

VILLA GRIMALDI (MUSEO)

E64/1

VIA CAPOLUNGO N 9

RAPPORTO DI DIAGNOSI ENERGETICA

FONDO KYOTO - SCUOLA 3



Luglio/2018

COMUNE DI GENOVA
STRUTTURA DI STAFF - ENERGY MANAGER



COMUNE DI GENOVA



VILLA GRIMALDI (MUSEO)

E64/1

VIA CAPOLUNGO N 9

RAPPORTO DI DIAGNOSI ENERGETICA

FONDO KYOTO - SCUOLA 3

Luglio/2018

COMUNE DI GENOVA

STRUTTURA DI STAFF - ENERGY MANAGER

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

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

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

Environment Park.S.p.A

via Livorno n.60 – 10144 Torino - Italia

Tel: 011 2257536 – stefano.dotta@envipark.com



REGISTRO REVISIONI E PUBBLICAZIONI

Revisione	Data	Realizzazione	Revisione	Approvazione	Descrizione
A	15/05/2018	Sergio Ravera	Sergio Ravera	Stefano Dotta	Prima Pubblicazione
		Stefano Dotta	Daniela Di Fazio		
		Mauro Cornaglia			
		Angela Baccaro			
		Vincenzo Cuzzola			
B	26/07/2018	Sergio Ravera	Sergio Ravera	Stefano Dotta	Seconda Pubblicazione
		Stefano Dotta	Daniela Di Fazio		
		Mauro Cornaglia			
		Angela Baccaro			
		Vincenzo Cuzzola			

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

EXECUTIVE SUMMARY	I
1 INTRODUZIONE	1
1.1 PREMessa	1
1.2 SCOPO DELLA DIAGNOSI ENERGETICA	1
1.3 RIFERIMENTO E CONTATTI AUDITOR E PERSONALE COINVOLTO.....	1
1.4 IDENTIFICAZIONE DELL'EDIFICIO.....	2
1.5 METODOLOGIA DI LAVORO	3
1.6 STRUTTURA DEL REPORT	6
2 DATI DELL'EDIFICIO.....	7
2.1 INFORMAZIONI SUL SITO	7
2.2 INQUADRAMENTO TERRITORIALE, SOCIO-ECONOMICO E DESTINAZIONE D'USO	7
2.3 VERIFICA DEI VINCOLI INTERFERENTI SULLE PARTI DELL'IMMOBILE INTERESSATE DAGLI 'INTERVENTI.....	9
2.4 MODALITÀ DI GESTIONE E MANUTENZIONE DI EDIFICI ED IMPIANTO.....	10
3 DATI CLIMATICI	12
3.1 DATI CLIMATICI DI RIFERIMENTO.....	12
3.2 DATI CLIMATICI REALI.....	13
3.3 ANALISI DELL'ANDAMENTO DEI DATI CLIMATICI E PROFILI ANNUALI DEI GRADI GIORNO	13
4 AUDIT EDIFICIO E IMPIANTI ELETTRICI E MECCANICI	15
4.1 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE DELL'INVOLUCRO EDILIZIO.....	15
4.1.1 <i>Involucro opaco</i>	15
4.1.2 <i>Involucro trasparente</i>	16
4.2 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO DI RISCALDAMENTO/ CLIMATIZZAZIONE INVERNALE.....	18
4.2.1 <i>Sottosistema di emissione</i>	18
4.2.2 <i>Sottosistema di regolazione</i>	18
4.2.3 <i>Sottosistema di distribuzione</i>	19
4.2.4 <i>Sottosistema di generazione</i>	21
LE CARATTERISTICHE DEI SISTEMI DI GENERAZIONE SONO RIPORTATE NELLA TABELLA 4.9.	21
4.3 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO PRODUZIONE ACQUA CALDA SANITARIA	22
4.4 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO DI RAFFRESCAMENTO/CLIMATIZZAZIONE ESTIVA	23
4.5 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO ELETTRICO E PRINCIPALI UTENZE ELETTRICHE	23
4.6 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO ILLUMINAZIONE	24
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	35
6 MODELLO DEL FABBISOGNO ENERGETICO.....	39
6.1 METODOLOGIA DI CALCOLO ADOTTATA E VALIDAZIONE DEI MODELLI DI CALCOLO	39
6.1.1 <i>Validazione del modello termico</i>	40
6.1.2 <i>Validazione del modello elettrico</i>	41
6.2 FABBISOGNI ENERGETICI.....	41
6.3 PROFILI ENERGETICI MENSILI.....	43
7 ANALISI DEI COSTI PRE-INTREVENTO	46
7.1 COSTI RELATIVI ALLA FORNITURA DEI VETTORI ENERGETICI	46
7.1.1 <i>Vettore termico</i>	46
7.1.2 <i>Vettore elettrico</i>	51



7.2	TARIFE E PREZZI VETTORI ENERGETICI UTILIZZATI NELL'ANALISI.....	56
7.3	COSTI DI GESTIONE E MANUTENZIONE DI EDIFICIO ED IMPIANTI.....	56
7.4	BASELINE DEI COSTI.....	57
8	IDENTIFICAZIONE DELLE MISURE DI EFFICIENZA ENERGETICA	59
8.1	DESCRIZIONE, FATTIBILITÀ E PRESTAZIONI DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI	59
8.1.1	<i>Involucro edilizio</i>	59
9	VALUTAZIONE ECONOMICO-FINANZIARIA.....	61
9.1	ANALISI DEI COSTI DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI CONSIDERATI FATTIBILI.....	61
9.2	ANALISI DI CONVENIENZA DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI CONSIDERATI FATTIBILI.....	61
9.3	IDENTIFICAZIONE DELLE SOLUZIONI INTEGRATE D'INTERVENTO E SCENARI D'INVESTIMENTO.....	64
10	CONCLUSIONI	67
	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		1.800
Anno di ristrutturazione		1950
Zona climatica		D
Destinazione d'uso		[E.4.2 (Museo)]
Superficie utile riscaldata	[m ²]	628,67
Superficie disperdente (S)	[m ²]	1.523,45
Volume lordo riscaldato (V)	[m ³]	3.483,44
Rapporto S/V	[1/m]	0,44
Superficie lorda aree interne (scaldate e non scaldate)	[m ²]	1.076,42
Superficie lorda aree esterne	[m ²]	nn
Superficie lorda complessiva (aree interne ed esterne)	[m ²]	1.076,4
Tipologia generatore riscaldamento		Pompa di calore
Potenza totale impianto riscaldamento	[kW]	58.4
Potenza totale impianto raffrescamento	[kW]	23.6
Tipo di combustibile		Energia elettrica
Tipologia generatore Acqua Calda sanitaria (ACS)		Generatore autonomo a gas
Emissioni CO2 di riferimento ⁽¹⁾	[t/anno]	108
Consumo di riferimento Gas Metano ⁽¹⁾	[kWh _{th} /anno]	16.392
Spesa annuale Gas Metano ⁽¹⁾	[€/anno]	1.254
Consumo di riferimento energia elettrica ⁽¹⁾	[kWh _{el} /anno]	65.862
Spesa annuale energia elettrica ⁽¹⁾	[€/anno]	14.167

Nota (1): Valori di Baseline

Descrizione delle Misure di efficienza energetica proposte:

- EEM 1: Sostituzione Infissi con altri aventi $U=1,66W/m^2k$

Dai risultati della diagnosi energetica emerge che l'edificio che ospita il Museo "Villa Grimaldi" non presenta misure di efficienza energetica che apportino vantaggi significativi in termini di riduzione dei costi e dei consumi energetici nei tempi di ritorno sopra descritti.

Non è stato possibile individuare, pertanto, scenari ottimali integrati che permettano di ottenere dei miglioramenti significativi in termini di prestazione energetica ed abbattimento dei costi.

Tali conclusioni sono dovute alle scarse possibilità di intervento offerte dall'edificio oggetto di diagnosi. Questo, infatti, è caratterizzato da un rinnovato impianto di generazione a condensazione e da pannelli prefabbricati che rendono impossibile un isolamento a cappotto delle pareti perimetrali.

1 INTRODUZIONE

1.1 PREMESSA

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

Figura 1.1 - Vista della facciata esposta a sud-est



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

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

1.2 SCOPO DELLA DIAGNOSI ENERGETICA

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

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

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

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

1.3 RIFERIMENTO E CONTATTI AUDITOR E PERSONALE COINVOLTO

La presente DE è stata eseguita dalla Società Environment Park S.p.A, il cui responsabile per il processo di audit è l'Arch. Stefano Dotta, soggetto certificato Esperto in Gestione dell'Energia (EGE) ai sensi della norma UNI CEI 11339.

In Tabella 1.1 sono riportati i nominativi di tutti i soggetti coinvolti nelle varie fasi di svolgimento della DE.

Tabella 1.1 – Soggetti coinvolti nella realizzazione del processo di Audit

NOME E COGNOME	RUOLO	ATTIVITÀ SVOLTA
Sergio Ravera		Sopralluogo in sito
Mauro Cornaglia, Vincenzo Cuzzola		Elaborazione dei dati relativi ai consumi energetici
Sergio Ravera		Elaborazione dei dati geometrici ed alla creazione del modello energetico
Sergio Ravera	Responsabile involucro	Revisione report di diagnosi energetica
Daniela Di Fazio	Responsabile impianti	Revisione report di diagnosi energetica
Stefano Dotta	EGE	Approvazione report di diagnosi energetica

1.4 IDENTIFICAZIONE DELL'EDIFICIO

L'immobile oggetto della DE, catastalmente individuato al NCEU a seguito dei controlli effettuati dalla società di Audit è risultato avere le seguenti coordinate catastali: Sezione NER, F. 11 Mapp. 205 (sul file Kyoto erano indicate 133, 205, 220, 221) Sub. 0 è sito nel Comune di Genova e più precisamente nel quartiere Nervi.

L'edificio è di proprietà del Comune di Genova ed è attualmente adibito a Museo.

Figura 1.2 – Ubicazione dell'edificio



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

Tabella 1.2 - Tabella riepilogativa dei dati dell'edificio

PARAMENTO	U.M.	VALORE
Anno di costruzione edificio		1800
Anno di ristrutturazione		1950
Zona climatica		D
Destinazione d'uso		E.4.2 (Museo)
Superficie utile riscaldata	[m ²]	628,67
Superficie disperdente (S)	[m ²]	1.523,45
Volume lordo riscaldato (V)	[m ³]	3.483,44
Rapporto S/V	[1/m]	0,44
Superficie netta aree interne (scaldate e non scaldate)	[m ²]	844,26
Superficie lorda aree interne (scaldate e non scaldate)	[m ²]	1.076,42
Superficie lorda aree esterne	[m ²]	nn
Superficie lorda complessiva (aree interne ed esterne)	[m ²]	1.076,4
Tipologia generatore riscaldamento		Pompa di calore
Potenza totale impianto riscaldamento	[kW]	58.4
Potenza totale impianto raffrescamento	[kW]	23.6
Tipo di combustibile		Energia elettrica

Tipologia generatore Acqua Calda sanitaria (ACS)		Generatore autonomo a gas
Emissioni CO ₂ di riferimento ⁽¹⁾	[t/anno]	108
Consumo di riferimento Gas Metano ⁽¹⁾	[kWh _{th} /anno]	16.392
Spesa annuale Gas Metano ⁽¹⁾	[€/anno]	1.254
Consumo di riferimento energia elettrica ⁽¹⁾	[kWh _{el} /anno]	65.862
Spesa annuale energia elettrica ⁽¹⁾	[€/anno]	14.167

Nota (1): Valori di Baseline

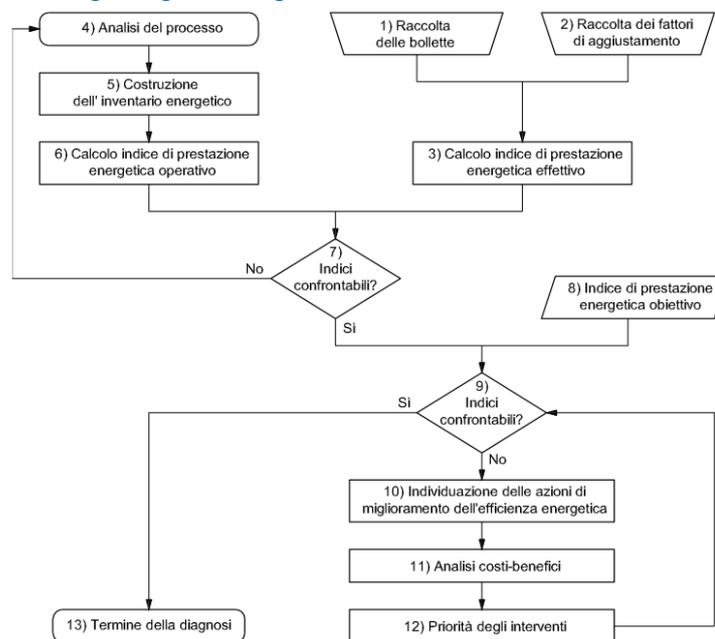
1.5 METODOLOGIA DI LAVORO

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

- a) Acquisizione della documentazione utile, fornita dalla PA, come riportato all' Allegato B – Elaborati; **Errorre. L'origine riferimento non è stata trovata.**
- b) Analisi del quadro normativo di riferimento, incluso la verifica dei vincoli ambientali, storici, archeologici e paesaggistici interferenti sull'immobile interessato dall'intervento;
- c) Visita agli edifici, effettuata in data 07/12/2017 con verifica degli elaborati forniti e rilievo dei dati relativi alle caratteristiche degli elementi disperdenti ed impiantistici costituenti il sistema edificio-impianto;
- d) Visita alla centrale termica e/o frigorifera, con il supporto del personale incaricato della conduzione e manutenzione degli impianti e rilevamento dei dati utili;
- e) Preparazione e compilazione delle schede di Audit previste per la diagnosi di livello II di cui all'appendice A delle LGEE - Linee Guida per l'Efficienza Energetica negli Edifici - sett. 2013 - elaborato da AiCARR per Agesi, Assistal, Assopetroli e Assoenergia, e riportate all'Allegato J – Schede di audit;
- f) Elaborazione del comportamento termico ed elettrico dell'edificio, realizzata utilizzando il software commerciale EDILCLIMA Versione EC700 in possesso di certificato di conformità rilasciato dal Comitato Termotecnico Italiano (CTI) Certificato CTI N.73 ai sensi del D.lgs. 192/05 e s.m.i. e riportato all'Allegato F – Certificato CTI Software;
- g) Analisi dei profili annuali di consumi e costi dei servizi energetici reali dell'edificio, comprensivi della fornitura dei vettori energetici sia elettrici che di gas e degli oneri di O&M, relativamente alle annualità 2014-2015-2016;
- h) Analisi dei dati climatici reali del sito ove è ubicato l'edificio con conseguente calcolo dei Gradi Giorno reali (GG_{real}), utilizzando le temperature esterne rilevate dalla stazione meteo ubicata presso Genova Sant'Ilario e riportati all'Allegato I – Dati climatici;
- i) Individuazione della "baseline termica" di riferimento (e relative emissioni di CO₂) tramite opportuna ripartizione del consumo di combustibile tra le varie utenze a servizio dell'edificio e destagionalizzazione dello stesso, utilizzando i relativi GG reali (GG_{real}), e conseguente normalizzazione secondo i GG di riferimento (GG_{rif});
- j) Individuazione della "baseline elettrica" di riferimento (e relative emissioni di CO₂) calcolata sulla media aritmetica dei valori relativi ai consumi elettrici reali per tre le annualità 2014, 2015, 2016;
- k) Validazione del modello elaborato mediante il confronto con le baseline energetiche, al fine di ottenere uno scostamento inferiore al 5%;
- l) Analisi delle possibili EEM necessarie per la riqualificazione energetica del sistema edificio-impianto analizzando gli aspetti tecnici, energetici, ed ambientali.
- m) Simulazione del comportamento energetico dell'edificio a seguito dell'attuazione delle varie EEM proposte singolarmente, ed individuazione della nuova classe energetica raggiungibile;
- n) Definizione di due scenari ottimali a partire dalla combinazione delle singole EEM proposte al fine di conseguire un miglioramento del parametro di efficienza energetica dell'edificio

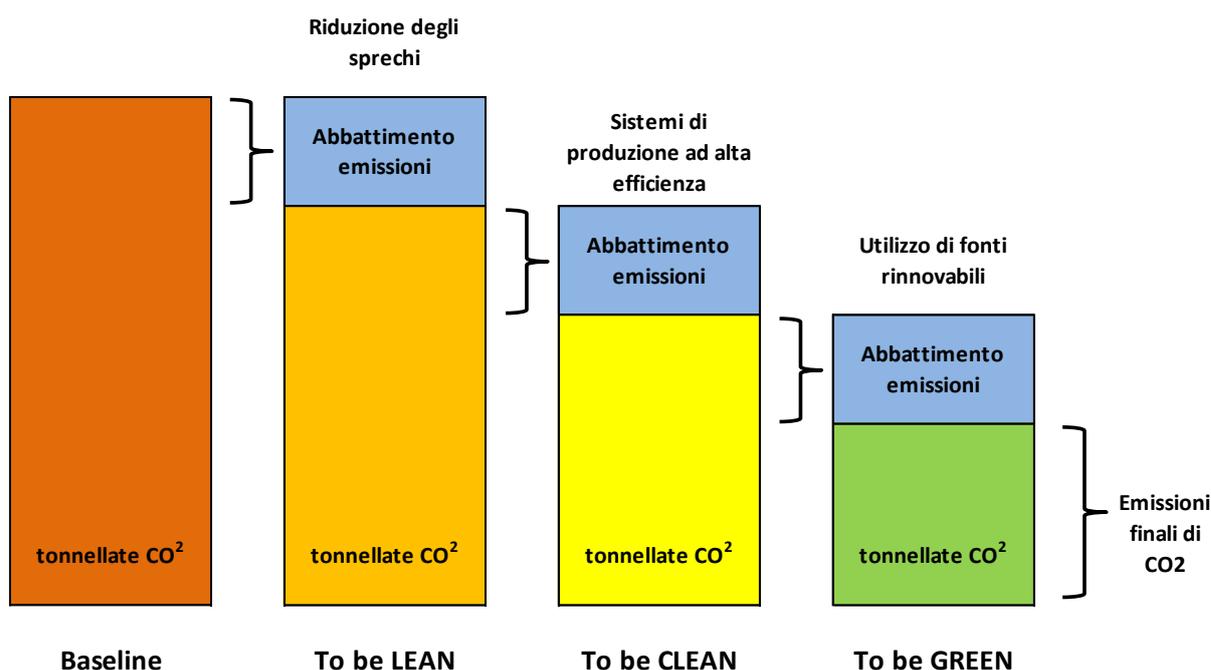
- superiore a due classi energetiche e tempi di ritorno inferiori uguale rispettivamente a 25 e a 15 anni.
- o) Analisi costi-benefici e di redditività finanziaria derivanti dalla realizzazione delle EEM previste singolarmente, con riferimento ai principali indicatori finanziari ed ai possibili sistemi di incentivazione;
 - p) Valutazione economico-finanziaria dei due scenari ottimali previsti, a partire dal “baseline di costi” e con riferimento ai principali indicatori finanziari e di sostenibilità finanziari ed ai possibili sistemi di incentivazione;
 - q) Identificazione dell’eventuale canone applicabile nel caso di attuazione dello scenario ottimale attraverso un Energy Performance Contract, con lo scopo di analizzare il possibile interesse nella realizzazione degli interventi studiati, tramite l’intervento di una ESCo;
 - r) Realizzazione di una relazione tecnica descrittiva di dettaglio dell’analisi effettuata (Rapporto di DE);
 - 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, (fonte: London Plan 2011)



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 sulle domande d'utenza (anche relativamente ai sistemi di emissione, regolazione, distribuzione, accumulo), partendo dalla 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 riqualificazione degli impianti di generazione per la climatizzazione e, dopo, dall'installazione di tecnologie di generazione da fonti rinnovabili.

