

COMUNE DI GENOVA  
 Direzione Ambiente  
 Settore Politiche Energetiche

COMUNE DI GENOVA

PROGETTO DEL DISTRETTO ENERGETICO DI TELERISCALDAMENTO  
 DI PIAZZA FERRARI  
 PROGETTO: GEN-IUS GENoa Innovative Urban Sustainability

R.U.P. : Ing. Massimiliano Varrucchi Revisori : Ing. Linda Pagani  
Project Manager: Dott. Corrado Conti Ing. Fabio Minchio



PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO-ECONOMICA

Progettazione:



SEINGIM GLOBAL SERVICE S.r.l.  
 Sede Legale: Viale Duca d'Aosta 67/6  
 30022 Ceggia (VE)  
 Telefono: 0421/323007  
 Telefax: 0421/466014  
 e-mail: info@seingim.it  
 Web: www.seingim.it

Progettazione generale:  
 Fabio Pinton



ELABORATO						COMMESSA: 20135
ELABORATI GENERALI						CODICE ELABORATO:
Relazione tecnica di progetto di fattibilità tecnico economica						<b>GRT</b>
REV.	DATA	DESCRIZIONE	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO	NOME FILE: 20135xSF_GRT_05
00	Gen. 2021	PRIMA EMISSIONE	SF	CT	AA	FILE DI STAMPA:
03	Maggio 2021	EFFICIENTAMENTO CARLOFELICE	SF	CT	AA	-
04	Giugno 2021	RECEPIMENTO COMMENTI	SF	CT	AA	SCALA:
05	Giugno 2021	RECEPIMENTO COMMENTI	SF	CT	AA	-

Questo disegno è di proprietà SEINGIM GLOBAL SERVICE S.r.l.. Esso non potrà essere utilizzato per scopi diversi da quelli per cui è stato inviato/consegnato, riprodotto o comunicato a terze parti senza l'autorizzazione scritta di SEINGIM. Nel caso in cui venga effettuato un uso non consentito, SEINGIM tutelerà i propri diritti in sede civile e penale secondo i termini di legge.

## SOMMARIO

<b>EXECUTIVE SUMMARY</b> .....	<b>4</b>
I. DESCRIZIONE DEL DISTRETTO ENERGETICO .....	4
II. EDIFICI: CONSUMI ATTUALI E CURVA DI DURATA DEGLI EDIFICI .....	7
III. TRACCIATO DI RETE.....	9
IV. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE .....	10
<b>1. INTRODUZIONE</b> .....	<b>12</b>
1.1 PREMessa .....	12
1.2 SCOPO DEL PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICO-ECONOMICA .....	12
1.3 RIFERIMENTO E CONTATTI RP E PERSONALE COINVOLTO .....	13
1.4 IDENTIFICAZIONE DEL DISTRETTO ENERGETICO OGGETTO DI ANALISI .....	13
1.5 METODOLOGIA DI LAVORO .....	15
1.6 STRUTTURA DELLA RELAZIONE .....	16
<b>2. DATI DEL DISTRETTO ENERGETICO</b> .....	<b>18</b>
2.1 INFORMAZIONI SUL SITO .....	18
2.2 INQUADRAMENTO TERRITORIALE, SOCIO-ECONOMICO E DESTINAZIONE D'USO DEI DIVERSI EDIFICI COINVOLTI: EDIFICI PUBBLICI E ALTRI EDIFICI .....	18
2.3 VERIFICA DEI VINCOLI INTERFERENTI SULLE PARTI DELL'IMMOBILE INTERESSATE DALL'INTERVENTO .....	20
2.4 DATI CLIMATICI.....	21
<b>3. STIMA DELLA DOMANDA TERMICA E FRIGORIFERA</b> .....	<b>25</b>
3.1 CONSUMI VETTORI ENERGETICI E COSTI DI ESERCIZIO, DESTINAZIONE D'USO E ORARI, CURVE DI CARICO ELETTRICO, IMPIANTISTICHE ESISTENTI DEGLI EDIFICI PUBBLICI COINVOLTI.....	25
3.1.1 <i>Teatro dell'Opera "Carlo Felice"</i> .....	26
3.1.2 <i>Palazzo Ducale</i> .....	38
3.1.3 <i>Accademia Ligustica di Belle Arti</i> .....	47
3.1.4 <i>Diurno</i> .....	54
3.1.5 <i>Fontana di Piazza De Ferrari</i> .....	57
3.2 CONSUMI VETTORI ENERGETICI E COSTI DI ESERCIZIO, DESTINAZIONE D'USO E ORARI, CURVE DI CARICO ELETTRICO, IMPIANTISTICHE ESISTENTI DEGLI ALTRI EDIFICI .....	61
3.2.1 <i>Cassa di Risparmio di Genova e Imperia</i> .....	61
3.2.2 <i>Palazzo di Giustizia</i> .....	68
3.3 CURVA DI DURATA RISCALDAMENTO E RAFFRESCAMENTO.....	71
3.4 CURVA DI CARICO ELETTRICO COMPLESSIVA .....	77
3.5 COSTI DI ESERCIZIO DEGLI EDIFICI NELLO STATO DI FATTO (COSTI ENERGETICI E DI MANUTENZIONE) .....	77
3.5.1 <i>Teatro dell'Opera "Carlo Felice"</i> .....	78
3.5.2 <i>Palazzo Ducale</i> .....	79
3.5.3 <i>Accademia Ligustica di Belle Arti</i> .....	86
3.5.4 <i>Diurno</i> .....	92
3.5.5 <i>Fontana di Piazza De Ferrari</i> .....	92
3.5.6 <i>Cassa di Risparmio di Genova e Imperia</i> .....	95
3.5.7 <i>Palazzo di Giustizia</i> .....	100
3.6 EMISSIONI GAS SERRA DEGLI EDIFICI NELLO STATO DI FATTO .....	101
3.6.1 <i>Teatro dell'Opera "Carlo Felice"</i> .....	101
3.6.2 <i>Palazzo Ducale</i> .....	103
3.6.3 <i>Accademia Ligustica di Belle Arti</i> .....	103
3.6.4 <i>Diurno</i> .....	104
3.6.5 <i>Fontana di Piazza de Ferrari</i> .....	105
3.6.6 <i>Cassa di Risparmio di Genova e Imperia</i> .....	106
3.6.7 <i>Palazzo di Giustizia</i> .....	106

<b>4.</b>	<b>ANALISI E SCELTA DELLE TECNOLOGIE E DEI VETTORI ENERGETICI .....</b>	<b>108</b>
4.1	TECNOLOGIE DI RIFERIMENTO .....	108
4.1.1	<i>Energia termica</i> .....	108
4.1.2	<i>Energia elettrica</i> .....	111
4.2	TECNOLOGIE OGGETTO DI VALUTAZIONE .....	111
4.2.1	<i>Energia termica</i> .....	111
4.2.2	<i>Energia elettrica</i> .....	122
4.2.3	<i>Cogenerazione ad alto rendimento</i> .....	122
4.2.4	<i>Reti fredde distribuite</i> .....	124
4.2.5	<i>Analisi delle soluzioni per l'autoconsumo di energia elettrica in relazione al TISSPC</i> .....	125
4.2.6	<i>Applicazione di Criteri Ambientali Minimi – CAM Edilizia</i> .....	125
<b>5.</b>	<b>INTERVENTO SOSTITUZIONE GENERATORI DI CALORE .....</b>	<b>127</b>
5.1	SCENARIO A (A <sub>Gc</sub> ) .....	127
5.1.1	<i>LOCALIZZAZIONE CENTRALE E DEFINIZIONE DEL TRACCIATO</i> .....	127
5.1.2	<i>PRESTAZIONI ENERGETICHE ED AMBIENTALI DELL'IMPIANTO E DELLA RETE</i> .....	128
5.1.3	<i>ANALISI ECONOMICA SCENARIO A</i> .....	130
5.2	SCENARIO B (B <sub>Gc</sub> ).....	139
5.2.1	<i>LOCALIZZAZIONE CENTRALE E DEFINIZIONE DEL TRACCIATO</i> .....	139
5.2.2	<i>PRESTAZIONI ENERGETICHE ED AMBIENTALI DELL'IMPIANTO E DELLA RETE</i> .....	140
5.2.3	<i>ANALISI ECONOMICA SCENARIO B</i> .....	141
<b>6.</b>	<b>INTERVENTO INSTALLAZIONE POMPA DI CALORE AD ACQUA .....</b>	<b>152</b>
6.1	SCENARIO A (A <sub>PDC</sub> ) .....	152
6.1.1	<i>LOCALIZZAZIONE CENTRALE E DEFINIZIONE DEL TRACCIATO</i> .....	152
6.1.2	<i>PRESTAZIONI ENERGETICHE ED AMBIENTALI DELL'IMPIANTO E DELLA RETE</i> .....	154
6.1.3	<i>ANALISI ECONOMICA SCENARIO A</i> .....	158
<b>7.</b>	<b>IMPIANTO COMBINATO.....</b>	<b>168</b>
7.1	SCENARIO A (A <sub>IC</sub> ) .....	168
7.1.1	<i>LOCALIZZAZIONE CENTRALE E DEFINIZIONE DEL TRACCIATO</i> .....	168
7.1.2	<i>PRESTAZIONI ENERGETICHE ED AMBIENTALI DELL'IMPIANTO E DELLA RETE</i> .....	169
7.1.3	<i>ANALISI ECONOMICA SCENARIO A</i> .....	170
7.2	SCENARIO B (B <sub>IC</sub> ).....	176
7.2.1	<i>LOCALIZZAZIONE CENTRALE E DEFINIZIONE DEL TRACCIATO</i> .....	176
7.2.2	<i>PRESTAZIONI ENERGETICHE ED AMBIENTALI DELL'IMPIANTO E DELLA RETE</i> .....	178
7.2.3	<i>ANALISI ECONOMICA SCENARIO B</i> .....	179
<b>8.</b>	<b>DESCRIZIONE DELLE OPERE E CRONOPROGRAMMA DEI LAVORI .....</b>	<b>185</b>
8.1	AUTORIZZAZIONI NECESSARIE .....	185
8.2	OPERE PRELIMINARI NECESSARIE .....	185
8.3	DESCRIZIONE DEL CRONOPROGRAMMA DEI LAVORI .....	185
<b>9.</b>	<b>RIQUALIFICAZIONE ENERGETICA TEATRO “CARLO FELICE” .....</b>	<b>186</b>
9.1	INTERVENTO SOSTITUZIONE DEI GRUPPI FRIGORIFERI, INSTALLAZIONE POMPA DI CALORE E IMPIANTO SOLARE TERMICO .....	186
9.1.1	<i>Configurazione impiantistica esistente</i> .....	186
9.1.2	<i>Configurazione impiantistica proposta</i> .....	187
9.1.3	<i>Analisi economica</i> .....	189
9.2	INTERVENTO DI RELAMPING IMPIANTO DI ILLUMINAZIONE INTERNA.....	190
9.2.1	<i>Generalità</i> .....	190
9.2.2	<i>Descrizione dei lavori occorrenti</i> .....	191
9.2.3	<i>Stima del risparmio energetico</i> .....	199
9.2.4	<i>Analisi economica</i> .....	202
9.3	AGGIORNAMENTO IMPIANTO DI SUPERVISIONE E REGOLAZIONE.....	203
9.3.1	<i>Configurazione esistente</i> .....	204

9.3.2	<i>Configurazione proposta</i> .....	204
9.3.3	<i>Analisi economica</i> .....	206
<b>10.</b>	<b>PANO ECONOMICO FINANZIARIO.....</b>	<b>208</b>
10.1	INTRODUZIONE .....	208
10.2	IL PIANO ECONOMICO FINANZIARIO .....	208
10.1	IL PIANO ECONOMICO FINANZIARIO: ELEMENTI .....	209
10.2	LE FORME CONTRATTUALI.....	209
10.3	STIMA PRELIMINARE DI TEMPI .....	210
10.4	REALIZZAZIONE DELL'OPERA.....	210
10.5	AMMORTAMENTO .....	211
10.6	COMPOSIZIONE DEI RICAVI.....	211
10.7	STRUTTURA DEI COSTI.....	212
10.7.1	<i>Costi di gestione</i> .....	212
10.7.2	<i>Costi per Manutenzioni</i> .....	212
10.7.3	<i>Indicizzazione</i> .....	212
10.8	IMPOSTE .....	212
10.9	CONCLUSIONI.....	213
10.10	ANDAMENTO DELLA GESTIONE .....	214
<b>12.</b>	<b>CONCLUSIONI.....</b>	<b>216</b>
12.1	RIASSUNTO DELLE SCELTE TECNICHE.....	216
12.2	RIASSUNTO DEI CONSUMI ENERGETICI E DEI RISULTATI OTTENIBILI IN TERMINI DI EFFICIENZA ENERGETICA.....	216
12.3	RISULTATI DELL'ANALISI ECONOMICA SECONDO PEF .....	217
12.4	CONCLUSIONI E COMMENTI .....	217



## EXECUTIVE SUMMARY

### I. *Descrizione del distretto energetico*

Il presente studio di fattibilità tecnico economica interessa gli edifici che si affacciano su Piazza De Ferrari, per i quali si prevede la costituzione di un distretto energetico e la connessione ad una rete di teleriscaldamento/teleraffrescamento alimentata da una centrale termica/frigorifera comune. Si sono sviluppati diversi scenari che hanno coinvolti gli edifici di Pubblica Amministrazione e gli edifici privati che hanno dimostrato interesse, in particolare:

- Scenario A: l'analisi condotta ha coinvolto il Teatro "Carlo Felice", L'Accademia Ligustica di Belle Arti e il Palazzo Ducale. Le configurazioni impiantistiche simulate sono tre: la prima prevede un sistema di generazione costituito da generatori di calore a condensazione per la copertura del fabbisogno del Teatro "Carlo Felice" e dell'Accademia Ligustica di Belle Arti, con la sola predisposizione per il Palazzo Ducale ( $A_{GC}$ ). La seconda invece prevede l'installazione di una pompa di calore ad alta temperatura acqua/acqua per la copertura del fabbisogno di base del Teatro, dell'Accademia Ligustica di Belle Arti e del Palazzo Ducale ( $A_{PdC}$ ). La terza configurazione risulta essere la combinazione delle precedenti la copertura del fabbisogno del Teatro "Carlo Felice" e dell'Accademia Ligustica di Belle Arti, con la sola predisposizione per il Palazzo Ducale ( $A_{IC}$ ).

Solo per lo Scenario A e solo per la determinazione della curva di durata del fabbisogno termico è stato sviluppato uno Scenario A2 che comprende il Teatro "Carlo Felice", l'Accademia Ligustica di Belle Arti, il Palazzo Ducale e l'ipotesi di riattivazione del Diurno. In ogni scenario invece non si è considerata l'utenza energetica della Fontana di Piazza de Ferrari.

- Scenario B: l'analisi condotta ha coinvolto il Teatro "Carlo Felice", L'Accademia Ligustica di Belle Arti, il Palazzo Ducale, la Cassa di Risparmio di Genova e Imperia e Palazzo di Giustizia. Le configurazioni impiantistiche simulate sono due: la prima prevede un sistema di generazione costituito da generatori di calore a condensazione per la copertura del fabbisogno del Teatro "Carlo Felice", dell'Accademia Ligustica di Belle Arti, della Cassa di Risparmio di Genova e Imperia, di Palazzo di Giustizia e con la sola predisposizione per il Palazzo Ducale ( $B_{GC}$ ). La seconda invece prevede un impianto costituito da generatori di calore e pompa di calore ad alta temperatura acqua/acqua per la copertura del fabbisogno del Teatro "Carlo Felice", dell'Accademia Ligustica di Belle Arti, della Cassa di Risparmio di Genova e Imperia, di Palazzo di Giustizia e con la sola predisposizione per il Palazzo Ducale ( $B_{IC}$ ).

Nell'ottica di una più generale riqualificazione energetica degli edifici pubblici attorno a piazza de Ferrari e a beneficio energetico ed economico complessivo del distretto energetico, si propone di intervenire specificatamente nell'efficientamento degli impianti di climatizzazione

invernale ed estiva e ventilazione del Teatro Carlo Felice, ivi compresa la regolazione e riqualificazione degli impianti di illuminazione.

Gli interventi considerati sono i seguenti:

- Sostituzione dei gruppi frigoriferi, installazione pompa di calore e impianto solare termico
- Relamping impianto di illuminazione interna
- Aggiornamento impianto di supervisione e regolazione.

Si sono dunque sviluppati due ulteriori scenari, Scenario A<sub>bis</sub> e Scenario B<sub>bis</sub> che includono nelle simulazioni precedenti anche gli interventi di efficientamento energetico. In particolare, lo Scenario A<sub>BIS</sub> integra allo Scenario A presentato in precedenza la riqualificazione del Teatro “Carlo Felice” con due configurazioni impiantistiche: la prima configurazione prevede dei generatori di calore a condensazione (A<sub>BIS,GC</sub>) mentre la seconda considera l’impianto combinato di generatori e pompa di calore (A<sub>BIS,IC</sub>). Allo stesso modo lo Scenario B<sub>bis</sub> integra lo Scenario B considerando le stesse configurazioni impiantistiche e gli edifici pubblici e privati precedentemente esposti.

Di seguito una tabella riassuntiva degli scenari sviluppati e delle scelte impiantistiche analizzate:

**Tabella 0.1 – Tabella riassuntiva scenari analizzati**

Edifici	Scenario A	Scenario A2**	Scenario B	Scenario Abis	Scenario Bbis
Teatro “Carlo Felice” (Distretto ener.)	✓	✓	✓		
Teatro “Carlo Felice” (Distretto ener+ Riqualificazione ener.)				✓	✓
Palazzo Ducale	✓*	✓*	✓*	✓*	✓*
Accademia Ligustica di Belle Arti	✓	✓	✓	✓	✓
Diurno		✓			
Fontana Piazza De Ferrari					
Cassa di Risparmio di Genova e Imperia			✓		✓
Palazzo di Giustizia			✓		✓

(\*) Considerato per predisposizione impiantistica

(\*\*) Scenario sviluppato per il solo calcolo della curva di durata di fabbisogno termico edifici pubblici

Allo scopo di riassumere e rendere chiaro gli edifici e le scelte impiantistiche coinvolte nei vari scenari si presenta di seguito una tabella esplicativa con i codici univoci ed identificativi delle numerose simulazioni effettuate:

**Tabella 0.2 – Tabella esplicativa codici univoci scenari sviluppati.**

Configurazioni impiantistiche	Scenario A	Scenario B	Scenario Abis	Scenario Bbis
Generatori a condensazione	A <sub>GC</sub>	B <sub>GC</sub>	Abis <sub>GC</sub>	Bbis <sub>GC</sub>
Pompa di calore ad acqua	A <sub>PdC</sub>	-	-	-
Impianto combinato	A <sub>IC</sub>	B <sub>IC</sub>	Abis <sub>IC</sub>	Bbis <sub>IC</sub>

Tali codici sono richiamati all'interno della relazione per semplificare l'individuazione dello scenario corretto.

All'interno del seguente documento sono inoltre proposte due diverse analisi economiche:

- analisi economica con metodologia VAN secondo Diagnosi energetica UNI EN 15459, sviluppato per gli scenari A e B e per i singoli interventi di efficientamento del Teatro "Carlo Felice".
- analisi economica secondo Piano Economico Finanziario, comprendente tutti gli scenari presentati (Scenario A, B, A<sub>bis</sub> e B<sub>bis</sub>), a sua volta considerando due diversi modelli contrattuali:
  - o contratto EPC (Energy Performance Contract)
  - o contratto di "Futuro Gestore di Rete".

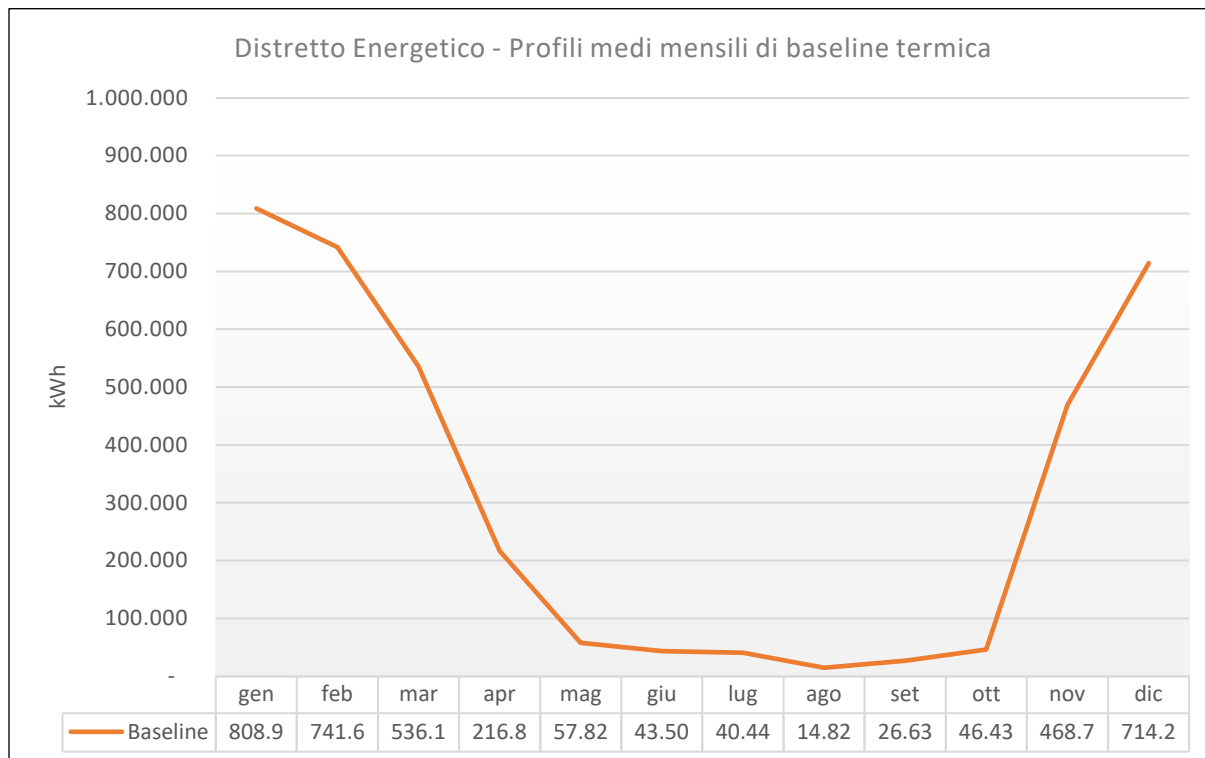
**Tabella 0.3 – Tabella riassuntiva analisi economiche sviluppate nel PEF.**

Analisi economica	Scenario A	Scenario B	Scenario Abis	Scenario Bbis
PEF modello "EPC"	A <sub>GC</sub> , A <sub>IC</sub>	B <sub>GC</sub> , B <sub>IC</sub>	Abis <sub>GC</sub> , Abis <sub>IC</sub>	Bbis <sub>GC</sub> , Bbis <sub>IC</sub>
PEF modello "Futuro Gestore di Rete"	A <sub>GC</sub> , A <sub>IC</sub>	B <sub>GC</sub> , B <sub>IC</sub>	Abis <sub>GC</sub> , Abis <sub>IC</sub>	Bbis <sub>GC</sub> , Bbis <sub>IC</sub>

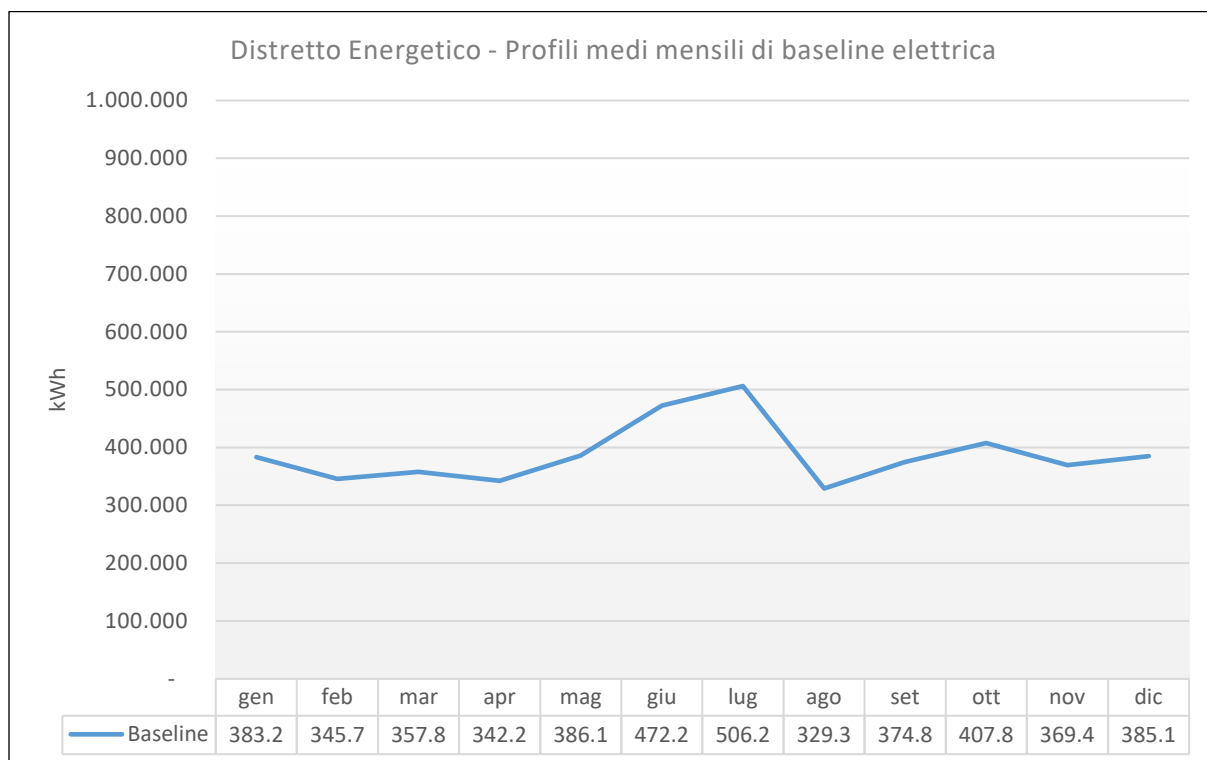
II. *Edifici: consumi attuali e curva di durata degli edifici*

L'analisi delle bollette per le annualità disponibili dal 2016 al 2019 ha portato alla costruzione dei profili di consumo di baseline, di cui si presentano i risultati per il distretto energetico oggetto di analisi:

**Figura 0.1 - Profili medi mensili di baseline termica Distretto Energetico Scenario A.**



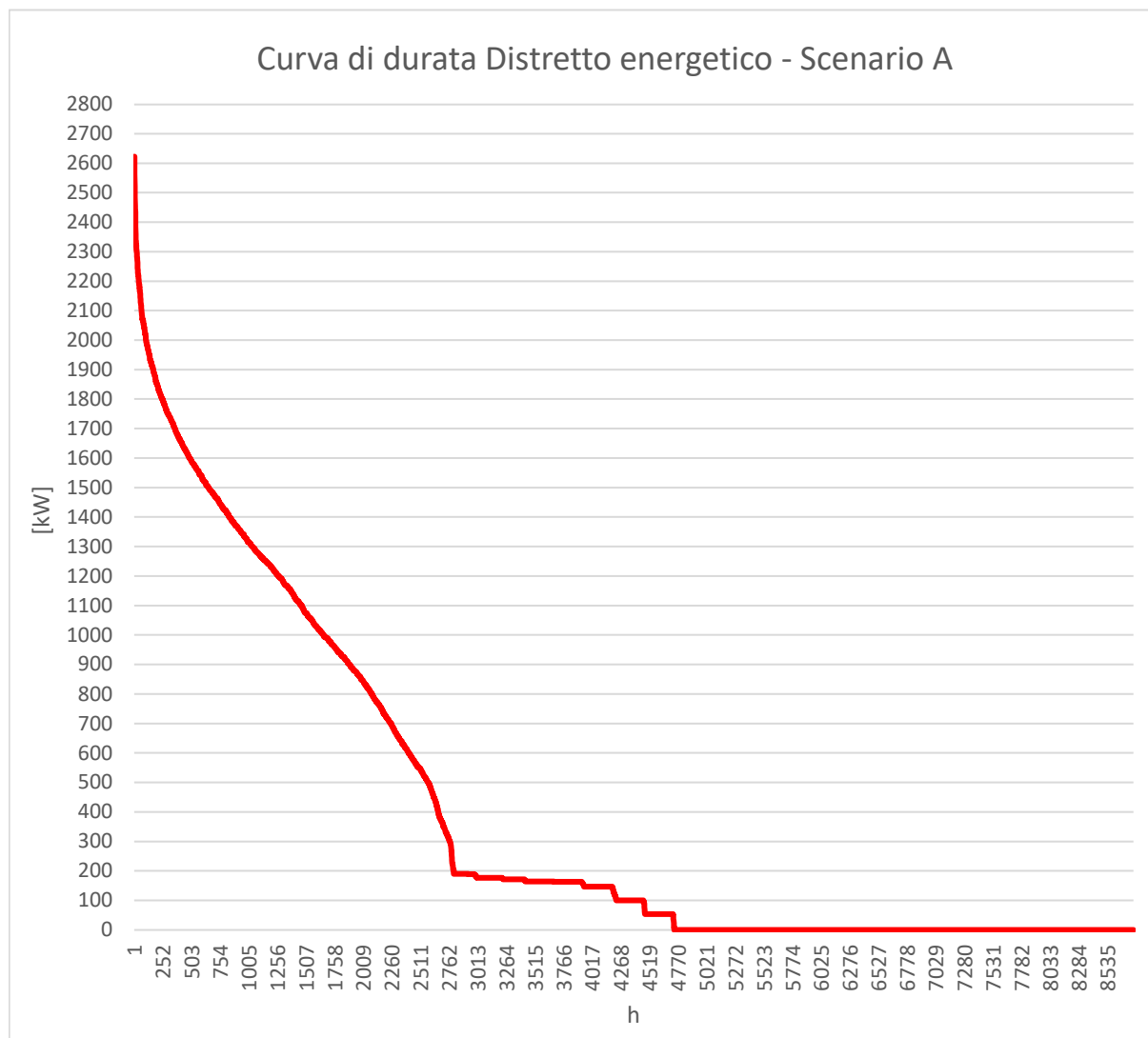
**Figura 0.2 - Profili medi mensili di baseline elettrica Distretto Energetico Scenario A.**



La distribuzione oraria dei consumi termici di baseline ha portato alla determinazione della curva di durata del distretto energetico per lo Scenario A da cui si sono individuate le migliori configurazioni impiantistiche dal punto di vista energetico:



Figura 0.3 - Curva di durata fabbisogno termico Distretto energetico di Piazza de Ferrari



### III. Tracciato di rete

Lo scenario A è stato sviluppato individuando tre diverse soluzioni impiantistiche la cui struttura di rete si differenzia per quanto riguarda la centrale di generazione ma non per le tubazioni di distribuzione alle sottocentrali di teleriscaldamento. In particolare, si è definito il seguente tracciato di rete per i tre casi:

- Installazione di nuovi **generatori di calore a condensazione ( $A_{GC}$ )**, n°4 unità da 800 kWt di potenza utile, che avranno sede nella centrale termica del Teatro “Carlo Felice”, dalla quale partirà la tubazione principale per il collettore di distribuzione situato ai piani interrati dello stesso edificio. Da questi ambienti tecnici si svilupperà la dorsale che raggiungerà la centrale dell’Accademia posta in copertura e si collegherà allo scambiatore predisposto.
- Installazione della **pompa di calore ad acqua ( $A_{PdC}$ )**, con potenza termica utile di 800 kW, che verrà effettuato in sostituzione di un gruppo frigo della centrale di condizionamento al

piano 4° interrato del Teatro “Carlo Felice”. Tale generatore integrerà la produzione termica dei generatori di calore esistenti assicurando il carico di base. In corrispondenza dell’ubicazione della macchina termica verranno predisposti i pozzi di emungimento ed immissione in falda dotati di impianto di pompaggio e di filtrazione dell’acqua. Dal collettore di mandata del vettore termico partiranno le tre arterie di tubazioni che alimenteranno le sottostazioni di teleriscaldamento per il teatro stesso, il Palazzo Ducale e l’Accademia Ligustica di Belle Arti. La sottostazione del complesso teatrale sarà posizionata nel locale adiacente dal quale partirà il circuito di alimentazione della centrale termica posta nei piani superiori della torre scenica. Per quanto riguarda il Palazzo Ducale, il tracciato sfrutterà i locali dei piani interrati, tra cui il vecchio Diurno abbandonato, e percorrerà il cunicolo tecnologico sotto piazza De Ferrari, al termine del quale si provvederà a predisporre il passaggio interrato per congiungersi alla centrale termica del palazzo. Invece, per quanto riguarda l’Accademia Ligustica, dopo che le tubazioni hanno percorso gli spazi interrati posizionandosi tra il teatro e l’istituto di arte, si sfrutterà una delle tre colonne esterne cave che assicurano un percorso diretto alla centrale termica sul piano copertura dell’edificio.

- Installazione impianto di generazione termica che risulta essere una **combinazione impiantistica (A<sub>IC</sub>)** delle precedenti con configurazione analoga dei sistemi energetici.

Alla luce dei risultati ottenuti per lo Scenario A si è deciso di sviluppare le soluzioni impiantistiche più interessanti per lo Scenario B:

- si propone l’installazione di n°4 **generatori di calore a condensazione (B<sub>GC</sub>)** da 1.700 kWt ciascuno nella centrale termica del Teatro “Carlo Felice”. Il tracciato di rete rimane il medesimo della soluzione precedente con l’aggiunta della posa del circuito di collegamento con la centrale termica della sede bancaria, effettuata tramite tubazione interrata. È inoltre prevista la predisposizione impiantistica per l’eventuale allacciamento futuro del Palazzo Ducale, sfruttando così il cunicolo tecnologico al di sotto di Piazza De Ferrari. Analogamente, si prevede una distribuzione interrata fino al Palazzo di Giustizia e l’allacciamento al circuito di riscaldamento della centrale termica.
- Si propone inoltre l’installazione dell’**impianto combinato (B<sub>IC</sub>)** come per lo scenario precedente, costituito da pompa di calore ad alta temperatura da 800 kW e n°4 generatori a condensazione da 1.700 kWt cad.

Le medesime considerazioni sono valide per gli ulteriori due Scenari **B<sub>BIS,GC</sub>** e **B<sub>BIS,IC</sub>** che coinvolgono anche gli impianti tecnologici del Teatro “Carlo Felice”.

#### IV. *Considerazioni conclusive*

A seguito dei risultati ottenuti per i vari scenari sviluppati nel seguente studio di fattibilità tecnico economica, si può affermare che per la costruzione di una rete di teleriscaldamento per il distretto energetico di Piazza De Ferrari gli scenari più favorevole dal punto di vista economico

secondo valutazione PEF sono la sostituzione dei generatori di calore della centrale termica del Teatro “Carlo Felice” con un impianto costituito da generatori di calore a condensazione abbinato alla riqualificazione degli impianti tecnologici del teatro (**Scenario B<sub>BIS,GC</sub>** ). Inoltre, risulta positiva anche la simulazione di un impianto combinato che si costituisce di generatori a condensazione e una pompa di calore geotermica ad alta temperatura sempre abbinato alla riqualificazione degli impianti tecnologici del teatro (**Scenario B<sub>BIS,IC</sub>**).

**Tabella 0.4 – Esito analisi economiche sviluppate nel PEF.**

Analisi economica	Scenario A	Scenario B	Scenario Abis	Scenario Bbis
PEF modello “EPC”	A <sub>GC</sub> , A <sub>IC</sub>	B <sub>GC</sub> , B <sub>IC</sub>	Abis <sub>GC</sub> , Abis <sub>IC</sub>	Bbis <sub>GC</sub> , Bbis <sub>IC</sub>
PEF modello “Futuro Gestore di Rete”	A <sub>GC</sub> , A <sub>IC</sub>	B <sub>GC</sub> , B <sub>IC</sub>	Abis <sub>GC</sub> , Abis <sub>IC</sub>	Bbis <sub>GC</sub> , Bbis <sub>IC</sub>

In **verde** intervento vantaggioso dal punto di vista economico finanziario, in **rosso** invece non vantaggioso.

## 1. INTRODUZIONE

### 1.1 *Premessa*

Il progetto di Fattibilità Tecnico-Economica del Distretto Energetico di Teleriscaldamento di Piazza De Ferrari rientra nell'ambito di sviluppo del progetto GEN-IUS.

Il progetto GEN-IUS, (GENoa - Innovative Urban Sustainability), si propone di promuovere la riqualificazione energetica di edifici pubblici, l'efficientamento energetico di impianti di pubblica illuminazione e la creazione appunto di distretti energetici afferenti non solo al Comune di Genova, ma ad un esteso numero di Enti partners all'interno dell'Area Metropolitana di Genova.

Nel settembre 2017 la Commissione Europea ha approvato la richiesta avanzata dal Comune di Genova per l'ottenimento del finanziamento per supporto tecnico previsto dallo strumento ELENA.

Con il contributo della Commissione Europea e la Banca europea degli Investimenti, il 1° gennaio 2018 è stato attivato il Servizio di Sviluppo della Progettazione GEN-IUS che ha lo scopo di predisporre la documentazione necessaria all'implementazione di progetti di miglioramento dell'efficienza energetica dislocati su tutta l'Area Metropolitana di Genova per un importo complessivo di circa 39 milioni di euro attraverso finanziamenti tramite terzi nella forma di contratti EPC (Energy Performance Contract) conformi all'Allegato VIII del D.lgs. 102/14, così da superare le attuali difficoltà di indebitamento pubblico da parte degli enti locali o altre forme di Partenariato Pubblico Privato, così come previste dal D.lgs 50/16 e s.m.i.

### 1.2 *Scopo del progetto di fattibilità tecnico-economica*

Nell'ambito del progetto è prevista la realizzazione di un'analisi di fattibilità tecnico-economica relativa ad un distretto energetico, così come definita dall'art. 23 del D.lgs 50/16 e s.m.i., con l'obiettivo di individuare, tra più soluzioni, quella che presenta il miglior rapporto costi-benefici per la collettività, in relazione alle specifiche esigenze da soddisfare e prestazioni da fornire. Lo scopo dell'intervento, dunque, è la riqualificazione energetica degli impianti di riscaldamento e raffrescamento degli edifici di proprietà del Comune di Genova affacciati su Piazza de Ferrari, con particolare attenzione allo studio per la realizzazione di una rete di teleriscaldamento e/o teleraffrescamento che coinvolga tali edifici e in un secondo scenario altri edifici pubblici o privati interessati al progetto. L'ipotesi di intervenire al fine di migliorare l'efficienza energetica complessiva del distretto energetico è innanzitutto volta ad una diminuzione dei consumi e come conseguenza delle emissioni di CO<sub>2</sub>, la quale rientra negli obiettivi prefissati dal Comune di Genova all'interno del progetto GEN-IUS, ma può anche

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

Il progetto di fattibilità tecnico-economica deve essere conforme a quanto previsto dai CAM relativi all'edilizia regolamentati dal DM 11 ottobre 2017- Criteri Ambientali Minimi, Affidamento di servizi di progettazione e lavori per la nuova costruzione, ristrutturazione e manutenzione di edifici pubblici. Esula dallo scopo del presente progetto, lo studio di fattibilità edile-strutturale delle soluzioni impiantistiche proposte.

### 1.3 *Riferimento e contatti RP e personale coinvolto*

Il presente Progetto di Fattibilità Tecnico-Economica è stato sviluppato dalla società di ingegneria Seingim Global Service S.r.l. Si riportano in Tabella 1.1 i nominativi di tutte le figure professionali coinvolte nelle varie fasi di svolgimento del Progetto.

**Tabella 1.1 - Soggetti coinvolti nella realizzazione del Progetto di Fattibilità**

Nome e cognome	Ruolo	Attività svolta
Ing. Carlo Ottria	Project Manager	Gestione del progetto
Ing. Andrea Attari	Project Engineer	Coordinamento e revisione attività tecnica
Ing. Elena Guidolin	Energy Engineer	Rilievi / Analisi e Calcolo di fattibilità tecnico-economica
Ing. Carlo Targa	Energy Engineer	Rilievi / Analisi e Calcolo di fattibilità tecnico-economica

### 1.4 *Identificazione del distretto energetico oggetto di analisi*

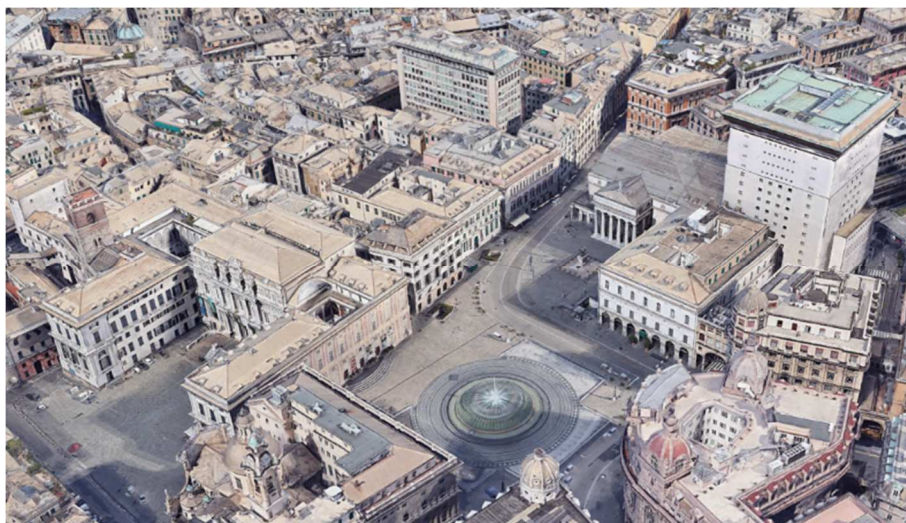
Il presente studio interessa gli edifici che si affacciano su Piazza De Ferrari, per i quali si prevede la costituzione di un distretto energetico e la connessione ad una rete di teleriscaldamento/teleraffrescamento alimentata da una centrale termica/frigorifera comune.

La realizzazione di una centrale comune è favorita dalla presenza di un cunicolo sotterraneo che percorre tre dei quattro lati di piazza de Ferrari e che facilita il posizionamento delle tubazioni del teleriscaldamento per la connessione degli impianti degli edifici scelti.

Gli edifici di proprietà del Comune di Genova segnalati dalla PA per questo intervento di riqualificazione energetica sono il Teatro "Carlo Felice", il Palazzo Ducale e l'Accademia Ligustica di Belle Arti.

Lo studio di fattibilità non si limita ad analizzare i tre edifici comunali, ma è volto a valutare la possibile convenienza a coinvolgere altri edifici pubblici e privati che si affaccino su piazza de Ferrari e che dimostrino l'interesse e le caratteristiche impiantistiche ed architettoniche adatte a tale applicazione. Alla luce delle manifestazioni di interesse rilevate dalla campagna di indagine per gli edifici che si trovano in prossimità di Piazza de Ferrari, lo Scenario B prende in considerazione oltre agli edifici dello Scenario A anche la sede centrale di Cassa di Risparmio di Genova e Imperia e il Palazzo di Giustizia.



**Figura 1.1 – Vista aerea distretto energetico Piazza De Ferrari.**

**Tabella 1.2 - Tabella riepilogativa dei dati degli edifici oggetto di analisi**

Edifici pubblici affacciati su Piazza De Ferrari (Edifici di cui all'Allegato 1 del Capitolato Tecnico)		
Parametro	U.M.	Valore
<b>1 – Teatro dell'Opera "Carlo Felice"</b>		
Zona climatica		D
Destinazione d'uso		E.4(1) Edifici adibiti ad attività ricreative associative o di culto e assimilabili quali cinema e teatri, sale di riunione per congressi
Volume totale edificio	m <sup>3</sup>	230.000
Numero complessivo di piani		22
Tipologia generatore riscaldamento		Generatori di calore tradizionali
Potenza totale impianto riscaldamento	kW	2.386
Potenza totale impianto raffrescamento	kW	1.873
Tipo di combustibile		Gas Metano
Tipologia generatore Acqua Calda Sanitaria		Generatori di calore tradizionali
<b>2 – Palazzo Ducale</b>		
Zona climatica		D
Destinazione d'uso		E.4(2) Edifici adibiti ad attività ricreative, associative o di culto e assimilabili quali mostre, musei e biblioteche, luoghi di culto
Volume totale edificio	m <sup>3</sup>	155.000
Numero complessivo di piani		13
Tipologia generatore riscaldamento		Generatori di calore a condensazione
Potenza totale impianto riscaldamento	kW	2.010
Potenza totale impianto raffrescamento	kW	2.250
Tipo di combustibile		Gas Metano
Tipologia generatore Acqua Calda Sanitaria		Bollitori elettrici ad accumulo
<b>3 – Accademia Ligustica di Belle Arti</b>		
Zona climatica		D
Destinazione d'uso		E.7 Edifici adibiti ad attività scolastiche a tutti i livelli e assimilabili;
Volume totale edificio	m <sup>3</sup>	48.400
Numero complessivo di piani		7
Tipologia generatore riscaldamento		Generatori tradizionali
Potenza totale impianto riscaldamento	kW	230
Potenza totale impianto raffrescamento	kW	-
Tipo di combustibile		Gas Metano

Edifici pubblici affacciati su Piazza De Ferrari (Edifici di cui all'Allegato 1 del Capitolato Tecnico)		
Parametro	U.M.	Valore
Tipologia generatore Acqua Calda Sanitaria		-
<b>4 – Fontana di Piazza De Ferrari</b>		
Zona climatica		D
Utenza energetica		Pompe idrauliche distribuzione acqua di fontana
Potenza elettrica installata	kW	190
<b>5 – Banca Carige - Sede centrale</b>		
Zona climatica		D
Destinazione d'uso		E.2 – Edifici adibiti ad uffici
Tipologia generatore riscaldamento		Generatori tradizionali
Potenza totale impianto riscaldamento	kW	2400
Potenza totale impianto raffrescamento	kW	3400
Tipo di combustibile		Gasolio
Tipologia generatore Acqua Calda Sanitaria		Generatore tradizionale (304 kW)
<b>5 – Palazzo di Giustizia</b>		
Zona climatica		D
Destinazione d'uso		E.2 – Edifici adibiti ad uffici
Tipologia generatore riscaldamento		Generatori a condensazione
Potenza totale impianto riscaldamento	kW	4.200
Potenza totale impianto raffrescamento	kW	1500
Tipo di combustibile		Gas metano
Tipologia generatore Acqua Calda Sanitaria		Bollitori elettrici distribuiti

### 1.5 Metodologia di lavoro

Il progetto di fattibilità tecnico-economica si articola in accordo con la procedura di seguito descritta:

1. Sopralluogo agli edifici proposti per il distretto energetico, rivolgendo particolare attenzione alle centrali tecnologiche, rilievo dei principali dati tecnici utili con il personale del Comune di Genova.
2. Recepimento documentazione consumi di bolletta e fatture per le utenze del distretto energetico, check list file ricevuti e richiesta integrazione in caso di assenza documenti.
3. Analisi dati di consumo effettivi e sistemazione in tabelle riassuntive, analisi costi energetici da fatture e costi di manutenzione per indici di baseline economica calcolati come indicato nel capitolato tecnico.
4. Scaricamento dati climatici orari reali per le annualità delle bollette 2016-2019 come indicato da capitolato tecnico.
5. Determinazione GG riscaldamento reali (orari, giornalieri e mensili).
6. Calcolo baseline consumo termico ed elettrico come da capitolato (normalizzazione consumi reali secondo  $GG_{reali}$  e  $GG_{riferimento}$ ).
7. Individuazione eventuale baseload termico su base mensile per individuazione soluzione impiantistica ottimale.

8. Per le utenze disponibile, costruzione curve di carico medie giornaliere dei consumi elettrici per l'ultima annualità fornita.
9. Determinazione curva di carico termiche di baseline dei diversi edifici in funzione dei GG orari. Distribuzione del fabbisogno termico in curve orarie.
10. Costruzione curva di carico annuale per edificio e per distretto energetico, costruzione curva di durata per edificio e per distretto energetico, prime considerazioni su installazione Cogeneratore.
11. Valutazione Scenario A – Generatori di calore a condensazione. Analisi energetica ed economica
12. Valutazione Scenario A - Pompa di calore ad acqua ad alta temperatura. Analisi energetica ed economica.
13. Valutazione Scenario A – Impianto combinato. Analisi energetica ed economica.
14. Ricerca sistema alternativo: Pompa di calore reversibile ad acqua di falda, valutazione preliminare portata di acqua di falda per copertura fabbisogno termico e frigorifero di base del distretto energetico.
15. Analisi funzionamento Cogeneratore con curva di durata distretto energetico. Individuazione fabbisogno termico aggiuntivo di edifici vicino a piazza de Ferrari e dimensionamento preliminare cogeneratore, calcolo producibilità, ore di funzionamento e TEE secondo criteri CAR.
16. Stima del fabbisogno termico per riscaldamento e ACS del Diurno a servizio del Teatro “Carlo Felice”. Sviluppo dello Scenario A2: determinazione nuova curva di durata termica e considerazioni su andamento consumi.
17. Individuazione Scenario B: coinvolgimento edificio Cassa di Risparmio di Genova e Imperia e Palazzo di Giustizia.
18. Valutazione Scenario B - Generatori di calore a condensazione. Analisi energetica ed economica.
19. Valutazione Scenario B – Impianto combinato. Analisi energetica ed economica.

## 1.6 *Struttura della Relazione*

La presente Relazione Tecnica è stata articolata nelle seguenti parti:

- Una prima parte di introduzione in cui si presenta la motivazione e lo scopo dello studio di fattibilità tecnico economica. Dopodiché si offre una panoramica descrittiva del distretto energetico e delle condizioni climatiche reali e di riferimento per la città di Genova.
- Nella seconda parte si sviluppa la descrizione impiantistica dei singoli edifici affacciati a piazza De Ferrari e lo studio dei vettori energetici sia dal punto di vista dei consumi riscontrati in bolletta sia per i costi di fornitura e di manutenzione associati. Da quest'analisi

si costruiscono le curve di carico e le curve di durata per le singole utenze e per il distretto energetico.

- Nella terza parte della relazione si presentano le soluzioni impiantistiche individuate per l'implementazione di una rete di teleriscaldamento che unisca le utenze pubbliche e private del distretto energetico. A questa presentazione segue un'analisi dei risparmi energetici conseguibili e delle prestazioni ambientali ottenute.
- Nella quarta parte si sviluppa l'analisi economica per gli scenari individuati e con particolare attenzione agli indici economici indicati nel capitolato tecnico.
- Nella parte conclusiva si riassumono i risultati ottenuti dalla simulazione dei diversi scenari individuati mettendo a confronto gli indici energetici ed economici ottenuti.

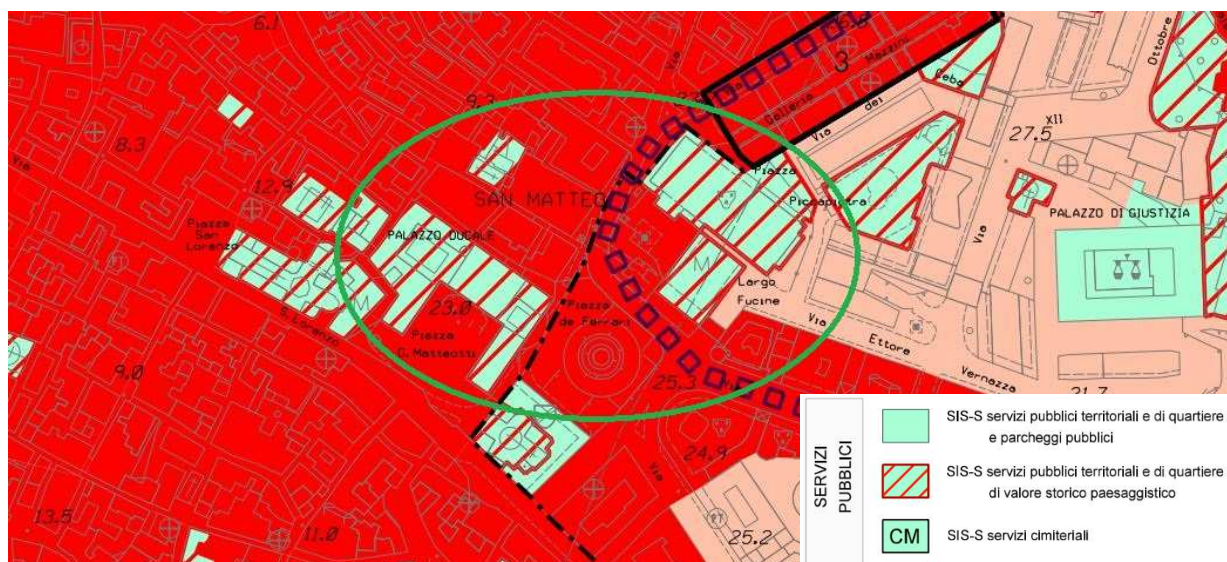
## 2. DATI DEL DISTRETTO ENERGETICO

### 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 tutti e tre gli edifici (Teatro “Carlo Felice”, Palazzo Ducale e Accademia Ligustica di Belle Arti) del distretto energetico in zona SIS-S servizi pubblici territoriali e di quartiere di valore storico paesaggistico.

Per quanto riguarda invece la sede della Cassa di Risparmio di Genova e Imperia, il P.U.C del Comune di Genova individua l'edificio nell'ambito AC-CS conservazione del centro storico urbano e nell'ambito AC-US conservazione dell'impianto urbano storico. Per il Palazzo di Giustizia invece, il piano comunale identifica tale edificio nell'ambito del SIS-s servizi pubblici territoriali e parcheggi pubblici.

**Figura 2.1 - Zona SIS-S servizi pubblici territoriali e di quartiere di valore storico paesaggistico**



### 2.2 Inquadramento territoriale, socio-economico e destinazione d'uso dei diversi edifici coinvolti: edifici pubblici e altri edifici

Il Teatro “Carlo Felice” è uno dei principali edifici simbolo della città di Genova. Costruito dapprima nel 1828, viene parzialmente distrutto durante la Seconda Guerra Mondiale ma dopo diversi concorsi pubblici nell'arco della seconda metà del XX secolo, venne ricostruito, recuperando le caratteristiche architettoniche storiche, agli inizi degli anni '90. L'edificio, ai sensi del DPR 412/93, ricade nella destinazione d'uso E.4(1) Edifici adibiti ad attività ricreative associative o di culto e assimilabili quali cinema e teatri, sale di riunione per congressi. Alcuni ambienti interni dell'edificio appartengono invece alle categorie quali E.2 – Edifici adibiti ad uffici, E.4 (3) Edifici adibiti ad attività ricreative bar, ristoranti.



L'edificio oggetto di analisi si sviluppa complessivamente per 4 piani interrati e 18 piani fuori terra compreso il piano copertura sede di locali tecnologici. Gli spazi all'interno della struttura sono articolati e alcuni ambienti, quali palcoscenico, platea e spazi connessi si sviluppano per decine di metri in altezza collegando diversi piani tra loro.

Il Palazzo Ducale è un altro dei monumenti principali della città ligure. La sua costruzione risale al 1200. Nel corso del tempo, ha subito modifiche consistenti e restauri di grande entità. Si ricorda inoltre la distruzione parziale, come è accaduto per il Teatro, a causa dei bombardamenti durante la Seconda Guerra Mondiale, della parte che aggetta su Piazza Matteotti. La porzione prevalente, in termini di superficie, ai sensi del DPR 412/93 ricade nella destinazione d'uso E.4 2 - Edifici adibiti ad attività ricreative mostre, musei, biblioteche. Ulteriori porzioni di edificio ricadono in differenti categorie, quali E.2 – Edifici adibiti ad uffici, E.4 3 Edifici adibiti ad attività ricreative bar, ristoranti.

L'edificio è costituito complessivamente da 10 piani fuori terra, 1 seminterrato e 2 interrati, articolati in modo non regolare, con la presenza di due piani ammezzati e molti ambienti collocati a quote differenti.

L'Accademia Ligustica di Belle Arti ha sede in un vero e proprio monumento cittadino, un palazzo che si erge di fianco al Teatro e si affaccia direttamente su piazza De Ferrari. Costruito attorno agli anni '30 del XIX secolo, ha subito la devastazione dei bombardamenti del Secondo Conflitto Mondiale. Ricostruito a più riprese tra la fine dell'800 e gli inizi del '900, attualmente è la sede principale della scuola di Alta Formazione Artistica di Genova. Per questo utilizzo, ai sensi del DPR 412/93, l'edificio ricade nella destinazione d'uso prevalente E.7 Edifici adibiti ad attività scolastiche a tutti i livelli e assimilabili, con alcune porzioni di piano di categoria E.2 – Edifici adibiti ad uffici. La struttura rettangolare si sviluppa per 7 piani fuori terra, compreso il piano copertura sede delle centrali tecnologiche.

Gli edifici appena descritti costituiscono il corpo di analisi sviluppato nello Scenario A, il quale rappresenta il punto di partenza per l'implementazione dello Scenario B. Tale scenario prevede il coinvolgimento degli edifici privati qui di seguito presentati.

Il Gruppo Banca Carige (acronimo di Cassa di Risparmio di Genova e Imperia) è una banca italiana con quartier generale a Genova. Banca Carige S.p.A. è la capogruppo del Gruppo Banca Carige e può contare su circa 450 sportelli bancari diffusi su gran parte del territorio nazionale e oltre 1 milione di clienti. La sede centrale, costruita nel 1965, è situata in via Cassa di Risparmio 15, via che si affaccia su via Roma, estensione verso Nord di Piazza de Ferrari, l'edificio si trova di fronte al Teatro Carlo Felice. L'edificio si sviluppa su sedici piani fuori terra, con una superficie totale servita pari a circa 21.900 m<sup>2</sup>. All'interno dei primi due piani e al livello della copertura sono presenti i locali tecnici, mentre i restanti piani sono principalmente adibiti ad uffici, sale riunioni ed archivi. Nella parte centrale di alcuni piani è presente un salone di

notevoli dimensioni. L'immobile è caratterizzato da una tipica struttura muraria portante in calcestruzzo armato con tamponature in laterizi. La rifinitura esterna è invece caratterizzata da una pietra naturale. La componente finestrata rappresenta una quota molto cospicua nella somma delle superfici disperdenti. Gli infissi per la quasi totalità sono costituiti da materiale metallico senza alcun taglio termico.

Il Palazzo di Giustizia di Genova, sede del Tribunale di Genova e di tutti i servizi giudiziari rivolti al cittadino, si trova in Piazza Portoria 1, a circa 300 m di distanza da Piazza De Ferrari. L'edificio, costruito attorno al 1970, si sviluppa su una pianta rettangolare con una corte interna per tredici piani fuori terra e tre piani interrati, per una superficie utile totale di 40.912 m<sup>2</sup> e un volume lordo di circa 147.898 m<sup>3</sup>. Gli spazi interni sono dedicati ai servizi di ufficio, ai tribunali, agli spazi di accoglienza e servizio aperti al cittadino e alle biblioteche e raccolta e archivio documentazione legale. La centrale termica si trova all'ultimo piano copertura dal quale partono le tubazioni di alimentazione della sottostazione posta al piano secondo interrato. L'immobile è caratterizzato da una tipica struttura muraria portante in calcestruzzo armato con tamponature in laterizi, alcune delle quali presentano un'intercapedine d'aria. La rifinitura esterna è invece caratterizzata da una pietra naturale. La componente finestrata rappresenta una quota molto cospicua nella somma delle superfici disperdenti. Gli infissi per la quasi totalità sono costituiti da materiale metallico senza alcun taglio termico.

Per questo utilizzo, ai sensi del DPR 412/93, l'edificio ricade nella destinazione d'uso prevalente E.2 – Edifici adibiti ad uffici.

L'ipotesi di intervenire al fine di migliorare l'efficienza energetica complessiva del distretto energetico è innanzitutto volta ad una diminuzione dei consumi e come conseguenza delle emissioni di CO<sub>2</sub>, la quale rientra negli obiettivi prefissati dal Comune di Genova all'interno del progetto GEN-IUS (GENoa - Innovative Urban Sustainability), ma può anche essere considerata di notevole interesse socio-culturale al fine della sensibilizzazione del pubblico alle tematiche di interesse ambientale ed energetico.

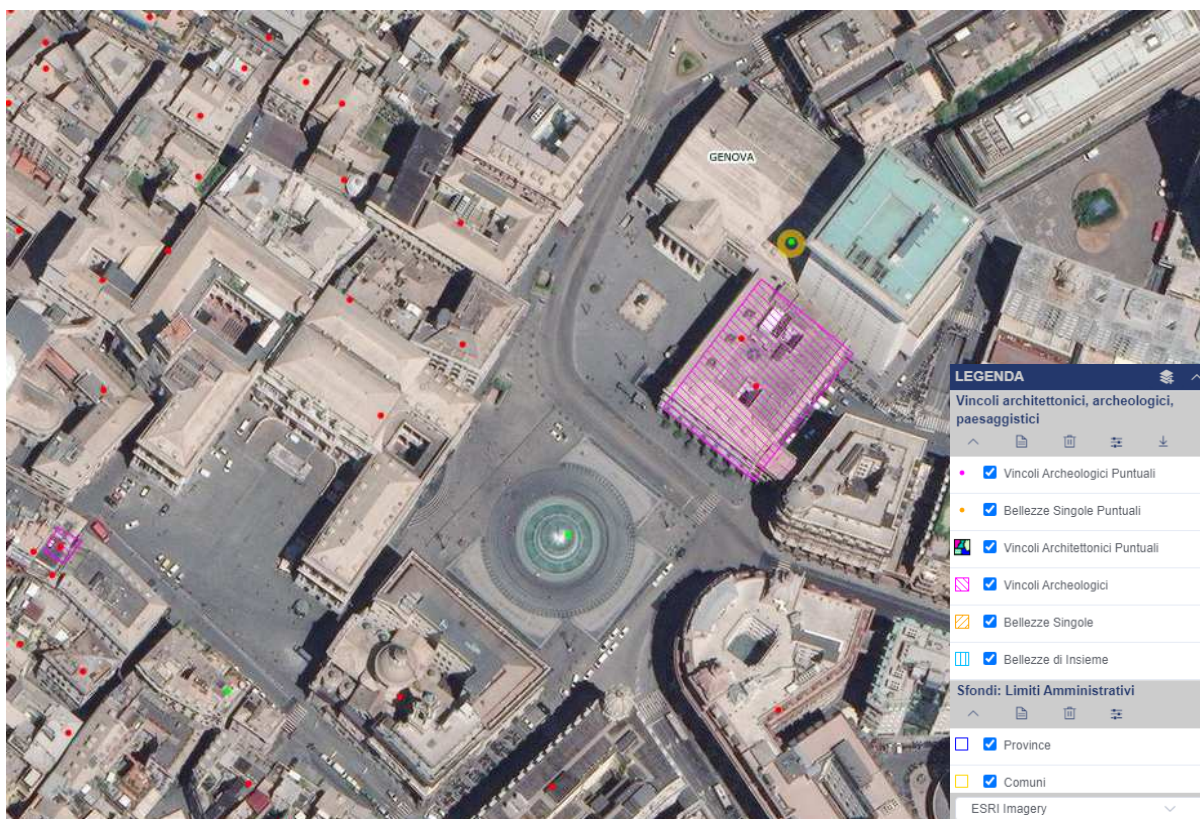
È rilevante inoltre sottolineare come la corretta gestione e manutenzione del sistema impianto comporterebbe il miglioramento delle condizioni termoigrometriche degli ambienti interni percepite dagli utenti stessi.

### 2.3 *Verifica dei vincoli interferenti sulle parti dell'immobile interessate dall'intervento*

Tutti e tre gli edifici pubblici componenti il distretto energetico sono sottoposti a vincolo di Bene Monumentale Architettonico, in forza del decreto 07/00108985 del 1912. Inoltre, l'Accademia Ligustica di Belle Arti è soggetta al vincolo Archeologico secondo Dlgs n.42/2004 art.12, data del decreto 20/02/2006.

Per quanto riguarda invece il palazzo della sede centrale della Banca Carige non risultano vincoli di alcuna tipologia, mentre Palazzo di Giustizia è sottoposto al vincolo Archeologico Puntuale.

**Figura 2.2 - Vincolo architettonici e paesaggistici edifici distretto energetico**



Gli interventi di efficientamento energetico individuati interessano spazi tecnici destinati all'alloggiamenti degli impianti tecnologici pertanto, in fase preliminare, non è prevista l'insorgenza di problematiche legate alle interferenze con i vincoli architettonici e paesaggistici degli edifici coinvolti.

#### 2.4 *Dati climatici*

Il distretto energetico oggetto del seguente studio di fattibilità tecnico-economica è ubicato nel Comune di Genova, ricadente nella zona climatica D e a cui corrispondono 1.435 Gradi Giorno (GG) secondo il D.P.R. 412/93 - allegato A. La stagione convenzionale di funzionamento degli impianti di riscaldamento è compresa tra il 1° novembre ed il 15 aprile con un periodo di accensione consentito degli impianti di 12 ore al giorno (DPR 74/2013).

