorno dell’intervento senza incentivi è di meno di 28 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 17, rendendo conveniente l’EEM3.

EEM4: Installazione valvole termostatiche ed elettropompa di circolazione a giri variabili

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

Tabella 9.10 – Risultati dell’analisi di convenienza della EEM4 – Installazione valvole termostatiche ed elettropompa di circolazione a giri variabili

PARAMETRO FINANZIARIO		U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	Io	€	5.617
Oneri Finanziari %Io	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	449
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	6,6	4,2
Tempo di rientro attualizzato	TRA	7,9	4,7
Valore attuale netto	VAN	3.104	5.104
Tasso interno di rendimento	TIR	11,8%	18,2%
Indice di profitto	IP	0,55	0,91

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

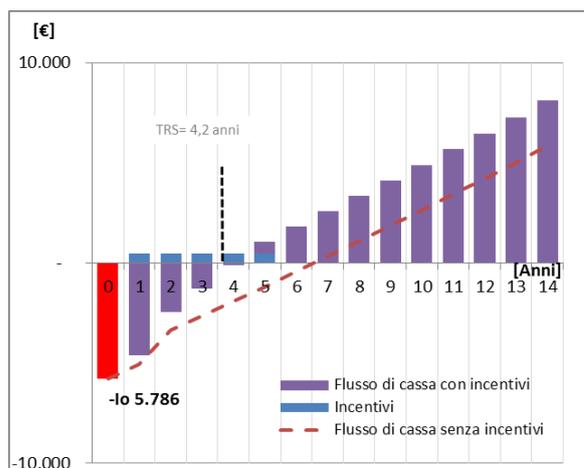
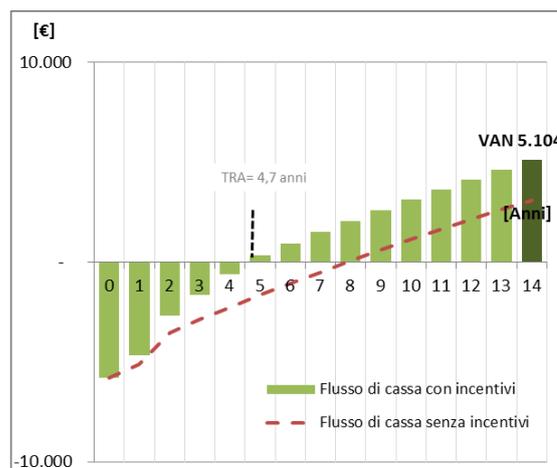


Figura 9.8 – EEM4: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



Dall’analisi effettuata è emerso che il tempo di ritorno dell’intervento senza incentivi è di circa 7 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, rendendo conveniente l’EEM4.

EEM5: Sostituzione del generatore di calore

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

Tabella 9.11 – Risultati dell’analisi di convenienza della EEM5 – Sostituzione del generatore di calore

PARAMETRO FINANZIARIO		U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	Io	€	15.592
Oneri Finanziari %Io	OF	[%]	3,0%
Aliquota IVA	%IVA	[%]	22,0%
Anno recupero erariale IVA	n_{IVA}	anni	3
Vita utile	n	anni	15
Incentivo annuo	B	€/anno	1.247
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	8,6	4,8
Tempo di rientro attualizzato	TRA	10,8	6,0
Valore attuale netto	VAN	3.331	8.884
Tasso interno di rendimento	TIR	7,3%	13,6%
Indice di profitto	IP	0,21	0,57

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

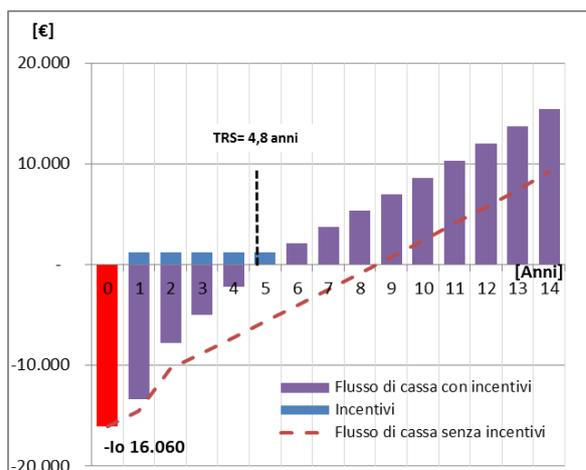
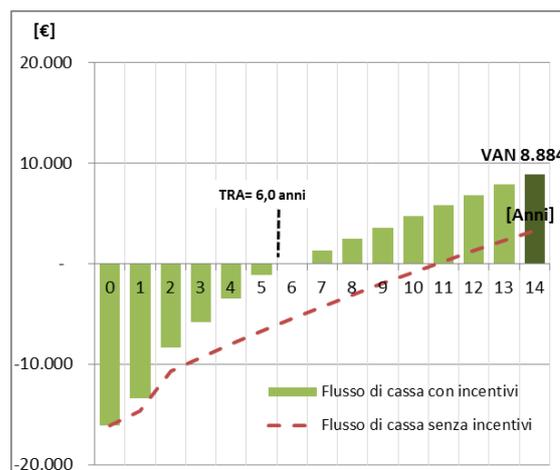


Figura 9.10 – EEM5: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



Dall’analisi effettuata è emerso che il tempo di ritorno dell’intervento senza incentivi è di circa 9 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 circa 5, rendendo conveniente l’EEM5.

EEM6: Sostituzione corpi illuminanti

L’analisi di convenienza effettuata per la EEM 6 porta alla valutazione dei seguenti indici finanziari:

Tabella 9.12 – Risultati dell’analisi di convenienza della EEM6–Sostituzione corpi illuminanti

PARAMETRO FINANZIARIO		U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	Io	€	6.960
Oneri Finanziari %Io	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	557
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	9,0	4,9
Tempo di rientro attualizzato	TRA	11,6	6,7
Valore attuale netto	VAN	1.096	3.575
Tasso interno di rendimento	TIR	6,4%	12,8%
Indice di profitto	IP	0,16	0,51

I flussi di cassa rappresentativi dell’analisi sono riportati nelle Figura 9.11 e Figura 9.12

Figura 9.11 – EEM6: Flussi di Cassa, con e senza incentivi

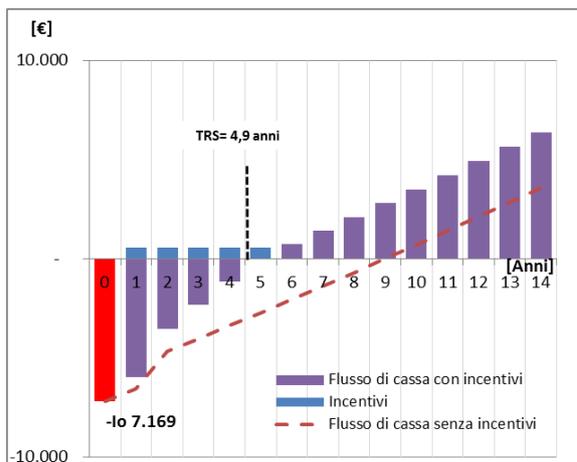
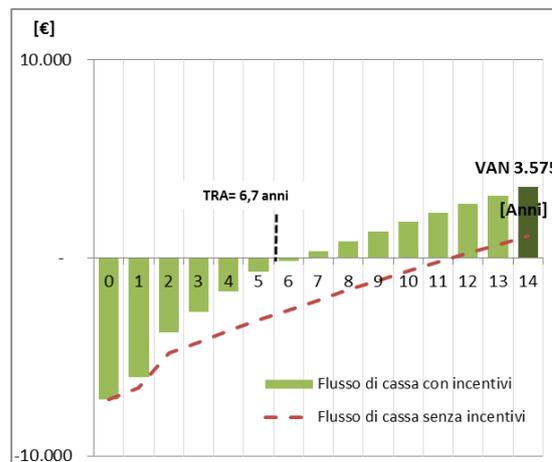


Figura 9.12 – EEM6: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



Dall’analisi effettuata è emerso che il tempo di ritorno dell’intervento senza incentivi di circa 9 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 5, rendendo conveniente l’EEM6.

Sintesi

La sintesi della valutazione economico – finanziaria delle EEM proposte è riportata nelle Tabella 9.13 e Tabella 9.14.

Tabella 9.13 – Sintesi dei risultati della valutazione economico-finanziaria, caso senza incentivi

	SENZA INCENTIVI											
	%ΔE [%]	%ΔCO 2 [%]	ΔCE [€/y]	ΔCMO [€/y]	ΔCMS [€/y]	IO [€]	TRS [anni]	TRA [anni]	n [anni]	VAN [€]	TIR [%]	IP [-]
EEM1	14,92%	15,56%	€ 1.471,5 3	€ -	€ -	€ 40.102, 00	24,2	40,6	30	-€ 10.769, 84	1,34%	-0,27
EEM2	25,73%	18,65%	€ 2.537,1 2	€ -	€ -	€ 52.410, 00	19,0	32,5	30	-€ 4.124,9 0	3,28%	-0,08
EEM3	18,11%	18,65%	€ 1.786,0 6	€ -	€ -	€ 56.284, 00	27,5	45,4	30	-€ 19.641, 80	0,41%	-0,35
EEM4	8,57%	8,91%	€ 845,11	€ -	€ -	€ 5.617,0 0	6,6	7,9	15	€ 3.103,7 3	11,80%	0,55
EEM5	18,10%	18,91%	€ 1.784,3 7	€ -	€ -	€ 15.592, 00	8,6	10,8	15	€ 3.331,2 1	7,25%	0,21
EEM6	7,66%	6,75%	€ 754,98	€ -	€ -	€ 6.960,0 0	9,0	11,6	15	€ 1.096,1 7	6,43%	0,16

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

- %ΔE è il valore percentuale di riduzione dei consumi energetici rispetto al baseline energetico complessivo (termico + elettrico);
- %ΔCO₂ è il valore percentuale di riduzione delle emissioni di CO₂ rispetto al baseline dell’emissioni complessivo (termico + elettrico);

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

Tabella 9.14 – Sintesi dei risultati della valutazione economico-finanziaria, caso con incentivi