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

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

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

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

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

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

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

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

1.6 STRUTTURA DEL REPORT

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

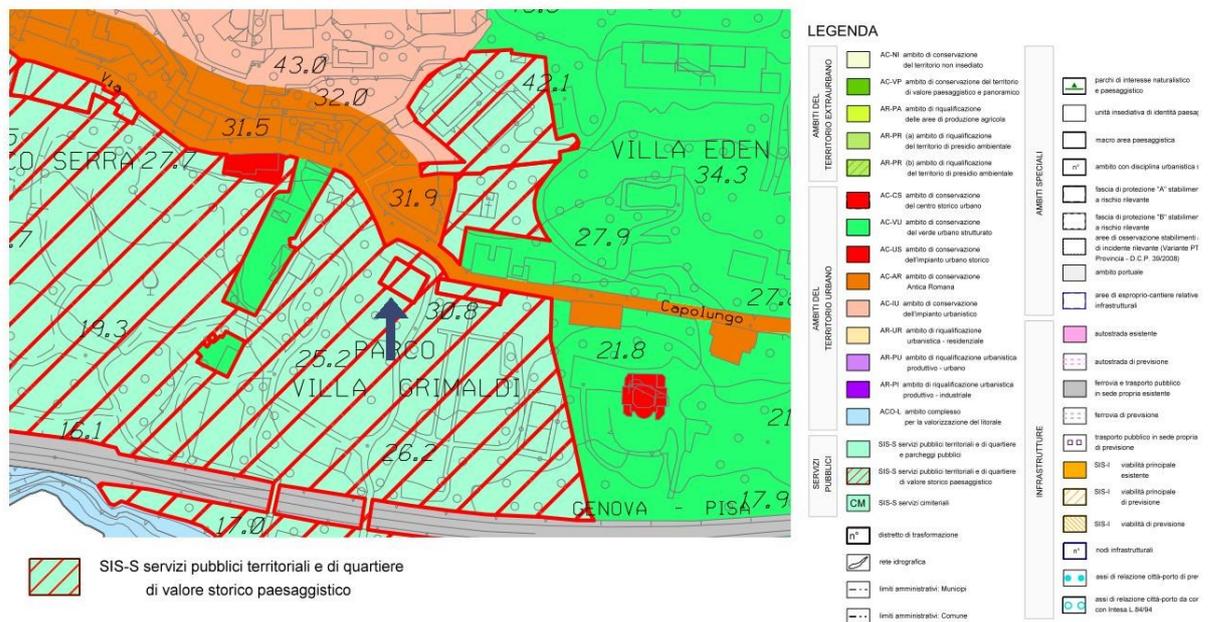
- Una prima parte nella quale sono descritti lo scopo ed i confini della DE e le metodologie di analisi adottate;
- Una seconda parte in cui sono riportate le informazioni dell'edificio rilevate in sede di sopralluogo e le valutazioni effettuate al fine di identificare le caratteristiche tecniche dei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

2 DATI DELL'EDIFICIO

2.1 INFORMAZIONI SUL SITO

Lo strumento urbanistico vigente, il P.U.C approvato con DD n° 2015/118.0.0./18 con entrata in vigore il 3/12/2015, classifica l'edificio oggetto della DE in zona SIS-S ambito che disciplina destinazioni d'uso quali: servizi pubblici e parcheggi pubblici. Tra le attività complementari disciplina anche le zone di connettività urbana funzionali per la riqualificazione e conservazione e parcheggi privati pertinenziali o liberi da asseveramento.

Figura 2.1 - Particolare estratto dal Piano Urbanistico Comunale



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

La prima costruzione di Villa Grimaldi Fassio risale al 1773, l'edificio negli anni ha subito alcuni interventi di consolidamento, il più importante dei quali negli anni cinquanta. Ai sensi del DPR 412/93, attualmente ricade nella destinazione d'uso [E.4 - Edifici adibiti ad attività ricreative o di culto e assimilabili, nella sottocategoria E.4 (2) - mostre, musei e biblioteche, luoghi di culto].

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.

Il Parco e la Villa Grimaldi sono stati acquisiti dal comune di Genova nel 1979 dagli armatori Fassio Lomellini. Il Parco occupa una superficie di circa. 28.000 mq. ed è costituito da un'area digradante verso il mare divisa in due parti dalla ferrovia che collega Genova al levante. La porzione del Parco rivolta verso sud si affaccia sulla bellissima passeggiata a mare con meravigliosi scorci sulla scogliera e sul promontorio di Portofino.

Villa Grimaldi rappresenta per il quartiere Nervi del Comune di Genova, uno degli edifici di maggior rilevanza storica, artistica e culturale. L'ipotesi di intervenire al fine di migliorarne l'efficienza energetica è innanzitutto volta ad una diminuzione delle emissioni di CO₂, la quale rientra negli obiettivi prefissati dal Comune di Genova all'interno del SEAP (Sustainable Energy Action Plan), ma

può anche essere considerata di notevole interesse socio-culturale al fine della sensibilizzazione del pubblico alle tematiche di interesse ambientale ed energetico.

Il Museo, ogni anno, è visitato da circa 7.000 persone (media 2014-2017) ed è rilevante inoltre sottolineare come la corretta gestione e manutenzione del sistema edificio – impianto, comporterebbe il miglioramento delle condizioni di benessere percepite dai visitatori e la salvaguardia dei beni esposti all'interno del museo, nonché alla corretta manutenzione dell'edificio, al fine di preservarlo al meglio in quanto bene di interesse storico artistico.

Si può pertanto affermare che la riqualificazione energetica di Villa Grimaldi-Fassio potrebbe portare ad una maggiore valorizzazione socio-economica del Museo, con conseguente aumento dell'afflusso dei visitatori, e sviluppo dell'area ove il museo è ubicato.

L'edificio oggetto della DE è costituito complessivamente da quattro piani fuori terra, nei quali si sviluppano le sale espositive della struttura.

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

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

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



Tabella 2.1 - Suddivisione in piani dell'edificio

PIANO	UTILIZZO	U.M.	SUPERFICIE LORDA COMPLESSIVA ⁽²⁾	SUPERFICIE UTILE RISCALDATA ⁽³⁾	SUPERFICIE UTILE RAFFRESCATA ⁽³⁾
Terra	magazzini, depositi	[m ²]	176,77	122,13	122,13
	Distribuzione	[m ²]	25,26	23,65	23,65
	scala per interrato	[m ²]	15,80	11,54	11,54
Primo	sale espositive	[m ²]	29,39	21,61	21,61
	servizi	[m ²]	13,29	9,87	9,87
	ingresso	[m ²]	13,07	10,14	10,14
	corridoio	[m ²]	14,76	13,46	13,46
	corridoio	[m ²]	5,45	4,65	4,65
	sale espositive	[m ²]	67,51	49,17	49,17
	sale espositive	[m ²]	61,78	49,61	49,61
Secondo	sale espositive	[m ²]	161,13	137,65	137,65
	servizi	[m ²]	18,86	12,32	12,32
	sale espositive	[m ²]	35,12	26,17	26,17
Terzo	locali tecnologici	[m ²]	46,71	34,88	34,88
	locali vari	[m ²]	68,17	58,15	58,15
	uffici	[m ²]	21,51	17,21	17,21
	scala centrale	[m ²]	16,91	14,58	14,58
NON RISC	Sottotetto tecnico	[m ²]	78,52		
NON RISC	Locale del P3	[m ²]	58,59		
NON RISC	Locale del PT	[m ²]	5,98		
NON RISC	Locale del primo interrato	[m ²]	123,38		
TOTALE		[m ²]	1.076,42	628,67	628,67

Nota (2): Superficie lorda comprensiva delle zone interne climatizzate e non climatizzate, valutate a partire dalle planimetrie progettuali,

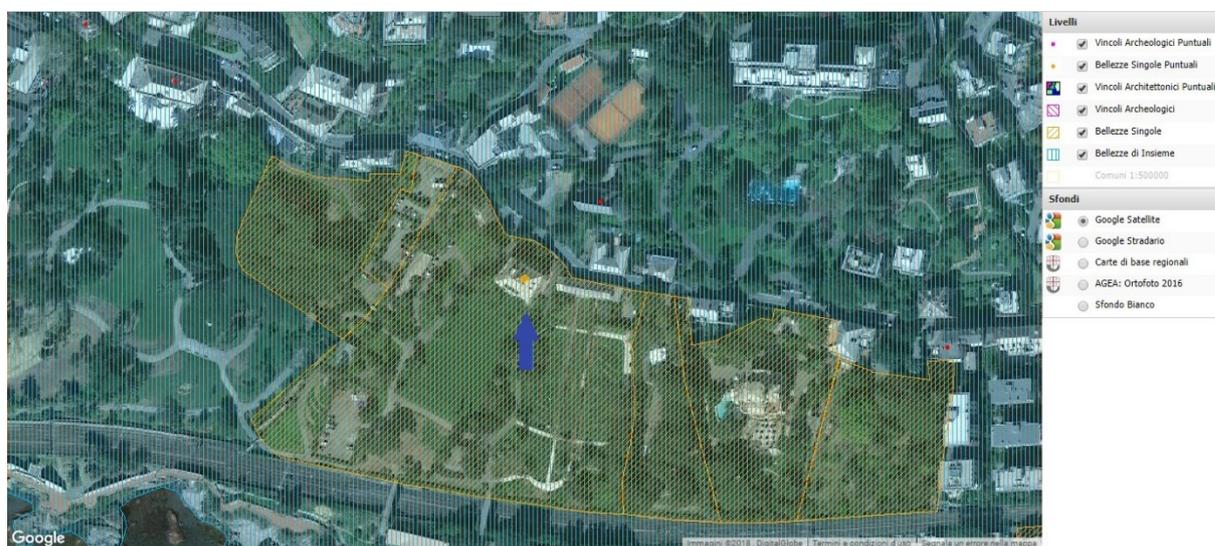
opportunamente verificate in fase di sopralluogo

Nota (3): Superficie utile valutata ai fini della creazione del modello energetico

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

Nervi è un quartiere residenziale del comune di Genova, compreso nel Municipio IX Levante. Un tempo comune autonomo, nel 1926 venne aggregato alla Grande Genova. All'interno il territorio comprende alcune alture: il monte Moro (412 m), la cresta del monte Moro (574 m) e culmina con la vetta del monte Croce (785 m). Il territorio è attraversato dal torrente Nervi, che dopo alcuni chilometri sfocia in mare nei pressi del porticciolo. Il paesaggio è caratterizzato da un positivo equilibrio tra l'edificazione e la componente naturalistica dove permane una vegetazione mediterranea ancora ben sviluppata.

Figura 2.3 - Particolare estratto dalla carta dei vincoli



Una verifica effettuata sul portale della Regione Liguria dedicato agli edifici vincolati (www.liguriavincoli.it). L'edificio in oggetto è stato riconosciuto **come bene di interesse Storico Artistico** ai sensi dell'art. 10 comma 1 del D.Lgs. 22 gennaio 2004, n. 42 (Vincolo 00108435).

Non si conosce la data della sua prima costruzione che alcuni autori (tra cui Gajone) fanno risalire al cinquecento. Certamente esisteva nel 1773 (come visibile dalle carte di M. Vinzoni, cartografo della Repubblica di Genova) ed è noto che la via Capolungo anticamente si chiamava via Grimaldi. I dati catastali storici ne attestano il passaggio di proprietà alla famiglia Croce. L'ultima ristrutturazione risale alla fine degli anni 50 a cura dell'Arch. Luigi Carlo Daneri. Attualmente ospita il Museo che accoglie le Raccolte Frugone.

Accanto alla Villa si trova una cappella (oggi chiusa) della seconda metà del settecento.

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

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

MISURA DI EFFICIENZA ENERGETICA	VINCOLO INTERESSATO	VALUTAZIONE INTERFERENZA ⁽⁴⁾	MISURA DI TUTELA DA ADOTTARE
EEM 1: Sostituzione Infissi con altri aventi U=1,66W/m2k	[Storico – Artistico]		[Previo parere della Soprintendenza per i beni architettonici e paesaggistici]

Nota (4): Legenda livelli di interferenza:



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

2.4 MODALITÀ DI GESTIONE E MANUTENZIONE DI EDIFICI ED IMPIANTO

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

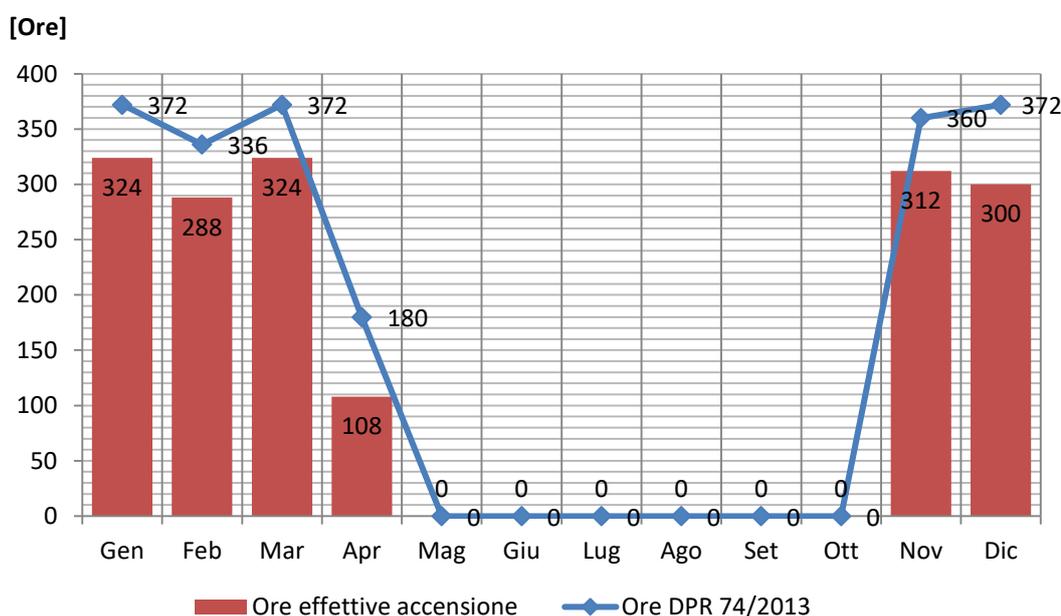
Gli orari di effettivo utilizzo dell'edificio sono stati ottenuti tramite colloquio col personale amministrativo e dirigente del museo, mentre i periodi di attivazione e spegnimento degli impianti sono stati forniti dagli uffici preposti del Comune di Genova.

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
Dal 1 Novembre al 15 Aprile	Dal martedì al venerdì	9.00-18.30	7.00 – 19.00
Dal 1 Novembre al 15 Aprile	Sabato e domenica	9.30-18.30	7.00-19.00
Dal 16 Aprile al 30 Ottobre	Dal martedì al venerdì	9.00-19.00	[-]
Dal 16 Aprile al 30 Ottobre	Sabato e domenica	10.00-19.00	[-]

Figura 2.4 – Andamento mensile delle ore effettive di utilizzo dell'edificio



Dall'analisi effettuata è emerso che gli orari di funzionamento degli impianti non sono strettamente correlati agli orari di apertura delle sale espositive, ma dipendono anche dalla presenza di personale all'interno della struttura. Si rileva infatti un'accensione anticipata dell'impianto termico rispetto all'orario effettivo di utilizzo ed uno spegnimento prossimo all'orario di uscita del personale della struttura, al fine di garantire l'adeguata climatizzazione dell'edificio.

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

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

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

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

3 DATI CLIMATICI

3.1 DATI CLIMATICI DI RIFERIMENTO

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

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

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

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

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

Considerando che il profilo di utilizzo degli impianti di riscaldamento prevede alcuni giorni di mancata accensione dell'impianto, come riportato nella Tabella 2.3, i GG sono stati ricalcolati in funzione del numero di giorni effettivi di accensione dell'impianto termico, pertanto si è ottenuto un valore di 1194 GG calcolati su 138 giorni effettivi di utilizzo dell'impianto di riscaldamento.

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

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

Tabella 3.2 – Profili mensili dei GG_{rif}

Mese	GIORNI MENSILI	TEMPERATURA ESTERNA UNI 10349:2016 [°C]	GIORNI RISCALDAMENTO [g/m]	GG	GIORNI DI UTILIZZO [g/m]	GIORNI RISCALDAMENTO EFFETTIVI [g/m]	GG _{rif}	PROFILO DI INCIDENZA
Gennaio	31	10,4	31	298	20	27	259	22%
Febbraio	28	10,5	28	266	20	24	228	19%
Marzo	31	11,1	31	276	23	27	240	20%
Aprile	30	15,3	15	71	11	9	42	4%
Maggio	31	18,7	-	-	22	-	-	0%
Giugno	30	22,4	-	-	21	-	-	0%
Luglio	31	24,6	-	-	21	-	-	0%
Agosto	31	23,6	-	-	-	-	-	0%
Settembre	30	22,2	-	-	22	-	-	0%
Ottobre	31	18,2	-	-	21	-	-	0%
Novembre	30	13,3	30	201	22	26	174	15%
Dicembre	31	10,0	31	310	20	25	250	21%
TOTALE	365	16,7	166	1421	223	138	988	100%

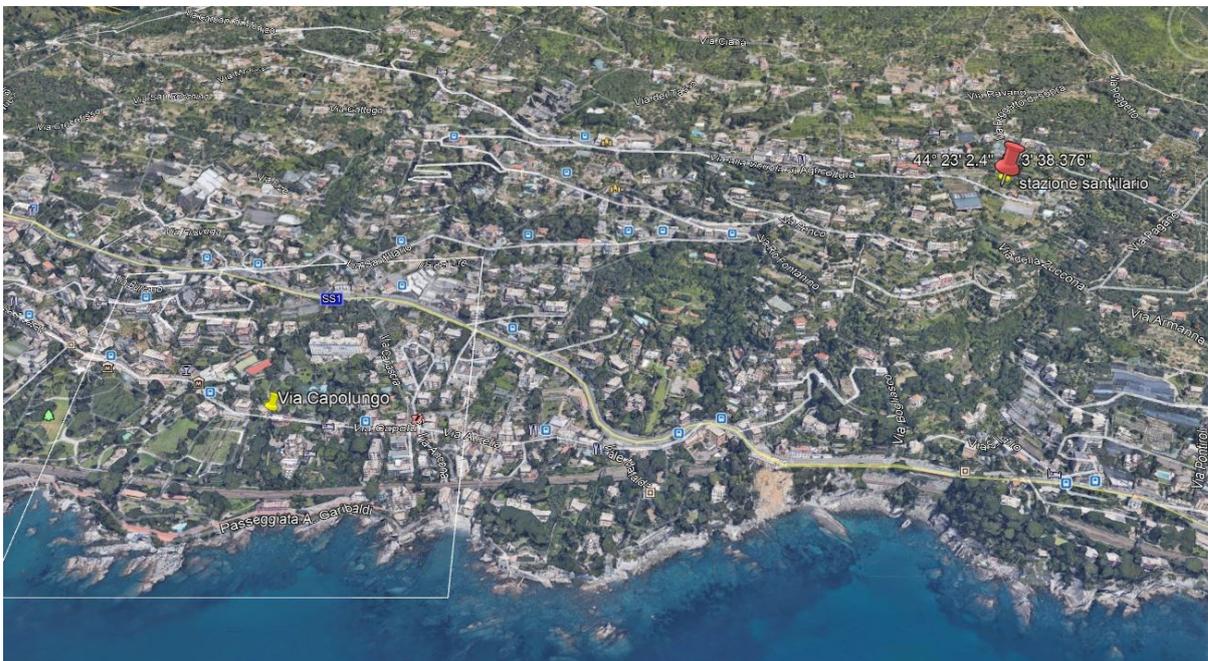
3.2 DATI CLIMATICI REALI

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

I dati climatici utilizzati sono stati rilevati dalla centralina meteo climatica installata presso Genova Sant'Ilario (44° 23' N 9° 3' E Altitudine 174 m).

Si è deciso di utilizzare come riferimento tale centraline in quanto è ubicata in una zona limitrofa all'edificio oggetto della DE.

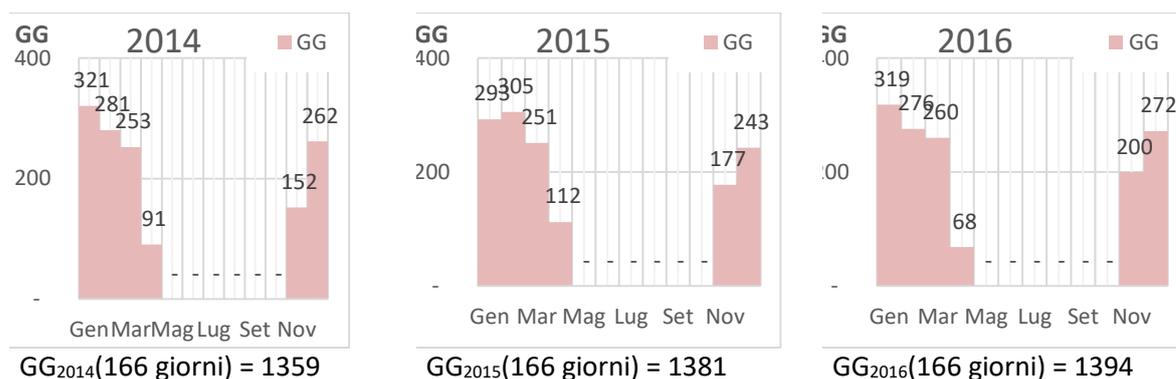
Figura 3.1 – Posizionamento della centralina meteo climatica rispetto all'edificio oggetto di DE



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

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

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

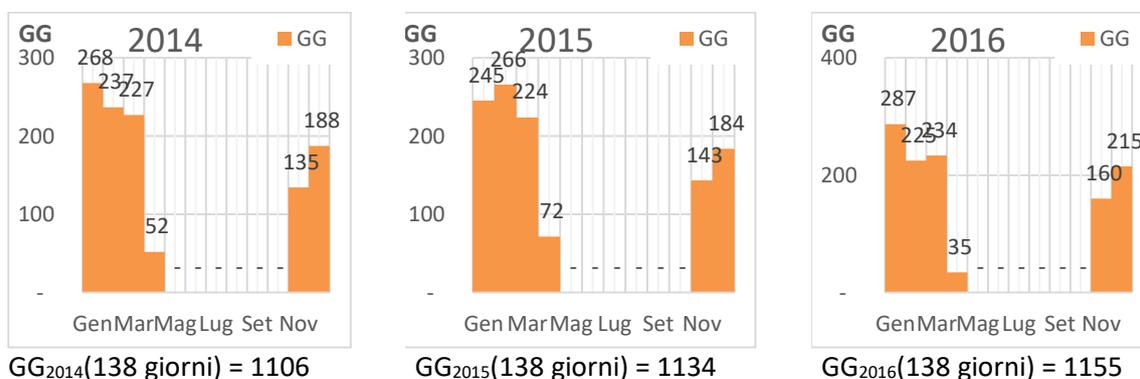


Considerando che il profilo di utilizzo degli impianti di riscaldamento prevede alcuni giorni di mancata accensione dell'impianto, come riportato nella Tabella 2.3, i GG reali sono stati ricalcolati in funzione del numero di giorni effettivi di accensione dell'impianto termico, pertanto si è ottenuto un valore di 922, 974 e 1055 GG calcolati su 138 giorni effettivi di utilizzo dell'impianto di riscaldamento, riferiti rispettivamente agli anni 2014, 2015 e 2016.