Con lo scopo di normalizzare i consumi termici reali si è resa necessaria la definizione delle condizioni climatiche reali, ovvero dei GG calcolati in funzione della temperatura esterna media oraria del sito effettivamente rilevata.



I dati climatici utilizzati sono stati rilevati dalla centralina meteo climatica denominata “Genova Centro Funzionale” e scaricati dal seguente sito indicato dal comune di Genova: <http://www.cartografiarl.regione.liguria.it/SiraQualMeteo/script/PubAccessoDatiMeteo.asp>.

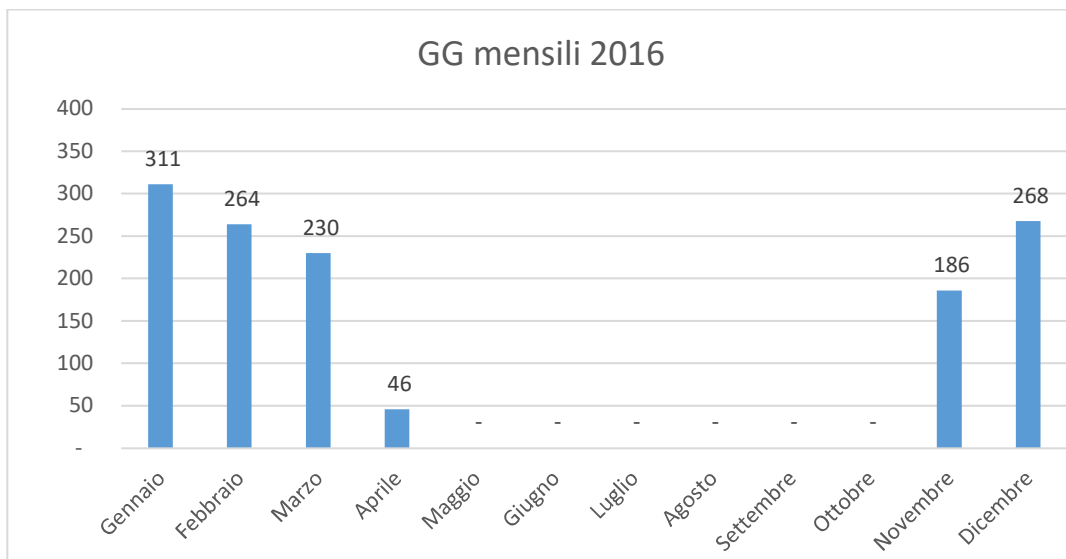
Si è deciso di utilizzare come riferimento tale centralina in quanto è ubicata in una zona limitrofa al gruppo di edifici oggetto, a circa 1,3 km di distanza in linea d'aria.

**Figura 2.3 - Posizione della centralina meteo climatica rispetto al distretto energetico**

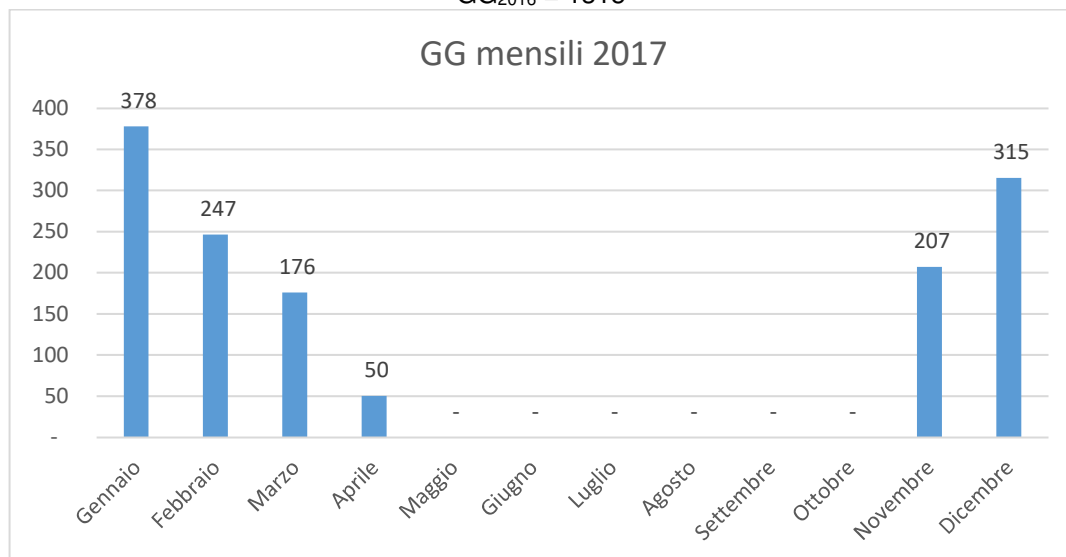


Di seguito si riportano i valori mensili dei GG reali, calcolati per il periodo considerato nell'analisi 2016-2017-2018-2019, valutati come la sommatoria, estesa a tutti i giorni del periodo annuale di riscaldamento compreso tra il 1° novembre ed il 15 aprile, delle sole differenze positive giornaliere tra la temperatura interna di 20°C e quella esterna media giornaliera calcolata in funzione delle temperature orarie rilevate dalla centralina meteorologica.

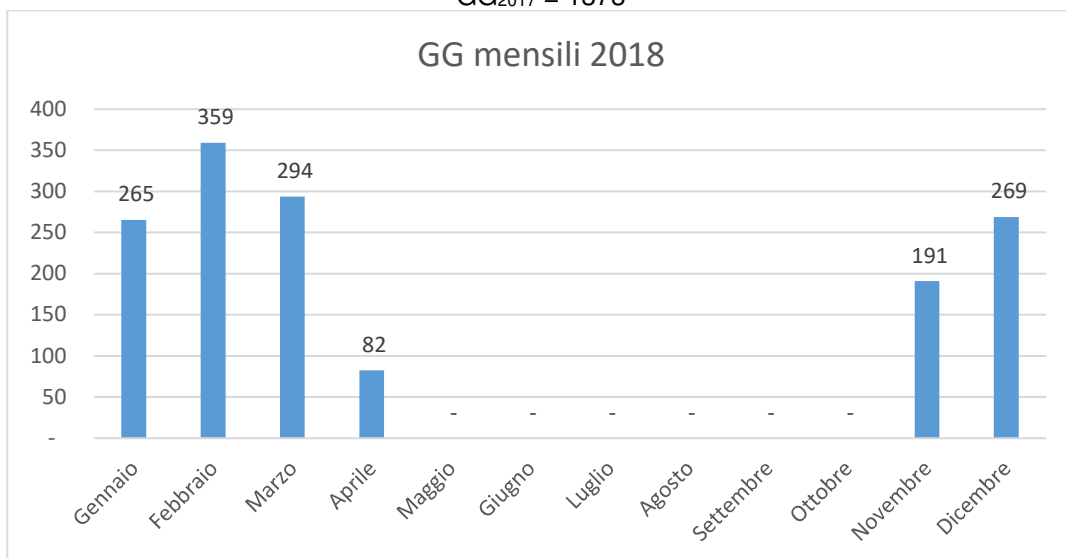
**Figura 2.4 - Andamento mensile dei GG reali per il periodo di analisi**



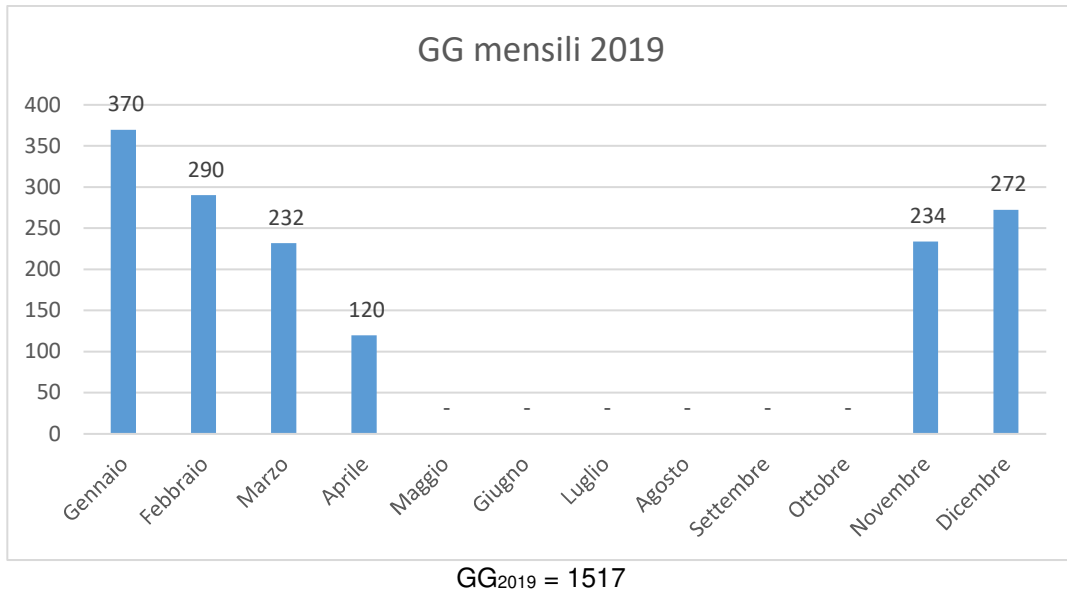
GG<sub>2016</sub> = 1315



GG<sub>2017</sub> = 1373



GG<sub>2018</sub> = 1460



### 3. STIMA DELLA DOMANDA TERMICA E FRIGORIFERA

#### 3.1 Consumi vettori energetici e costi di esercizio, destinazione d'uso e orari, curve di carico elettrico, impiantistiche esistenti degli edifici pubblici coinvolti

Per effettuare una corretta costruzione della curva di durata della rete di teleriscaldamento, è fondamentale la raccolta dei dati per l'individuazione degli ingressi energetici della zona/edificio parte della rete e quindi del profilo caratteristico di consumo energetico.

Questa raccolta è stata effettuata per ogni edificio di cui all'Allegato 1 e per gli altri edifici/utenze allacciabili alle reti, acquisendo la documentazione dal Comune di Genova o dai proprietari o gestori a seconda dei casi.

Quanto ricevuto è riportato nei successivi paragrafi relativamente per ogni edificio/utenza.

Dove non è stata ricevuta documentazione completa o sufficiente come indicato da Capitolato Tecnico, per il calcolo delle Baseline e degli indici economici si ha fatto ricorso a stime o calcoli che verranno di volta in volta giustificati.

#### Energia Termica

Considerando che i consumi termici sono soggetti a variazioni dovute all'andamento degli effettivi dati climatici che hanno caratterizzato i periodi 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 come punto di partenza per la costruzione della curva di carico, ovvero la baseline consumi termici.

L'individuazione della baseline è quindi realizzata tramite riparto del consumo di combustibile tra riscaldamento ed altri servizi diversi (ovvero, per gli edifici oggetto di studio, solo produzione di ACS) e successiva destagionalizzazione dei consumi di combustibile per solo riscaldamento, utilizzando i GG reali ( $GG_{real}$ ) precedentemente analizzati al capitolo 2.4, con conseguente normalizzazione secondo i GG di riferimento ( $GG_{rif}$ ).

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

Dove:

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

$GG_{rif}$  = Gradi giorno di riferimento;

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

$Q_{real,i}$  = Consumo termico reale per riscaldamento dell'edificio nell'anno "i", kWh/anno;



$GG_{real,i}$  = Gradi giorno valutati considerando le temperature esterne reali dell'anno "i";

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

I consumi di combustibile, dove forniti in unità di misura diverse dai kWh (ovvero, per gli edifici oggetto di studio, Sm<sup>3</sup> di gas metano e l di gasolio), sono stati convertiti utilizzando i valori di Potere Calorifico Inferiore PCI riportati nella seguente tabella. Per quanto riguarda il gasolio la determinazione dei parametri utilizzati deriva dalla consultazione dei documenti ricevuti e dal confronto con l'Energy Manager dall'istituto bancario.

**Tabella 3.1 - Valori di PCI utilizzati ai fini della conversione in kWh**

Tipo combustibile	PCI	Densità	PCI
	kWh/kg	kg/l	kWh/Sm <sup>3</sup>
Metano	n/a	n/a	9,69
Gasolio	11,91	0,835	n/a

#### Energia Elettrica

Per il vettore energetico di energia elettrica, la baseline consumi di energia elettrica ( $EE_{baseline}$ ), ha coinciso con il valore medio annuo, kWh/anno, dei consumi reali rilevati per i periodi di riferimento scelti.

Per gli edifici per i quali è stata resa la disponibilità di dati di prelievo orari o quarto d'orari (utenze con potenza elettrica contrattuale disponibile pari a superiore a 55 kW) sono state elaborate le curve di carico medie per giorni lavorativi, sabato, domenica per ciascun mese dell'anno, con riferimento all'ultimo anno disponibile che associno all'ora o al quarto d'ora della giornata il valore medio della potenza elettrica prelevata.

Per entrambe le baseline energetiche, si valuteranno inoltre i profili medi mensili di baseline, ovvero, i procedimenti di costituzione delle baseline, esposti in questo capitolo, saranno applicati oltre che sulle annualità anche sui singoli mesi, in modo da ottenere l'andamento delle baseline termica ed elettrica per singolo mese.

Per l'elaborazione della baseline economica e della baseline in termini di emissioni di gas ad effetto serra si rimanda rispettivamente ai capitoli 3.5 e 3.6.

### 3.1.1 Teatro dell'Opera "Carlo Felice"

#### 3.1.1.1 Configurazione impiantistica esistente

L'edificio Teatro "Carlo Felice", ai sensi del DPR 412/93, ricade nella destinazione d'uso E.4(1) Edifici adibiti ad attività ricreative associative o di culto e assimilabili quali cinema e teatri, sale di riunione per congressi. Alcuni ambienti interni dell'edificio appartengono invece alle categorie quali E.2 – Edifici adibiti ad uffici, E.4 (3) Edifici adibiti ad attività ricreative bar,

ristoranti. L'orario di apertura per le attività teatrali e gli spazi adibiti ad uffici è indicativamente dalle 8:00 alle 19:00, tuttavia tale orario è soggetto ad una certa variabilità dovuta agli spettacoli ed eventi in cui la chiusura del Teatro per una media di 3 volte a settimana avviene attorno alle ore 1:00. Nei mesi estivi, in particolare ad agosto e ad inizio settembre, si registra una riduzione degli eventi e degli spettacoli con chiusura totale per alcune settimane.

L'impianto di climatizzazione invernale è costituito da n°4 generatori di calore tradizionali a basamento con una potenza termica utile di 795,3 kW cad, per una potenza complessiva di impianto di 3.181,2 kW. In fase di sopralluogo è risultato che un generatore di calore non è più funzionante, pertanto, la potenza termica effettiva risulta pari a 2.385,9 kW. Il sistema di pompaggio a velocità fissa distribuisce il fluido termovettore al sottosistema di emissione costituito da ventilconvettori a soffitto per la palazzina uffici e laboratori e da radiatori per l'edificio storico sede effettiva del Teatro Carlo Felice. Per l'ottimizzazione del funzionamento di impianto è presente un sistema di supervisione e telecontrollo centralizzato, tuttavia tale sistema non è funzionante in quanto non sono rilevabili tutti i principali parametri quali temperature, portate e ore di funzionamento. L'attuazione delle operazioni di gestione impiantistica viene dunque effettuata manualmente.

**Figura 3.1 – Generatori di calore esistenti Teatro “Carlo Felice”**



Il servizio di acqua calda sanitaria viene assicurato dagli stessi generatori del servizio di riscaldamento presenti in centrale termica, i quali alimentano un sistema di accumulo per coprire anche le richieste di picco degli spogliatoi del teatro.

L'impianto di climatizzazione estiva è costituito da n°3 gruppi frigoriferi a compressione di potenza frigorifera pari a 624,4 kW cad., per una potenza complessiva di 1.873,2 kW. Il sottosistema di pompaggio a velocità fissa distribuisce il fluido refrigerato alle batterie fredde delle unità di trattamento dell'aria che soddisfano il fabbisogno di raffrescamento dell'intero edificio.

**Figura 3.2 – Gruppi frigorifero esistenti Teatro “Carlo Felice”**



L'impianto di ventilazione meccanica controllata è costituito da 13 unità di trattamento dell'aria ubicate nei locali tecnici sia nell'edificio storico del teatro, sia nei piani alti della palazzina e distribuiscono l'aria di rinnovo tramite canali a soffitto. Tali unità permettono il corretto ricambio di aria degli spazi interni anche nelle condizioni di picco in presenza di eventi o spettacoli teatrali. Le batterie calde e fredde interne alle UTA, che assicurano il corretto trattamento della portata di aria di immissione, sono alimentate rispettivamente dai generatori della centrale termica e dei gruppi frigoriferi precedentemente presentati e contribuiscono alla copertura del fabbisogno di climatizzazione degli ambienti interni durante tutto l'anno. Vi sono due tipologie di unità di trattamento aria: per quelle dotate di canali di estrazione, ubicate nel corpo centrale

del teatro, è prevista il ricircolo di una portata alle condizioni interne; mentre quelle a servizio degli uffici, officine, sale prova e falegnameria hanno una configurazione di sola immissione d'aria.

### 3.1.1.2 *Analisi vettori energetici*

Per quanto riguarda l'analisi dei consumi e delle spese storiche per l'energia termica ed elettrica dell'edificio in oggetto, essa è stata effettuata facendo riferimento agli anni 2016, 2017, 2018, 2019.

I vettori energetici analizzati sono i seguenti:

- Gas metano;
- Energia elettrica;

mentre i documenti ricevuti, da cui sono stati estrapolati i dati, sono i seguenti:

- **Documento 1.1:** *File Excel (.xlsx) contenente la tabella dei consumi mensili di gas metano in [Smc] per gli anni 2017, 2018 e 2019;*
- **Documento 1.2:** *File Excel (.xlsx) contenente la tabella dei consumi mensili di energia elettrica in [kWh] per gli anni 2017, 2018 e 2019;*
- **Documento 1.3:** *File Excel (.xlsx) contenenti i consumi orari di energia e di potenza elettrica del POD IT001E00200056 in [kWh] per gli anni 2016, 2017 e 2018.*

#### Energia Termica

Per l'edificio in oggetto, l'analisi dei consumi storici di gas metano è consistita nell'analisi del **Documento 1.1**, inviato dal Comune di Genova. È stato quindi scelto per la costituzione della baseline il triennio 2017, 2018 e 2019, in quanto l'unico disponibile, e per una ripartizione mensile dei consumi per ciascun anno, i valori sono stati semplicemente ripresi come comunicati, data la natura degli input.

**Tabella 3.2 - Consumi termici negli anni 2017, 2018 e 2019 del Teatro dell'Opera "Carlo Felice"**

PdR: N/D	2017	2018	2019	2017	2018	2019
mese	Sm <sup>3</sup>	Sm <sup>3</sup>	Sm <sup>3</sup>	kWh	kWh	kWh
Gennaio	47.614	34.583	42.032	461.380	335.109	407.290
Febbraio	30.753	48.729	36.335	297.997	472.184	352.086
Marzo	16.834	34.192	21.927	163.121	331.320	212.473
Aprile	11.232	13.097	18.686	108.838	126.910	181.067
Maggio	6.446	5.231	5.000	62.462	50.688	48.450
Giugno	6.432	3.378	4.045	62.326	32.733	39.196
Luglio	4.822	4.278	3.780	46.725	41.454	36.628
Agosto	778	1.455	2.478	7.539	14.099	24.012
Settembre	2.612	2.460	3.403	25.310	23.837	32.975
Ottobre	5.688	4.637	4.113	55.117	44.933	39.855

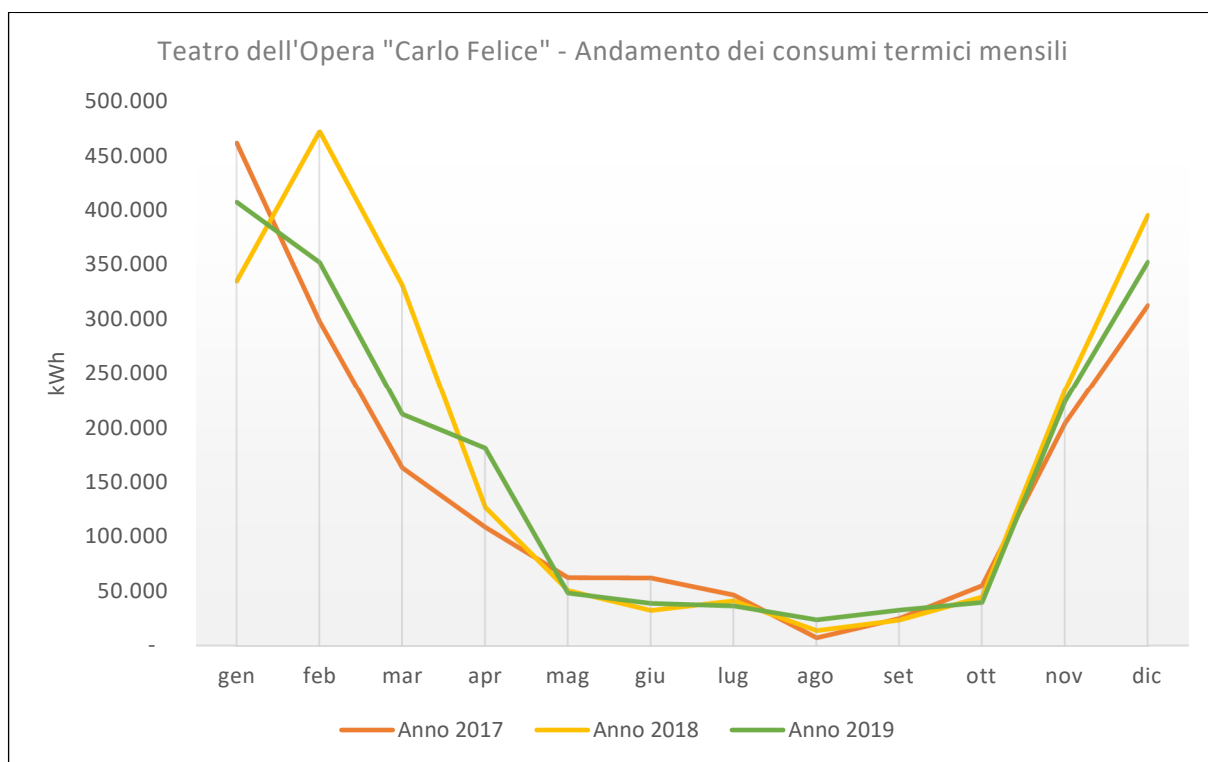
PdR: N/D	2017	2018	2019	2017	2018	2019
mese	Sm <sup>3</sup>	Sm <sup>3</sup>	Sm <sup>3</sup>	kWh	kWh	kWh
Novembre	21.072	24.206	23.144	204.188	234.556	224.265
Dicembre	32.263	40.805	36.372	312.628	395.400	352.445
<b>Totale</b>	<b>186.546</b>	<b>217.051</b>	<b>201.315</b>	<b>1.807.631</b>	<b>2.103.224</b>	<b>1.950.742</b>

Ricordando che:

PCI = 9,69 kWh/Sm<sup>3</sup>.

L'andamento dei consumi mensili è riportato nel seguente grafico.

**Figura 3.3 - Andamento dei consumi termici mensili per il Teatro dell'Opera "Carlo Felice"**



Dal confronto dei dati di gas metano per gli anni precedenti, emerge che il consumo del vettore energetico nell'ultimo anno risulta inferiore rispetto al consumo nell'anno 2018 nonostante l'andamento dei Gradi giorno di riscaldamento, che segna un progressivo aumento del valore calcolato. Si sottolinea comunque che i picchi di consumo corrispondono ai picchi di Gradi giorno mensili.

Altro aspetto che emerge dall'analisi è il consumo rilevante di combustibile nei mesi estivi, quando il riscaldamento è spento, che denota come il vettore venga utilizzato anche per altre funzioni diverse dalla climatizzazione invernale. In questo caso, stando a quanto riscontrato dai rilievi edili ed impiantistici effettuati e dallo studio della documentazione inviata, questo consumo è stato associato alla produzione di acqua calda sanitaria (ACS).

Per la costituzione della baseline consumi termici per il Teatro dell’Opera “Carlo Felice”, la quota “consumo termico reale per ACS dell’edificio”  $\bar{Q}_{ACS}$  è stata elaborata studiando i consumi di combustibile nei mesi di cessata richiesta di climatizzazione invernale per ogni anno, ottenendo così una stima di consumo mensile per ACS da estrapolare dai consumi dei mesi freddi, verificandone attraverso appositi indici la verosimiglianza.

Le “restanti” quote di consumo, attribuite totalmente al servizio di riscaldamento invernale, sono concorse alla formazione di  $\bar{a}_{rif}$  come specificato in precedenza.

Si riporta dunque in tabella 3.3 i risultati ottenuti, ricordando che:

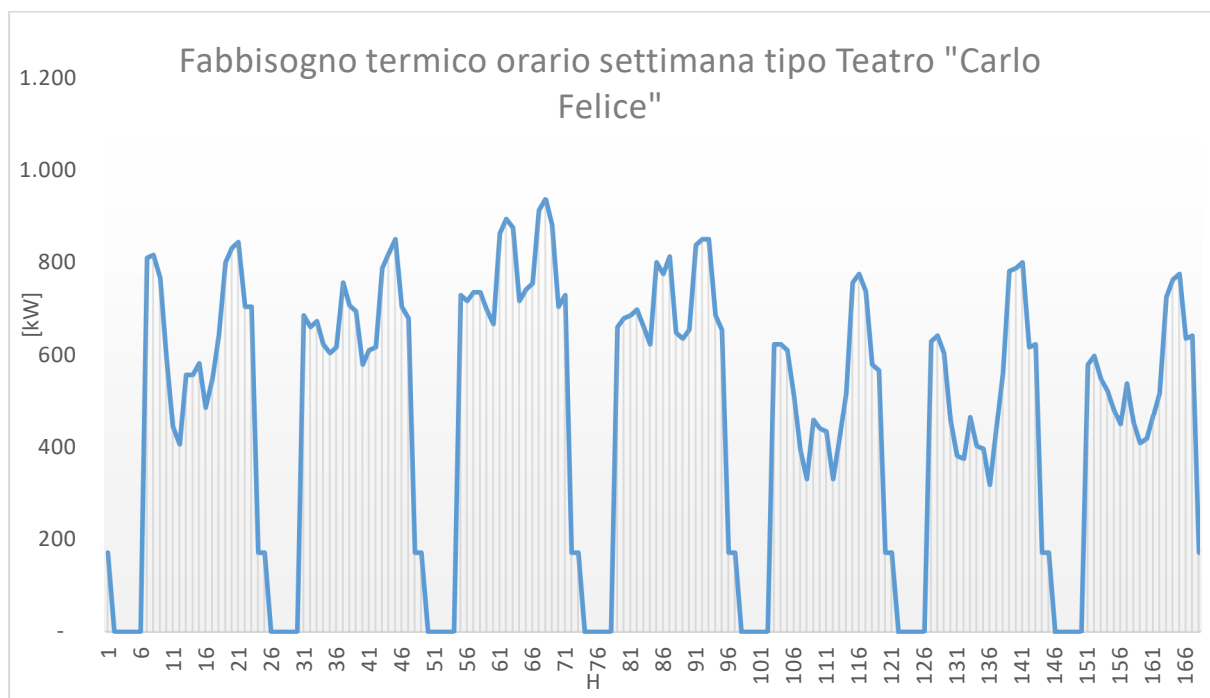
- $GG_{real,2017}$  : 1373,1
- $GG_{real,2018}$  : 1460,5
- $GG_{real,2019}$  : 1517,1
- $GG_{rif}$  : 1435,0

**Tabella 3.3 - Baseline consumi termici del Teatro dell’Opera “Carlo Felice”**

Consumo termico per riscaldamento [kWh]			Consumo termico per ACS [kWh]		
2017	2018	2019	2017	2018	2019
1.257.452	1.604.780	1.438.926	550.179	498.444	511.816
$\bar{Q}_{risc} = 1.418.660$			$\bar{Q}_{ACS} = 520.146$		
<b><math>Q_{baseline} = 1.938.806</math></b>					

Sulla base dei risultati ottenuti per la baseline dei consumi termici si è determinata la curva di carico termica giornaliera. La distribuzione oraria del fabbisogno termico è stata ottenuta a partire dalla distribuzione dei  $GG_{orari}$ , calcolati come differenza tra la temperatura esterna oraria e il set point interno di riscaldamento fissato a 20°C, e dagli orari di accensione dell’impianto termico. I dati climatici coinvolti nel processo di calcolo sono quelli contenuti nella UNI 10349:2016 per l’anno di riferimento della città di Genova. Di seguito si presenta l’andamento del fabbisogno per una settimana della stagione riscaldamento:



**Figura 3.4 - Fabbisogno termico orario settimana tipo Teatro dell'Opera "Carlo Felice"**

**Energia Elettrica**

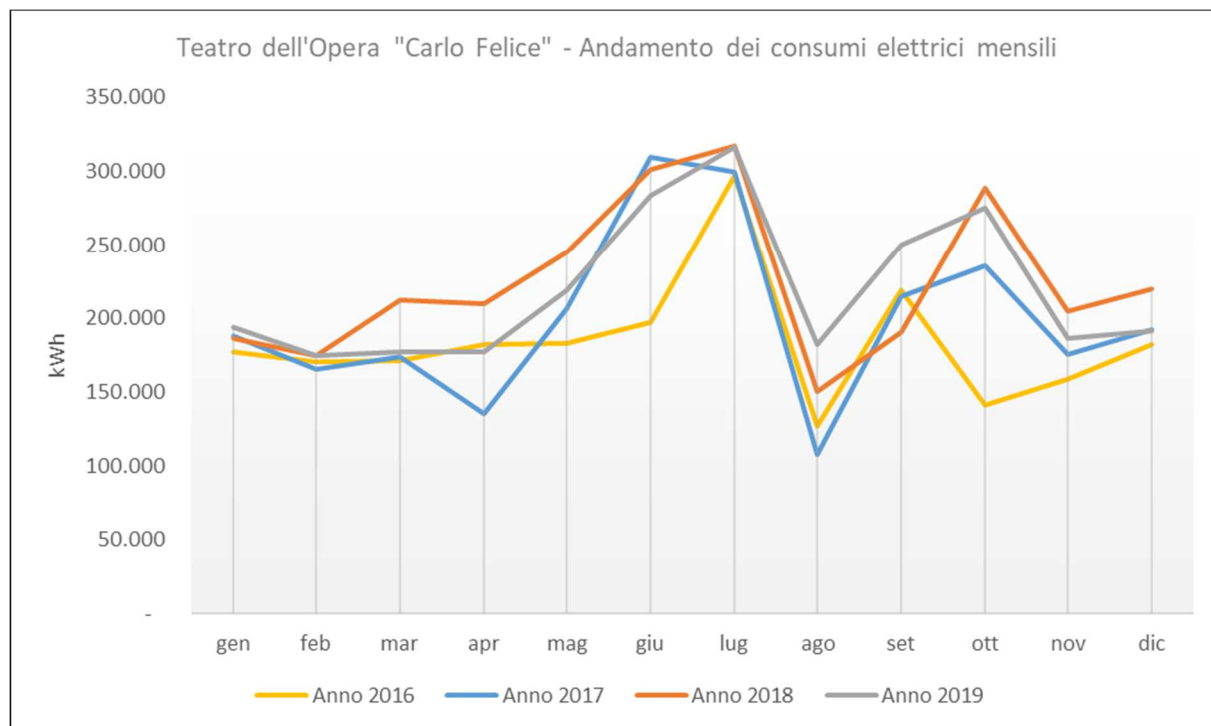
Per l'edificio in oggetto, l'analisi dei consumi storici di energia elettrica è consistita nell'analisi del **Documento 1.3**, per quanto riguarda gli anni 2016, 2017 e 2018, e del **Documento 1.2** per quanto riguarda l'anno 2019, inviati dal Comune di Genova. È stato quindi scelto per la costituzione della baseline il quadriennio 2016, 2017, 2018 e 2019, e per una ripartizione mensile dei consumi per ciascun anno, i valori sono stati calcolati dai consumi rilevati orari dal POD IT001E00200056 per gli anni 2016, 2017 e 2018, e semplicemente ripresi come comunicati, data la natura dell'input, per l'anno 2019.

**Tabella 3.4 - Consumi elettrici negli anni 2016, 2017, 2018 e 2019 del Teatro dell'Opera "Carlo Felice"**

POD: IT001E00200056	2016	2017	2018	2019
mese	kWh	kWh	kWh	kWh
Gennaio	177.181	188.544	186.098	194.235
Febbraio	170.902	165.430	174.808	174.599
Marzo	171.241	173.808	212.116	177.246
Aprile	182.489	135.415	209.685	177.541
Maggio	183.123	206.958	244.806	219.433
Giugno	197.689	309.474	301.337	283.157
Luglio	296.989	299.087	316.689	315.962
Agosto	126.772	107.541	150.541	182.435
Settembre	219.139	214.978	190.649	250.346
Ottobre	141.263	236.030	288.154	275.020
Novembre	159.245	175.232	205.262	186.219
Dicembre	182.059	192.331	219.621	191.837
<b>Totale</b>	<b>2.208.092</b>	<b>2.404.828</b>	<b>2.699.765</b>	<b>2.628.030</b>

L'andamento dei consumi mensili è riportato nel seguente grafico.

**Figura 3.5 - Andamento dei consumi elettrici mensili per il Teatro dell'Opera "Carlo Felice"**

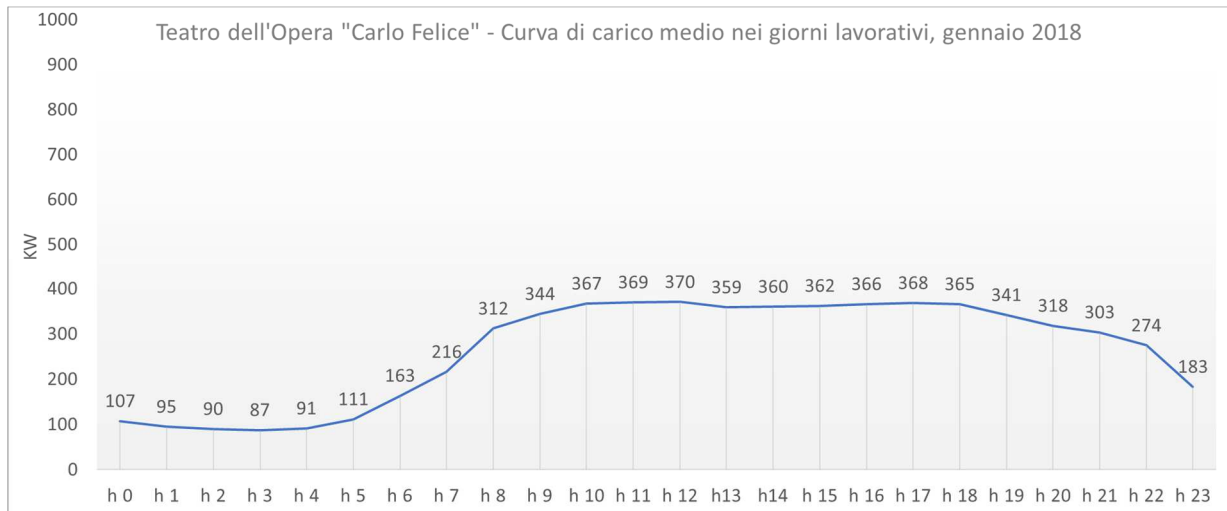


Dal confronto dei dati di energia elettrica per gli anni precedenti, si nota una certa coerenza tra gli andamenti annui dei consumi mensili che assicura una certa regolarità nella richiesta elettrica dei diversi servizi durante tutto l'anno. In particolare, si evidenzia un aumento dei consumi nei mesi estivi dovuti alla potenza richiesta dall'impianto di climatizzazione estiva. Per tutti gli anni considerati, il mese di agosto rappresenta un consumo anomalo dovuto probabilmente alla pausa delle attività dovute alle ferie estive.

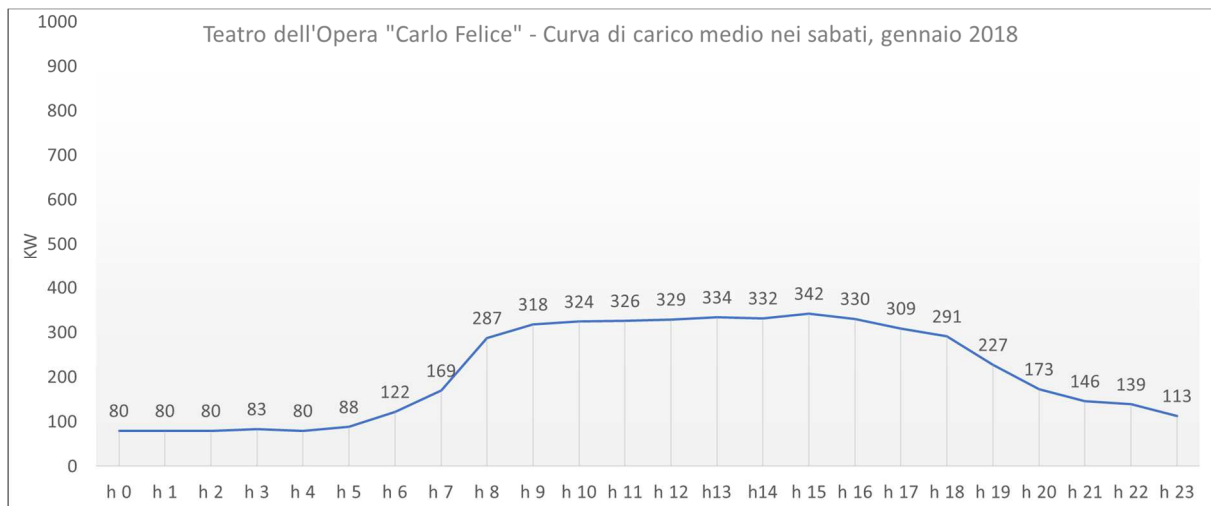
Data la disponibilità di dati di prelievo orario per l'anno 2018, è possibile inoltre analizzare le curve di carico medie per giorni lavorativi, sabato, domenica per ciascun mese dell'anno, che associano all'ora della giornata il valore medio della potenza elettrica prelevata.

Sono state ricavate in questo modo n. 3 curve per ogni mese dell'anno, per un totale di n. 36 curve di carico medie. Si riportano qui due esempi rappresentativi, rispettivamente relativi ad un mese di stagione invernale, ovvero gennaio, ed un mese di stagione estiva, ovvero luglio.

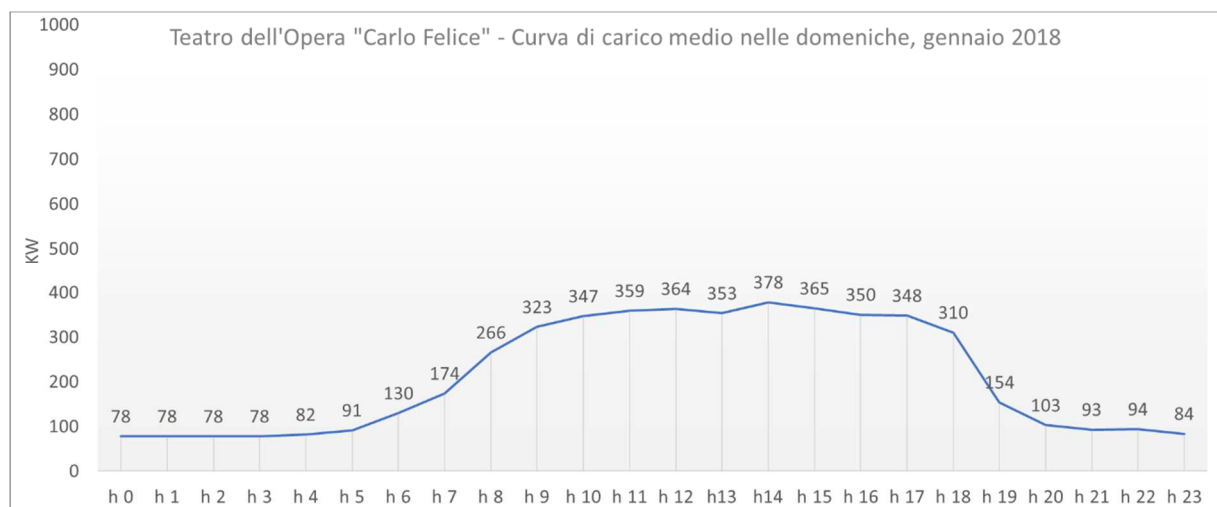
**Figura 3.6 - Curva di carico media nei giorni lavorativi - gennaio 2018 del Teatro dell'Opera "Carlo Felice"**



**Figura 3.7 - Curva di carico media nei sabati - gennaio 2018 del Teatro dell'Opera "Carlo Felice"**



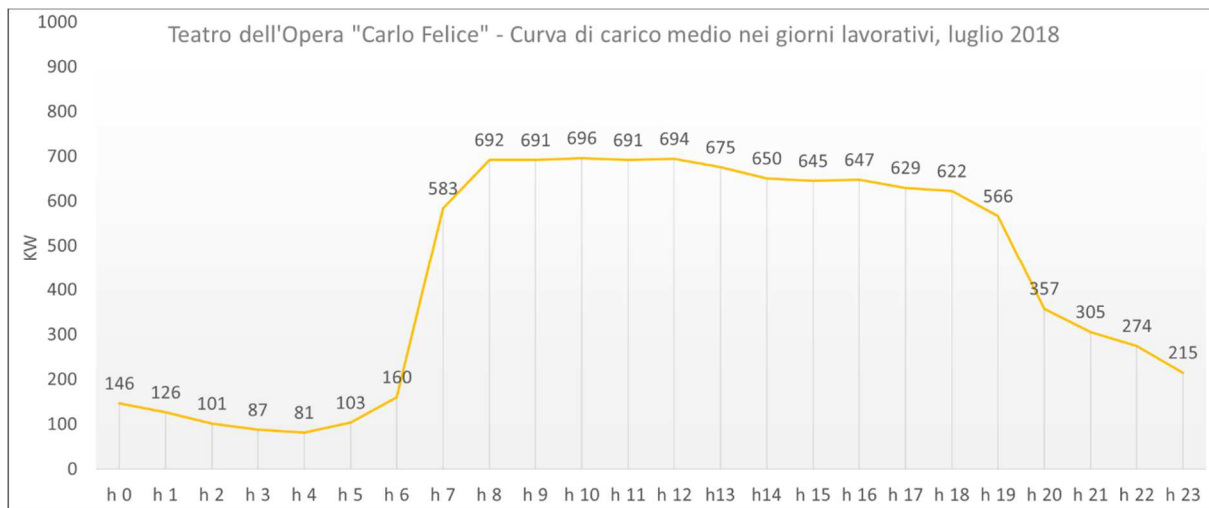
**Figura 3.8 - Curva di carico media nelle domeniche - gennaio 2018 del Teatro dell'Opera "Carlo Felice"**



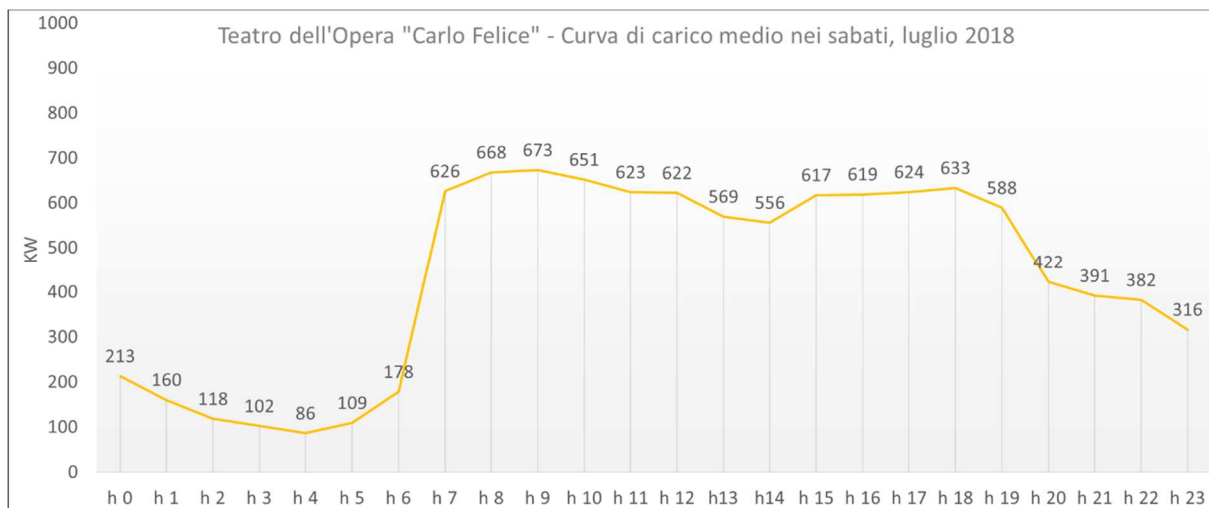
Si può notare come nei mesi invernali i prelievi di energia elettrica maggiori avvengono durante i giorni feriali e in generale nelle ore di luce, indici che il principale fabbisogno di energia

elettrica sia associato al funzionamento dell'impianto di ventilazione, nel caso di utilizzo degli spazi dedicati al teatro, e di illuminazione degli ambienti interni.

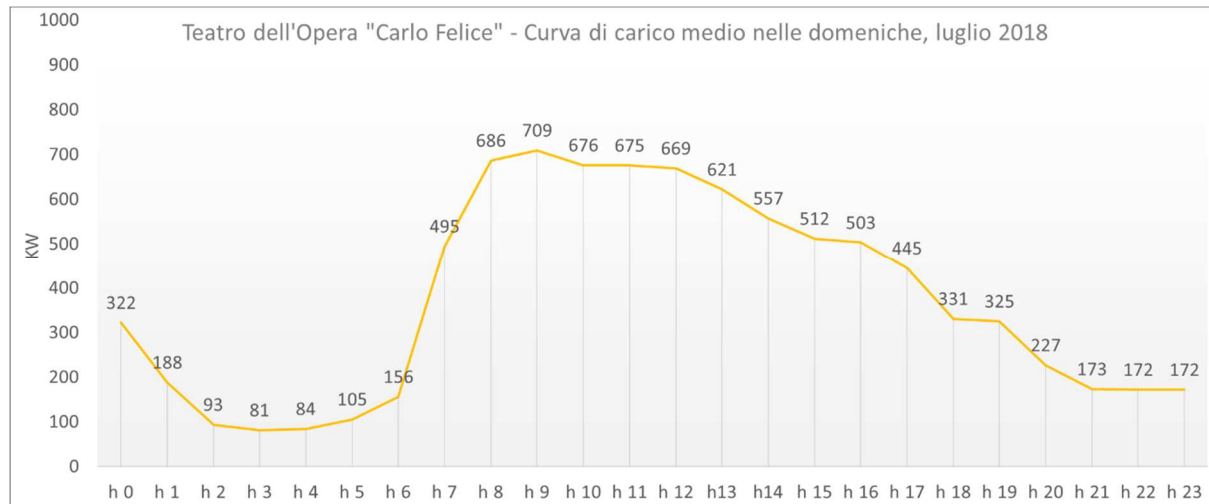
**Figura 3.9 - Curva di carico media nei giorni lavorativi - luglio 2018 del Teatro dell'Opera "Carlo Felice"**



**Figura 3.10- Curva di carico media nei sabati - luglio 2018 del Teatro dell'Opera "Carlo Felice"**



**Figura 3.11 - Curva di carico media nelle domeniche - luglio 2018 del Teatro dell'Opera "Carlo Felice"**



Per i mesi estivi, le curve di carico riprendono gli stessi andamenti delle controparti invernali, ma con un consumo diurno molto più accentuato, a causa dell'assorbimento elettrico dell'impianto di climatizzazione estiva che insieme al sistema di ventilazione meccanica controllata rappresenta il servizio più energivoro per il sistema edificio-impianto analizzato.

Volendo ora calcolare la baseline consumi di energia elettrica, essa coincide quindi con il valore medio annuo dei consumi rilevati per le annualità 2016, 2017, 2018 e 2019, come indicato nella tabella sottostante.

**Tabella 3.5 - Baseline consumi di energia elettrica del Teatro dell'Opera "Carlo Felice"**

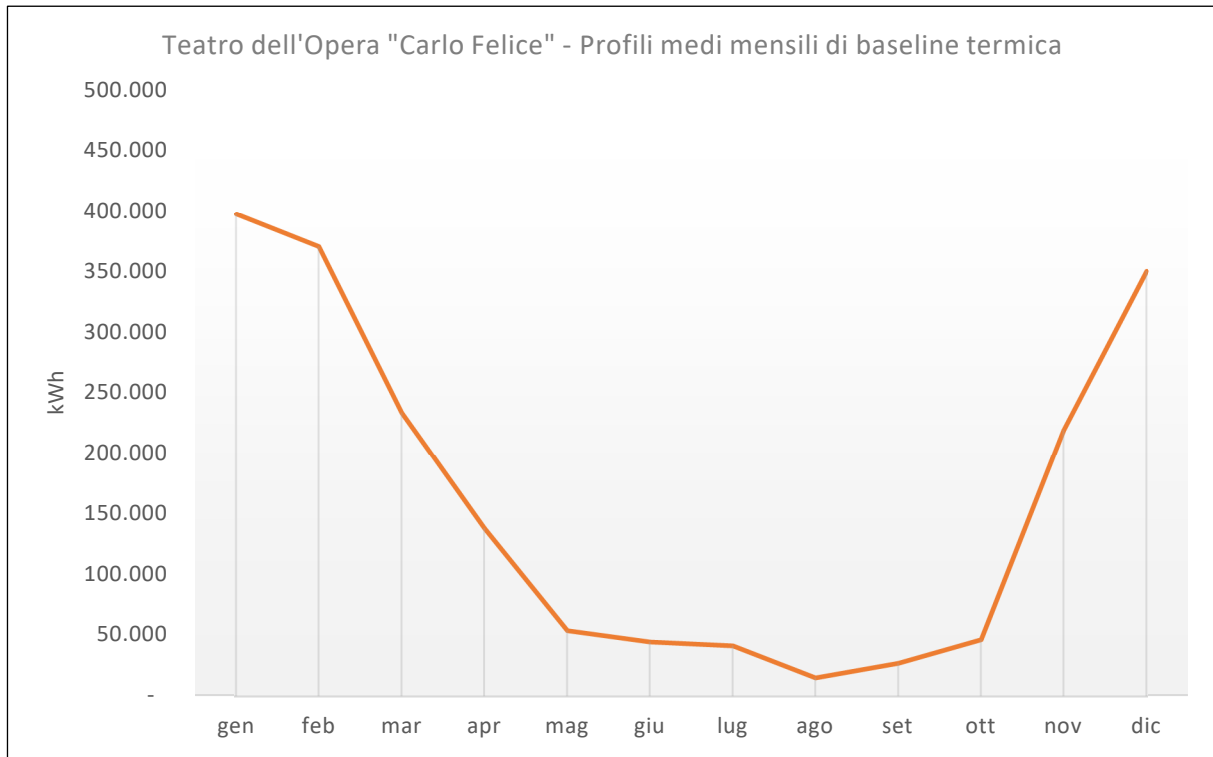
Consumo elettrico totale annuo [kWh]			
2016	2017	2018	2019
2.208.092	2.404.828	2.669.765	2.628.030
<b><math>EE_{baseline} = 2.485.179</math></b>			

Si riportano infine in tabella 3.6 e nelle figure 3.12 e 3.13 i profili medi mensili di baseline termica ed elettrica, calcolati come indicato ad inizio capitolo 3.1.

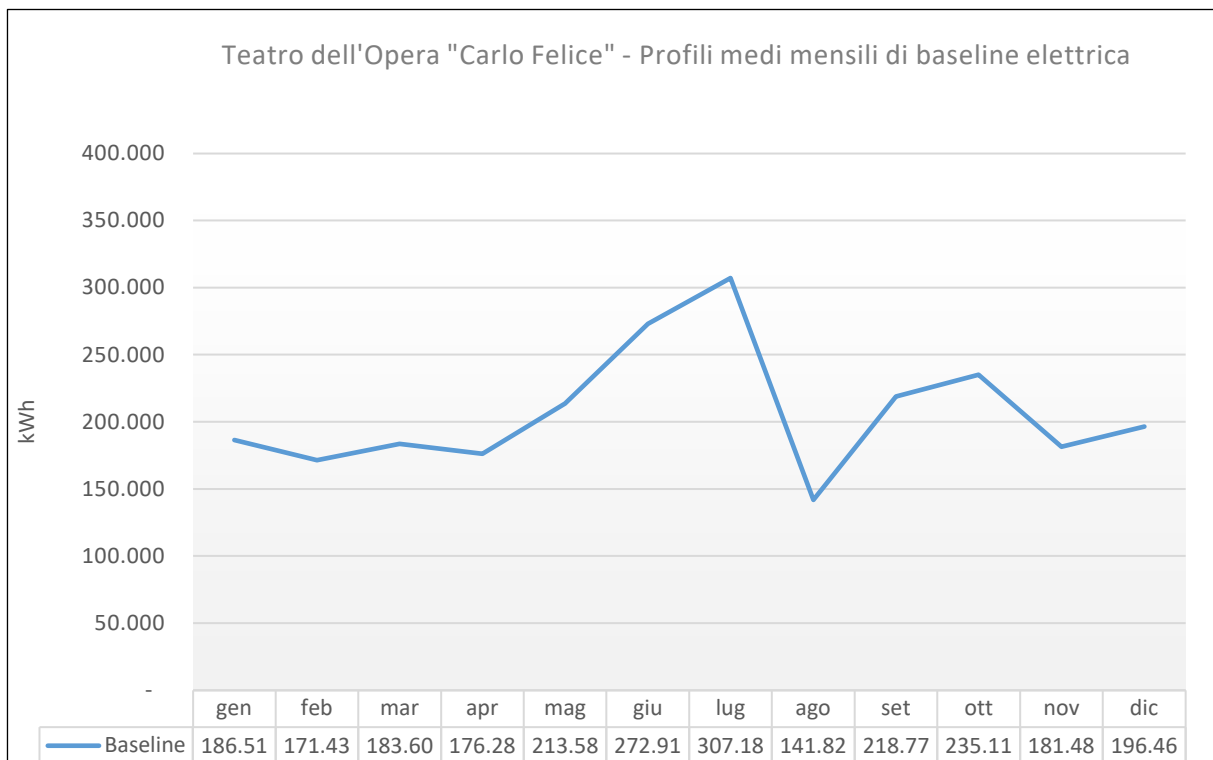
**Tabella 3.6 - Profili medi mensili di baseline del Teatro dell'Opera "Carlo Felice"**

mese	Profilo medio mensile di baseline termica [kWh]	Profilo medio mensile di baseline elettrica [kWh]
Gennaio	397.554	186.514
Febbraio	370.668	171.435
Marzo	233.672	183.603
Aprile	137.988	176.283
Maggio	53.867	213.580
Giugno	44.752	272.914
Luglio	41.602	307.182
Agosto	15.217	141.822
Settembre	27.374	218.778
Ottobre	46.635	235.117
Novembre	219.191	181.489
Dicembre	350.287	196.462
<b>Totale</b>	<b>1.938.806</b>	<b>2.485.179</b>

**Figura 3.12 - Profili medi mensili di baseline termica del Teatro dell'Opera "Carlo Felice"**



**Figura 3.13 - Profili medi mensili di baseline elettrica del Teatro dell'Opera "Carlo Felice"**





Per l'elaborazione della baseline economica e della baseline in termini di emissioni di gas ad effetto serra per l'edificio in oggetto si rimanda rispettivamente ai capitoli 3.5 e 3.6.

### **3.1.2 Palazzo Ducale**

#### **3.1.2.1 Configurazione impiantistica esistente**

Gli spazi interni al Palazzo Ducale, ai sensi del DPR 412/93 ricadono nella destinazione d'uso E.4(2) - Edifici adibiti ad attività ricreative mostre, musei, biblioteche. Ulteriori porzioni di edificio ricadono in differenti categorie, quali E.2 – Edifici adibiti ad uffici, E.4(3) Edifici adibiti ad attività ricreative bar, ristoranti. Gli orari di apertura dell'edificio, riferiti dai custodi, sono dalle 8:00 alle 20:00, con gli uffici aperti la mattina fino alle 13:30 e un pomeriggio a settimana fino alle 16:00. In presenza di eventi privati, l'ora di chiusura degli spazi dedicati può variare dalle 0:00 alle 2:00, mentre i bar tengono aperti per tutto il giorno dalle 7:00 alle 23:00. Tali orari risultano molto variabili e si adattano a seconda della stagione di apertura e della tipologia di evento (privato, pubblico o legato alle attività del museo).

L'impianto di climatizzazione invernale è costituito da n°3 generatori di calore a condensazione a basamento, marca UNICAL modello MODULEX EXT 660, con una potenza termica utile di 670,1 kW cad., per una potenza complessiva di impianto di 2.010,3 kW. Il sistema di pompaggio a velocità variabile distribuisce il fluido termovettore al sottosistema di emissione costituito da ventilconvettori, bocchette di aria calda e radiatori distribuiti nei diversi ambienti interni dell'edificio. La regolazione del funzionamento del generatore di calore in centrale termica avviene mediante sonda climatica esterna e gli orari di accensione e spegnimento vengono settati e regolati da una centrale operativa gestita dal personale manutentore.

**Figura 3.14 – Generatori di calore esistenti Palazzo Ducale**



Il servizio di acqua calda sanitaria viene assicurato da n°9 bollitori elettrici ad accumulo, marca BAXI, presenti nei servizi igienici dell'intero edificio.

L'impianto di climatizzazione estiva è costituito da n°3 gruppi frigoriferi a compressione di potenza frigorifera stimata di 750 kW cad., per una potenza complessiva di 2.250 kW. Il sottosistema di pompaggio a velocità fissa distribuisce il fluido refrigerato alle batterie fredde delle unità di trattamento dell'aria che soddisfano il fabbisogno di raffrescamento degli ambienti interni serviti.

**Figura 3.15 – Gruppi frigoriferi esistenti Palazzo Ducale**



L'impianto di ventilazione meccanica controllata è costituito da n°8 unità di trattamento dell'aria, di portata nominale di aria differente, ubicate nei locali tecnici e a servizio di alcune zone del Palazzo, tra cui la Sala del Maggior Consiglio, il Salonetto e l'Archivio Storico. Tali unità permettono il corretto ricambio di aria degli spazi interni e assicurano le condizioni termoigrometriche richieste durante gli eventi museali. Le batterie calde e fredde interne alle UTA sono alimentate rispettivamente dai generatori della centrale termica e dei gruppi frigoriferi precedentemente presentati e contribuiscono alla copertura del fabbisogno di climatizzazione degli ambienti interni durante tutto l'anno.

L'impianto di illuminazione visionato in sede di sopralluogo comprende diverse tipologie di corpi illuminanti, dai tubi fluorescenti per il piano uffici e la biblioteca, ai corpi a scarica con potenze maggiori per la Sala del Maggior Consiglio ai tubi a tecnologia LED per gli spazi museali. Non è stato tuttavia possibile eseguire un censimento puntuale di tutti i corpi illuminanti.

### 3.1.2.2 *Analisi vettori energetici*

Per quanto riguarda l'analisi dei consumi e delle spese storiche per l'energia termica ed elettrica dell'edificio in oggetto, essa è stata effettuata facendo riferimento agli anni 2016, 2017, 2018, 2019.

I vettori energetici analizzati sono i seguenti:

- Gas metano;
- Energia elettrica;

mentre i documenti ricevuti, da cui sono stati estrapolati i dati, sono i seguenti:

- **Documento 2.1:** *File .pdf delle bollette emesse da Estra Energie S.r.l. per la fornitura di gas metano al PdR 03270049213492, relative a tutti i mesi, escluso giugno, dell'anno 2019;*
- **Documento 2.2:** *File .pdf delle fatture relative al contratto servizio energia emesse da Iren Energia S.p.A. per la fornitura di gas metano e la manutenzione e conduzione degli impianti, relative agli anni 2016, 2017, 2018;*
- **Documento 2.3:** *File .pdf delle bollette emesse da Iren Mercato S.p.A. per la fornitura di energia elettrica ai POD IT001E00097680 e IT001E00097691, relative a tutti i mesi degli anni 2017, 2018 e 2019;*
- **Documento 2.4:** *File word (.docx), ovvero Diagnosi energetica eseguita da RINA Services S.p.A., in cui vengono analizzati i consumi dei vettori energetici per gli anni 2016, 2017 e 2018;*
- **Documento 2.5:** *File .pdf delle fatture relative agli interventi di manutenzione straordinaria sostenuti negli anni 2016, 2017 e 2018.*

#### Energia Termica

Per l'edificio in oggetto, l'analisi dei consumi storici di gas metano è consistita nell'analisi del **Documento 2.1**, del **Documento 2.2** e del **Documento 2.4**, inviati dal Comune di Genova. Per la costituzione della baseline è stato scelto il triennio 2016, 2017 e 2018, in quanto l'anno 2019 è risultato discostarsi notevolmente dalle precedenti annualità e si ha scelto di non ricomprenderlo. Per una ripartizione mensile dei consumi per ciascun anno, i valori sono stati analizzati dai prospetti riepilogativi di conguaglio allegati alle fatture del contratto servizio energia e dalla diagnosi energetica.

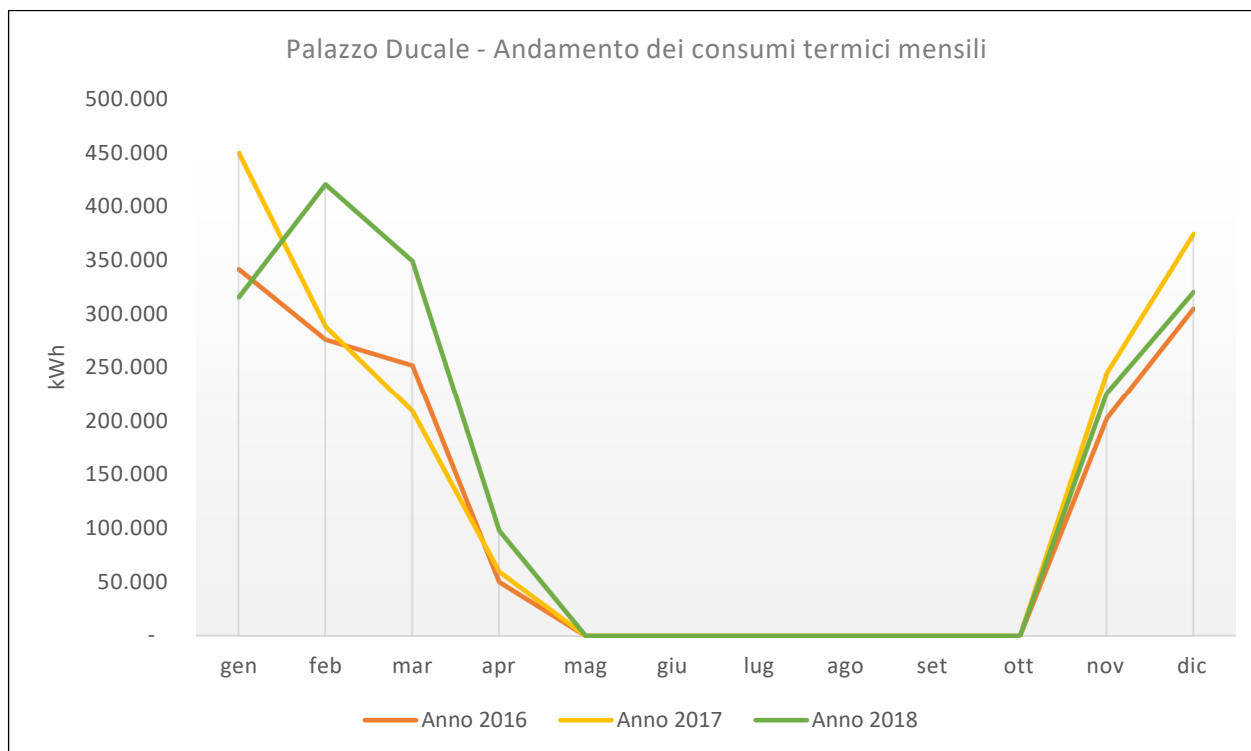
**Tabella 3.7 - Consumi termici negli anni 2016, 2017 e 2018 del Palazzo Ducale**

PdR: N/D	2016	2017	2018	2016	2017	2018
mese	Sm <sup>3</sup>	Sm <sup>3</sup>	Sm <sup>3</sup>	kWh	kWh	kWh
Gennaio	35.277	46.453	32.575	341.836	450.132	315.652
Febbraio	28.522	29.796	43.430	276.382	288.721	420.832
Marzo	26.015	21.573	36.078	252.084	209.045	349.600
Aprile	5.172	6.140	10.091	50.113	59.500	97.784
Maggio	0	0	0	-	-	-
Giugno	0	0	0	-	-	-
Luglio	0	0	0	-	-	-
Agosto	0	0	0	-	-	-
Settembre	0	0	0	-	-	-
Ottobre	0	0	0	-	-	-
Novembre	20.889	25.283	23.350	202.418	244.993	226.266
Dicembre	31.490	38.648	33.079	305.134	374.495	320.536
<b>Totale</b>	<b>147.365</b>	<b>167.893</b>	<b>178.604</b>	<b>1.427.967</b>	<b>1.626.886</b>	<b>1.730.670</b>

Ricordando che:

 $PCI = 9,69 \text{ kWh/Sm}^3$ 

L'andamento dei consumi mensili è riportato nel seguente grafico.