	% Δ_E	% Δ_{CO2}	CON INCENTIVI									
			Δ_{CE} [€/anno]	Δ_{CMO} [€/anno]	Δ_{CMS} [€/anno]	I_0 [€]	TRS [anni]	TRA [anni]	n [anni]	VAN [€]	TIR [%]	IP [-]
EEM1	14,92%	15,56%	€ 1.472	€ -	€ -	€ 40.102	13,8	23,6	30	€ 3.512	5,08%	0,09
EEM2	25,73%	18,65%	€ 2.537	€ -	€ -	€ 52.410	10,8	16,0	30	€ 14.541	7,15%	0,28
EEM3	18,11%	18,65%	€ 1.786	€ -	€ -	€ 56.284	16,6	30,3	30	-€ 570	3,87%	-0,01
EEM4	8,57%	8,91%	€ 845	€ -	€ -	€ 5.617	4,2	4,7	15	€ 5.104	18,17%	0,91
EEM5	18,10%	18,91%	€ 1.784	€ -	€ -	€ 15.592	4,8	6,0	15	€ 8.884	13,62%	0,57
EEM6	7,66%	6,75%	€ 755	€ -	€ -	€ 6.960	4,9	6,7	15	€ 3.575	12,81%	0,51

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

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

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

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

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

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

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

Nella formulazione del Piano Economico-Finanziario indicativo degli scenari ottimali, si è assunto che i capitali per la realizzazione degli interventi siano resi disponibili da un privato, con una ripartizione

dell'investimento al 20% tramite mezzi propri (equity) ed all'80% tramite finanziamento terzi (debito). Nel calcolo del VAN di Progetto il tasso di attualizzazione i usato coincide con il WACC (costo medio ponderato del capitale) ed è posto pari al 4%, sulla base della seguente equazione:

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

Dove:

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

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

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

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

Essi sono così definiti:

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

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

Dove:

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

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

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

Dove:

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

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

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

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

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

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

- **Scenario 1: SCN1** – Tale scenario consiste nella sostituzione dei corpi illuminanti interna, nell'installazione di valvole termostatiche con pompa ad inverter e sostituzione del generatore di calore con un generatore a condensazione
- **Scenario 2: SCN2** – Tale scenario consiste nella realizzazione di una coibentazione sulla copertura disperdente, sulle murature verticali, la sostituzione degli infissi e del vetrocemento, sostituzione dei corpi illuminanti, nell'installazione di valvole termostatiche con pompa ad inverter e sostituzione del generatore di calore con un generatore a condensazione.

9.3.1 Scenario 1: <15 ANNI

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

- EEM4 – Installazione valvole termostatiche e pompa a giri variabili
- EEM5 – Sostituzione del generatore di calore
- EEM6 – Sostituzione corpi illuminanti.

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:

- Installazione di tecnologie di gestione e controllo automatico (building automation) degli impianti termici ed elettrici, inclusa l'installazione di sistemi di termoregolazione e contabilizzazione del calore (art.4, c.1, lett.g)
 - Percentuale incentivata = 40% della spesa ammissibile;
 - Costo massimo ammissibile = 25 €/mq
 - Costo unitario valutato per l'intervento: 6 €/mq
- Sostituzione impianti di climatizzazione invernale con generatori di calore a condensazione (art.4, c.1, lett.c)
 - Percentuale incentivata = 40% della spesa ammissibile;
 - Costo massimo ammissibile = 130 €/kWt
 - Costo unitario valutato per l'intervento: 83 €/kWt
- Sostituzione di sistemi per l'illuminazione di interni e delle pertinenze esterne con sistemi di illuminazione efficienti (art.4, c.1, lett.f)
 - Percentuale incentivata = 40% della spesa ammissibile;

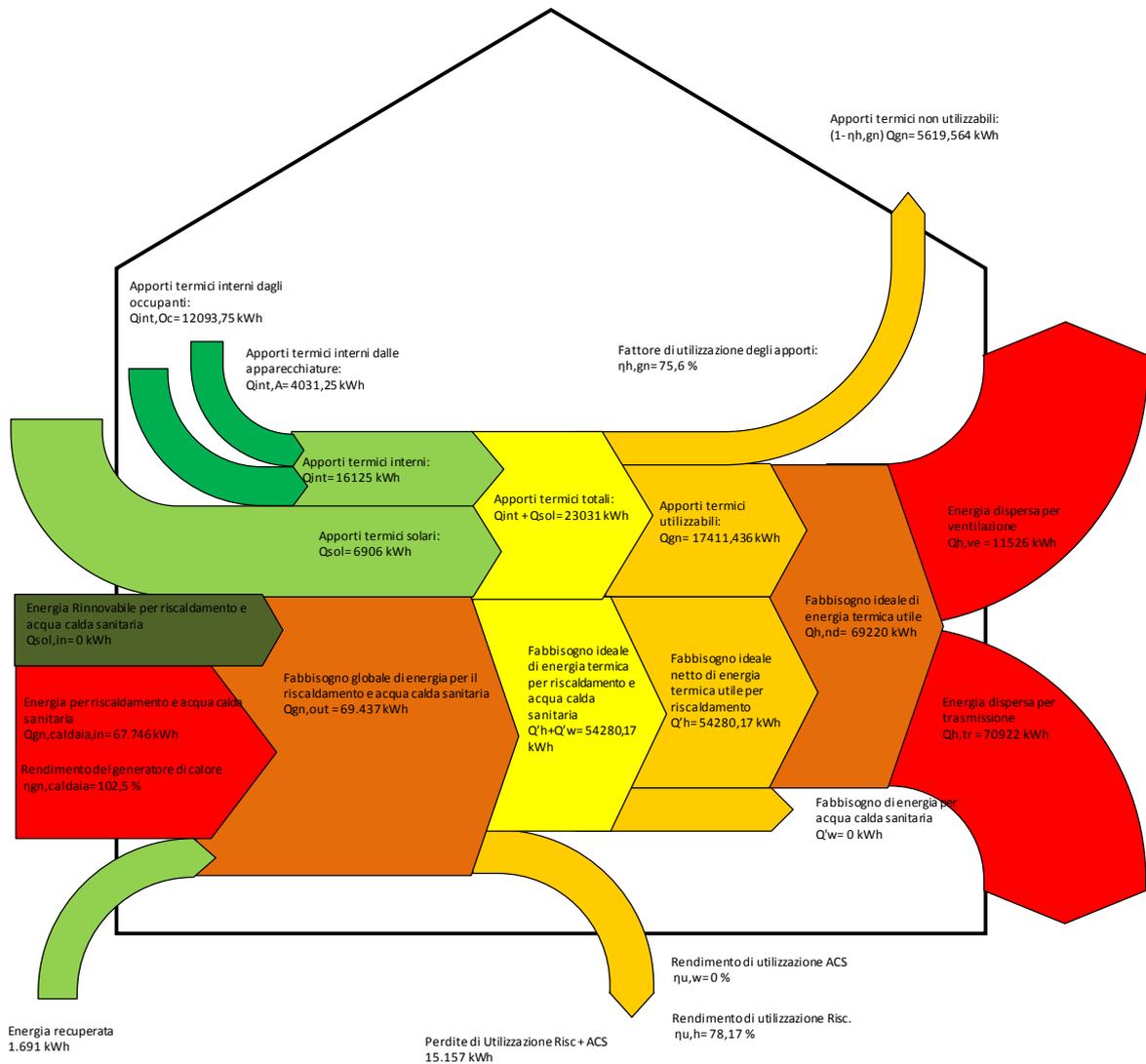
- Costo massimo ammissibile = 35 €/mq
- Costo unitario valutato per l'intervento: 8 €/mq

Tabella 9.15 – Combinazione di EEM proposta per lo scenario 1

VOCE INVESTIMENTO	TOTALE	IVA Al 22%	TOTALE
	(IVA ESCLUSA)		(IVA INCLUSA)
	[€]	[€]	[€]
EEM4 : Installazione valvole termostatiche e pompa a giri variabili	€ 4.186	€ 921	€ 5.107
EEM5 : Sostituzione generatore di calore	€ 7.433	€ 1.635	€ 9.068
EEM6 : Sostituzione corpi illuminanti	€ 5.186	€ 1.141	€ 6.327
EEM4 - Costi per la sicurezza	€ 126	€ 28	€ 153
EEM5 - Costi per la sicurezza	€ 223	€ 49	€ 272
EEM6 - Costi per la sicurezza	€ 156	€ 34	€ 190
EEM4 - Costi per la progettazione	€ 293	€ 64	€ 357
EEM5 - Costi per la progettazione	€ 520	€ 114	€ 635
EEM6 - Costi per la progettazione	€ 363	€ 80	€ 443
TOTALE (I₀)	€ 18.485	€ 4.067	€ 22.552
VOCE MANUTENZIONE	CMO	CMS	CM
	(IVA INCLUSA)	(IVA INCLUSA)	(IVA INCLUSA)
	[€]	[€]	[€]
EEM4 O&M	Come pre - intervento	Come pre - intervento	Come pre - intervento
EEM5 O&M	Come pre - intervento	Come pre - intervento	Come pre - intervento
EEM6 O&M	Come pre - intervento	Come pre - intervento	Come pre - intervento
TOTALE (C_M)	Come pre - intervento	Come pre - intervento	Come pre - intervento
VOCE INCENTIVO	DESCRIZIONE	TOTALE	
		(IVA INCLUSA)	[€]
Incentivi	Conto termico		€ 9.021
Durata incentivi			€ 5
Incentivo annuo			€ 1.804

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

Figura 9.13 – SCN1: Diagramma di Sankey relativo al fabbisogno termico post intervento