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



4 AUDIT EDIFICIO E IMPIANTI ELETTRICI E MECCANICI

4.1 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE DELL'INVOLUCRO EDILIZIO

4.1.1 Involucro opaco

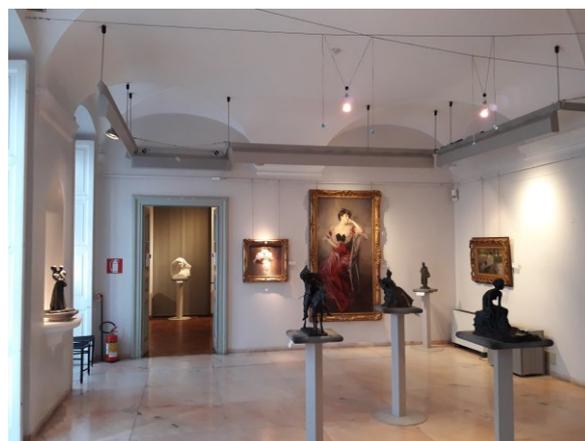
L'involucro edilizio opaco che costituisce l'edificio è caratterizzato da un sistema a muratura portante in pietra locale di spessori differenti e decrescenti nei piani. Gli orizzontamenti sono costituiti dalla presenza di volte in parte ancora originarie ed in parte ricostruite e rinforzate con strutture in cemento armato inserite a seguito di interventi di ristrutturazione eseguiti negli anni '50. Il manto di copertura è rivestito esternamente in ardesia come in uso negli edifici storici presenti nel territorio. Lo sviluppo in pianta del fabbricato risulta piuttosto regolare; le altezze dei locali interni sono invece irregolari a causa delle quote interpiano variabili. La presenza di tipologie di volte differenti tra un locale e l'altro anche negli stessi piani determina altezze differenti in tutte le porzioni di edificio.

Figura 4.1 - Particolare della muratura che costituisce l'involucro termico opaco



L'involucro termico non coincide con l'intero fabbricato in quanto nel seminterrato sono presenti alcuni locali tecnici e di servizio che non risultano riscaldati. Anche il sottotetto è soltanto parzialmente riscaldato; la porzione di volume non riscaldato viene utilizzata in parte come deposito ed in parte come locale tecnico. La diagnosi energetica è stata eseguita tenendo conto della presenza di questi locali non riscaldati all'interno del volume complessivo del fabbricato in oggetto.

Figura 4.2 - Particolare di uno dei numerosi solai voltati



Va inoltre sottolineato, sempre in riferimento all'involucro edilizio, che trattandosi di un edificio di valenza storica e quindi vincolato, non sarà possibile procedere a sostanziali interventi di efficientamento dell'involucro stesso.

In base al periodo di costruzione si è potuto definire con approssimabile certezza la tecnologia costruttiva dell'edificio. Essendo in muratura portante ed in pietra locale si evidenzia come la valutazione termografica possa essere considerata poco efficace ai fini di un'identificazione più precisa delle caratteristiche dei componenti dell'involucro opaco. Difatti il comportamento termico è omogeneo per tutta la superficie, dovuto a spessori murali importanti e costanti per ogni piano che non consentono di evidenziare disomogeneità termiche puntuali. Inoltre, in sede di sopralluogo, è stata rilevata una temperatura esterna di poco inferiore a quella interna. Non si è potuto dunque raggiungere il delta termico minimo consigliato dalla norma UNI EN 13187:2000. Tali indagini in queste condizioni non consentono di evidenziare difetti ed anomalie per cui non è stata realizzata

l'indagine termografica. Per le medesime ragioni non è stato possibile verificare il valore di trasmittanza termica dei componenti d'involucro mediante l'utilizzo di termoflussimetro. Pertanto per la determinazione della trasmittanza termica si è fatto riferimento alla UNI/TR 11552:2014 "Abaco delle strutture costituenti l'involucro opaco degli edifici. Parametri termofisici".

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

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

Tabella 4.1 – Trasmittanze termiche dei componenti dell'involucro opaco

TIPO DI COMPONENTE	CODICE	SPESSORE	ISOLAMENTO	TRASMITTANZA TERMICA	STATO DI CONSERVAZIONE
		[cm]		[W/mqK]	
Parete verticale	M1	[80]	Assente	1,861	Buono
Parete verticale	M2	[70]	Assente	2,017	Buono
Parete verticale	M3	[27]	Assente	3,158	Buono
Parete verticale	M4	[22]	Assente	3,381	Buono
Parete verticale	M5	[86]	Assente	1,471	Buono
Parete verticale	M6	[60]	Assente	2,202	Buono
Parete verticale	M7	[31]	Assente	3,000	Buono
Parete verticale	M8	[40]	Assente	2,170	Buono
Parete verticale	P1	[80]	Assente	1,087	Sufficiente
Pavimento	P2	[62]	Assente	1,087	Buono
Pavimento	P4	[62]	Assente	0,266	Buono
Pavimento	S1	[60]	Assente	0,843	Buono
Copertura	S2	[55]	Assente	1,367	Buono
Copertura	S3	[35]	Assente	1,370	Buono
Copertura	S5	[29]	Assente	1,362	Buono
Copertura	M1	[35]	Assente	1,861	Buono

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

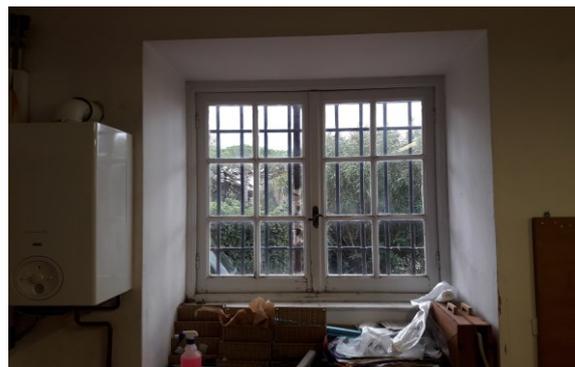
4.1.2 Involucro trasparente

L'involucro trasparente che costituisce l'edificio è composto da infissi in legno con vetro singolo

Figura 4.3 - Particolare dei serramenti presenti nei piani

caratterizzati dalla presenza degli scuri interni e delle persiane esterne. Gli infissi presentano dimensioni e forme differenti poiché seguono l'irregolarità delle aperture presenti ai vari livelli nelle numerose sale dell'edificio.

Lo stato di conservazione degli stessi è sufficiente; trattandosi tuttavia di vecchi infissi si generano inevitabilmente rilevanti infiltrazioni d'aria all'interno degli ambienti; tale fenomeno genera importanti dispersioni termiche.



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

- Rilievo dettagliato di tutti i telai dei serramenti dell'edificio;
- Misurazione diretta degli spessori dei vetri dei serramenti mediante spessivetro e misuratore laser per la corretta verifica dimensionale utilizzati in sede di sopralluoghi;
- Indisponibilità delle condizioni termiche ambientali alla realizzazione dell'indagine termografica che non hanno permesso la redazione del documento, così come descritto nel paragrafo dell'involucro opaco ed in modo più approfondito nell'Allegato C.

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

Tabella 4.2 – Trasmittanze termiche dei componenti dell'involucro trasparente

TIPO DI COMPONENTE	CODICE	DIMENSIONI [LXH] [cm]	TIPO TELAIO	TIPO VETRO	TRASMITTANZA TERMICA [W/mqK]	STATO DI CONSERVAZIONE
Serramento verticale	W1	155x248	Legno	Vetro singolo	3,923	Sufficiente
Serramento verticale	W2	145x259	Legno	Vetro singolo	3,933	Sufficiente
Serramento verticale	W3	68,5x163	Legno	Vetro singolo	4,465	Sufficiente
Serramento verticale	W4	158x248	Ferro	Vetro singolo	5,917	Sufficiente
Serramento verticale	W5	29x248	Ferro	Vetro singolo	6,215	Sufficiente
Serramento verticale	W6	212x158	Ferro	Vetro singolo	6,088	Sufficiente
Serramento verticale	W7	141x72	Legno	Vetro singolo	3,889	Sufficiente
Serramento verticale	W8	143x137	Legno	Vetro singolo	3,832	Sufficiente
Serramento verticale	W9	139x268	Legno	Vetro singolo	4,145	Sufficiente
Serramento verticale	W10	400x225	Legno	Vetro singolo	4,076	Sufficiente
Serramento verticale	W11	126x217	Legno	Vetro singolo	3,902	Sufficiente
Serramento verticale	W12	126x100	Legno	Vetro singolo	3,685	Sufficiente
Serramento verticale	W13	127x202	Legno	Vetro singolo	3,833	Sufficiente
Serramento verticale	W14	140x142	Legno	Vetro singolo	4,090	Sufficiente
Serramento verticale	W15	140x78	Legno	Vetro singolo	3,760	Sufficiente
Serramento verticale	W16	160x265	Legno	Vetro singolo	4,133	Sufficiente
Serramento verticale	W17	152x262	Legno	Opaca	1,600	Sufficiente

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

4.2 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO DI RISCALDAMENTO/CLIMATIZZAZIONE INVERNALE

L'impianto di riscaldamento degli ambienti è costituito da una caldaia di tipo tradizionale, alimentata a metano ed asservita alla climatizzazione invernale dei locali al piano terra e due pompe di calore, alimentate da energia elettrica ed asservite alla climatizzazione invernale ed estiva dei locali ubicati ai piani primo, secondo e terzo.

4.2.1 Sottosistema di emissione

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

- Radiatore
- Ventilconvettori;

Figura 4.4 – Particolare dei ventilconvettori installati nelle sale espositive



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
"Villa Grimaldi"	Ventilconvettori	95%
"Villa Grimaldi"	Radiatore	92%

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

Tabella 4.4 - Riepilogo caratteristiche dei terminali di emissione installati

PIANO	TIPO DI TERMINALE	TIPO DI INSTALLAZIONE	NUMERO	POTENZA TERMICA UNITARIA	POTENZA TERMICA COMPLESSIVA
				[kW]	[kW]
Terra	Ventilconvettore	Installato a parete	6	[-]	[-]
Primo	Ventilconvettore	Installato a parete	6	[-]	[-]
Primo	Radiatore	Installato a parete	1	[-]	[-]
Secondo	Ventilconvettore	Installato a parete	5	[-]	[-]
Terzo	Ventilconvettore	Installato a parete	4	[-]	[-]
TOTALE			22	[-]	[-]

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 termico avviene solo col termostato di caldaia per quanto concerne il generatore di calore a metano e per singolo ambiente per quanto concerne il sistema costituito dalle due pompe di calore.

Sono inoltre presenti dei termostati a servizio del funzionamento dei ventilconvettori.

Figura 4.5 - Particolare della centralina di controllo di una pompa di calore



Figura 4.6 - Termostato a servizio dei ventilconvettori



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

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

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

ZONA TERMICA	TIPO DI REGOLAZIONE	RENDIMENTO
"Villa Grimaldi"	Per singolo ambiente+climatica	97%

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

4.2.3 Sottosistema di distribuzione

Il sottosistema di distribuzione del generatore di calore a gas è costituito dai seguenti elementi:

- 1) Circuito primario di collegamento tra il sistema di generazione ed i terminali di emissione (fluido termovettore acqua);

Circuito primario

Le temperature del fluido termovettore all'interno del circuito primario sono riportate nella **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**

Tabella 4.6 – Temperature di mandata e ritorno del circuito primario

CIRCUITO			TEMPERATURA RILEVATA ⁽⁷⁾	TEMPERATURA CALCOLO ⁽⁶⁾
			°C	°C
"Villa Grimaldi"	Mandata	Caldo	[-]	41
"Villa Grimaldi"	Ritorno	Caldo	[-]	37

Nota (5): Valori utilizzati nel modello di calcolo

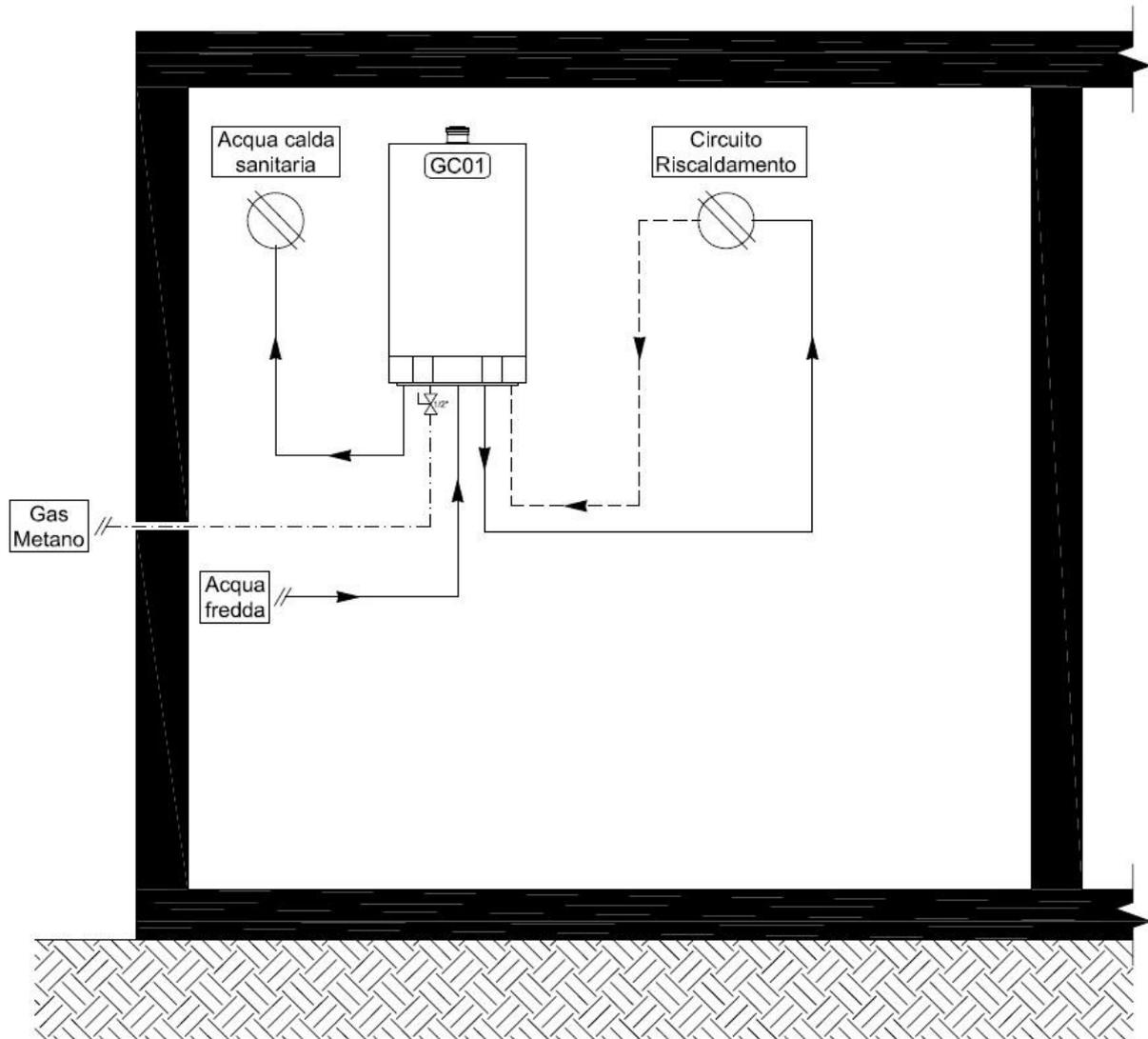
Nota (6): Valori rilevati il giorno 14/12/2017 alle ore 11.00, in orario di utilizzo del museo, con una temperatura esterna di circa 12°C

Per quanto riguarda le temperature del fluido termovettore caldo si precisa che non è stato possibile rilevare le temperature di mandata e ritorno di tale impianto termico.

Per quanto riguarda il sistema di distribuzione delle pompe di calore non è stato possibile rilevarlo nel dettaglio durante il sopralluogo, in quanto non erano disponibili documenti di progetto dell'impianto, libretti di centrale o altra documentazione utile alla definizione e descrizione di tale sottosistema.

Nel modello di calcolo si è ipotizzato un sistema con montanti non isolati correnti in traccia nel lato interno delle pareti esterne asserviti ai ventilconvettori presenti nei diversi locali.

Figura 4.7 - Particolare dello schema di impianto della caldaia murale a gas [(Fonte: Tavola 450_499-S01-001-CALDAIA MURALE.dwg)]



I rendimenti dei singoli sottosistemi di distribuzione sono stati calcolati nella DE conformemente a quanto disposto dalla norma UNI TS 11300-2.

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 di tipo tradizionale, alimentata a metano di produzione Riello, modello Caldarello 24 KIS e due pompe di calore, alimentate da energia elettrica di produzione Clivet, modello WSAN XEE 82.

Figura 4.8 - Particolare della caldaia Riello Caldarello 24 KIS



Figura 4.9 - Particolare delle pompe di calore Clivet WSAN XEE 82



Le caratteristiche dei sistemi di generazione sono riportate nella **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata..**

Tabella 4.7 - Riepilogo caratteristiche sistema di generazione

	Servizio	MARCA	MODELLO	ANNO DI COSTRUZIONE ⁽⁷⁾	POTENZA AL FOCOLARE ⁽⁷⁾ [kW]	POTENZA TERMICA UTILE ⁽⁷⁾ [kW]	RENDIMENTO ⁽⁸⁾	POTENZA ASSORBITA COMPLESSIVA ⁽⁷⁾ [kW]
Gen 1	Riscaldamento	Clivet	WSAN XEE 82	2013	[-]	29.2	4.13 (COP)	8.66
Gen 1	Raffrescamento	Clivet	WSAN XEE 82	2013	[-]	23.6	2.52 (EER)	7.07
Gen 2	Riscaldamento	Clivet	WSAN XEE 82	2013	[-]	29.2	4.13 (COP)	8.66
Gen 2	Raffrescamento	Clivet	WSAN XEE 82	2013	[-]	23.6	2.52 (EER)	7.07
Gen 3	Riscaldamento	Riello	Caldarello 24 KIS	n/d	25.8	23.9	92%	0.1
Gen 3	ACS	Riello	Caldarello 24 KIS	n/d	25.8	23.9	92%	0.1

Nota (7): Valore ricavato tramite letture dei dati di targa rilevati in sede di sopralluogo

Nota (8): Valore ricavato tramite schede tecniche

I rendimenti dei singoli sottosistemi di generazione sono stati calcolati nella DE conformemente a quanto disposto dalla norma UNI TS 11300-2.

Si sottolinea che secondo quanto rilevato in sede di sopralluogo le due pompe di calore sono attive simultaneamente.

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 e/o 6.2 dell' Allegato J – Schede di audit.

4.3 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO PRODUZIONE ACQUA CALDA SANITARIA

La produzione di acqua calda sanitaria è eseguita tramite un bollitore elettrico ad accumulo installato all'interno dei servizi igienici con una potenza di 1.2 kW e dall'impianto centralizzato asservito anche al servizio di climatizzazione invernale dei locali al piano terra.

Figura 4.10 - Particolare di un boiler elettrico per la produzione di acqua calda sanitaria



I rendimenti caratteristici dei sottosistemi dell'impianto di produzione acqua calda sanitaria sono riportati nelle Tabella 4.8 e 4.13.

Tabella 4.8 – Rendimenti dell'impianto di produzione acqua calda sanitaria del boiler elettrico ad accumulo

Sottosistema di Erogazione	Sottosistema di Distribuzione	Sottosistema di Ricircolo	Sottosistema di Accumulo	Sottosistema di Generazione	Rendimento Globale medio stagionale
100%	92.6%	[-]	[-]	31%	28.7%

Nota (9) Valori di rendimento dei sottosistemi dell'impianto di produzione di ACS calcolati secondo UNI TS 11300-2

Tabella 4.9 – Rendimenti dell'impianto di produzione acqua calda sanitaria dell'impianto centralizzato

Sottosistema di Erogazione	Sottosistema di Distribuzione	Sottosistema di Ricircolo	Sottosistema di Accumulo	Sottosistema di Generazione	Rendimento Globale medio stagionale
100%	92.6%	[-]	[-]	96.8%	84.6%

Nota (9) Valori di rendimento dei sottosistemi dell'impianto di produzione di ACS calcolati secondo UNI TS 11300-2

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

4.4 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO DI RAFFRESCAMENTO/CLIMATIZZAZIONE ESTIVA

La climatizzazione in regime estivo è effettuata grazie alla presenza delle due pompe di calore come sottosistema di generazione e dai ventilconvettori reversibili come terminali di emissione.

Figura 4.11 - Particolare di un ventilconvettore



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

Tabella 4.10 – Rendimenti dell'impianto di climatizzazione estiva

Sottosistema di Emissione	Sottosistema di Regolazione	Sottosistema di Distribuzione	Sottosistema di Accumulo	Sottosistema di Generazione	Rendimento Globale medio stagionale
98%	94%	100%	[-]	252%	48%

I rendimenti dei singoli sottosistemi sono stati calcolati nella DE conformemente a quanto disposto dalla norma UNI TS 11300-2.