**Figura 3.16 - Andamento dei consumi termici mensili per il Palazzo Ducale**


Dall'analisi effettuata è emerso che il prelievo termico del triennio è caratterizzato da un andamento crescente negli anni, in coerenza con l'andamento crescente dei Gradi giorno di riscaldamento. Si sottolinea inoltre che i picchi di consumo corrispondono ai picchi di Gradi giorno mensili.

Altro aspetto che emerge dall'analisi è l'assenza di consumo di combustibile nei mesi estivi, quando il riscaldamento è spento, che denota come il vettore venga utilizzato solo durante la stagione termica. In questo caso, stando a quanto riscontrato dai rilievi edili ed impiantistici effettuati e dallo studio della documentazione inviata, il consumo è stato associato totalmente al servizio di climatizzazione invernale.

Per la costituzione della baseline consumi termici per il Palazzo Ducale, i consumi come riportati sono quindi concorsi alla formazione di  $\bar{a}_{rif}$  come specificato in precedenza.

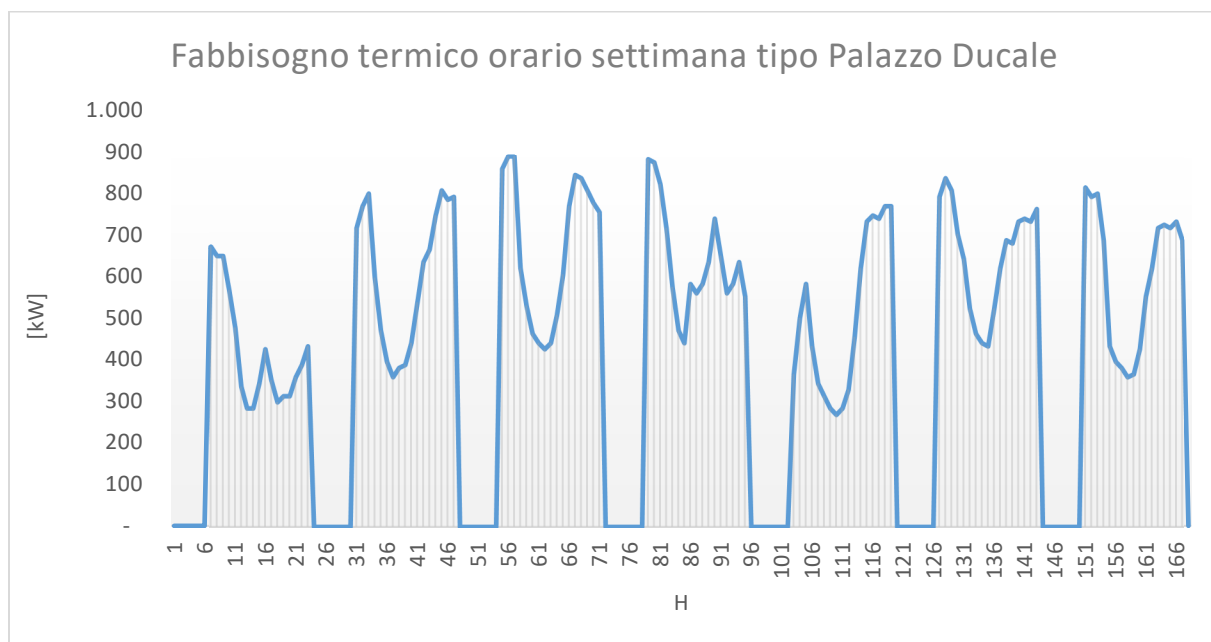
Si riporta dunque in tabella 3.8 i risultati ottenuti, ricordando che:

- $GG_{real,2017}$  : 1373,1
- $GG_{real,2018}$  : 1460,5
- $GG_{real,2019}$  : 1517,1
- $GG_{rif}$  : 1435,0

**Tabella 3.8 - Baseline consumi termici del Palazzo Ducale**

Consumo termico per riscaldamento [kWh]			Consumo termico per ACS [kWh]		
2016	2017	2018	2016	2017	2018
1.427.967	1.626.886	1.730.670	0	0	0
$\bar{Q}_{risc} = 1.655.471$			$\bar{Q}_{ACS} = 0$		
<b><math>Q_{baseline} = 1.655.471</math></b>					

Sulla base dei risultati ottenuti per la baseline dei consumi termici si è determinata la curva di carico termica giornaliera. La distribuzione oraria del fabbisogno termico è stata ottenuta a partire dalla distribuzione dei  $GG_{orari}$ , calcolati come differenza tra la temperatura esterna oraria e il set point interno di riscaldamento fissato a 20°C, e dagli orari di accensione dell'impianto termico. I dati climatici coinvolti nel processo di calcolo sono quelli contenuti nella UNI 10349:2016 per l'anno di riferimento della città di Genova. Di seguito si presenta l'andamento del fabbisogno per una settimana della stagione riscaldamento:

**Figura 3.17 - Fabbisogno termico orario settimana tipo Palazzo Ducale.**

**Energia Elettrica**

Per l'edificio in oggetto, l'analisi dei consumi storici di energia elettrica è consistita nell'analisi del **Documento 2.3**, per quanto riguarda gli anni 2017, 2018 e 2019, e del **Documento 2.4** per quanto riguarda l'anno 2016, inviati dal Comune di Genova. È stato quindi scelto per la costituzione della baseline il quadriennio 2016, 2017, 2018 e 2019, e per una ripartizione mensile dei consumi per ciascun anno, i valori sono stati calcolati dai consumi rilevati orari dai POD IT001E00097691 e IT001E00097680 per gli anni 2017, 2018 e 2019, e ripresi dalla diagnosi energetica per l'anno 2016.

**Tabella 3.9 - Consumi elettrici negli anni 2016, 2017, 2018 e 2019 del Palazzo Ducale**

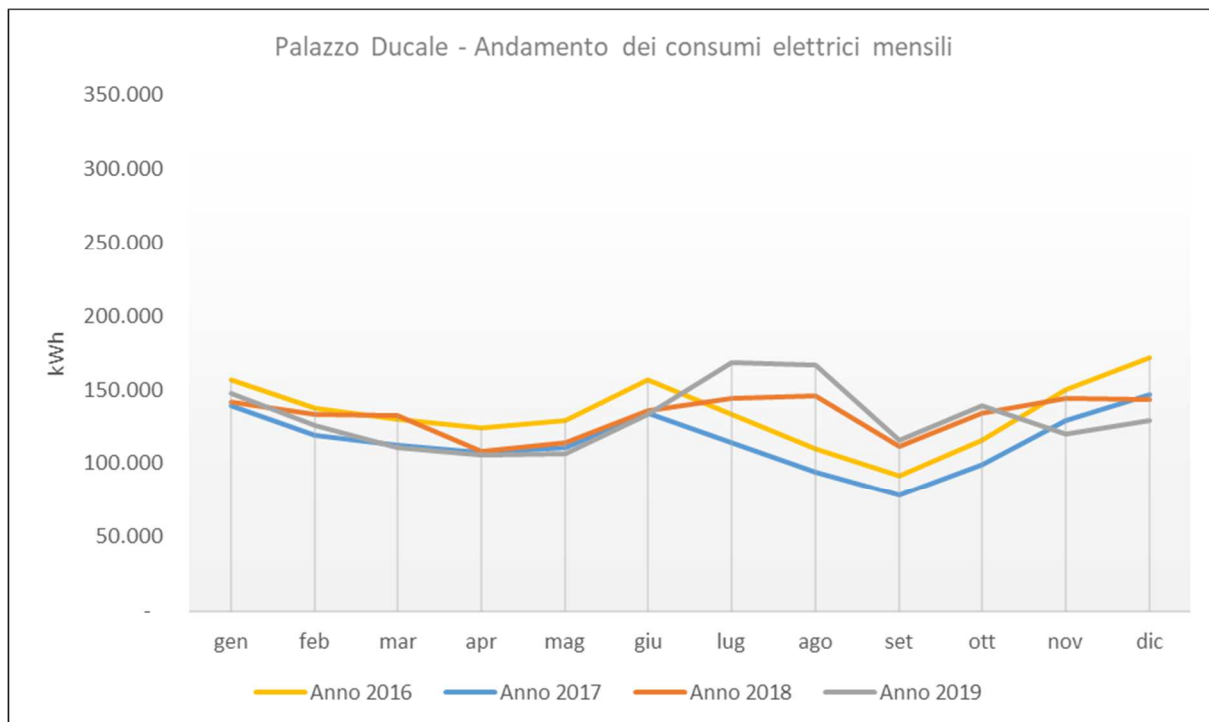
POD: IT001E00097691	2016	2017	2018	2019
mese	kWh	kWh	kWh	kWh
Gennaio	81.684	67.417	82.818	91.452
Febbraio	74.507	61.494	76.255	77.232
Marzo	70.823	58.453	74.551	62.344
Aprile	71.461	58.980	60.126	59.923
Maggio	77.155	63.679	64.207	58.260
Giugno	105.455	87.036	81.840	78.040
Luglio	88.442	72.995	87.743	111.053
Agosto	73.316	60.511	88.834	111.334
Settembre	57.701	47.623	72.390	74.487
Ottobre	77.105	63.638	79.456	83.830
Novembre	88.480	73.026	86.620	71.681
Dicembre	106.199	87.650	88.630	76.617
<b>Totale</b>	<b>972.328</b>	<b>802.502</b>	<b>943.470</b>	<b>956.253</b>
POD: IT001E00097680	2016	2017	2018	2019



POD: IT001E00097691	2016	2017	2018	2019
mese	kWh	kWh	kWh	kWh
mese	kWh	kWh	kWh	kWh
Gennaio	74.780	71.689	58.798	55.925
Febbraio	63.131	57.404	56.958	48.726
Marzo	59.526	54.126	57.994	48.523
Aprile	52.968	48.163	48.355	46.080
Maggio	51.681	46.993	49.568	48.238
Giugno	51.635	46.951	54.036	55.643
Luglio	44.893	40.821	56.162	57.621
Agosto	36.865	33.521	56.701	55.694
Settembre	33.664	30.610	39.206	41.624
Ottobre	38.816	35.295	54.591	55.614
Novembre	61.365	55.799	58.041	48.281
Dicembre	65.277	59.356	54.503	52.483
<b>Totale</b>	<b>634.601</b>	<b>580.728</b>	<b>644.913</b>	<b>614.452</b>

L'andamento dei consumi mensili complessivi è riportato nel seguente grafico.

**Figura 3.18 - Andamento dei consumi elettrici mensili per il Palazzo Ducale**



I profili di prelievo mensili nel quadriennio di riferimento presentano andamenti pressoché costanti durante i mesi freddi, mentre nei mesi caldi si osserva un progressivo aumento dei consumi, presumibilmente dovuto al servizio di raffrescamento degli ambienti interni.

Data l'indisponibilità di dati di prelievo orario, non è stato possibile analizzare le curve di carico medie giornaliere per ciascun mese dell'anno.

Volendo ora calcolare la baseline consumi di energia elettrica, essa coincide quindi con il valore medio annuo dei consumi rilevati per le annualità 2016, 2017, 2018 e 2019, come indicato nella tabella sottostante.

**Tabella 3.10 - Baseline consumi di energia elettrica del Palazzo Ducale**

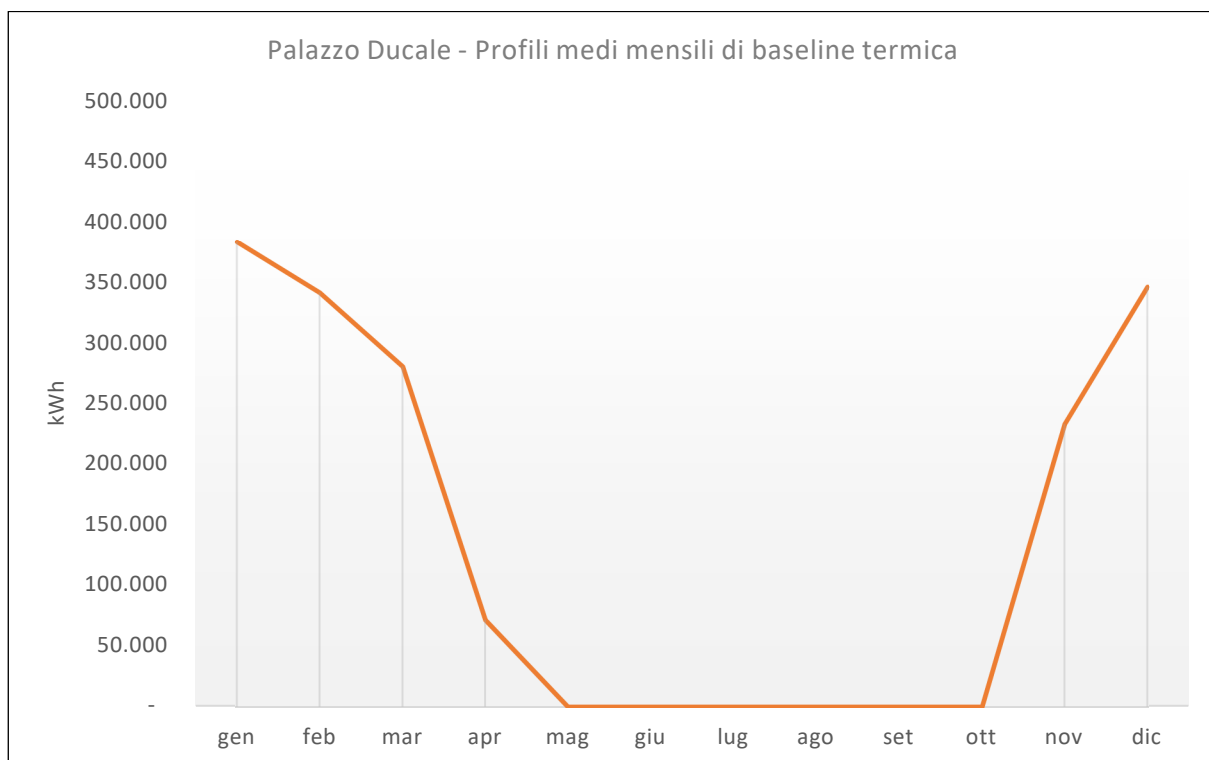
Consumo elettrico totale annuo [kWh]			
2016	2017	2018	2019
1.606.929	1.383.230	1.588.383	1.570.705
<b><math>EE_{baseline} = 1.537.312</math></b>			

Si riportano infine in tabella 3.11 e nelle figure 3.19 e 3.20 i profili medi mensili di baseline termica ed elettrica, calcolati come indicato ad inizio capitolo 3.1.

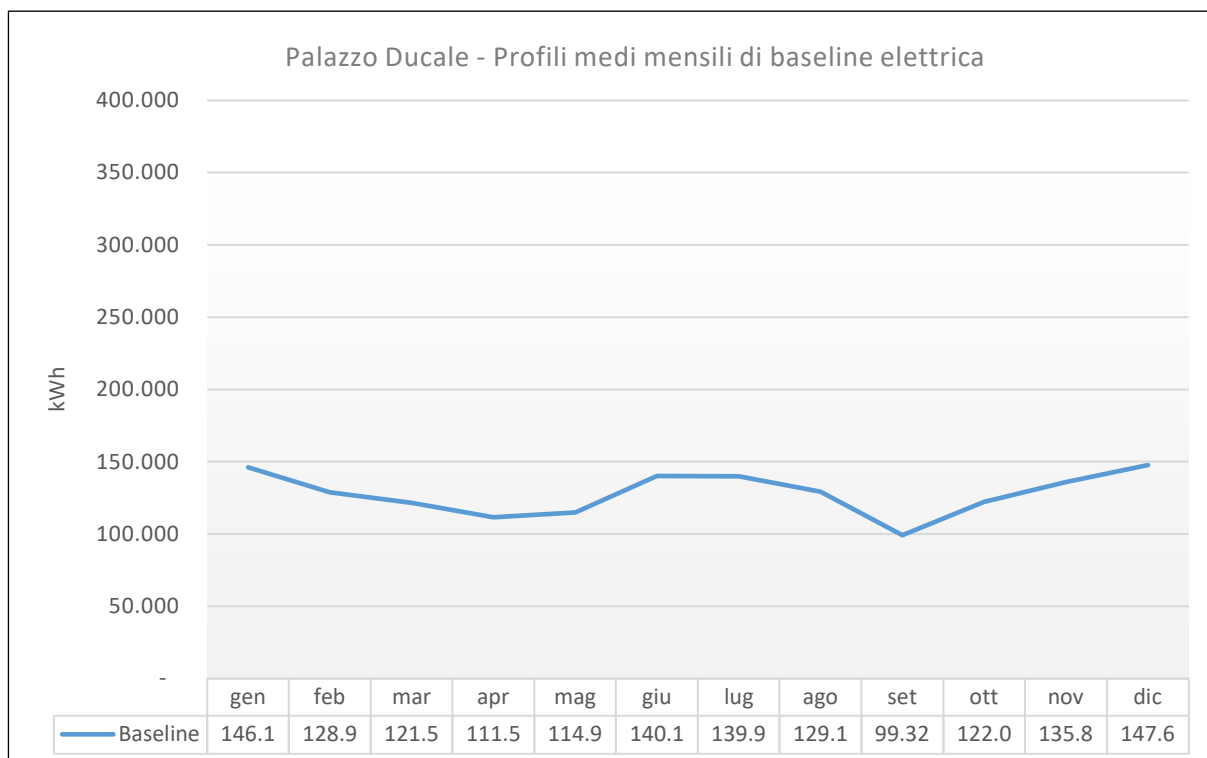
**Tabella 3.11 - Profili medi mensili di baseline del Palazzo Ducale**

mese	Profilo medio mensile di baseline termica [kWh]	Profilo medio mensile di baseline elettrica [kWh]
Gennaio	383.163	146.141
Febbraio	341.068	128.927
Marzo	280.458	121.585
Aprile	71.746	111.514
Maggio	-	114.945
Giugno	-	140.159
Luglio	-	139.933
Agosto	-	129.194
Settembre	-	99.326
Ottobre	-	122.086
Novembre	233.047	135.823
Dicembre	345.990	147.679
<b>Totale</b>	<b>1.655.471</b>	<b>1.537.312</b>

**Figura 3.19 - Profili medi mensili di baseline termica del Palazzo Ducale**



**Figura 3.20 - Profili medi mensili di baseline elettrica del Palazzo Ducale**



Per l'elaborazione della baseline economica e della baseline in termini di emissioni di gas ad effetto serra per l'edificio in oggetto si rimanda rispettivamente ai capitoli 3.5 e 3.6.

### 3.1.3 Accademia Ligustica di Belle Arti

#### 3.1.3.1 Configurazione impiantistica esistente

L'Accademia Ligustica di Belle Arti, ai sensi del DPR 412/93, ricade nella destinazione d'uso prevalente E.7 Edifici adibiti ad attività scolastiche a tutti i livelli e assimilabili, con alcune porzioni di piano di categoria E.2 – Edifici adibiti ad uffici. Gli orari di apertura seguono le attività della scuola di Alta formazione e degli uffici, pertanto, l'ingresso studenti e dipendenti avviene dalle 8:00 e l'uscita generalmente avviene alle 18:00.

L'impianto di climatizzazione invernale è costituito da n°2 generatori di calore tradizionali a basamento con una potenza termica utile di 215 kW cad., per una potenza complessiva di impianto di 430 kW. Il sistema di pompaggio a velocità fissa distribuisce il fluido termovettore al sottosistema di emissione costituito da radiatori in ghisa.

**Figura 3.21 – Generatori di calore esistenti Accademia Ligustica di Belle Arti.**



L'edificio non è dotato di servizio di acqua calda sanitaria e sono presenti degli accumuli idrici in copertura in un locale adiacente alla centrale termica.

Non è attualmente presente un impianto di climatizzazione estiva dato che gli ambienti interni, adibiti ad aule e laboratori accademici, non vengono tipicamente utilizzati durante la stagione estiva. Tuttavia, è prevista la ristrutturazione degli spazi adibiti agli uffici del personale con possibile predisposizione di un impianto di raffrescamento, dato che tali locali vengono usati anche durante i mesi estivi.

Non è attualmente presente un impianto di ventilazione meccanica controllata, ma il ricambio d'aria chiesto dagli spazi interni avviene tramite ventilazione naturale.

### 3.1.3.2 **Analisi vettori energetici esistenti**

Per quanto riguarda l'analisi dei consumi e delle spese storiche per l'energia termica ed elettrica dell'edificio in oggetto, essa è stata effettuata facendo riferimento agli anni 2016, 2017, 2018, 2019.

I vettori energetici analizzati sono i seguenti:

- Gas metano;
- Energia elettrica;

mentre i documenti ricevuti, da cui sono stati estrapolati i dati, sono i seguenti:

- **Documento 3.1:** File .pdf delle bollette e delle fatture emesse da Eni S.p.A., Energetic S.p.A., Estra Energie S.r.l. per la fornitura di gas metano al PdR 3270020306668, relative a tutti i mesi degli anni 2016, 2017, 2018 e 2019, escluso giugno 2019;
- **Documento 3.2:** File Excel (.xlsx) contenente il riepilogo delle spese sostenute per ogni bolletta o fattura relative alla fornitura di gas metano;
- **Documento 3.3:** File .pdf delle bollette e delle fatture emesse da Gala S.p.A., Iren Mercato S.p.A., Enel Energia S.p.A e Global Power S.p.A. per la fornitura di energia elettrica al POD IT001E00097668, relative a tutti i mesi degli anni 2016, 2017, 2018 e 2019;
- **Documento 3.4:** File Excel (.xlsx) contenente il riepilogo delle spese sostenute per ogni bolletta o fattura relative alla fornitura di energia elettrica;
- **Documento 3.5:** File Excel (.xlsx) contenente il riepilogo delle spese sostenute per manutenzione e conduzione degli impianti;

#### Energia Termica

Per l'edificio in oggetto, l'analisi dei consumi storici di gas metano è consistita nell'analisi del **Documento 3.1**, inviato dal Comune di Genova. Per la costituzione della baseline è stato scelto il triennio 2017, 2018 e 2019, in quanto dalle fatture inviate relative all'anno 2016 non è possibile ricavare quello che è stato il consumo di Smc di gas metano nei mesi di febbraio e marzo, dunque si ha scelto di non ricomprenderlo. Per una ripartizione mensile dei consumi per ciascun anno, i valori sono stati quindi estratti in ogni fattura o bolletta dalle voci di consumo rilevato.

**Tabella 3.12 - Consumi termici negli anni 2017, 2018 e 2019 dell'Accademia Ligustica di Belle Arti**

PdR: 3270020306668	2017	2018	2019	2017	2018	2019
mese	Sm <sup>3</sup>	Sm <sup>3</sup>	Sm <sup>3</sup>	kWh	kWh	kWh
Gennaio	5.559	4.418	6.120	53.867	42.810	59.303
Febbraio	3.989	6.497	5.529	38.653	62.956	53.576

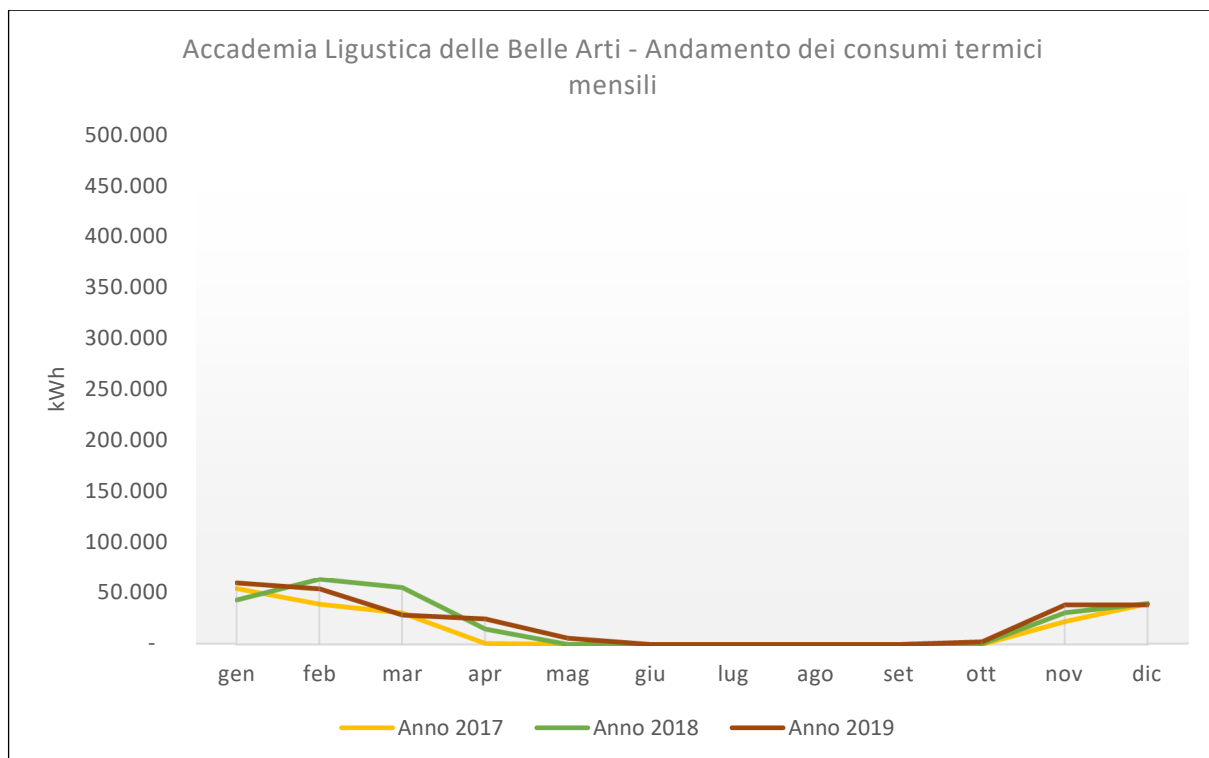
PdR: 3270020306668	2017	2018	2019	2017	2018	2019
mese	Sm <sup>3</sup>	Sm <sup>3</sup>	Sm <sup>3</sup>	kWh	kWh	kWh
Marzo	3.112	5.648	2.939	30.155	54.729	28.479
Aprile	110	1.525	2.529	1.066	14.777	24.506
Maggio	0	0	613	-	-	5.940
Giugno	0	0	0	-	-	-
Luglio	0	0	0	-	-	-
Agosto	0	0	4	-	-	39
Settembre	0	1	5	-	10	48
Ottobre	18	76	261	174	736	2.529
Novembre	2.289	3.160	3.925	22.180	30.620	38.033
Dicembre	4.058	4.058	3.926	39.322	39.322	38.043
<b>Totale</b>	<b>19.135</b>	<b>25.383</b>	<b>25.851</b>	<b>185.418</b>	<b>245.961</b>	<b>250.496</b>

Ricordando che:

PCI = 9,69 kWh/Sm<sup>3</sup>.

L'andamento dei consumi mensili è riportato nel seguente grafico.

**Figura 3.22 - Andamento dei consumi termici mensili per l'Accademia Ligustica di Belle Arti**



Dall'analisi effettuata è emerso che il prelievo termico del triennio è caratterizzato da un andamento crescente negli anni, in coerenza con l'andamento crescente dei Gradi giorno di riscaldamento. Si sottolinea inoltre che i picchi di consumo corrispondono ai picchi di Gradi giorno mensili.



Altro aspetto che emerge dall'analisi è l'assenza di consumo di combustibile nei mesi estivi, quando il riscaldamento è spento, che denota come il vettore venga utilizzato solo durante la stagione termica. Sono presenti, tuttavia, dei valori non trascurabili nei mesi di maggio e ottobre, che evidenziano presumibilmente un'accensione dell'impianto termico in deroga rispetto al periodo regolamentato da normativa nazionale.

In questo caso, stando a quanto riscontrato dai rilievi edili ed impiantistici effettuati e dallo studio della documentazione inviata, il consumo è stato associato totalmente al servizio di climatizzazione invernale.

Per la costituzione della baseline consumi termici per l'Accademia Ligustica di Belle Arti, i consumi come riportati sono quindi concorsi alla formazione di  $\bar{a}_{rif}$  come specificato in precedenza.

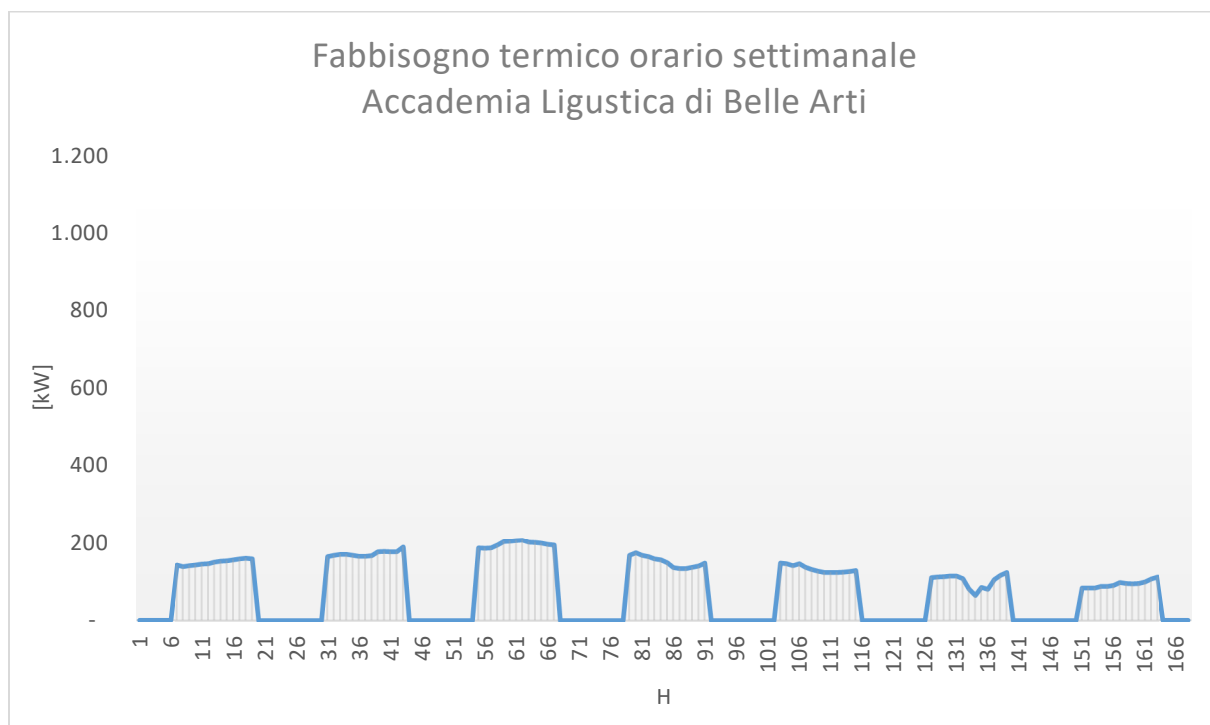
Si riporta dunque in tabella 3.13 i risultati ottenuti, ricordando che:

- $GG_{real,2017}$  : 1373,1
- $GG_{real,2018}$  : 1460,5
- $GG_{real,2019}$  : 1517,1
- $GG_{rif}$  : 1435,0

**Tabella 3.13 - Baseline consumi termici dell'Accademia Ligustica di Belle Arti**

Consumo termico per riscaldamento [kWh]			Consumo termico per ACS [kWh]		
2017	2018	2019	2017	2018	2019
185.418	245.961	250.496	0	0	0
$\bar{Q}_{risc} = 228.596$			$\bar{Q}_{ACS} = 0$		
<b><math>Q_{baseline} = 228.596</math></b>					

Sulla base dei risultati ottenuti per la baseline dei consumi termici si è determinata la curva di carico termica giornaliera. La distribuzione oraria del fabbisogno termico è stata ottenuta a partire dalla distribuzione dei  $GG_{orari}$ , calcolati come differenza tra la temperatura esterna oraria e il set point interno di riscaldamento fissato a 20°C, e dagli orari di accensione dell'impianto termico. I dati climatici coinvolti nel processo di calcolo sono quelli contenuti nella UNI 10349:2016 per l'anno di riferimento della città di Genova. Di seguito si presenta l'andamento del fabbisogno per una settimana della stagione riscaldamento:

**Figura 3.23 - Fabbisogno termico orario settimana tipo Accademia Ligustica di Belle Arti.**

**Energia Elettrica**

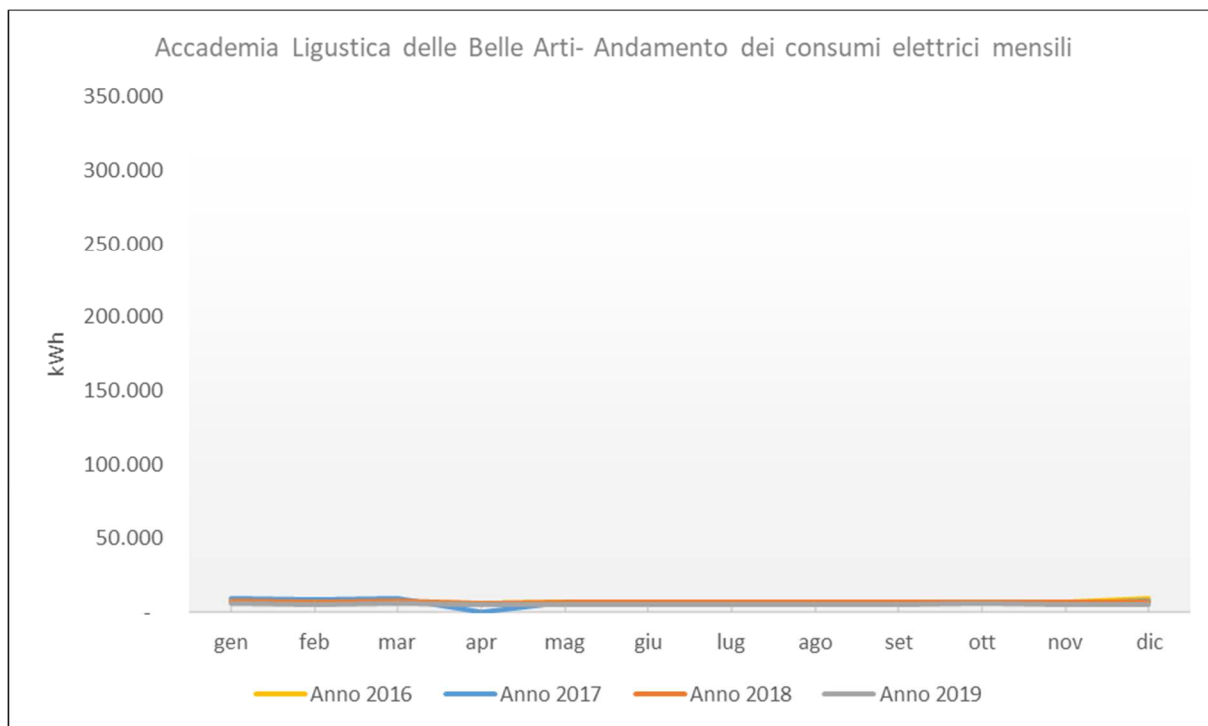
Per l'edificio in oggetto, l'analisi dei consumi storici di energia elettrica è consistita nell'analisi del **Documento 3.3**, inviato dal Comune di Genova. È stato quindi scelto per la costituzione della baseline il quadriennio 2016, 2017, 2018 e 2019, e per una ripartizione mensile dei consumi per ciascun anno, i valori sono stati estratti in ogni fattura o bolletta dalle voci di consumo rilevato.

**Tabella 3.14 - Consumi elettrici negli anni 2016, 2017, 2018 e 2019 dell'Accademia Ligustica di Belle Arti**

POD: IT001E00097668	2016	2017	2018	2019
mese	kWh	kWh	kWh	kWh
Gennaio	7.043	9.192	7.710	6.059
Febbraio	6.922	8.303	6.964	5.472
Marzo	6.900	9.193	7.711	6.057
Aprile	5.990	0	6.042	5.428
Maggio	6.357	6.955	7.136	5.328
Giugno	5.810	6.234	6.908	5.156
Luglio	6.317	6.444	7.138	4.871
Agosto	5.904	6.443	7.137	5.141
Settembre	6.060	6.236	6.909	4.976
Ottobre	6.175	6.444	7.137	5.511
Novembre	6.640	6.237	6.907	5.107
Dicembre	9.190	7.708	6.789	5.278
<b>Totale</b>	<b>79.308</b>	<b>79.389</b>	<b>84.488</b>	<b>64.384</b>

L'andamento dei consumi mensili complessivi è riportato nel seguente grafico.

**Figura 3.24 - Andamento dei consumi elettrici mensili per l'Accademia Ligustica di Belle Arti**



Dal confronto dei dati di energia elettrica per gli anni precedenti, si denota una costante crescita dei consumi nel tempo che si arresta alla fine del 2018, nel 2019 infatti i valori di consumo mensile calano, arrivando ad uno scostamento medio di circa 1200 kWh, questo è presumibilmente dovuto ai lavori di ristrutturazione e ampliamento degli uffici. Si denota inoltre come il consumo di energia elettrica nel mese di aprile 2017 risulti dalle fatture pari a 0 kWh, tale valore non è stato preso in considerazione per la costruzione della baseline energetica.

Data l'indisponibilità di dati di prelievo orario, non è stato possibile analizzare le curve di carico medie giornaliere per ciascun mese dell'anno.

Volendo ora calcolare la baseline consumi di energia elettrica, essa coincide quindi con il valore medio annuo dei consumi rilevati per le annualità 2016, 2017, 2018 e 2019, come indicato nella tabella sottostante.

**Tabella 3.15 - Baseline consumi di energia elettrica dell'Accademia Ligustica di Belle Arti**

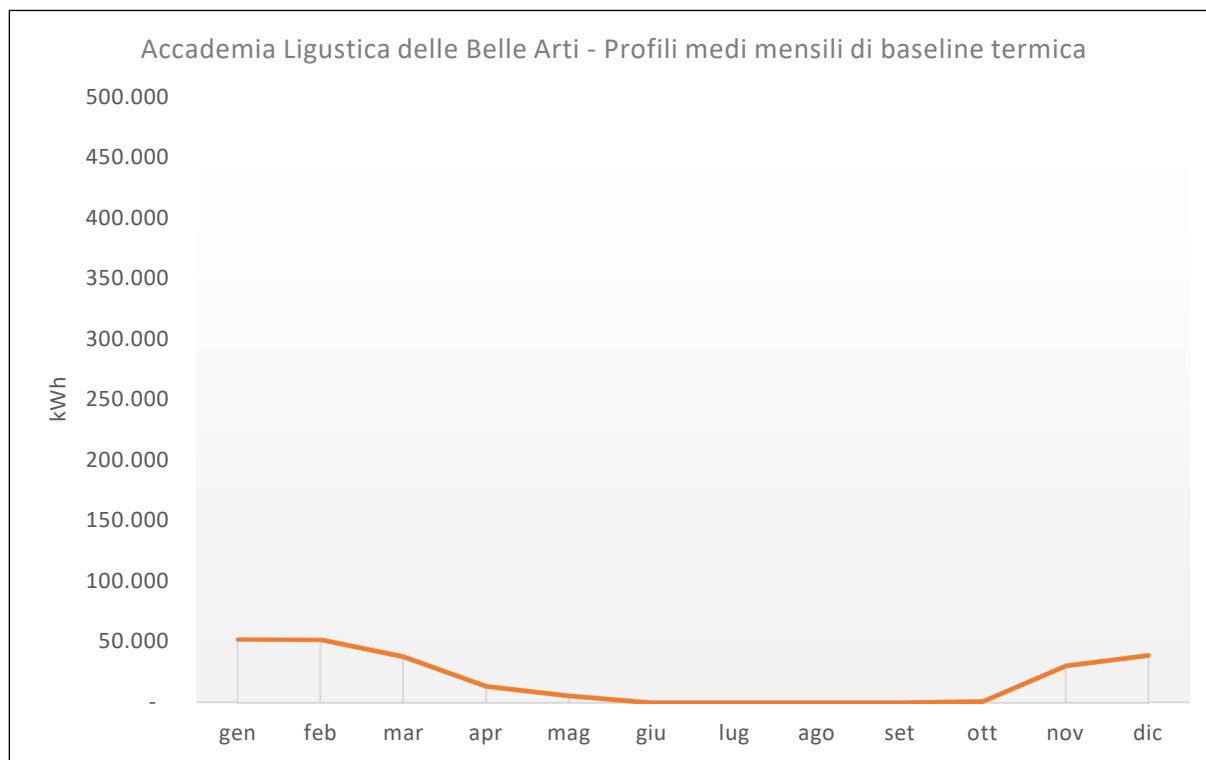
Consumo elettrico totale annuo [kWh]			
2016	2017	2018	2019
79.308	79.389	84.488	64.384
<b><math>EE_{baseline} = 78.347</math></b>			

Si riportano infine in tabella 3.16 e nelle figure 3.25 e 3.26 i profili medi mensili di baseline termica ed elettrica, calcolati come indicato ad inizio capitolo 3.1.

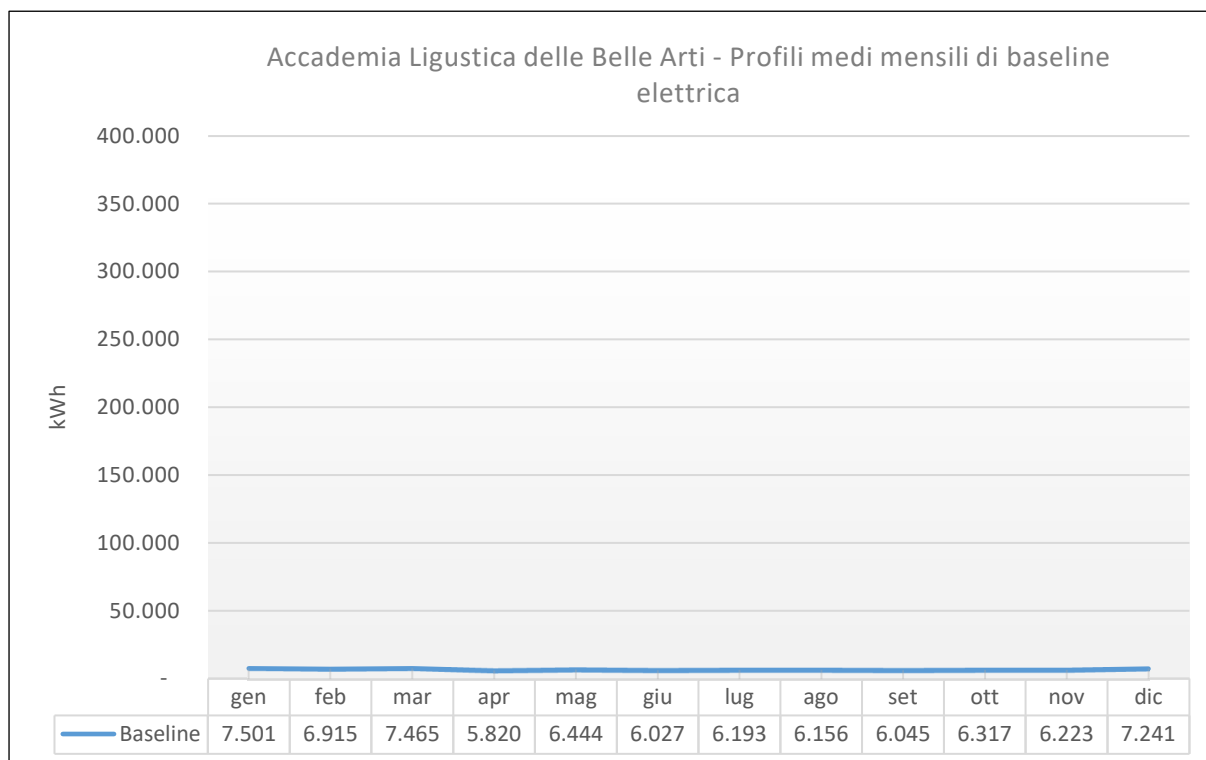
**Tabella 3.16 - Profili medi mensili di baseline dell'Accademia Ligustica di Belle Arti**

mese	Profilo medio mensile di baseline termica [kWh]	Profilo medio mensile di baseline elettrica [kWh]
Gennaio	51.447	7.501
Febbraio	51.185	6.915
Marzo	37.391	7.465
Aprile	13.308	5.820
Maggio	5.619	6.444
Giugno	-	6.027
Luglio	-	6.193
Agosto	37	6.156
Settembre	28	6.045
Ottobre	1.135	6.317
Novembre	29.960	6.223
Dicembre	38.487	7.241
<b>Totale</b>	<b>228.596</b>	<b>78.347</b>

**Figura 3.25 Profili medi mensili di baseline termica dell'Accademia Ligustica di Belle Arti**



**Figura 3.26 - Profili medi mensili di baseline elettrica dell'Accademia Ligustica di Belle Arti**



Per l'elaborazione della baseline economica e della baseline in termini di emissioni di gas ad effetto serra per l'edificio in oggetto si rimanda rispettivamente ai capitoli 3.5 e 3.6.

### 3.1.4 **Diurno**

Il Diurno è un insieme di locali destinati a fornire docce calde e ristoro ai cittadini senza fissa dimora e si trova nel terzo piano interrato del Teatro "Carlo Felice". Attualmente questo spazio di accoglienze non è utilizzato pertanto non sono presenti delle bollette di consumi energetici, inoltre, essendo all'interno dell'edificio del Teatro, gli eventuali consumi di vettore termico ed energia elettrica sarebbero contabilizzati nelle bollette del Teatro stesso.

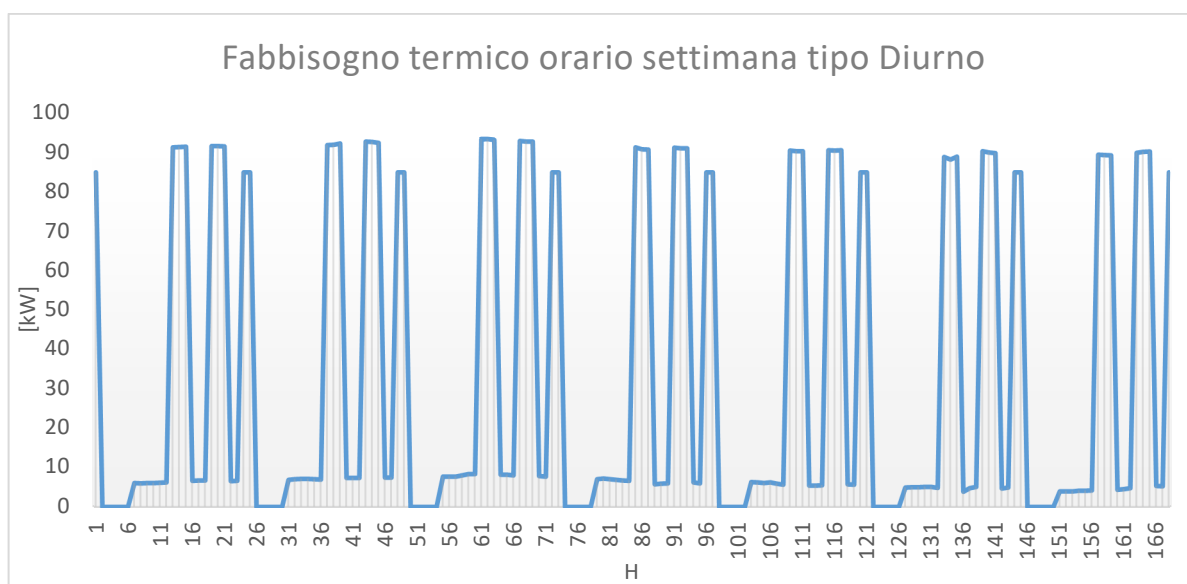
In accordo con il Comune di Genova e come richiesto da Capitolato Tecnico si è ipotizzato una riattivazione dei servizi di questi locali destinati alle attività teatrali. In particolare, tenendo conto della destinazione d'uso degli ambienti si è ipotizzato un fabbisogno di potenza termica per riscaldamento in condizioni di progetto di 30 W/m<sup>2</sup>. Tale richiesta di potenza è stata poi distribuita e normalizzata sulla base delle condizioni di temperatura esterna oraria in modo da identificare un andamento di consumo per il servizio di riscaldamento. Il vettore di fabbisogno termico è stato in seguito incrociato con le ore di accensione di impianto secondo DPR 74/2013.

Per quanto riguarda il fabbisogno di energia termica per il servizio di acqua calda sanitaria, si è ipotizzata l'alimentazione di 30 docce e di 25 rubinetti con un fabbisogno di acqua per turno

di utilizzo di 6000 l con una temperatura di erogazione di 40°C. La potenza termica risultante, con 2 h di periodo di preriscaldamento e 0,3 h di punta, risulta pari a 85 kW. In questo caso si è distribuito il fabbisogno termico su tre turni di utilizzo del Diurno: il primo turno dalle 12:00 alle 14:00, il secondo dalle 18:00 alle 20:00 e il terzo dalle 23:00 alle 01:00.

Sommando il fabbisogno termico per riscaldamento e per ACS si è ottenuta la curva di carico qui di seguito, che mostra l'andamento della potenza termica richiesta per due giorni tipo della stagione invernale.

**Figura 3.27 - Fabbisogno termico orario settimana tipo termica Diurno.**

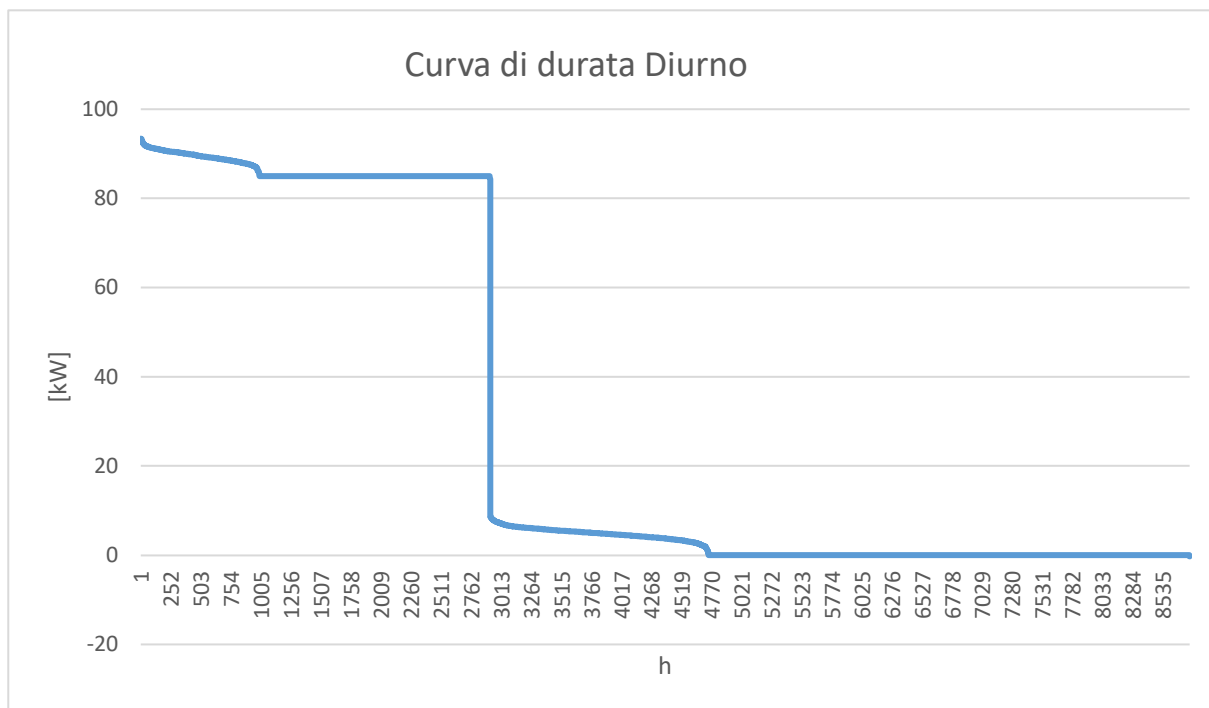


Da notare come i tre picchi corrispondano alla potenza richiesta durante i turni di utilizzo delle docce, mentre il fabbisogno del riscaldamento risulta essere molto inferiore con picchi orari di massimo 10 kW durante le giornate con condizioni climatiche più rigide.

Dalle curve orarie termiche è possibile costruire la curva di durata per il Diurno, come mostrato qui di seguito:

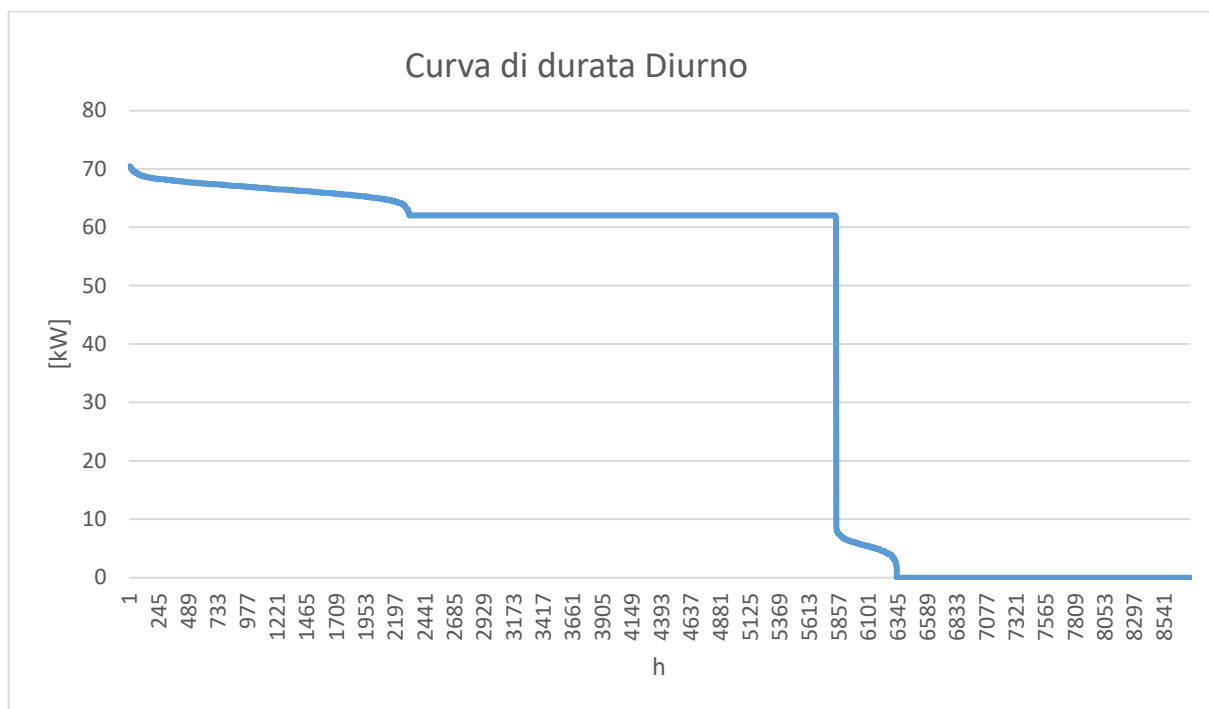


**Figura 3.28 - Curva di carico termica Diurno.**



L'andamento della curva costruita mostra che per circa 1.000 h all'anno c'è contemporaneità tra fabbisogno termico per riscaldamento e ACS a cui corrispondono le massime potenze richieste. Per circa 1.800 h invece si ha solo la potenza richiesta per le utenze sanitarie e risulta costante indipendentemente dalle condizioni di temperatura esterna. Infine, si ha un fabbisogno termico contenuto per le 2.000 h restanti in cui la richiesta termica è per il solo servizio di riscaldamento proporzionale alla differenza di temperatura tra set point interno ed esterno.

Nell'ottica di installazione di una unità cogenerativa si è ipotizzato di utilizzare i servizi dello spazio Diurno per i dipendenti del teatro sia durante gli eventi teatrali, sia durante le attività negli spazi attigui di prova. L'aumento di utilizzo di tale ambiente interno ha permesso la determinazione di un volume di accumulo di circa 6.700 l al quale corrisponde una potenza di picco di 62 kW, distribuita in 6 ore di preriscaldamento dell'acqua. Mantenendo i tre turni giornalieri di utilizzo ipotizzati in precedenza si è ottenuta la seguente curva di durata:

**Figura 3.29 - Curva di carico termica Diurno.**


Dai risultati ottenuti si evince che la possibile installazione di una piccola unità cogenerativa permette la produzione di energia termica per 5.900 h annue ad una potenza di circa 60 kW. A tale potenza termica corrisponde una potenza elettrica di circa 30 kW che collegati al punto di prelievo del Teatro “Carlo Felice” assicura il completo utilizzo del vettore elettrico prodotto, dato che l’assorbimento minimo rilevato dalle curve di carico elettriche risulta di circa 70 kW durante le ore notturne.

### 3.1.5 Fontana di Piazza De Ferrari

#### 3.1.5.1 Configurazione impiantistica esistente

I locali tecnici che si trovano al di sotto di Piazza De Ferrari ospitano gli impianti che alimentano la fontana soprastante. Tali impianti sono costituiti da sistemi di pompaggio e distribuzione dell’acqua e hanno una potenza elettrica installata di circa 190 kW. Gli orari di accensione della Fontana sono dalle 06:00 alle 22:00 per tutti i giorni della settimana.

#### 3.1.5.2 Analisi vettori energetici

Per quanto riguarda l’analisi dei consumi e delle spese storiche per l’energia elettrica del sito in oggetto, essa è stata effettuata facendo riferimento agli anni 2016, 2017, 2018, 2019.

I vettori energetici analizzati sono dunque i seguenti:

- Energia elettrica;

mentre i documenti ricevuti, da cui sono stati estrapolati i dati, sono i seguenti:

- **Documento 5.1:** File .pdf delle bollette e delle fatture emesse da Gala S.p.A., Iren Mercato S.p.A., Enel Energia S.p.A e Global Power S.p.A. per la fornitura di energia elettrica al POD IT001E00098719, relative a tutti i mesi degli anni 2016, 2017, 2018 e 2019, ad esclusione di dicembre 2018;
- **Documento 5.2:** Email (.msg) dove vengono esplicitate le spese per manutenzione straordinaria negli anni 2018 e 2019.

**Energia Elettrica**

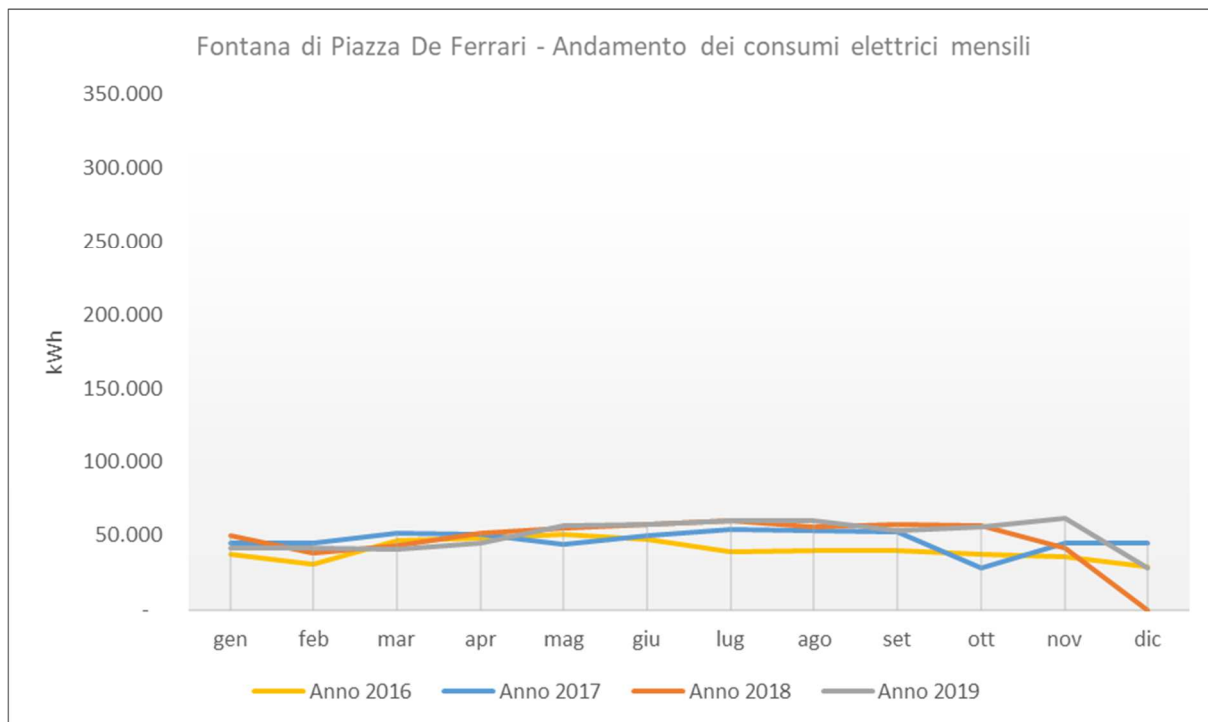
Per il sito in oggetto, l'analisi dei consumi storici di energia elettrica è consistita nell'analisi del **Documento 5.1**, inviato dal Comune di Genova. È stato quindi scelto per la costituzione della baseline il quadriennio 2016, 2017, 2018 e 2019, e per una ripartizione mensile dei consumi per ciascun anno, i valori sono stati estratti in ogni fattura o bolletta dalle voci di consumo rilevato.

**Tabella 3.17 - Consumi elettrici negli anni 2016, 2017, 2018 e 2019 della Fontana di Piazza De Ferrari**

POD: IT001E00098719	2016	2017	2018	2019
mese	kWh	kWh	kWh	kWh
Gennaio	37.066	44.546	49.696	40.966
Febbraio	30.373	44.743	37.799	41.006
Marzo	46.370	51.340	42.641	40.426
Aprile	47.928	50.259	51.697	44.605
Maggio	50.517	43.530	54.462	56.361
Giugno	47.280	50.117	57.656	57.552
Luglio	38.961	53.700	59.576	59.470
Agosto	39.982	53.350	55.900	59.471
Settembre	40.002	52.455	56.941	53.434
Ottobre	37.291	28.110	56.608	55.302
Novembre	35.535	45.130	41.678	61.272
Dicembre	28.489	45.084		27.785
<b>Totale</b>	<b>479.794</b>	<b>562.364</b>	<b>564.654</b>	<b>597.650</b>

L'andamento dei consumi mensili complessivi è riportato nel seguente grafico.

**Figura 3.30 - Andamento dei consumi elettrici mensili per la Fontana di Piazza De Ferrari**



Dal confronto dei dati di energia elettrica per gli anni precedenti, si denota una certa coerenza sull'andamento dei consumi, con una leggera diminuzione nell'anno 2016, probabilmente dovuto a un numero minore di ore di accensione. I mesi in cui si è rilevato un consumo relativamente basso potrebbe essere associato a un fermo impianto per manutenzione ordinaria o straordinaria.

Data l'indisponibilità di dati di prelievo orario, non è stato possibile analizzare le curve di carico medie giornaliere per ciascun mese dell'anno.

Volendo ora calcolare la baseline consumi di energia elettrica, essa coincide quindi con il valore medio annuo dei consumi rilevati per le annualità 2016, 2017, 2018 e 2019, come indicato nella tabella sottostante.