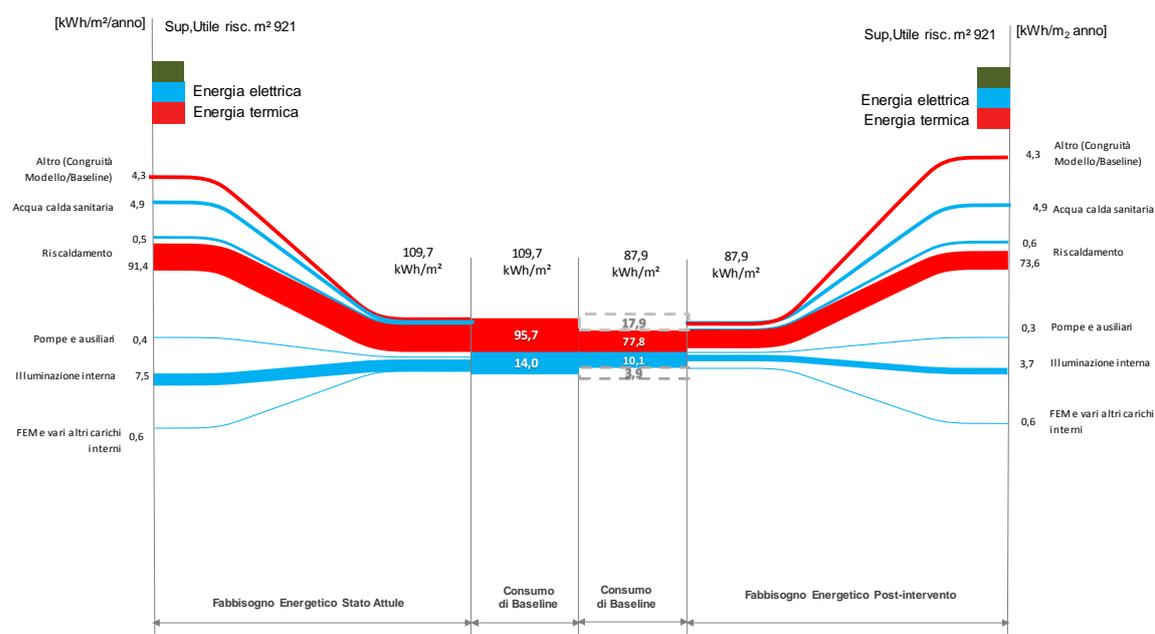


Dall'analisi dei diagrammi di Sankey relativo al fabbisogno termico dell'edificio post intervento è possibile notare che è diminuita l'energia primaria in ingresso all'impianto termico.

È aumentato il rendimento termico del generatore di calore, mentre i fabbisogni termici per la produzione di ACS rimangono invariati.

Dai risultati dell'analisi del SCN1 si ha avuto un passaggio di classe energetica rispetto allo stato di fatto solo per la scuola materna e non per la zona termica della palestra.

Figura 9.14 – SCN1: Bilancio energetico complessivo dell'edificio post intervento



I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione dello Scenario 1 sono riportati nella Tabella 9.16 e nella Figura 9.15.

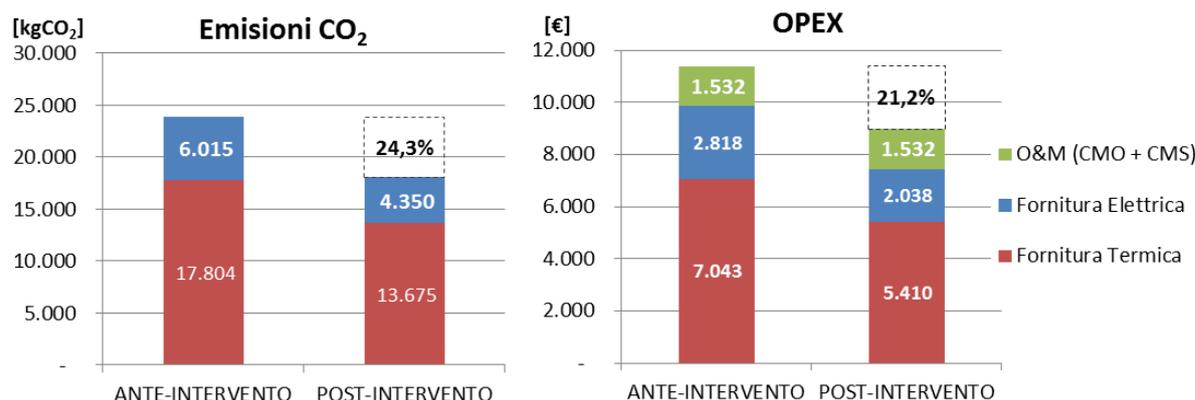
Tabella 9.16 – Risultati analisi SCN1

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
Rendimento di regolazione	[%]	84,8	98	-15,6%
Rendimento di generazione - riscaldamento	[%]	86,2	105,1	-21,9%
Potenza elettrica installata per illuminazione	[W]	5868	2624	55,3%
Q _{teorico}	[kWh]	84.221	64.691	23,2%
EE _{teorico}	[kWh]	13.148	9.508	27,7%
Q _{baseline}	[kWh]	88.138	67.699	23,2%
EE _{baseline}	[kWh]	12.881	9.315	27,7%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	17.804	13.675	23,2%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	6.015	4.350	27,7%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	23.819	18.025	24,3%
Fornitura Termica, C _Q	[€]	7.043	5.410	23,2%
Fornitura Elettrica, C _{EE}	[€]	2.818	2.038	27,7%
Fornitura Energia, C_E	[€]	9.861	7.448	24,5%
C _{MO}	[€]	1.379	1.379	0,0%
C _{MS}	[€]	153	153	0,0%
O&M (C _{MO} + C _{MS})	[€]	1.532	1.532	0,0%
OPEX	[€]	11.393	8.980	21,2%
Classe energetica - Scuola materna	[-]	G	F	+1 CLASSE
Classe energetica - Palestra	[-]	F	F	-

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

I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,080 [€/kWh] per il vettore termico e 0,219 [€/kWh] per il vettore elettrico

Figura 9.15 - SCN1: Riduzione dei costi operativi (OPEX) e delle emissioni di CO₂ a partire dalla baseline



E' stato quindi possibile presentare un modello semplificato di Piano Economico Finanziario (PEF) indicativo, i cui calcoli di dettaglio sono riportati all'Allegato L – Piano Economico Finanziario scenari. I risultati dell'analisi sono riportati nella Tabella 9.17, Tabella 9.18 e Tabella 9.19 e nelle successive figure.

Tabella 9.17 – 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	τ		27,90%
Anni debito (finanziamento)	n_D		9
Anni Equity	n_E		14
Costi d'Investimento diretti, IVA incl.	I_0	€	22.552
Oneri Finanziari (costi indiretti)	%Of		3,00%
Costi d'Investimento indiretti, IVA incl.	Of	€	677
Costi d'Investimento (diretti+Indiretti) , IVA incl.	CAPEX	€	23.229
%CAPEX a Debito	D		80,0%
%CAPEX a Equity	E		20,00%
Debito	I_D	€	18.583
Equity	I_E	€	4.646
Fattore di annualità Debito	FA_D		7,61
Rata annua debito	q_D	€	2.443
Costo finanziamento,(D+INT _D)	$q_D * n_D$	€	21.987
Costi per interessi debito, INT _D	$INT_D = q_D * n_D - D$	€	3.404

Tabella 9.18 – Parametri Economici dell'analisi di redditività dello SCN1

PARAMETRI ECONOMICI			
Costo annuo energia pre-intervento, IVA escl.	C_{ED}	€	8.083
Costo annuo O&M pre-intervento, IVA escl.	C_{MO}	€	1.256
Spesa PA pre-intervento (Baseline)	$C_{Baseline}$	€	9.339
Altri costi di gestione ESCo post-intervento, IVA escl.	C_{Altro}	€	-
Riduzione% costi fornitura Energia	$\% \Delta C_E$		24,5%
Riduzione% costi O&M	$\% \Delta C_M$		0,0%
Obiettivo riduzione spesa PA	$\% C_{Baseline}$		2,0%
Risparmio annuo PA garantito	18,4%	€	1.352
Risparmio annuo PA immediato durante la gestione	Risp.IM	€	187
Risparmio PA durante la concessione	9%	€	18.356
Risparmio annuo PA al termine della concessione	Risp.Term.	€	2.370
N° di Canoni annuali	anni		14
Utile lordo della ESCO	$\% CAPEX$		11,89%
Costo Contrattuale ESCO €/anno IVA escl.	C_{ESCO}	€	197
Costi FTT €/anno IVA escl.	C_{FTT}	€	243
Costi CAPEX €/anno IVA escl.	C_{CAPEX}	€	724
Canone O&M €/anno	C_{nM}	€	1.304
Canone Energia €/anno	C_{nE}	€	6.683
Canone Servizi €/anno IVA escl.	C_{nS}	€	7.987
Canone Disponibilità €/anno IVA escl.	C_{nD}	€	1.165
Canone Totale €/anno IVA escl.	C_n	€	9.152
Aliquota IVA %	IVA		22%
Rimborso erariale IVA	R_{IVA}	€	4.067
Ricavi da Incentivi, esenti d'IVA	R_B	€	9.021
Durata Incentivi, anni	n_B		5
Inizio erogazione Incentivi, anno			2022

Tabella 9.19 – Risultati dell'analisi di redditività e sostenibilità finanziaria della SCN1

INDICATORI DI REDDITIVITA DEL PROGETTO PRE-IMPOSTE			
Tempo di Ritorno Semplice, Spb = Io / FC, Anni	T.R.S.		7,89
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	T.R.A.		11,91
Valore Attuale Netto, VAN = VA - Io	VAN > 0	€	1.287
Tasso interno di rendimento del progetto	TIR > WACC		5,30%
Indice di Profitto	IP		5,71%
INDICATORI DI REDDITIVITA DELLA ESCO PRE-IMPOSTE			
Tempo di Ritorno Semplice, Spb = Io / FC, Anni	T.R.S.		3,09
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	T.R.A.		3,39
Valore Attuale Netto, VAN = VA - Io	VAN > 0	€	864
Tasso interno di rendimento dell'azionista	TIR > ke		17,58%
Debit Service Cover Ratio	DSCR < 1,3		1,104
Loan Life Cover Ratio	LLCR > 1		1,009
Indice di Profitto Azionista	IP		3,83%