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

4.5 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO ELETTRICO E PRINCIPALI UTENZE ELETTRICHE

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

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

Tabella 4.11 – Elenco e caratteristiche delle altre utenze elettriche

LOCALE TERMICO	DESCRIZIONE	NUMERO	POTENZA NOMINALE [W]	POTENZA COMPLESSIVA [W]	ORE ANNUE DI UTILIZZO [ore]
Locale 27	PC	1	65	65	2016
Locale 27	Stampante	2	550	1100	504
Locale 32	PC	1	65	65	2016
Locale 37	Ventilatore	2	70	140	800
Locale 59	Ventilatore	2	70	140	800
Locale 58	PC	1	65	65	2016
Locale 19	Frigo	1	750	750	6048
Locale ascensore	Ascensore	1	61000	61000	[-]

Ai fini di un'identificazione più precisa del funzionamento dei componenti impiantistici si è proceduto, in sede di sopralluogo, al rilevamento dei dati di targa dei singoli dispositivi e all'intervista dell'utenza per meglio comprenderne le modalità di utilizzo. Non si è ritenuto necessario procedere con attività diagnostiche degli impianti elettrici data la tipologia e l'uso degli stessi, come riportato l all'Allegato D – Report relativi ad altre prove diagnostiche strumentali.

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

4.6 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO ILLUMINAZIONE

L'impianto di illuminazione è costituito da lampade di diverse tipologie, ovvero neon, alogene, LED, ad incandescenza e fluorescenti, in funzione della tipologia di utilizzo dei locali.

Le principali tipologie di corpi illuminanti sono di seguito elencati:

- Lampade a neon installate a soffitto nei locali del piano interrato, nei servizi igienici ed in alcune sale espositive;
- Lampade ad incandescenza installate in alcune sale espositive;
- Lampade alogene installate in alcune sale espositive;
- Lampade a fluorescenza installate in alcune sale espositive;

Figura 4.12 - Particolare dei corpi illuminanti ubicati nelle sale espositive



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

Tabella 4.12 – Elenco e caratteristiche dei corpi illuminanti

LOCALE TERMICO	DESCRIZIONE	NUMERO	POTENZA UNITARIA [W]	POTENZA COMPLESSIVA [W]
locali interrato	Neon	28	18	512
locali interrato	Tubi a U	2	18	36
locali specifici	Neon	1	36	36
locali specifici	Tubi a U	4	18	72
distribuzione	Neon	22	20*36W+2*18W	756
distribuzione	Tubi a U	14	18	252
scala pt	Tubi a U	8	18	144
locale 22	LED	7	7	49
locale 23	Alogene	2	20	40
locali 23-24-28	Alogene	1	20	20
locali 23-24-29	Neon	1	36	36
locale 25	Alogene	3	2*200W+1*20W	420
locali 27-29	Neon	1	58	58
locale 30-31	Alogene	1	20	20
locale 30-32	Incandescenza	2	200	400
locale 32	LED	2	7	14
locale 33	Alogene	1	20	20
locali 33-35	LED	8	7	56
locali 33-36	Alogene	1	20	20
locali 33-37	Faretti Incand	1	300	300

locale 34	Alogene	7	3*50W+4*20W	230
locale 35	LED	6	7	42
locale 37-38-41-43-44	LED	27	7	189
locale 37-38-41-43-45	Alogene	14	12*20W+2*50W	340
locale 37-38-41-43-46	Neon	1	18	18
locale 37-38-41-43-47	Incandescenza	2	200	400
locali 40-42	Incandescenza	5	22	110
locale 45	Incandescenza	3	300	900
locali 46-58	Neon	2	2*36W+1*18W	54
locali 51-55-56-57-59	Neon	4	1*18W+3*36W	126
locali 51-55-56-57-60	Incand	3	1*60W+2*200W	460
locali 51-55-56-57-61	LED	8	7	56
locali 51-55-56-57-62	Alogene	3	20	60
locali 47-52	Neon	3	2*18W+1*36W	72
scala centrale	Incand	2	200	400

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

Durante la fase di sopralluogo si è provveduto a rilevare anche lo stato di conservazione dei corpi illuminanti, che si presentano in buone condizioni. Tramite colloquio col personale didattico si è poi definito la reale modalità di utilizzo di tali sistemi e l'orario di funzionamento.

Si è inoltre verificata la presenza di luci di emergenza nei diversi locali della struttura.

Figura 4.13 - Particolare dei corpi illuminanti ubicati nel vano scala



Figura 4.14 - Particolare dei corpi illuminanti ubicati nella zona hall



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 e la produzione di ACS è il Gas Metano.

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

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

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

Nota (10) Fonte: Prospetto B.19 UNI TS 11300-2:2014

La fornitura di Gas metano avviene tramite la presenza di 2 contatori i quali risultano a servizio dei seguenti utilizzi:

- Centrale termica per il riscaldamento degli ambienti della struttura;
- Caldaia per la produzione di acqua calda sanitaria.

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

L'analisi dei consumi storici di Gas metano si basa sulla base de m³ di gas rilevati dalla società di distribuzione nel triennio di riferimento.

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 forniti dalla società di distribuzione

PDR	Utilizzo	2014 [mc]	2015 [mc]	2016 [mc]	2014 [kWh]	2015 [kWh]	2016 [kWh]
03270019029134	Riscaldamento	2.034	1.954	959	19.160	18.408	9.033
03270019029033	Produzione ACS	919	724	1.344	8.657	6.818	12.659

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

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

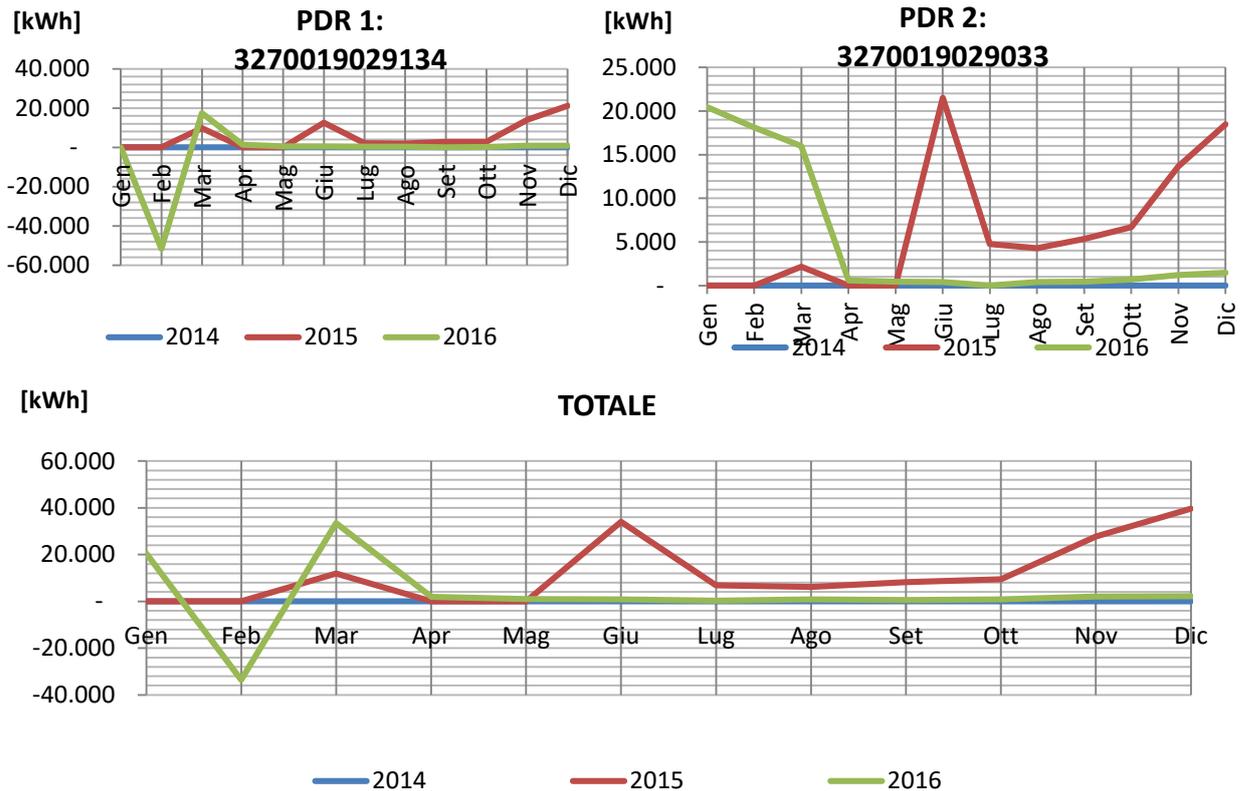
Tabella 5.3 - Consumi mensili di energia termica per il triennio di riferimento – Dati fatturati da società di fornitura

PDR: 03270019029134	2014	2015	2016	2014	2015	2016
Mese di riferimento	[mc]	[mc]	[mc]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gennaio	-	-	-	-	-	-
Febbraio	-	-	-5.487	-	-	-51.688
Marzo	-	1.037	1.853	-	9.765	17.455
Aprile	-	-	143	-	-	1.347
Maggio	-	-	49	-	-	462
Giugno	-	1.330	45	-	12.529	424
Luglio	-	222	35	-	2.091	330
Agosto	-	208	41	-	1.959	386
Settembre	-	300	10	-	2.826	94
Ottobre	-	292	15	-	2.751	141
Novembre	-	1.491	84	-	14.045	791
Dicembre	-	2.238	82	-	21.082	772
Totale	-	7.118	-3.130	-	67.048	-29.485
03270019029033	2014	2015	2016	2014	2015	2016
Mese di riferimento	[mc]	[mc]	[mc]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gennaio	-	-	2.172	-	-	20.460
Febbraio	-	-	1.923	-	-	18.115
Marzo	-	229	1.697	-	2.159	15.986
Aprile	-	-	63	-	-	593
Maggio	-	-	49	-	-	462
Giugno	-	2.285	44	-	21.525	414
Luglio	-	506	-	-	4.767	-
Agosto	-	454	43	-	4.277	405
Settembre	-	567	46	-	5.341	433
Ottobre	-	711	73	-	6.698	688
Novembre	-	1.450	130	-	13.659	1.225
Dicembre	-	1.962	157	-	18.482	1.479
Totale	-	8.164	6.397	-	76.907	60.260

Dall'analisi effettuata è emerso che il prelievo termico del triennio è caratterizzato da andamenti non continuativi tra un anno e l'altro. Si basa sui m³ di gas rilevati dalla società di fornitura nel triennio di riferimento. Per i PDR non sono disponibili le fatture dell'anno 2014 ed i valori inseriti qui in alto fanno riferimento principalmente a letture stimate. Non sono state disposte, da parte dei fornitori, letture reali mensili (le uniche letture rilevate corrispondono ai cambi gestore nei mesi marzo/aprile e nel finale del 2016) e per cui l'andamento proposto dalle tabelle e dai grafici non corrisponde con esattezza al reale consumo. Il picco in negativo del 2016 del PDR1 dipende da un ricalcolo dei consumi non effettuati durante il 2015 (non è chiaro però a quale mese/mesi possano corrispondere realmente tali decurtazioni per mancanza di letture rilevate).

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 il consumo da baseline si discosta da quello rilevato con la fatturazione. Quest'ultimo non è stato considerato nell'analisi perché, con buona approssimazione, non è corrispondente al reale prelievo.

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

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

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

Dove:

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

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

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

Tale consumo è stato valutato esclusivamente ad uso riscaldamento per il PDR1. L'acqua calda sanitaria utilizza sia un altro contatore gas che un altro vettore energetico.

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;

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

\overline{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 i suddetti utilizzi non sono serviti da questo contatore.

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

Tabella 5.4 – Normalizzazione dei consumi annuali di energia termica

ANNO	GG _{REAL} SU 116 GIORNI	GG _{RIF} SU 116 GIORNI	CONSUMO REALE RISC. [Smc]	CONSUMO REALE RISC. [kWh]	α_{rif}	CONSUMO NORMALIZZATO A 989 GG [kWh]	CONSUMO ACS [kWh]	CONSUMO ALTRO [kWh]
2014	1.106	1.194	2.034	19.166	17,3	20.692	-	-
2015	1.134	1.194	1.954	18.412	16,2	19.384	-	-
2016	1.155	1.194	959	9.036	7,8	9.338	-	-
Media	1.132	1.194	1.649	15.538	13,7	16.392	-	-

Come si può notare dai dati riportati il comportamento energetico dell'edificio, negli anni considerati, è stato caratterizzato da una generica diminuzione dei consumi: tale riduzione non è dovuta alla realizzazione di importanti interventi di efficientamento. È possibile che queste riduzioni possano essere riconducibili ad un utilizzo diverso dei locali congiuntamente a fattori climatici.

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]
\overline{Q}_{ACS}	-
\overline{Q}_{ALTRO}	-
$\overline{a}_{rif} \times GG_{rif}$	16.392
$Q_{baseline}$	16.392

5.1.2 Energia elettrica

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

- Villa Grimaldi.

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 5.6 con indicazione dei POD di riferimento.

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

POD	ZONA SERVITA	2014	2015	2016	MEDIA
-----	--------------	------	------	------	-------

		[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
IT001E00096519	Villa Grimaldi	65.422	65.297	58.302	63.007
IT001E02592821	“ “	498	1000	7.067	2.855
TOTALE		65.911	66.267	65.369	65.862

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-E64) e sono emerse le seguenti differenze:

POD1 2014 : 70.562 kWh (-8%)
 2015 : 66.681 kWh (-2%)
 2016 : 62.075 kWh (-6%)
 Media : 66.439 kWh (-5%)
 POD2 2014 : 917 kWh (-84%)
 2015 : 1.264 kWh (-26%)
 2016 : 7.347 kWh (-4%)
 Media : 3.173 kWh (-11%)

I consumi rilevati dalla fatturazione sono mediamente più bassi del 5% rispetto quelli rilevati dalla PA per il POD1 e minore del 11% per il POD2. In questi consumi sono stati presi in considerazione i conguagli presenti in fatture successive.

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 65.862 kWh, quello rilevato dall'Auditor nella fase di analisi della fatturazione.

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

POD: IT001E00096519	F1	F2	F3	TOTALE
Anno 2014	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gennaio	2.483	1.195	1.862	5.540
Febbraio	2.341	1.212	1.620	5.173
Marzo	2.403	1.298	1.683	5.384
Aprile	2.244	981	1.311	4.536
Maggio	2.260	1.144	1.459	4.863
Giugno	2.125	1.073	1.932	5.130
Luglio	2.718	1.442	2.518	6.678
Agosto	2.489	1.505	2.496	6.490
Settembre	2.841	1.390	1.964	6.195
Ottobre	2.573	1.013	1.213	4.799
Novembre	2.165	1.068	1.560	4.793
Dicembre	2.550	1.272	2.019	5.841
Totale	29.192	14.593	21.637	65.422
POD: IT001E00096519	F1	F2	F3	TOTALE
Anno 2015	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gennaio	2.595	1.466	2.188	6.249
Febbraio	2.547	1.293	1.781	5.621
Marzo	2.147	1.034	1.441	4.622
Aprile	1.649	827	1.231	3.707
Maggio	2.605	1.521	2.047	6.173
Giugno	2.521	1.472	1.981	5.974



E64/1 – Villa Grimaldi (Museo)

Luglio	2.604	1.522	2.046	6.172
Agosto	2.595	1.656	2.542	6.793
Settembre	2.668	1.487	2.073	6.228
Ottobre	1.989	842	969	3.800
Novembre	2.053	1.008	1.605	4.666
Dicembre	2.288	1.004	2.000	5.292
Totale	28.261	15.132	21.904	65.297
POD: IT001E00096519	F1	F2	F3	TOTALE
Anno 2016	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gennaio	2.302	1.404	2.480	6.186
Febbraio	2.247	1.068	1.584	4.899
Marzo	2.529	1.177	1.714	5.420
Aprile	1.832	950	1.098	3.880
Maggio	1.628	832	1.019	3.479
Giugno	2.086	1.192	1.477	4.755
Luglio	2.490	1.540	2.256	6.286
Agosto	2.629	1.373	1.973	5.975
Settembre	2.116	1.086	1.529	4.731
Ottobre	1.536	832	1.036	3.404
Novembre	1.862	922	1.414	4.198
Dicembre	2.085	1.185	1.819	5.089
Totale	25.342	13.561	19.399	58.302

POD: IT001E02592821	F1	F2	F3	TOTALE
Anno 2014	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gennaio				-
Febbraio				-
Marzo				-
Aprile				-
Maggio				-
Giugno				-
Luglio				-
Agosto				-
Settembre				-
Ottobre	150	48	77	275
Novembre	33	25	82	140
Dicembre	25	18	40	83
Totale	208	91	199	498
POD: IT001E02592821	F1	F2	F3	TOTALE
Anno 2015	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gennaio	24	19	37	80
Febbraio	23	18	31	72
Marzo	16	12	19	47
Aprile	26	17	27	70
Maggio	24	19	37	80
Giugno	25	18	34	77

E64/1 – Villa Grimaldi (Museo)

Luglio	27	19	34	80
Agosto	24	18	36	78
Settembre	26	19	37	82
Ottobre	26	20	34	80
Novembre	47	20	36	103
Dicembre	61	24	66	151
Totale	349	223	428	1.000
POD: IT001E02592821	F1	F2	F3	TOTALE
Anno 2016	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gennaio	102	79	142	323
Febbraio	217	160	275	652
Marzo	222	145	273	640
Aprile	203	153	275	631
Maggio	205	141	265	611
Giugno	203	141	261	605
Luglio	191	157	271	619
Agosto	193	138	262	593
Settembre	194	140	250	584
Ottobre	196	155	281	632
Novembre	194	144	282	620
Dicembre	164	135	258	557
Totale	2.284	1.688	3.095	7.067

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

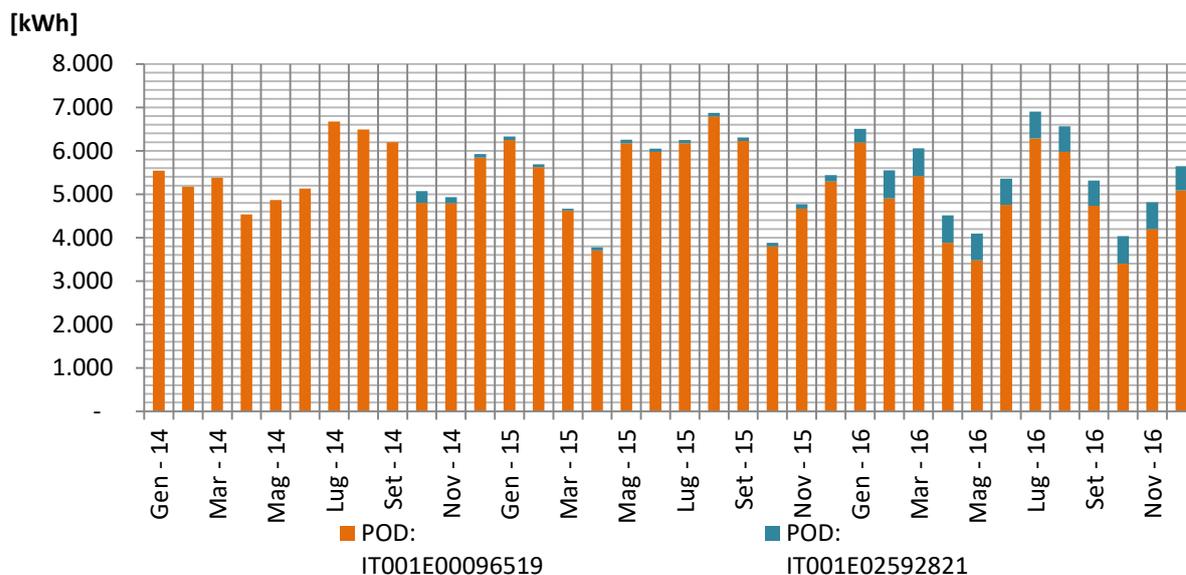
Tali valori sono riportati nella Tabella 5.8.