**Tabella 3.18 - Baseline consumi di energia elettrica della Fontana di Piazza De Ferrari**

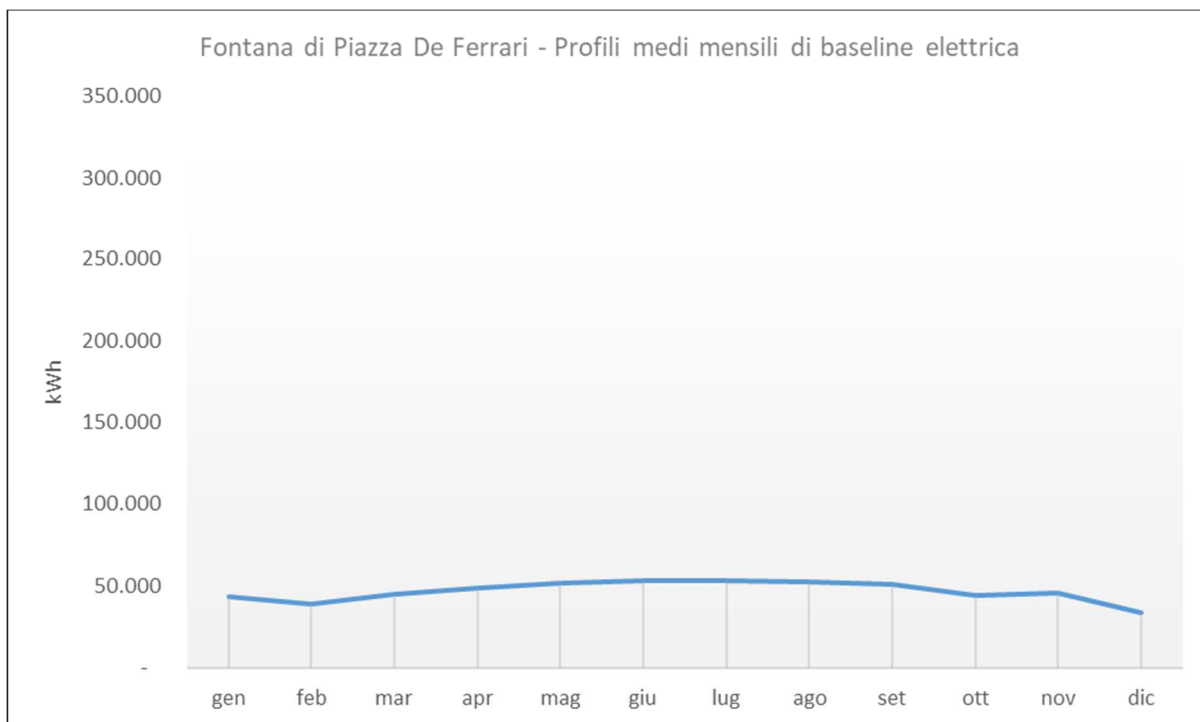
Consumo elettrico totale annuo [kWh]			
2016	2017	2018	2019
479.794	562.364	564.654	597.650
<b><math>EE_{baseline} = 559.562</math></b>			

Si riportano infine in tabella 3.19 e nella figura 3.31 i profili medi mensili di baseline, calcolati come indicato ad inizio capitolo 3.1.

**Tabella 3.19 - profili medi mensili di baseline della Fontana di Piazza De Ferrari**

mese	Profilo medio mensile di baseline elettrica [kWh]
Gennaio	43.069
Febbraio	38.480
Marzo	45.194
Aprile	48.622
Maggio	51.218
Giugno	53.151
Luglio	52.927
Agosto	52.176
Settembre	50.708
Ottobre	44.328
Novembre	45.904
Dicembre	33.786
<b>Totale</b>	<b>559.562</b>

**Figura 3.31 - Profili medi mensili di baseline della Fontana di Piazza De Ferrari**



Per l'elaborazione della baseline economica e della baseline in termini di emissioni di gas ad effetto serra per il sito in oggetto si rimanda rispettivamente ai capitoli 3.5 e 3.6.

### 3.2 *Consumi vettori energetici e costi di esercizio, destinazione d'uso e orari, curve di carico elettrico, impiantistiche esistenti degli altri edifici*

#### 3.2.1 **Cassa di Risparmio di Genova e Imperia**

##### 3.2.1.1 **Configurazione impiantistica esistente**

L'edificio sede centrale della Cassa di Risparmio di Genova e Imperia, ai sensi del DPR 412/93, ricade nella destinazione d'uso E.2 – Edifici adibiti ad uffici. L'orario di apertura al personale dipendente è indicativamente dalle 7:30 alle 18:30, mentre è presente il personale della società di manutenzione dalle ore 6:00 alle ore 19:00.

L'impianto di climatizzazione invernale è costituito da n°3 generatori di calore tradizionali a basamento con una potenza termica utile di 1.032 kW per due unità e 304 kW per la terza, per una potenza complessiva di impianto di 2.368 kW. Il sistema di pompaggio a velocità fissa alimenta i circuiti di riscaldamento della sede principale e delle due sedi ausiliarie di via Chiossone 12 (CH12) e Vico Monte Pietà 5 (MP4). Il sottosistema di emissione si costituisce di diversi componenti a seconda della zona servita, qui riassunto:

1. Sede principale, via Cassa di Risparmio 15:
  - Fino al 7° piano terminali a cassette miscelatrici, servizi igienici non riscaldati.
  - 8° piano ventilconvettori su parete interna, servizi igienici non riscaldati.
  - Dal 9° piano al 15° terminali di emissione a induttori attivi a pavimento, servizi igienici non riscaldati.
2. Sede in via Chiossone 12 (CH12): terminali a ventilconvettori a quattro tubi, servizi igienici con radiatori dotati di valvole termostatiche.
3. Sede in via Vico Monte Pietà 5 (MP4): terminali a ventilconvettori a due tubi, servizi igienici con radiatori.

Per quanto riguarda la regolazione ad oggi è del tutto manuale. È presente una control room della società di manutenzione ma l'accensione degli impianti, termici ed elettrici, avviene tutta in maniera comandata e manuale secondo le impostazioni della ditta, compresa la conversione del ciclo di adduzione di energia termica dal funzionamento invernale a quello estivo.

Il servizio di acqua calda sanitaria viene assicurato dagli stessi generatori del servizio di riscaldamento presenti in centrale termica e durante il regime estivo, in cui la richiesta termica diminuisce considerevolmente, viene utilizzata esclusivamente la caldaia a potenza minore.

L'impianto di climatizzazione estiva è costituito da n°2 gruppi frigoriferi a compressione di potenza frigorifera pari a 1163 kW cad., per una potenza complessiva di 2.326 kW. La potenza



richiesta per la climatizzazione estiva viene coperta anche grazie a 15 unità motocondensanti distribuite sui piani dell'edificio per una potenza frigorifera stimata di 1.060 kW. Il sottosistema di pompaggio a velocità fissa distribuisce il fluido refrigerato agli stessi terminali dell'impianto di riscaldamento e alle batterie fredde delle unità di trattamento dell'aria che soddisfano il fabbisogno di raffrescamento dell'intero edificio.

L'impianto di ventilazione meccanica controllata è costituito da 17 unità di trattamento dell'aria distribuite nei tre edifici che, oltre ad assicurare il ricambio d'aria richiesto dagli ambienti interni, contribuiscono alla copertura del fabbisogno termico invernale ed estivo degli ambienti stessi. Le batterie di scambio termico contenute nelle unità sono alimentate dagli stessi generatori della centrale termica e frigorifera della sede principale.

### 3.2.1.2 **Analisi vettori energetici**

Per quanto riguarda l'analisi dei consumi e delle spese storiche per l'energia termica ed elettrica dell'edificio in oggetto, essa è stata effettuata facendo riferimento agli anni 2017, 2018 e 2019.

I vettori energetici analizzati sono i seguenti:

- Gasolio;
- Energia elettrica;

mentre i documenti ricevuti, da cui sono stati estrapolati i dati, sono i seguenti:

- **Documento 6.1:** *File.pdf (.pdf) contenente Diagnosi energetica eseguita da eFM Spa in cui si analizzano i consumi elettrici per gli anni 2017 e 2018;*
- **Documento 6.2:** *File Excel (.xlsx) contenente la tabella dei consumi mensili di energia elettrica in [kWh] per gli anni 2019 riferiti al POD IT 001E00097720;*
- **Documento 6.3:** *File Excel (.xlsx) contenente i dati di carico dei serbatoi di gasolio per gli anni 2017, 2018 e 2019.*

#### Energia Termica

Per l'edificio in oggetto, l'analisi dei consumi storici di gasolio è consistita nell'analisi del **Documento 6.3**, inviato dal referente dipendente della Cassa di Risparmio di Genova e Imperia. È stato quindi scelto per la costituzione della baseline il triennio 2017, 2018 e 2019. Le ricariche dei serbatoi di gasolio sono effettuate a scadenze temporali di verse in base alla reale necessità di consumo del combustibile, pertanto, la quantità di gasolio utilizzato a livello mensile è stata ripartita considerando un consumo di base circa costante riferito all'ACS e un consumo proporzionale ai  $GG_{risc}$  precedentemente calcolati.

**Tabella 3.20 - Consumi termici negli anni 2017, 2018 e 2019 della Cassa di Risparmio di Genova e Imperia**

PdR: -	2017	2018	2019	2017	2018	2019
mese	l	l	l	kWh	kWh	kWh
Gennaio	26.784	17.858	24.809	266.363	177.595	246.723
Febbraio	20.516	27.950	18.812	204.029	277.959	187.085
Marzo	9.770	24.073	16.825	97.164	239.400	167.321
Aprile	4.677	9.453	7.788	46.509	94.013	77.448
Maggio	3.191	1.657	1.096	31.733	16.482	10.899
Giugno	1.091	942	1.061	10.849	9.372	10.548
Luglio	1.127	974	1.096	11.211	9.685	10.899
Agosto	1.127	974	1.096	11.211	9.685	10.899
Settembre	1.091	942	1.061	10.849	9.372	10.548
Ottobre	2.767	974	1.096	27.522	9.685	10.899
Novembre	13.305	12.661	9.624	132.319	125.915	95.709
Dicembre	16.783	14.156	22.709	166.904	140.778	225.837
<b>Totale</b>	<b>102.230</b>	<b>112.615</b>	<b>107.072</b>	<b>1.016.662</b>	<b>1.119.939</b>	<b>1.064.815</b>

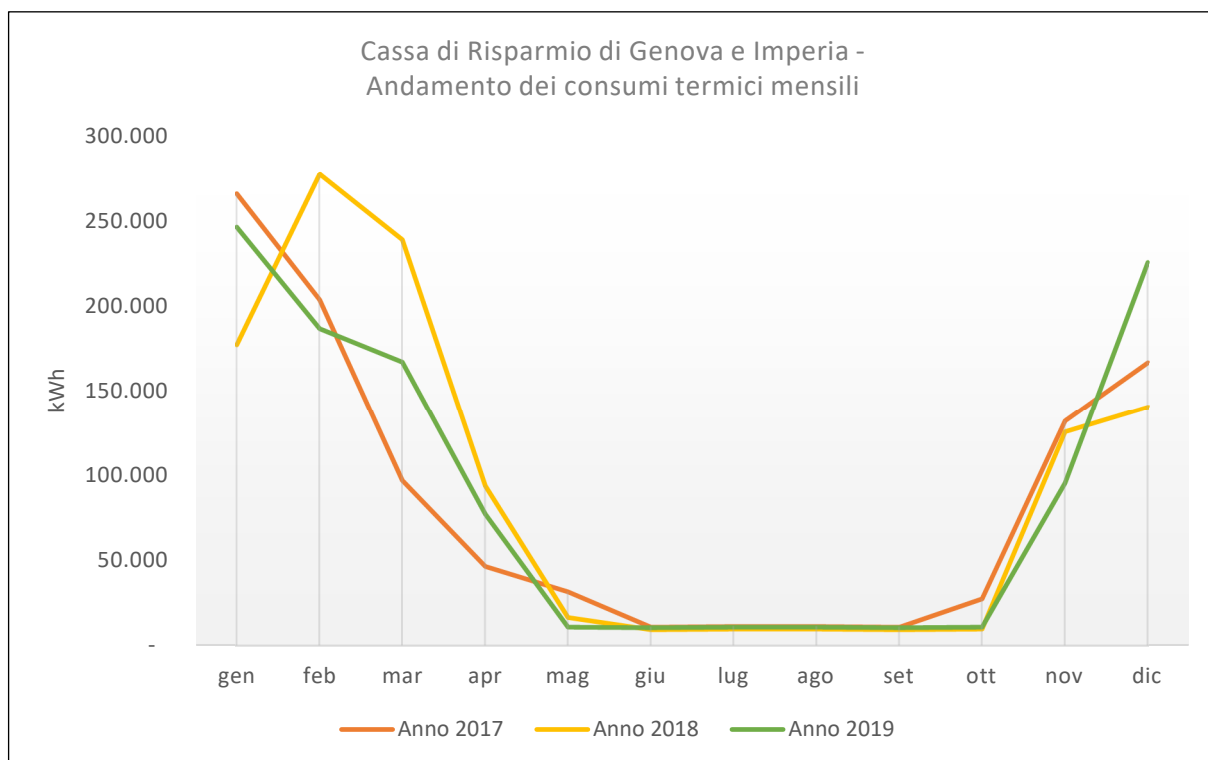
Ricordando che:

PCI = 11,91 kWh/kg

$\sigma = 0,835$  kg/l

L'andamento dei consumi mensili è riportato nel seguente grafico.

**Figura 3.32 - Andamento dei consumi termici mensili per la Cassa di Risparmio di Genova e Imperia**



Dal confronto dei dati di gas metano per gli anni precedenti, emerge che il consumo del vettore energetico nell'ultimo anno risulta inferiore rispetto al consumo nell'anno 2018 nonostante l'andamento dei Gradi giorno di riscaldamento, che segna un progressivo aumento del valore calcolato. Si sottolinea comunque che i picchi di consumo corrispondono ai picchi di Gradi giorno mensili.

Altro aspetto che emerge dall'analisi è il consumo rilevante di combustibile nei mesi estivi, quando il riscaldamento è spento, che denota come il vettore venga utilizzato anche per altre funzioni diverse dalla climatizzazione invernale. In questo caso, stando a quanto riscontrato dai rilievi edili ed impiantistici effettuati e dallo studio della documentazione inviata, questo consumo è stato associato alla produzione di acqua calda sanitaria (ACS) e per l'alimentazione delle batterie di post riscaldamento delle UTA distribuite nei tre edifici.

Per la costituzione della baseline consumi termici per la Cassa di Risparmio di Genova e Imperia, la quota "consumo termico reale per ACS dell'edificio"  $\bar{Q}_{ACS}$  è stata elaborata studiando i consumi di combustibile nei mesi di cessata richiesta di climatizzazione invernale per ogni anno, ottenendo così una stima di consumo mensile per ACS da estrapolare dai consumi dei mesi freddi, verificandone attraverso appositi indici la verosimiglianza.

Le "restanti" quote di consumo, attribuite totalmente al servizio di riscaldamento invernale, sono concorse alla formazione di  $\bar{a}_{rif}$  come specificato in precedenza.

Si riporta dunque in tabella X i risultati ottenuti, ricordando che:

- $GG_{real,2017} : 1373,1$
- $GG_{real,2018} : 1460,5$
- $GG_{real,2019} : 1517,1$
- $GG_{rif} : 1435,0$

**Tabella 3.21 - Baseline consumi termici della Cassa di Risparmio di Genova e Imperia.**

Consumo termico per riscaldamento [kWh]			Consumo termico per ACS [kWh]		
2017	2018	2019	2017	2018	2019
885.134	1.006.190	937.029	131.528	113.749	127.786
$\bar{Q}_{risc} = 935.702$			$\bar{Q}_{ACS} = 124.354$		
<b><math>Q_{baseline} = 1.055.929</math></b>					

#### Energia Elettrica

Per l'edificio in oggetto, l'analisi dei consumi storici di energia elettrica è consistita nell'analisi del **Documento 6.1**, per quanto riguarda gli anni 2017 e 2018, e del **Documento 6.2** per

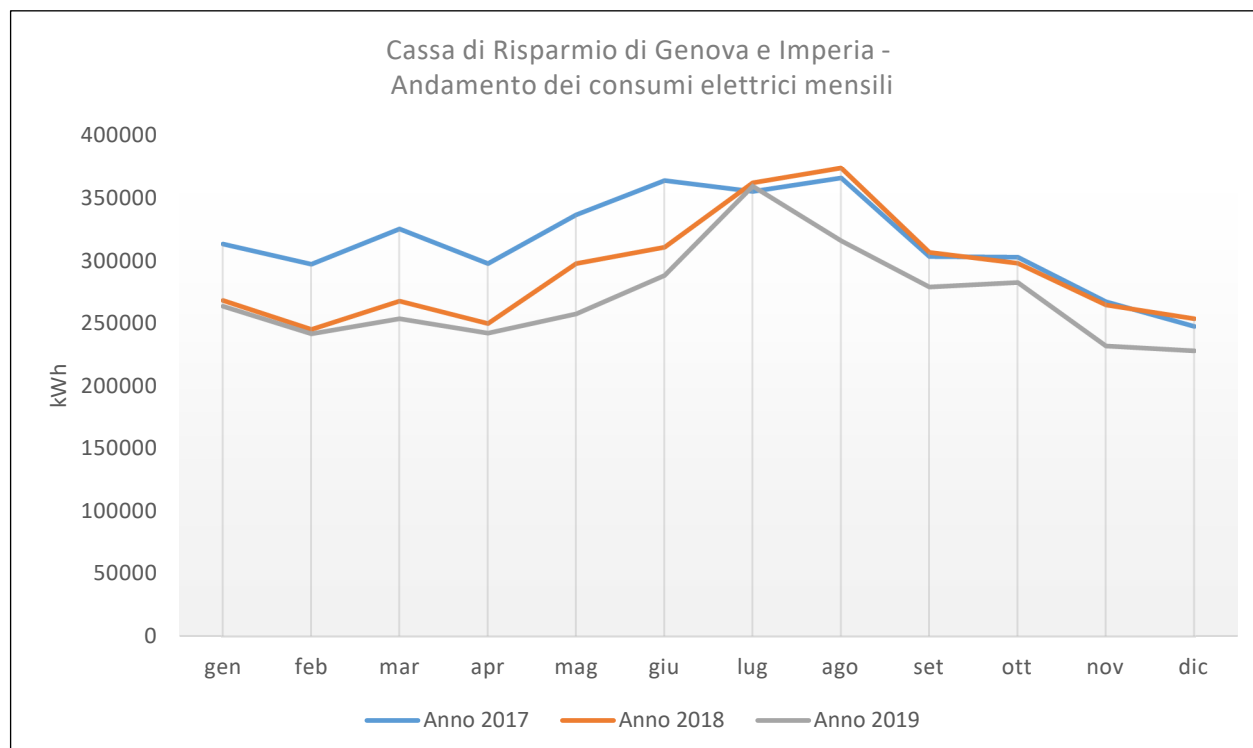
quanto riguarda l'anno 2019, inviati dal referente dipendente della Cassa di Risparmio di Genova e Imperia. È stato quindi scelto per la costituzione della baseline il triennio 2017, 2018 e 2019, analizzando i dati così come sono stati ricevuti.

**Tabella 3.22 - Consumi elettrici negli anni 2017, 2018 e 2019 della Cassa di Risparmio di Genova e Imperia**

POD: IT001E00097720	2017	2018	2019
mese	kWh	kWh	kWh
Gennaio	313.428	268.396	263.883
Febbraio	297.480	245.330	241.946
Marzo	325.396	267.971	253.786
Aprile	297.922	250.129	242.266
Maggio	336.899	297.760	257.595
Giugno	364.267	310.882	288.298
Luglio	355.340	362.395	359.659
Agosto	366.235	374.204	316.019
Settembre	303.585	306.874	279.219
Ottobre	302.931	298.017	282.824
Novembre	267.557	264.848	232.010
Dicembre	247.726	253.741	228.245
<b>Totale</b>	<b>3.778.766</b>	<b>3.500.547</b>	<b>3.245.750</b>

L'andamento dei consumi mensili è riportato nel seguente grafico.

**Figura 3.33 - Andamento dei consumi elettrici mensili per la Cassa di Risparmio di Genova e Imperia**



Dal confronto dei dati di energia elettrica per gli anni precedenti, si nota una certa coerenza tra gli andamenti annui dei consumi mensili che assicura una certa regolarità nella richiesta

elettrica dei diversi servizi durante tutto l'anno. In particolare, si evidenzia un aumento dei consumi nei mesi estivi dovuti alla potenza richiesta dall'impianto di climatizzazione estiva.

Volendo ora calcolare la baseline consumi di energia elettrica, essa coincide quindi con il valore medio annuo dei consumi rilevati per le annualità 2017, 2018 e 2019, come indicato nella tabella sottostante.

**Tabella 3.23 - Baseline consumi di energia elettrica della Cassa di Risparmio di Genova e Imperia**

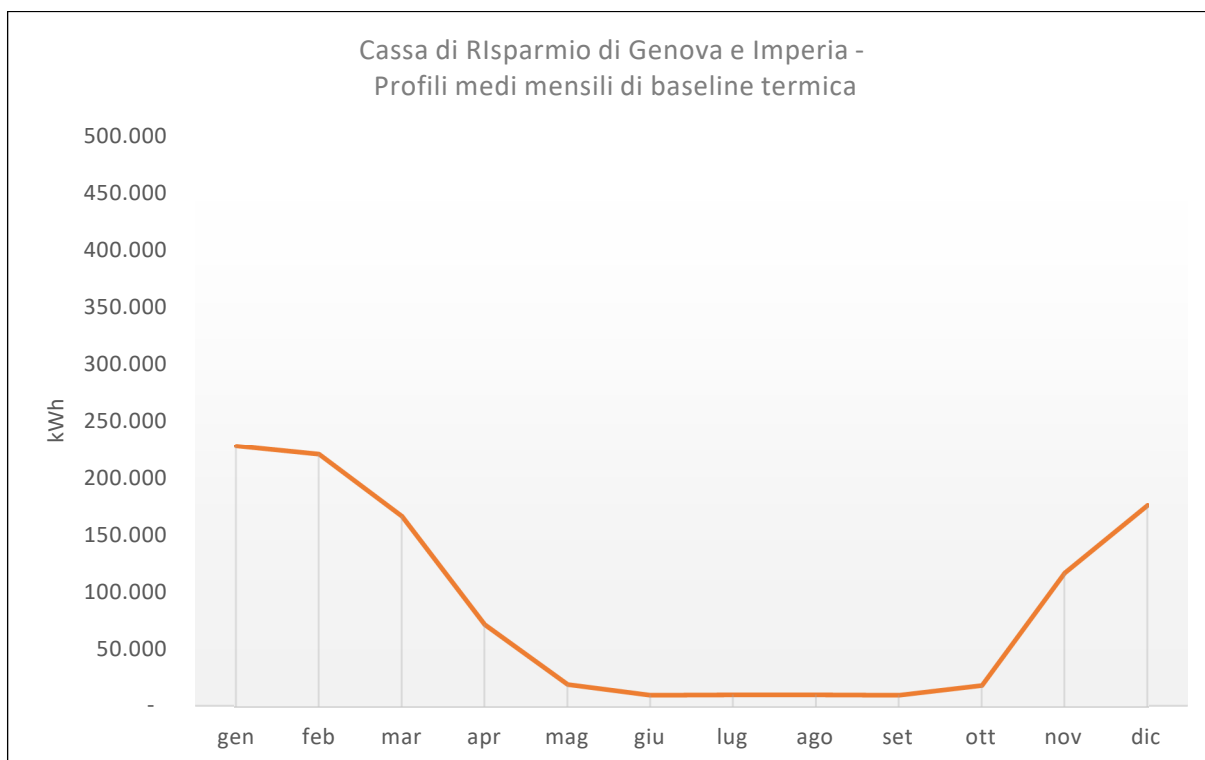
Consumo elettrico totale annuo [kWh]		
2017	2018	2019
3.778.766	3.500.547	3.245.750
<b><math>EE_{baseline} = 3.508.354</math> kWh</b>		

Si riportano infine in tabella 3.24 e nelle figure 3.34 e 3.35 i profili medi mensili di baseline termica ed elettrica, calcolati come indicato ad inizio capitolo 3.1.

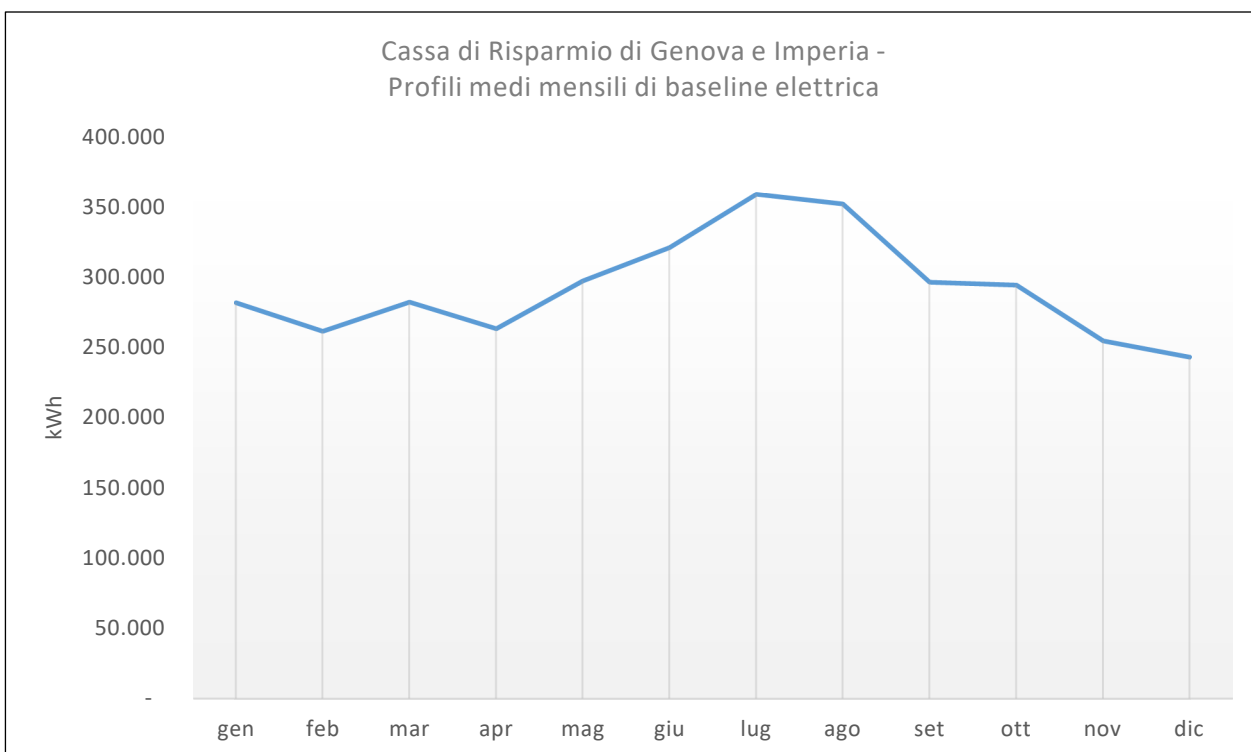
**Tabella 3.24 - Profili medi mensili di baseline della Cassa di Risparmio di Genova e Imperia**

mese	Profilo medio mensile di baseline termica [kWh]	Profilo medio mensile di baseline elettrica [kWh]
Gennaio	227.920	281.902
Febbraio	220.782	261.585
Marzo	166.308	282.384
Aprile	72.001	263.439
Maggio	19.609	297.418
Giugno	10.284	321.149
Luglio	10.613	359.131
Agosto	10.613	352.153
Settembre	10.284	296.559
Ottobre	18.712	294.591
Novembre	116.849	254.805
Dicembre	176.083	243.237
<b>Totale</b>	<b>1.055.929</b>	<b>3.508.354</b>

**Figura 3.34 - Profilo medio mensile di baseline termica della Cassa di Risparmio di Genova e Imperia**



**Figura 3.35 - Profilo medio mensile di baseline elettrica della Cassa di Risparmio di Genova e Imperia**



### 3.2.2 Palazzo di Giustizia

#### 3.2.2.1 Configurazione impiantistica esistente

L'edificio Palazzo di Giustizia, ai sensi del DPR 412/93, ricade nella destinazione d'uso E.2 – Edifici adibiti ad uffici.

L'impianto di climatizzazione invernale è costituito da n°3 generatori di calore a condensazione a basamento con una potenza termica utile di 1.400 kW ciascuno, per una potenza complessiva di impianto di 4.200 kW. Il sistema di pompaggio a velocità fissa alimenta i circuiti di riscaldamento che partono dalla sottostazione posta al piano interrato secondo, giungono al piano interrato terzo e formano un circuito ad anello dove si sviluppano le montanti di alimentazione dei singoli piani. Il sottosistema di emissione si costituisce di radiatori o ventilconvettori a seconda della zona servita.

Figura 3.36 – Generatore di calore esistente Palazzo di Giustizia.



Ad oggi, non esiste un sistema di regolazione automatica in tutto l'edificio. La regolazione degli impianti viene effettuata manualmente dagli operatori della ditta di manutenzione che agiscono in base alle esigenze degli occupanti degli spazi climatizzati.

Il servizio di acqua calda sanitaria viene assicurato dalla produzione di bollitori elettrici distribuiti nei locali servizi di tutto l'edificio.

L'impianto di climatizzazione estiva è costituito da n°3 gruppi frigoriferi a compressione di potenza frigorifera pari a 350 kW cad., per una potenza complessiva di 1.050 kW. La potenza richiesta per la climatizzazione estiva viene coperta anche grazie a numerose unità



motocondensanti distribuite sui piani dell'edificio. Il sottosistema di pompaggio a velocità fissa distribuisce il fluido refrigerato ai circuiti dell'impianto di raffrescamento e alle batterie fredde delle unità di trattamento dell'aria.

**Figura 3.37 – Gruppi frigoriferi esistenti Palazzo di Giustizia.**



L'impianto di ventilazione meccanica controllata è costituito da 15 unità di trattamento dell'aria distribuite nei piani dell'edificio che, oltre ad assicurare il ricambio d'aria richiesto dagli ambienti interni, contribuiscono alla copertura del fabbisogno termico invernale ed estivo degli ambienti stessi. Tali unità hanno caratteristiche tecniche di portata e di potenza termica differenti e tre di esse sono dotate di un recuperatore di calore a flussi incrociati.

### **3.2.2.2 Analisi vettori energetici**

Per quanto riguarda l'analisi dei consumi storici per l'energia termica dell'edificio in oggetto, essa è stata effettuata facendo riferimento agli anni 2017, 2018 e 2019, i cui dati sono stati resi disponibili dal referente comunale in forma di dato aggregato annuo.

I vettori energetici analizzati sono i seguenti:

- Gas metano.

Per quanto riguarda l'energia elettrica, sono state rese disponibile le bollette elettriche per l'anno 2020, tuttavia ai fini dell'analisi di un possibile allacciamento alla rete di teleriscaldamento ipotizzata non si è proceduto alla definizione di una baseline elettrica.

**Energia Termica**

**Tabella 3.25 - Consumi termici negli anni 2017, 2018 e 2019 del Palazzo di Giustizia**

PdR: -	2017	2018	2019	2017	2018	2019
mese	l	l	l	kWh	kWh	kWh
Gas metano	256.873	500.647	454.597	2.489.098,84	4.851.265,00	4.405.041,50

Ricordando che:

$$PCI = 9,69 \text{ kWh/Sm}^3$$

Dal confronto dei dati di gas metano per gli anni precedenti, si evince come vi sia un valore anomalo per l'anno 2017 che per la costruzione della baseline termica causerebbe uno scostamento non indifferente da un valore rappresentativo. Alla luce dei dati, si è deciso di escludere il consumo per l'anno 2017 e normalizzare i valori restanti.

Si riporta dunque nella tabella seguente i risultati ottenuti, ricordando che:

- $GG_{real,2017} : 1373,1$
- $GG_{real,2018} : 1460,5$
- $GG_{real,2019} : 1517,1$
- $GG_{rif} : 1435,0$

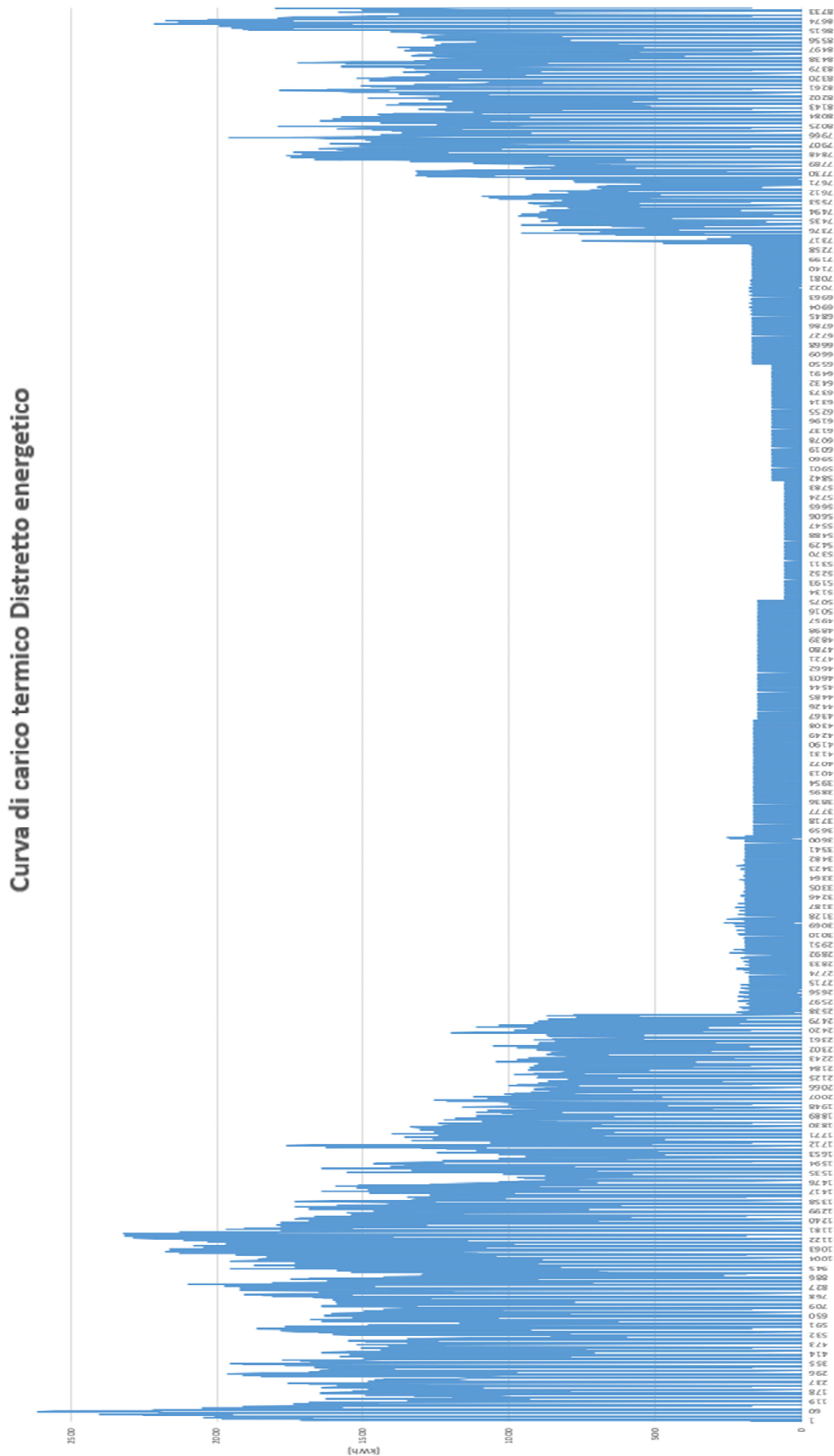
**Tabella 3.26 - Baseline consumi termici del Palazzo di Giustizia.**

Consumo termico per riscaldamento [kWh]			Consumo termico per ACS [kWh]		
2017	2018	2019	2017	2018	2019
-	4.851.265	4.405.04,5	-	-	-
$\bar{Q}_{risc} = 4.460.952$			$\bar{Q}_{ACS} = -$		
<b><math>Q_{baseline} = 4.460.952</math></b>					

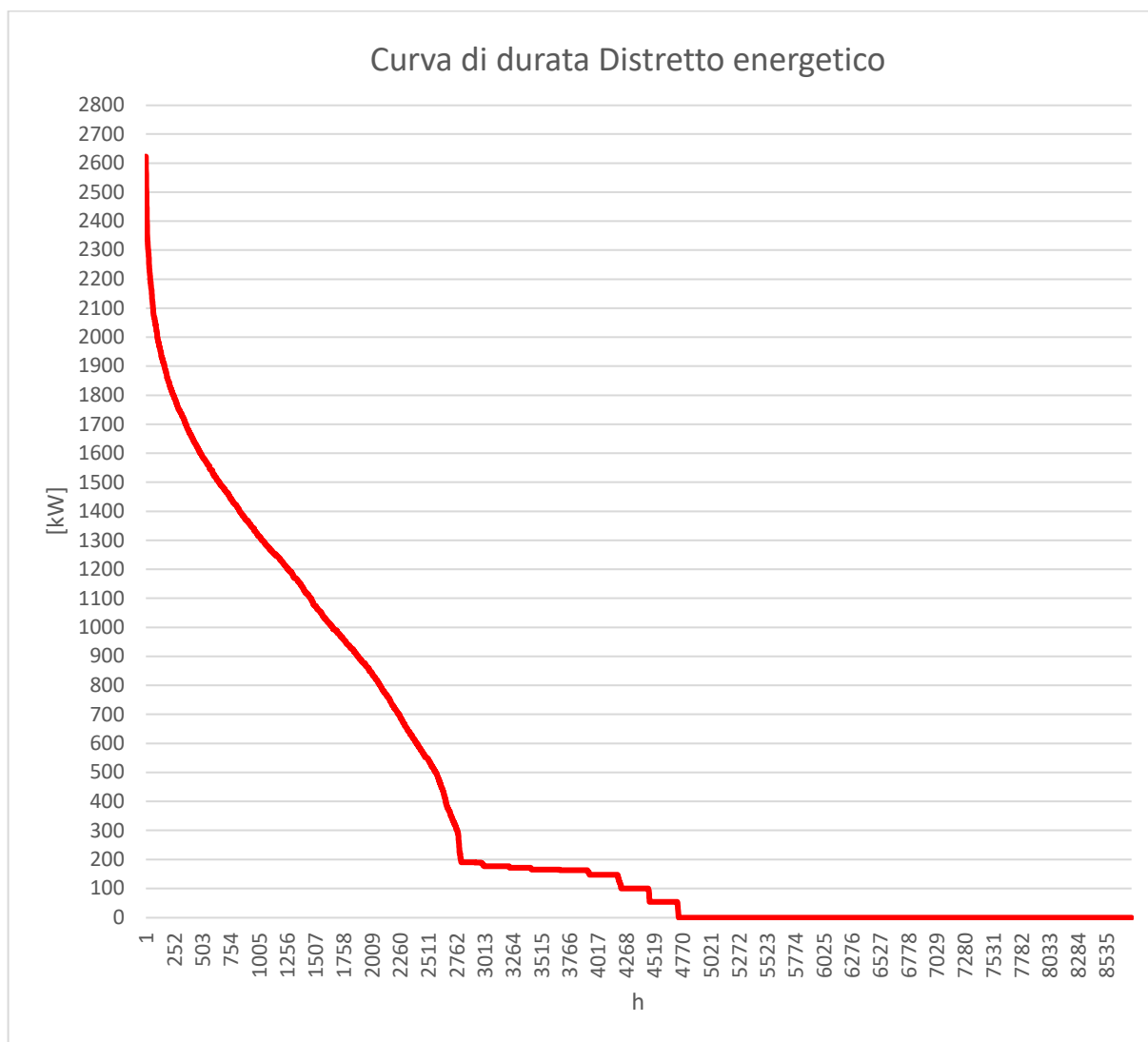
### 3.3 *Curva di durata riscaldamento e raffrescamento*

In seguito alla determinazione delle curve di carico del fabbisogno termico per singolo edificio è possibile determinare la curva di carico del distretto energetico per lo Scenario A come semplice somma dei carichi termici orari. Si ricorda che tale distretto è costituito dal Teatro “Carlo Felice”, dall’Accademia Ligustica di Belle Arti e dal Palazzo Ducale. Dalla curva di carico termica è possibile costruire la curva di durata del fabbisogno termico ordinando i fabbisogni orari dal valore di picco al valore minimo. Tale curva rappresenta il numero di ore in cui è richiesta una potenza termica uguale o superiore al valore corrispondente in ordinata ed è costruita sulla base della contemporaneità di potenza richiesta dalle utenze del distretto energetico. In figura si presenta il grafico ottenuto:

Figura 3.38 - Curva di carico fabbisogno termico Distretto energetico di Piazza de Ferrari



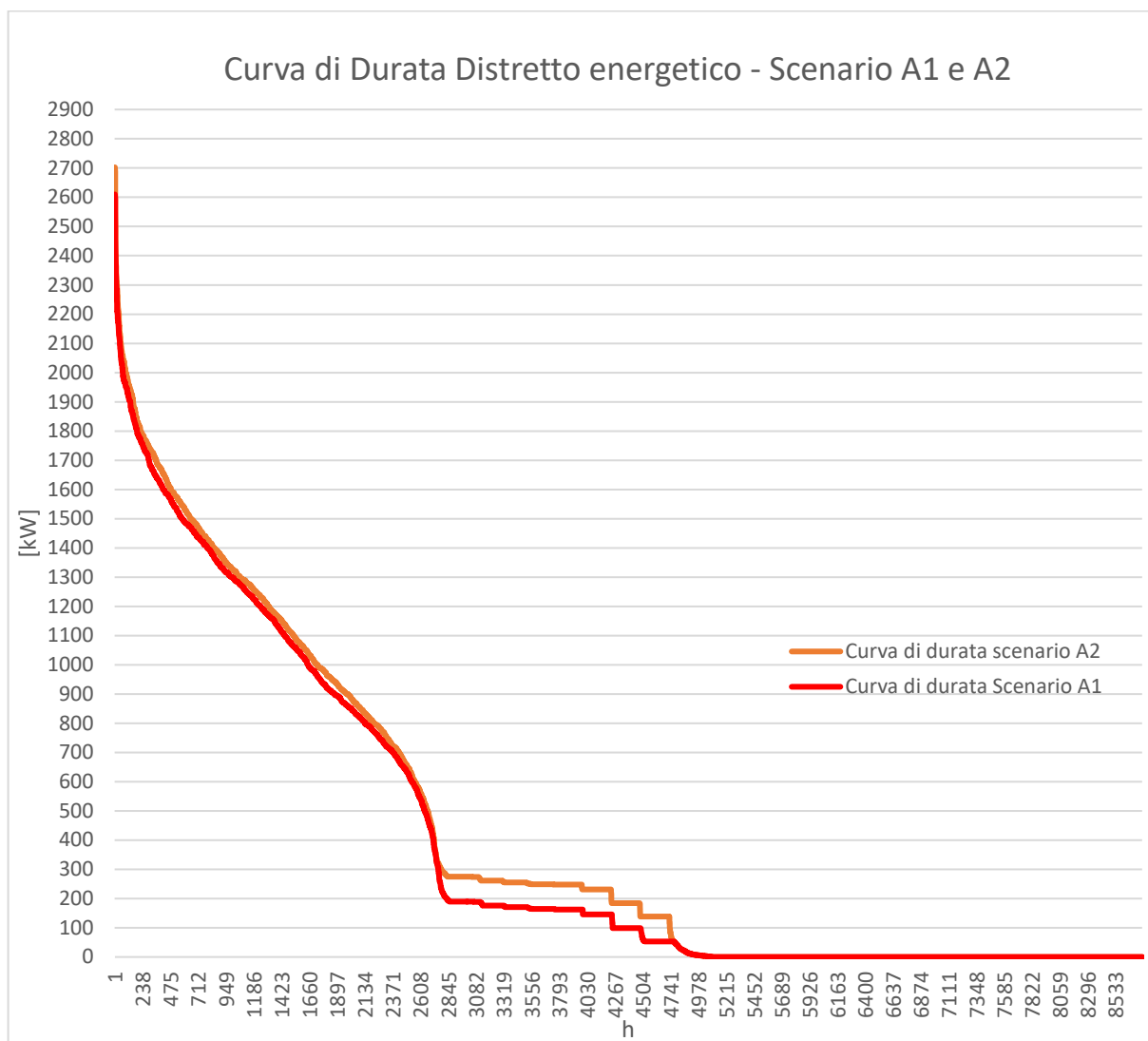
**Figura 3.39 - Curva di durata fabbisogno termico Distretto energetico di Piazza de Ferrari**



Come si evince dal precedente grafico, il picco di potenza termica richiesta risulta pari a 2.610 kW, mentre si può individuare un baseload termico pari a 200 kW dalle utenze energetiche per un totale annuo di circa 2.800 ore. Al di sopra di tale potenza viene soddisfatta la domanda variabile di riscaldamento e ACS, tipica della stagione di riscaldamento invernale, mentre al di sotto di questa soglia si impegna una potenza termica destinata al solo servizio di ACS, come accade per la stagione estiva.

Come ulteriore analisi si è ricostruito il fabbisogno di energia termica per il Diurno del Teatro “Carlo Felice”, precedentemente trattato, sviluppando lo scenario A2 richiesto dal Capitolato Tecnico. Di seguito si confrontano le curve di durata dei due scenari, per migliorare la distinzione tra le due simulazioni lo Scenario A viene rinominato solo per questa figura come Scenario A1:

Figura 3.40 - Confronto Curve di durata fabbisogno termico Distretto energetico scenario A1 e A2



Come si evince dal grafico, in caso di attivazione dei servizi del Diurno si ha un aumento del fabbisogno richiesto soprattutto per le ore di funzionamento a ridotta potenza termica. Infatti, in corrispondenza di tali ore, che identificano i consumi termici del servizio di ACS durante le stagioni di transizione e durate la stagione estiva, si nota un incremento di potenza di circa 90 kW. Nel complesso l'andamento caratteristico della curva di durata nel distretto energetico nello scenario A2 rimane analogo allo scenario precedente, sottolineando come le considerazioni emerse dallo scenario A1 siano ancora valide, soprattutto per quanto riguarda l'installazione di una unità cogenerativa.

La variabilità di potenza degli impianti installati e la diversa logica di gestione degli stessi non ha permesso la formulazione di ipotesi accurate per la determinazione di una curva di carico complessiva. Inoltre, l'utilizzo saltuario e non costante degli spazi dedicati alle esposizioni o agli spettacoli teatrali e la mancanza di documentazione riguardante la stagione espositiva e

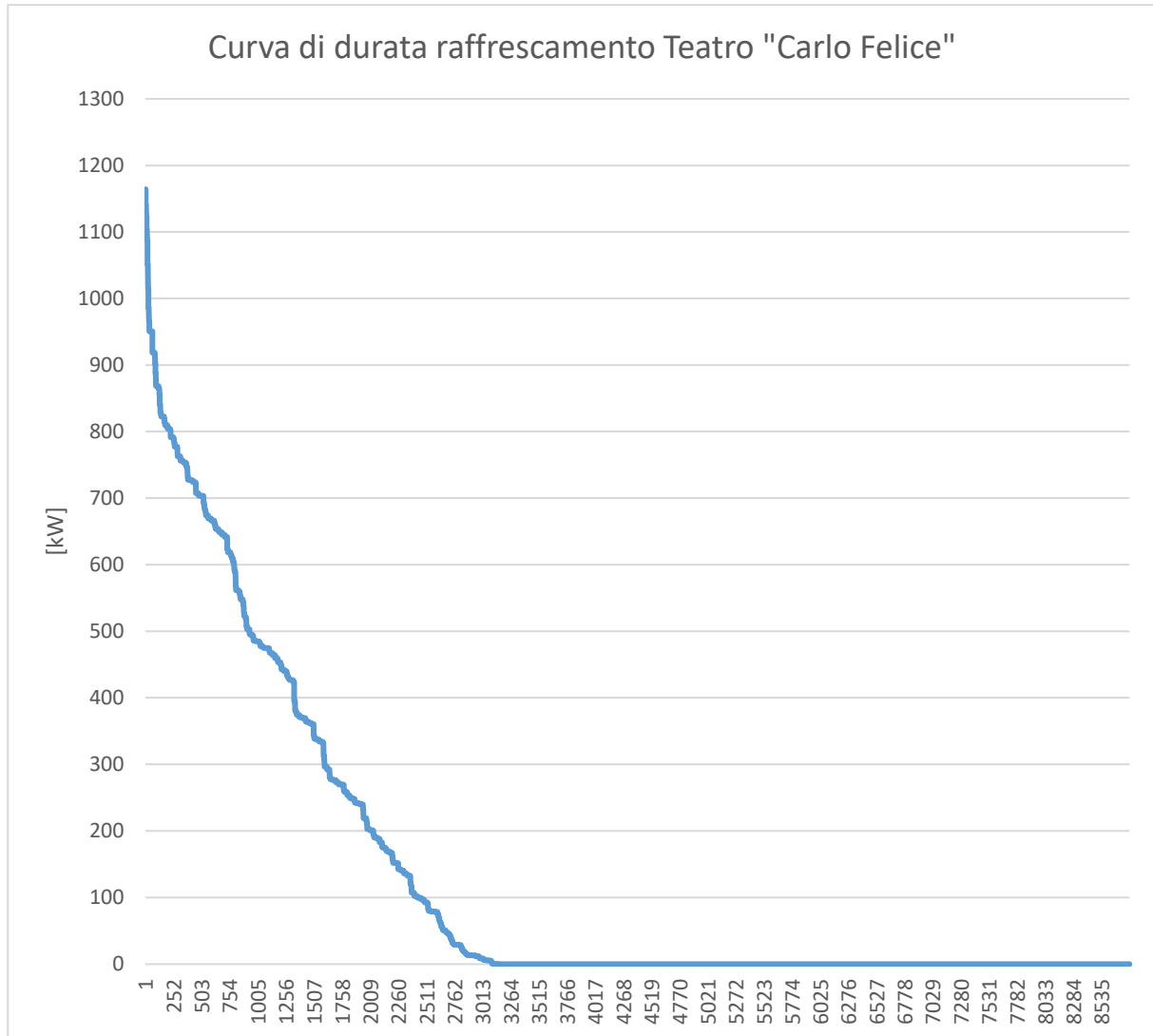
teatrale dell'ultimo periodo, influenzata dalla crisi sanitaria nazionale, non ha assicurato una certa mole e qualità di dati di input per l'elaborazione richiesta.

L'individuazione della curva di durata per il fabbisogno estivo di raffrescamento ha incontrato diverse criticità: si ricorda innanzitutto che il tale servizio è assicurato solo per il Teatro "Carlo Felice" e il Palazzo Ducale, mentre attualmente non è presente un impianto di raffrescamento per l'Accademia Ligustica di Belle Arti. Inoltre, sono state rese disponibili le curve orarie di assorbimento elettrico solo per l'edificio teatrale, mentre per il palazzo storico si hanno a disposizione i consumi aggregati mensili.

Dalle curve di carico orarie del Teatro "Carlo Felice" è stato possibile determinare il carico di base elettrico circa costante durante tutto l'anno, per evidenziare il consumo di energia per il solo servizio di climatizzazione estiva. Tali valori sono stati desunti dall'analisi delle curve per giorni feriali, sabati e domeniche dei mesi della stagione di riscaldamento, confrontati con i mesi estivi. Dunque, dall'analisi e dal confronto dei mesi invernali ed estivi si sono determinate le potenze assorbite durante la stagione di raffrescamento, ricreando un profilo di carico elettrico durante un anno di riferimento. Supponendo le prestazioni energetiche per i gruppi frigoriferi esistenti nei locali tecnici interrati dal sopralluogo effettuato e dal confronto con tecnici specializzati in applicazioni analoghe, si è calcolato il fabbisogno di energia frigorifera erogato dai gruppi a compressione. Infine, si è determinato la curva di durata di raffrescamento per il Teatro "Carlo Felice", rappresentata qui di seguito:



Figura 3.41 – Curva di durata fabbisogno di raffrescamento Teatro “Carlo Felice”



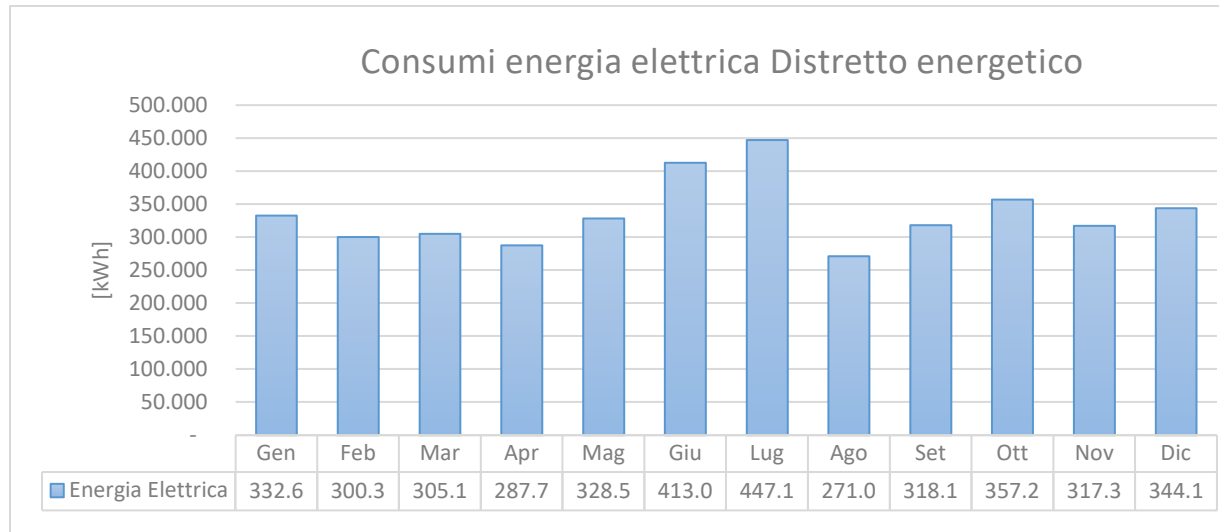
Per quanto riguarda invece il Palazzo Ducale, lo stato d'uso degli impianti installati e la logica di gestione degli stessi non ha permesso la formulazione di ipotesi accurate per la determinazione di una curva di carico complessiva. Inoltre, l'utilizzo saltuario e non costante degli spazi dedicati alle esposizioni e la mancanza di documentazione riguardante la stagione espositiva dell'ultimo periodo, influenzata dalla crisi sanitaria nazionale, non ha assicurato una certa mole e qualità di dati di input per l'elaborazione richiesta. Tale elaborazione può essere effettuata nel caso siano rese disponibili almeno le curve di carico elettriche orarie.

Aggregando i risultati ottenuti con l'analisi del fabbisogno dell'edificio teatrale si ottiene la curva di durata di raffrescamento per gli edifici pubblici affacciati a Piazza De Ferrari.

### 3.4 Curva di carico elettrico complessiva

Dai dati disponibili per i singoli edifici è stato possibile costruire la curva di consumo elettrico mensile per un anno di riferimento come risultato dell'analisi dei consumi di baseline precedentemente presentata.

Figura 3.42 – Andamento consumi mensili di energia elettrica distretto energetico.



L'andamento degli assorbimenti elettrici mostra un aumento dei valori durante il periodo estivo causato dal fabbisogno di energia frigorifera per il servizio di raffrescamento degli edifici coinvolti. Si ricorda come tale servizio sia disponibile per il Teatro "Carlo Felice" e il Palazzo Ducale. In corrispondenza del mese di agosto si riscontra una diminuzione del valore di energia consumata associabile al periodo estivo di chiusura.

Non è stato possibile costruire la curva di carico elettrica complessiva in quanto non si dispongono delle curve di carico orarie di tutti gli edifici costituenti il distretto energetico.

### 3.5 Costi di esercizio degli edifici nello stato di fatto (costi energetici e di manutenzione)

Nel presente Capitolo si vuole presentare la baseline economica di ogni sito, relativa ai costi degli scenari di baseline attraverso l'analisi dei costi delle fatture o degli analoghi documenti, come elencati per ogni edificio al capitolo 3.1

La valutazione dei costi relativi alla fornitura dei vettori energetici ed agli oneri di gestione e manutenzione dei siti, metterà in evidenza l'eventuale variabilità dei costi che si è verificata nei periodi analizzati e individuerà le tariffe utili, di seguito elencate e definite come da Capitolato tecnico, intese come costi unitari complessivi, per la realizzazione dell'analisi costi-benefici dal punto di vista del singolo edificio.

- $CU_Q$  [€/kWh]: è il costo unitario dell'energia termica: si considera il valore relativo all'ultimo anno a disposizione; nel caso di contratti di gestione calore comprensivi del vettore, si prenderà in considerazione il costo complessivo del canone;

- $CU_{EE}$  [€/kWh]: è il costo unitario dell'energia elettrica: si considera il valore relativo all'ultimo anno a disposizione;
- $C_{MO}$  [€/anno]: è il costo per la gestione e manutenzione ordinaria, totale per impianto termico ed elettrico;
- $C_{MS}$  [€/anno]: è il costo per la manutenzione straordinaria: si considera la media relativa agli stessi anni considerati per il rilevamento dei consumi storici; si intende valore totale per impianto termico ed elettrico.

I costi unitari dei vettori energetici, moltiplicati per i consumi normalizzati di baseline, definiscono la baseline dei costi energetici, che verrà utilizzata per la definizione dei risparmi economici conseguibili a seguito dell'allaccio dell'utenza alle reti.

La baseline economica viene definita quindi 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:

$$CE = Q_{baseline} \times CU_Q + EE_{baseline} \times CU_{EE}$$

La baseline economica per ciascun sito pre-intervento è pertanto uguale a:

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

In presenza di canone di gestione calore o similari la formulazione del costo per la parte termica avrà una componente canone unica che comprenderà il costo del vettore e di gestione e manutenzione.

### 3.5.1 Teatro dell'Opera "Carlo Felice"

L'analisi dei costi relativi alla fornitura dei vettori energetici dell'edificio è stata fatta sulla base dei documenti riportati al capitolo 3.1.1 e riguarda le stesse annualità considerate per la costituzione delle baseline energetiche, pertanto si assumono come periodi di riferimento il triennio 2017, 2018 e 2019 per quanto riguarda la spesa di energia termica, ed il quadriennio 2016, 2017, 2018 e 2019 per quanto riguarda la spesa di energia elettrica.

#### Energia Termica

Per il triennio di riferimento, non sono disponibili fatture o bollette da cui estrapolare in dettaglio le spese di energia, in quanto il vettore era ricompreso all'interno del canone di un contratto di fornitura stipulato direttamente dalla PA con la società di fornitura Iren Energia S.p.A.

Non è stato dunque possibile procedere con la determinazione dei costi di baseline per quanto riguarda l'approvvigionamento del vettore termico.

**Energia Elettrica**

La fornitura del vettore elettrico avviene tramite contratto per il POD IT001E00200056, stipulato direttamente dalla PA con la società di fornitura. Non sono stati resi disponibili documenti riguardanti gli importi di spesa relativi all'energia elettrica pertanto non è stato possibile costruire i valori di costo di baseline per il vettore energetico.

**Manutenzione ordinaria**

L'analisi dei costi relativi agli oneri di gestione e manutenzione ordinaria dell'edificio si è basata sull'analisi delle spese storiche ricevute dal Comune di Genova, tuttavia, tali documenti non sono stati resi disponibili, pertanto non si è proceduto con l'elaborazione degli stessi. Per la determinazione dell'importo specifico richiesto sono stati utilizzati dei valori di letteratura derivanti da documentazione tecnica ricevuta dalle più importanti aziende di gestione calore e manutenzione impianti a livello nazionale. Dalla costruzione del costo di manutenzione è derivato un valore pari a:

$$C_{MO} = 23.574 \text{ €/anno}$$

**Manutenzione straordinaria**

Analogamente alla manutenzione ordinaria, non si è proceduto all'elaborazione e al calcolo di un costo di baseline per la manutenzione straordinaria.

**3.5.2 Palazzo Ducale**

L'analisi dei costi relativi alla fornitura dei vettori energetici dell'edificio è stata fatta sulla base dei documenti riportati al capitolo 3.1.2 e riguarda le stesse annualità considerate per la costituzione delle baseline energetiche, pertanto si assumono come periodi di riferimento il triennio 2016, 2017 e 2018 per quanto riguarda la spesa di energia termica, ed il quadriennio 2016, 2017, 2018 e 2019 per quanto riguarda la spesa di energia elettrica.

**Energia Termica**

Per il triennio di riferimento, non sono disponibili fatture o bollette da cui estrapolare in dettaglio le spese di energia, in quanto il vettore era ricompreso all'interno del canone di un contratto di fornitura stipulato direttamente dalla PA con la società di fornitura Iren Energia S.p.A.

Nella Tabella 3.27 si riportano quindi le spese annuali relative alla sola Quota combustibile estrapolate dal **Documento 2.2** (*File .pdf delle fatture relative al contratto servizio energia emesse da Iren Energia S.p.A. per la fornitura di gas metano e la manutenzione e conduzione degli impianti, relative agli anni 2016, 2017, 2018*) e dal **Documento 2.3** (*Diagnosi energetica eseguita da RINA Services S.p.A., in cui vengono analizzati i consumi dei vettori energetici per gli anni 2016, 2017 e 2018*).

**Tabella 3.27 - Costi relativi alla fornitura di energia termica del Palazzo Ducale**

Costi relativi alla fornitura di energia termica del Palazzo Ducale						
Anno	Fornitore (sigla)	Imponibile combustibile [€]	IVA [€]	Quota combustibile [€]	Consumo energia [kWh]	Costo unitario dell'energia [€/kWh]
2016	Iren	73.073 €	15.154 €	88.227 €	1.388.178	0,0526
2017	Iren	84.772 €	15.047 €	99.819 €	1.581.555	0,0536
2018	Iren	91.433 €	15.941 €	107.374 €	1.682.447	0,0543

Si può osservare come il costo unitario dell'energia termica nel triennio di riferimento sia rimasto costante nel tempo.

Negli anni successivi al triennio di riferimento, la fornitura di energia è stata esclusa dal canone del servizio energia stipulato con Iren Energia S.p.A. ed è stata affidata ad Estra Energie S.r.l., quindi per il Palazzo Ducale non occorre far ricorso ad una componente canone unica comprendente il costo del vettore e di gestione e manutenzione ma si può definire il fattore  $CU_Q$ , assunto pari al valore relativo all'ultimo anno a disposizione, ovvero:

$$CU_Q = 0,0543 \text{ €/kWh}$$

#### Energia Elettrica

La fornitura del vettore elettrico avviene tramite contratto per i POD IT001E00097680 e IT001E00097691, stipulato direttamente dalla PA con la società di fornitura. È stato quindi possibile effettuare un'analisi di dettaglio dei costi fatturati.

Nella Tabella 3.28 si riportano quindi le spese per singolo mese estrapolate dal **Documento 2.3**: (File .pdf delle bollette emesse da Iren Mercato S.p.A. per la fornitura di energia elettrica ai POD IT001E00097680 e IT001E00097691, relative a tutti i mesi degli anni 2017, 2018 e 2019) e dal **Documento 2.3** (Diagnosi energetica eseguita da RINA Services S.p.A., in cui vengono analizzati i consumi dei vettori energetici per gli anni 2016, 2017 e 2018). Si fa presente che i consumi riportati sono risultato della somma dei singoli consumi mensili di ogni POD a disposizione.

Si precisa inoltre che le spese riportate si riferiscono al mese di riferimento e non al consumo rilevato associato, questo perché succede che per alcune mensilità vengano fatturati dei consumi stimati e non effettivi, con conseguenti conguagli dopo l'effettiva lettura. Fa fede in ogni caso il confronto tra spese totali annue e consumi totali annui.