Figura 9.16 –SCN1: Flussi di cassa del progetto

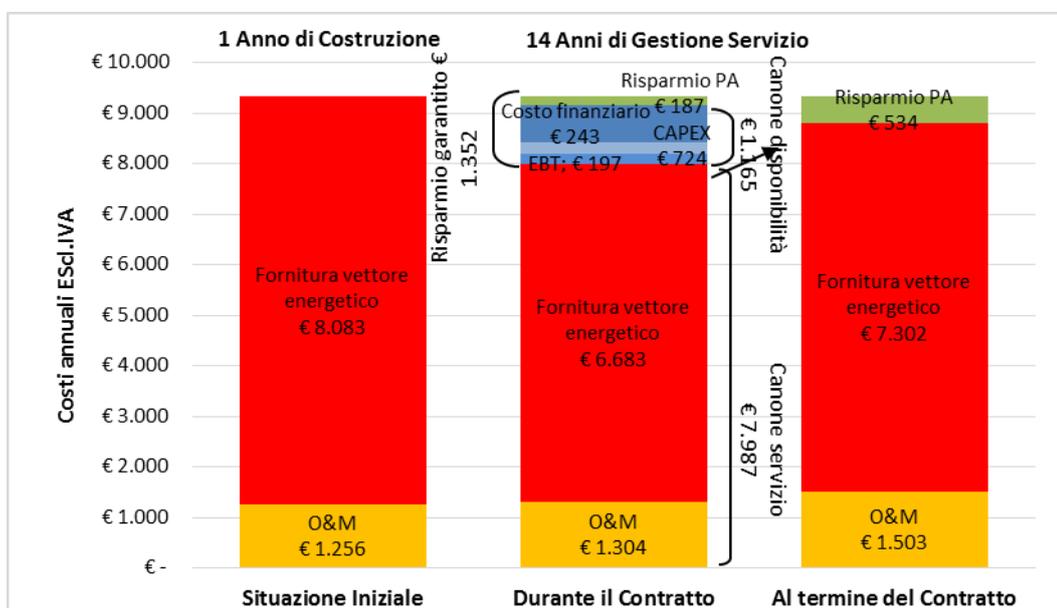


Figura 9.17 – SCN1: Flussi di cassa dell'azionista



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 9.18.

Figura 9.18 – Scenario 1: Schema di Energy Performance Contract



9.3.2 Scenario 2: <25 ANNI

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

- EEM 1: Coibentazione solai
- EEM 2: Coibentazione murature verticali
- EEM 3: Sostituzione infissi
- EEM 4: Installazione valvole termostatiche ed elettropompa di circolazione a giri variabili
- EEM 5: Ristrutturazione impianto termico
- EEM 6: Sostituzione corpi illuminanti

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:

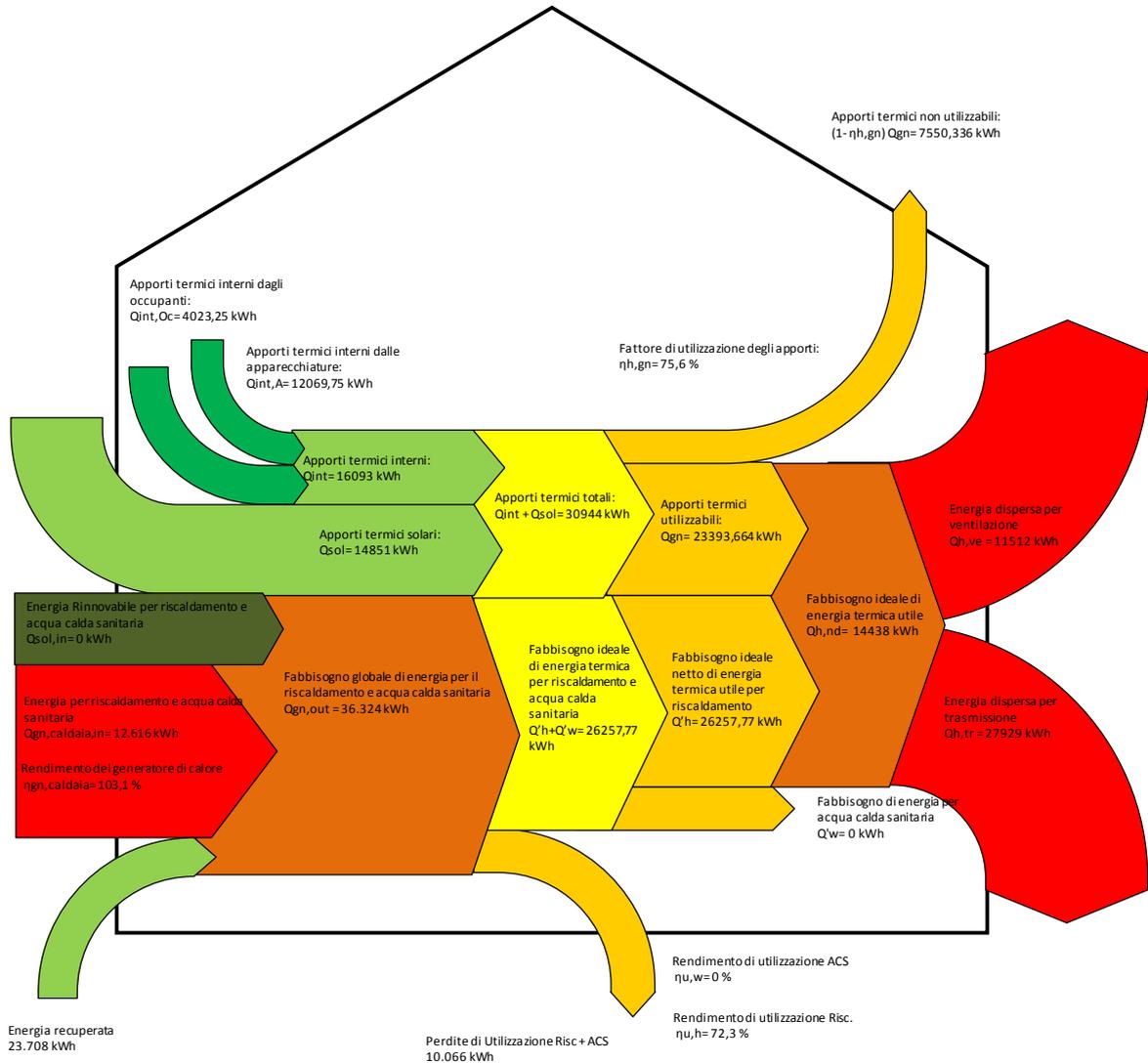
- Installazione di tecnologie di gestione e controllo automatico (building automation) degli impianti termici ed elettrici, inclusa l'installazione di sistemi di termoregolazione e contabilizzazione del calore (art.4, c.1, lett.g)
 - Percentuale incentivata = 55% della spesa ammissibile;
 - Costo massimo ammissibile = 25 €/mq
 - Costo unitario valutato per l'intervento: 6 €/mq
- Sostituzione impianti di climatizzazione invernale con generatori di calore a condensazione (art.4, c.1, lett.c)
 - Percentuale incentivata = 55% della spesa ammissibile;
 - Costo massimo ammissibile = 130 €/kWt
 - Costo unitario valutato per l'intervento: 83 €/kWt
- Sostituzione di sistemi per l'illuminazione di interni e delle pertinenze esterne con sistemi di illuminazione efficienti (art.4, c.1, lett.f)
 - Percentuale incentivata = 40% della spesa ammissibile;
 - Costo massimo ammissibile = 35 €/mq
 - Costo unitario valutato per l'intervento: 8 €/mq
- Isolamento copertura dall'interno (art.4, c.1, lett.a)
 - Percentuale incentivata = 55% della spesa ammissibile;
 - Costo massimo ammissibile = 100 €/mq
 - Costo unitario valutato per l'intervento: 62 €/mq
- Isolamento termico di superfici opache delimitanti il volume climatizzato (art.4, c.1, lett.a)
 - Percentuale incentivata = 55% della spesa ammissibile;
 - Costo massimo ammissibile = 80 €/mq
 - Costo unitario valutato per l'intervento: 66 €/mq
- Sostituzione di chiusure trasparenti comprensive di infissi delimitanti il volume climatizzato (art.4, c.1, lett.b)
 - Percentuale incentivata = 55% della spesa ammissibile;
 - Costo massimo ammissibile = 450 €/mq
 - Costo unitario valutato per l'intervento: 473 €/mq
 - Calcolo incentivo = 55%*450€/mq*mq infissi sostituiti.

Tabella 9.20 – Combinazione di EEM proposta per lo scenario 2

VOCE INVESTIMENTO	TOTALE	IVA Al 22%	TOTALE
	(IVA ESCLUSA)		(IVA INCLUSA)
	[€]	[€]	[€]
EEM1: Coibentazione intradosso solaio esterno	€ 29.882,37	€ 6.574,12	€ 36.456
EEM2: Coibentazione interna murature verticali	€ 39.053,76	€ 8.591,83	€ 47.646
EEM3: Sostituzione infissi	€ 37.888,26	€ 8.335	€ 46.224
EEM4 : Installazione valvole termostatiche e pompa a giri variabili	€ 4.185,81	€ 921	€ 5.107
EEM5 : Sostituzione generatore di calore	€ 7.432,77	€ 1.635	€ 9.068
EEM6 - Sostituzione corpi illuminanti	€ 5.186	€ 1.141	€ 6.327
EEM1 - Costi per la sicurezza	€ 896	€ 197	€ 1.094
EEM2 - Costi per la sicurezza	€ 1.172	€ 258	€ 1.429
EEM3 - Costi per la sicurezza	€ 1.137	€ 250	€ 1.387
EEM4 - Costi per la sicurezza	€ 126	€ 28	€ 153
EEM5 - Costi per la sicurezza	€ 223	€ 49	€ 272
EEM6 - Costi per la sicurezza	€ 156	€ 34	€ 190
EEM1 -Costi per la progettazione	€ 2.092	€ 460	€ 2.552
EEM2 -Costi per la progettazione	€ 2.734	€ 601	€ 3.335
EEM3 -Costi per la progettazione	€ 2.652	€ 583	€ 3.236
EEM4 -Costi per la progettazione	€ 293	€ 64	€ 357
EEM5 -Costi per la progettazione	€ 520	€ 114	€ 635
EEM6 - Costi per la progettazione	€ 363	€ 80	€ 443
TOTALE (I₀)	€ 135.992	€ 29.918	€ 165.910
VOCE MANUTENZIONE	C _{MO}	C _{MS}	C _M
	(IVA INCLUSA)	(IVA INCLUSA)	(IVA INCLUSA)
	[€]	[€]	[€]
EEM1 O&M	Come pre - intervento	Come pre - intervento	Come pre - intervento
EEM2 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
TOTALE (C_M)	Come pre - intervento	Come pre - intervento	Come pre - intervento
VOCE INCENTIVO	DESCRIZIONE	TOTALE	
		(IVA INCLUSA)	
		[€]	
Incentivi	Conto termico	€ 78.824	
Durata incentivi		€ 5	
Incentivo annuo		€ 15.765	