Tabella 5.8 – Consumi mensili di Baseline

BASELINE	F1	F2	F3	TOTALE
	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gennaio	2.502	1.388	2.236	6.126
Febbraio	2.458	1.250	1.764	5.472
Marzo	2.439	1.222	1.710	5.371
Aprile	1.985	976	1.314	4.275
Maggio	2.241	1.219	1.609	5.069
Giugno	2.320	1.299	1.895	5.514
Luglio	2.677	1.560	2.375	6.612
Agosto	2.643	1.563	2.436	6.643
Settembre	2.615	1.374	1.951	5.940
Ottobre	2.157	970	1.203	4.330
Novembre	2.118	1.062	1.660	4.840
Dicembre	2.391	1.213	2.067	5.671
Totale	28.545	15.096	22.221	65.862

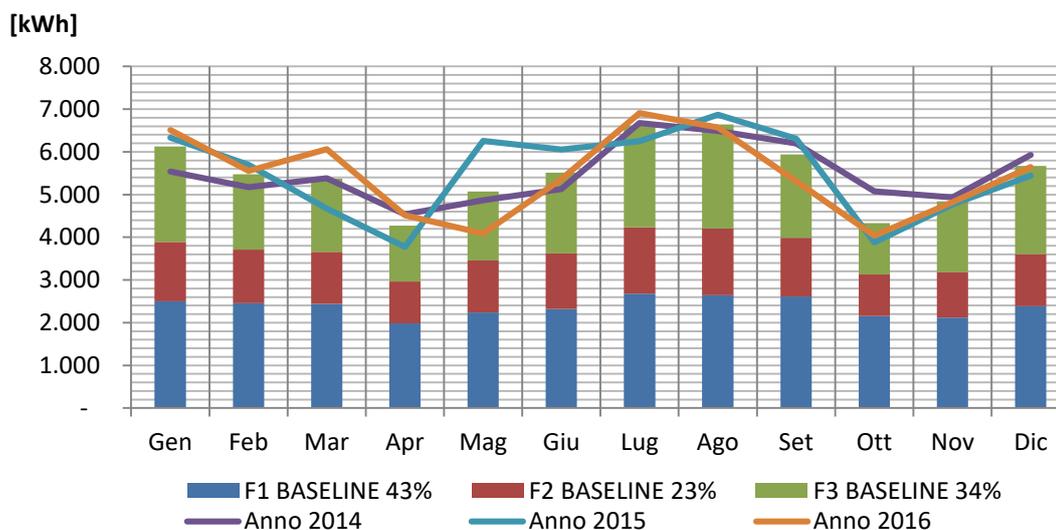
Il profilo così ottenuto è rappresentato nel grafico in Figura 5.2

Figura 5.2 – Profili mensili di Baseline riferimento



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

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



I profili di prelievo mensili nel triennio di riferimento presentano andamenti coerenti di anno in anno. I minimi consumi si hanno nei mesi di aprile ed ottobre mentre si hanno consumi maggiori nei mesi centrali d'inverno ed estivi di luglio ed agosto. Il consumo maggiore si ha per tutti i mesi nella fascia diurna F1 e F3 le quali sono sempre le componenti dominanti. Da questi dati si evince che la struttura è stata utilizzata per gli anni analizzati in modo costante.

Non è stato possibile rappresentare i profili giornalieri dei consumi elettrici accedendo alle informazioni fornite dalla società di distribuzione dell'energia elettrica, in quanto il contatore installato nella scuola ha una potenza minore di 55 kW, soglia necessaria per questo tipo di analisi. Pertanto non è stato possibile analizzare i profili giornalieri rappresentativi nelle diverse condizioni di utilizzo dell'edificio e di funzionamento dell'impianto

5.2 INDICATORI DI PERFORMANCE ENERGETICI ED AMBIENTALI

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

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

Tabella 5.9 - Fattori di emissione di CO₂.

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

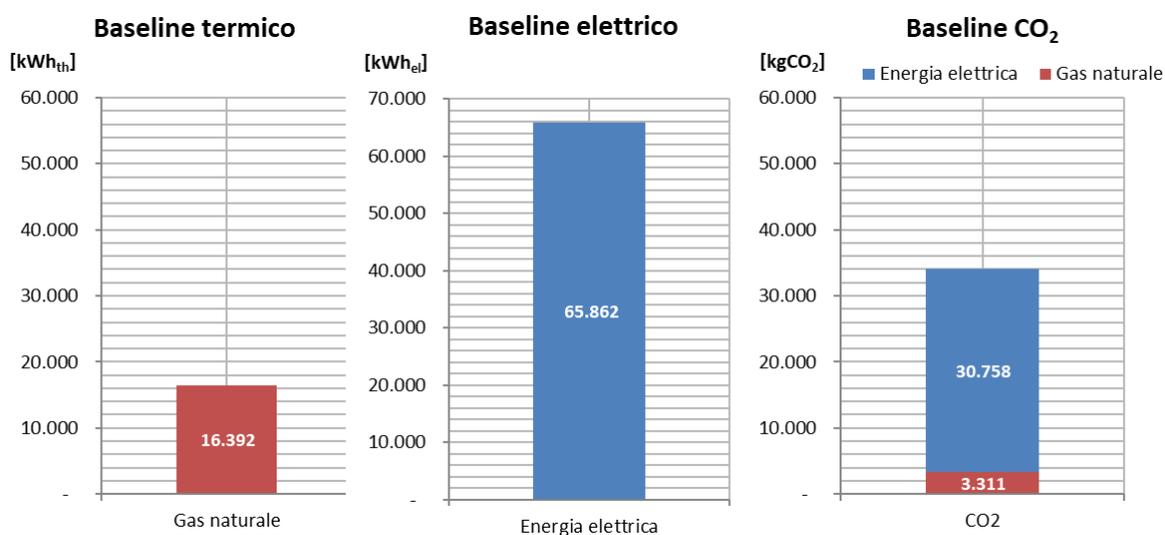
* da "Linee Guida Patto dei Sindaci" per anno 2010

Applicando tali fattori di conversione è stato possibile valutare la Baseline delle emissioni di CO₂, come riportato nella Tabella 5.10 – Baseline delle emissioni di CO₂. Tabella 5.10 e nella Figura 5.4

Tabella 5.10 – Baseline delle emissioni di CO₂.

COMBUSTIBILE	CONSUMO DI BASELINE	FATTORE DI CONVERSIONE	
	[kWh]	[tCO ₂ /MWh]	[tCO ₂]
Gas naturale	16.392	0,202	3.311
Energia elettrica	65.862	0,467	30.758

Figura 5.4 – Rappresentazione grafica della Baseline delle emissioni di CO₂.



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

Tabella 5.11 - Fattori di conversione in energia primaria dei vettori energetici

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

La valutazione degli indicatori di performance è stata effettuata parametrizzando i consumi reali di Baseline di cui al Capitolo

CONSUMI RILEVATI, in funzione dei fattori riportati nella Tabella 5.12.

Tabella 5.12 – Fattori di riparametrizzazione

PARAMETRO		VALORE	U.M.
FATTORE 1	Superficie netta riscaldata	629	m ²
FATTORE 1	Superficie netta complessiva delle aree interne (riscaldate e non riscaldate)	2.458	m ³
FATTORE 1	Volume lordo complessivo (aree interne riscaldate e non riscaldate)	11.132	m ³

Nella Tabella 5.13 e

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

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

VETTORE ENERGETICO	CONSUMO ENERGETICO DI BASELINE [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	16.392	1,05	17.212	27,4	7,0	1,5	5,27	1,35	0,30
Energia elettrica	65.862	2,42	159.386	253,5	64,8	14,3	48,92	12,51	2,76
TOTALE			176.598	281	72	16	54	14	3

Tabella 5.14 – 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	16.392	1,05	17.212	27,4	7,0	1,5	5,27	1,35	0,30
Energia elettrica	65.862	1,95	128.431	204,3	52,3	11,5	48,92	12,51	2,76
TOTALE			145.643	232	59	13	54	14	3

Figura 5.5 – Indicatori di performance e relative emissioni di CO₂ valutati in funzione della superficie utile riscaldata

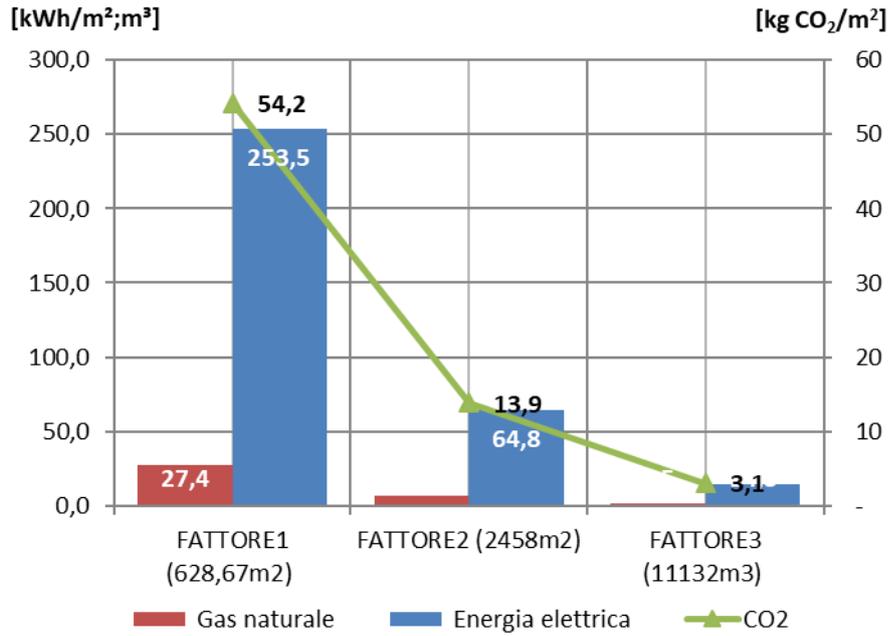
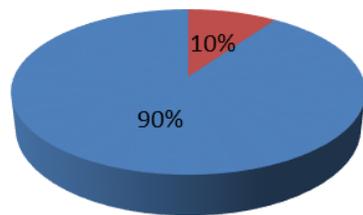
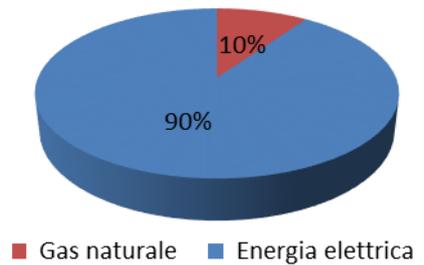


Figura 5.6 – Ripartizione % dei consumi specifici di energia primaria e delle relative emissioni di CO₂

Ripartizione % energia primaria



Ripartizione % emissioni CO₂



Tale edificio ha una destinazione d’uso differente rispetto quella necessaria per la definizione degli indici descritti dalle Linee Guida ENEA- FIRE “Guida per il contenimento della spesa energetica nelle scuole”. Per tale ragione non è possibile effettuare il calcolo delle classi di merito.

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 e UNI-TS 11300-4:2016.

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

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

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

INDICE DI PRESTAZIONE ENERGETICA		ENERGIA PRIMARIA NON RINNOVABILE	U.M.	ENERGIA PRIMARIA TOTALE	U.M.
Globale	EP _{gl}	242,2	kWh/mq anno	385,8	kWh/mq anno
Climatizzazione invernale	EP _H	137,2	kWh/mq anno	255,4	kWh/mq anno
Produzione di acqua calda sanitaria	EP _w	0,11	kWh/mq anno	0,11	kWh/mq anno
Ventilazione	EP _v	[-]	kWh/mq anno	[-]	kWh/mq anno
Raffrescamento	EP _c	56,3	kWh/mq anno	69,8	kWh/mq anno
Illuminazione artificiale	EP _L	43,3	kWh/mq anno	53,7	kWh/mq anno
Trasporto di persone e cose	EP _T	5,4	kWh/mq anno	6,7	kWh/mq anno
Emissioni equivalenti di CO ₂	CO _{2eq}	34,5	Kg/mq anno	55	Kg/mq anno

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

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

FONTE ENERGETICA UTILIZZATA	CONSUMO	CONSUMO ENERGIA PRIMARIA NON RINNOVABILE	
	[Nm ³ /anno]	[kWh/anno]	
Gas Naturale	3.164	33.027	
	[kWh/anno]	[kWh/anno]	
Energia Elettrica	61.160	119.261	

Il modello di calcolo utilizzato deve essere validato tramite confronto con la baseline energetica, secondo la presente scala di congruità:

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

Dove:

- $Q_{teorico}$ è il fabbisogno teorico dell'edificio, come calcolato dal software di simulazione, ed è assunto pari al fabbisogno di energia per la combustione ($Q_{gn,in}$) così come definito dalla norma UNI TS 11300 parte 2;
- $Q_{baseline}$ è il consumo reale (destagionalizzato nel caso di climatizzazione), dell'edificio, definito dalla baseline energetica.

Tale raffronto deve essere realizzato sia per il consumo termico, che per il consumo elettrico.

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 l'orario di funzionamento effettivo dell'impianto termico e gli indici di occupazione reali dell'edificio.

Nella Tabella 6.5 sono riportati gli indicatori di performance energetica ricavati dalla modellazione dell'edificio in modalità "Adattata all'utenza".

Tabella 6.3 – Indicatori di performance energetica ricavati dalla modellazione (valutazione in modalità adattata all'utenza)

INDICE DI PRESTAZIONE ENERGETICA		ENERGIA PRIMARIA NON RINNOVABILE	U.M.	ENERGIA PRIMARIA TOTALE	U.M.
Globale	EP _{gl}	200,3	kWh/mq anno	282,1	kWh/mq anno
Climatizzazione invernale	EP _H	69,4	kWh/mq anno	119,8	kWh/mq anno
Produzione di acqua calda sanitaria	EP _w	0,11	kWh/mq anno	0,11	kWh/mq anno
Ventilazione	EP _v	[-]	kWh/mq anno	[-]	kWh/mq anno
Raffrescamento	EP _c	81,2	kWh/mq anno	100,7	kWh/mq anno
Illuminazione artificiale	EP _L	44,2	kWh/mq anno	54,8	kWh/mq anno
Trasporto di persone e cose	EP _T	5,4	kWh/mq anno	6,7	kWh/mq anno
Emissioni equivalenti di CO2	CO _{2eq}	32,7	Kg/mq anno	46	Kg/mq anno

Gli indici di prestazione energetica sopra riportati corrispondono ad un quantitativo annuo di vettore energetico consumato, riportato nella Tabella 6.4.

Tabella 6.4 – Consumo di vettore energetico ricavato dalla modellazione (valutazione in modalità adattata all'utenza)

FORTE ENERGETICA UTILIZZATA	CONSUMO	ENERGIA PRIMARIA NON RINNOVABILE
	[Nm ³ /anno]	[kWh/anno]
Gas Naturale	1.574	16.428
	[kWh/anno]	[kWh/anno]
Energia Elettrica	62.736	131.432

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

Q_{teorico} [kWh/anno]	Q_{baseline} [kWh/anno]	Congruità [%]
15.645	16.392	4,8%

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

EE_{teorico} [kWh/anno]	EE_{baseline} [kWh/anno]	Congruità [%]
62.736	65.862	4,98%

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

6.2 FABBISOGNI ENERGETICI

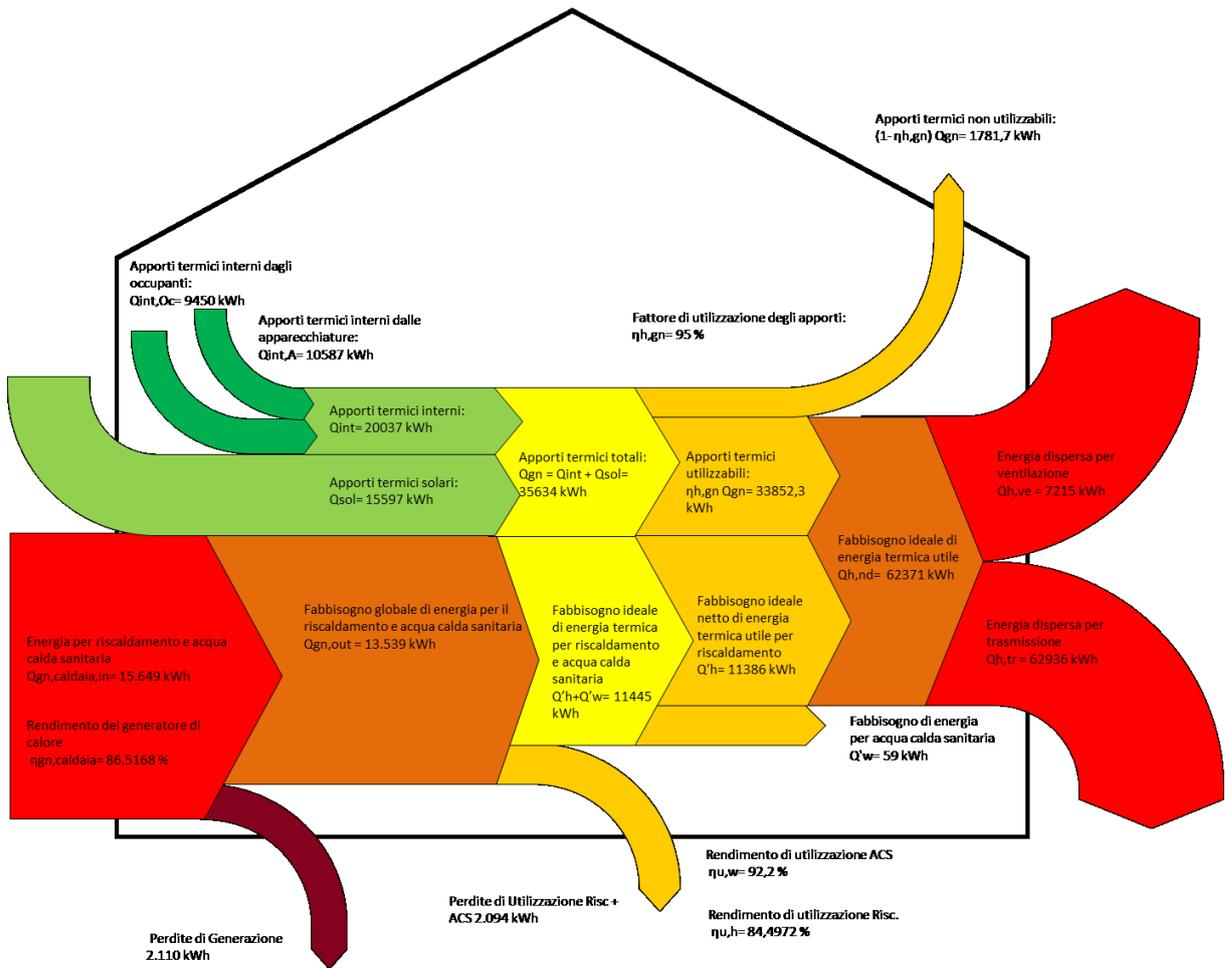
Al fine di valutare la prestazione energetica del sistema edificio-impianti si è reso necessario predisporre i risultati della modellazione energetica nella forma di un bilancio energetico che descriva l'andamento dei flussi energetici caratteristici dell'edificio in modo da valutare in maniera puntuale 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 valori rappresentati a bilancio sono valori indicizzati in kWh/(m² anno), sulla base delle superfici utili delle zone riscaldate e/o climatizzate.

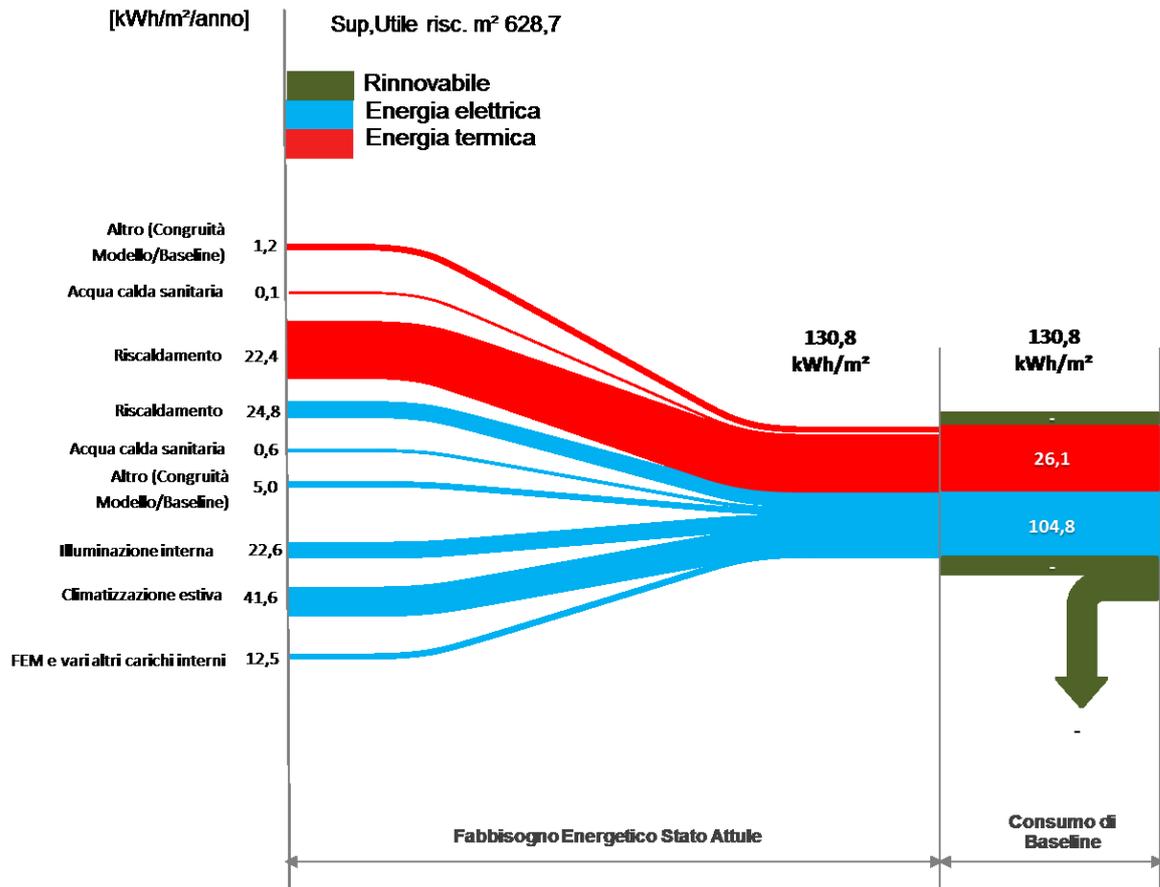
I risultati del bilancio energetico termico sono stati rappresentati nella forma di diagramma di Sankey riportato in Figura 6.1