**Tabella 3.28 - Costi relativi alla fornitura di energia elettrica del Palazzo Ducale**

Costi relativi alla fornitura di energia elettrica del Palazzo Ducale						
Mese/anno	Fornitore (sigla)	Imponibile EE [€]	IVA [€]	Quota EE [€]	Consumo energia [kWh]	Costo unitario dell'energia [€/kWh]
gennaio-16	Iren	23.760 €	5.227 €	28.987 €	156.464	0,1519
febbraio-16	Iren	20.934 €	4.605 €	25.539 €	137.638	0,1521
marzo-16	Iren	20.448 €	4.498 €	24.946 €	130.349	0,1569
aprile-16	Iren	18.603 €	4.093 €	22.696 €	124.429	0,1495
maggio-16	Iren	18.993 €	4.179 €	23.172 €	128.836	0,1474
giugno-16	Iren	23.389 €	5.146 €	28.535 €	157.090	0,1489
luglio-16	Iren	19.702 €	4.335 €	24.037 €	133.335	0,1478
agosto-16	Iren	16.608 €	3.654 €	20.262 €	110.181	0,1507
settembre-16	Iren	14.389 €	3.165 €	17.554 €	91.365	0,1575
ottobre-16	Iren	17.010 €	3.742 €	20.752 €	115.921	0,1467
novembre-16	Iren	21.757 €	4.787 €	26.544 €	149.845	0,1452
dicembre-16	Iren	24.587 €	5.409 €	29.996 €	171.476	0,1434
<b>Totale annuo</b>		<b>240.180 €</b>	<b>52.840 €</b>	<b>293.020 €</b>	<b>1.606.929</b>	<b>0,1495</b>
gennaio-17	Iren	20.839 €	4.585 €	25.424 €	139.106	0,1498
febbraio-17	Iren	17.916 €	3.942 €	21.857 €	118.898	0,1507
marzo-17	Iren	17.467 €	3.843 €	21.310 €	112.579	0,1551
aprile-17	Iren	15.916 €	3.502 €	19.417 €	107.143	0,1486
maggio-17	Iren	16.229 €	3.570 €	19.800 €	110.672	0,1466
giugno-17	Iren	19.893 €	4.377 €	24.270 €	133.987	0,1485
luglio-17	Iren	16.784 €	3.693 €	20.490 €	113.816	0,1475
agosto-17	Iren	14.144 €	3.112 €	17.255 €	94.032	0,1504
settembre-17	Iren	12.151 €	2.673 €	14.824 €	78.233	0,1553
ottobre-17	Iren	14.543 €	3.199 €	17.743 €	98.933	0,1470
novembre-17	Iren	18.647 €	4.102 €	22.748 €	128.825	0,1447
dicembre-17	Iren	21.048 €	4.631 €	25.684 €	147.006	0,1432
<b>Totale annuo</b>		<b>205.577 €</b>	<b>45.227 €</b>	<b>250.822 €</b>	<b>1.383.230</b>	<b>0,1486</b>
gennaio-18	Iren	21.256 €	4.676 €	25.932 €	141.616	0,1501
febbraio-18	Iren	20.209 €	4.446 €	24.656 €	133.213	0,1517
marzo-18	Iren	20.113 €	4.425 €	24.537 €	132.545	0,1517
aprile-18	Iren	16.774 €	3.690 €	20.464 €	108.481	0,1546
maggio-18	Iren	17.547 €	3.860 €	21.407 €	113.775	0,1542
giugno-18	Iren	20.969 €	4.613 €	25.582 €	135.876	0,1543
luglio-18	Iren	21.247 €	4.674 €	25.921 €	143.905	0,1476
agosto-18	Iren	21.562 €	4.744 €	26.305 €	145.535	0,1482
settembre-18	Iren	16.856 €	3.708 €	20.564 €	111.596	0,1510
ottobre-18	Iren	20.109 €	4.424 €	24.539 €	134.047	0,1500
novembre-18	Iren	21.376 €	4.703 €	26.079 €	144.661	0,1478
dicembre-18	Iren	21.419 €	4.712 €	26.131 €	143.133	0,1496

Costi relativi alla fornitura di energia elettrica del Palazzo Ducale						
Mese/anno	Fornitore (sigla)	Imponibile EE [€]	IVA [€]	Quota EE [€]	Consumo energia [kWh]	Costo unitario dell'energia [€/kWh]
<b>Totale annuo</b>		239.435 €	52.676 €	<b>292.117 €</b>	1.588.383	<b>0,1507</b>
gennaio-19	Iren	24.820 €	5.457 €	30.277 €	147.377	0,1684
febbraio-19	Iren	21.450 €	4.719 €	26.169 €	125.958	0,1703
marzo-19	Iren	19.217 €	4.226 €	23.443 €	110.867	0,1733
aprile-19	Iren	-538 €	23.200 €	22.662 €	106.003	- 0,0051
maggio-19	Iren	18.577 €	4.087 €	22.664 €	106.498	0,1744
giugno-19	Iren	23.478 €	5.165 €	28.644 €	133.683	0,1756
luglio-19	Iren	29.209 €	6.426 €	35.635 €	168.674	0,1732
agosto-19	Iren	28.472 €	6.264 €	34.735 €	167.028	0,1705
settembre-19	Iren	20.090 €	4.420 €	24.510 €	116.111	0,1730
ottobre-19	Iren	24.677 €	5.385 €	30.062 €	139.444	0,1770
novembre-19	Iren	21.131 €	4.649 €	25.780 €	119.962	0,1762
dicembre-19	Iren	22.097 €	4.861 €	26.958 €	129.100	0,1712
<b>Totale annuo</b>		252.679 €	78.858 €	<b>331.537 €</b>	1.570.705	<b>0,1609</b>

Il costo unitario dell'energia elettrica nel quadriennio di riferimento mantiene una certa costanza nel tempo, aumentando solamente nell'ultimo anno.

Ai fini della costituzione della baseline economica, si considera quindi il costo unitario relativo all'ultimo anno a disposizione, in questo caso il 2019, e dunque, per l'edificio in oggetto:

$$CU_{EE} = 0,1609 \text{ €/kWh}$$

#### Manutenzione ordinaria

L'analisi dei costi relativi agli oneri di gestione e manutenzione dell'edificio si è basata sull'analisi delle spese storiche ricevute dal Comune di Genova.

Nel caso in oggetto, quindi, i dati di spesa sono stati estrapolati dal **Documento 2.2** (*File .pdf delle fatture relative al contratto servizio energia emesse da Iren Energia S.p.A. per la fornitura di gas metano e la manutenzione e conduzione degli impianti, relative agli anni 2016, 2017, 2018*).

Per quanto riguarda gli impianti termici quindi, gli importi di spesa sono contenuti nel suddetto contratto di servizio energia stipulato dalla PA con la società di fornitura.

Il contratto viene rinnovato di anno in anno e ha per oggetto l'effettuazione di un servizio che comprende:

- Interventi di manutenzione ordinaria e reperibilità



- Operazioni previste dalla legge regionale n. 24/02;
- Assunzione del ruolo di Terzo Responsabile dell'impianto termico
- Interventi in reperibilità relativi ai due gruppi refrigeratori (esclusa la manutenzione ordinaria, programmata e preventiva)

Gli estremi di durata del contratto coincidono con l'inizio di una stagione termica e l'inizio della successiva, pertanto per analizzare le spese negli anni considerati per il rilevamento dei consumi storici, si fa riferimento alle stagioni termiche 2016-2017 e 2017-2018, che rappresentano inoltre, a livello di documenti di spesa ricevuti, le uniche stagioni complete.

Gli importi di spesa forniti si riportano quindi nella seguente tabella.

**Tabella 3.29 - Costi relativi alla manutenzione ordinaria del Palazzo Ducale**

Costi relativi alla manutenzione ordinaria del Palazzo Ducale				
Voce	Quota conduzione [€]	Quota manutenz. [€]	IVA [€]	Totale spesa conduzione e manutenzione [€]
<b>Stagione termica 2016-2017</b>				
1a rata contratto servizio energia - Iren Energia S.p.A.	928 €	4.197 €	204 €	5.125 €
2a rata contratto servizio energia - Iren Energia S.p.A.	928 €	4.197 €	204 €	5.125 €
3a rata contratto servizio energia - Iren Energia S.p.A.	0 €	4.197 €	0 €	4.197 €
Conguaglio inerente contratto servizio energia	7.615 €	0 €	1.675 €	7.615 €
Storno parziale sulla conduzione non dovuta	-1.856 €	0 €	-408 €	-1.856 €
<b>Totale annuo</b>	7.615 €	12.592 €	1.675 €	<b>20.207 €</b>
<b>Stagione termica 2017-2018</b>				
1a rata contratto servizio energia - Iren Energia S.p.A.	928 €	4.197 €	204 €	5.125 €
2a rata contratto servizio energia - Iren Energia S.p.A.	928 €	4.197 €	204 €	5.125 €
Quota conduzione relativa contratto servizio energia	2.677 €	0 €	589 €	2.677 €
3a rata contratto servizio energia - Iren Energia S.p.A.	0 €	3.905 €	0 €	3.905 €
Conguaglio inerente contratto servizio energia	0 €	1.540 €	0 €	1.540 €
<b>Totale annuo</b>	4.533 €	13.839 €	997 €	<b>18.372 €</b>

Si può osservare che, a meno di conguagli, gli importi dei servizi di conduzione e manutenzione sono rimasti costanti nel tempo.

Per quanto riguarda le spese di manutenzione ordinaria degli impianti elettrici, non sono invece stati forniti documenti o dettagli in merito, pertanto, per l'edificio in oggetto, si assume come coefficiente  $C_{MO}$  la media dei costi sostenuti per gestione e manutenzione ordinaria degli impianti termici nelle singole stagioni disponibili, ovvero:

$$C_{MO} = 18.372 \text{ €/anno}$$

#### Manutenzione straordinaria

Analogamente alla manutenzione ordinaria, anche per la manutenzione straordinaria l'analisi dei costi si è basata sull'analisi delle spese storiche ricevute dal Comune di Genova.

Nel caso in oggetto, quindi, i dati di spesa sono stati estrapolati dal **Documento 2.2** (*File .pdf delle fatture relative al contratto servizio energia emesse da Iren Energia S.p.A. per la fornitura di gas metano e la manutenzione e conduzione degli impianti, relative agli anni 2016, 2017, 2018*) e dal **Documento 2.5**: (*File .pdf delle fatture relative agli interventi di manutenzione straordinaria sostenuti negli anni 2016, 2017 e 2018*).

I vari interventi effettuati sugli impianti termici ed elettrici, ed i relativi importi fatturati, vengono riportati nella seguente tabella. Anche in questo caso in relazione alle stagioni termiche 2016-2017 e 2017-2018.

**Tabella 3.30 – Costi relativi alla manutenzione straordinaria del Palazzo Ducale**

Costi relativi alla manutenzione straordinaria del Palazzo Ducale			
Voce	Quota lavori [€]	IVA [€]	Totale spesa conduzione e manutenzione [€]
<b>Stagione termica 2016-2017</b>			
1a rata contratto servizio energia - Iren Energia S.p.A.	15.294 €	0 €	15.294 €
2a rata contratto servizio energia - Iren Energia S.p.A.	15.294 €	0 €	15.294 €
3a rata contratto servizio energia - Iren Energia S.p.A.	15.294 €	0 €	15.294 €
Conguaglio inerente contratto servizio energia	15.294 €	0 €	15.294 €
Sostituzione del quadro di media tensione	31.000 €	0 €	31.000 €
<b>Totale annuo</b>	<b>92.177 €</b>	<b>0 €</b>	<b>92.177 €</b>
<b>Stagione termica 2017-2018</b>			
Intervento di riparazione Chiller n.2	27.400 €	6.028 €	27.400 €

Revisione compressore REFCOMP n.2 circ 1	13.080 €	2.878 €	13.080 €
Sostituzione n.3 gruppi termici	107.000 €	0 €	107.000 €
Installazione defangatore su circuito acqua refrigerata	1.500 €	0 €	1.500 €
Acconto per Realizzazione impianti soccorritori per luci emergenza	9.000 €	1.980 €	9.000 €
Saldo per Realizzazione impianti soccorritori per luci emergenza	20.350 €	4.477 €	20.350 €
<b>Totale annuo</b>	<b>178.330 €</b>	<b>15.363 €</b>	<b>178.330 €</b>

Si nota che la manutenzione straordinaria degli impianti termici nella stagione termica 2016-2017 è stata quotata come spesa fissa ricompresa in ogni rata del contratto di servizio energia, mentre nella stagione 2017-2018 gli interventi sono stati quotati singolarmente. Il coefficiente  $C_{MS}$ , definito da Capitolato tecnico come la media dei costi per manutenzione straordinaria relativi a gli stessi anni considerati per il rilevamento dei consumi storici, totali per impianto termico ed elettrico, assume quindi il valore:

$$C_{MS} = 135.253 \text{ €/anno}$$

Avendo ora definito tutti i fattori che entrano in gioco per la costituzione della baseline economica del Palazzo Ducale, si riassumono quindi nelle tabelle che seguono e si definisce infine  $C_{baseline}$ .

Ricordiamo che:

$$CE = Q_{baseline} \times CU_Q + EE_{baseline} \times CU_{EE}$$

**Tabella 3.31 - Baseline economica – componente energetica del Palazzo Ducale**

Baseline economica – componente energetica del Palazzo Ducale				
$Q_{baseline}$	$CU_Q$	$EE_{baseline}$	$EE_{baseline}$	$CE$
kWh	€/kWh	kWh	€/kWh	€
1.609.344	0,0543	1.537.312	0,1609	<b>334.740,88</b>

E che:

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

**Tabella 3.32 - Baseline dei Costi pre-intervento del Palazzo Ducale**

Baseline dei Costi pre-intervento del Palazzo Ducale			
$CE$	$C_{MO}$	$C_{MS}$	$C_{baseline}$
€	€	€	€

334.741	18.372	135.253	<b>488.366</b>
---------	--------	---------	----------------

### 3.5.3 Accademia Ligustica di Belle Arti

L'analisi dei costi relativi alla fornitura dei vettori energetici dell'edificio è stata fatta sulla base dei documenti riportati al capitolo 3.1.3 e riguarda le stesse annualità considerate per la costituzione delle baseline energetiche, pertanto si assumono come periodi di riferimento il triennio 2017, 2018 e 2019 per quanto riguarda la spesa di energia termica, ed il quadriennio 2016, 2017, 2018 e 2019 per quanto riguarda la spesa di energia elettrica.

#### Energia Termica

La fornitura del vettore termico avviene tramite contratto per il PdR I 3270020306668, stipulato direttamente dalla PA con la società di fornitura. È stato quindi possibile effettuare un'analisi di dettaglio dei costi fatturati.

Nella Tabella 3.33 si riportano quindi le spese per singolo mese estrapolate dal **Documento 3.1** (*File .pdf delle bollette e delle fatture emesse da Eni S.p.A., Energetic S.p.A., Estra Energie S.r.l. per la fornitura di gas metano al PdR 3270020306668, relative a tutti i mesi degli anni 2016, 2017, 2018 e 2019, escluso giugno 2019*).

Si precisa che le spese riportate si riferiscono al mese di riferimento e non al consumo rilevato associato, questo perché succede che per alcune mensilità vengano fatturati dei consumi stimati e non effettivi, con conseguenti conguagli dopo l'effettiva lettura. Fa fede in ogni caso il confronto tra spese totali annue e consumi totali annui.

**Tabella 3.33 - Costi relativi alla fornitura di energia termica dell'Accademia Ligustica di Belle Arti**

Costi relativi alla fornitura di energia termica dell'Accademia Ligustica di Belle Arti						
Mese/anno	Fornitore (sigla)	Imponibile Q [€]	IVA [€]	Quota Q [€]	Consumo energia [kWh]	Costo unitario dell'energia [€/kWh]
gennaio-17	Energetic	3.316 €	698 €	4.014 €	52.366	0,0633
febbraio-17	Energetic	2.345 €	516 €	2.861 €	37.576	0,0624
marzo-17	Energetic	1.845 €	406 €	2.251 €	29.315	0,0629
aprile-17	Energetic	148 €	33 €	181 €	1.036	0,1433
maggio-17	Energetic	87 €	19 €	106 €	-	-
giugno-17	Energetic	87 €	19 €	106 €	-	-
luglio-17	Energetic	87 €	19 €	106 €	-	-
agosto-17	Energetic	87 €	19 €	106 €	-	-
settembre-17	Energetic	87 €	19 €	106 €	-	-
ottobre-17	Energetic	97 €	21 €	119 €	170	0,5732
novembre-17	Energetic	1.356 €	298 €	1.654 €	21.562	0,0629
dicembre-17	Energetic	2.334 €	513 €	2.847 €	38.226	0,0611

Costi relativi alla fornitura di energia termica dell'Accademia Ligustica di Belle Arti						
Mese/anno	Fornitore (sigla)	Imponibile Q [€]	IVA [€]	Quota Q [€]	Consumo energia [kWh]	Costo unitario dell'energia [€/kWh]
<b>Totale annuo</b>		11.878 €	2.582 €	<b>14.460 €</b>	180.252	<b>0,0659</b>
gennaio-18	Energetic	2.779 €	579 €	3.358 €	41.618	0,0668
febbraio-18	Energetic	3.886 €	855 €	4.741 €	61.202	0,0635
marzo-18	Energetic	3.389 €	746 €	4.135 €	53.204	0,0637
aprile-18	Energetic	933 €	205 €	1.138 €	14.366	0,0649
maggio-18	Estra	88 €	19 €	107 €	-	-
giugno-18	Estra	85 €	19 €	103 €	-	-
luglio-18	Estra	88 €	19 €	107 €	-	-
agosto-18	Estra	88 €	19 €	107 €	-	-
settembre-18	Estra	85 €	19 €	104 €	9	9,0531
ottobre-18	Estra	135 €	30 €	165 €	716	0,1890
novembre-18	Estra	2.066 €	455 €	2.521 €	29.767	0,0694
dicembre-18	Estra	2.533 €	557 €	3.090 €	38.226	0,0663
<b>Totale annuo</b>		16.155 €	3.522 €	<b>19.677 €</b>	239.108	<b>0,0676</b>
gennaio-19	Estra	2.636 €	544 €	3.180 €	57.650	0,0457
febbraio-19	Estra	5.056 €	1.112 €	6.169 €	52.083	0,0971
marzo-19	Estra	1.962 €	432 €	2.393 €	27.685	0,0709
aprile-19	Estra	1.522 €	335 €	1.857 €	23.823	0,0639
maggio-19	Estra	467 €	103 €	570 €	5.774	0,0809
giugno-19	Estra	0 €	0 €	0 €	-	-
luglio-19	Estra	90 €	19 €	109 €	-	-
agosto-19	Estra	87 €	19 €	106 €	38	2,2999
settembre-19	Estra	90 €	20 €	109 €	47	1,9008
ottobre-19	Estra	87 €	19 €	106 €	2.459	0,0352
novembre-19	Estra	2.054 €	452 €	2.506 €	36.974	0,0555
dicembre-19	Estra	3.161 €	695 €	3.856 €	36.983	0,0855
<b>Totale annuo</b>		17.211 €	3.749 €	<b>20.961 €</b>	243.516	<b>0,0707</b>

Si può osservare come il costo unitario dell'energia termica nel triennio di riferimento sia cresciuto costantemente nel tempo.

Ai fini della costituzione della baseline economica, si considera quindi il costo unitario relativo all'ultimo anno a disposizione, in questo caso il 2019, e dunque, per l'edificio in oggetto:

$$CU_Q = 0,0707 \text{ €/kWh}$$

#### Energia Elettrica

La fornitura del vettore elettrico avviene tramite contratto per il POD IT001E00097668, stipulato direttamente dalla PA con la società di fornitura. È stato quindi possibile anche per il vettore elettrico effettuare un'analisi di dettaglio dei costi fatturati.

Nella Tabella 3.34 si riportano quindi le spese per singolo mese estrapolate dal **Documento 3.3**: (File .pdf delle bollette e delle fatture emesse da Gala S.p.A., Iren Mercato S.p.A., Enel Energia S.p.A e Global Power S.p.A. per la fornitura di energia elettrica al POD IT001E00097668, relative a tutti i mesi degli anni 2016, 2017, 2018 e 2019).

Si precisa inoltre che le spese riportate si riferiscono al mese di riferimento e non al consumo rilevato associato, questo perché succede che per alcune mensilità vengano fatturati dei consumi stimati e non effettivi, con conseguenti conguagli dopo l'effettiva lettura. Fa fede in ogni caso il confronto tra spese totali annue e consumi totali annui.

**Tabella 3.34 - Costi relativi alla fornitura di energia elettrica dell'Accademia Ligustica di Belle Arti**

Costi relativi alla fornitura di energia elettrica dell'Accademia Ligustica di Belle Arti						
Mese/anno	Fornitore (sigla)	Imponibile EE [€]	IVA [€]	Quota EE [€]	Consumo energia [kWh]	Costo unitario dell'energia [€/kWh]
gennaio-16	Gala	883 €	194 €	1.077 €	7.043	0,1254
febbraio-16	Gala	1.082 €	238 €	1.319 €	6.922	0,1562
marzo-16	Gala	1.378 €	303 €	1.682 €	6.900	0,1998
aprile-16	Iren	0 €	0 €	0 €	5.990	-
maggio-16	Iren	1.937 €	426 €	2.364 €	6.357	0,3048
giugno-16	Iren	938 €	206 €	1.144 €	5.810	0,1614
luglio-16	Iren	1.095 €	241 €	1.336 €	6.317	0,1733
agosto-16	Iren	977 €	215 €	1.192 €	5.904	0,1654
settembre-16	Iren	1.051 €	231 €	1.282 €	6.060	0,1734
ottobre-16	Iren	1.123 €	247 €	1.370 €	6.175	0,1818
novembre-16	Iren	1.274 €	280 €	1.554 €	6.640	0,1918
dicembre-16	Iren	1.680 €	370 €	2.050 €	9.190	0,1828
<b>Totale annuo</b>		<b>13.416 €</b>	<b>2.952 €</b>	<b>16.368 €</b>	<b>79.308</b>	<b>0,1692</b>
gennaio-17	Iren	1.814 €	399 €	2.213 €	9.192	0,1974
febbraio-17	Iren	1.456 €	320 €	1.777 €	8.303	0,1754
marzo-17	Iren	1.466 €	322 €	1.788 €	9.193	0,1594
aprile-17	Iren	80 €	18 €	98 €	-	-
maggio-17	Iren	1.105 €	243 €	1.348 €	6.955	0,1588
giugno-17	Iren	1.059 €	233 €	1.292 €	6.234	0,1699
luglio-17	Iren	1.113 €	245 €	1.357 €	6.444	0,1727
agosto-17	Iren	1.154 €	254 €	1.408 €	6.443	0,1791
settembre-17	Iren	1.058 €	233 €	1.290 €	6.236	0,1696
ottobre-17	Iren	1.118 €	246 €	1.363 €	6.444	0,1734
novembre-17	Iren	1.186 €	261 €	1.447 €	6.237	0,1902
dicembre-17	Iren	1.426 €	314 €	1.740 €	7.708	0,1850
<b>Totale annuo</b>		<b>14.034 €</b>	<b>3.087 €</b>	<b>17.121 €</b>	<b>79.389</b>	<b>0,1768</b>
gennaio-18	Iren	1.186 €	261 €	1.447 €	7.710	0,1539
febbraio-18	Iren	1.138 €	250 €	1.388 €	6.964	0,1634

Costi relativi alla fornitura di energia elettrica dell'Accademia Ligustica di Belle Arti						
Mese/anno	Fornitore (sigla)	Imponibile EE [€]	IVA [€]	Quota EE [€]	Consumo energia [kWh]	Costo unitario dell'energia [€/kWh]
marzo-18	Iren	1.291 €	284 €	1.575 €	7.711	0,1674
aprile-18	Iren	1.006 €	221 €	1.228 €	6.042	0,1666
maggio-18	Enel Energia	744 €	164 €	908 €	7.136	0,1043
giugno-18	Enel Energia	758 €	167 €	924 €	6.908	0,1097
luglio-18	Enel Energia	836 €	184 €	1.020 €	7.138	0,1171
agosto-18	Enel Energia	819 €	180 €	1.000 €	7.137	0,1148
settembre-18	Enel Energia	713 €	157 €	869 €	6.909	0,1031
ottobre-18	Enel Energia	743 €	163 €	906 €	7.137	0,1041
novembre-18	Enel Energia	766 €	169 €	935 €	6.907	0,1110
dicembre-18	Enel Energia	2.899 €	638 €	3.537 €	6.789	0,4270
<b>Totale annuo</b>		<b>12.899 €</b>	<b>2.838 €</b>	<b>15.737 €</b>	<b>84.488</b>	<b>0,1527</b>
gennaio-19	Enel Energia	1.145 €	252 €	1.397 €	6.059	0,1890
febbraio-19	Enel Energia	1.030 €	227 €	1.257 €	5.472	0,1882
marzo-19	Enel Energia	637 €	140 €	778 €	6.057	0,1052
aprile-19	Enel Energia	907 €	200 €	1.106 €	5.428	0,1671
maggio-19	Global Power	1.470 €	323 €	1.794 €	5.328	0,2760
giugno-19	Global Power	795 €	175 €	970 €	5.156	0,1543
luglio-19	Global Power	1.097 €	241 €	1.338 €	4.871	0,2252
agosto-19	Global Power	812 €	179 €	990 €	5.141	0,1579
settembre-19	Global Power	1.000 €	220 €	1.220 €	4.976	0,2009
ottobre-19	Global Power	861 €	189 €	1.051 €	5.511	0,1563
novembre-19	Global Power	968 €	213 €	1.181 €	5.107	0,1895
dicembre-19	Global Power	370 €	81 €	452 €	5.278	0,0702
<b>Totale annuo</b>		<b>11.093 €</b>	<b>2.440 €</b>	<b>13.534 €</b>	<b>64.384</b>	<b>0,1723</b>

Il costo unitario dell'energia elettrica nel quadriennio di riferimento varia di anno in anno senza che vi sia una crescita o decrescita costante, probabilmente a causa delle diverse tariffe applicate dai diversi fornitori.

Ai fini della costituzione della baseline economica, si considera quindi il costo unitario relativo all'ultimo anno a disposizione, in questo caso il 2019, e dunque, per l'edificio in oggetto:

$$CU_{EE} = 0,1723 \text{ €/kWh}$$

#### Manutenzione ordinaria

L'analisi dei costi relativi agli oneri di gestione e manutenzione dell'edificio si è basata sull'analisi delle spese storiche ricevute dal Comune di Genova.



Nel caso in oggetto, quindi, i dati di spesa sono stati estrapolati dal **Documento 3.5: File Excel (.xlsx)** contenente il riepilogo delle spese sostenute per manutenzione e conduzione degli impianti;

Data la natura dell'input, non è possibile aggiungere dettagli in merito al contratto di gestione e manutenzione dell'edificio, pertanto si riportano direttamente gli importi di spesa così come comunicati nella seguente tabella:

**Tabella 3.35 - Costi relativi alla manutenzione ordinaria dell'Accademia Ligustica di Belle Arti**

Costi relativi alla manutenzione ordinaria dell'Accademia Ligustica di Belle Arti				
Voce	Società	Imponibile fattura [€]	IVA [€]	Totale spesa conduzione e manutenzione [€]
<b>Anno 2017</b>				
Fattura 000538/PA dal 03/01/2017 al 02/04/2017	Antas S.r.l.	744 €	164 €	744 €
Fattura 000971/PA dal 03/04/2017 al 02/07/2017	Antas S.r.l.	744 €	164 €	744 €
Fattura 000642/PA dal 03/07/2017 al 02/10/2017	Antas S.r.l.	744 €	164 €	744 €
Fattura 000766/PA dal 03/10/2017 al 02/01/2018	Antas S.r.l.	747 €	164 €	747 €
<b>Totale annuo</b>		2.980 €	656 €	<b>2.980 €</b>
<b>Anno 2018</b>				
Fattura 000770/PA dal 03/01/2018 al 02/04/2018	Antas S.r.l.	745 €	164 €	745 €
Fattura 001387/PA dal 03/04/2018 al 02/07/2018	Antas S.r.l.	745 €	164 €	745 €
Fattura 002336/PA dal 03/07/2018 al 02/10/2018	Antas S.r.l.	745 €	164 €	745 €
Fattura 000437/PA dal 03/10/2018 al 02/01/2019	Antas S.r.l.	752 €	166 €	752 €
<b>Totale annuo</b>		2.987 €	657 €	<b>2.987 €</b>
<b>Anno 2019</b>				
Fattura 001034/PA dal 03/01/2019 al 02/04/2019	Antas S.r.l.	752 €	166 €	752 €
Fattura 001337/PA dal 03/04/2019 al 02/07/2019	Antas S.r.l.	752 €	166 €	752 €
Fattura 001810/PA dal 03/07/2019 al 02/10/2019	Antas S.r.l.	752 €	166 €	752 €
Fattura 000678/PA dal 03/10/2018 al 02/01/2019	Antas S.r.l.	41 €	9 €	41 €
	Antas S.r.l.	752 €	166 €	752 €

Fattura 000698/PA dal 03/10/2019 al 02/01/2020				
<b>Totale annuo</b>		3.051 €	671 €	<b>3.051 €</b>

Si può osservare che gli importi dei servizi di conduzione e manutenzione hanno subito un aumento solo dalla fine dell'anno 2018.

Si assume quindi di attribuire come coefficiente  $C_{MO}$  dell'Accademia Ligustica di Belle Arti la media dei costi sostenuti per gestione e manutenzione ordinaria degli impianti termici nelle singole annualità disponibili, ovvero:

$$C_{MO} = 3.006 \text{ €/anno}$$

L'importo di manutenzione ordinaria individuato comprende la totalità degli elementi dell'impianto di riscaldamento compreso il circuito di distribuzione secondario e il sistema di emissione. Ai fini dell'analisi richiesta per il distretto energetico si è individuato un valore di manutenzione riferito alla generazione e al circuito primario, oggetto di intervento di sostituzione con una rete di teleriscaldamento. Dall'analisi della documentazione tecnica da letteratura è emerso un valore di manutenzione ordinaria pari a:

$$C_{MO} = 2.432 \text{ €/anno}$$

#### Manutenzione straordinaria

Per quanto riguarda la spesa per la manutenzione straordinaria per l'edificio in oggetto, non è stato fornito alcun documento o dettaglio in merito. Pertanto, tenendo in considerazione anche quello che è lo stato di fatto impiantistico, il coefficiente  $C_{MS}$  per l'Accademia Ligustica di Belle Arti è assunto pari a 0.

$$C_{MS} = 0 \text{ €/anno}$$

Avendo ora definito tutti i fattori che entrano in gioco per la costituzione della baseline economica dell'Accademia Ligustica, si riassumono quindi nelle tabelle che seguono e si definisce infine  $C_{baseline}$ .

Ricordiamo che:

$$CE = Q_{baseline} \times CU_Q + EE_{baseline} \times CU_{EE}$$

**Tabella 3.36 - Baseline economica – componente energetica dell'Accademia Ligustica di Belle Arti**

Baseline economica – componente energetica dell'Accademia Ligustica di Belle Arti				
$Q_{baseline}$	$CU_Q$	$EE_{baseline}$	$EE_{baseline}$	$CE$
kWh	€/kWh	kWh	€/kWh	€
222.227	0,0707	78.347	0,1723	<b>29.210,64</b>

E che:

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

**Tabella 3.37 - Baseline dei Costi pre-intervento dell'Accademia Ligustica di Belle Arti**

Baseline dei Costi pre-intervento dell'Accademia Ligustica di Belle Arti			
CE	C <sub>MO</sub>	C <sub>MS</sub>	C <sub>baseline</sub>
€	€	€	€
29.211	2.432	0	<b>31.643</b>

### 3.5.4 *Diurno*

Attualmente gli spazi interni e i servizi di accoglienza del Diurno non sono utilizzati pertanto non sono presenti delle bollette di consumi energetici, pur essendo presenti delle utenze specifiche attualmente non attive. Alla luce di questo, non è possibile costruire una baseline economica come fatto per gli altri edifici del distretto energetico.

### 3.5.5 *Fontana di Piazza De Ferrari*

L'analisi dei costi relativi alla fornitura del vettore energetico del sito è stata fatta sulla base dei documenti riportati al capitolo 3.1.5 e riguarda le stesse annualità considerate per la costituzione delle baseline energetiche, pertanto si assume come periodo di riferimento il quadriennio 2016, 2017, 2018 e 2019.

#### Energia Elettrica

La fornitura del vettore elettrico avviene tramite contratto per il POD IT001E00098719, stipulato direttamente dalla PA con la società di fornitura. È stato quindi possibile effettuare un'analisi di dettaglio dei costi fatturati.

Nella Tabella 3.38 si riportano quindi le spese per singolo mese estrapolate dal **Documento 5.1**: (*File .pdf delle bollette e delle fatture emesse da Gala S.p.A., Iren Mercato S.p.A., Enel Energia S.p.A e Global Power S.p.A. per la fornitura di energia elettrica al POD IT001E00098719, relative a tutti i mesi degli anni 2016, 2017, 2018 e 2019, ad esclusione di dicembre 2018*).

Si precisa inoltre che le spese riportate si riferiscono al mese di riferimento e non al consumo rilevato associato, questo perché succede che per alcune mensilità vengano fatturati dei consumi stimati e non effettivi, con conseguenti conguagli dopo l'effettiva lettura. Fa fede in ogni caso il confronto tra spese totali annue e consumi totali annui.

**Tabella 3.38 - Costi relativi alla fornitura di energia elettrica della Fontana di Piazza De Ferrari**

#### Costi relativi alla fornitura di energia elettrica della Fontana di Piazza De Ferrari

Mese/anno	Fornitore (sigla)	Imponibile EE [€]	IVA [€]	Quota EE [€]	Consumo energia [kWh]	Costo unitario dell'energia [€/kWh]
gennaio-16	Gala	5.988 €	1.317 €	7.306 €	37.066	0,1616
febbraio-16	Gala	5.584 €	1.228 €	6.812 €	30.373	0,1838
marzo-16	Gala	5.935 €	1.306 €	7.241 €	46.370	0,1280
aprile-16	Iren	7.133 €	1.569 €	8.702 €	47.928	0,1488
maggio-16	Iren	7.673 €	1.688 €	9.361 €	50.517	0,1519
giugno-16	Iren	7.334 €	1.613 €	8.948 €	47.280	0,1551
luglio-16	Iren	6.535 €	1.438 €	7.973 €	38.961	0,1677
agosto-16	Iren	6.504 €	1.431 €	7.935 €	39.982	0,1627
settembre-16	Iren	6.822 €	1.501 €	8.323 €	40.002	0,1706
ottobre-16	Iren	6.566 €	1.444 €	8.010 €	37.291	0,1761
novembre-16	Iren	6.484 €	1.427 €	7.911 €	35.535	0,1825
dicembre-16	Iren	5.184 €	1.140 €	6.324 €	28.489	0,1819
<b>Totale annuo</b>		<b>77.743 €</b>	<b>17.103 €</b>	<b>94.846 €</b>	<b>479.794</b>	<b>0,1620</b>
gennaio-17	Iren	8.501 €	1.870 €	10.371 €	44.546	0,1908
febbraio-17	Iren	7.709 €	1.696 €	9.405 €	44.743	0,1723
marzo-17	Iren	8.096 €	1.781 €	9.877 €	51.340	0,1577
aprile-17	Iren	7.652 €	1.683 €	9.335 €	50.259	0,1522
maggio-17	Iren	6.633 €	1.459 €	8.092 €	43.530	0,1524
giugno-17	Iren	7.973 €	1.754 €	9.727 €	50.117	0,1591
luglio-17	Iren	8.648 €	1.902 €	10.550 €	53.700	0,1610
agosto-17	Iren	8.972 €	1.974 €	10.946 €	53.350	0,1682
settembre-17	Iren	8.341 €	1.835 €	10.175 €	52.455	0,1590
ottobre-17	Iren	4.734 €	1.042 €	5.776 €	28.110	0,1684
novembre-17	Iren	8.060 €	1.773 €	9.833 €	45.130	0,1786
dicembre-17	Iren	7.906 €	1.739 €	9.645 €	45.084	0,1754
<b>Totale annuo</b>		<b>93.223 €</b>	<b>20.509 €</b>	<b>113.732 €</b>	<b>562.364</b>	<b>0,1658</b>
gennaio-18	Iren	7.425 €	1.633 €	9.058 €	49.696	0,1494
febbraio-18	Iren	6.127 €	1.348 €	7.474 €	37.799	0,1621
marzo-18	Iren	7.279 €	1.601 €	8.881 €	42.641	0,1707
aprile-18	Iren	7.862 €	1.730 €	9.592 €	51.697	0,1521
maggio-18	Enel Energia	8.365 €	1.840 €	10.206 €	54.462	0,1536
giugno-18	Enel Energia	8.787 €	1.933 €	10.721 €	57.656	0,1524
luglio-18	Enel Energia	8.718 €	1.918 €	10.635 €	59.576	0,1463
agosto-18	Enel Energia	8.216 €	1.808 €	10.024 €	55.900	0,1470
settembre-18	Enel Energia	8.358 €	1.839 €	10.197 €	56.941	0,1468
ottobre-18	Enel Energia	8.345 €	1.836 €	10.180 €	56.608	0,1474
novembre-18	Enel Energia	6.278 €	1.381 €	7.660 €	41.678	0,1506
dicembre-18						-
<b>Totale annuo</b>		<b>85.760 €</b>	<b>18.867 €</b>	<b>104.627 €</b>	<b>564.654</b>	<b>0,1519</b>
gennaio-19	Enel Energia	6.272 €	1.380 €	7.652 €	40.966	0,1531

febbraio-19	Enel Energia	6.283 €	1.382 €	7.665 €	41.006	0,1532
marzo-19	Enel Energia	6.203 €	1.365 €	7.568 €	40.426	0,1534
aprile-19	Enel Energia	7.090 €	1.560 €	8.650 €	44.605	0,1590
maggio-19	Global Power	9.251 €	2.035 €	11.287 €	56.361	0,1641
giugno-19	Global Power	9.722 €	2.139 €	11.861 €	57.552	0,1689
luglio-19	Global Power	10.554 €	2.322 €	12.876 €	59.470	0,1775
agosto-19	Global Power	9.242 €	2.033 €	11.275 €	59.471	0,1554
settembre-19	Global Power	10.507 €	2.312 €	12.819 €	53.434	0,1966
ottobre-19	Global Power	9.612 €	2.115 €	11.726 €	55.302	0,1738
novembre-19	Global Power	6.510 €	1.432 €	7.942 €	61.272	0,1062
dicembre-19	Global Power	8.684 €	1.910 €	10.594 €	27.785	0,3125
<b>Totale annuo</b>		<b>99.930 €</b>	<b>21.985 €</b>	<b>121.915 €</b>	<b>597.650</b>	<b>0,1672</b>

Il costo unitario dell'energia elettrica nel quadriennio di riferimento varia di anno in anno senza che vi sia una crescita o decrescita costante, probabilmente a causa delle diverse tariffe applicate dai diversi fornitori.

Ai fini della costituzione della baseline economica, si considera quindi il costo unitario relativo all'ultimo anno a disposizione, in questo caso il 2019, e dunque, per il sito in oggetto:

$$CU_{EE} = 0,1672 \text{ €/kWh}$$

#### Manutenzione ordinaria

Per quanto riguarda le spese per la manutenzione ordinaria, non sono stati forniti importi di spesa. Pertanto, tenendo in considerazione anche quello che è lo stato di fatto impiantistico, il coefficiente  $C_{MO}$  per la Fontana di Piazza De Ferrari è assunto pari a 0.

$$C_{MO} = 0 \text{ €/anno}$$

#### Manutenzione straordinaria

Per quanto riguarda le spese per la manutenzione straordinaria invece, l'analisi dei costi si è basata sull'analisi delle spese storiche ricevute dal Comune di Genova.

Nel caso in oggetto, quindi, i dati di spesa sono stati estrapolati dal **Documento 5.2**: (*Email (.msg) dove vengono esplicitate le spese per manutenzione straordinaria negli anni 2018 e 2019*).

Gli interventi effettuati ed i relativi importi fatturati comunicati si riferiscono alle sole annualità 2018 e 2019, nello specifico vengono riportati nella seguente tabella.

**Tabella 3.39 - Costi relativi alla manutenzione straordinaria della Fontana di Piazza De Ferrari**

Costi relativi alla manutenzione straordinaria della Fontana di Piazza De Ferrari			
Voce	Quota lavori [€]	IVA [€]	Totale spesa conduzione e manutenzione [€]

Anno 2018			
vari interventi e sostituzione motori pompe Siepi	9.250 €	0 €	9.250 €
<b>Totale annuo</b>	<b>9.250 €</b>	<b>0 €</b>	<b>9.250 €</b>
Anno 2019			
Sostituzione della canale dei i cavi elettrici e altri piccoli interventi	8.100 €	0 €	8.100 €
<b>Totale annuo</b>	<b>8.100 €</b>	<b>0 €</b>	<b>8.100 €</b>

Il coefficiente  $C_{MS}$ , come definito da Capitolato tecnico, ovvero la media dei costi per manutenzione straordinaria relativi agli stessi anni considerati per il rilevamento dei consumi storici, assume quindi il valore:

$$C_{MS} = 8.675 \text{ €/anno}$$

Avendo ora definito tutti i fattori che entrano in gioco per la costituzione della baseline economica della Fontana di Piazza De Ferrari, si riassumono quindi nelle tabelle che seguono e si definisce infine  $C_{baseline}$ .

Ricordiamo che:

$$CE = Q_{baseline} \times CU_Q + EE_{baseline} \times CU_{EE}$$

**Tabella 3.40 - Baseline economica – componente energetica di Piazza De Ferrari**

Baseline economica – componente energetica di Piazza De Ferrari				
$Q_{baseline}$	$CU_Q$	$EE_{baseline}$	$EE_{baseline}$	$CE$
kWh	€/kWh	kWh	€/kWh	€
0	0	559.562	0,1672	<b>93.558,76</b>

E che:

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

**Tabella 3.41 -Baseline dei Costi pre-intervento di Piazza De Ferrari**

Baseline dei Costi pre-intervento di Piazza De Ferrari			
$CE$	$C_{MO}$	$C_{MS}$	$C_{baseline}$
€	€	€	€
93.559	0	8.675	<b>102.233</b>

### 3.5.6 Cassa di Risparmio di Genova e Imperia

L'analisi dei costi relativi alla fornitura del vettore energetico del sito è stata fatta sulla base dei documenti riportati al capitolo 3.2.1 e riguarda le stesse annualità considerate per la

costituzione delle baseline energetiche, pertanto si assume come periodo di riferimento il triennio 2017, 2018 e 2019.

#### Energia Termica

Per il triennio di riferimento, non sono state rese disponibili fatture o bollette da cui estrapolare in dettaglio le spese di energia, pertanto si sono ricostruite i costi energetici dai consumi stimati di gasolio precedentemente mostrati.

Nella Tabella 3.42 si riportano quindi le spese stimate mensili relative alla fornitura del combustibile ed estrapolate dal **Documento 6.3** ("File Excel (.xlsx) contenente i dati di carico dei serbatoi di gasolio per gli anni 2017, 2018 e 2019").

**Tabella 3.42 - Costi relativi alla fornitura di energia termica della Cassa di Risparmio di Genova e Imperia**

Costi relativi alla fornitura di energia termica della sede Banca Carige						
Mese/anno	Fornitore (sigla)	Imponibile Q [€]	IVA [€]	Quota Q [€]	Consumo energia [kWh]	Costo unitario dell'energia [€/kWh]
gennaio-17	-	22.981 €	6.482 €	29.462 €	265.245	0,0866
febbraio-17	-	17.603 €	4.965 €	22.568 €	203.172	0,0866
marzo-17	-	8.383 €	2.364 €	10.747 €	96.756	0,0866
aprile-17	-	4.013 €	1.132 €	5.144 €	46.314	0,0866
maggio-17	-	2.738 €	772 €	3.510 €	31.600	0,0866
giugno-17	-	936 €	264 €	1.200 €	10.803	0,0866
luglio-17	-	967 €	273 €	1.240 €	11.163	0,0866
agosto-17	-	967 €	273 €	1.240 €	11.163	0,0866
settembre-17	-	936 €	264 €	1.200 €	10.803	0,0866
ottobre-17	-	2.374 €	670 €	3.044 €	27.406	0,0866
novembre-17	-	11.416 €	3.220 €	14.636 €	131.763	0,0866
dicembre-17	-	14.400 €	4.061 €	18.461 €	166.204	0,0866
<b>Totale annuo</b>		<b>87.713 €</b>	<b>24.740 €</b>	<b>112.453 €</b>	<b>1.012.394</b>	<b>0,0866</b>
gennaio-18	-	15.237 €	4.298 €	19.535 €	176.850	0,0862
febbraio-18	-	23.848 €	6.726 €	30.575 €	276.792	0,0862
marzo-18	-	20.540 €	5.793 €	26.333 €	238.395	0,0862
aprile-18	-	8.066 €	2.275 €	10.341 €	93.618	0,0862
maggio-18	-	1.414 €	399 €	1.813 €	16.413	0,0862
giugno-18	-	804 €	227 €	1.031 €	9.333	0,0862
luglio-18	-	831 €	234 €	1.065 €	9.644	0,0862
agosto-18	-	831 €	234 €	1.065 €	9.644	0,0862
settembre-18	-	804 €	227 €	1.031 €	9.333	0,0862
ottobre-18	-	831 €	234 €	1.065 €	9.644	0,0862
novembre-18	-	10.803 €	3.047 €	13.850 €	125.386	0,0862
dicembre-18	-	12.078 €	3.407 €	15.485 €	140.187	0,0862



<b>Totale annuo</b>		96.088 €	27.102 €	<b>123.190 €</b>	1.115.238	<b>0,0862</b>
gennaio-19	-	21.331 €	6.016 €	27.347 €	245.688	0,0868
febbraio-19	-	16.175 €	4.562 €	20.737 €	186.300	0,0868
marzo-19	-	14.466 €	4.080 €	18.546 €	166.618	0,0868
aprile-19	-	6.696 €	1.889 €	8.584 €	77.123	0,0868
maggio-19	-	942 €	266 €	1.208 €	10.853	0,0868
giugno-19	-	912 €	257 €	1.169 €	10.503	0,0868
luglio-19	-	942 €	266 €	1.208 €	10.853	0,0868
agosto-19	-	942 €	266 €	1.208 €	10.853	0,0868
settembre-19	-	912 €	257 €	1.169 €	10.503	0,0868
ottobre-19	-	942 €	266 €	1.208 €	10.853	0,0868
novembre-19	-	8.275 €	2.334 €	10.608 €	95.308	0,0868
dicembre-19	-	19.525 €	5.507 €	25.032 €	224.889	0,0868
<b>Totale annuo</b>		92.059 €	25.965 €	<b>118.025 €</b>	1.060.345	<b>0,0868</b>

Si può osservare come il costo unitario dell'energia termica nel triennio di riferimento sia rimasto praticamente costante nel tempo. Pertanto, per la sede analizzata si può definire il fattore  $CU_Q$ , assunto pari al valore relativo all'ultimo anno a disposizione, ovvero:

$$CU_Q = 0,0868 \text{ €/kWh}$$

#### Energia Elettrica

La fornitura del vettore elettrico avviene tramite contratto per il POD IT001E00097720, stipulato dall'azienda direttamente con il fornitore di energia. È stato quindi possibile effettuare un'analisi di dettaglio dei costi fatturati.

Nella Tabella 3.43 si riportano quindi le spese per singolo mese estrapolate dal **Documento 6.1 e 6.2**: ("*File.pdf (.pdf) contenente Diagnosi energetica eseguita da eFM Spa in cui si analizzano i consumi elettrici per gli anni 2017 e 2018*") e "*File Excel (.xlsx) contenente la tabella dei consumi mensili di energia elettrica in [kWh] per gli anni 2019 riferiti al POD IT 001E00097720*").

Si precisa inoltre che i valori di spesa energetica riportati nelle seguenti tabelle non derivano direttamente dalle fatture di energia ma sono state ricavate da elaborazioni effettuate o da terzi, per quanto riguarda la Diagnosi energetica, o dal sistema di gestione costi interno all'azienda stessa.

**Tabella 3.43 - Costi relativi alla fornitura di energia elettrica della Cassa di Risparmio di Genova e Imperia**

Costi relativi alla fornitura di energia elettrica della sede Banca Carige						
Mese/anno	Fornitore (sigla)	Imponibile EE [€]	IVA [€]	Quota EE [€]	Consumo energia [kWh]	Costo unitario dell'energia [€/kWh]
gennaio-17	-	40.413 €	11.399 €	51.812 €	313.428	0,1289

febbraio-17	-	38.153 €	10.761 €	48.914 €	297.480	0,1283
marzo-17	-	41.434 €	11.687 €	53.121 €	325.396	0,1273
aprile-17	-	37.558 €	10.593 €	48.152 €	297.922	0,1261
maggio-17	-	42.596 €	12.014 €	54.610 €	336.899	0,1264
giugno-17	-	45.883 €	12.941 €	58.825 €	364.267	0,1260
luglio-17	-	45.070 €	12.712 €	57.782 €	355.340	0,1268
agosto-17	-	46.609 €	13.146 €	59.755 €	366.235	0,1273
settembre-17	-	38.930 €	10.980 €	49.911 €	303.585	0,1282
ottobre-17	-	37.516 €	10.581 €	48.098 €	302.931	0,1238
novembre-17	-	32.867 €	9.270 €	42.137 €	267.557	0,1228
dicembre-17	-	30.501 €	8.603 €	39.103 €	247.726	0,1231
<b>Totale annuo</b>		<b>477.530 €</b>	<b>134.688 €</b>	<b>612.218 €</b>	<b>3.778.766</b>	<b>0,1264</b>
gennaio-18	-	39.633 €	11.179 €	50.812 €	268.396	0,1477
febbraio-18	-	36.604 €	10.324 €	46.929 €	245.330	0,1492
marzo-18	-	39.728 €	11.205 €	50.933 €	267.971	0,1483
aprile-18	-	35.191 €	9.926 €	45.117 €	250.129	0,1407
maggio-18	-	41.301 €	11.649 €	52.950 €	297.760	0,1387
giugno-18	-	42.903 €	12.101 €	55.003 €	310.882	0,1380
luglio-18	-	55.007 €	15.515 €	70.522 €	362.395	0,1518
agosto-18	-	56.695 €	15.991 €	72.686 €	374.204	0,1515
settembre-18	-	46.549 €	13.129 €	59.678 €	306.874	0,1517
ottobre-18	-	48.700 €	13.736 €	62.436 €	298.017	0,1634
novembre-18	-	44.045 €	12.423 €	56.468 €	264.848	0,1663
dicembre-18	-	41.342 €	11.661 €	53.003 €	253.741	0,1629
<b>Totale annuo</b>		<b>527.698 €</b>	<b>148.838 €</b>	<b>676.536 €</b>	<b>3.500.547</b>	<b>0,1507</b>
gennaio-19	-	43.665 €	9.606 €	53.271 €	263.883	0,1655
febbraio-19	-	40.427 €	8.894 €	49.321 €	241.946	0,1671
marzo-19	-	42.034 €	9.247 €	51.281 €	253.786	0,1656
aprile-19	-	39.872 €	8.772 €	48.644 €	242.266	0,1646
maggio-19	-	43.046 €	9.470 €	52.516 €	257.595	0,1671
giugno-19	-	48.815 €	10.739 €	59.554 €	288.298	0,1693
luglio-19	-	60.864 €	13.390 €	74.255 €	359.659	0,1692
agosto-19	-	53.913 €	11.861 €	65.774 €	316.019	0,1706
settembre-19	-	47.620 €	10.476 €	58.097 €	279.219	0,1705
ottobre-19	-	46.228 €	10.170 €	56.398 €	282.824	0,1635
novembre-19	-	38.576 €	8.487 €	47.063 €	232.010	0,1663
dicembre-19	-	37.046 €	8.150 €	45.197 €	228.245	0,1623
<b>Totale annuo</b>		<b>542.107 €</b>	<b>119.264 €</b>	<b>661.371 €</b>	<b>3.245.750</b>	<b>0,1670</b>

Il costo unitario dell'energia elettrica nel triennio di riferimento varia di anno in anno senza che vi sia una crescita o decrescita costante, probabilmente a causa delle diverse tariffe applicate dal fornitore.

Ai fini della costituzione della baseline economica, si considera quindi il costo unitario relativo all'ultimo anno a disposizione, in questo caso il 2019, e dunque, per il sito in oggetto:

$$CU_{EE} = 0,1670 \text{ €/kWh}$$

#### Manutenzione ordinaria

Per quanto riguarda le spese per la manutenzione ordinaria, non sono stati forniti importi di spesa, pertanto, non si è potuto definire il coefficiente  $C_{MO}$  rappresentante delle manutenzioni. Per la determinazione dell'importo specifico richiesto sono stati utilizzati dei valori di letteratura derivanti da documentazione tecnica ricevuta dalle più importanti aziende di gestione calore e manutenzione impianti a livello nazionale. Dalla costruzione del costo di manutenzione è derivato un valore pari a:

$$C_{MO} = 10.587 \text{ €/anno}$$

#### Manutenzione straordinaria

Analogamente alla manutenzione ordinaria, non si è proceduto all'elaborazione e al calcolo di un costo di baseline per la manutenzione straordinaria.

Avendo ora definito tutti i fattori che entrano in gioco per la costituzione della baseline economica della Cassa di Risparmio di Genova e Imperia, si riassumono quindi nelle tabelle che seguono e si definisce infine  $C_{baseline}$ .

Ricordiamo che:

$$CE = Q_{baseline} \times CU_Q + EE_{baseline} \times CU_{EE}$$

**Tabella 3.44 - Baseline economica – componente energetica della Cassa di Risparmio di Genova e Imperia**

Baseline economica – componente energetica della sede Banca Carige				
$Q_{baseline}$	$CU_Q$	$EE_{baseline}$	$EE_{baseline}$	$CE$
kWh	€/kWh	kWh	€/kWh	€
1.051.497	0,0868	3.508.354	0,1670	<b>677.165,06</b>

E che:

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

**Tabella 3.45 - Baseline dei Costi pre-intervento della Cassa di Risparmio di Genova e Imperia**

Baseline dei Costi pre-intervento della sede Banca Carige			
$CE$	$C_{MO}$	$C_{MS}$	$C_{baseline}$
€	€	€	€
832.034,16	10.587,00	0	<b>842.621,16</b>

### 3.5.7 Palazzo di Giustizia

L'analisi dei costi relativi alla fornitura dei vettori energetici dell'edificio è stata fatta sulla base dei documenti o dei dati ricevuti dai referenti comunali dello studio di fattibilità.

#### Energia Termica

Per il triennio di riferimento, non sono disponibili fatture o bollette da cui estrapolare in dettaglio le spese di energia, in quanto è stato fornito un dato aggregato annuo di consumo di energia termica. Ai fini dell'analisi condotta si è considerato un valore pari a:

$$CU_Q = 0,0526 \text{ €/kWh}$$

#### Energia Elettrica

Sono state rese disponibili le bollette di energia elettrica per l'anno 2020, tuttavia ai fini dell'analisi di fattibilità impiantistica non è stato necessario determinare un costo di baseline per il vettore elettrico.

#### Manutenzione ordinaria

L'analisi dei costi relativi agli oneri di gestione e manutenzione ordinaria dell'edificio si è basata sull'analisi delle spese storiche ricevute dal Comune di Genova, tuttavia, tali documenti non sono stati resi disponibili, pertanto non si è proceduto con l'elaborazione degli stessi. Per la determinazione dell'importo specifico richiesto sono stati utilizzati dei valori di letteratura derivanti da documentazione tecnica ricevuta dalle più importanti aziende di gestione calore e manutenzione impianti a livello nazionale. Dalla costruzione del costo di manutenzione è derivato un valore pari a:

$$C_{MO} = 11.138 \text{ €/anno}$$

#### Manutenzione straordinaria

Analogamente alla manutenzione ordinaria, si è costruito un valore di costo della manutenzione straordinaria derivante dai dati di letteratura, ottenendo così un importo pari a:

$$C_{MS} = 1.671 \text{ €/anno}$$

Avendo ora definito tutti i fattori che entrano in gioco per la costituzione della baseline economica del Palazzo di Giustizia, si riassumono quindi nelle tabelle che seguono e si definisce infine  $C_{baseline}$ .

Ricordiamo che:

$$CE = Q_{baseline} \times CU_Q + EE_{baseline} \times CU_{EE}$$

**Tabella 3.46 - Baseline economica – componente energetica di Palazzo di Giustizia**

**Baseline economica – componente energetica della sede Banca Carige**

$Q_{baseline}$	$CU_Q$	$EE_{baseline}$	$EE_{baseline}$	$CE$
kWh	€/kWh	kWh	€/kWh	€
4.460.952	0,0526	-	-	<b>234.646,07</b>

E che:

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

**Tabella 3.47 - Baseline dei Costi pre-intervento di Palazzo di Giustizia**

Baseline dei Costi pre-intervento della sede Banca Carige			
$CE$	$C_{MO}$	$C_{MS}$	$C_{baseline}$
€	€	€	€
234.646,07	11.138,00	1.671,00	<b>247.455,08</b>

### 3.6 Emissioni gas serra degli edifici nello stato di fatto

Per definire le baseline in termini di emissioni di gas ad effetto serra per i siti oggetto di progetto di fattibilità tecnico-economica, è sufficiente moltiplicare le baseline termiche ed elettriche precedentemente illustrate per il corrispondente fattore di emissione come riportato da Capitolato tecnico, ovvero:

**Tabella 3.48 - Fattori di emissione di CO<sub>2</sub>**

Fattori di emissione di CO <sub>2</sub>	
Combustibile	tCO <sub>2</sub> /MWh
Energia Elettrica	*0,469
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	

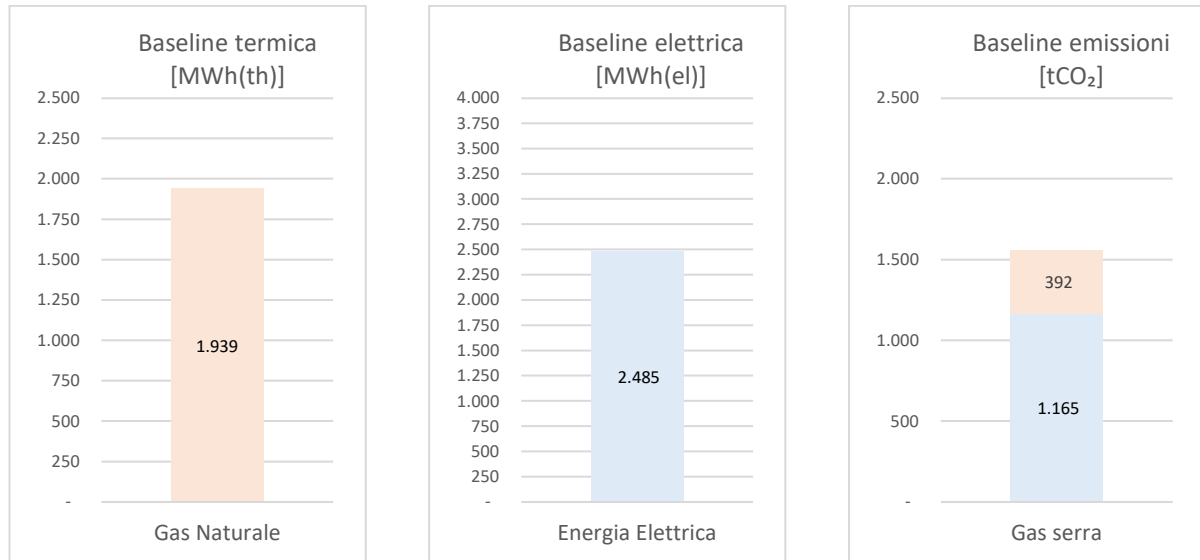
### **Teatro dell'Opera "Carlo Felice"**

**Tabella 3.49 - Baseline in termini di emissioni di gas ad effetto serra del Teatro dell'Opera "Carlo Felice"**

Baseline in termini di emissioni di gas ad effetto serra del Teatro dell'Opera Carlo Felice				
Baseline	Consumo di baseline [MWh]	Vettore energetico	Fattore di conversione [tCO <sub>2</sub> /MWh]	tCO <sub>2</sub>

$Q_{baseline}$	1.939	Gas Naturale	0,202	392
$EE_{baseline}$	2.485	Energia Elettrica	0,469	1.165
<b>Totale</b>				<b>1.557</b>

Figura 3.43 - Baseline in termini di emissioni di gas ad effetto serra del Teatro dell'Opera "Carlo Felice"

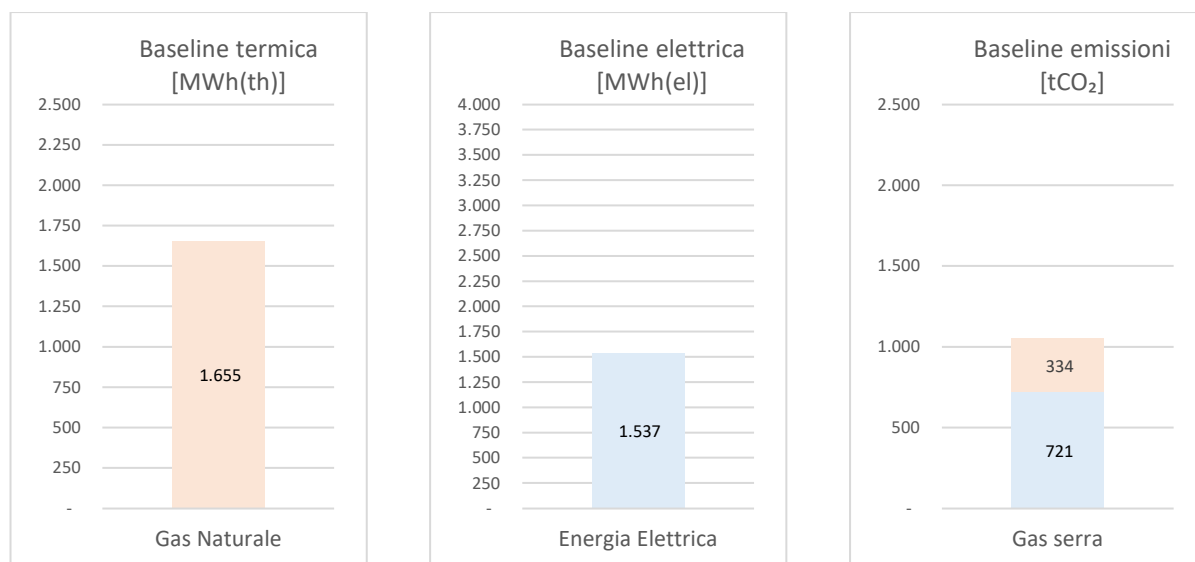


### 3.6.1 Palazzo Ducale

Tabella 3.50 - Baseline in termini di emissioni di gas ad effetto serra del Palazzo Ducale

Baseline in termini di emissioni di gas ad effetto serra del Teatro del Palazzo Ducale				
Baseline	Consumo di baseline [MWh]	Vettore energetico	Fattore di conversione [tCO <sub>2</sub> /MWh]	tCO <sub>2</sub>
$Q_{baseline}$	1.655	Gas Naturale	0,202	334
$EE_{baseline}$	1.537	Energia Elettrica	0,469	721
<b>Totale</b>				<b>1.055</b>

Figura 3.44 - Baseline in termini di emissioni di gas ad effetto serra del Palazzo Ducale

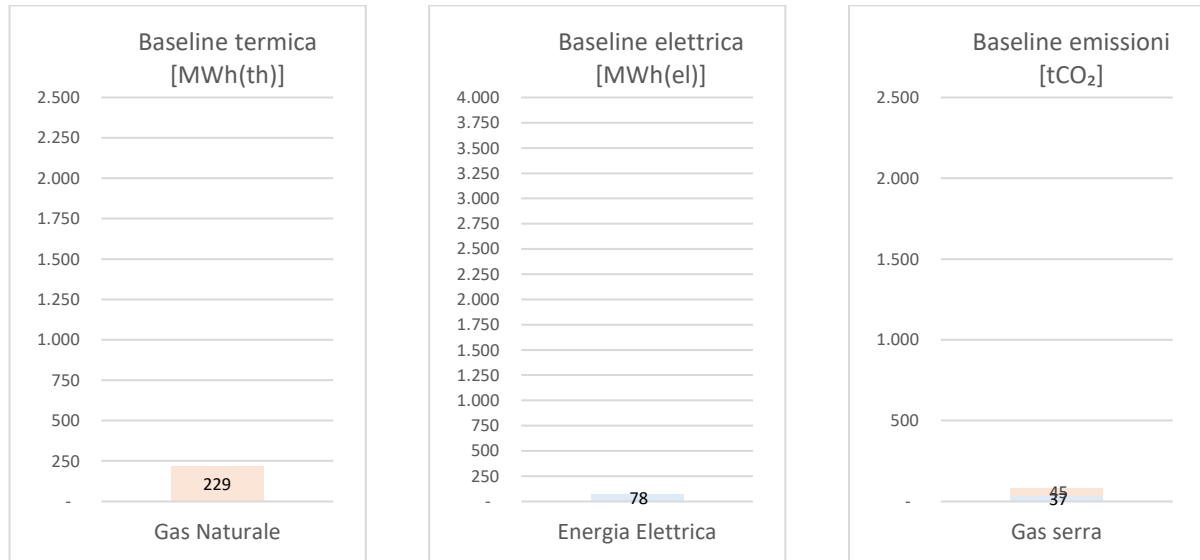


### 3.6.2 Accademia Ligustica di Belle Arti

Tabella 3.51 - Baseline in termini di emissioni di gas ad effetto serra dell'Accademia Ligustica di Belle Arti

Baseline in termini di emissioni di gas ad effetto serra del Teatro dell'Accademia Ligustica di Belle Arti				
Baseline	Consumo di baseline [MWh]	Vettore energetico	Fattore di conversione [tCO <sub>2</sub> /MWh]	tCO <sub>2</sub>
$Q_{baseline}$	229	Gas Naturale	0,202	46
$EE_{baseline}$	78	Energia Elettrica	0,469	37
<b>Totale</b>				<b>83</b>



**Figura 3.45 - Baseline in termini di emissioni di gas ad effetto serra dell'Accademia di Belle Arti**


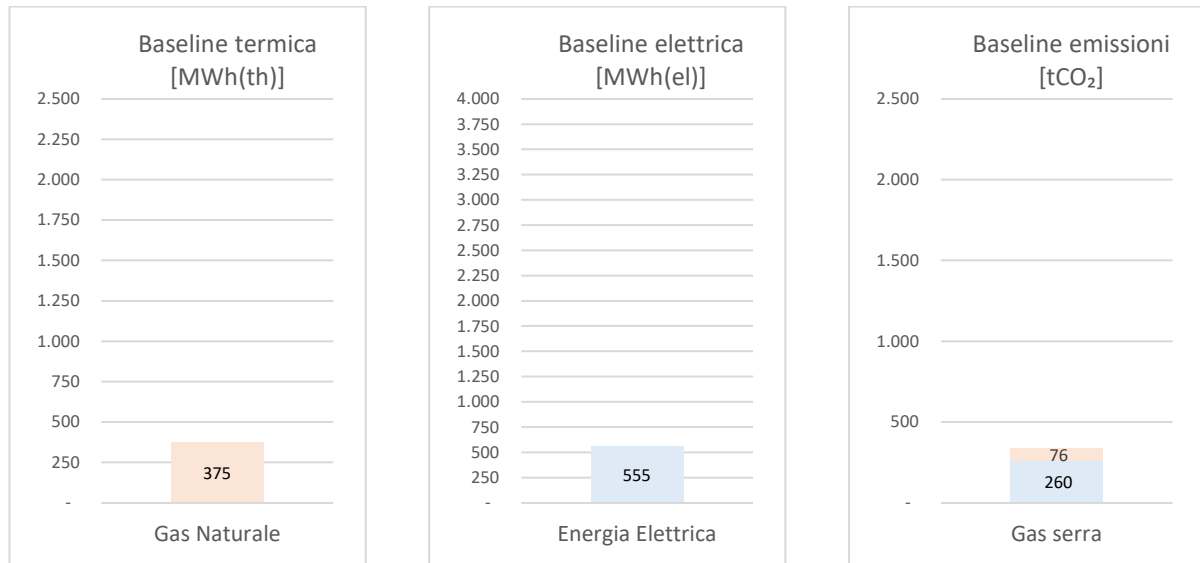
### 3.6.3 Diurno

Sulla base delle ipotesi formulate per la riattivazione dello spazio interno adibito a spogliatoio e bagni si è proceduto al calcolo delle emissioni di CO<sub>2</sub> riassunte di seguito:

**Tabella 3.52 - Baseline in termini di emissioni di gas ad effetto serra del Diurno.**

Baseline in termini di emissioni di gas ad effetto serra del Diurno				
Baseline	Consumo di baseline [MWh]	Vettore energetico	Fattore di conversione [tCO <sub>2</sub> /MWh]	tCO <sub>2</sub>
$Q_{baseline}$	375	Gas Naturale	0,202	76
$EE_{baseline}$	555	Energia Elettrica	0,469	260
<b>Totale</b>				<b>336</b>

**Figura 3.46 - Baseline in termini di emissioni di gas ad effetto serra del Diurno.**

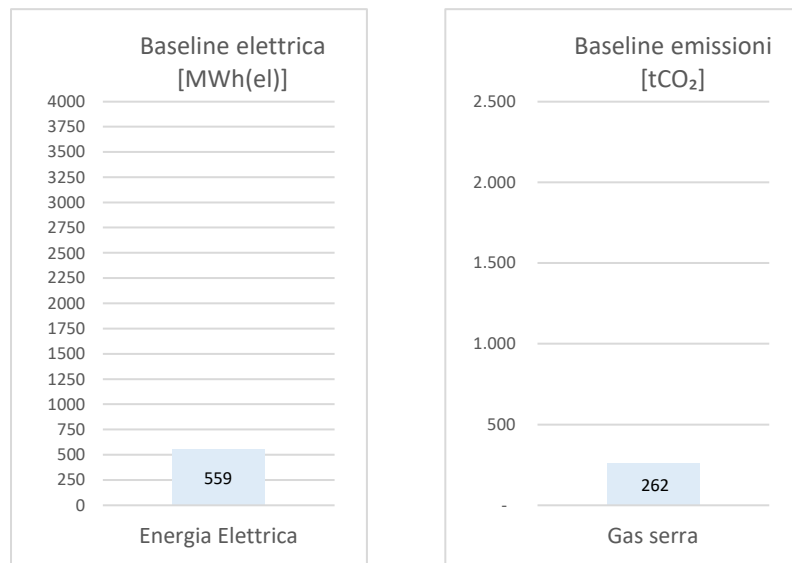


### 3.6.4 Fontana di Piazza de Ferrari

**Tabella 3.53 - Baseline in termini di emissioni di gas ad effetto serra della Fontana di Piazza de Ferrari**

Baseline in termini di emissioni di gas ad effetto serra della Fontana di Piazza De Ferrari				
Baseline	Consumo di baseline [MWh]	Vettore energetico	Fattore di conversione [tCO <sub>2</sub> /MWh]	tCO <sub>2</sub>
$EE_{baseline}$	559	Energia Elettrica	0,469	262
<b>Totale</b>				<b>262</b>

**Figura 3.47 - Baseline in termini di emissioni di gas ad effetto serra della Fontana di Piazza De Ferrari**

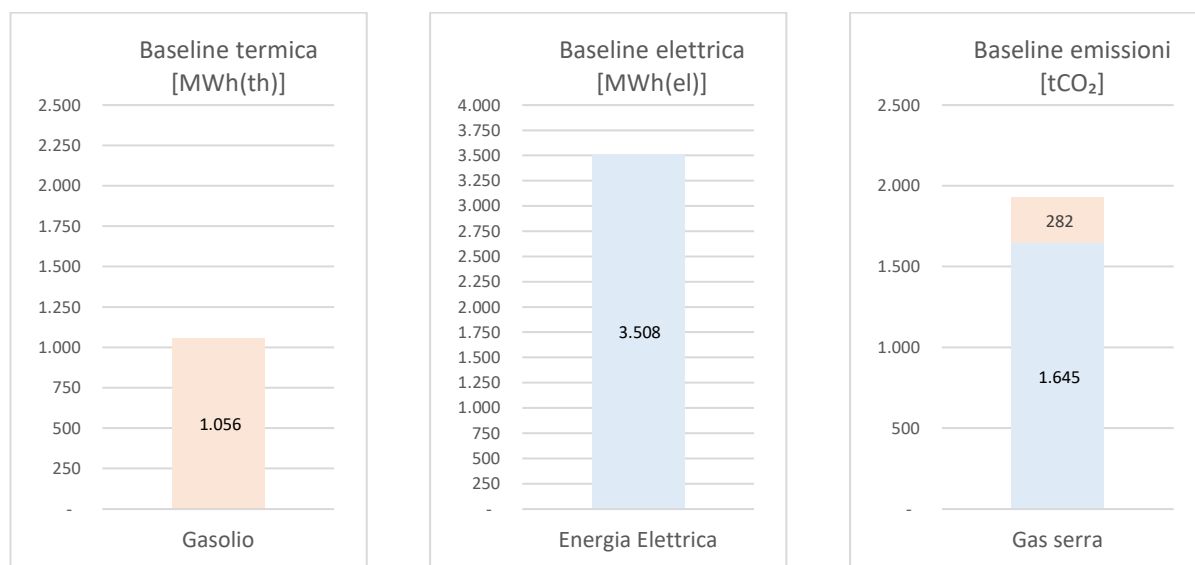


### 3.6.5 Cassa di Risparmio di Genova e Imperia

Tabella 3.54 - Baseline in termini di emissioni di gas ad effetto serra della Cassa di Risparmio di Genova e Imperia

Baseline in termini di emissioni di gas ad effetto serra della Cassa di Risparmio di Genova e Imperia				
Baseline	Consumo di baseline [MWh]	Vettore energetico	Fattore di conversione [tCO <sub>2</sub> /MWh]	tCO <sub>2</sub>
$Q_{baseline}$	1.056	Gasolio	0,267	282
$EE_{baseline}$	3.508	Energia Elettrica	0,469	1.645
<b>Totale</b>				<b>1.927</b>

Figura 3.48 - Baseline in termini di emissioni di gas ad effetto serra della Cassa di Risparmio di Genova e Imperia

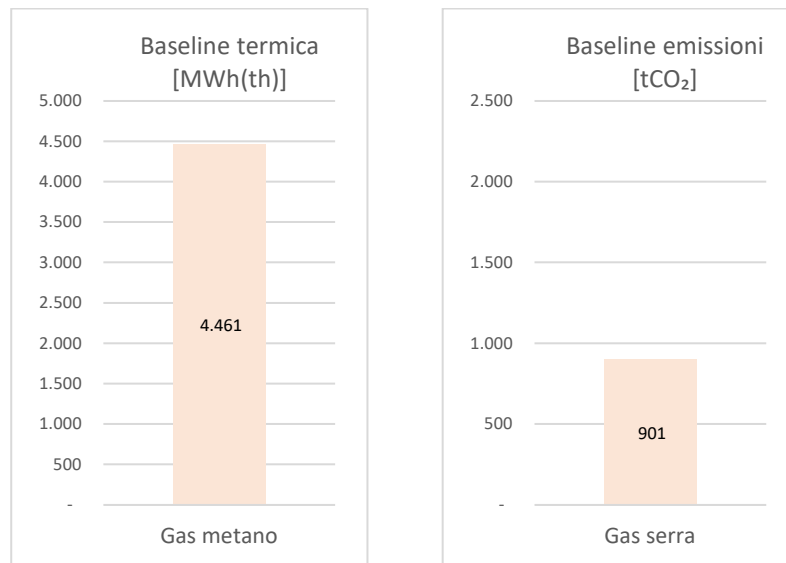


### 3.6.6 Palazzo di Giustizia

Tabella 3.55 - Baseline in termini di emissioni di gas ad effetto serra di Palazzo di Giustizia.