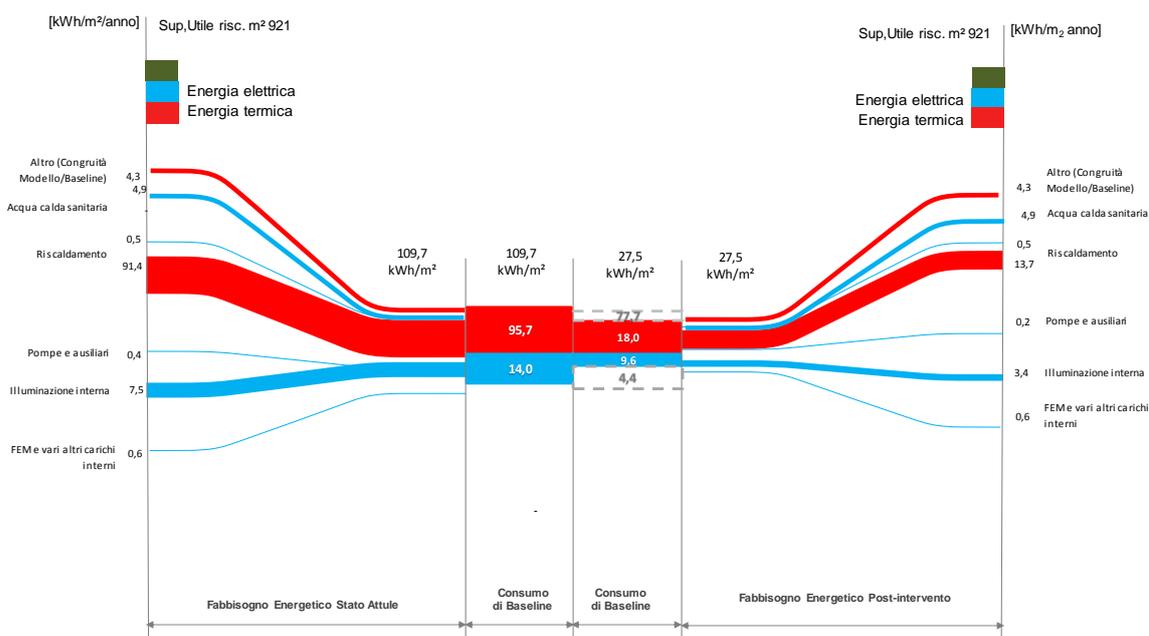
A seguito della modellazione dei due scenari ottimali è stato possibile rappresentare i risultati del bilancio energetico termico nella forma di diagramma di sankey relativo alle situazioni post-intervento.

Figura 9.19 – SCN2: Diagramma di Sankey relativo al fabbisogno termico post intervento



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

Figura 9.20 – SCN2: Bilancio energetico complessivo dell'edificio post intervento



I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione dello Scenario 2 sono riportati nella Tabella 9.21e nella Figura 9.21. È possibile notare che a fronte degli interventi di efficientamento energetico proposti si ha un miglioramento di 4 classi energetiche per la zona termica della palestra, passando dalla classe F dello stato di fatto alla classe B e di 5 classi energetiche per la zona termica della scuola materna che nello SN2 giunge alla classe B dalla classe G dello stato di fatto.

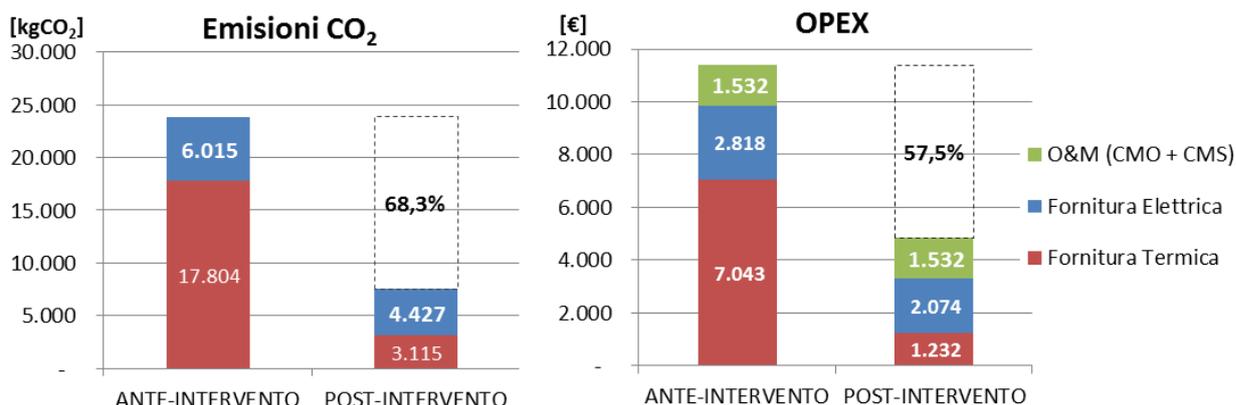
Tabella 9.21 – Risultati analisi SCN2

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
Trasmittanza solaio disperdente	[W/mqK]	1,5	0,22	85,3%
Trasmittanza media murature verticali	[W/mqK]	1,42	0,245	82,7%
Trasmittanza media infissi	[W/mqK]	4,16	1,792	56,9%
Rendimento di regolazione	[%]	84,8	98	-15,6%
Rendimento di generazione - riscaldamento	[%]	86,2	105,1	-21,9%
Potenza elettrica installata per illuminazione	[W]	5868	2624	55,3%
Q _{teorico}	[kWh]	84.221	14.737	82,5%
EE _{teorico}	[kWh]	13.148	9.677	26,4%
Q _{baseline}	[kWh]	88.138	15.422	82,5%
EE _{baseline}	[kWh]	12.881	9.480	26,4%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	17.804	3.115	82,5%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	6.015	4.427	26,4%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	23.819	7.543	68,3%
Fornitura Termica, C _Q	[€]	7.043	1.232	82,5%
Fornitura Elettrica, C _{EE}	[€]	2.818	2.074	26,4%
Fornitura Energia, C_E	[€]	9.861	3.306	66,5%
C _{MO}	[€]	1.379	1.379	0,0%
C _{MS}	[€]	153	153	0,0%
O&M (C _{MO} + C _{MS})	[€]	1.532	1.532	0,0%
OPEX	[€]	11.393	4.839	57,5%
Classe energetica - Scuola materna	[-]	G	B	+5 CLASSI
Classe energetica - Palestra	[-]	F	B	+4 CLASSI

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

I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,080 [€/kWh] per il vettore termico e 0,219 [€/kWh] per il vettore elettrico

Figura 9.21 – SCN2: Riduzione dei costi operativi (OPEX) e delle emissioni di CO₂ a partire dalla baseline



E' stato quindi possibile presentare un modello semplificato di Piano Economico Finanziario (PEF) indicativo, i cui calcoli di dettaglio sono riportati all'Allegato L – Piano Economico Finanziario scenari. I risultati dell'analisi sono riportati nella Tabella 9.22, Tabella 9.23 e Tabella 9.24 e nelle successive figure.

Tabella 9.22 – Parametri finanziari dell'analisi di redditività dello SCN2

PARAMETRI FINANZIARI		
Anni Costruzione	n_i	1
Anni Gestione Servizio	n_s	24
Anni Concessione	n	25
Anno inizio Concessione	n_0	2020
Anni dell'ammortamento	n_A	10
Saggio Cassa Deposito e Prestiti	k_{cdP}	2,00%
Costo Capitale Azienda	WACC	4,00%
$k_{progetto} = \text{Max}(WACC; k_{cdP})$	$k_{progetto}$	4,00%
Inflazione ISTAT	f	0,50%
deriva dell'inflazione	f'	0,70%
%, interessi debito	k_D	3,82%
%, interessi equity	k_E	9,00%
Aliquota IRES	IRES	24,0%
Aliquota IRAP	IRAP	3,9%
Aliquota fiscale	τ	27,90%
Anni debito (finanziamento)	n_D	14
Anni Equity	n_E	24
Costi d'Investimento diretti, IVA incl.	I_0	€ 165.910
Oneri Finanziari (costi indiretti)	%Of	3,00%
Costi d'Investimento indiretti, IVA incl.	Of	€ 4.977
Costi d'Investimento (diretti+Indiretti) , IVA incl.	CAPEX	€ 170.887
%CAPEX a Debito	D	80,0%
%CAPEX a Equity	E	20,00%
Debito	I_D	€ 136.710
Equity	I_E	€ 34.177
Fattore di annualità Debito	FA_D	10,83
Rata annua debito	q_D	€ 12.621
Costo finanziamento,(D+INT _D)	$q_D * n_D$	€ 176.692
Costi per interessi debito, INT _D	$INT_D = q_D * n_D - D$	€ 39.982