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



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

Figura 6.2 – Bilancio energetico complessivo dell'edificio

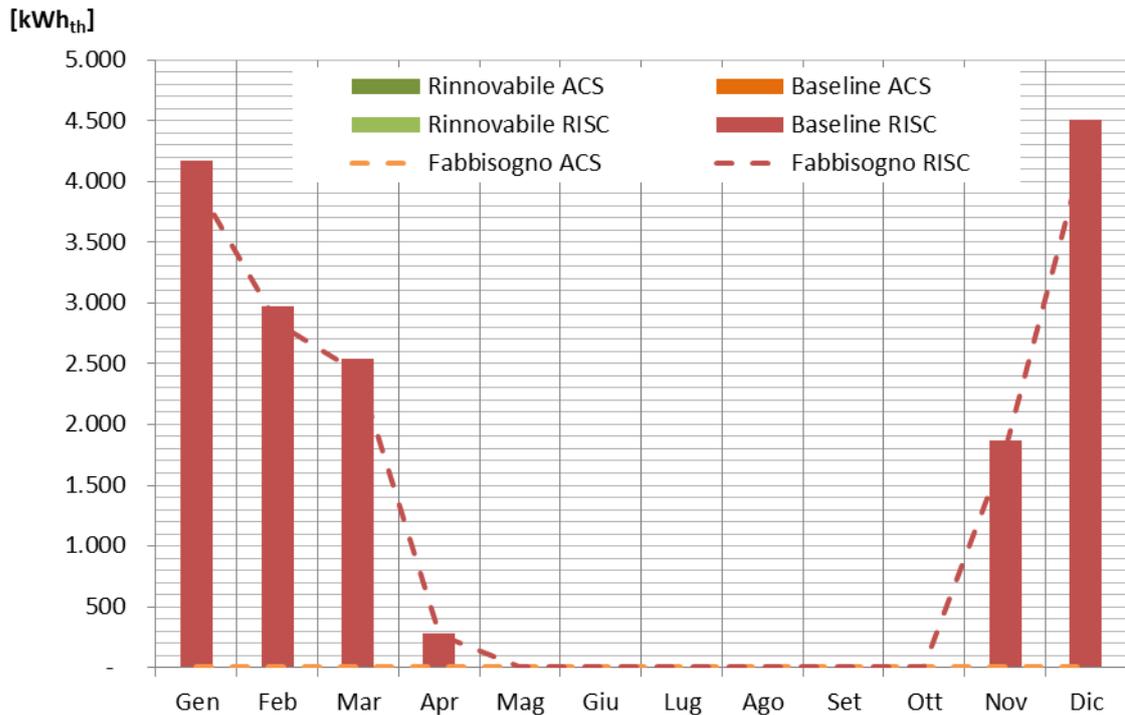


6.3 PROFILI ENERGETICI MENSILI

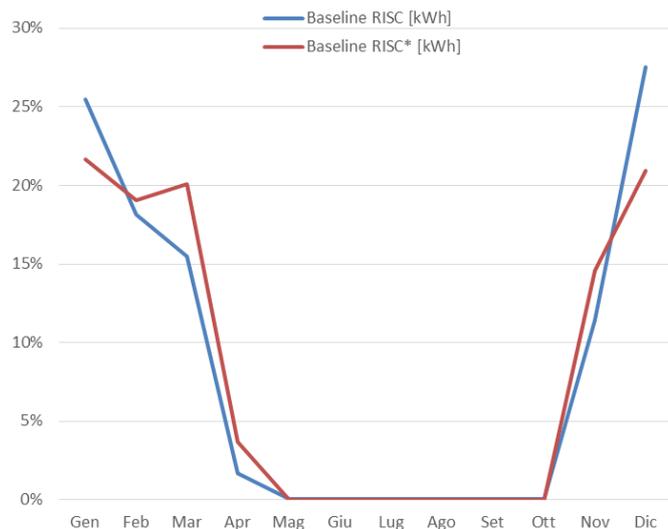
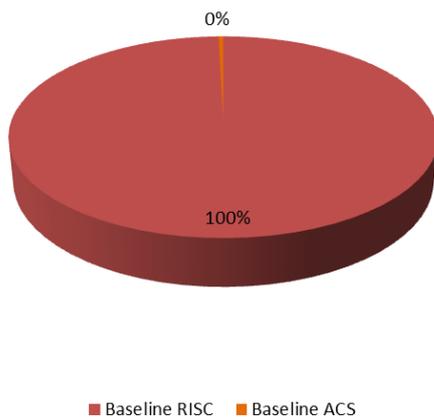
La creazione di un modello energetico consente di effettuare una pi  corretta ripartizione dei consumi energetici in funzione dei diversi utilizzi.

La ripartizione mensile dei fabbisogni energetici termici ricavati dalla modellazione   riportata in figura 6.3

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



Ripartizione consumi termici

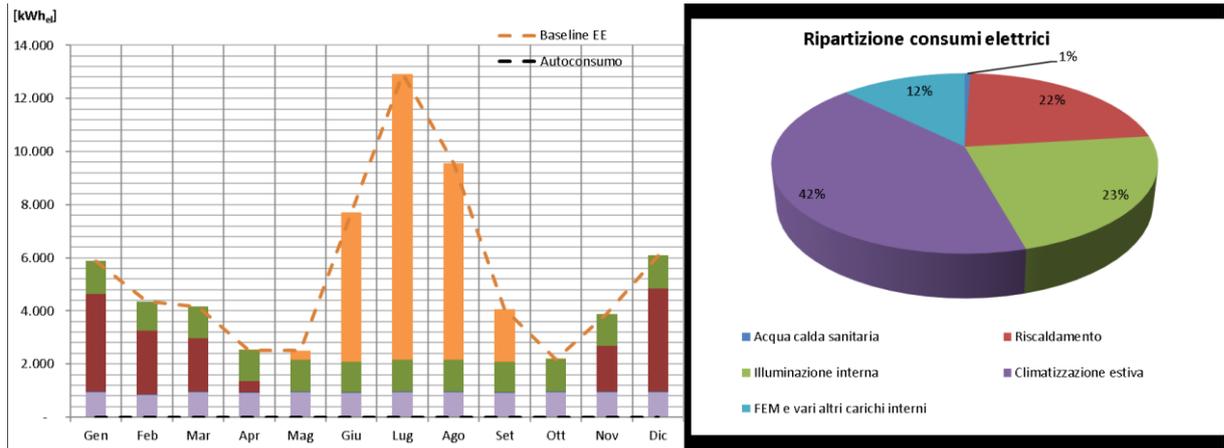


Si può notare come la maggior parte dei consumi termici sia da attribuirsi all'utilizzo per la climatizzazione invernale dei locali, pertanto, gli interventi migliorativi proposti andranno ad interessare principalmente i componenti asserviti a tale servizio.

Si è inoltre effettuato un confronto grafico tra i profili mensili ottenuti dalla modellazione termica ed i profili mensili ottenuti tramite la ripartizione dei consumi annuali di Baseline, adibiti al riscaldamento degli ambienti, in funzione dei profili mensili dei GG_{rif}.

La ripartizione dei fabbisogni energetici elettrici ricavati dalla modellazione è riportata in 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 servizio di climatizzazione estiva ed illuminazione interna, pertanto, gli interventi migliorativi proposti andranno ad interessare principalmente i componenti asserviti a tali sistemi.

7 ANALISI DEI COSTI PRE-INTREVENTO

7.1 COSTI RELATIVI ALLA FORNITURA DEI VETTORI ENERGETICI

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

7.1.1 Vettore termico

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

- PDR 1 – 03270019029134: contratto di fornitura del solo 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.
- PDR 1 – 03270019029033: contratto di fornitura del solo vettore energetico, stipulato direttamente dalla PA con la società di fornitura. E' stato quindi possibile effettuare un'analisi di dettaglio dei costi fatturati e delle caratteristiche del contratto di fornitura.

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

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

PDR: 03270019029134	2014	2015	2016
Indirizzo di fornitura			
Dati di intestazione fattura		Via Capolungo 9, Pl. C 16167 Genova (GE)	Via Capolungo 9, Pl. C 16167 Genova (GE)
Società di fornitura		IREN MERCATO SPA	ENI
Inizio periodo fornitura		-	01/04/15
Fine periodo fornitura		31/03/14	31/03/16
Classe del contatore		Classe G004	Classe G0004
Tipologia di contratto		PUNTO DI RICONSEGNA PER SERVIZIO PUBBLICO	UTENZE CON ATTIVITA' DI SERVIZIO PUBBLICO
Opzione tariffaria (*)			
Valore del coefficiente correttivo dei consumi		1,023328	1,023328
Potere calorifico inferiore convenzionale del combustibile		9,42 kWh/smc	9,42 kWh/smc
Prezzi di fornitura del combustibile (*) (IVA INCLUSA) [€/smc]		0,303	0,303

PDR: 03270019029033	2014	2015	2016
Indirizzo di fornitura			
Dati di intestazione fattura		Via Capolungo 9, Pl. B 16167 Genova (GE)	Via Capolungo 9, Pl. B 16167 Genova (GE)
Società di fornitura		IREN MERCATO SPA	ENI
Inizio periodo fornitura		-	01/04/15
Fine periodo fornitura		31/03/14	31/03/16
Classe del contatore		Classe G004	Classe G0004
Tipologia di contratto		PUNTO DI RICONSEGNA PER SERVIZIO PUBBLICO	UTENZE CON ATTIVITA' DI SERVIZIO PUBBLICO
Opzione tariffaria (*)			
Valore del coefficiente correttivo dei consumi		1,023328	1,023328
Potere calorifico inferiore convenzionale del combustibile		9,42 kWh/smc	9,42 kWh/smc

Prezzi di fornitura del combustibile (*) (IVA INCLUSA) [€/smc]	0,235	0,239
---	-------	-------

Nota (11) per fatturazioni non mensili la spesa economica mensile andrà calcolata suddividendo percentualmente la spesa aggregata in base ai valori di consumo energetico mensile.

Nota (12): con prezzo di fornitura s'intende soltanto la quota variabile del servizio di acquisto e vendita, sono escluse le imposte, i corrispettivi per il dispacciamento e lo sbilanciamento, per l'uso della rete, e il servizio di misura e ogni altra voce.

Dalle informazioni riportate nella tabella si può desumere che per il PDR 1 e PDR2 sono mancanti le fatturazioni dell'anno 2014. Si nota che ogni anno in corrispondenza del passaggio da una stagione termica all'altra è cambiato il fornitore del metano ed a sua volta anche il costo medio annuo di fornitura del combustibile.

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

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

PDR: 03270019029134	QUOTA ENERGIA FISSA	ONERI DI SISTEMA PARTE FISSA	ONERI DI SISTEMA PARTE VARIABILE	IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO (IVA INCLUSA)
ANNO 2014	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[KWH]	[€/kWh]
Gennaio							-	-
Febbraio							-	-
Marzo							-	-
Aprile							-	-
Maggio							-	-
Giugno							-	-
Luglio							-	-
Agosto							-	-
Settembre							-	-
Ottobre							-	-
Novembre							-	-
Dicembre							-	-
Totale	-	-	-	-	-	-	-	-
PDR: 03270019029134	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							-	-
Febbraio							-	-
Marzo	444	11	154	189	133	931	9.765	0,095
Aprile							-	-
Maggio							-	-
Giugno	377	12	156	273	180	998	12.529	0,080
Luglio	60	4	26	47	30	167	2.091	0,080
Agosto	56	4	24	44	28	157	1.959	0,080
Settembre	81	4	35	64	40	224	2.826	0,079
Ottobre	80	4	34	62	40	220	2.751	0,080
Novembre	411	4	173	316	199	1.102	14.045	0,078



E64/1 – Villa Grimaldi (Museo)

	616	4	210	474	287	1.591	21.082	0,075
Totale	2.127	46	810	1.469	937	5.389	67.048	0,080
PDR: 03270019029134	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							-	-
Febbraio	-1.512	42	-626	-1.155	-715	-3.966	-51.688	0,077
Marzo	478	4	215	392	240	1.328	17.455	0,076
Aprile	28	3	18	28	77	153	1.347	0,114
Maggio	10	3	6	10	6	34	462	0,074
Giugno	9	3	6	9	6	32	424	0,075
Luglio	7	3	4	7	5	26	330	0,078
Agosto	9	3	5	8	5	30	386	0,077
Settembre	2	3	1	8	3	17	94	0,178
Ottobre	4	3	2	3	2	13	141	0,093
Novembre	20	3	10	16	11	59	791	0,075
Dicembre	19	3	9	16	10	58	772	0,075
Totale	-926	68	-351	-658	-351	-2.217	-29.485	0,075

PDR: 03270019029033	QUOTA ENERGIA FISSA	ONERI DI SISTEMA PARTE FISSA	ONERI DI SISTEMA PARTE VARIABILE	IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO (IVA INCLUSA)
ANNO 2014	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[KWH]	[€/kWh]
Gennaio							-	-
Febbraio							-	-
Marzo							-	-
Aprile							-	-
Maggio							-	-
Giugno							-	-
Luglio							-	-
Agosto							-	-
Settembre							-	-
Ottobre							-	-
Novembre							-	-
Dicembre							-	-
Totale	-	-	-	-	-	-	-	-
PDR: 03270019029033	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							-	-
Febbraio							-	-
Marzo	98	11	26	30	18	183	2.159	0,085
Aprile							-	-
Maggio							-	-
Giugno	648	12	275	464	289	1.687	21.525	0,078



E64/1 – Villa Grimaldi (Museo)

Luglio	137	4	59	107	68	374	4.767	0,079
Agosto	123	4	53	96	61	336	4.277	0,079
Settembre	154	4	66	120	76	419	5.341	0,078
Ottobre	196	4	82	151	95	528	6.698	0,079
Novembre	399	4	140	307	187	1.037	13.659	0,076
Dicembre	540	4	181	416	251	1.392	18.482	0,075
Totale	2.296	46	881	1.690	1.044	5.957	76.907	0,077

PDR: 03270019029033	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	545	4	255	421	239	1.464	20.460	0,072
Febbraio	496	4	223	407	249	1.378	18.115	0,076
Marzo	438	4	178	359	215	1.194	15.986	0,075
Aprile	12	3	8	12	8	43	593	0,072
Maggio	10	3	6	10	6	34	462	0,074
Giugno	9	3	5	9	6	31	414	0,075
Luglio	-	3	-	-	1	3	-	-
Agosto	9	3	5	8	5	30	405	0,075
Settembre	10	3	6	9	5	32	433	0,074
Ottobre	17	3	8	14	9	51	688	0,074
Novembre	31	3	15	25	16	89	1.225	0,073
Dicembre	37	3	18	31	19	107	1.479	0,072
Totale	1.614	34	727	1.306	776	4.457	60.260	0,074

PDR: 3270019029134	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]
Conguaglio Aprile	-22,24	0	-13,71	-21,73	-12,69	-70,37	-3	23,457
Conguaglio Maggio	-7,57	0	-4,69	-7,44	-4,33	-24,03	-38	0,632
Conguaglio Giugno	-7,15	0	-4,45	-7,05	-4,10	-22,75	-36	0,632
Conguaglio Luglio	-5,42	0	-3,25	-5,09	-3,03	-16,79	-26	0,646
Conguaglio Agosto	-6,67	0	-4	-6,27	-3,73	-20,67	-32	0,646
Conguaglio Ottobre	-1,18	0	-0,57	-0,98	-0,60	-3,33	-5	0,666
Conguaglio Novembre	-6,65	0	-3,18	-5,49	-3,37	-18,69	-28	0,668

PDR: 3270019029134	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]
Conguaglio Aprile	-12,46	-2,57	-7,78	-12,33	-7,74	-42,88	-63	0,681
Conguaglio Aprile	-9,82	-2,57	-6,05	-9,59	-6,17	-34,20	-49	0,698
Conguaglio giugno	-8,75	-2,57	-5,43	-8,62	-5,58	-30,95	-44	0,703

E64/1 – Villa Grimaldi (Museo)

Conguaglio agosto	4,97	3	4,7	2,79	15,46	24	0,644
Conguaglio settembre	5,36	3,26	5,09	3,02	16,73	26	0,643
Conguaglio ottobre	0,48	0,23	0,4	0,24	1,35	2	0,677
Conguaglio novembre	0,82	0,45	0,79	0,45	2,51	4	0,628

Per le forniture di gas metano per le quali erano presenti le fatturazioni si è proceduto all'analisi dei consumi. Nella voce "Totale" dei PDR sono stati tenuti in considerazione tutti gli arrotondamenti ed eventuali somme scomputabili indicate sulle bollette. L'assenza di letture rilevate mensili per quasi la totalità dei mesi analizzati, rende questa valutazione efficace relativamente alla stagione intesa come quella di riscaldamento piuttosto che annuale per via del cambio di gestore effettuato a ridosso delle stagioni termiche.

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

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

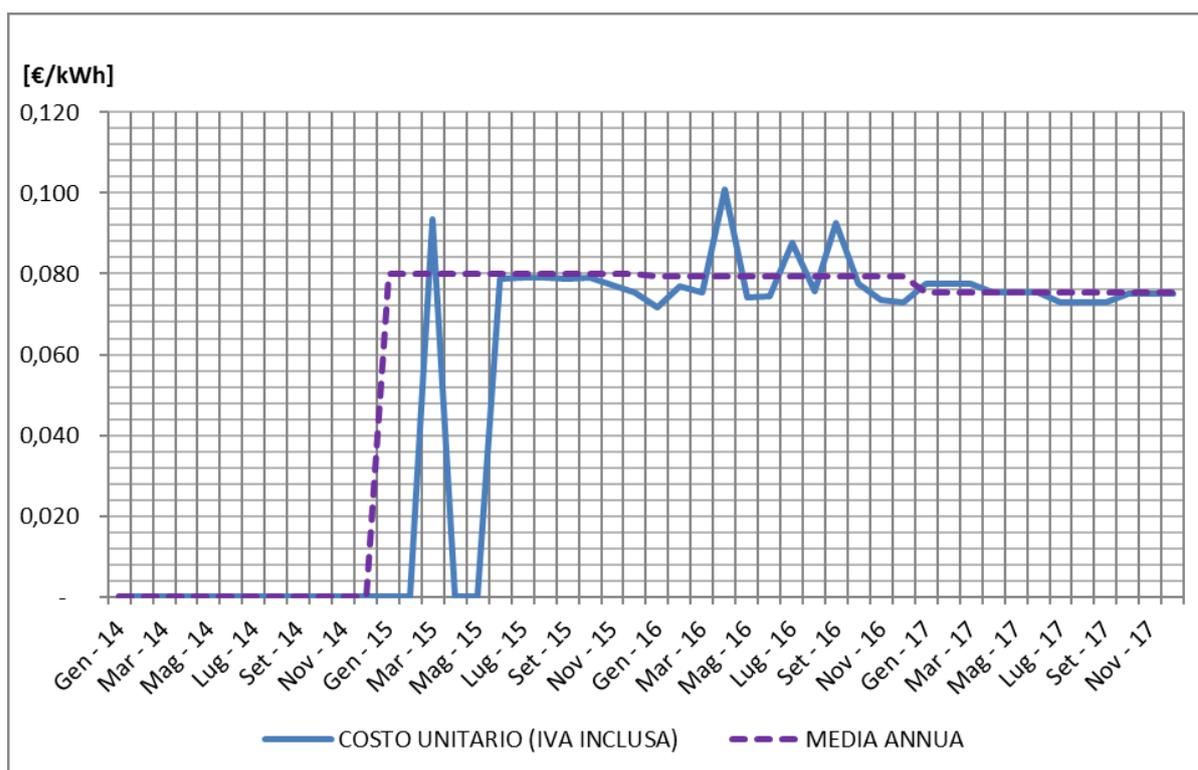
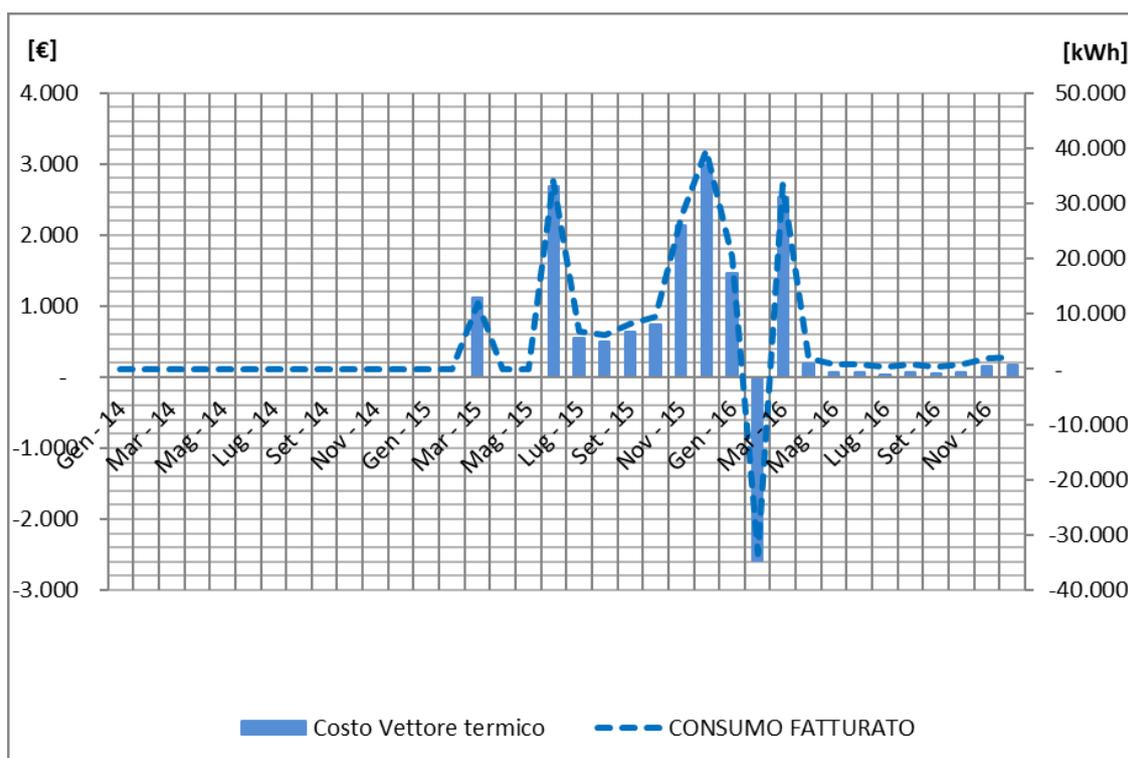


Figura 7.2 – Andamento dei consumi e dei costi dell'energia termica



Dall'analisi effettuata risulta evidente che l'andamento dei costi è estremamente variabile con evidenti consumi sovrastimati e poi ricalcolati in corrispondenza del cambio di fornitura. Si evidenzia che i consumi dell'anno 2016 sono ben diversi da quelli del 2015, per cui l'andamento mensile sviluppato sul grafico in realtà non rappresenta il reale prelievo di metano.