Baseline in termini di emissioni di gas ad effetto serra di Palazzo di Giustizia				
Baseline	Consumo di baseline [MWh]	Vettore energetico	Fattore di conversione [tCO <sub>2</sub> /MWh]	tCO <sub>2</sub>
$Q_{baseline}$	4.461	Gas metano	0,202	901
<b>Totale</b>				<b>901</b>

**Figura 3.49 - Baseline in termini di emissioni di gas ad effetto serra di Palazzo di Giustizia**



## 4. ANALISI E SCELTA DELLE TECNOLOGIE E DEI VETTORI ENERGETICI

### 4.1 *Tecnologie di riferimento*

Nei capitoli seguenti si presenta lo stato di fatto delle tecnologie e gli impianti degli edifici del distretto energetico oggetto di intervento di riqualificazione energetica sia per lo Scenario A che per lo Scenario B, con particolare attenzione ai sistemi di generazione di energia termica.

#### 4.1.1 **Energia termica**

##### **Teatro “Carlo Felice”**

La centrale termica dell’edificio oggetto di analisi presenta n°3 generatori di calore tradizionali a basamento, alimentati a gas metano, con una potenza termica utile di 795 kW cad., per una potenza complessiva di impianto di 2.385 kW. Tali generatori risultano vetusti e con efficienze di generazione termica non più in linea con la media tecnologica di mercato.

Al fine della simulazione energetica condotta si è considerate un rendimento di generazione del 78%.

**Figura 4.1 – Generatori di calore esistenti Teatro “Carlo Felice”**



##### **Palazzo Ducale**

La centrale termica dell’edificio oggetto di analisi presenta n°3 generatori di calore a condensazione a basamento, alimentati a gas metano, con una potenza termica utile di 670,1 kW cad., per una potenza complessiva di impianto di 2.010,3 kW. Tali generatori risultano di recente installazione (2017) e con efficienze di generazione termica in linea con la media tecnologica di mercato.

Al fine della simulazione energetica condotta si è considerate un rendimento di generazione del 97%, considerando l’applicazione in un sistema di riscaldamento ad alta temperatura.

**Figura 4.2 – Generatori di calore esistenti Palazzo Ducale****Accademia Ligustica di Belle Arti**

La centrale termica dell'edificio oggetto di analisi presenta n°2 generatori di calore tradizionali a basamento, alimentati a gas metano, con una potenza termica utile di 215 kW cad., per una potenza complessiva di impianto di 430 kW. Tali generatori risultano vetusti, poiché costruiti nel 2000, e con efficienze di generazione termica non più in linea con la media tecnologica di mercato.

Al fine della simulazione energetica condotta si è considerate un rendimento di generazione del 81%.

**Figura 4.3 – Generatori di calore esistenti Accademia Ligustica di Belle Arti**

### **Cassa di Risparmio di Genova e Imperia**

La centrale termica dell'edificio oggetto di analisi presenta n°3 generatori di calore tradizionali a basamento, alimentati a gasolio, con una potenza termica utile di 1.200 kW per le due unità con potenza maggiore e 304 kW per la terza unità, per una potenza complessiva di impianto di 2.704 kW. Tali generatori risultano vetusti e con efficienze di generazione termica non più in linea con la media tecnologica di mercato, inoltre, l'utilizzo di combustibile gasolio causa non solo elevate emissioni di gas climalteranti ma anche una maggiore difficoltà di gestione dell'impianto a causa dell'approvvigionamento non programmabile dei serbatoi di accumulo.

Al fine della simulazione energetica condotta si è considerate un rendimento di generazione del 87% per i generatori più grandi e 86,5% per il terzo, in accordo con i valori indicati in Diagnosi Energetica.

### **Palazzo di Giustizia**

La centrale termica dell'edificio oggetto di analisi presenta n°3 generatori di calore a condensazione a basamento, alimentati a gas naturale, con una potenza termica utile di 1.400 kW ciascuno, per una potenza complessiva di impianto di 4.200 kW. Tali generatori risultano essere di nuova installazione datata Settembre 2020, pertanto assicurano rendimenti di generazione e prestazioni elevati.

Al fine della simulazione energetica condotta si è considerate un rendimento di generazione del 97%.



#### 4.1.2 Energia elettrica

L'intervento di riqualificazione energetica del distretto energetico di Piazza De Ferrari non ha coinvolto impianti esistenti di produzione di energia elettrica.

#### 4.2 Tecnologie oggetto di valutazione

##### 4.2.1 Energia termica

###### 4.2.1.1 Generatori di calore a condensazione

La soluzione impiantistica individuata prevede la sostituzione degli attuali generatori di calore tradizionali a basamento della centrale termica del Teatro "Carlo Felice" con nuovi generatori a condensazione ad altissima efficienza.

###### - Scenario A

I nuovi componenti termici sono dimensionati sul fabbisogno termico di baseline del Teatro "Carlo Felice" e dell'Accademia Ligustica di Belle Arti, così da costituire la sede della generazione per una rete di teleriscaldamento. Sono stati individuati n°4 generatori di calore a condensazione con una potenza termica utile di 800 kW ciascuno, per un totale di 3.200 kW. Sulla base dei consumi termici definiti nei capitoli precedenti riguardanti la definizione della baseline termica, è stato possibile definire il fabbisogno termico prima per ogni singolo edificio e in seguito per il distretto energetico individuato.

**Tabella 4.1 - Consumo e fabbisogno termico edifici distretto energetico – Scenario A.**

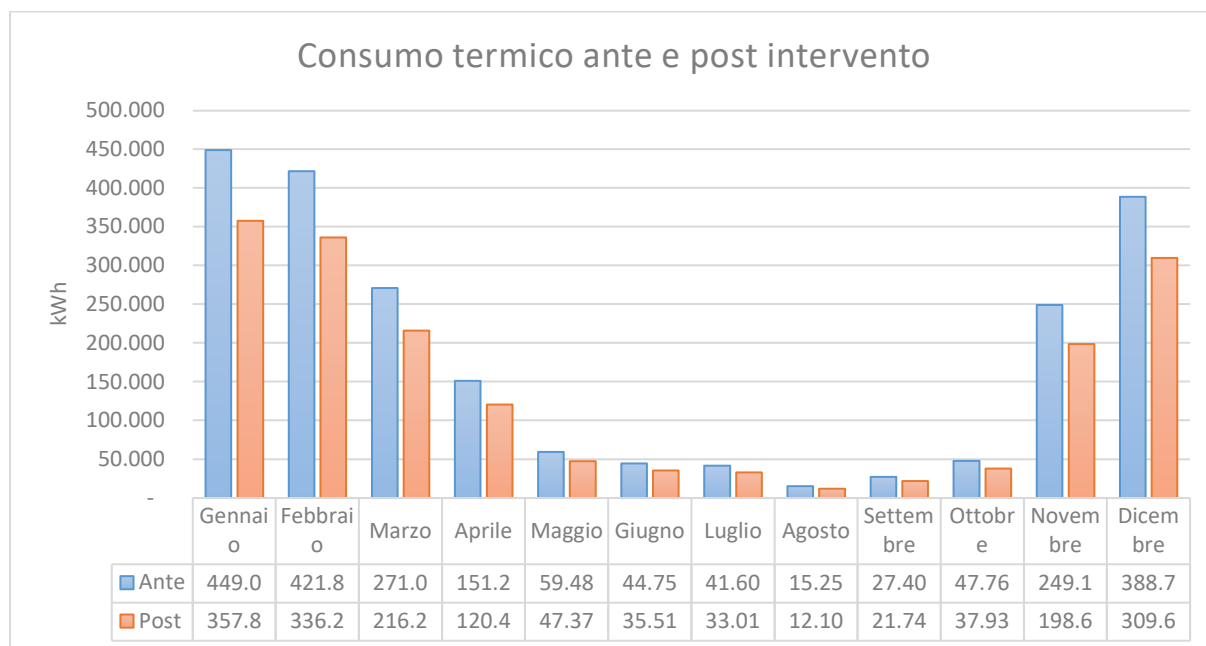
mese	Teatro Carlo Felice		Accademia Ligustica		TOT
	Consumo Termico Ante [kWh]	Fabbisogno termico [kWh]	Consumo Termico Ante [kWh]	Fabbisogno termico [kWh]	Consumo Termico Ante [kWh]
Gennaio	397.554	310.092	51.447	41.672	449.001
Febbraio	370.668	289.121	51.185	41.460	421.853
Marzo	233.672	182.264	37.391	30.287	271.063
Aprile	137.988	107.631	13.308	10.780	151.296
Maggio	53.867	42.016	5.619	4.551	59.485
Giugno	44.752	34.906	-	-	44.752
Luglio	41.602	32.450	-	-	41.602
Agosto	15.217	11.869	37	30	15.253
Settembre	27.374	21.352	28	23	27.402
Ottobre	46.635	36.375	1.135	919	47.769
Novembre	219.191	170.969	29.960	24.268	249.151
Dicembre	350.287	273.224	38.487	31.175	388.774
<b>TOT.</b>	<b>1.938.806</b>	<b>1.512.269</b>	<b>228.596</b>	<b>185.163</b>	<b>2.167.402</b>

Al profilo mensile di fabbisogno termico degli edifici è stato applicato il rendimento di generazione dei nuovi componenti termici che da schede tecniche rese disponibili dai fornitori assume il valore di 98,3% per produzione di acqua ad alta temperatura. Confrontando il consumo termico ante e post intervento è possibile determinare il risparmio di energia termica conseguito e la quantità di gas metano risparmiato:

**Tabella 4.2 - Risparmio energia termica e gas metano distretto energetico.**

mese	Risparmio energia termica [kWh]	Risparmio gas metano [Smc]
Gennaio	85.600	8.834
Febbraio	80.539	8.312
Marzo	49.283	5.086
Aprile	28.151	2.905
Maggio	12.113	1.250
Giugno	9.242	954
Luglio	8.591	887
Agosto	3.149	325
Settembre	5.658	584
Ottobre	9.830	1.014
Novembre	45.163	4.661
Dicembre	79.111	8.164
<b>TOT.</b>	<b>416.430</b>	<b>42.975</b>

All'interno della determinazione dell'energia risparmiata è stata considerata anche la quota parte di energia persa per trasmissione dalle nuove tubazioni che costituiscono la rete di teleriscaldamento e collegano le diverse utenze alla centrale di generazione.

**Figura 4.4 – Consumo termico ante e post intervento.**


#### - Scenario B

I nuovi componenti termici sono dimensionati sul fabbisogno termico di baseline del Teatro “Carlo Felice”, dell’Accademia Ligustica di Belle Arti, della Cassa di Risparmio Di Genova e Imperia, di Palazzo di Giustizia e per un eventuale allacciamento futuro del Palazzo Ducale, di cui si prevede solo la predisposizione impiantistica. Sono stati individuati n°4 generatori di calore a condensazione con una potenza termica utile di 1.700 kW ciascuno, per un totale di 6.800 kW. I generatori a servizio del Palazzo di Giustizia (n°3 generatori da 1400 kW ciascuno) di nuova installazione verranno utilizzati a supporto della centrale termica a seconda delle richieste della rete e delle contemporaneità necessarie.

Sulla base dei consumi termici definiti nei capitoli precedenti riguardanti la definizione della baseline termica, è stato possibile definire il fabbisogno termico prima per ogni singolo edificio e in seguito per il distretto energetico individuato.

**Tabella 4.3 - Consumo e fabbisogno termico edifici distretto energetico – Scenario B.**

Mese	Teatro Carlo Felice		Accademia Ligustica		Cassa di Risparmio Genova e Imperia		Palazzo di Giustizia	
	Consumo Termico Ante [kWh]	Fabbisogno termico [kWh]	Consumo Termico Ante [kWh]	Consumo Termico Ante [kWh]	Fabbisogno termico [kWh]	Fabbisogno termico [kWh]	Consumo Termico Ante [kWh]	Fabbisogno termico [kWh]
Gennaio	397.554	310.092	51.447	227.920	198.290	41.672	-	-
Febbraio	370.668	289.121	51.185	220.782	192.080	41.460	-	-
Marzo	233.672	182.264	37.391	166.308	144.688	30.287	-	-
Aprile	137.988	107.631	13.308	72.001	62.641	10.780	-	-
Maggio	53.867	42.016	5.619	19.609	17.060	4.551	-	-

Giugno	44.752	34.906	-	10.284	8.895	-	-	-
Luglio	41.602	32.450	-	10.613	9.181	-	-	-
Agosto	15.217	11.869	37	10.613	9.181	30	-	-
Settembre	27.374	21.352	28	10.284	8.895	23	-	-
Ottobre	46.635	36.375	1.135	18.712	16.186	919	-	-
Novembre	219.191	170.969	29.960	116.849	101.659	24.268	-	-
Dicembre	350.287	273.224	38.487	176.083	153.192	31.175	-	-
<b>TOT.</b>	<b>1.938.806</b>	<b>1.512.269</b>	<b>228.596</b>	<b>1.060.056</b>	<b>921.946</b>	<b>185.163</b>	<b>4.460.952</b>	<b>4.327.123</b>

In assenza di valori mensili di consumo energetico per il Palazzo di Giustizia, è stato considerato un valore aggregato annuale di 4.460.952 kWh che corrisponde a un fabbisogno termico dell'edificio di 4.327.123 kWh. Il consumo termico ante intervento per il distretto individuato ammonta a un valore annuale di 7.688.410 kWh.

Al profilo mensile di fabbisogno termico degli edifici è stato applicato il rendimento di generazione dei nuovi componenti termici che da schede tecniche rese disponibili dai fornitori assume il valore di 98,3% per produzione di acqua ad alta temperatura. Confrontando il consumo termico ante e post intervento è possibile determinare il risparmio di energia termica conseguito e la quantità di gas metano risparmiato. Si precisa che nel caso della centrale termica della sede della Banca Carige, il risparmio ottenuto è la quantità di gasolio non utilizzato al posto del quale viene invece consumato gas metano. Di seguito si mostrano i risultati ottenuti:

**Tabella 4.4 – Risparmio combustibili – Scenario B.**

Mese	Risparmio gas metano Teatro [Sm <sup>3</sup> ]	Risparmio gas metano Accademia [Sm <sup>3</sup> ]	Risparmio gasolio Banca Carige [l]	Risparmio gas metano Palazzo di Giustizia [Sm <sup>3</sup> ]
gen	8.473	934	22.918	-
feb	7.900	930	22.201	-
mar	4.980	679	16.723	-
apr	2.941	242	7.240	-
mag	1.148	102	1.972	-
giu	954	-	1.034	-
lug	887	-	1.067	-
ago	324	-	1.067	-
set	583	-	1.034	-
ott	994	21	1.882	-
nov	4.671	544	11.750	-
dic	7.465	699	17.706	-
<b>TOT.</b>	<b>41.319</b>	<b>4.152</b>	<b>4.264</b>	<b>6.088</b>

Per quanto riguarda il Palazzo di Giustizia è stato stimato un valore di gas metano risparmiato di 6.088 Sm<sup>3</sup>. All'interno della determinazione dell'energia risparmiata è stata considerata anche la quota parte di energia persa per trasmissione dalle nuove tubazioni che costituiscono la rete di teleriscaldamento e collegano le diverse utenze alla centrale di generazione.

#### **4.2.1.2 Pompa di calore geotermica acqua/acqua**

La soluzione impiantistica individuata prevede l'installazione di una pompa di calore che sfrutti la sorgente di acqua di falda per climatizzare gli edifici del distretto energetico. L'acqua di falda è un accumulatore termico naturale: la sua temperatura rimane per lo più costante tutto l'anno, indipendentemente dalla temperatura dell'aria esterna. Questa caratteristica della falda acquifera viene pienamente sfruttata dalla pompa di calore sia in regime invernale che in regime estivo, infatti, tramite l'installazione di canali di estrazione si preleva una portata d'acqua dal bacino sotterraneo, dalla quale si scambia l'energia termica per riscaldare o raffreddare l'edificio. La portata utilizzata viene poi reimpressa nella falda acquifera tramite un canale di immissione. Le pompe di calore acqua-acqua rientrano quindi tra le pompe di calore più efficienti raggiungendo valori di COP o EER superiori alle più diffuse pompe di calore ad aria.

Nel caso di studio del distretto energetico afferente a piazza De Ferrari è possibile affermare da un'indagine preliminare che nelle vicinanze degli edifici considerati è presente un bacino di acqua di falda, tuttavia la semplice presenza di acqua non è tuttavia sinonimo di presenza di una falda idrica continua verticalmente e orizzontalmente con una portata significativa. Infatti, il sottosuolo nell'area di intervento è caratterizzato da una ampia variabilità, sia verticale che orizzontale, delle caratteristiche idro-stratigrafiche, cioè sia litologiche che idrogeologiche; il sottosuolo dal punto di vista idrogeologico corrisponde ad una zona permeabile (per porosità) pur su un substrato impermeabile o talvolta permeabile comunque ubicato a profondità variabile. Ciò significa che la quantità di acqua necessaria potrebbe essere ottenuta ricorrendo a diverse soluzioni in termini di posizionamento, profondità e captazione. L'ulteriore sviluppo del progetto non potrà prescindere quindi da uno specifico studio geologico-idrogeologico, ed in fase di progettazione dalla realizzazione di indagini dirette e di opere pilota, ove la dimensione dell'intervento e le possibilità pratiche lo giustificassero e consentissero.

In questo studio di fattibilità si procede alla determinazione di una portata di acqua necessaria per la climatizzazione invernale, i cui risultati si riassumono qui di seguito. Si è identificata un fabbisogno di potenza invernale pari a 800 kWt per la copertura del fabbisogno termico di base

del distretto energetico; i picchi di richiesta vengono invece coperti dai generatori di calore esistenti nelle centrali termiche.

**Tabella 4.5 - Determinazione portata acqua di falda per Pompa di Calore.**

Determinazione portata di acqua di falda			
Temperatura media acqua di falda		14	°C
Salto termico consentito		5	°C
Calore specifico acqua	cp	4,186	kJ/kgK
COP		3,01	
Scenario copertura baseload termico e frigorifero			
Potenza baseload termica		800	kWt
Ore di funzionamento stimate			
Invernale		2656	h
Estivo		3184	h
TOT		5840	h
<b>Portata acqua di falda invernale</b>		<b>27,1</b>	<b>l/s</b>

Con questa configurazione è possibile sfruttare la nuova tecnologia per il massimo numero di ore possibili durante tutto l'anno in modo da generare il maggior risparmio energetico ed economico possibile. Di seguito un estratto delle caratteristiche tecniche della pompa di calore considerata per le simulazioni energetiche:

### 1. Technical data

	<b>Cond. 1</b>	
Refrigerant	R717	
Rated cooling capacity	558	kW
Rated heating capacity	800	kW
EER - Energy Efficiency Ratio (line)	2,10	
COP - Coefficient of Performance (line)	3,01	
Total electrical consumption (line)	266	kW

Per la simulazione energetica effettuata si sono ipotizzate 5840 ore di accensione annue di cui 2656 a funzionamento invernale per il servizio di riscaldamento e 3184 a funzionamento estivo per l'alimentazione delle batterie di post riscaldamento delle unità di trattamento aria degli edifici coinvolti. A questo punto è stato possibile calcolare i valori mensili di energia termica fornita dalla pompa di calore per gli edifici del distretto energetico, comprensivi di quota parte di perdite di rete, qui di seguito riassunti:

**Tabella 4.6 - Producibilità mensile Pompa di calore.**

Mese	Produzione energia termica invernale [kWh]	Produzione energia termica estiva[kWh]
Gennaio	396.800	-
Febbraio	358.400	-
Marzo	396.800	-
Aprile	192.000	76.349
Maggio	-	157.788
Giugno	-	152.698
Luglio	-	157.788
Agosto	-	157.788
Settembre	-	152.698
Ottobre	-	157.788
Novembre	384.000	-
Dicembre	396.800	-
	<b>2.124.800</b>	<b>1.012.894</b>

Dalle simulazioni energetiche e prestazionali fornite dal costruttore è stato possibile determinare il coefficiente di prestazione termica media stagionale che assume un valore di 3,01. Dal rapporto tra l'energia fornita all'impianto di teleriscaldamento e dal valore di efficienza energetica si è determinato il consumo di energia elettrica per la stagione invernale ed estiva.

**Tabella 4.7 - Consumo energia elettrica mensile per stagione invernale ed estiva.**



Mese	Consumo EE stagione invernale [kWh]	Consumo EE stagione estiva [kWh]
Gennaio	131.827	-
Febbraio	119.070	-
Marzo	131.827	-
Aprile	63.787	25.365
Maggio	-	52.421
Giugno	-	50.730
Luglio	-	52.421
Agosto	-	52.421
Settembre	-	50.730
Ottobre	-	52.421
Novembre	127.575	-
Dicembre	131.827	-
	<b>705.914</b>	<b>336.510</b>

Il consumo di combustibile o energia elettrica nella configurazione ante intervento è determinato a parità di energia termica o frigorifera fornita all'utenza, pertanto a tali valori si sono applicati i rendimenti dei generatori di calore esistenti che in condizione ante intervento forniscono il servizio di riscaldamento e ACS. I risultati ottenuti si mostrano in tabella:

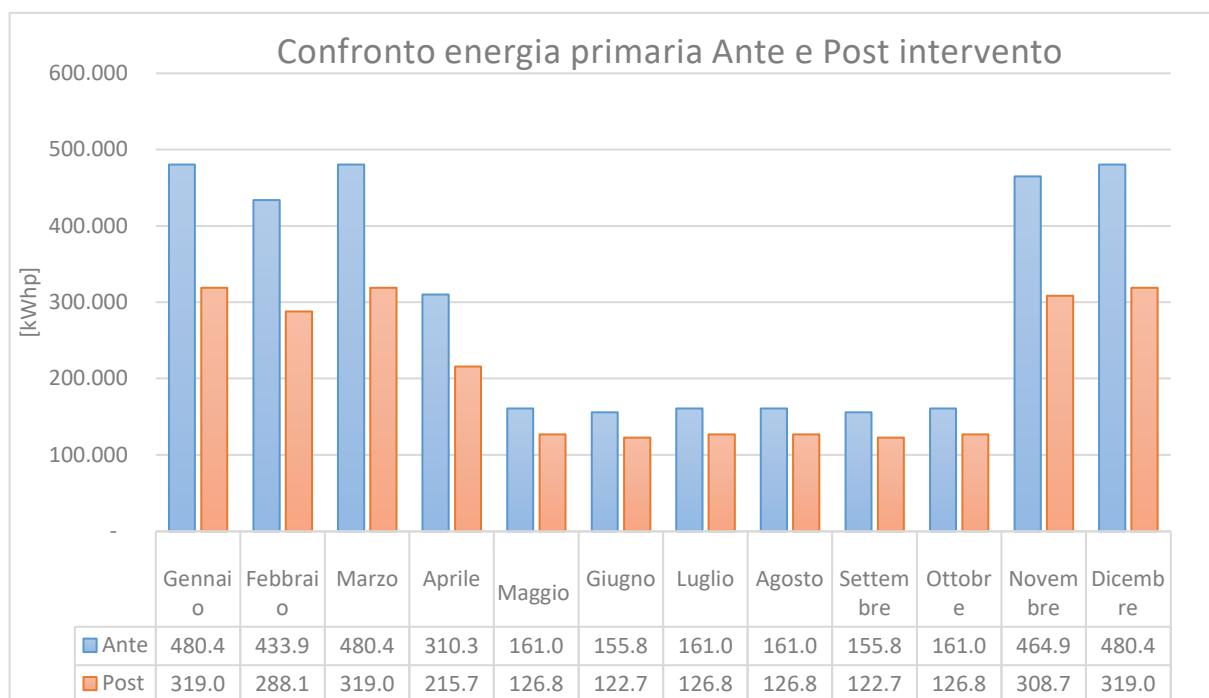
**Tabella 4.8 - Consumo combustibile ed energia elettrica mensile per stagione invernale ed estiva.**

Mese	Consumo invernale combustibile ante [Sm3]	Consumo estivo combustibile ante [Sm3]
Gennaio	47.216	-
Febbraio	42.647	-
Marzo	47.216	-
Aprile	22.847	7.879
Maggio	-	16.284
Giugno	-	15.758
Luglio	-	16.284
Agosto	-	16.284
Settembre	-	15.758
Ottobre	-	16.284
Novembre	45.693	-
Dicembre	47.216	-

<b>252.836</b>	<b>104.530</b>
----------------	----------------

Il confronto tra le simulazioni energetiche per la configurazione ante intervento e post intervento determina il combustibile, come si evince dal grafico successivo. Dato che si confrontano generatori di calore tradizionali alimentati a gas naturale e pompe di calore ad energia elettrica, risulta utile determinare l'energia primaria risparmiata conseguente all'intervento di riqualificazione energetica, tramite i fattori di conversione di energia primaria ai sensi del D.M. 26 giugno 2015 "Requisiti Minimi".

**Figura 4.6 - Confronto energia primaria Ante e Post intervento.**



#### **4.2.1.3 Pompa di calore acqua/acqua che sfrutta la ventilazione della metropolitana**

La soluzione impiantistica individuata prevede l'installazione di una pompa di calore che sfrutti la portata di ventilazione di estrazione dalla metro sottostante a piazza de Ferrari per produrre acqua calda ad alta temperatura per il servizio di riscaldamento. La portata estratta dalla metro scambia calore con una batteria all'interno della quale scorre una portata d'acqua. In questo modo la portata d'aria si raffredda e contemporaneamente porta l'acqua da una temperatura di mandata di 13°C a una temperatura di ritorno di 18°C, rappresentando il pozzo caldo per il ciclo termodinamico. Il vantaggio di questa configurazione impiantistica è rappresentato proprio dal nuovo salto termico che deve essere garantito dalla pompa di calore e che risulta minore rispetto alle condizioni invernali tra la temperatura dell'aria esterna e la temperatura di mandata acqua calda. A queste diverse condizioni operative corrispondono valori di COP più elevati assicurando un maggiore risparmio energetico.

Per il fabbisogno di climatizzazione del distretto energetico si è individuato una pompa di calore con potenza termica di 800 kW. Tali potenze sono state individuate per coprire il fabbisogno termico di base e permettere il funzionamento dell'impianto per il massimo di ore necessarie. Il refrigerante naturale utilizzato è l'Ammoniaca (R717) che permette di ottenere ottime prestazioni anche in condizioni critiche di funzionamento.

**Figura 4.7 – Pompa di Calore ad alta temperatura.**



In seguito all'analisi degli elaborati tecnici ricevuti dal Comune di Genova riguardanti gli impianti di ventilazione e climatizzazione della stazione metro di Piazza De Ferrari, è risultato che la temperatura dell'aria di estrazione è superiore alla temperatura esterna di circa 3 gradi. Questa minima differenza di temperatura viene giustificato dalle perdite di calore degli impianti elettrici e meccanici al servizio della metro e dal flusso stimato di persone che usufruiscono del servizio urbano. L'elaborazione di questi dati ha determinato un aumento minimo di prestazione energetica della macchina, rispetto alle normali condizioni esterne di funzionamento, e sicuramente non sufficiente a giustificare la complessità impiantistica richiesta per l'applicazione al distretto energetico di Piazza De Ferrari.

#### **4.2.1.4 Impianto di generazione combinato**

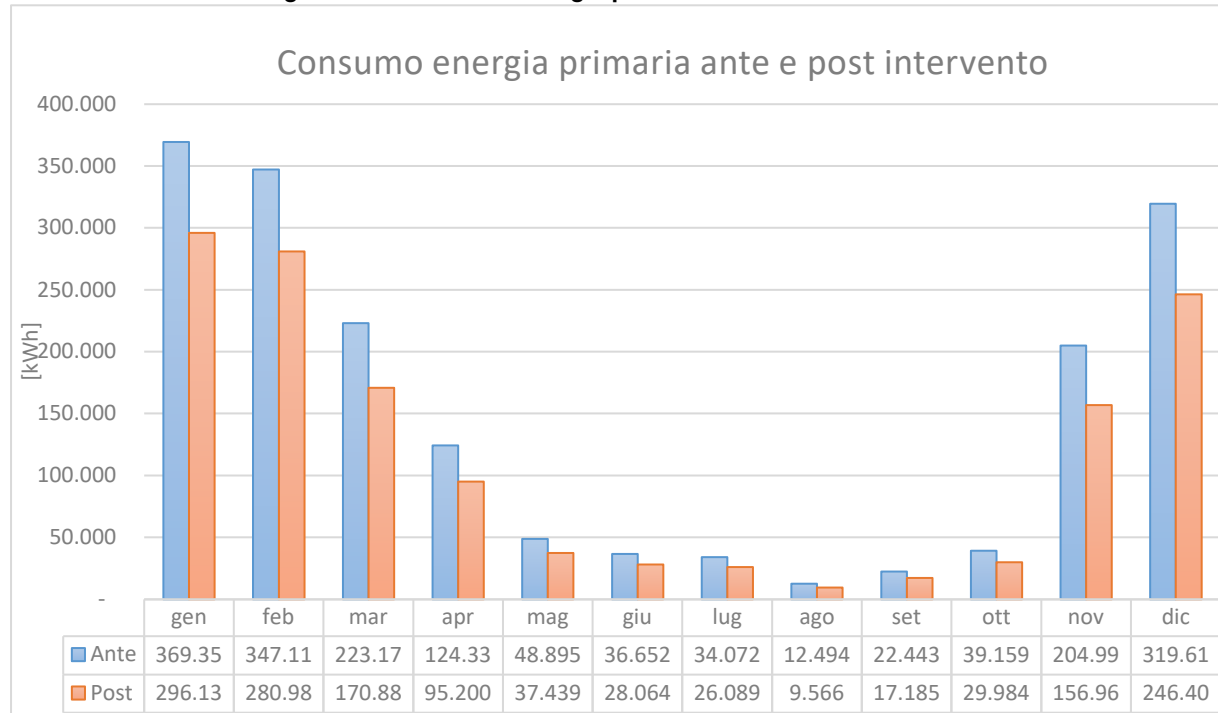
La soluzione impiantistica individuata prevede l'installazione di un impianto di generazione centralizzato costituito da una pompa di calore ad acqua di falda e da generatori di calore a condensazione ad alta efficienza. La configurazione proposta si presenta dunque come la combinazione delle tecnologie precedentemente presentate e di cui si è simulato il funzionamento per entrambi gli scenari.

##### **- Scenario A**

Per lo scenario che coinvolge gli edifici pubblici in piazza de Ferrari, che si ricordano essere il Teatro "Carlo Felice" e l'Accademia Ligustica di Belle Arti, si prevede l'installazione della pompa di calore ad acqua di falda precedentemente illustrata, di potenza termica pari a 800 kW e con priorità di funzionamento, e delle caldaie a condensazione con potenza complessiva di 3.200 kW termici.

Considerando l'eterogeneità dei vettori energetici utilizzati per la configurazione ante intervento, che si ricordano essere gas metano e gasolio, e per il post intervento, con l'assorbimento elettrico della pompa di calore e l'utilizzo di gas metano, è risultato più immediato il confronto tra l'energia primaria utilizzata, come mostrato nel seguente grafico:

**Figura 4.8 - Confronto energia primaria Ante e Post intervento.**

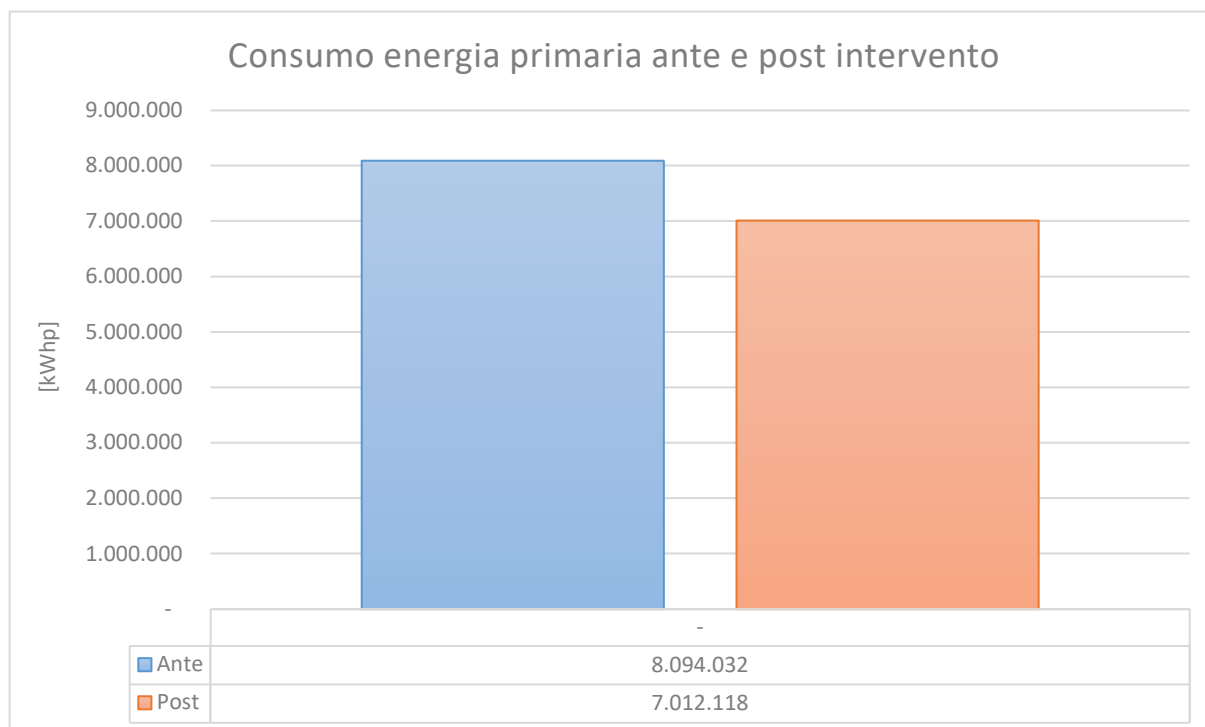


Con tali consumi energetici in configurazione post intervento corrisponde un risparmio di gas metano pari a 210.788 Sm<sup>3</sup>, con un aumento di assorbimento elettrico pari a 523.152 kWh.

#### - **Scenario B**

Per il secondo scenario sviluppato si sono coinvolti gli edifici pubblici dello scenario A e le utenze energetiche della Banca Carige e di Palazzo di Giustizia. Dall'analisi delle potenze termiche coinvolte si è individuata l'installazione di una pompa di calore ad alta temperatura da 800 kW termici e n°4 generatori di calore a condensazione da 1.700 kW cad. per una potenza complessiva d'impianto di 7.600 kW.

Considerando l'eterogeneità dei vettori energetici utilizzati per la configurazione ante intervento, che si ricordano essere gas metano e gasolio, e per il post intervento, con l'assorbimento elettrico della pompa di calore e l'utilizzo di gas metano, è risultato più immediato il confronto tra l'energia primaria utilizzata, come mostrato nel seguente grafico:

**Figura 4.9 - Confronto energia primaria Ante e Post intervento**


Dalla simulazione effettuata risulta un risparmio di gas metano pari a 83.720 Sm<sup>3</sup> e di gasolio per un valore di 106.593 l, con un aumento di assorbimento elettrico pari a 648.316 kWh. Dalla simulazione effettuata risulta un risparmio di gas metano pari a 83.720 Sm<sup>3</sup> e di gasolio per un valore di 106.593 l, con un aumento di assorbimento elettrico pari a 648.316 kWh.

#### 4.2.2 Energia elettrica

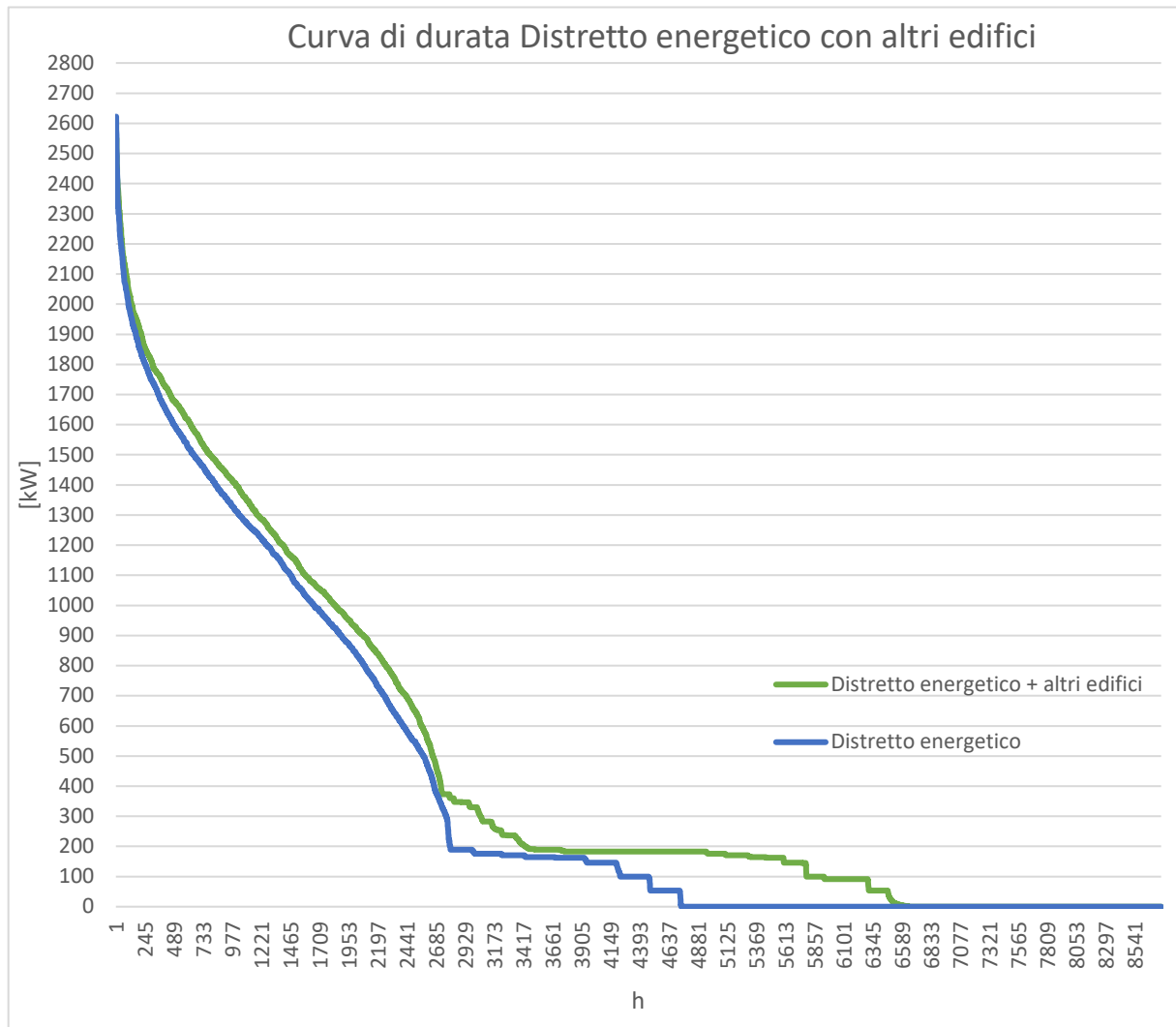
L'intervento di riqualificazione energetica del distretto energetico di Piazza De Ferrari non ha coinvolto nuovi impianti di produzione di energia elettrica.

#### 4.2.3 Cogenerazione ad alto rendimento

Lo studio di fattibilità per l'installazione di un Cogeneratore ad alto rendimento parte dall'analisi delle curve di carico e della curva di durata del distretto energetico costituito dagli edifici pubblici di Piazza De Ferrari. Tali curve sono state costruite e presentate nei capitoli precedenti (cap. 3.3) nei quali si evidenzia come per i tre edifici coinvolti nell'analisi si abbia un fabbisogno di picco di circa 2.610 kW e un carico di base di circa 200 kW per un totale di 2.800 ore all'anno. Alla luce dei risultati ottenuti, è evidente che l'installazione di una unità cogenerativa di circa 200 kW termici non risulta minimamente conveniente né dal punto di vista energetico, perché produrrebbe energia termica ed elettrica per poche ore all'anno, né dal punto economico dato che l'investimento e il VAN conseguente non risulterebbero positivi entro gli anni utili della macchina. Affinché tale configurazione impiantistica risulti vantaggiosa è necessario individuare dei fabbisogni termici aggiuntivi da collegare alla rete di teleriscaldamento: si è

ipotizzato di poter servire delle utenze energetiche di Hotel o Alberghi vicini a piazza De Ferrari. Tali edifici hanno un fabbisogno termico per produzione di ACS che si mantiene anche durante la stagione estiva, pertanto hanno un effetto positivo sulla curva di durata risultante. Si sono considerati i consumi termici di ACS di 180 camere d'albergo per un totale di consumo d'acqua di circa 25.350 l. A tali valori corrisponde una potenza termica impegnata di 183 kW.

**Figura 4.10 - Confronto Curva di durata Distretto energetico con nuove utenze.**



La curva di durata ottenuta mostra come l'unità cogenerativa di potenza nominale di 179 kWt e 130 kW<sub>e</sub> riesca a produrre energia per circa 5.000 h all'anno. Si presenta qui di seguito una tabella con le principali caratteristiche tecniche dell'unità cogenerativa individuata:

Tabella 4.9 – Caratteristiche tecnica Unità Cogenerativa

Unità cogenerativa		
Consumo di combustibile	37,3	Sm <sup>3</sup> /h
Potenza termica nominale	179	kWt
Potenza elettrica nominale	130	kWe
Rendimento termico nominale	0,501	-
Rendimento elettrico nominale	0,364	-

A tali valori di ore di funzionamento corrispondono 791 Tep/anno di energia primaria risparmiata e 95 TEE (valori calcolati secondo Decreto Ministeriale 5 settembre 2011 – Cogenerazione ad Alto Rendimento CAR). Bisogna sottolineare tuttavia come le potenze messe in gioco da questo impianto siano irrisorie rispetto il reale fabbisogno di energia termica del distretto di edifici e i benefici derivanti dal funzionamento di tale unità siano esigui rispetto alle potenzialità dell'insieme di utenze energetiche. Inoltre, la normativa vigente impone l'allacciamento di una unità cogenerativa a un singolo punto di interscambio con la rete pertanto deve essere associata a un singolo POD. Considerando i profili di consumo elettrico degli edifici di Piazza De Ferrari, si potrebbe valutare il collegamento dell'unità cogenerativa al POD della Fontana, dove è presente l'impianto di pompaggio idrico. Tuttavia, bisogna tenere conto del fatto che maggiore sarà il numero di ore di funzionamento in cui l'energia elettrica prodotta verrà immessa in rete, minore è la convenienza energetica ed economica dell'intervento.

#### 4.2.4 Reti fredde distribuite

La possibile presenza di una falda idrica sfruttabile dal punto di vista impiantistico suggerisce l'installazione di un impianto di climatizzazione a reti fredde distribuite che permetta il riscaldamento e il raffrescamento degli edifici pubblici e privati attorno a Piazza De Ferrari.

Tali impianti di condizionamento sono basati sull'impiego di apparecchiature autonome funzionanti a pompa di calore o in condizionamento del tipo acqua-acqua, a seconda della tipologia di impianto di emissione degli edifici coinvolti. L'elemento caratterizzante è l'anello di acqua di falda, composto da due sole tubazioni, una di mandata ed una di ritorno dell'acqua. Quest'ultima funge da fluido termovettore per il trasporto dell'energia termica e/o frigorifera alle varie apparecchiature, con possibilità di recupero del calore e di personalizzare le condizioni termoisometriche nei vari ambienti serviti. Generalmente la temperatura dell'acqua di falda resta costante tutto l'anno per un valore che si aggira attorno ai 14°C e rappresenta una sorgente di calore (riscaldamento) o un pozzo caldo (raffrescamento) vantaggioso per le pompe di calore che assicurano rendimenti energetici elevati in tali condizioni di



funzionamento. L'impianto sarà completato da un sistema di pompaggio e da tubazioni di emungimento e immissione in falda.

Data l'incertezza nell'esistenza e nella possibilità di un adeguato utilizzo del bacino sotterraneo di acqua di falda non si è proceduto ad un'analisi più complessa di impianto a reti fredde distribuite che coinvolga gli edifici del distretto energetico.

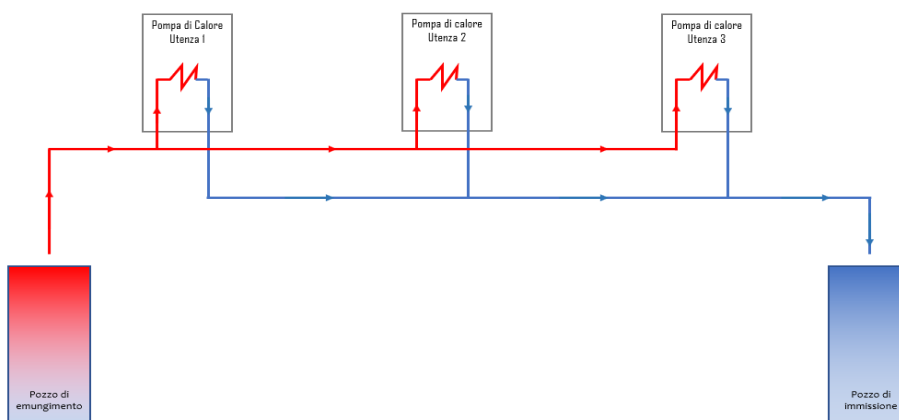


Figura 4.11 – Immagine esplicativa schema impiantistico reti fredde distribuite.

#### 4.2.5 **Analisi delle soluzioni per l'autoconsumo di energia elettrica in relazione al TISSPC**

Nel caso di installazione di un cogeneratore per la generazione di energia termica ed elettrica è necessario in base alla regolamentazione vigente il collegamento di tale unità con un singolo POD. In questo modo l'interscambio di energia elettrica avviene tra la rete e la singola utenza, la quale potrebbe essere individuata nel POD associato all'impianto di pompaggio e ausiliari della Fontana di Piazza De Ferrari.

#### 4.2.6 **Applicazione di Criteri Ambientali Minimi – CAM Edilizia**

Le scelte progettuali per gli scenari analizzati sono state effettuate tenendo conto dei criteri minimi ambientali CAM secondo Decreto Ministeriale 11 ottobre 2017. Si presentano qui di seguito i criteri ambientali rispettati e la motivazione della verifica positiva:

- 2.2.5 Approvvigionamento energetico: la riqualificazione energetica degli impianti esistenti ha portato allo studio preliminare per l'installazione di una pompa di calore ad alta temperatura che assicura la copertura del fabbisogno termico di base per il distretto energetico.
- 2.4.2.9 Isolanti termici ed acustici: l'isolamento termico della rete di tubazione dell'impianto di riscaldamento è assicurato dall'applicazione di guaine elastomeriche ad alte prestazioni energetiche. Tale materiale è certificato EPD secondo ISO 14025 ed EN 15804 che attesta il rispetto dei requisiti ambientali richiesti.

- 2.4.2.12 Impianti di illuminazione per interni ed esterni: I sistemi di illuminazione devono essere a basso consumo energetico ed alta efficienza. Le lampade delle aree uffici dovranno avere una efficienza luminosa uguale o superiore a 80 lm/W ed una resa cromatica uguale o superiore a 90; per ambienti esterni di pertinenza degli edifici la resa cromatica deve essere almeno pari ad 80; i prodotti scelti dovranno consentire di separare le diverse parti che compongono l'apparecchio d'illuminazione al fine di consentirne lo smaltimento completo a fine vita. Dovranno essere installati dei sistemi di regolazione, coadiuvati da sensori di presenza, per consentire la riduzione del consumo di energia elettrica.
- 2.4.2.13 Impianti di riscaldamento e condizionamento: gli impianti tecnologici saranno dotati, per quanto applicabile, di marchio Ecolabel UE o equivalente.
- 2.5.3 Prestazioni ambientali: i materiali impiantistici rimossi dalle centrali tecnologiche, come ad esempio il vecchio gruppo frigorifero o i generatori di calore vetusti del Teatro "Carlo Felice", saranno differenziati e indirizzati verso discariche specializzate. Inoltre, saranno predisposte in sede di cantiere le misure per implementare la raccolta differenziata per i materiali di imballaggio e di materiale di scarto di piccole e medie dimensioni. Nella zona interessata dagli scavi per la posa delle tubazione del teleriscaldamento verranno installate pannellature fonoisolanti che permetteranno di ridurre l'inquinamento acustico generato dai mezzi e dalle lavorazioni di cantiere. Per ridurre la diffusione di polveri dovuta alle lavorazioni degli scavi verrà costituita una recinzione con struttura in metallo e teli antipolvere in tessuto microforato. Tali barriere potranno essere personalizzate tramite l'applicazione di stampe decorative (es. logo del Comune di Genova) e messaggi riguardanti i lavori di riqualificazione energetica. Per ridurre al minimo l'innalzamento di polveri ed eventuali fumi sarà prevista l'irrorazione di acqua nelle aree di lavorazione e nei mezzi di trasporto di materiale da risulta.
- 2.5.4 Personale di cantiere: allo scopo di coinvolgere tutti i lavoratori nel processo di recupero e riciclo, sarà effettuato un incontro a frequenza obbligatoria per la formazione e sensibilizzazione del personale addetto riguardo le tematiche ambientali, prima dell'inizio delle opere di riqualificazione energetica e in caso di particolari lavorazioni durante le varie fasi della stessa.
- 2.5.5 Scavi e rinterri: la copertura degli scavi effettuati per il posizionamento delle tubazioni della rete di teleriscaldamento sarà effettuata tramite il materiale precedentemente asportato e accumulato. In questo modo si riutilizzerà il terreno del cantiere stesso al di sopra del quale sarà necessario ripristinare il manto stradale o pedonale.

## 5. INTERVENTO SOSTITUZIONE GENERATORI DI CALORE

### 5.1 SCENARIO A ( $A_{GC}$ )

Lo sviluppo dello Scenario A ha previsto lo studio di fattibilità tecnico economica di una rete di teleriscaldamento al servizio degli edifici pubblici ubicati nell'intorno di Piazza De Ferrari, che si ricordano essere il Teatro "Carlo Felice", l'Accademia Ligustica di Belle Arti e il Palazzo Ducale. Per l'analisi sviluppata si è deciso di escludere il Palazzo Ducale in quanto la recente sostituzione dei generatori di calore con nuovi generatori a condensazione non produce un vantaggio né dal punto di vista energetico né da quello economico.

#### 5.1.1 LOCALIZZAZIONE CENTRALE E DEFINIZIONE DEL TRACCIATO

##### 5.1.1.1 Ubicazione della centrale: analisi e scelta

Il progetto di fattibilità presentato prevede l'installazione di un impianto di teleriscaldamento per le utenze energetiche degli edifici di proprietà della pubblica amministrazione che si affacciano a Piazza De Ferrari, che si ricorda essere il Teatro "Carlo Felice" e l'Accademia Ligustica di Belle Arti. Tale impianto viene alimentato da n°4 generatori di calore a condensazione ad altissima efficienza, con potenza termica utile di 800 kW ciascuno, che sostituiscono i generatori presenti nella centrale termica del teatro, ubicata nel piano copertura della torre del teatro.

##### 5.1.1.2 Definizione del tracciato di rete: analisi, scelte e criticità

Dal posizionamento dei nuovi generatori di calore nella centrale termica del Teatro "Carlo Felice" partirà l'arteria di tubazione per l'alimentazione della sottocentrale di teleriscaldamento posizionata nella centrale termica dell'Accademia Ligustica di Belle Arti. Tale arteria raggiungerà i locali di condizionamento dei piani interrati del teatro, nei quali sarà posizionato il collettore e le diramazioni delle tubazioni per i singoli circuiti.

Per quanto riguarda il Teatro "Carlo Felice", la tubazione di mandata salirà dal piano interrato al piano copertura dove verrà posizionato lo scambiatore di calore e l'allacciamento alla distribuzione secondaria.

Per quanto riguarda l'Accademia Ligustica, dopo che le tubazioni hanno percorso gli spazi interrati posizionandosi tra il teatro e l'istituto di arte, si sfrutterà una delle tre colonne esterne cave che assicurano un percorso diretto alla centrale termica sul piano copertura dell'edificio. Una volta giunti in copertura, sarà predisposto lo spazio e l'installazione della sottostazione di teleriscaldamento.

## 5.1.2 PRESTAZIONI ENERGETICHE ED AMBIENTALI DELL'IMPIANTO E DELLA RETE

### 5.1.2.1 Efficienza energetica mensile e stagionale e fattori di energia primaria rinnovabili e non rinnovabili

Ai fini della valutazione del miglioramento dell'efficienza energetica del sistema di produzione di energia, si è valutata la stessa tramite un indice di prestazione energetica che prenda in considerazione il vettore energetico utilizzato e il prodotto finale reso disponibile all'utenza energetica. In particolare, l'indicatore prestazione calcolato risulta essere il rapporto tra l'energia termica fornita al sistema edificio e l'energia primaria utilizzata per produrla. Tale indice è misura della quantità di energia primaria utilizzata per fornire una unità di energia termica. Si è deciso di utilizzare l'energia primaria perché permette il confronto tra vettori energetico diversi, come ad esempio il gas metano e l'energia elettrica. Di seguito la tabella riassuntiva con i risultati ottenuti a livello mensile e stagionale.

Tabella 5.1 - Indice di efficienza energetica mensile e stagionale

Mese	$\eta$ ante [kWh <sub>t</sub> /kWh <sub>p</sub> ]	$\eta$ post [kWh <sub>t</sub> /kWh <sub>p</sub> ]
Gennaio	0,75	0,94
Febbraio	0,75	0,94
Marzo	0,75	0,94
Aprile	0,75	0,94
Maggio	0,75	0,94
Giugno	0,74	0,94
Luglio	0,74	0,94
Agosto	0,74	0,94
Settembre	0,74	0,94
Ottobre	0,74	0,94
Novembre	0,75	0,94
Dicembre	0,75	0,94
<b>Annuale</b>	<b>0,75</b>	<b>0,94</b>

### 5.1.2.2 Consumi annui dei diversi vettori energetici

Lo scenario impiantistico individuato prevede la sostituzione dei generatori di calore della centrale termica del Teatro "Carlo Felice" con nuovi generatori a condensazione per la copertura del fabbisogno termico del teatro e dell'Accademia Ligustica di Belle Arti. Si riassume qui di seguito il consumo di gas metano in seguito alla realizzazione dell'intervento proposto:

Tabella 5.2 - Consumo mensile ed annuo gas metano.

Mese	Consumo gas metano post [Sm <sup>3</sup> ]
Gennaio	36.930
Febbraio	34.706
Marzo	22.314
Aprile	12.431
Maggio	4.889
Giugno	3.665
Luglio	3.407
Agosto	1.249
Settembre	2.244
Ottobre	3.915
Novembre	20.497
Dicembre	31.957
<b>TOT</b>	<b>178.203</b>

### 5.1.2.3 Emissioni gas serra specifiche e annuali complessive

Dalla simulazione dello Scenario A è stato possibile determinare i consumi dei vettori energetici a livello mensile ed annuale sia per la configurazione ante intervento sia post intervento. Tramite i fattori di emissione di CO<sub>2</sub> forniti nel Capitolato Tecnico, si sono calcolate emissioni di gas clima-alteranti e i rispettivi valori specifici per unità di energia termica. Di seguito la tabella riassuntiva dei risultati ottenuti:

**Tabella 5.3 - Valori di emissione di CO2 assoluti e specifici.**

Mese	Ante [tCO2]	Post [tCO2]
Gennaio	91	72
Febbraio	85	68
Marzo	55	44
Aprile	31	24
Maggio	12	10
Giugno	9	7
Luglio	8	7
Agosto	3	2
Settembre	6	4
Ottobre	10	8
Novembre	50	40
Dicembre	79	63
	<b>438</b>	<b>349</b>
	<b>Emissioni specifiche [kgCO2/kWh]</b>	
	<b>0,258</b>	<b>0,205</b>

### **5.1.3 ANALISI ECONOMICA SCENARIO A**

#### **5.1.3.1 Ipotesi di analisi economica adottate**

Lo studio di fattibilità tecnica dello scenario A ha dimostrato la possibilità di ottenere un efficientamento energetico degli impianti tecnologici presenti negli edifici di Piazza De Ferrari. Tale intervento comporta un aumento delle prestazioni energetiche complessive dei sistemi edificio-impianto per il Teatro “Carlo Felice” e l’Accademia Ligustica di Belle Arti e determina un risparmio di vettori energetici. A questo punto risulta necessario implementare un’analisi economica che dimostri la fattibilità del progetto presentato secondo la metodologia di valutazione dei flussi di cassa e del VAN (Valore Attuale Netto) economico conseguente, secondo Diagnosi Energetica e UNI EN 15459.