Tabella 9.23 – Parametri Economici dell'analisi di redditività dello SCN2

PARAMETRI ECONOMICI			
Costo annuo energia pre-intervento, IVA escl.	C_{E0}	€	8.083
Costo annuo O&M pre-intervento, IVA escl.	C_{M0}	€	1.256
Spesa PA pre-intervento (Baseline)	$C_{Baseline}$	€	9.339
Altri costi di gestione ESCo post-intervento, IVA escl.	C_{Altro}	€	-
Riduzione% costi fornitura Energia	$\% \Delta C_E$		68,3%
Riduzione% costi O&M	$\% \Delta C_M$		0,0%
Obiettivo riduzione spesa PA	$\% C_{Baseline}$		0,0%
Risparmio annuo PA garantito	51,6%	€	5.016
Risparmio annuo PA immediato durante la gestione	Risp.IM	€	-
Risparmio PA durante la concessione	14%	€	44.875
Risparmio annuo PA al termine della concessione	Risp.Term.	€	7.445
N° di Canoni annuali	anni		24
Utile lordo della ESCO	%CAPEX		10,68%
Costo Contrattuale ESCO €/anno IVA escl.	C_{ESCO}	€	760
Costi FTT €/anno IVA escl.	C_{FTT}	€	1.666
Costi CAPEX €/anno IVA escl.	C_{CAPEX}	€	2.589
Canone O&M €/anno	C_{nM}	€	1.338
Canone Energia €/anno	C_{nE}	€	2.986
Canone Servizi €/anno IVA escl.	C_{nS}	€	4.323
Canone Disponibilità €/anno IVA escl.	C_{nD}	€	5.016
Canone Totale €/anno IVA escl.	C_n	€	9.339
Aliquota IVA %	IVA		22%
Rimborso erariale IVA	R_{IVA}	€	29.918
Ricavi da Incentivi, esenti d'IVA	R_B	€	78.824
Durata Incentivi, anni	n_B		5
Inizio erogazione Incentivi, anno			2022

Tabella 9.24 – Risultati dell'analisi di redditività e sostenibilità finanziaria della SCN2

INDICATORI DI REDDITIVITA DEL PROGETTO PRE-IMPOSTE			
Tempo di Ritorno Semplice, Spb = Io / FC, Anni	T.R.S.		12,78
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	T.R.A.		23,31
Valore Attuale Netto, VAN = VA - Io	VAN > 0	€	3.026
Tasso interno di rendimento del progetto	TIR > WACC		4,29%
Indice di Profitto	IP		1,82%
INDICATORI DI REDDITIVITA DELLA ESCO PRE-IMPOSTE			
Tempo di Ritorno Semplice, Spb = Io / FC, Anni	T.R.S.		11,21
Tempo di Ritorno Attualizzato T.R.A., anni	T.R.A.		11,68
Valore Attuale Netto, VAN = VA - Io	VAN > 0	€	1.517
Tasso interno di rendimento dell'azionista	TIR > ke		12,76%
Debit Service Cover Ratio	DSCR < 1,3		1,038
Loan Life Cover Ratio	LLCR > 1		0,925
Indice di Profitto Azionista	IP		0,91%

Figura 9.22 –SCN2: Flussi di cassa del progetto

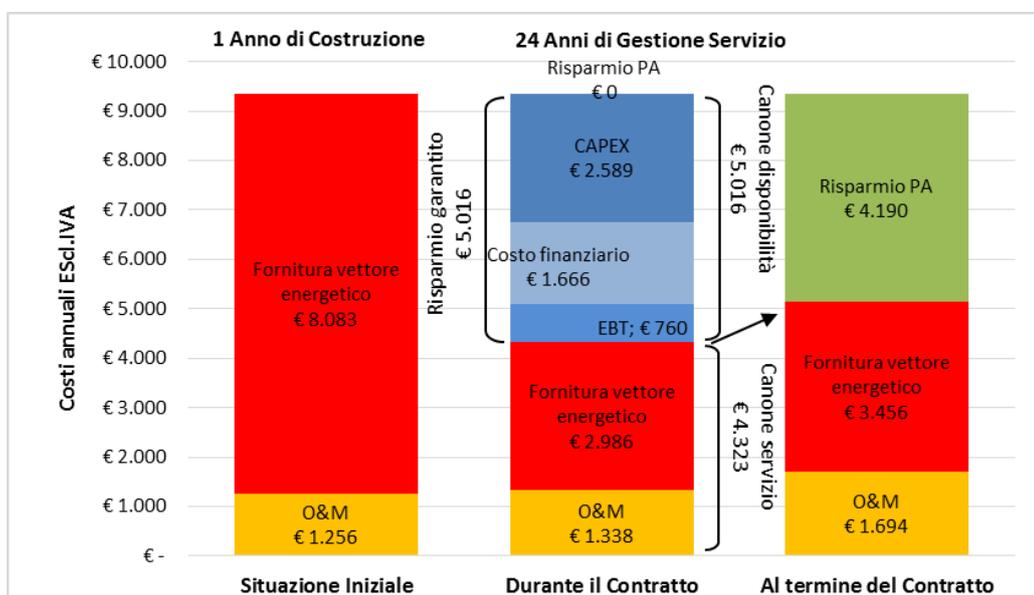


Figura 9.23 – SCN2: Flussi di cassa dell'azionista



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 9.18.

Figura 9.24 – Scenario 2: Schema di Energy Performance Contract



10 CONCLUSIONI

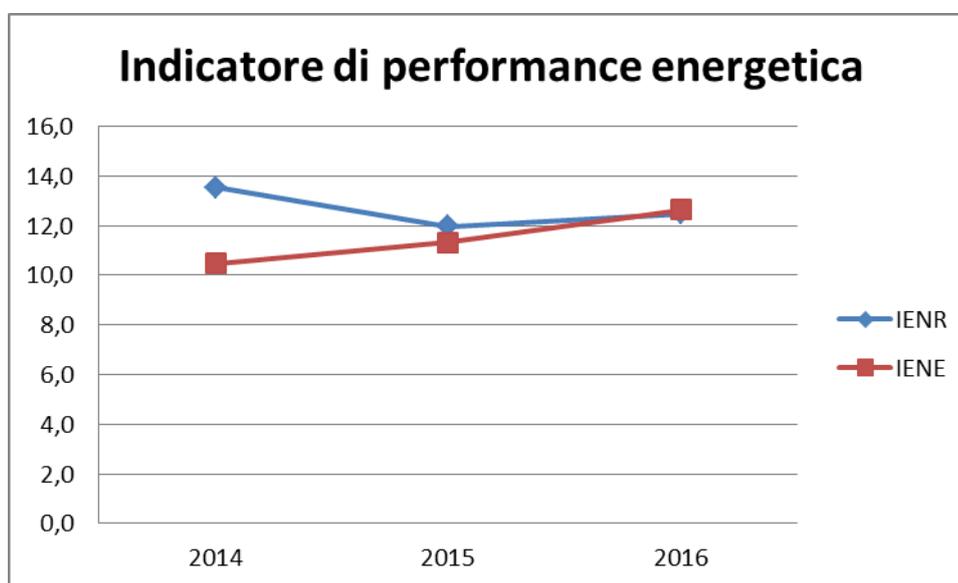
10.1 RIASSUNTO DEGLI INDICI DI PERFORMANCE ENERGETICA

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

Relativamente alle classi di merito riportate nelle Linee Guida ENEA - FIRE, si ottiene una progressiva diminuzione del valore di benchmark di IEN_R dovuto ad una diminuzione del consumo di gas metano tra il 2014 ed il 2016. Il giudizio per questo indicatore è buono per tutto il triennio considerato.

L'indicatore IEN_E subisce invece un progressivo aumento del valore, dovuto appunto ad aumento dei consumi così come registrato dal distributore di energia elettrica. Il giudizio per questo indicatore rimane insufficiente per tutto il periodo considerato.

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 F per la zona termica della palestra e G per la zona termica della Scuola Materna.

Nelle seguenti tabelle sono riportati gli indicatori di prestazione energetica riferiti all'energia primaria totale ed energia primaria totale non rinnovabile relativi allo stato di fatto delle due zone termiche che compongono l'edificio.

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 – Zona termica palestra

INDICE DI PRESTAZIONE ENERGETICA		U.M.	ENERGIA PRIMARIA TOTALE	ENERGIA PRIMARIA NON RINNOVABILE
Globale	EP _{gl}	kWh/mq anno	76,40	72,28
Climatizzazione invernale	EP _H	kWh/mq anno	59,65	59,38
Produzione di acqua calda sanitaria	EP _w	kWh/mq anno	7,56	6,09
Ventilazione	EP _v	kWh/mq anno	0	0
Raffrescamento	EP _c	kWh/mq anno	0	0
Illuminazione artificiale	EP _L	kWh/mq anno	9,19	7,40
Trasporto di persone e cose	EP _T	kWh/mq anno	0	0

Emissioni equivalenti di CO2	CO _{2eq}	Kg/mq anno	15	15
------------------------------	-------------------	------------	----	----

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) – stato di fatto – Zona termica scuola materna

INDICE DI PRESTAZIONE ENERGETICA		U.M.	ENERGIA PRIMARIA TOTALE	ENERGIA PRIMARIA NON RINNOVABILE
Globale	EP _{gl}	kWh/mq anno	165,03	156,48
Climatizzazione invernale	EP _H	kWh/mq anno	123,82	123,27
Produzione di acqua calda sanitaria	EP _w	kWh/mq anno	15,21	12,26
Ventilazione	EP _v	kWh/mq anno	0	0
Raffrescamento	EP _c	kWh/mq anno	0	0
Illuminazione artificiale	EP _L	kWh/mq anno	24,64	19,85
Trasporto di persone e cose	EP _T	kWh/mq anno	1,37	1,10
Emissioni equivalenti di CO2	CO _{2eq}	Kg/mq anno	33	33

Nelle seguenti tabelle sono riportati gli indice di prestazione delle due zone termiche nei due scenari prospettati

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) – SCN1 – zona termica palestra

INDICE DI PRESTAZIONE ENERGETICA		U.M.	ENERGIA PRIMARIA TOTALE	ENERGIA PRIMARIA NON RINNOVABILE
Globale	EP _{gl}	kWh/mq anno	68,45	65,49
Climatizzazione invernale	EP _H	kWh/mq anno	55,51	55,07
Produzione di acqua calda sanitaria	EP _w	kWh/mq anno	7,56	6,09
Ventilazione	EP _v	kWh/mq anno	0	0
Raffrescamento	EP _c	kWh/mq anno	0	0
Illuminazione artificiale	EP _L	kWh/mq anno	5,37	4,33
Trasporto di persone e cose	EP _T	kWh/mq anno	0	0
Emissioni equivalenti di CO2	CO _{2eq}	Kg/mq anno	14	14