7.1.2 Vettore elettrico

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

- POD 1 – IT001E00096519: contratto di fornitura del vettore energetico, stipulato direttamente dalla PA con la società di fornitura. E' stato quindi possibile effettuare un'analisi di dettaglio dei costi fatturati e delle caratteristiche del contratto di fornitura.
- POD 1 – IT001E02592821: 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 7.3 si riportano le principali caratteristiche del contratto di fornitura del vettore termico per gli anni di riferimento.

Tabella 7.3 – Caratteristiche dei contratti di fornitura del vettore elettrico per il triennio di riferimento

POD: IT001E00096519	2014	2015	2016
Indirizzo di fornitura			
Dati di intestazione fattura	Via Capolungo n. 9 Genova (GE)	Via Capolungo n. 9 Genova (GE)	Via Capolungo n. 9 Genova (GE)
Società di fornitura	Edison	Gala	Iren
Inizio periodo fornitura	01/10/13	01/04/15	01/04/16
Fine periodo fornitura	31/03/15	31/03/16	-
Potenza elettrica impegnata	33 kW	30 kW	30 kW

E64/1 – Villa Grimaldi (Museo)

Potenza elettrica disponibile	33 kW	33 kW	33 kW
Tipologia di contratto	Forniture in BT (escluso IP)	380 V	BT, Allacciamento 380 V
Opzione tariffaria ⁽¹⁾	Trioraria	Trioraria	Trioraria
Prezzi del forniture dell'energia elettrica ⁽²⁾ [€/kWh]	0,116	0,082	0,100

POD: IT001E02592821	2014	2015	2016
Indirizzo di fornitura			
Dati di intestazione fattura	Via Capolungo n. 9 Genova (GE)	Via Capolungo n. 9 Genova (GE)	Via Capolungo n. 9 Genova (GE)
Società di fornitura	Edison	Gala	Iren
Inizio periodo fornitura	01/10/13	01/04/15	01/04/16
Fine periodo fornitura	31/03/15	31/03/16	-
Potenza elettrica impegnata	33 kW	30 kW	30 kW
Potenza elettrica disponibile	33 kW	33 kW	33 kW
Tipologia di contratto	Forniture in BT (escluso IP)	380 V	BT, Allacciamento 380 V
Opzione tariffaria ⁽¹⁾	Trioraria	Trioraria	Trioraria
Prezzi del forniture dell'energia elettrica ⁽²⁾ [€/kWh]	0,265	0,289	0,128

Nota (10) per fatturazioni non mensili la spesa economica mensile andrà calcolata suddividendo percentualmente la spesa aggregata in base ai valori di consumo energetico mensile.

Nota (11): con prezzo di fornitura s'intende soltanto la quota variabile del servizio di acquisto e vendita, sono escluse le imposte, i corrispettivi per il dispacciamento e lo sbilanciamento, per l'uso della rete, e il servizio di misura e ogni altra voce.

Dalle informazioni riportate nella tabella si può desumere che la fornitura dell'elettricità varia il gestore di anno in anno modificando a sua volta il prezzo tariffario medio.

Nella Tabella 7.4 si riporta l'andamento del costo del vettore elettrico nel triennio di riferimento, suddiviso nelle varie componenti.

Tabella 7.4 – Andamento del costo del vettore elettrico nel triennio di riferimento

POD: IT001E00096519	QUOTA ENERGIA	ONERI DI SISTEMA PARTE FISSA	ONERI DI SISTEMA PARTE VARIABILE	IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO
Anno 2014	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[kWh]	[€/kWh]
Gennaio	409	65	511	69	232	1.333	5.540	0,241
Febbraio	384	67	483	65	220	1.226	5.173	0,237
Marzo	400	70	499	67	228	1.263	5.384	0,235
Aprile	339	80	446	57	203	1.126	4.536	0,248
Maggio	361	84	471	61	215	1.189	4.863	0,245
Giugno	371	88	492	64	223	1.209	5.130	0,236
Luglio	-	-	-	-	-	-	-	-
Agosto	468	104	601	81	276	1.531	6.490	0,236
Settembre	454	99	578	77	266	1.474	6.195	0,238
Ottobre	357	70	478	60	212	1.178	4.799	0,245
Novembre	344	70	477	60	209	1.161	4.793	0,242
Dicembre	408	86	561	73	248	1.376	5.841	0,236
Totale	4.295	882	5.596	734	2.532	14.067	58.744	0,239

POD: IT001E00096519	QUOTA ENERGIA	ONERI DI SISITEMA PARTE FISSA	ONERI DI SISITEMA PARTE VARIABILE	IMPOST E	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO
Anno 2015	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]		[kWh]	[€/kWh]
Gennaio	419	81	573	78	253	1.404	6.249	0,225
Febbraio	362	75	525	70	227	1.184	5.621	0,211
Marzo	316	68	488	64	206	1.142	5.140	0,222
Aprile	176	46	322	46	59	649	3.707	0,175
Maggio	142	40	281	40	110	613	3.180	0,193
Giugno	141	41	291	41	51	566	3.304	0,171
Luglio	304	-	531	69	199	1.103	5.545	0,199
Agosto	605	-	1.054	143	396	2.198	11.433	0,192
Settembre	394	-	721	98	267	1.481	7.878	0,188
Ottobre	230	68	550	77	93	1.018	6.197	0,164
Novembre	144	-	400	46	130	719	3.670	0,196
Dicembre	203	-	461	55	158	876	4.402	0,199
Totale	3.435	420	6.195	829	2.150	12.953	66.326	0,195

POD: IT001E00096519	QUOTA ENERGIA	ONERI DI SISITEMA PARTE FISSA	ONERI DI SISITEMA PARTE VARIABILE	IMPOST E	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO
Anno 2016	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]		[kWh]	[€/kWh]
Gennaio	262	-	472	71	177	982	5.684	0,173
Febbraio	281	-	537	77	197	1.092	6.188	0,176
Marzo	181	-	468	58	155	862	4.633	0,186
Aprile	-	-	-	-	-	-	-	-
Maggio	402	-	748	92	273	1.516	7.359	0,206
Giugno	281	-	459	59	176	974	4.755	0,205
Luglio	445	-	578	79	242	1.344	6.286	0,214
Agosto	382	-	554	75	222	1.234	5.975	0,206
Settembre	336	-	457	59	186	1.031	4.731	0,218
Ottobre	256	-	153	43	146	590	3.404	0,173
Novembre	352	-	419	52	179	993	4.198	0,237
Dicembre	412	-	489	64	212	1.176	5.089	0,231
Totale	3.590	-	5.333	728	2.166	11.794	58.302	0,202

POD: IT001E02592821	QUOTA ENERGIA	ONERI DI SISITEMA PARTE FISSA	ONERI DI SISITEMA PARTE VARIABILE	IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO
Anno 2014	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[kWh]	[€/kWh]
Gennaio	-	-	-	-	-	-	-	-
Febbraio	-	-	-	-	-	-	-	-
Marzo	-	-	-	-	-	-	-	-
Aprile	-	-	-	-	-	-	-	-
Maggio	-	-	-	-	-	-	-	-
Giugno	-	-	-	-	-	-	-	-
Luglio	-	-	-	-	-	-	-	-
Agosto	-	-	-	-	-	-	-	-

Settembre	-	-	-	-	-	-	-	-
Ottobre	20	4	116	3	32	175	275	0,637
Novembre	9	2	105	2	26	144	140	1,028
Dicembre	6	1	100	1	24	132	83	1,590
Totale	35	7	321	6	81	451	498	0,906
POD: IT001E02592821	QUOTA ENERGIA	ONERI DI SISITEMA PARTE FISSA	ONERI DI SISITEMA PARTE VARIABILE	IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO
Anno 2015	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]		[kWh]	[€/kWh]
Gennaio	5	1	101	1	24	131	80	1,642
Febbraio	4	1	100	1	23	130	72	1,799
Marzo	5	1	101	1	24	132	86	1,536
Aprile	3	1	41	1	5	50	70	0,721
Maggio	3	1	39	1	10	53	53	0,996
Giugno	3	1	40	1	10	53	55	0,964
Luglio	4	-	101	1	23	130	76	1,706
Agosto	7	-	164	2	38	211	124	1,698
Settembre	5	-	102	1	24	132	89	1,479
Ottobre	3	1	43	1	11	59	82	0,715
Novembre	4	-	102	1	23	130	81	1,609
Dicembre	5	-	104	1	24	135	107	1,262
Totale	51	6	1.038	13	238	1.345	975	1,380
POD: IT001E02592821	QUOTA ENERGIA	ONERI DI SISITEMA PARTE FISSA	ONERI DI SISITEMA PARTE VARIABILE	IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO
Anno 2016	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]		[kWh]	[€/kWh]
Gennaio	5	-	42	1	11	59	100	0,588
Febbraio	17	-	48	5	15	85	366	0,231
Marzo	50	-	163	14	50	278	1.149	0,242
Aprile	-	-	-	-	-	-	-	-
Maggio	67	-	275	16	79	437	1.242	0,352
Giugno	35	-	136	8	39	219	605	0,361
Luglio	43	-	138	8	41	230	619	0,371
Agosto	38	-	136	7	40	220	593	0,371
Settembre	41	-	135	7	40	222	584	0,380
Ottobre	48	-	139	8	43	237	632	0,374
Novembre	50	-	138	8	43	238	620	0,383
Dicembre	44	-	133	7	40	225	557	0,403
Totale	438	-	1.483	88	442	2.448	7.067	0,346

Per consumo fatturato s'intende quello indicato su ogni bolletta, che potrebbe contenere o meno conguagli anche di altri mesi. I reali consumi mensili (comprensivi dei conguagli posticipati) sono stati presi in considerazione nelle valutazioni energetiche dell'edificio descritte nel Capitolo 5.

Dall'analisi risulta che alti costi unitari si hanno in corrispondenza dei mesi estivi in cui si raggiungono i minimi consumi a fronte di un alto costo di servizi di rete.

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

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

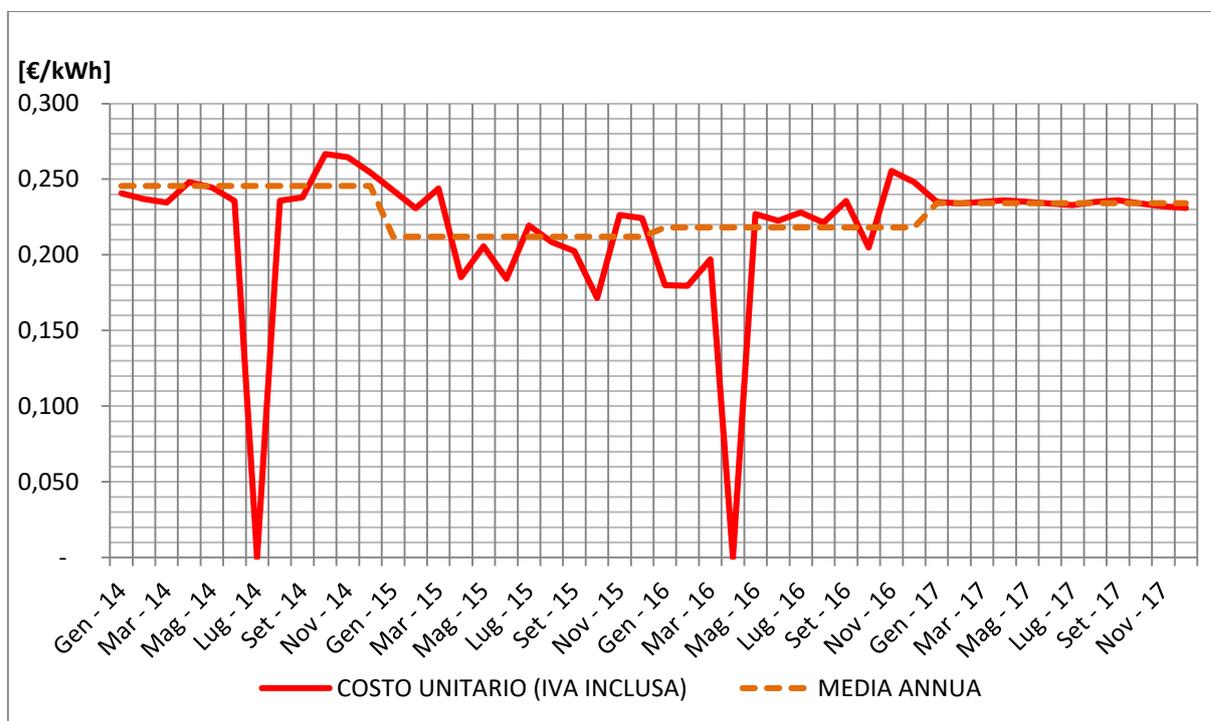
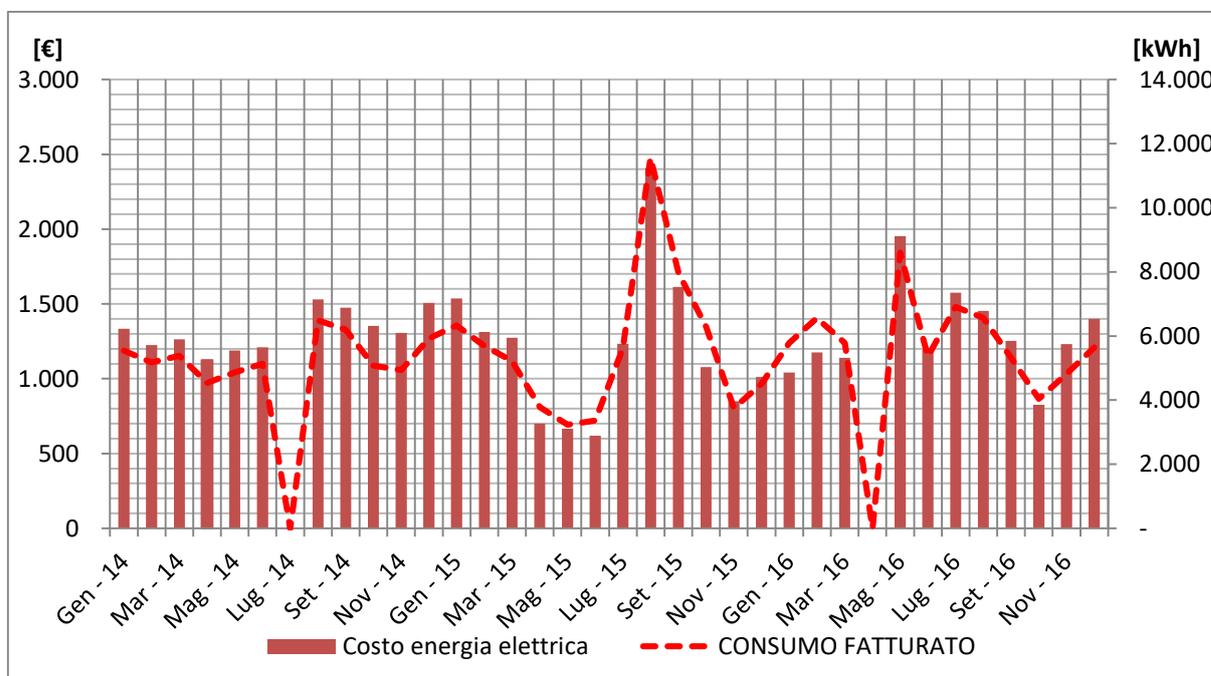


Figura 7.4 – Andamento dei consumi e dei costi dell'energia elettrica



Dall'analisi effettuata risulta evidente che per consumo fatturato s'intende quello indicato su ogni bolletta, che potrebbe contenere o meno conguagli anche di altri mesi. I reali consumi mensili (comprensivi dei conguagli posticipati) sono stati presi in considerazione nelle valutazioni energetiche dell'edificio descritte nel Capitolo 5.

I mesi di vuoto indicano la presenza di bollette bimestrali. Il consumo è coerente di anno in anno in cui i consumi maggiori sono corrispondenti ai mesi estivi per via della necessità di climatizzare i locali anche nei mesi più caldi. Questo edificio non è una scuola pubblica e per questo il consumo è mediamente pressoché costante per via delle diverse necessità di utilizzo.

7.2 TARIFFE E PREZZI VETTORI ENERGETICI UTILIZZATI NELL'ANALISI

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

Nella Tabella 7.5 sono sintetizzati i costi ed i consumi energetici precedentemente analizzati.

Tabella 7.5 - Sintesi dei consumi nel triennio di riferimento

ANNO	VETTORE TERMICO			VETTORE ELETTRICO			TOTALE
	[kWh]	[€]	[€/kWh]	[kWh]	[€]	[€/kWh]	[€]
2014	-	-	-	59.242	14.518	0,245	14.518
2015	143.955	11.346	0,079	67.301	14.298	0,212	25.644
2016	30.775	2.241	0,073	65.369	14.242	0,218	16.483
2017			0,077			0,215	
Media	87.365	6.793	0,076	63.971	14.353	0,225	18.882

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

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

Definizione		Valore	U.M.
Costo unitario dell'energia termica	Valore relativo all'ultimo anno a disposizione	Cu _Q	0,077 [€/kWh]
Costo unitario dell'energia elettrica	Valore relativo all'ultimo anno a disposizione	Cu _{EE}	0,215 [€/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:

- L1-042-450: servizio di conduzione e manutenzione caldaia con potenza < 35 kW
- L1-042-499-xxx: servizio di conduzione e manutenzione caldaia con potenza < 35 kW

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.

Nel caso di impianti oggetto di contratto di sola conduzione e manutenzione il costo della manutenzione ordinaria C_{MO} è stato assunto pari al valore del contratto (C_{SIE3}) come fornito all'interno del file kyotoBaseline-E64.

Nel caso di impianti non oggetto di fornitura di energia, il costo della manutenzione C_M è pari al valore contrattuale della conduzione e manutenzione (C_{SIE3}) come fornito all'interno del file kyotoBaseline-E3. 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 7.7.

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

Definizione		Valore	U.M.
Costo per la gestione e manutenzione ordinaria	Corrispettivo annuale relativo al contratto O&M in essere	C_{MO}	2.743 [€/anno]
Costo per la manutenzione straordinaria	Media relativa a gli stessi anni considerati per il rilevamento dei consumi storici	C_{MS}	305 [€/anno]

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

Tali servizi prevedono il pagamento di un canone annuale da parte della PA pari a 3.048€.

7.4 BASELINE DEI COSTI

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

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

Per la componente energetica vale la seguente formula:

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

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

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

Ne risulta quindi un C_E pari a 15.421 e un $C_{baseline}$ pari a 18.468€.

Figura 7.5 – Confronto tra i costi medi e di baseline

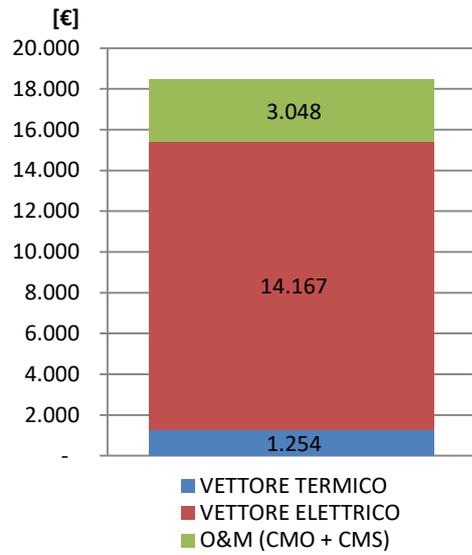
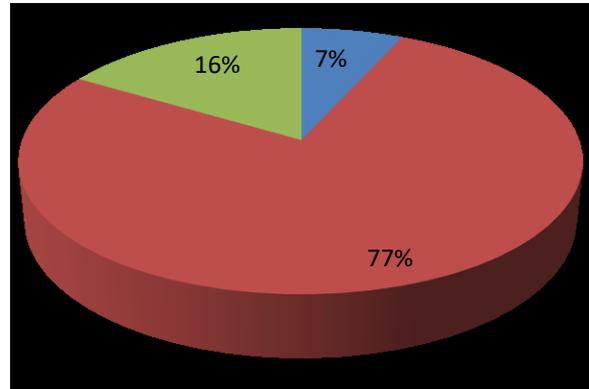


Figura 7.6 – Ripartizione costi di baseline



8 IDENTIFICAZIONE DELLE MISURE DI EFFICIENZA ENERGETICA

8.1 DESCRIZIONE, FATTIBILITÀ E PRESTAZIONI DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI

8.1.1 Involucro edilizio

EEM1: Sostituzione infissi esistenti degradati con altri aventi $U_w=1,66 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$.