Il modello economico sviluppato considera i seguenti parametri economici:

- R il tasso di interesse medio rilasciato dalla BCE per gli anni dal 2006 al 2017 è pari a 1,50%. Si ritiene quindi di utilizzare un tasso annuo pari al 3,00%
- I: Il valore dell’inflazione media mensile definita dalla Banca Centrale d’Italia per gli anni dal 2006 al 2017 è pari allo 0,13%, che riportato ad un anno è pari a 1,56%. Prudenzialmente si utilizza un valore pari a 2,00%, in linea con gli attuali valori.

Aver definito tali parametri permette di ottenere un andamento dei flussi di cassa annui che consideri l’inflazione del valore di moneta e il cambiamento dei prezzi dei benefici netti derivanti

dai risparmi economici. La combinazione di questi indici economici determina un fattore di interesse reale del 0,98% dal quale è possibile calcolare il fattore di attualizzazione annuale da applicare ai flussi di cassa tramite la seguente equazione:

$$a_j = \sum_{j=1}^n \frac{1}{(1+r)^j}$$

dove:

$a_j$  = fattore di attualizzazione all'anno  $j$

$r$  = tasso di interesse reale

$n$  = anni di vita dell'investimento

$j$  = anno  $j$ -esimo

Di seguito si riportano i fattori di attualizzazione ottenuti per l'analisi economica:

**Tabella 5.4 – Fattori di attualizzazione  $a_j$  per gli anni  $j$ .**

Anno $j$ -esimo	Fattore di attualizzazione $a_j$
1	0,9902
2	0,9805
3	0,9710
4	0,9615
5	0,9521
6	0,9428
7	0,9336
8	0,9245
9	0,9155
10	0,9066
11	0,8977
12	0,8890
13	0,8803
14	0,8717
15	0,8632
16	0,8548
17	0,8464
18	0,8382
19	0,8300
20	0,8219

La determinazione dei flussi di cassa parte dalla quantificazione dei risparmi energetici, presentati nei capitoli precedenti come  $\text{Sm}^3$  di gas metano risparmiato per la stagione invernale di riscaldamento e kWh di energia elettrica per la stagione estiva di raffrescamento, e dalla determinazione dei costi specifici di questi vettori. Il costo unitario, €/Sm<sup>3</sup> per il gas metano e €/kWh per l'energia elettrica, è stato determinato nei capitoli riguardanti la baseline economica per ciascun edificio e sarà utilizzato in questa analisi per quantificare il risparmio economico

effettivo. In particolare, si presentano qui di seguito i costi unitari per vettore energetico e per edificio del distretto:

**Tabella 5.5 - Costi unitari di baseline vettori energetici.**

Vettore Energetico	Teatro "Carlo Felice"	Palazzo Ducale	Accademia Ligustica
Gas Metano	0,51 €/Sm <sup>3</sup>	0,51 €/Sm <sup>3</sup>	0,71 €/Sm <sup>3</sup>
Energia Elettrica	0,16 €/kWh	0,16 €/kWh	0,17 €/kWh

Nel caso dei costi specifici per il Teatro "Carlo Felice", in assenza delle fatture di fornitura di entrambi i vettori energetici si è deciso di utilizzare il minore dei costi specifici degli altri due edifici, per non sovrastimare i risparmi economici derivanti dall'intervento.

### 5.1.3.2 Costi investimento

La costituzione dell'impianto di teleriscaldamento per il distretto energetico di Piazza De Ferrari presenta diverse voci di costo di investimento che costituiscono non solo l'architettura dell'impianto nel suo complesso ma anche le opere ausiliarie necessarie alla sua realizzazione. Per l'intervento individuato si è ipotizzata l'installazione di n°4 generatori di calore a condensazione a basamento per la copertura del fabbisogno termico del Teatro "Carlo Felice" e dell'Accademia Ligustica di Belle Arti. La taglia delle macchine individuate, che si ricorda essere di 800 kWt, determina un costo di investimento stimato di 396.000,00€, ottenuto in seguito al confronto e alla richiesta di preventivi specifici con le principali aziende di fornitura di tali macchinari. A tale prezzo sono stati applicati dei costi per la rimozione degli apparecchi esistenti, il trasporto, la manodopera, gli allacciamenti idraulici e gli interventi edili ed elettrici necessari. All'interno del costo indicato sono state considerate le seguenti voci di spesa:

- Rete di distribuzione: la rete di distribuzione ipotizzata prevede il collegamento della centrale termica del Teatro "Carlo Felice", sede dei generatori, con la centrale di condizionamento dell'edificio stesso, nella quale verrà installato la sottocentrale di pompaggio e il collettore di distribuzione. Da questo ambiente partiranno le dorsali di collegamento con la distribuzione dell'impianto di riscaldamento del teatro e con la centrale termica dell'Accademia Ligustica di Belle Arti. Dalle potenze termiche richieste si sono determinati i diametri delle tubazioni necessarie alla distribuzione del fluido termovettore e i prezzi specifici per metro lineare di tubo utilizzando i prezzi Informativi Dell'Edilizia – Impianti tecnologici gennaio 2020.
- Sottostazioni di Teleriscaldamento: l'impianto di teleriscaldamento prevede l'installazione di una sottostazione termica per ogni utente energetico, generalmente nella centrale termica e in accordo con gli impianti di riscaldamento esistenti. Tale sottostazione è costituita da uno scambiatore di calore, da un sistema di regolazione e



controllo, da un sistema di contabilizzazione del calore e dispositivi per la sicurezza e l'alimentazione elettrica.

### 5.1.3.3 Ricavi: tariffe, andamento nel tempo

Lo sviluppo dello Scenario A non prevede l'allacciamento alla rete di teleriscaldamento di utenze energetiche di edifici pubblici o privati al di fuori del distretto energetico individuato. In questa configurazione, quindi, non sono previsti dei flussi di cassa dovuti ai ricavi per la vendita di energia termica.

### 5.1.3.4 Costi per acquisto vettori energetici

Si mostrano qui di seguito i costi energetici stimati per la copertura del fabbisogno termico degli edifici coinvolti nell'intervento di efficientamento energetico:

**Tabella 5.6 - Stima costi energetici.**

Mese	Costo gas metano [€]
Gennaio	18.834
Febbraio	17.700
Marzo	11.380
Aprile	6.340
Maggio	2.493
Giugno	1.869
Luglio	1.737
Agosto	637
Settembre	1.144
Ottobre	1.997
Novembre	10.453
Dicembre	16.298
<b>Annuale</b>	<b>90.884</b>

### 5.1.3.5 Costi di gestione e manutenzione

I costi associati alla gestione e manutenzione di una rete di teleriscaldamento risultano essere contenuti rispetto alle normali centrali termiche di edifici storici. In particolare, nel caso della rete del distretto energetico di Piazza De Ferrari la manutenzione ordinaria delle tubazioni e delle sottostazioni di teleriscaldamento si riduce a dei normali controlli dello stato manutentivo dei componenti di impianto e si prevede che tali interventi vengano effettuati due volte all'anno. A fronte di queste considerazioni si è stimato un costo di gestione e manutenzione pari a circa 1.000,00 € all'anno.

Per quanto riguarda, invece, i generatori di calore installati nella centrale termica del Teatro "Carlo Felice", i costi di gestione e manutenzione risultano essere analoghi al macchinario da

sostituire, data la stessa tipologia di tecnologia ma con prestazioni tecniche ed energetiche sicuramente migliori.

#### **5.1.3.6 Incentivazioni**

La sostituzione dei generatori di calore rientra negli interventi ammissibili al meccanismo dei Certificati Bianchi, secondo quanto previsto dal Decreto 11 gennaio 2017, modificato dal D.M. 10 maggio 2018 e aggiornato dal Decreto Direttoriale del Ministero dello Sviluppo Economico del 30 aprile 2019 e dal Decreto Interministeriale del 1° luglio 2020. I Certificati Bianchi, chiamati anche Titoli di Efficienza Energetica, sono titoli negoziabili che certificano il conseguimento di risparmi negli usi finali di energia attraverso intervento e progetti di incremento dell'efficienza energetica. Un certificato equivale al risparmio di una Tonnellata Equivalente di Petrolio (TEP) e può essere venduto nel mercato gestito dal GME, Gestore Mercati Energetici, o attraverso contrattazioni bilaterali.

Per accedere al meccanismo dei Titoli di Efficienza Energetica è necessario presentare il progetto del distretto di Piazza De Ferrari secondo le modalità previste per il Progetto a Consuntivo, in cui la quantificazione del risparmio energetico deve essere conforme a un programma di monitoraggio che preveda una misurazione puntuale delle grandezze caratteristiche, sia nella configurazione ex ante, sia quella ex post. L'algoritmo di calcolo dei risparmi deve essere approvato dal GSE ed è necessario misurare i consumi per almeno 12 mesi prima della realizzazione dei lavori di riqualificazione.

Secondo la simulazione energetica effettuata, l'installazione dei nuovi generatori di calore per l'alimentazione della rete di teleriscaldamento può portare ad un risparmio di 42.904 Sm<sup>3</sup> annui. Complessivamente, si ottiene un risparmio di circa 35,9 tep/anno che corrispondono a 36 TEE/anno. Considerando un valore di mercato medio di 260 €/TEE, desunto dall'andamento del prezzo di vendita medio dei TEE per gli anni 2019 e 2020, è possibile ottenere un incentivo annuo di 9.341 € per un periodo di tempo di 5 anni.

L'intervento di sostituzione di generatori con nuovi a condensazione rientra negli interventi incentivabili tramite il Conto Termico. Tale forma di sostegno economico prevede la copertura del 40% dell'investimento totale previsto per un massimale di 40.000 €. Per questo intervento l'incentivo previsto corrisponde esattamente al massimale concesso, pertanto, risulta più economicamente vantaggioso richiedere il meccanismo dei Certificati Bianchi.

#### **5.1.3.7 Analisi economica dell'investimento: ipotesi, risultati, considerazioni**

A partire dai risultati ottenuti in seguito alla simulazione energetica dello Scenario A1, si sono applicate le ipotesi economiche espresse nei capitoli precedenti e si è sviluppata un'analisi economica per la determinazione dei flussi di cassa e del VAN conseguente. In particolare, dai costi di baseline per i singoli vettori energetici si è determinato il costo sostenuto per l'acquisto

del combustibile e dell'energia elettrica, per la configurazione ante e post intervento. La differenza tra la spesa energetica sostenuta ante e post determina il risparmio economico annuale che, nella prospettiva di analisi per gli anni di vita utile dell'impianto, viene attualizzato utilizzando il fattore di attualizzazione  $a_j$  dell'anno  $j$ -esimo precedentemente presentato. Il VAN viene così determinato tramite l'equazione:

$$VAN = \sum_{j=1}^n a_j * RISP - I_0$$

dove:

VAN = Valore Attuale Netto

$n$  = vita utile dell'intervento di efficienza energetica considerata pari a 15 anni

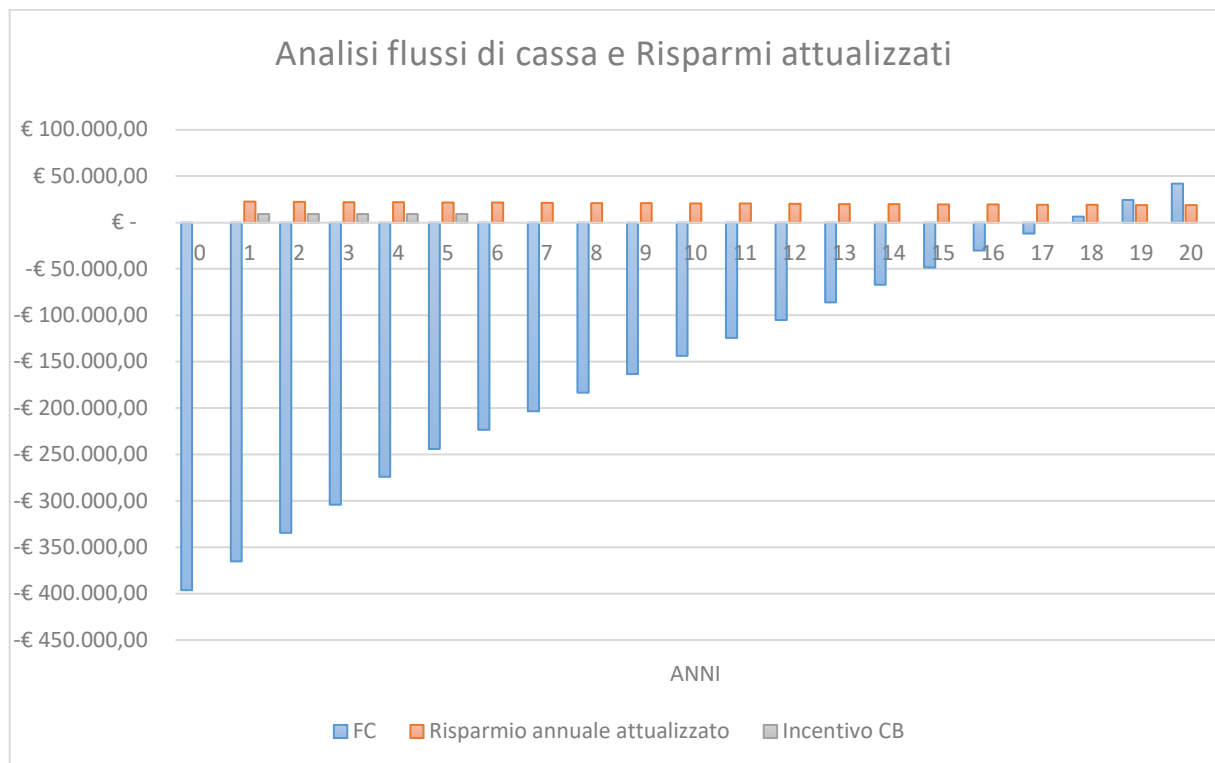
$a_j$  = fattore di attualizzazione all'anno  $j$

RISP = risparmio economico annuale

$I_0$  = Investimento iniziale

Si mostra qui di seguito l'istogramma rappresentativo dei flussi di cassa e dei risparmi attualizzati generatori dall'intervento analizzato:

**Figura 5.1 - Istogramma Flussi di Cassa e Risparmi Attualizzati - Scenario A1.**



Il VAN calcolato per l'intervento proposto risulta avere un valore pari a 42.012€ per una vita utile di 20 anni. Il tempo di ritorno semplice ha un valore di 15,2 anni, mentre il tempo di ritorno attualizzato conseguente ai flussi di cassa risulta pari a 17,6 anni. Il Tasso Interno di Rendimento (TIR), calcolato in base all'investimento iniziale  $I_0$  e ai flussi di cassa dei risparmi

economici attualizzati, ha un valore di 1,4 %. Infine, la valutazione dell'Indice di Profitto (IP) del progetto ha determinato un valore di 0,11, valutato con il VAN a 20 anni di vita utile dell'intervento. Si riassumono qui di seguito i risultati ottenuti dall'analisi economica.

**Tabella 5.7 - Indicatori economici d'investimento.**

	Scenario A1		
<b>Tempo di ritorno semplice</b>	TRS	15,2	anni
<b>Tempo di ritorno attualizzato</b>	TRA	17,6	anni
<b>Valore attuale netto</b>	VAN	42.012	€
<b>Tasso interno di rendimento</b>	TIR	1,4%	%
<b>Indice di profitto</b>	IP	0,11	

Per quanto riguarda lo Scenario A2, il fabbisogno termico individuato dalla simulazione energetica del locale Diurno risulta essere considerevolmente inferiore al fabbisogno dell'intero Teatro, pertanto, la potenza termica aggiuntiva richiesta da quei locali può essere adeguatamente coperta dai nuovi generatori a condensazione. A seguito di questo risultato, l'analisi economica per lo Scenario A2 risulta analoga allo Scenario A1.

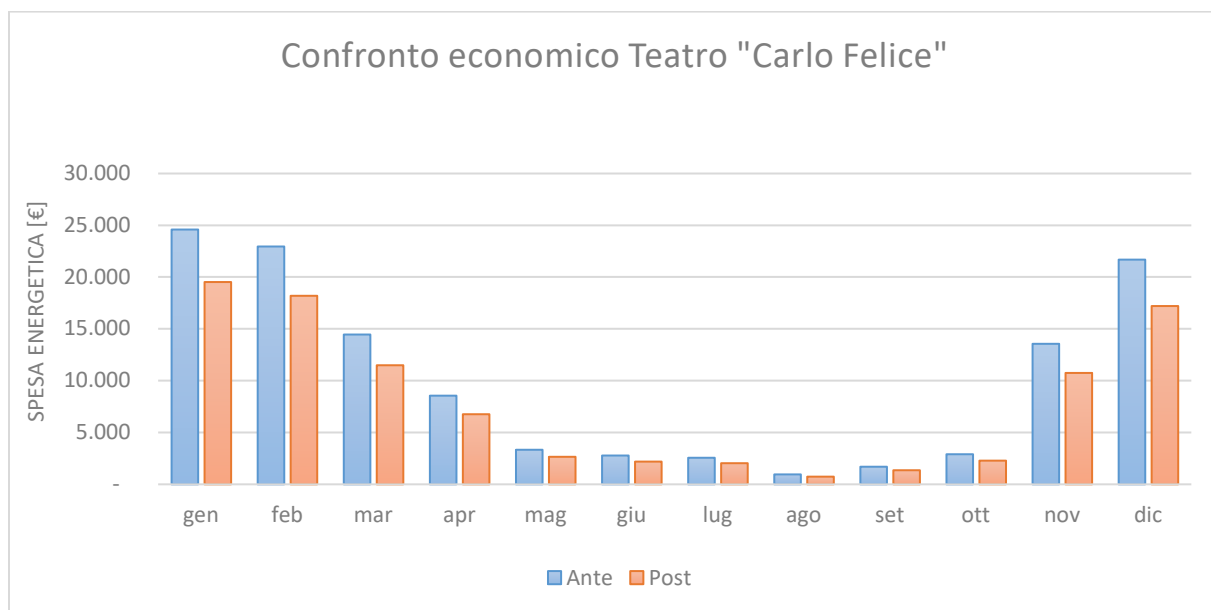
#### **5.1.3.8 Analisi dei vantaggi comparativi per gli edifici: confronto economico ed ambientale**

Nei prossimi paragrafi si presentano i risultati ottenuti a seguito dell'analisi economica e dell'analisi ambientale di emissioni dell'intervento proposto per lo Scenario A.

##### **5.1.3.8.1 Teatro dell'Opera "Carlo Felice"**

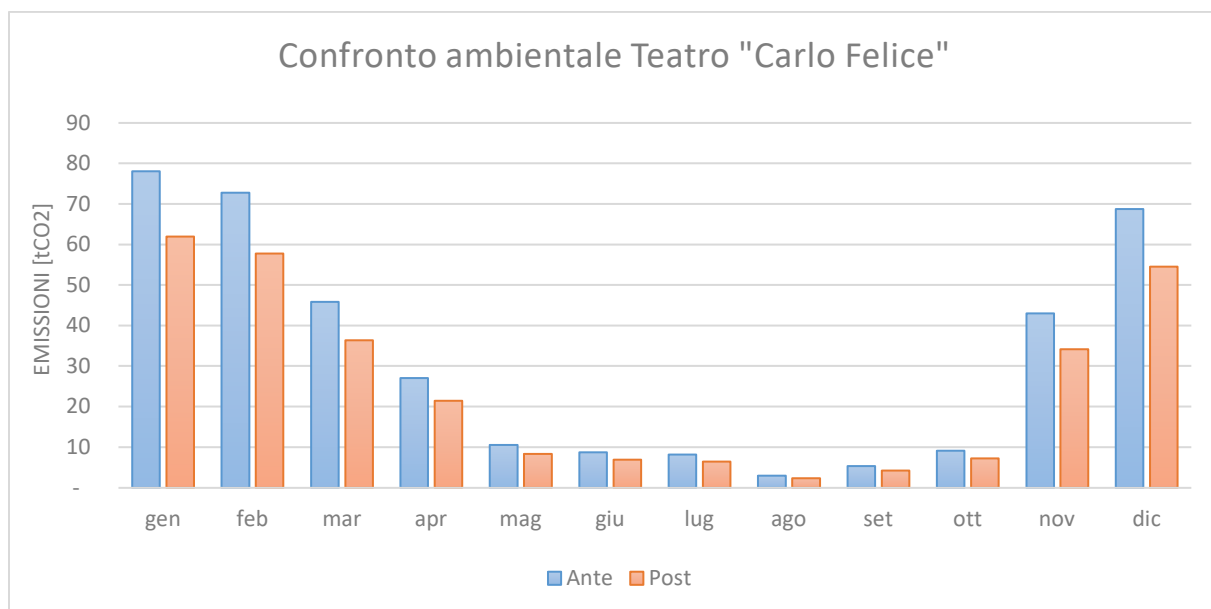
La nuova configurazione impiantistica assicura all'edificio la copertura del fabbisogno di climatizzazione nel regime di riscaldamento. Dal punto di vista economico, le maggiori prestazioni energetiche rispetto alla configurazione impiantistica ante intervento assicurano un risparmio sui costi energetici quantificabile in circa 20.300,00 € annui. Di seguito si mostra l'andamento dei costi mensili per il Teatro "Carlo Felice":

**Figura 5.2 - Confronto economico mensile Cassa di Risparmio di Genova e Imperia.**



Correlato al minor consumo di energia per l'alimentazione degli impianti tecnologici, è stato possibile quantificare la riduzione di emissioni di gas clima alteranti tramite i coefficienti di conversione contenuti nel documento "Linee Guida Patto dei Sindaci" per l'anno 2010. Tale riduzione assume un valore di circa 80 tCO<sub>2</sub>, di seguito il confronto di emissioni mensili ante intervento e post intervento:

**Figura 5.3 - Confronto emissioni mensili Teatro "Carlo Felice".**

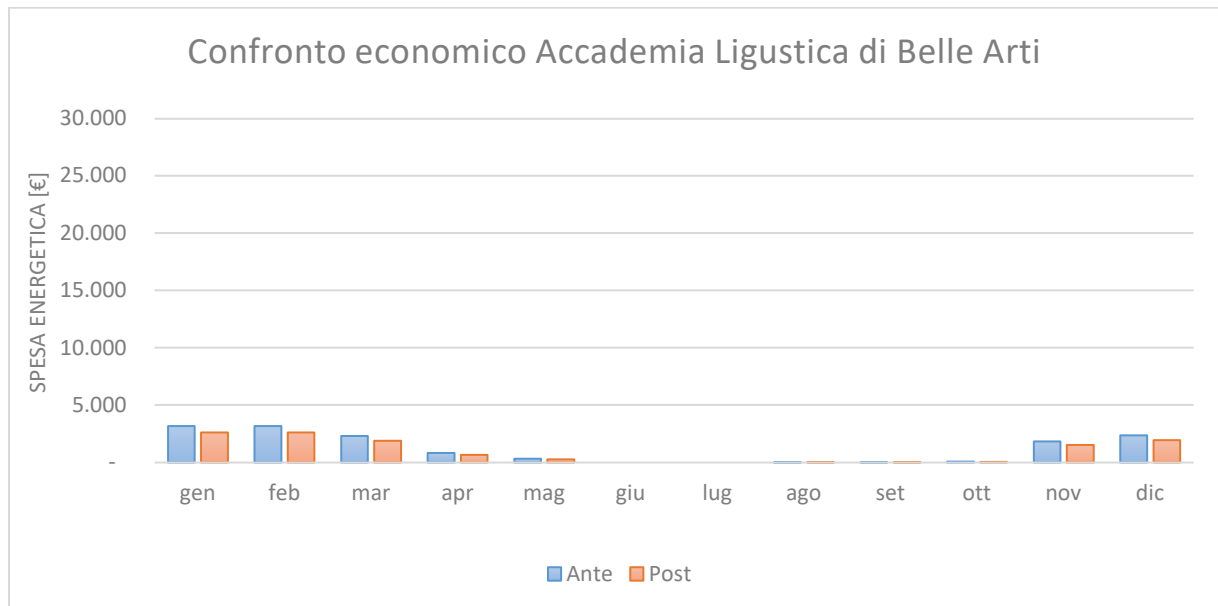


### 5.1.3.9 Accademia Ligustica di Belle Arti

La nuova configurazione impiantistica assicura all'edificio la copertura del fabbisogno termico per il servizio di riscaldamento. Dal punto di vista economico, le maggiori prestazioni energetiche rispetto alla configurazione impiantistica ante intervento assicurano un risparmio

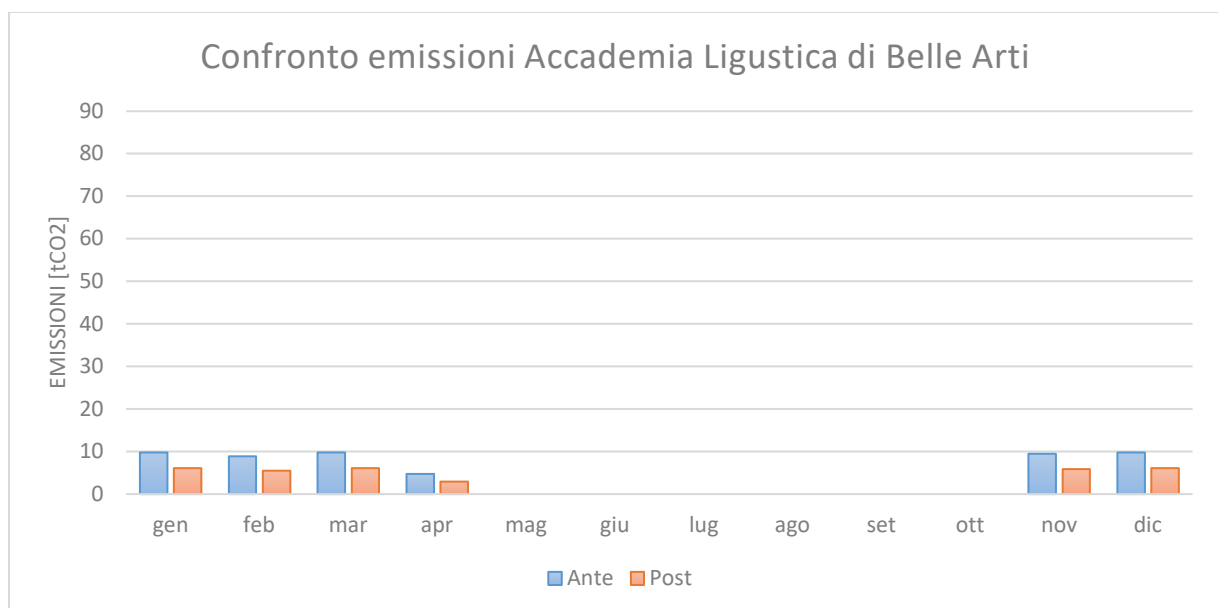
sui costi energetici quantificabile in circa 2.500 € annui. Di seguito si mostra l'andamento dei costi mensili per l'Accademia Ligustica di Belle Arti:

**Figura 5.4 - Confronto economico mensile Accademia Ligustica di Belle Arti.**



Correlato al minor consumo di energia per l'alimentazione degli impianti tecnologici, è stato possibile quantificare la riduzione di emissioni di gas clima alteranti tramite i coefficienti di conversione contenuti nel documento "Linee Guida Patto dei Sindaci" per l'anno 2010. Tale riduzione assume un valore di circa 9 tCO<sub>2</sub>, di seguito il confronto di emissioni ante intervento e post intervento:

**Figura 5.5 - Confronto emissioni mensili Accademia Ligustica di Belle Arti.**



## 5.2 SCENARIO B ( $B_{CC}$ )

### 5.2.1 LOCALIZZAZIONE CENTRALE E DEFINIZIONE DEL TRACCIATO

#### 5.2.1.1 Ubicazione della centrale: analisi e scelta

Il progetto di fattibilità presentato prevede l'installazione di un impianto di teleriscaldamento per le utenze energetiche degli edifici che si affacciano a Piazza De Ferrari. Per questo scenario le utenze coinvolte sono il Teatro "Carlo Felice" e l'Accademia Ligustica di Belle Arti, di proprietà della pubblica amministrazione, la sede centrale della Cassa di Risparmio di Genova e Imperia e Palazzo di Giustizia. Tale impianto viene alimentato da n°4 generatori di calore a condensazione ad altissima efficienza, con potenza termica utile di 1.700 kW ciascuno, che sostituiscono i generatori presenti nella centrale termica del teatro, ubicata nel piano copertura della torre del teatro. È stato inoltre prevista la predisposizione della dorsale per l'alimentazione della centrale termica del Palazzo Ducale di cui però non si prevede in questa fase di studio l'allacciamento alla rete.

#### 5.2.1.2 Definizione del tracciato di rete: analisi, scelte e criticità

Dal posizionamento dei nuovi generatori di calore nella centrale termica del Teatro "Carlo Felice" partirà l'arteria di tubazione per l'alimentazione della rete di teleriscaldamento. Tale arteria raggiungerà i locali di condizionamento dei piani interrati del teatro, nei quali sarà posizionato il collettore e le diramazioni delle tubazioni per i singoli circuiti.

Per quanto riguarda il Teatro "Carlo Felice", la tubazione di mandata salirà dal piano interrato al piano copertura dove verrà posizionato lo scambiatore di calore e l'allacciamento alla distribuzione secondaria.

Per quanto riguarda l'Accademia Ligustica, dopo che le tubazioni hanno percorso gli spazi interrati posizionandosi tra il teatro e l'istituto di arte, si sfrutterà una delle tre colonne esterne cave che assicurano un percorso diretto alla centrale termica sul piano copertura dell'edificio. Una volta giunti in copertura, sarà predisposto lo spazio e l'installazione della sottostazione di teleriscaldamento.

La centrale termica della sede principale della Cassa di Risparmio di Genova e Imperia sarà collegata al collettore di mandata della rete tramite una dorsale dedicata che dai piani interrati del teatro attraverserà Via Roma e percorrerà Via Cassa di Risparmio fino al locale tecnico dedicate. In tale ambiente sarà posizionata la sottostazione di teleriscaldamento che alimenterà i circuiti esistenti.

Come anticipato al cap 5.2.1.1 è stata prevista la predisposizione del circuito per l'alimentazione della centrale termica del Palazzo Ducale. Tale circuito dedicato percorrerà i locali tecnici interrati del teatro e si unirà al cunicolo tecnologico presente al di sotto di Piazza De Ferrari, sfruttandone il tracciato esistente. In corrispondenza della facciata est del palazzo

storico, le tubazioni devieranno verso Piazza Giacomo Matteotti presso la quale è presente a livello interrato la centrale termica dell'edificio storico.

Per quanto riguarda il Palazzo di Giustizia, la dorsale di alimentazione dell'impianto di riscaldamento dell'edificio partirà in corrispondenza di Passo Eugenio Montale per poi percorrere Via Vernazza al termine della quale congiungersi con Via V Dicembre. Giunto in prossimità dell'edificio, le tubazioni risaliranno attraverso cavedi tecnologici individuati e termineranno nella centrale termica dell'edificio posto in copertura, dove risiederà la sottostazione di scambio termico.

## **5.2.2 PRESTAZIONI ENERGETICHE ED AMBIENTALI DELL'IMPIANTO E DELLA RETE**

### **5.2.2.1 Efficienza energetica mensile e stagionale e fattori di energia primaria rinnovabili e non rinnovabili**

Ai fini della valutazione del miglioramento dell'efficienza energetica del sistema di produzione di energia, si è valutata la stessa tramite un indice di prestazione energetica che prenda in considerazione il vettore energetico utilizzato e il prodotto finale reso disponibile all'utenza energetica. In particolare, l'indicatore prestazione calcolato risulta essere il rapporto tra l'energia termica fornita al sistema edificio e l'energia primaria utilizzata per produrla. Tale indice è misura della quantità di energia primaria utilizzata per fornire una unità di energia termica. Si è deciso di utilizzare l'energia primaria perché permette il confronto tra vettori energetico diversi, come ad esempio il gas metano e il gasolio. Di seguito la tabella riassuntiva con i risultati ottenuti a livello stagionale.

**Tabella 5.8 - Indice di efficienza energetica stagionale**

	$\eta$ ante [kWh <sub>t</sub> /kW <sub>hp</sub> ]	$\eta$ post [kWh <sub>t</sub> /kW <sub>hp</sub> ]
<b>Annuale</b>	<b>0,86</b>	<b>0,94</b>

### **5.2.2.2 Consumi annui dei diversi vettori energetici**

Lo scenario impiantistico individuato prevede la sostituzione dei generatori di calore della centrale termica del Teatro "Carlo Felice" con nuovi generatori a condensazione per la copertura del fabbisogno termico del teatro, dell'Accademia Ligustica di Belle Arti, della sede della Banca Carige e di Palazzo Giustizia. Si riassume qui di seguito il consumo di gas metano in seguito alla realizzazione dell'intervento proposto:

**Tabella 5.9 - Consumo mensile ed annuo gas metano.**

	Consumo gas metano Post [Sm <sup>3</sup> ]
<b>Annuale</b>	<b>729.271</b>



### 5.2.2.3 Emissioni gas serra specifiche e annuali complessive

Dalla simulazione dello Scenario B è stato possibile determinare i consumi dei vettori energetici a livello mensile ed annuale sia per la configurazione ante intervento sia post intervento. Tramite i fattori di emissione di CO<sub>2</sub> forniti nel Capitolato Tecnico, si sono calcolate emissioni di gas clima-alteranti e i rispettivi valori specifici per unità di energia termica. Di seguito la tabella riassuntiva dei risultati ottenuti:

Tabella 5.10 - Valori di emissione di CO<sub>2</sub> assoluti e specifici.

	Ante [tCO <sub>2</sub> ]	Post [tCO <sub>2</sub> ]
<b>Annuale</b>	<b>1.622</b>	<b>1.427</b>
	Emissioni specifiche [tCO <sub>2</sub> /MWh]	
	<b>0,233</b>	<b>0,205</b>

## 5.2.3 ANALISI ECONOMICA SCENARIO B

### 5.2.3.1 Ipotesi di analisi economica adottate

Lo studio di fattibilità tecnica dello scenario B ha dimostrato la possibilità di ottenere un efficientamento energetico degli impianti tecnologici presenti negli edifici ubicati nella zona che si sviluppa attorno a Piazza De Ferrari. Tale intervento comporta un aumento delle prestazioni energetiche complessive dei sistemi edificio-impianto per il Teatro "Carlo Felice", l'Accademia Ligustica di Belle Arti, per la Cassa di Risparmio di Genova e Imperia e per il Palazzo Ducale determina un risparmio di vettori energetici. A questo punto risulta necessario implementare un'analisi economica che dimostri la fattibilità del progetto presentato secondo la metodologia di valutazione dei flussi di cassa e del VAN (Valore Attuale Netto) economico conseguente, secondo Diagnosi Energetica e UNI EN 15459.

Il modello economico sviluppato considera i seguenti parametri economici:

- R il tasso di interesse medio rilasciato dalla BCE per gli anni dal 2006 al 2017 è pari a 1,50%. Si ritiene quindi di utilizzare un tasso annuo pari al 3,00%
- I: Il valore dell'inflazione media mensile definita dalla Banca Centrale d'Italia per gli anni dal 2006 al 2017 è pari allo 0,13%, che riportato ad un anno è pari a 1,56%. Prudenzialmente si utilizza un valore pari a 2,00%, in linea con gli attuali valori.

Aver definito tali parametri permette di ottenere un andamento dei flussi di cassa annui che consideri l'inflazione del valore di moneta e il cambiamento dei prezzi dei benefici netti derivanti dai risparmi economici. La combinazione di questi indici economici determina un fattore di interesse reale del 0,98% dal quale è possibile calcolare il fattore di attualizzazione annuale da applicare ai flussi di cassa tramite la seguente equazione:

$$a_j = \sum_{j=1}^n \frac{1}{(1+r)^j}$$

dove:

$a_j$  = fattore di attualizzazione all'anno  $j$

$r$  = tasso di interesse reale

$n$  = anni di vita dell'investimento

$j$  = anno  $j$ -esimo

Di seguito si riportano i fattori di attualizzazione ottenuti per l'analisi economica:

**Tabella 5.11 – Fattori di attualizzazione  $a_j$  per gli anni  $j$ .**

Anno $j$ -esimo	Fattore di attualizzazione $a_j$
1	0,9902
2	0,9805
3	0,9710
4	0,9615
5	0,9521
6	0,9428
7	0,9336
8	0,9245
9	0,9155
10	0,9066
11	0,8977
12	0,8890
13	0,8803
14	0,8717
15	0,8632
16	0,8548
17	0,8464
18	0,8382
19	0,8300
20	0,8219

La determinazione dei flussi di cassa parte dalla quantificazione dei risparmi energetici, presentati nei capitoli precedenti come  $\text{Sm}^3$  di gas metano risparmiato per la stagione invernale di riscaldamento e kWh di energia elettrica per la stagione estiva di raffrescamento, e dalla determinazione dei costi specifici di questi vettori. Il costo unitario, €/ $\text{Sm}^3$  per il gas metano e €/kWh per l'energia elettrica, è stato determinato nei capitoli riguardanti la baseline economica per ciascun edificio e sarà utilizzato in questa analisi per quantificare il risparmio economico effettivo. In particolare, si presentano qui di seguito i costi unitari per vettore energetico e per edificio del distretto:

**Tabella 5.12 - Costi unitari di baseline vettori energetici.**

Vettore Energetico	Teatro "Carlo Felice"	Palazzo Ducale	Accademia Ligustica	Banca Carige	Palazzo Giustizia
Gas Metano	0,51 €/Sm3	0,51 €/Sm3	0,71 €/Sm3	-	0,51 €/Sm3
Energia Elettrica	0,16 €/kWh	0,16 €/kWh	0,17 €/kWh	0,167 €/kWh	-
Gasolio	-	-	-	0,863 €/l	-

Nel caso dei costi specifici per il Teatro "Carlo Felice", in assenza delle fatture di fornitura di entrambi i vettori energetici si è deciso di utilizzare il minore dei costi specifici degli altri due edifici, per non sovrastimare i risparmi economici derivanti dall'intervento. Analogamente per il Palazzo di Giustizia si è considerato un valore per il costo di combustibile analogo al minore costo specifico degli altri edifici.

### 5.2.3.2 Costi investimento

La costituzione dell'impianto di teleriscaldamento per il distretto energetico di Piazza De Ferrari presenta diverse voci di costo di investimento che costituiscono non solo l'architettura dell'impianto nel suo complesso ma anche le opere ausiliarie necessarie alla sua realizzazione. Per l'intervento individuato si è ipotizzata l'installazione di n°4 generatori di calore a condensazione a basamento per la copertura del fabbisogno termico del Teatro "Carlo Felice", dell'Accademia Ligustica di Belle Arti, della Cassa di Risparmio di Genova e Imperia, del Palazzo di giustizia e per una eventuale allacciamento futuro di Palazzo Ducale. La taglia delle macchine individuate, che si ricorda essere di 1.700 kWt, determina un costo totale di investimento stimato di 1.090.550€, ottenuto in seguito al confronto e alla richiesta di preventivi specifici con le principali aziende di fornitura di tali macchinari. A tale prezzo sono stati applicati dei costi per la rimozione degli apparecchi esistenti, il trasporto, la manodopera, gli allacciamenti idraulici, gli interventi edili ed elettrici necessari ed infine l'impianto di gestione e controllo fumi SAE. All'interno del costo indicato sono state considerate anche le seguenti voci di spesa:

- rete di distribuzione, prevede il collegamento della centrale termica del Teatro "Carlo Felice", sede dei generatori, con la centrale di condizionamento dell'edificio stesso, nella quale verrà installato la sottocentrale di pompaggio e il collettore di distribuzione. Da questo ambiente partiranno le dorsali di collegamento con la distribuzione dell'impianto di riscaldamento del teatro e con le centrali termiche dell'Accademia Ligustica di Belle Arti, della Cassa di Risparmio di Genova e Imperia e di Palazzo di Giustizia. Dalle potenze termiche richieste si sono determinati i diametri delle tubazioni necessarie alla distribuzione del fluido termovettore e i

prezzi specifici per metro lineare di tubo utilizzando i prezzi Informativi Dell'Edilizia – Impianti tecnologici gennaio 2020.

- Sottostazioni di Teleriscaldamento: l'impianto di teleriscaldamento prevede l'installazione di una sottostazione termica per ogni utente energetico, generalmente nella centrale termica e in accordo con gli impianti di riscaldamento esistenti. Tale sottostazione è costituita da uno scambiatore di calore, da un sistema di regolazione e controllo, da un sistema di contabilizzazione del calore e dispositivi per la sicurezza e l'alimentazione elettrica.

### 5.2.3.3 Costi per acquisto vettori energetici

Si mostrano qui di seguito i costi energetici stimati per la copertura del fabbisogno termico degli edifici coinvolti nell'intervento di efficientamento energetico:

Tabella 5.13 - Stima costi energetici.

	Costo gas metano post [€]
Annuale	371.298

### 5.2.3.4 Costi di gestione e manutenzione

I costi associati alla gestione e manutenzione di una rete di teleriscaldamento risultano essere contenuti rispetto alle normali centrali termiche di edifici storici. In particolare, nel caso della rete del distretto energetico di Piazza De Ferrari la manutenzione ordinaria delle tubazioni e delle sottostazioni di teleriscaldamento si riduce a dei normali controlli dello stato manutentivo dei componenti di impianto e si prevede che tali interventi vengano effettuati due volte all'anno. A fronte di queste considerazioni si è stimato un costo di gestione e manutenzione pari a circa 2.000,00 € all'anno.

Per quanto riguarda, invece, i generatori di calore installati nella centrale termica del Teatro "Carlo Felice", i costi di gestione e manutenzione risultano essere analoghi al macchinario da sostituire, data la stessa tipologia di tecnologia ma con prestazioni tecniche ed energetiche sicuramente migliori.

### 5.2.3.5 Incentivazioni

La sostituzione dei generatori di calore rientra negli interventi ammissibili al meccanismo dei Certificati Bianchi, secondo quanto previsto dal Decreto 11 gennaio 2017, modificato dal D.M. 10 maggio 2018 e aggiornato dal Decreto Direttoriale del Ministero dello Sviluppo Economico del 30 aprile 2019 e dal Decreto Interministeriale del 1° luglio 2020. I Certificati Bianchi, chiamati anche Titoli di Efficienza Energetica, sono titoli negoziabili che certificano il conseguimento di risparmi negli usi finali di energia attraverso intervento e progetti di

incremento dell'efficienza energetica. Un certificato equivale al risparmio di una Tonnellata Equivalente di Petrolio (TEP) e può essere venduto nel mercato gestito dal GME, Gestore Mercati Energetici, o attraverso contrattazioni bilaterali.

Per accedere al meccanismo dei Titoli di Efficienza Energetica è necessario presentare il progetto del distretto di Piazza De Ferrari secondo le modalità previste per il Progetto a Consuntivo, in cui la quantificazione del risparmio energetico deve essere conforme a un programma di monitoraggio che preveda una misurazione puntuale delle grandezze caratteristiche, sia nella configurazione ex ante, sia quella ex post. L'algoritmo di calcolo dei risparmi deve essere approvato dal GSE ed è necessario misurare i consumi per almeno 12 mesi prima della realizzazione dei lavori di riqualificazione.

Secondo la simulazione energetica effettuata, l'installazione dei nuovi generatori di calore per l'alimentazione della rete di teleriscaldamento può portare ad un risparmio di 106.593 l di gasolio annui. Complessivamente, si ottiene un risparmio di circa 44 tep/anno che corrispondono a 44 TEE/anno. Considerando un valore di mercato medio di 260 €/TEE, desunto dall'andamento del prezzo di vendita medio dei TEE per gli anni 2019 e 2020, è possibile ottenere un incentivo annuo di 11.376 € per un periodo di tempo di 5 anni.

L'intervento di sostituzione di generatori con nuovi a condensazione rientra negli interventi incentivabili tramite il Conto Termico. Tale forma di sostegno economico prevede la copertura del 40% dell'investimento totale previsto per un massimale di 40.000 €. Per questo intervento l'incentivo previsto corrisponde esattamente al massimale concesso, pertanto, risulta più economicamente vantaggioso richiedere il meccanismo dei Certificati Bianchi.

#### **5.2.3.6 Analisi economica dell'investimento: ipotesi, risultati, considerazioni**

A partire dai risultati ottenuti in seguito alla simulazione energetica dello Scenario B, si sono applicate le ipotesi economiche espresse nei capitoli precedenti e si è sviluppata un'analisi economica per la determinazione dei flussi di cassa e del VAN conseguente. In particolare, dai costi di baseline per i singoli vettori energetici si è determinato il costo sostenuto per l'acquisto del combustibile e dell'energia elettrica, per la configurazione ante e post intervento. La differenza tra la spesa energetica sostenuta ante e post determina il risparmio economico annuale che, nella prospettiva di analisi per gli anni di vita utile dell'impianto, viene attualizzato utilizzando il fattore di attualizzazione  $a_j$  dell'anno j-esimo precedentemente presentato. Il VAN viene così determinato tramite l'equazione:

$$VAN = \sum_{j=1}^n a_j * RISP - I_0$$

dove:

VAN = Valore Attuale Netto

$n$  = vita utile dell'intervento di efficienza energetica considerata pari a 15 anni

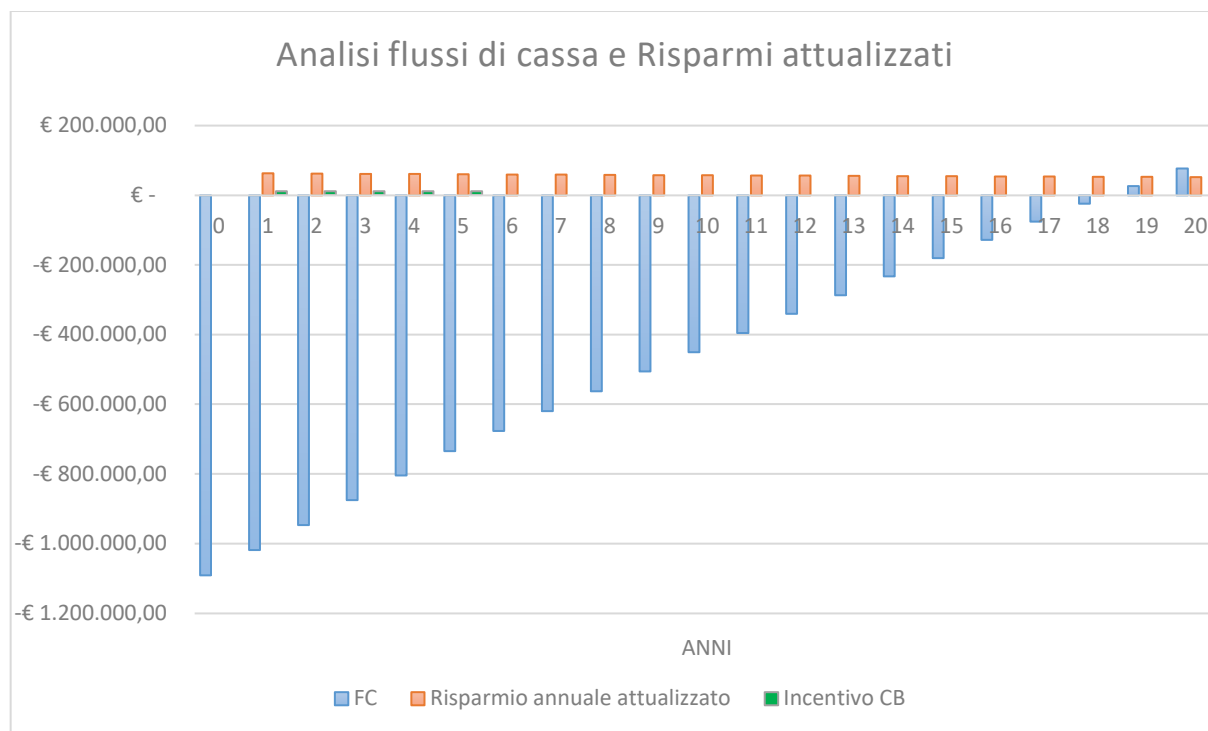
$a_j$  = fattore di attualizzazione all'anno  $j$

RISP = risparmio economico annuale

$I_0$  = Investimento iniziale

Si mostra qui di seguito l'istogramma rappresentativo dei flussi di cassa e dei risparmi attualizzati generatori dall'intervento analizzato:

**Figura 5.6 - Istogramma Flussi di Cassa e Risparmi Attualizzati - Scenario B.**



Il VAN calcolato per l'intervento proposto risulta avere un valore pari a 77.104€ per una vita utile di 20 anni. Il tempo di ritorno semplice ha un valore di 13,5 anni, mentre il tempo di ritorno attualizzato conseguente ai flussi di cassa risulta pari a 18,5 anni. Il Tasso Interno di Rendimento (TIR), calcolato in base all'investimento iniziale  $I_0$  e ai flussi di cassa dei risparmi economici attualizzati, ha un valore di 3,1 %. Infine, la valutazione dell'Indice di Profitto (IP) del progetto ha determinato un valore di 0,07, valutato con il VAN a 20 anni di vita utile dell'intervento. Si riassumono qui di seguito i risultati ottenuti dall'analisi economica.

**Tabella 5.14 - Indicatori economici d'investimento.**

	Scenario B		
<b>Tempo di ritorno semplice</b>	TRS	13,8	anni
<b>Tempo di ritorno attualizzato</b>	TRA	18,5	anni
<b>Valore attuale netto</b>	VAN	77.104	€
<b>Tasso interno di rendimento</b>	TIR	3,1	%
<b>Indice di profitto</b>	IP	0,07	

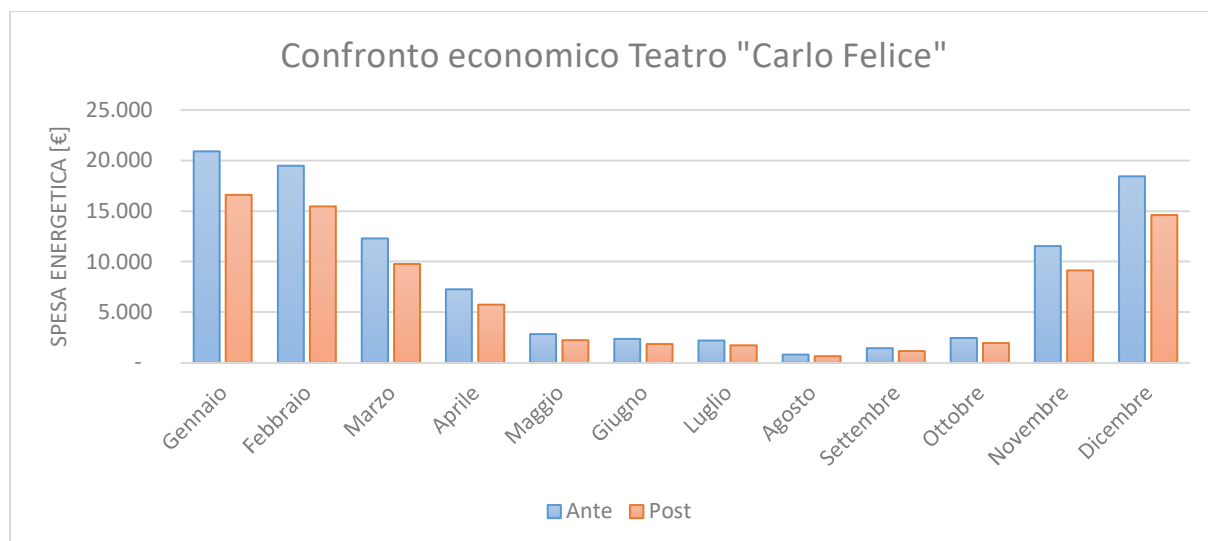
### 5.2.3.7 **Analisi dei vantaggi comparativi per gli edifici: confronto economico ed ambientale**

Nei prossimi paragrafi si presentano i risultati ottenuti a seguito dell'analisi economica e dell'analisi ambientale di emissioni dell'intervento proposto per lo Scenario B.

#### 5.2.3.7.1 Teatro dell'Opera "Carlo Felice"

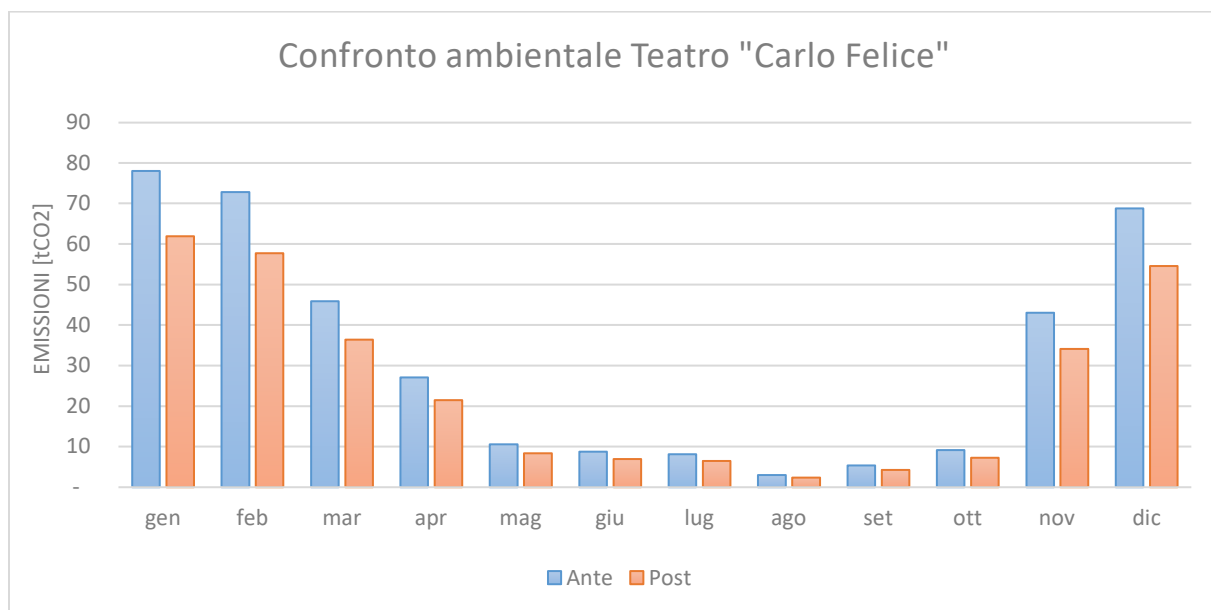
La nuova configurazione impiantistica assicura all'edificio la copertura del fabbisogno di climatizzazione nel regime di riscaldamento. Dal punto di vista economico, le maggiori prestazioni energetiche rispetto alla configurazione impiantistica ante intervento assicurano un risparmio sui costi energetici quantificabile in circa 20.300,00 € annui. Di seguito si mostra l'andamento dei costi mensili per il Teatro "Carlo Felice":

**Figura 5.7 - Confronto economico mensile Cassa di Risparmio di Genova e Imperia.**



Correlato al minor consumo di energia per l'alimentazione degli impianti tecnologici, è stato possibile quantificare la riduzione di emissioni di gas clima alteranti tramite i coefficienti di conversione contenuti nel documento "Linee Guida Patto dei Sindaci" per l'anno 2010. Tale riduzione assume un valore di circa 80 tCO<sub>2</sub>, di seguito il confronto di emissioni mensili ante intervento e post intervento:

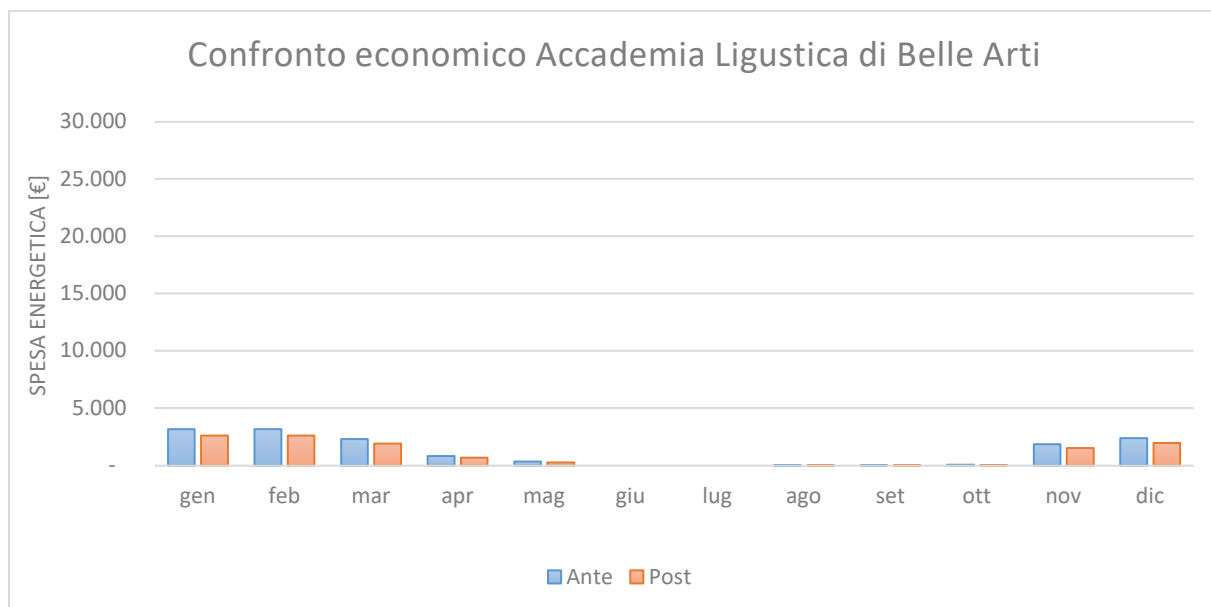
**Figura 5.8 - Confronto emissioni mensili Teatro "Carlo Felice".**



**5.2.3.7.2 Accademia Ligustica di Belle Arti**

La nuova configurazione impiantistica assicura all'edificio la copertura del fabbisogno termico per il servizio di riscaldamento. Dal punto di vista economico, le maggiori prestazioni energetiche rispetto alla configurazione impiantistica ante intervento assicurano un risparmio sui costi energetici quantificabile in circa 2.500 € annui. Di seguito si mostra l'andamento dei costi mensili per l'Accademia Ligustica di Belle Arti:

**Figura 5.9 - Confronto economico mensile Accademia Ligustica di Belle Arti.**

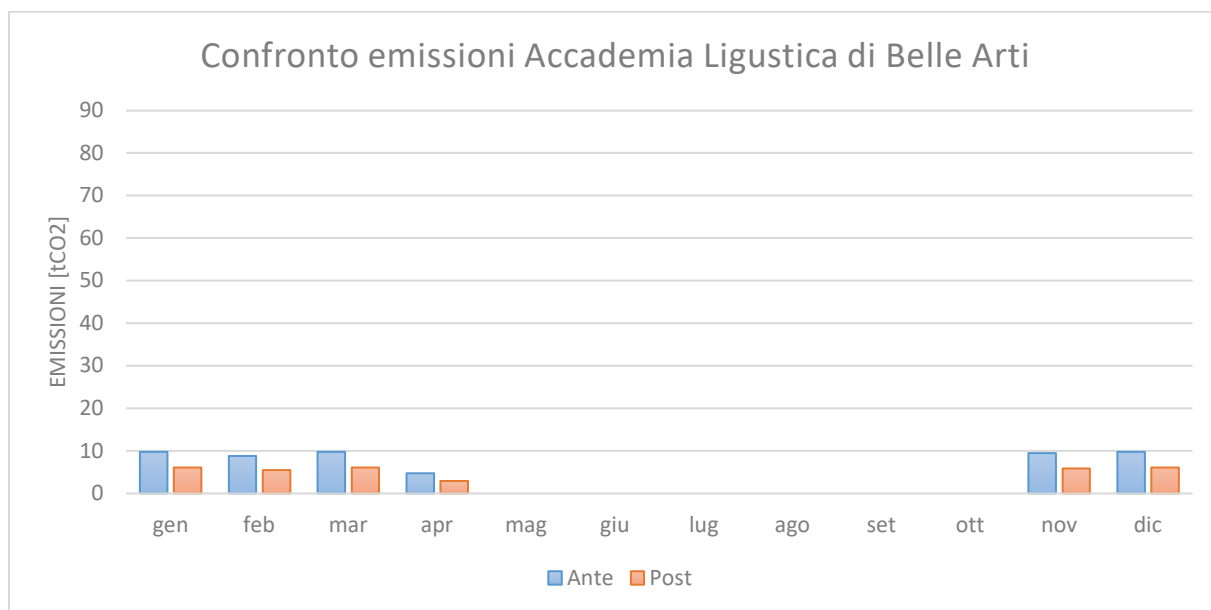


Correlato al minor consumo di energia per l'alimentazione degli impianti tecnologici, è stato possibile quantificare la riduzione di emissioni di gas clima alteranti tramite i coefficienti di conversione contenuti nel documento "Linee Guida Patto dei Sindaci" per l'anno 2010. Tale



riduzione assume un valore di circa 9 tCO<sub>2</sub>, di seguito il confronto di emissioni ante intervento e post intervento:

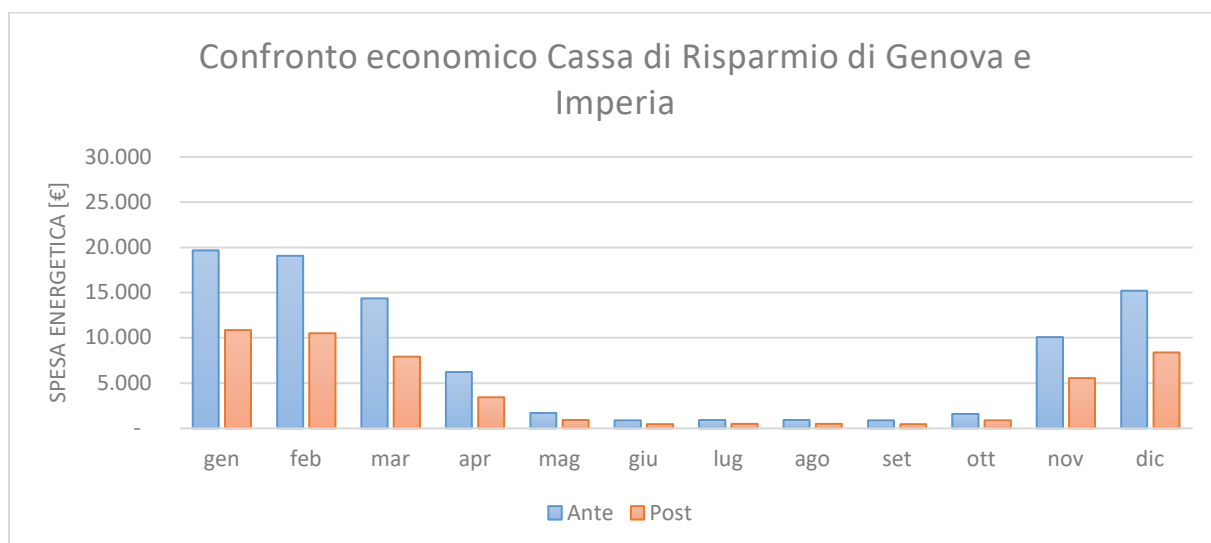
**Figura 5.10 - Confronto emissioni mensili Accademia Ligustica di Belle Arti.**



### 5.2.3.7.3 Cassa di Risparmio di Genova e Imperia

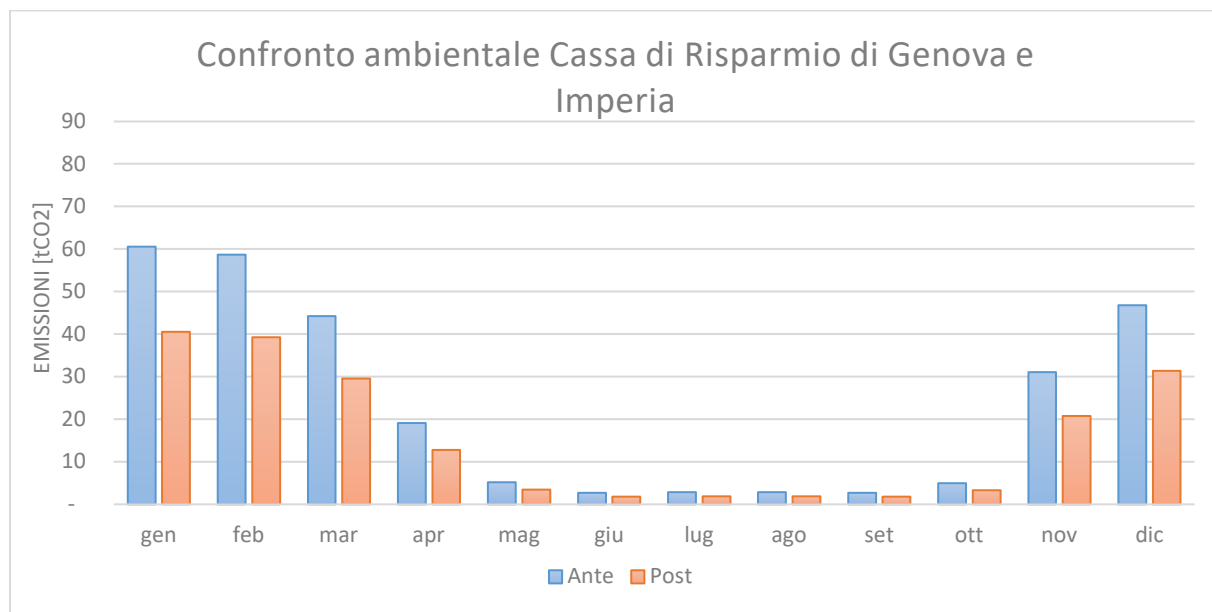
La nuova configurazione impiantistica assicura all'edificio la copertura del fabbisogno termico per il servizio di riscaldamento. Dal punto di vista economico, le maggiori prestazioni energetiche rispetto alla configurazione impiantistica ante intervento e l'utilizzo di un combustibile migliore assicurano un risparmio sui costi energetici quantificabile in circa 41.000 € annui. Di seguito si mostra l'andamento dei costi mensili per la Cassa di Risparmio di Genova e Imperia:

**Figura 5.11 - Confronto economico mensile Cassa di Risparmio di Genova e Imperia.**



Correlato al minor consumo di energia per l'alimentazione degli impianti tecnologici, è stato possibile quantificare la riduzione di emissioni di gas clima alteranti tramite i coefficienti di conversione contenuti nel documento "Linee Guida Patto dei Sindaci" per l'anno 2010. Tale riduzione assume un valore di circa 94 tCO<sub>2</sub>, di seguito il confronto di emissioni ante intervento e post intervento:

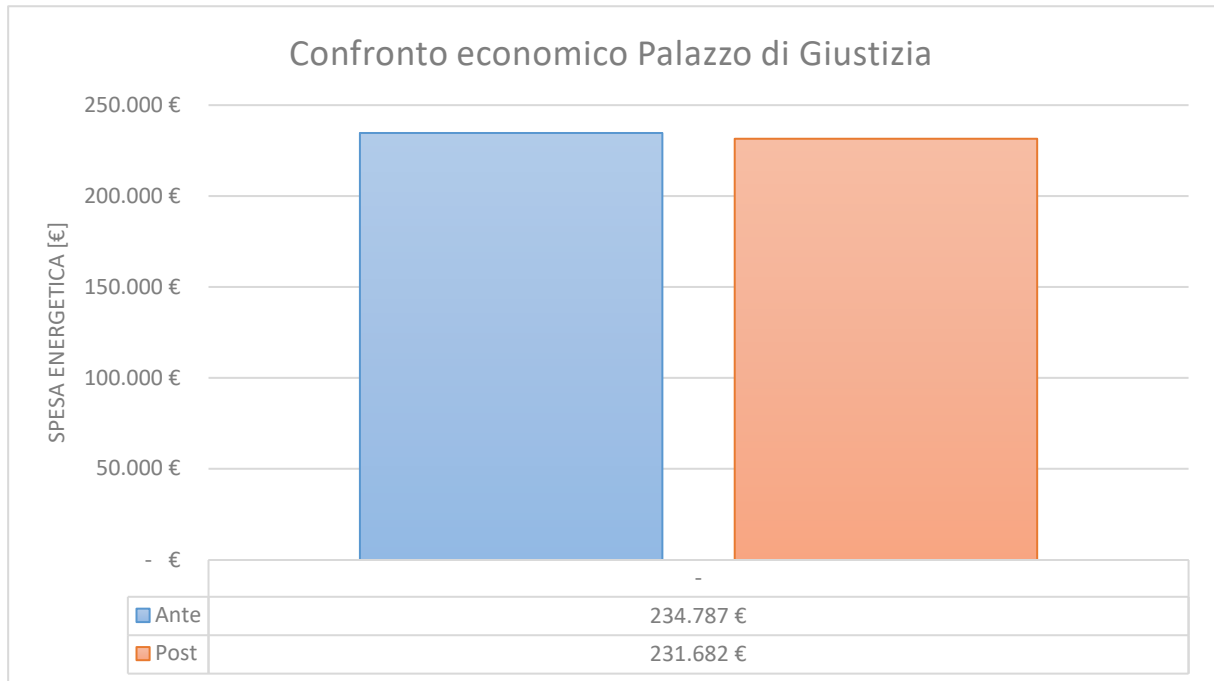
**Figura 5.12 - Confronto emissioni mensili Cassa di Risparmio di Genova e Imperia.**



#### 5.2.3.7.4 Palazzo di Giustizia

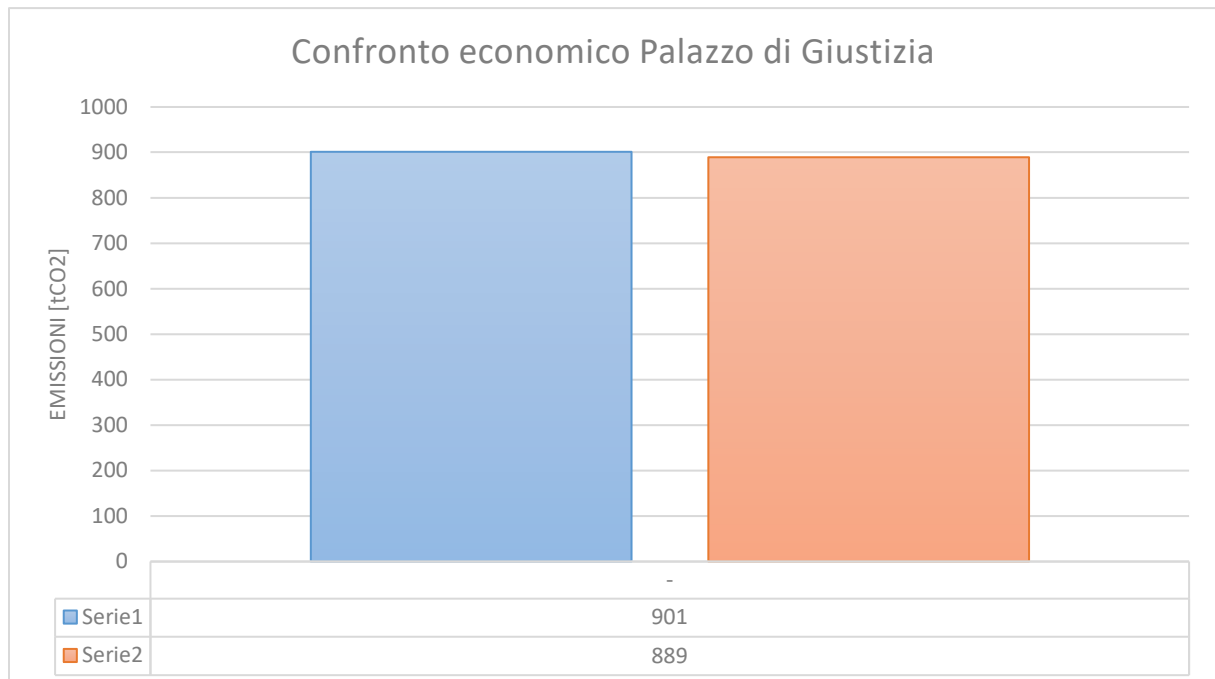
In assenza delle bollette per i consumi di combustibile nella condizione ante intervento non è stato possibile determinare la spesa energetica associata al consumo dello stato di fatto. Tuttavia, considerando il costo specifico dichiarato all'inizio dell'analisi economica è possibile mostrare un semplice riduzione di costo dovuta alle migliori prestazioni energetiche della configurazione impiantistica presentata:

**Figura 5.13 - Confronto economico annuale Palazzo di Giustizia.**



Correlato al minor consumo di energia per l'alimentazione degli impianti tecnologici, è stato possibile quantificare la riduzione di emissioni di gas clima alteranti tramite i coefficienti di conversione contenuti nel documento "Linee Guida Patto dei Sindaci" per l'anno 2010. Tale riduzione assume un valore di circa 12 tCO<sub>2</sub>, di seguito il confronto di emissioni ante intervento e post intervento:

**Figura 5.13 - Confronto emissioni annuali Palazzo di Giustizia**



## 6. INTERVENTO INSTALLAZIONE POMPA DI CALORE AD ACQUA

### 6.1 SCENARIO A ( $A_{PdC}$ )

#### 6.1.1 LOCALIZZAZIONE CENTRALE E DEFINIZIONE DEL TRACCIATO

##### 6.1.1.1 Ubicazione della centrale: analisi e scelta

Il progetto di fattibilità presentato prevede l'installazione di un impianto di teleriscaldamento per le utenze energetiche degli edifici di proprietà della pubblica amministrazione che si affacciano a Piazza De Ferrari. Dall'analisi effettuata sui profili di carico termici risulta vantaggioso installare una pompa di calore reversibile per la copertura del fabbisogno di base termico del distretto energetico e del fabbisogno frigorifero di base del Teatro "Carlo Felice". Il posizionamento ottimale per la macchina individuata risulta essere la centrale di condizionamento del teatro a livello 4° interrato. In quei locali tecnici sono già presenti n°3 gruppi frigoriferi a servizio dell'edificio, uno dei quali verrà sostituito dalla nuova pompa di calore che andrà quindi a sfruttare lo spazio dedicato agli impianti tecnici esistenti.