Tabella 10.4– 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 – zona termica scuola materna

INDICE DI PRESTAZIONE ENERGETICA		U.M.	ENERGIA PRIMARIA TOTALE	ENERGIA PRIMARIA NON RINNOVABILE
Globale	EP _{gl}	kWh/mq anno	142,51	136,12
Climatizzazione invernale	EP _H	kWh/mq anno	114,34	113,42
Produzione di acqua calda sanitaria	EP _w	kWh/mq anno	15,21	12,26
Ventilazione	EP _v	kWh/mq anno	0	0
Raffrescamento	EP _c	kWh/mq anno	0	0
Illuminazione artificiale	EP _L	kWh/mq anno	11,59	9,34
Trasporto di persone e cose	EP _T	kWh/mq anno	1,37	1,10
Emissioni equivalenti di CO2	CO _{2eq}	Kg/mq anno	28	28

Tabella 10.5– 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 – zona termica palestra

INDICE DI PRESTAZIONE ENERGETICA		U.M.	ENERGIA PRIMARIA TOTALE	ENERGIA PRIMARIA NON RINNOVABILE
Globale	EP _{gl}	kWh/mq anno	30,36	27,66
Climatizzazione invernale	EP _H	kWh/mq anno	17,36	17,18
Produzione di acqua calda sanitaria	EP _w	kWh/mq anno	7,60	6,12
Ventilazione	EP _v	kWh/mq anno	0	0
Raffrescamento	EP _c	kWh/mq anno	0	0
Illuminazione artificiale	EP _L	kWh/mq anno	5,40	4,35
Trasporto di persone e cose	EP _T	kWh/mq anno	0	0
Emissioni equivalenti di CO2	CO _{2eq}	Kg/mq anno	6	6

Tabella 10.6– 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 – zona termica scuola materna

INDICE DI PRESTAZIONE ENERGETICA		U.M.	ENERGIA PRIMARIA TOTALE	ENERGIA PRIMARIA NON RINNOVABILE
Globale	EP _{gl}	kWh/mq anno	46,93	41,50
Climatizzazione invernale	EP _H	kWh/mq anno	20,06	19,85
Produzione di acqua calda sanitaria	EP _w	kWh/mq anno	15,21	12,25
Ventilazione	EP _v	kWh/mq anno	0	0
Raffrescamento	EP _c	kWh/mq anno	0	0
Illuminazione artificiale	EP _L	kWh/mq anno	10,30	8,30
Trasporto di persone e cose	EP _T	kWh/mq anno	1,37	1,10
Emissioni equivalenti di CO2	CO _{2eq}	Kg/mq anno	9	9

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** –sostituzione dei corpi illuminanti, installazione valvole termostatiche e pompe ad inverter e sostituzione generatore di calore.
- **Scenario 2: SCN2** –realizzazione di una coibentazione sulla copertura disperdente, delle murature verticali, sostituzione degli infissi, del vetrocemento, dei corpi illuminanti, del generatore di calore ed installazione di valvole termostatiche con pompa ad inverter.

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

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

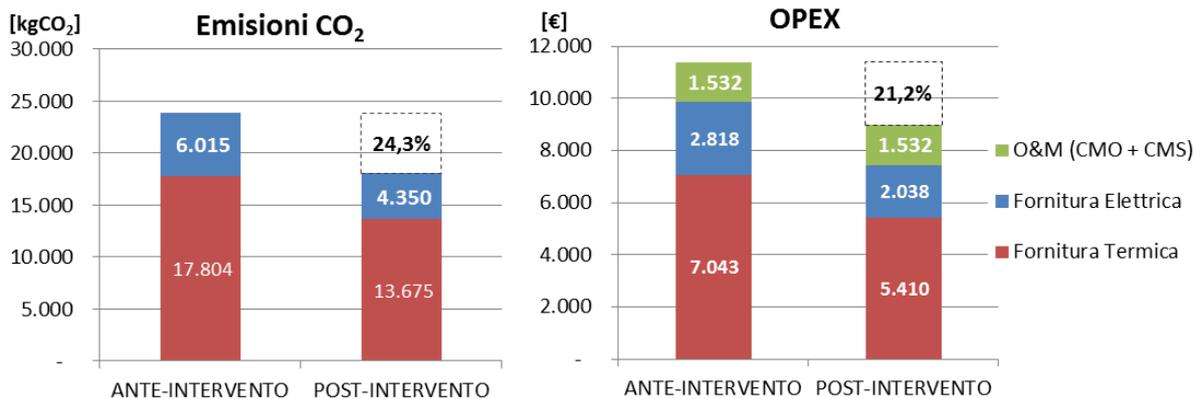
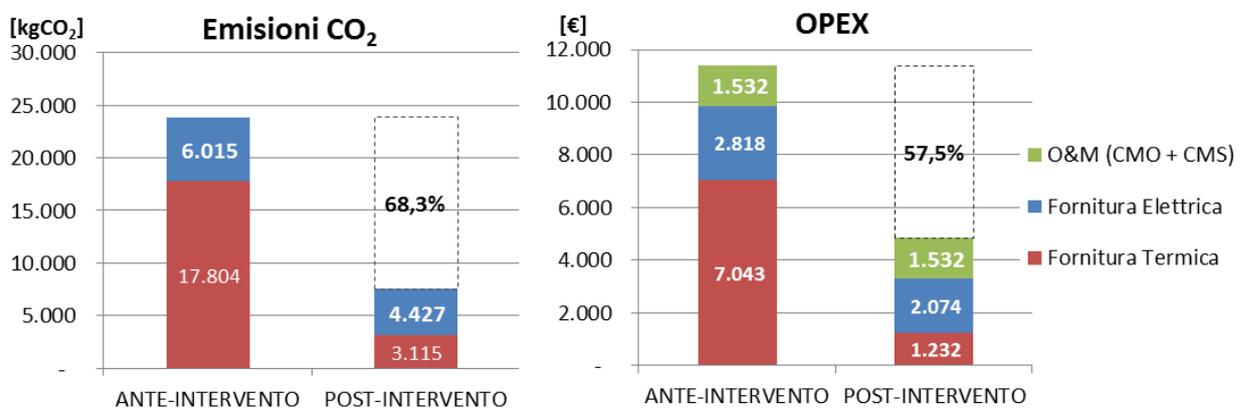


Figura 10.3 – SCN2: Riduzione dei costi operativi (OPEX) e delle emissioni di CO₂ a partire dalla baseline



Come è possibile notare sono maggiori i risparmi in costi operativi e in emissioni nello scenario a 25 anni (SCN1), infatti sono più numerosi e più incisivi gli interventi effettuati sull'edificio. In entrambi gli scenari si raggiungono comunque ottimi risultati sia in termini di emissioni di anidride carbonica sia in termini di spesa per l'energia. L'edificio oggetto di diagnosi risulta quindi avere un ampio margine di miglioramento delle sue performance energetiche, principalmente intervenendo sull'involucro attualmente non coibentato e sulla regolazione più spinta dell'impianto di riscaldamento.

Dagli approfondimenti eseguiti non esistono particolari interferenze tra gli interventi relativi alle coibentazioni degli involucri edilizi tra di loro e nemmeno con l'intervento di sostituzione dei corpi illuminanti. Un'interferenza potrebbe derivare dalla sostituzione del generatore di calore che, se effettuata a valle degli interventi di coibentazione, è certamente condizionata da un abbassamento della potenza termica di dispersione dai componenti edilizi, pertanto sarebbe necessario effettuare l'intervento successivamente.

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. Tuttavia interventi quali la sostituzione del generatore di calore può avvenire fuori dal periodo di riscaldamento, essendo la centrale termica a servizio della sola climatizzazione invernale.

Al fine di misurare in modo efficace i risparmi energetici a valle delle azioni di efficientamento intraprese, si dovrebbe dotare l'edificio di un semplice sistema di monitoraggio dell'energia elettrica e termica. Per quanto riguarda il fabbisogno elettrico, si potrebbe prevedere l'installazione di una apparecchiatura di misura a trasformatori amperometrici sul quadro elettrico generale; in questo modo si riuscirebbero a tenere sotto controllo i consumi globali della struttura e confrontarli con ciò che arriva dalla misura del distributore in fattura. Tuttavia l'installazione di diversi punti di misura per le diverse utenze (illuminazione, FEM, 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.

Specificatamente per il caso di studio in oggetto, sarebbe possibile ed auspicabile l’installazione di un sistema di contabilizzazione della produzione di energia termica da parte del generatore di calore, pensando di installare tre diversi misuratori, uno in uscita al generatore e due sui circuiti secondari di riscaldamento dell’edificio E1600 e dell’edificio E1602.

10.3 RACCOMANDAZIONI

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

Ambito	Raccomandazioni	Considerazioni
Acquisti	Acquistare attrezzature ad alta efficienza energetica.	<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>
Apparecchiature elettriche	Spegnere le fotocopiatrici, le stampanti, i monitor, i pc e le altre attrezzature elettriche se non utilizzate per lungo tempo e nei periodi di chiusura della struttura.	<p>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>

Ambito	Raccomandazioni	Considerazioni
Climatizzazione	Mantenere la temperatura di set-point di legge pari a 20°C.	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.
	Corretta regolazione delle centraline climatiche	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 le temperatura di mandata a seconda del tipo di utenza servita.
	Non utilizzare altri generatori di calore esterni al circuito del riscaldamento principale.	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.
	Regolazione dell'impianto termico in funzione dei locali effettivamente utilizzati.	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.
	Limitare la ventilazione naturale dei locali a brevi periodi e negli orari corretti.	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.
Tenere i terminali di emissione del calore liberi da eventuali ostruzioni.	Il personale deve inoltre assicurarsi della chiusura di tutte le aperture vetrate prima dell'uscita dall'edificio.	