Generalità

Si ipotizza di realizzare una sostituzione dei serramenti esistenti con altri aventi $U_w=1,66 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$.

L'efficientamento delle finestre consente di ridurre considerevolmente le dispersioni dell'involucro trasparente dell'edificio storico, portando anche al miglioramento delle condizioni di comfort termico invernale ed estivo di tutti i locali del museo. L'intervento permetterebbe di ridurre le perdite per ventilazione dell'edificio.

Figura 8.1 - Particolare dei serramenti esistenti



Caratteristiche funzionali e tecniche

La sostituzione dei serramenti e garantirà una migliore percezione del comfort ambientale all'interno degli ambienti del museo sia all'interno delle sale espositive, sia all'interno dei locali in uso al personale del museo.

Descrizione dei lavori

La posa deve essere effettuata da personale tecnico specializzato nel rispetto della norma UNI 11673-1:2017 ed in particolare

Le metodologie descritte dalla norma sono finalizzate alla verifica delle prestazioni dei giunti d'installazione e della loro coerenza alle prestazioni dei serramenti. In particolare la progettazione dei giunti d'installazione dovrà essere affrontata sui seguenti livelli:

- isolamento termico (analisi della presenza di isoterme critiche sulla superficie interna del sistema di posa in opera oggetto di verifica; analisi della temperatura media mensile minima per cui non sussistono le condizioni per la formazione di muffe sulla superficie interna dell'edificio in prossimità del giunto primario e/o secondario unicamente dipendente dal sistema di posa in opera; analisi del ponte termico lineare);
- isolamento acustico;
- permeabilità all'aria;
- resistenza meccanica al carico del vento e ai carichi propri;
- resistenza all'effrazione;
- durabilità e manutenibilità;
- composti organici volatili (VOC / COV) indoor e sostenibilità;
- comportamento termo-igrometrico e traspirabilità del giunto;
- requisiti base dei materiali di sigillatura e riempimento;
- compatibilità tra tipologie di sigillanti fluidi e substrati;
- prestazioni degli accessori e componenti.

Prestazioni raggiungibili

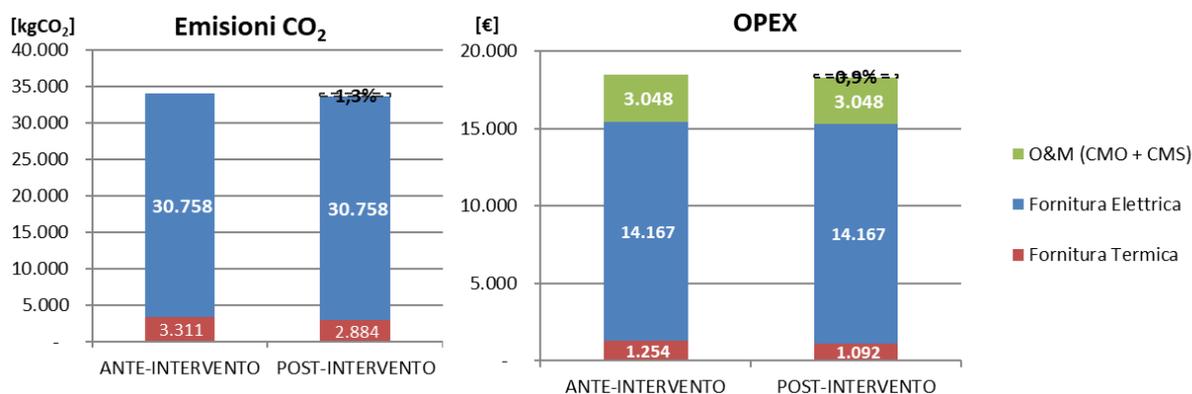
I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione della EEM1 sono riportati nella Tabella 8.1

Tabella 8.1 – Risultati analisi EEM1 – Sostituzione infissi con altri aventi $U=1,66W/m^2k$

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
Parametro caratteristico dell'intervento	[W/m ² K]	3,6	1,66	53,9%
Q _{teorico}	[kWh]	15.649	13.628	12,9%
EE _{teorico}	[kWh]	62.736	62.736	0,0%
Q _{baseline}	[kWh]	16.392	14.275	12,9%
EE _{Baseline}	[kWh]	65.862	65.862	0,0%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	3.311	2.884	12,9%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	30.758	30.758	0,0%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	34.069	33.641	1,3%
Fornitura Termica, C _Q	[€]	1.254	1.092	12,9%
Fornitura Elettrica, C _{EE}	[€]	14.167	14.167	0,0%
Fornitura Energia, C_E	[€]	15.421	15.259	1,1%
C _{MO}	[€]	2.743	2.743	0,0%
C _{MS}	[€]	305	305	0,0%
O&M (C _{MO} + C _{MS})	[€]	3.048	3.048	0,0%
OPEX	[€]	18.468	18.306	0,9%
Classe energetica	[-]	G	D	+2 classi

Nota (14) I fattori di emissione per il calcolo delle emissioni di CO₂ sono: 0,202 [kgCO₂/kWh] per il vettore termico e 0,077 [kgCO₂/kWh] per il vettore elettrico

I costi unitari dei vettori energetici utilizzati sono: 0,077 [€/kWh] per il vettore termico e 0,215 [€/kWh] per il vettore elettrico IVA inclusa

Figura 8.2 – EEM1: 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: Sostituzione infissi esistenti degradati con altri aventi $U_w=1,66 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$.

Nella Tabella 9.1 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM 1, che consiste nella sostituzione degli infissi esistenti con altri aventi $U=1,66\text{W}/\text{m}^2\text{K}$

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

La tabella 7 delle regole applicative del D.M. 16 febbraio 2016 prevedono che gli incentivi per tale intervento siano il 40% della spesa ammissibile con un costo massimo ammissibile di 450 €/m² e di un valore massimo dell'incentivo non superiore ai 100.000 €. Tali incentivi sono erogabili solo nel caso in cui vengano installati, congiuntamente ai serramenti, sistemi di termoregolazione. Nel caso in cui vengano previsti oltre all'isolamento termico delle superfici opache almeno un intervento a scelta tra le tipologie 1.C, 2A, 2.B, 2.C, 2.E, la percentuale incentivata della spesa ammissibile è pari al 55%. Nella tabella 9.3 sono riportati i risultati della quantificazione senza l'incentivo, esso sarà poi calcolato solamente nelle misure di efficienza congiunte degli scenari a medio/lungo termine, che prevedranno il 40% oppure il 55%.

Tabella 9.1 – Analisi dei costi della EEM1

DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO SCONTATO DEL 10%	TOTALE (IVA ESCLUSA)	IVA	TOTALE (IVA INCLUSA)
				[€/n° o €/m ²]	[€]	[€]	[€]
Rimozione senza recupero di serramenti in legno o metallo compresa rimozione telaio a murare per misurazioni minima 2 mq	Prezziario Regione Liguria	147,26	m2	€ 30,11	€ 4.030,91	22%	€ 4.917,71
Finestra o portafinestra in legno completo di vetrocamera, con valore massimo apertura ad una o due ante a ribalta. di trasmittanza $U=2,8 \text{ W}/\text{m}^2\text{K}$, controtelaio escluso,	Prezziario Regione Liguria	147,26	m2	€ 390,89	€ 52.329,51	22%	€ 63.842,00
solo posa in opera di finestra o portafinestra in alluminio, pvc, legno acciaio esclusa la fornitura e posa di controtelaio in acciaio	Prezziario Regione Liguria	147,26	m2	€ 48,53	€ 6.496,84	22%	€ 7.926,15
Controtelaio per finestre, portefinestre e simili, in legno.	Prezziario Regione Liguria	48,54029	m	€ 7,59	€ 334,93	22%	€ 408,61
Trasporto eseguito con autocarro, motocarro o simili, della portata fino a 1000 kg, di materiali di risulta da scavi e/o demolizioni, per ogni km del tratto entro i primi 5. Misurato in banco	Prezziario Regione Liguria	22,089	m3	€ 11,77	€ 236,35	22%	€ 288,35
Costi per la sicurezza	-	3%	%		€ 1.902,86	22%	€ 2.321,48
Costi progettazione (in % su importo lavori)	-	7%	%		€ 4.440,00	22%	€ 5.416,80
TOTALE (I₀ – EEM1)					€ 69.771	22%	€ 85.121
Incentivi	[Conto termico]						
Durata incentivi							
Incentivo annuo							

9.2 ANALISI DI CONVENIENZA DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI CONSIDERATI FATTIBILI

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

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

Gli indicatori economici d'investimento utilizzati sono:

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

Essi sono così definiti:

1) Tempo di ritorno semplice (TRS):

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

Dove:

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

2) Tempo di ritorno attualizzato (TRA):

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

Dove:

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

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

Dove:

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

3) Valore Attuale Netto (VAN) del progetto:

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

Dove:

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

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

5) Indice di Profitto (IP):

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

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

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

I risultati dell'analisi economica tramite flussi di cassa sono poi stati rappresentati mediante tipici grafici a farfalla, dal quale è possibile evincere i flussi di cassa cumulati di progetto, l'investimento capitale iniziale, l'I₀, 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: Sostituzione infissi con altri aventi U=1,66W/m²k

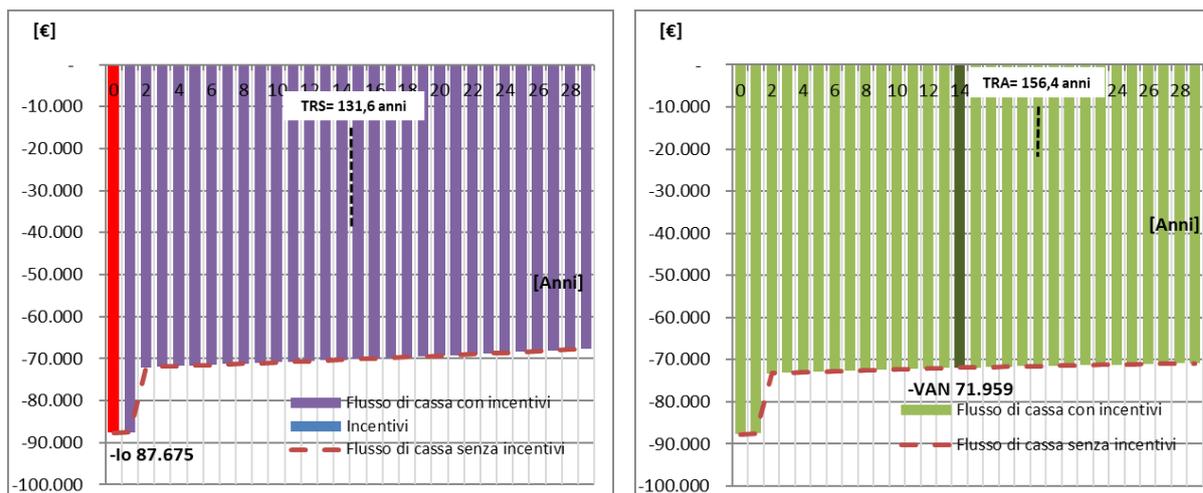
L'analisi di convenienza effettuata per la EEM 1 porta alla valutazione dei seguenti indici finanziari:

Tabella 9.2 – Risultati dell'analisi di convenienza della EEM1– [Sostituzione infissi]

PARAMETRO FINANZIARIO	U.M.	VALORE	
Investimento Iniziale	I ₀	€	85.121
Oneri Finanziari %I ₀	OF	[%]	3,0%
Aliquota IVA	%IVA	[%]	22,0%
Anno recupero erariale IVA	n _{IVA}	anni	3
Vita utile	n	anni	30
Incentivo annuo	B	€/anno	-
Durata incentivo	n _B	anni	5
Tasso di attualizzazione	i	[%]	3,5%
INDICE FINANZIARIO DI PROGETTO		VALORE SENZA INCENTIVI	VALORE CON INCENTIVI
Tempo di rientro semplice	TRS	131,6	131,6
Tempo di rientro attualizzato	TRA	156,4	156,4
Valore attuale netto	VAN	- 70.858	- 70.858
Tasso interno di rendimento	TIR	-12,6%	-12,6%
Indice di profitto	IP	-0,83	-0,83

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



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

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

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

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

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

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

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

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

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

Dove:

- Kd è costo del debito, sarà ipotizzato pari a 3.82%
- Ke è il costo dell'equity, ossia il rendimento atteso dall'investitore, sarà ipotizzato pari a 9.00%

- D è il Debito, pari a 80% di I_0
- E è l'Equity, pari a 20% di I_0
- $\frac{D}{D+E}$ è la leva finanziaria, sarà quindi pari a 80%
- τ è l'aliquota fiscale, posta pari al 27.9% essendo la somma dell'aliquota IRES, pari al 24%, e quella IRAP pari al 3,9%.

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

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

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

Essi sono così definiti:

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

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

Dove:

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

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

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

Dove:

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

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

Nell'ambito della riqualificazione energetica degli edifici scolastici, il presente rapporto di DE sarà inoltre fondamentale per dotare la Pubblica Amministrazione (PA) di un'analisi tecnico-economica di dettaglio delle EEM identificate all'interno degli scenari ottimali, con lo scopo di consentire

l'individuazione dei possibili strumenti di finanziamento delle stesse, sia tramite finanziamento proprio, sia tramite proposte di *Energy Performance Contract* (EPC) da parte di Società di Servizi Energetici (*Energy Service Company* – ESCO) abbinate all'istituto del Finanziamento Tramite Terzi (FTT). In tale ambito trova espressione l'applicazione del Partenariato Pubblico Privato (PPP).

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

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

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

Le singole misure di efficienza energetica EEM simulate non presentano vantaggi in termini di riduzione dei costi e dei consumi energetici nei tempi di ritorno sopra descritti. Non è stato possibile individuare, pertanto, scenari ottimali integrati che permettano di ottenere dei miglioramenti significativi in termini di prestazione energetica ed abbattimento dei costi.

10 CONCLUSIONI

Dai risultati della diagnosi energetica emerge che l'edificio che ospita il Museo "Villa Grimaldi" non presenta misure di efficienza energetica che apportino vantaggi significativi in termini di riduzione dei costi e dei consumi energetici nei tempi di ritorno sopra descritti.

Non è stato possibile individuare, pertanto, scenari ottimali integrati che permettano di ottenere dei miglioramenti significativi in termini di prestazione energetica ed abbattimento dei costi.

Tali conclusioni sono dovute alle scarse possibilità di intervento offerte dall'edificio oggetto di diagnosi. Questo, infatti, è caratterizzato da un rinnovato impianto di generazione a condensazione e da pannelli prefabbricati che rendono impossibile un isolamento a cappotto delle pareti perimetrali.

ALLEGATO A – ELENCO DOCUMENTAZIONE FORNITA DALLA COMMITTENZA

Titolo	Data	Nome file
01_Planimetrie	08.11.17	01_Involucro E00064, PIAN1, PIAN1SS, PIAN2, PIAN3, PIAN4, PIANC, PIAN T
		02_Termici 450_499-S01-001-CALDAIA MURALE, L1-042- 450_499-P00, L1-042-450_499-P01, L1-042- 450_499-P02, L1-042-450_499-S02, L1-042- 450_499-P00-Checklist, L1-042-450_499- P01-Checklist, L1-042-450_499-P02- Checklist, L1-042-450_499-S01-Checklist
		03_Elettrici: vuoto
02_Manutenzioni	08.11.17	01_Involucro: vuoto
		02_Termici: vuoto
		03_Elettrici: vuoto
		04_FER: vuoto
03_Consumi (Bollette elettricità 2014)	20.07.18	5700065505, 5700098225, 5700134952 5700176144, 5700215000, 5700248919 5700291186, 5700345609, 5700411295 5700373803, 5700448381, 5700448381 5750171718, 5750171718, 5750171718 5700397624, 5700412033, 5700448354
		5700493251, 5700544118, 5750082369 E000140840, E000163924, E000175668, E000337518, E000234061, E000281516, E000386672, E000163924, E000386672, E000163924, E000432860, E000483579, E000018554, E000084129, E000310242 E000150586, 5700492933, 5700544268 5750078394, E000140841, E000163926, E000175669, E000337519, E000234062, E000281517, E000337519, E000386673 E000432861, E000018555, E000483580, E000084131, E000310243, E000150587
03_Consumi (Bollette elettricità 2015)	20.07.18	E000150586, E000084130, E000194169 E000334601, E000238234, E000334601 E000150586, E000194169, E000194169 E000238234, E000278551, E000334601 011640087927, 011640025271, 011640049213, 011640060827, 011640074901, 011640122871, 011740042567, 011640108898, 011740001578, E000084132 E000238235, E000334602, E000150587, E000194170, E000238235, E000278552 E000334602, 011640025272, 011640087932 011640049213, 011640060827, 011640074901, 011640122875, 011730000569, 011640108898, 011740001578
		03_Consumi (Bollette gas 2014)
03_Consumi (Bollette gas 2015)	20.07.18	20151756, P150007518, P150015576 P150019771, P150032667, P150037967 P150048624, P160003881, 20151761 P150008984, P150012636, P150018628 P150032812, P150041273, P150044540 P160003376
03_Consumi (Bollette gas 2016)	20.07.18	P160012671, P160023980, P160031417 EX15066/2016, P160041242, EX19107/2016 EX22893/2016, P160053190, EX26900/2016 EX31010/2016, EX33534/2016, EX38844/2016, EX43773/2016,



		EX03011/2017, P160009926 P160022683, P160028461, EX15067/2016 P160036701, EX19108/2016, EX22894/2016 EX26901/2016, EX31011/2016, EX33535/2016, EX38845/2016 EX43774/2016, EX03012/2017
Tabella riepilogativa scuole	20.07.18	kyotoBaseline-E64_rev10.xls

ALLEGATO B – ELABORATI

Titolo	Data	Nome file
Allegato B Elaborati	27.07.18	
Tavola con indicazione di impianti e zone termiche (dwg, PDF)		DE_Lotto.9-E64_Elaborati_PT
		DE_Lotto.9-E64_Elaborati_P1
		DE_Lotto.9-E64_Elaborati_P1SS
		DE_Lotto.9-E64_Elaborati_P2
		DE_Lotto.9-E64_Elaborati_P3
		DE_Lotto.9-E64_Elaborati_P4
Planimetria catastale		DE_Lotto.9-E64_Elaborati_Plan_Catastale1.pdf
		DE_Lotto.9-E64_Elaborati_Plan_Catastale2.pdf
		DE_Lotto.9-E64_Elaborati_Plan_Catastale3.pdf
Foto Sopralluogo		
File Grafici		DE_Lotto.9-E87-AllegatoB-Grafici

ALLEGATO C – REPORT DI INDAGINE TERMOGRAFICA

Titolo	Data	Nome file
Allegato C E64	14.05.18	Allegato C E64.doc

ALLEGATO D – REPORT RELATIVI AD ALTRE PROVE DIAGNOSTICHE STRUMENTALI

Titolo	Data	Nome file
ALLEGATO D Report relativi ad altre prove diagnostiche strumentali	14.05.18	Lotto.9_Report prove diagnostiche strumentali_E64.doc

ALLEGATO E – RELAZIONE DI DETTAGLIO DEI CALCOLI

Titolo	Data	Nome file
ALLEGATO E Relazione di dettaglio dei calcoli	14.05.18	DE_E64_Baseline – Calcoli.rtf

ALLEGATO F – CERTIFICATO CTI SOFTWARE

Titolo	Data	Nome file
ALLEGATO F Certificato CTI Software	14.05.18	CertCTI.pdf

ALLEGATO G – ATTESTATO DI PRESTAZIONE ENERGETICA

Titolo	Data	Nome file
APE STATO DI FATTO	14/05/18	DE_E64_APE_Baseline.rtf

ALLEGATO H – BOZZA DI APE SCENARI

Titolo	Data	Nome file

ALLEGATO I – DATI CLIMATICI

Titolo	Data	Nome file
ALLEGATO I Dati climatici	14.05.18	GG_Lotto.9-E64.xls

ALLEGATO J – SCHEDE DI AUDIT

Titolo	Data	Nome file
ALLEGATO J Schede Audit	14.05.18	E 64_Scheda Audit_Template_rev2.xls

ALLEGATO K – SCHEDE ORE

Titolo	Data	Nome file
ALLEGATO K Schede ORE	14.05.18	Schede ORE_E 64.doc



ALLEGATO L – PIANO ECONOMICO FINANZIARIO SCENARI

	Titolo	Data	Nome file
	ANALISI PEF E64	14/05/18	E64_AnalisiPEF.xlsx

ALLEGATO M – REPORT DI BENCHMARK

Titolo	Data	Nome file
ALLEGATO M Report di Benchmark	14.05.18	Lotto.9_benchmark E64.doc



ALLEGATO N – CD-ROM