Ambito	Raccomandazioni	Considerazioni
	Spegnimento dell’impianto di produzione del calore.	<p>I terminali di emissione di calore devono essere liberi e non coperti da tendaggi o altro materiale che ostruisce la diffusione del calore nell’ambiente e riduce l’efficienza dell’impianto. Avere dei terminali più efficienti può permettere di regolare la temperatura di mandata del fluido termovettore ad un valore più basso, e di conseguenza può ridurre i consumi di metano o gasolio.</p> <p>Dopo diverse ore di funzionamento l’edificio mantiene una propria inerzia termica, è pertanto consigliabile spegnere l’impianto termico 30-60 minuti prima dell’uscita, ottenendo anche un adattamento alle condizioni esterne. Si può prevedere un ulteriore risparmio fino al 4%.</p>
Formazione del personale	Eeguire una campagna informativa in tema di risparmio energetico.	<p>Fornire informazioni su tutte le possibili azioni di risparmio energetico realizzate e di potenziale realizzazione all’interno dell’edificio.</p> <p>Realizzare incontri per la diffusione della cultura del risparmio energetico.</p> <p>Distribuzione di materiale informativo sull’efficienza energetica negli edifici.</p>
Illuminazione	<p>Prediligere l’utilizzo della luce naturale durante il giorno.</p> <p>Evitare gli sprechi.</p>	<p>Non tenere la tapparella abbassata con l’illuminazione accesa.</p> <p>Uscendo dalla stanza o da un altro ambiente spegnere le luci, specialmente negli ambienti poco frequentati (archivi, sale riunioni e bagni).</p> <p>Il personale deve inoltre assicurarsi dello spegnimento di tutte le luci prima dell’uscita dall’edificio.</p>

10.4 CONCLUSIONI E COMMENTI

La Scuola dell’Infanzia “Bertani” e la Palestra “Umberto I” presentano uno stato di fatto, al momento del sopralluogo avvenuto a novembre 2017, in scarse condizioni. Dall’intervista eseguita agli occupanti della struttura non sono emerse particolari criticità relative all’impianto termico, ma sono risultate molte problematiche relative all’involucro edilizio, si presentano criticità soprattutto negli infissi di tipologia con telaio in metallo e vetro singolo ad alta trasmittanza e scarse prestazioni e problematiche relative alla stabilità strutturale, attualmente sotto monitoraggio.

La centrale termica presente fornisce calore a due strutture adiacenti, alla Scuola Dell’Infanzia “Bertani” (edificio E1602) ed alla Accademia Ligustica (edificio E1600).

La struttura risale all’inizio del ‘900 ed è vincolato secondo il D.Lgs 42/2004.

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

Nei due scenari individuati si presentano due situazioni diverse, nello SCN 1 si ha la riqualificazione dell'impianto termico, con la sostituzione del generatore di calore, installazione di valvole termostatiche e di pompe ad inverter e non si presenta un passaggio di classe rispetto allo stato di fatto.

Nello SCN2, oltre gli interventi contenuti nello SCN1, sono stati eseguiti interventi di efficientamento mediante coibentazione delle strutture opache e sostituzione di quelle trasparenti.

Secondo questa seconda soluzione adottata si ha il passaggio di 4 classi energetiche, dalla classe F alla classe B per la zona termica della palestra e di 5 classi energetiche dalla G dello stato di fatto alla B per la zona termica della scuola materna.

ALLEGATO A – ELENCO DOCUMENTAZIONE FORNITA DALLA COMMITTENZA

	Titolo	Data	Nome file
1	Elenco documentazione fornita	03/08/2018	DE_Lotto.1-E1602_revB_Allegato A_Elenco doc fornita.xlsx

**ALLEGATO B – ELABORATI**

	Titolo	Descrizione	Data	Nome file
1	Planimetria zone termiche, ombreggiamenti e posizionamento POD e PDR – piano terra	Planimetria zone termiche, ombreggiamenti e posizionamento POD e PDR – piano terra	03/08/2018	DE_Lotto.1-E1602_revB-Allegato B_Planimetria P0.dwg
2	Planimetria zone termiche, ombreggiamenti – piano primo	Planimetria zone termiche, ombreggiamenti – Piano primo	03/08/2018	DE_Lotto.1-E1602_revB-Allegato B_Planimetria P1.dwg
3	Elenco illuminazione e FEM	Elenco illuminazione e FEM con modellazione elettrica	03/08/2018	DE_Lotto.1-E1602_revB-Allegato B_Elenco illuminazione e FEM.xlsx
4	Schema impianto termico	Schema impianto termico	03/08/2018	DE_Lotto.1-E1602_revB-Allegato B_Schema impianto termico.dwg
5	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-E1602_revB-Allegato B-Grafici_Template.xlsx
6	Visura catastale	Visura catastale	03/08/2018	DE_Lotto.1-E1602_revB-Allegato B-Visura catastale.JPG
7	Schema a blocchi impianto elettrico	Schema a blocchi impianto elettrico	03/08/2018	DE_Lotto.1-E1602_revB-Allegato B_Schema a blocchi elettrico.xlsx
8	Planimetria catastale	Planimetria catastale	03/08/2018	DE_Lotto.1-E1602_revA-Allegato B_Planimetria catastale



ALLEGATO C – REPORT DI INDAGINE TERMOGRAFICA

	Titolo	Data	Nome file
1	Report termografico	03/08/2018	DE_Lotto.1-E1602_revB-Allegato C-Report termografico.docx



ALLEGATO D – REPORT RELATIVI AD ALTRE PROVE DIAGNOSTICHE STRUMENTALI

	Titolo	Data	Nome file
1	Report strumentazione utilizzata	03/08/2018	DE_Lotto.1-E1602_revB-Allegato D-Report strumentali.docx



ALLEGATO E – RELAZIONE DI DETTAGLIO DEI CALCOLI

	Titolo	Data	Nome file
1	Relazione di calcolo energetico Scuola Materna "Bertani" e Palestra "Umberto I"	03/08/2018	DE_Lotto.1-E1602_revB-Allegato E-Relazione di dettaglio dei calcoli.rtf



ALLEGATO F – CERTIFICATO CTI SOFTWARE

	Titolo	Data	Nome file
1	Certificato CTI software	03/08/2018	DE_Lotto.1-E1602_revB-Allegato F-CertCTI.pdf



ALLEGATO G – ATTESTATO DI PRESTAZIONE ENERGETICA

	Titolo	Data	Nome file
1	Attestato di prestazione energetica – Edificio E1602 – Bozza	03/08/2018	DE_Lotto.1-E1602_revB-Allegato G-APE-Palestra.rtf
1	Attestato di prestazione energetica – Edificio E1602 – Bozza	03/08/2018	DE_Lotto.1-E1602_revB-Allegato G-APE-Scuola materna.rtf

ALLEGATO H – BOZZA DI APE SCENARI

	Titolo	Data	Nome file
1	Attestato di prestazione energetica – Edificio E1602 – Zona termica Palestra - Scenario SCN1 – 15 anni –Bozza	03/08/2018	DE_Lotto.1-E1602_revB-Allegato H-BOZZA APE SCN1-Palestra.rtf
2	Attestato di prestazione energetica – Edificio E1602 – Zona termica Scuola materna - Scenario SCN1 – 15 anni –Bozza	03/08/2018	DE_Lotto.1-E1602_revB-Allegato H-BOZZA APE SCN1-Scuola materna.rtf
3	Attestato di prestazione energetica – Edificio E1602 – Zona termica Palestra - Scenario SCN2 – 25 anni –Bozza	03/08/2018	DE_Lotto.1-E1602_revB-Allegato H-BOZZA APE SCN2-Palestra.rtf
4	Attestato di prestazione energetica – Edificio E1602 – Zona termica Scuola materna - Scenario SCN2 – 25 anni –Bozza	03/08/2018	DE_Lotto.1-E1602_revB-Allegato H-BOZZA APE SCN2-Scuola materna.rtf



ALLEGATO I – DATI CLIMATICI

Titolo	Data	Nome file
Dati climatici di riferimento	03/08/2018	DE_Lotto.1-E1602_revB-Allegato I - Dati meteo Stazione Centro Funzionale.xlsx



ALLEGATO J – SCHEDE DI AUDIT

	Titolo	Data	Nome file
1	Schede AICARR E1600	03/08/2018	DE_Lotto.1-E1602_revB-Allegato J_check list AICARR.xlsx

ALLEGATO K – SCHEDE ORE

	Titolo	Data	Nome file
1	Sostituzione serramenti	03/08/2018	DE_Lotto.1-E1602_revB-Allegato K_A1.2 – Chiusure verticali trasparenti – sostituzione serramenti.pdf
2	Coibentazione interna delle murature verticali	03/08/2018	DE_Lotto.1-E1602_revB-Allegato K_A2.5 - Chiusure verticali opache-coibentazione dall interno con pannelli.pdf
3	Coibentazione dell'intradosso del solaio con pannelli	03/08/2018	DE_Lotto.1-E1602_revB-Allegato K_A3.4 – Partizioni orizzontali – isolamento all'intradosso con pannelli
4	Sostituzione del generatore di calore con caldaia a condensazione	03/08/2018	DE_Lotto.1-E1602_revB-Allegato K_H2 - Sostituzione sistemi di generazione obsoleti con caldaie a condensazione.pdf
5	Installazione pompe ad inverter	03/08/2018	DE_Lotto.1-E1602_revB-Allegato K_H15 - Installazione di pompe a portata variabile.pdf
6	Installazione valvole termostatiche	03/08/2018	DE_Lotto.1-E1602_revB-Allegato K_H16 – Installazione valvole termostatiche.pdf
7	Sostituzione corpi illuminanti	03/08/2018	DE_Lotto.1-E1602_revB-Allegato K_L1 - Installazione di sorgenti luminose ad alta efficienza.pdf



ALLEGATO L – PIANO ECONOMICO FINANZIARIO SCENARI

	Titolo	Data	Nome file
1	Analisi Piano Economico Finanziario	03/08/2018	DE_Lotto.1-E1602_revB-Allegato L_Analisi PEF.xlsx



ALLEGATO M – REPORT DI BENCHMARK

	Titolo	Data	Nome file
1	Report di Benchmark	03/08/2018	DE_Lotto.1-E1602_revB-Allegato M-Report di benchmark.docx



ALLEGATO N – CD-ROM