Figura 6.1 - Gruppo frigorifero esistente Teatro "Carlo Felice".



Per quanto riguarda l'impianto di riscaldamento, la sottostazione del teatro verrà installata nel locale adiacente, sede degli attuali accumuli termici di acqua refrigerata, che si presenta con ampi volumi disponibili per i nuovi componenti d'impianto. Da questi locali tecnologici partiranno le tubazioni di distribuzione del fluido termovettore destinato alle centrali termiche del Palazzo Ducale e dell'Accademia Ligustica di Belle Arti.

**Figura 6.2 - Locale condizionamento sede accumuli termici acqua refrigerata.**

### **6.1.1.2 Definizione del tracciato di rete: analisi, scelte e criticità**

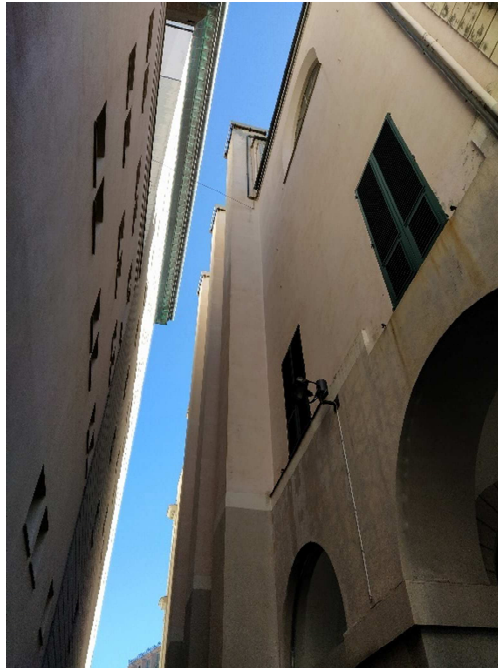
Dal posizionamento della pompa di calore nella centrale di condizionamento del Teatro “Carlo Felice” partiranno le due arterie di tubazioni per l’alimentazione delle sottocentrali di teleriscaldamento posizionate nelle centrali termiche del Palazzo Ducale dell’Accademia Ligustica di Belle Arti. Per quanto riguarda il Palazzo Ducale, il tracciato sfrutterà i locali dei piani interrati, tra cui il vecchio Diurno abbandonato, e percorrerà il cunicolo tecnologico sotto piazza De Ferrari.

**Figura 6.3 - Cunicolo tecnologico sotto Piazza De Ferrari.**

Al termine del cunicolo, si provvederà a predisporre il passaggio interrato per congiungersi alla centrale del palazzo dove avverrà l’allacciamento al circuito secondario dell’impianto di distribuzione tramite scambiatore di calore.

Per quanto riguarda invece l'Accademia Ligustica, dopo che le tubazioni hanno percorso gli spazi interrati posizionandosi tra il teatro e l'istituto di arte, si sfrutterà una delle tre colonne esterne cave che assicurano un percorso diretto alla centrale termica sul piano copertura dell'edificio. Una volta giunti in copertura, sarà predisposto lo spazio e l'installazione della sottostazione di teleriscaldamento.

**Figura 6.4 - Colonne esterne cave Accademia Ligustica di Belle Arti.**



## **6.1.2 PRESTAZIONI ENERGETICHE ED AMBIENTALI DELL'IMPIANTO E DELLA RETE**

### **6.1.2.1 Efficienza energetica mensile e stagionale e fattori di energia primaria rinnovabili e non rinnovabili**

Ai fini della valutazione del miglioramento dell'efficienza energetica del sistema di produzione di energia, si è valutata la stessa tramite un indice di prestazione energetica che prenda in considerazione il vettore energetico utilizzato e il prodotto finale reso disponibile all'utenza energetica. In particolare, l'indicatore prestazione calcolato risulta essere il rapporto tra l'energia termica/frigorifera fornita al sistema edificio e l'energia primaria utilizzata per produrla. Tale indice è misura della quantità di energia primaria utilizzata per fornire una unità di energia termica o frigorifera. Si è deciso di utilizzare l'energia primaria perché permette il confronto tra vettori energetico diversi, come ad esempio il gas metano e l'energia elettrica. Di seguito la tabella riassuntiva con i risultati ottenuti a livello mensile e stagionale.

**Tabella 6.1 - Indice di efficienza energetica mensile e stagionale**

Mese	Funzionamento invernale		Funzionamento estivo	
	$\eta$ ante [kWh <sub>t</sub> /kWh <sub>p</sub> ]	$\eta$ post [kWh <sub>t</sub> /kWh <sub>p</sub> ]	$\eta$ ante [kWh <sub>f</sub> /kWh <sub>p</sub> ]	$\eta$ post [kWh <sub>f</sub> /kWh <sub>p</sub> ]
Gennaio	0,83	1,24		
Febbraio	0,83	1,24		
Marzo	0,83	1,24		
Aprile	0,83	1,24	0,98	1,24
Maggio	-	-	0,98	1,24
Giugno	-	-	0,98	1,24
Luglio			0,98	1,24
Agosto	-	-	0,98	1,24
Settembre	-	-	0,98	1,24
Ottobre	-	-	0,98	1,24
Novembre	-	-		
Dicembre	0,83	1,24		
<b>Annuale</b>	<b>0,83</b>	<b>1,24</b>	<b>0,98</b>	<b>1,24</b>

La trasformazione tra il vettore energetico utilizzato dall'impianto e l'energia primaria corrispondente è stata effettuata tramite i fattori di conversione di energia primaria ai sensi del D.M. 26 giugno 2015 "Requisiti Minimi", di cui si presenta l'estratto della tabella:

**Figura 6.5 - Tabella fattori di conversione in energia primaria.**

Vettore energetico	$f_{P,ren}$	$f_{P,ren}$	$f_{P,tot}$
Gas naturale <sup>(1)</sup>	1,05	0	1,05
GPL	1,05	0	1,05
Gasolio e Olio combustibile	1,07	0	1,07
Carbone	1,10	0	1,10
Biomasse solide <sup>(2)</sup>	0,20	0,80	1,00
Biomasse liquide e gassose <sup>(2)</sup>	0,40	0,60	1,00
Energia elettrica da rete <sup>(3)</sup>	1,95	0,47	2,42
Teleriscaldamento <sup>(4)</sup>	1,5	0	1,5
Rifiuti solidi urbani	0,2	0,2	0,4
Teleraffrescamento <sup>(4)</sup>	0,5	0	0,5
Energia termica da collettori solari <sup>(5)</sup>	0	1,00	1,00
Energia elettrica prodotta da fotovoltaico, mini-eolico e mini-idraulico <sup>(5)</sup>	0	1,00	1,00
Energia termica dall'ambiente esterno – free cooling <sup>(5)</sup>	0	1,00	1,00
Energia termica dall'ambiente esterno – pompa di calore <sup>(5)</sup>	0	1,00	1,00

<sup>(1)</sup> I valori saranno aggiornati ogni due anni sulla base dei dati forniti da GSE.  
<sup>(2)</sup> Come definite dall'allegato X del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152.  
<sup>(3)</sup> I valori saranno aggiornati ogni due anni sulla base dei dati forniti da GSE.  
<sup>(4)</sup> Fattore assunto in assenza di valori dichiarati dal fornitore e asseverati da parte terza, conformemente al quanto previsto al paragrafo 3.2.  
<sup>(5)</sup> Valori convenzionali funzionali al sistema di calcolo.

### 6.1.2.2 Consumi annui dei diversi vettori energetici

Lo scenario impiantistico individuato prevede l'installazione di una pompa di calore reversibile alimentata a energia elettrica per la copertura del fabbisogno termico di base del distretto energetico e del fabbisogno frigorifero di base del Teatro "Carlo Felice".

Durante la stagione di riscaldamento, l'impiego di tale tecnologia prevede l'utilizzo di energia elettrica in sostituzione alla combustione del gas metano destinato alle caldaie degli edifici oggetto di intervento. Il mancato utilizzo del combustibile fossile determina il risparmio annuo al quale deve essere associato il nuovo consumo di energia elettrica. Si mostra qui di seguito una tabella riassuntiva dei consumi mensili e annuali di gas metano, condizione ante intervento, e di energia elettrica, condizione post intervento:

**Tabella 6.2 - Consumo mensile ed annuo stagione di riscaldamento.**

Mese	Consumo EE stagione invernale [kWh]
Gennaio	131.827
Febbraio	119.070
Marzo	131.827
Aprile	63.787
Maggio	-
Giugno	-
Luglio	-
Agosto	-
Settembre	-
Ottobre	-
Novembre	127.575
Dicembre	131.827
	<b>705.914</b>

Per quanto riguarda la stagione di raffrescamento, la nuova pompa di calore sostituisce integralmente un gruppo frigorifero della centrale frigorifera del Teatro "Carlo Felice", pertanto la tipologia di vettore energetico ante intervento e post intervento rimane il medesimo. Si mostra di seguita la tabella riassuntiva relativa ai consumi di energia elettrica:



**Tabella 6.3 - Consumo mensile ed annuo stagione di raffrescamento.**

Mese	Consumo EE stagione estiva [kWh]
Gennaio	-
Febbraio	-
Marzo	-
Aprile	25.365
Maggio	52.421
Giugno	50.730
Luglio	52.421
Agosto	52.421
Settembre	50.730
Ottobre	52.421
Novembre	-
Dicembre	-
	<b>336.510</b>

**6.1.2.3 Emissioni gas serra specifiche e annuali complessive**

Dalla simulazione dello Scenario A è stato possibile determinare i consumi dei vettori energetici a livello mensile ed annuale sia per la configurazione ante intervento sia post intervento. Tramite i fattori di emissione di CO<sub>2</sub> forniti nel Capitolato Tecnico, si sono calcolate emissioni di gas clima-alteranti e i rispettivi valori specifici per unità di energia termica e frigorifera. Di seguito la tabella riassuntiva dei risultati ottenuti:

**Tabella 6.4 - Valori di emissione di CO2 assoluti e specifici.**

Mese	Funzionamento invernale		Funzionamento estivo	
	Ante [tCO <sub>2</sub> ]	Post [tCO <sub>2</sub> ]	Ante [tCO <sub>2</sub> ]	Post [tCO <sub>2</sub> ]
Gennaio	92	62	-	-
Febbraio	83	56	-	-
Marzo	92	62	-	-
Aprile	45	30	15	12
Maggio	-	-	31	24
Giugno	-	-	30	24
Luglio	-	-	31	24
Agosto	-	-	31	24
Settembre	-	-	30	24
Ottobre	-	-	31	24
Novembre	89	60	-	-
Dicembre	92	62	-	-
	<b>495</b>	<b>330</b>	<b>199</b>	<b>157</b>
	<b>Emissioni specifiche [tCO<sub>2</sub>/MWh]</b>			
	<b>0,233</b>	<b>0,155</b>	<b>0,196</b>	<b>0,155</b>

### 6.1.3 ANALISI ECONOMICA SCENARIO A

#### 6.1.3.1 Ipotesi di analisi economica adottate

Lo studio di fattibilità tecnica dello scenario A ha dimostrato la possibilità di ottenere un efficientamento energetico degli impianti tecnologici presenti negli edifici di Piazza De Ferrari. Tale intervento comporta un aumento delle prestazioni energetiche complessive dei sistemi edificio-impianto per il Teatro “Carlo Felice”, il Palazzo Ducale e l’Accademia Ligustica di Belle Arti e determina un risparmio di vettori energetici. A questo punto risulta necessario implementare un’analisi economica che dimostri la fattibilità del progetto presentato secondo la metodologia di valutazione dei flussi di cassa e del VAN (Valore Attuale Netto) economico conseguente, secondo Diagnosi Energetica e UNI EN 15459.

Il modello economico sviluppato considera i seguenti parametri economici:

- R il tasso di interesse medio rilasciato dalla BCE per gli anni dal 2006 al 2017 è pari a 1,50%. Si ritiene quindi di utilizzare un tasso annuo pari al 3,00%
- I: Il valore dell’inflazione media mensile definita dalla Banca Centrale d’Italia per gli anni dal 2006 al 2017 è pari allo 0,13%, che riportato ad un anno è pari a 1,56%. Prudenzialmente si utilizza un valore pari a 2,00%, in linea con gli attuali valori.

Aver definito tali parametri permette di ottenere un andamento dei flussi di cassa annui che consideri l’inflazione del valore di moneta e il cambiamento dei prezzi dei benefici netti derivanti dai risparmi economici. La combinazione di questi indici economici determina un fattore di interesse reale del 0,98% dal quale è possibile calcolare il fattore di attualizzazione annuale da applicare ai flussi di cassa tramite la seguente equazione:

$$a_j = \sum_{j=1}^n \frac{1}{(1+r)^j}$$

dove:

$a_j$  = fattore di attualizzazione all’anno j

r = tasso di interesse reale

n = anni di vita dell’investimento

j = anno j-esimo

Di seguito si riportano i fattori di attualizzazione ottenuti per l’analisi economica:

**Tabella 6.5 – Fattori di attualizzazione  $a_j$  per gli anni j.**

Anno j-esimo	Fattore di attualizzazione $a_j$
1	0,9902
2	0,9805
3	0,9710
4	0,9615
5	0,9521

6	0,9428
7	0,9336
8	0,9245
9	0,9155
10	0,9066
11	0,8977
12	0,8890
13	0,8803
14	0,8717
15	0,8632
16	0,8548
17	0,8464
18	0,8382
19	0,8300
20	0,8219

La determinazione dei flussi di cassa parte dalla quantificazione dei risparmi energetici, presentati nei capitoli precedenti come Sm<sup>3</sup> di gas metano risparmiato per la stagione invernale di riscaldamento e kWh di energia elettrica per la stagione estiva di raffrescamento, e dalla determinazione dei costi specifici di questi vettori. Il costo unitario, €/Sm<sup>3</sup> per il gas metano e €/kWh per l'energia elettrica, è stato determinato nei capitoli riguardanti la baseline economica per ciascun edificio e sarà utilizzato in questa analisi per quantificare il risparmio economico effettivo. In particolare, si presentano qui di seguito i costi unitari per vettore energetico e per edificio del distretto:

**Tabella 6.6 - Costi unitari di baseline vettori energetici.**

Vettore Energetico	Teatro "Carlo Felice"	Palazzo Ducale	Accademia Ligustica
Gas Metano	0,51 €/Sm <sup>3</sup>	0,51 €/Sm <sup>3</sup>	0,71 €/Sm <sup>3</sup>
Energia Elettrica	0,16 €/kWh	0,16 €/kWh	0,17 €/kWh

Nel caso dei costi specifici per il Teatro "Carlo Felice", in assenza delle fatture di fornitura di entrambi i vettori energetici si è deciso di utilizzare il minore dei costi specifici degli altri due edifici, per non sovrastimare i risparmi economici derivanti dall'intervento.

### 6.1.3.2 Costi investimento

La costituzione dell'impianto di teleriscaldamento per il distretto energetico di Piazza De Ferrari presenta diverse voci di costo di investimento che si possono complessivamente raggruppare in:

- centrale di produzione: per lo Scenario A individuato si è ipotizzata l'installazione di una pompa di calore ad alta temperatura in grado di coprire il fabbisogno termico di base per i tre edifici considerati. Il costo di fornitura della macchina individuata è stato ottenuto in

seguito al confronto e alla richiesta di preventivi specifici con le principali aziende di fornitura di tali macchinari. A tale prezzo sono stati applicati dei costi per la rimozione degli apparecchi esistenti, il trasporto, la manodopera, gli allacciamenti idraulici e gli interventi edili ed elettrici necessari, nonché il costo di installazione del pozzo di emungimento ed immissione con pompa ad immersione. L'investimento totale stimato assume il valore di 1.086.200,00 €. L'ammontare di questo costo di investimento ha inoltre considerato le seguenti voci di spesa:

- Rete di distribuzione: la rete di distribuzione ipotizzata prevede il collegamento della centrale frigorifera del Teatro "Carlo Felice", dove verrà posizionata la pompa di calore in sostituzione di un vecchio gruppo frigorifero, con le centrali termiche del Palazzo Ducale e dell'Accademia Ligustica di Belle Arti. Dalle potenze termiche richieste si sono determinati i diametri delle tubazioni necessarie alla distribuzione del fluido termovettore e i prezzi specifici per metro lineare di tubo coibentato.
- Sottostazioni di Teleriscaldamento: l'impianto di teleriscaldamento prevede l'installazione di una sottostazione termica per ogni utente energetico, generalmente nella centrale termica e in accordo con gli impianti di riscaldamento esistenti. Tale sottostazione è costituita da uno scambiatore di calore, da un sistema di regolazione e controllo, da un sistema di contabilizzazione del calore e dispositivi per la sicurezza e l'alimentazione elettrica.

#### **6.1.3.3 Ricavi: tariffe, andamento nel tempo**

Lo sviluppo dello Scenario A non prevede l'allacciamento alla rete di teleriscaldamento di utenze energetiche di edifici pubblici o privati al di fuori del distretto energetico individuato. In questa configurazione, quindi, non sono previsti dei flussi di cassa dovuti ai ricavi per la vendita di energia termica.

#### **6.1.3.4 Costi per acquisto vettori energetici**

La nuova configurazione impiantistica, che prevede l'installazione di una pompa di calore reversibile a servizio della rete di teleriscaldamento, necessita il consumo di energia elettrica per la copertura del fabbisogno termico di base del distretto energetico. Se il risparmio individuato corrisponde al mancato utilizzo di gas metano per l'alimentazione dei generatori di calore, il nuovo fabbisogno di energia elettrica delinea i costi di acquisizione del vettore energetico utilizzato. Si mostrano qui di seguito i costi energetici stimati, sia per il funzionamento in regime di riscaldamento sia in regime di raffrescamento:

**Tabella 6.7 - Stima costi energetici per Scenario A.**

Mese	Spesa energia elettrica regime invernale [€]	Spesa energia elettrica regime estivo [€]
Gennaio	22.411	-
Febbraio	20.242	-
Marzo	22.411	-
Aprile	10.844	4.312
Maggio	-	8.912
Giugno	-	8.624
Luglio	-	8.912
Agosto	-	8.912
Settembre	-	8.624
Ottobre	-	8.912
Novembre	21.688	-
Dicembre	22.411	-
<b>Annuale</b>	<b>120.005</b>	<b>57.207</b>

#### 6.1.3.5 *Costi di gestione e manutenzione*

I costi associati alla gestione e manutenzione di una rete di teleriscaldamento risultano essere contenuti rispetto alle normali centrali termiche di edifici storici. In particolare, nel caso della rete del distretto energetico di Piazza De Ferrari la manutenzione ordinaria delle tubazioni e delle sottostazioni di teleriscaldamento si riduce a dei normali controlli dello stato manutentivo dei componenti di impianto e si prevede che tali interventi vengano effettuati due volte all'anno. A fronte di queste considerazioni si è stimato un costo di gestione e manutenzione pari a circa 1.500,00 € all'anno.

Per quanto riguarda, invece, la pompa di calore reversibile installata nella centrale di condizionamento del Teatro "Carlo Felice", i costi di gestione e manutenzione risultano essere analoghi al macchinario da sostituire, data la stessa tipologia di tecnologia ma con prestazioni tecniche ed energetiche sicuramente migliori.

#### 6.1.3.6 *Incentivazioni*

L'installazione di una pompa di calore rientra negli interventi ammissibili al meccanismo dei Certificati Bianchi, secondo quanto previsto dal Decreto 11 gennaio 2017, modificato dal D.M. 10 maggio 2018 e aggiornato dal Decreto Direttoriale del Ministero dello Sviluppo Economico del 30 aprile 2019 e dal Decreto Interministeriale del 1° luglio 2020. I Certificati Bianchi, chiamati anche Titoli di Efficienza Energetica, sono titoli negoziabili che certificano il conseguimento di risparmi negli usi finali di energia attraverso intervento e progetti di incremento dell'efficienza energetica. Un certificato equivale al risparmio di una Tonnellata

Equivalente di Petrolio (TEP) e può essere venduto nel mercato gestito dal GME, Gestore Mercati Energetici, o attraverso contrattazioni bilaterali.

Per accedere al meccanismo dei Titoli di Efficienza Energetica è necessario presentare il progetto del distretto di Piazza De Ferrari secondo le modalità previste per il Progetto a Consuntivo, in cui la quantificazione del risparmio energetico deve essere conforme a un programma di monitoraggio che preveda una misurazione puntuale delle grandezze caratteristiche, sia nella configurazione ex ante, sia quella ex post. L'algoritmo di calcolo dei risparmi deve essere approvato dal GSE ed è necessario misurare i consumi per almeno 12 mesi prima della realizzazione dei lavori di riqualificazione.

Secondo la simulazione energetica effettuata, l'installazione della pompa di calore individuata per l'alimentazione della rete di teleriscaldamento può portare ad un risparmio di 252.836 Sm<sup>3</sup> annui, con un maggiore consumo di energia elettrica di 1.042.423 kWh. Complessivamente, si ottiene un risparmio di circa 109 tep/anno che corrispondono a 109 TEE/anno. Considerando un valore di mercato medio di 260 €/TEE, desunto dall'andamento del prezzo di vendita medio dei TEE per gli anni 2019 e 2020, è possibile ottenere un incentivo annuo di 26.994 € per un periodo di tempo di 7 anni.

#### **6.1.3.7 Analisi economica dell'investimento: ipotesi, risultati, considerazioni**

A partire dai risultati ottenuti in seguito alla simulazione energetica dello Scenario A1, si sono applicate le ipotesi economiche espresse nei capitoli precedenti e si è sviluppata un'analisi economica per la determinazione dei flussi di cassa e del VAN conseguente. In particolare, dai costi di baseline per i singoli vettori energetici si è determinato il costo sostenuto per l'acquisto del combustibile e dell'energia elettrica, per la configurazione ante e post intervento. La differenza tra la spesa energetica sostenuta ante e post determina il risparmio economico annuale che, nella prospettiva di analisi per gli anni di vita utile dell'impianto, viene attualizzato utilizzando il fattore di attualizzazione  $a_j$  dell'anno  $j$ -esimo precedentemente presentato. Il VAN viene così determinato tramite l'equazione:

$$VAN = \sum_{j=1}^n a_j * RISP - I_0$$

dove:

VAN = Valore Attuale Netto

$n$  = vita utile dell'intervento di efficienza energetica considerata pari a 15 anni

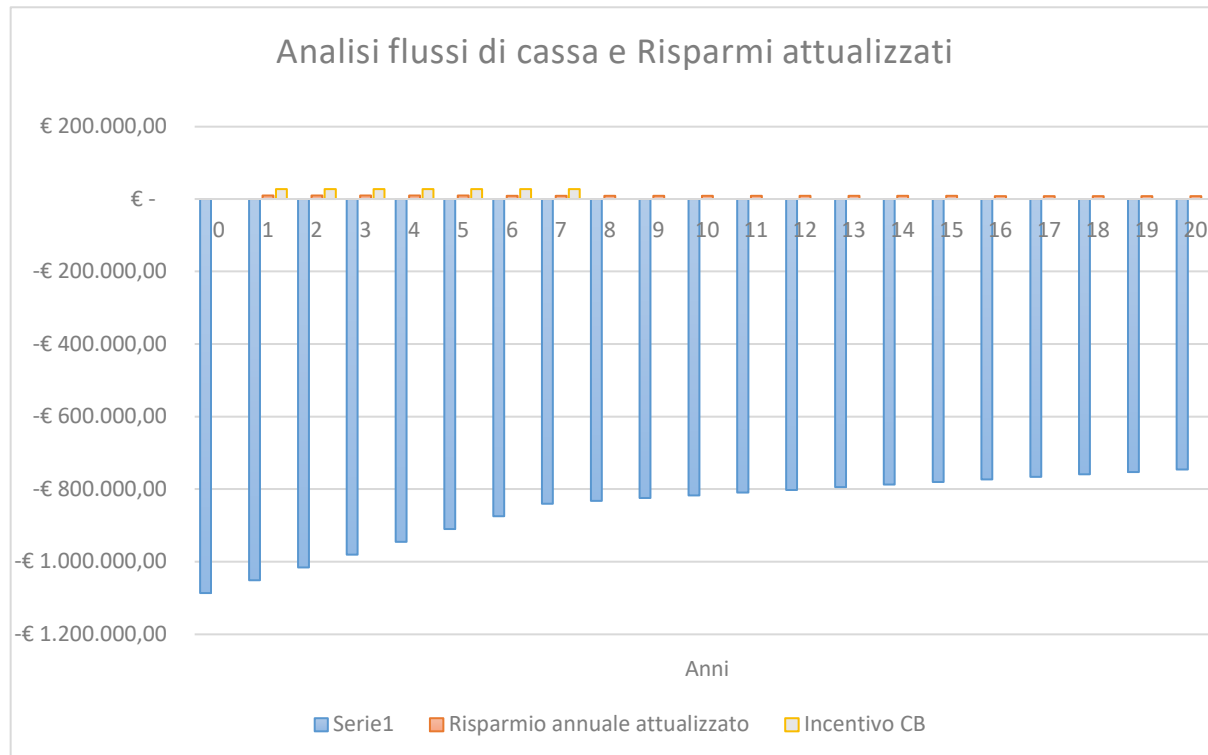
$a_j$  = fattore di attualizzazione all'anno  $j$

RISP = risparmio economico annuale

$I_0$  = Investimento iniziale

Si mostra qui di seguito l'istogramma rappresentativo dei flussi di cassa e dei risparmi attualizzati generatori dall'intervento analizzato:

**Figura 6.6 - Istogramma Flussi di Cassa e Risparmi Attualizzati - Scenario A1.**



Il VAN calcolato per l'intervento proposto risulta avere un valore pari a -745.492 € per una vita utile di 20 anni. Il tempo di ritorno semplice ha un valore di 89,2 anni. Il Tasso Interno di Rendimento (TIR), calcolato in base all'investimento iniziale  $I_0$  e ai flussi di cassa dei risparmi economici attualizzati, ha un valore di -12,5 %. Infine, la valutazione dell'Indice di Profitto (IP) del progetto ha determinato un valore di -0,69, valutato con il VAN a 20 anni di vita utile dell'intervento. Si riassumono qui di seguito i risultati ottenuti dall'analisi economica.

**Tabella 6.8 - Indicatori economici d'investimento.**

	Scenario A1		
<b>Tempo di ritorno semplice</b>	TRS	89,2	anni
<b>Tempo di ritorno attualizzato</b>	TRA	-	anni
<b>Valore attuale netto</b>	VAN	-745.492	€
<b>Tasso interno di rendimento</b>	TIR	-12,5%	%
<b>Indice di profitto</b>	IP	-0,69	

Per quanto riguarda lo Scenario A2, il fabbisogno termico individuato per la simulazione energetica del locale Diurno non aumenta il valore del carico di base richiesto dall'edificio.

Infatti, la potenza termica di picco calcolata si presenta in corrispondenza dell'utilizzo dell'ACS, mentre la potenza termica per il solo riscaldamento risulta trascurabile rispetto al valore determinato per l'intero edificio. A seguito di questo risultato, l'analisi economica per lo Scenario A2 risulta analoga allo Scenario A1.

Alla luce dei risultati negativi ottenuti per lo Scenario A1, è evidente che lo sviluppo dello Scenario B non porterebbe a un sensibile miglioramento del risultato finale, pertanto, non si è proceduto con l'analisi analitica.

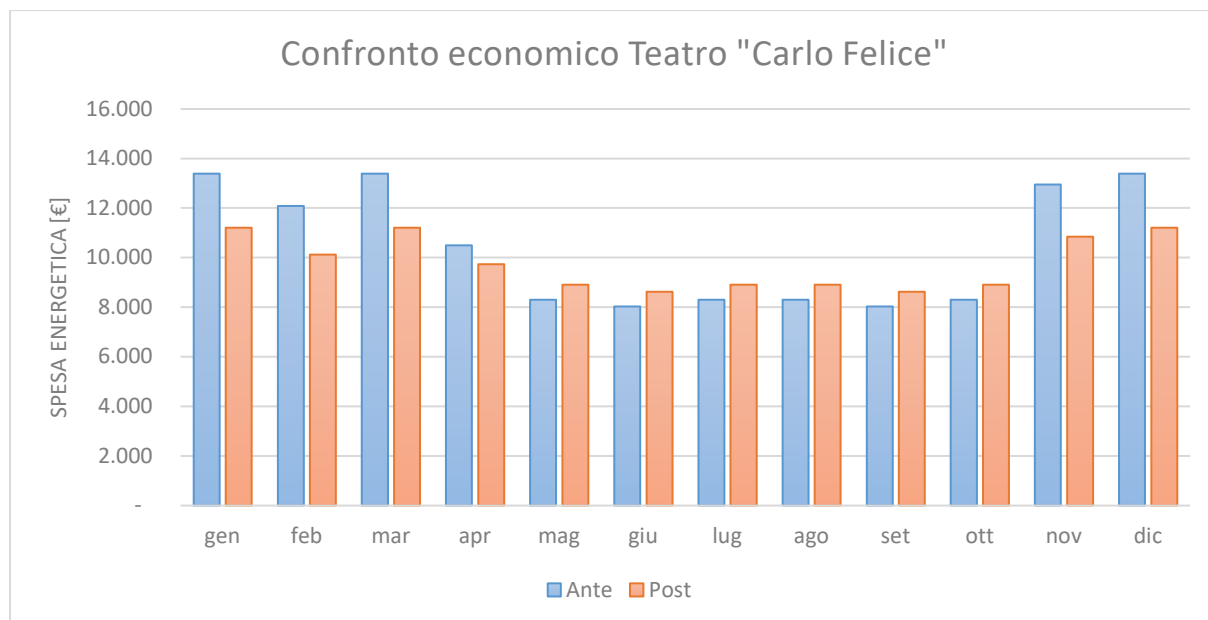
### 6.1.3.8 **Analisi dei vantaggi comparativi per gli edifici: confronto economico ed ambientale**

Nei prossimi paragrafi si presentano i risultati ottenuti a seguito dell'analisi economica e dell'analisi ambientale di emissioni dell'intervento proposto per lo Scenario A1.

#### 6.1.3.8.1 Teatro dell'Opera "Carlo Felice"

La nuova configurazione impiantistica, che prevede l'installazione di una pompa di calore per l'alimentazione di una rete di teleriscaldamento, assicura all'edificio la copertura del fabbisogno di base di climatizzazione nel regime di riscaldamento. Dal punto di vista economico, le maggiori prestazioni energetiche rispetto alla configurazione impiantistica ante intervento assicurano un risparmio sui costi energetici quantificabile in circa 7.800,00 €. Di seguito si mostra l'andamento dei costi mensili per il Teatro "Carlo Felice":

**Figura 6.7 - Confronto economico mensile Teatro "Carlo Felice".**

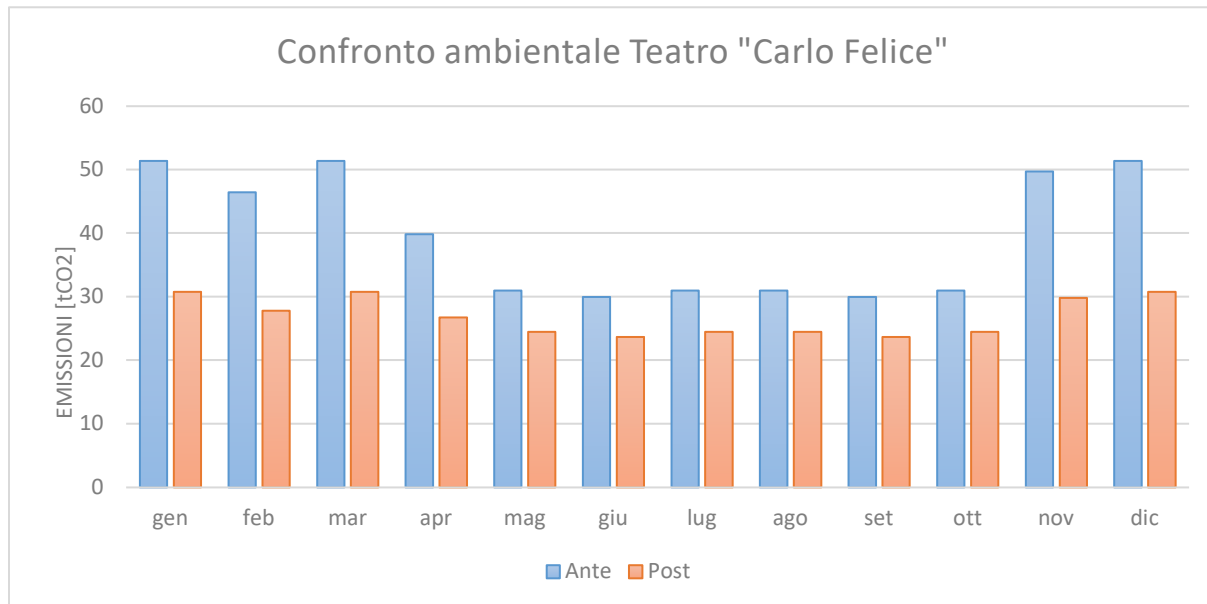


Correlato al minor consumo di energia per l'alimentazione degli impianti tecnologici, è stato possibile quantificare la riduzione di emissioni di gas clima alteranti tramite i coefficienti di conversione contenuti nel documento "Linee Guida Patto dei Sindaci" per l'anno 2010. Tale



riduzione assume un valore di circa 152 tCO<sub>2</sub>, di seguito il confronto di emissioni mensili ante intervento e post intervento:

**Figura 6.8 - Confronto emissioni mensili Teatro "Carlo Felice".**

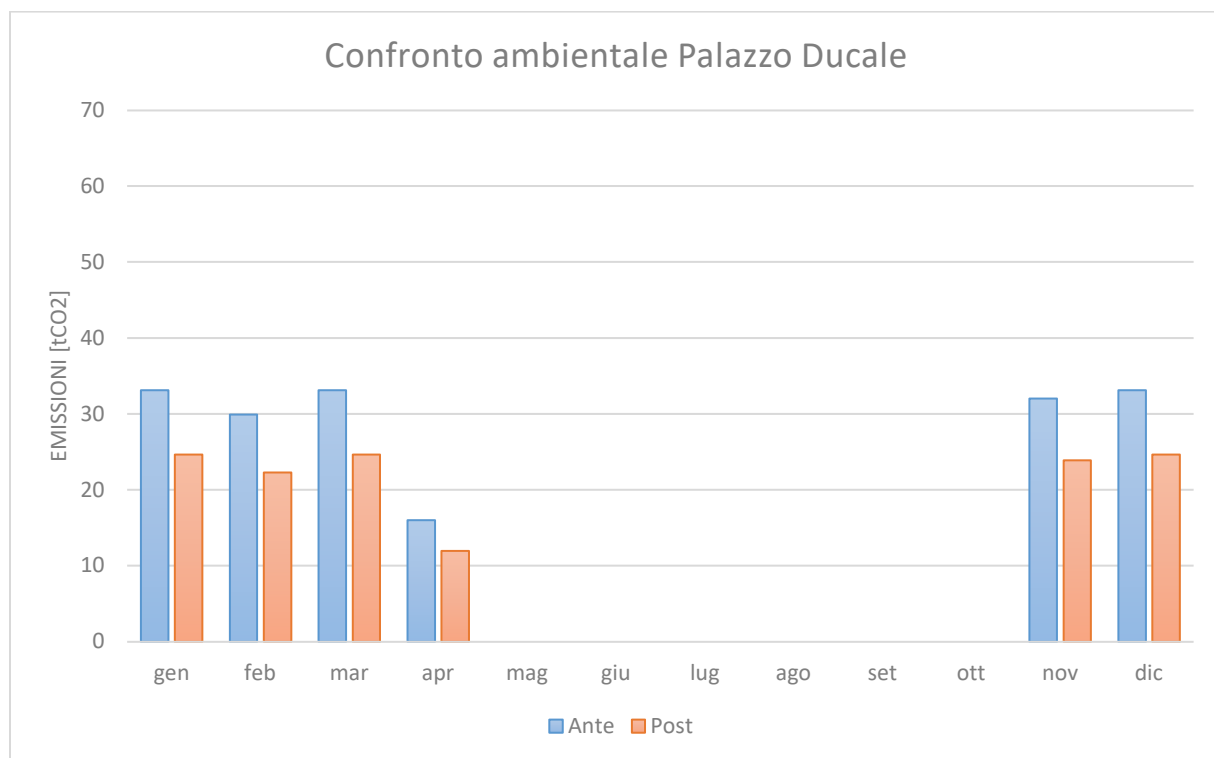


#### 6.1.3.8.2 Palazzo Ducale

La nuova configurazione impiantistica, che prevede l'installazione di una pompa di calore per l'alimentazione di una rete di teleriscaldamento, assicura all'edificio la copertura del fabbisogno termico di base per la climatizzazione invernale. Dal punto di vista economico, nonostante le prestazioni energetiche siano migliori rispetto alla configurazione impiantistica ante intervento non si rileva un risparmio sui costi energetici.

Correlato al minor consumo di energia per l'alimentazione degli impianti tecnologici, è stato possibile quantificare la riduzione di emissioni di gas clima alteranti tramite i coefficienti di conversione contenuti nel documento "Linee Guida Patto dei Sindaci" per l'anno 2010. Tale riduzione assume un valore di circa 45 tCO<sub>2</sub>, di seguito il confronto di emissioni mensili ante intervento e post intervento:

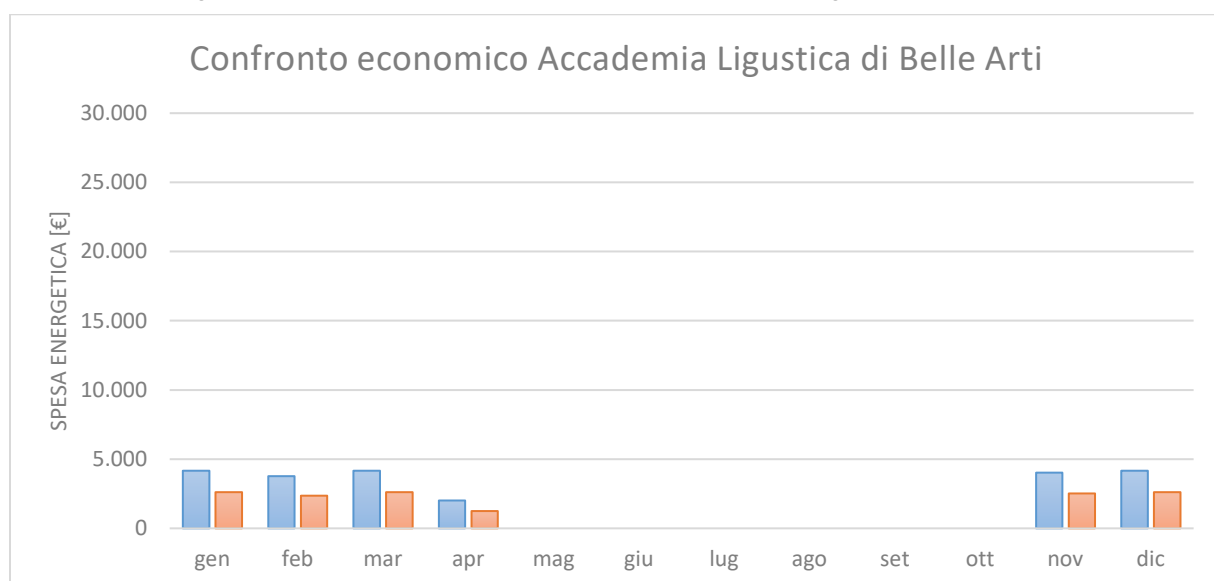
**Figura 6.9 - Confronto emissioni mensili Palazzo Ducale.**



**6.1.3.8.3 Accademia Ligustica di Belle Arti**

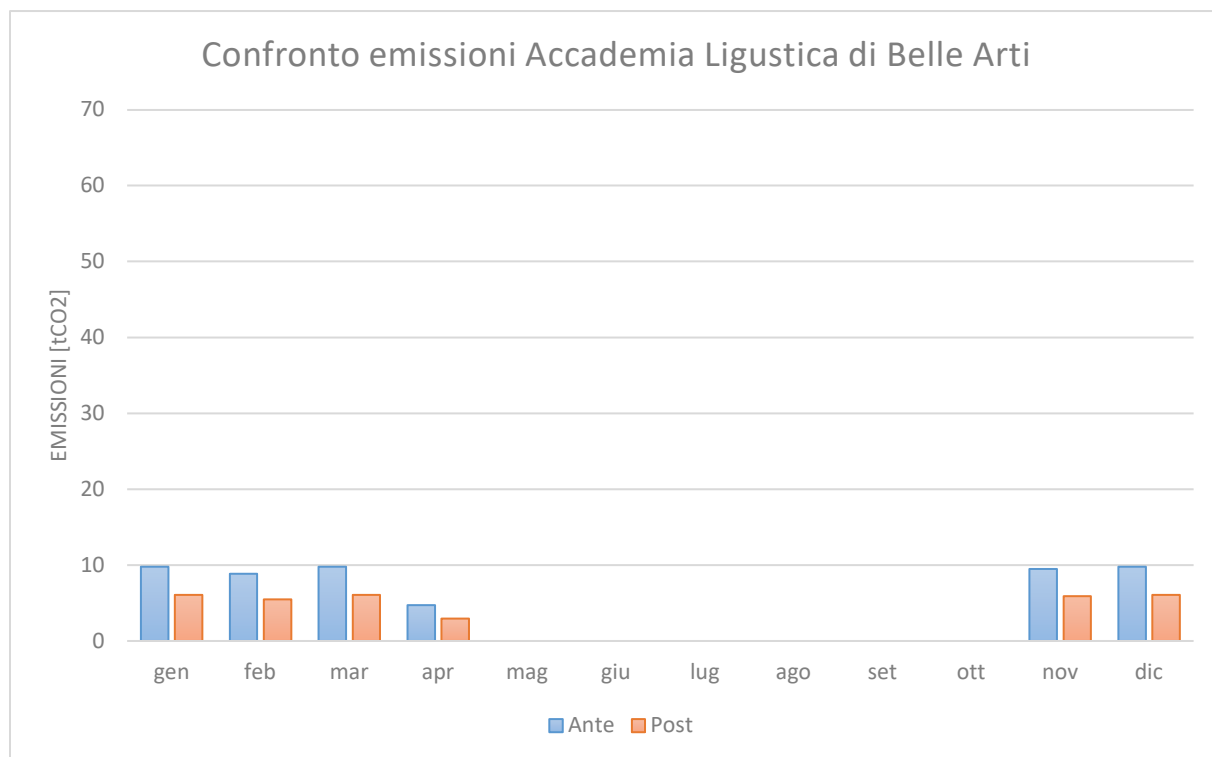
La nuova configurazione impiantistica, che prevede l'installazione di una pompa di calore per l'alimentazione di una rete di teleriscaldamento, assicura all'edificio la copertura del fabbisogno termico di base per il servizio di riscaldamento. Dal punto di vista economico, le maggiori prestazioni energetiche rispetto alla configurazione impiantistica ante intervento assicurano un risparmio sui costi energetici quantificabile in circa 7.200 €. Di seguito si mostra l'andamento dei costi mensili per l'Accademia Ligustica di Belle Arti:

**Figura 6.10 - Confronto economico mensile Accademia Ligustica di Belle Arti.**



Correlato al minor consumo di energia per l'alimentazione degli impianti tecnologici, è stato possibile quantificare la riduzione di emissioni di gas clima alteranti tramite i coefficienti di conversione contenuti nel documento "Linee Guida Patto dei Sindaci" per l'anno 2010. Tale riduzione assume un valore di circa 20 tCO<sub>2</sub>, di seguito il confronto di emissioni ante intervento e post intervento:

**Figura 6.11 - Confronto emissioni mensili Accademia Ligustica di Belle Arti.**



## 7. IMPIANTO COMBINATO

### 7.1 SCENARIO A (*A<sub>IC</sub>*)

Lo sviluppo dello Scenario A ha previsto lo studio di fattibilità tecnico economica di una rete di teleriscaldamento al servizio degli edifici pubblici ubicati nell'intorno di Piazza De Ferrari, che si ricordano essere il Teatro "Carlo Felice", l'Accademia Ligustica di Belle Arti e il Palazzo Ducale. Per l'analisi sviluppata si è deciso di escludere il Palazzo Ducale in quanto la recente sostituzione dei generatori di calore con nuovi generatori a condensazione non produce un vantaggio né dal punto di vista energetico né da quello economico.

#### 7.1.1 LOCALIZZAZIONE CENTRALE E DEFINIZIONE DEL TRACCIATO

##### 7.1.1.1 Ubicazione della centrale: analisi e scelta

Il progetto di fattibilità presentato prevede l'installazione di un impianto di teleriscaldamento per le utenze energetiche degli edifici di proprietà della pubblica amministrazione che si affacciano a Piazza De Ferrari, che si ricorda essere il Teatro "Carlo Felice" e l'Accademia Ligustica di Belle Arti. Tale impianto viene alimentato da:

- n°1 pompa di calore ad alta temperatura di potenza termica pari a 800 kW, posizionata nei locali tecnici di condizionamento ai piani interrati dell'edificio teatrale;
- n°4 generatori di calore a condensazione ad altissima efficienza, con potenza termica utile di 800 kW ciascuno, che sostituiscono i generatori presenti nella centrale termica del teatro, ubicata nel piano copertura della torre del teatro.

##### 7.1.1.2 Definizione del tracciato di rete: analisi, scelte e criticità

Nel locale tecnico dei piani alti della torre scenica saranno posizionati i nuovi generatori a condensazione in sostituzione di quelli esistenti e l'allacciamento al collettore avverrà tramite tubazione dedicata che scenderà nei locali interrati. La pompa di calore ad alta temperatura sarà posizionata nei locali tecnici di condizionamento ai piani interrati dell'edificio teatrale. Tale pompa sarà collegata direttamente al collettore da cui partiranno le diramazioni delle tubazioni per i singoli circuiti delle centrali termiche alimentate.

Per quanto riguarda il Teatro "Carlo Felice", la tubazione di mandata salirà dal piano interrato al piano copertura dove verrà posizionato lo scambiatore di calore e l'allacciamento alla distribuzione secondaria.

Per quanto riguarda l'Accademia Ligustica, dopo che le tubazioni hanno percorso gli spazi interrati posizionandosi tra il teatro e l'istituto di arte, si sfrutterà una delle tre colonne esterne cave che assicurano un percorso diretto alla centrale termica sul piano copertura dell'edificio. Una volta giunti in copertura, sarà predisposto lo spazio e l'installazione della sottostazione di teleriscaldamento.

## 7.1.2 PRESTAZIONI ENERGETICHE ED AMBIENTALI DELL'IMPIANTO E DELLA RETE

### 7.1.2.1 Efficienza energetica mensile e stagionale e fattori di energia primaria rinnovabili e non rinnovabili

Ai fini della valutazione del miglioramento dell'efficienza energetica del sistema di produzione di energia, si è valutata la stessa tramite un indice di prestazione energetica che prenda in considerazione il vettore energetico utilizzato e il prodotto finale reso disponibile all'utenza energetica. In particolare, l'indicatore prestazione calcolato risulta essere il rapporto tra l'energia termica fornita al sistema edificio e l'energia primaria utilizzata per produrla. Tale indice è misura della quantità di energia primaria utilizzata per fornire una unità di energia termica. Si è deciso di utilizzare l'energia primaria perché permette il confronto tra vettori energetico diversi, come ad esempio il gas metano e l'energia elettrica. Di seguito la tabella riassuntiva con i risultati ottenuti a livello mensile e stagionale.

Tabella 7.1 - Indice di efficienza energetica mensile e stagionale

Mese	$\eta$ ante [kWh <sub>t</sub> /kWh <sub>p</sub> ]	$\eta$ post [kWh <sub>t</sub> /kWh <sub>p</sub> ]
Gennaio	0,82	1,19
Febbraio	0,82	1,18
Marzo	0,82	1,24
Aprile	0,82	1,24
Maggio	0,82	1,24
Giugno	0,82	1,24
Luglio	0,82	1,24
Agosto	0,82	1,24
Settembre	0,82	1,24
Ottobre	0,82	1,24
Novembre	0,82	1,24
Dicembre	0,82	1,24
<b>Annuale</b>	<b>0,82</b>	<b>1,22</b>

### 7.1.2.2 Consumi annui dei diversi vettori energetici

Lo scenario impiantistico individuato prevede la sostituzione dei generatori di calore della centrale termica del Teatro "Carlo Felice" con nuovi generatori a condensazione e una pompa di calore ad alta temperatura per la copertura del fabbisogno termico del teatro e dell'Accademia Ligustica di Belle Arti. Dalle simulazioni energetiche effettuate risulta un consumo di energia elettrica pari a 523.152 kWh e un consumo di gas metano di 12.886 Sm<sup>3</sup>.

### 7.1.2.3 Emissioni gas serra specifiche e annuali complessive

Dalla simulazione dello Scenario A è stato possibile determinare i consumi dei vettori energetici a livello mensile ed annuale sia per la configurazione ante intervento sia post intervento. Tramite i fattori di emissione di CO<sub>2</sub> forniti nel Capitolato Tecnico, si sono calcolate emissioni di gas clima-alteranti e i rispettivi valori specifici per unità di energia termica. Di seguito la tabella riassuntiva dei risultati ottenuti:

Tabella 7.2 - Valori di emissione di CO<sub>2</sub> assoluti e specifici.

Mese	Ante [tCO <sub>2</sub> ]	Post [tCO <sub>2</sub> ]
Gennaio	91	57
Febbraio	85	54
Marzo	55	33
Aprile	31	18
Maggio	12	7
Giugno	9	5
Luglio	8	5
Agosto	3	2
Settembre	6	3
Ottobre	10	6
Novembre	50	30
Dicembre	79	48
	<b>438</b>	<b>269</b>
	Emissioni specifiche [kgCO <sub>2</sub> /kWh]	
	<b>0,258</b>	<b>0,159</b>

## 7.1.3 ANALISI ECONOMICA SCENARIO A

### 7.1.3.1 Ipotesi di analisi economica adottate

Lo studio di fattibilità tecnica dello scenario A ha dimostrato la possibilità di ottenere un efficientamento energetico degli impianti tecnologici presenti negli edifici di Piazza De Ferrari. Tale intervento comporta un aumento delle prestazioni energetiche complessive dei sistemi edificio-impianto per il Teatro "Carlo Felice" e l'Accademia Ligustica di Belle Arti e determina un risparmio di vettori energetici. A questo punto risulta necessario implementare un'analisi economica che dimostri la fattibilità del progetto presentato secondo la metodologia di valutazione dei flussi di cassa e del VAN (Valore Attuale Netto) economico conseguente, secondo Diagnosi Energetica e UNI EN 15459.

Il modello economico sviluppato considera i seguenti parametri economici:

- R il tasso di interesse medio rilasciato dalla BCE per gli anni dal 2006 al 2017 è pari a 1,50%. Si ritiene quindi di utilizzare un tasso annuo pari al 3,00%
- I: Il valore dell'inflazione media mensile definita dalla Banca Centrale d'Italia per gli anni dal 2006 al 2017 è pari allo 0,13%, che riportato ad un anno è pari a 1,56%. Prudenzialmente si utilizza un valore pari a 2,00%, in linea con gli attuali valori.

Aver definito tali parametri permette di ottenere un andamento dei flussi di cassa annui che consideri l'inflazione del valore di moneta e il cambiamento dei prezzi dei benefici netti derivanti dai risparmi economici. La combinazione di questi indici economici determina un fattore di interesse reale del 0,98% dal quale è possibile calcolare il fattore di attualizzazione annuale da applicare ai flussi di cassa tramite la seguente equazione:

$$a_j = \sum_{j=1}^n \frac{1}{(1+r)^j}$$

dove:

$a_j$  = fattore di attualizzazione all'anno j

r = tasso di interesse reale

n = anni di vita dell'investimento

j = anno j-esimo

Di seguito si riportano i fattori di attualizzazione ottenuti per l'analisi economica:

**Tabella 7.3 – Fattori di attualizzazione  $a_j$  per gli anni j.**

Anno j-esimo	Fattore di attualizzazione $a_j$
1	0,9902
2	0,9805
3	0,9710
4	0,9615
5	0,9521
6	0,9428
7	0,9336
8	0,9245
9	0,9155
10	0,9066
11	0,8977
12	0,8890
13	0,8803
14	0,8717
15	0,8632
16	0,8548
17	0,8464
18	0,8382
19	0,8300
20	0,8219

La determinazione dei flussi di cassa parte dalla quantificazione dei risparmi energetici, presentati nei capitoli precedenti come Sm<sup>3</sup> di gas metano risparmiato per la stagione invernale di riscaldamento e kWh di energia elettrica per la stagione estiva di raffrescamento, e dalla determinazione dei costi specifici di questi vettori. Il costo unitario, €/Sm<sup>3</sup> per il gas metano e €/kWh per l'energia elettrica, è stato determinato nei capitoli riguardanti la baseline economica per ciascun edificio e sarà utilizzato in questa analisi per quantificare il risparmio economico effettivo. In particolare, si presentano qui di seguito i costi unitari per vettore energetico e per edificio del distretto:

**Tabella 7.4 - Costi unitari di baseline vettori energetici.**

Vettore Energetico	Teatro "Carlo Felice"	Palazzo Ducale	Accademia Ligustica
Gas Metano	0,51 €/Sm <sup>3</sup>	0,51 €/Sm <sup>3</sup>	0,71 €/Sm <sup>3</sup>
Energia Elettrica	0,16 €/kWh	0,16 €/kWh	0,17 €/kWh

Nel caso dei costi specifici per il Teatro "Carlo Felice", in assenza delle fatture di fornitura di entrambi i vettori energetici si è deciso di utilizzare il minore dei costi specifici degli altri due edifici, per non sovrastimare i risparmi economici derivanti dall'intervento.

### 7.1.3.2 Costi investimento

La costituzione dell'impianto di teleriscaldamento per il distretto energetico di Piazza De Ferrari presenta diverse voci di costo di investimento che costituiscono non solo l'architettura dell'impianto nel suo complesso ma anche le opere ausiliarie necessarie alla sua realizzazione. Per l'intervento individuato si è ipotizzata l'installazione di n°1 pompa di calore ad alta temperatura e n°4 generatori di calore a condensazione a basamento per la copertura del fabbisogno termico del Teatro "Carlo Felice" e dell'Accademia Ligustica di Belle Arti. La tipologia di macchine individuate determina un costo di investimento stimato di 1.240.000 €, ottenuto in seguito al confronto e alla richiesta di preventivi specifici con le principali aziende di fornitura di tali macchinari. A tale prezzo sono stati applicati dei costi per la rimozione degli apparecchi esistenti, il trasporto, la manodopera, gli allacciamenti idraulici e gli interventi edili ed elettrici necessari. All'interno del costo indicato sono state considerate le seguenti voci di spesa:

- Rete di distribuzione: la rete di distribuzione ipotizzata prevede il collegamento della centrale termica del Teatro "Carlo Felice", sede dei generatori, con la centrale di condizionamento dell'edificio stesso, nella quale verrà installato la sottocentrale di pompaggio e il collettore di distribuzione. Da questo ambiente partiranno le dorsali di collegamento con la distribuzione dell'impianto di riscaldamento del teatro e con la centrale termica dell'Accademia Ligustica di Belle Arti. Dalle potenze termiche richieste



si sono determinati i diametri delle tubazioni necessarie alla distribuzione del fluido termovettore e i prezzi specifici per metro lineare di tubo utilizzando i prezzi Informativi Dell'Edilizia – Impianti tecnologici gennaio 2020.

- Sottostazioni di Teleriscaldamento: l'impianto di teleriscaldamento prevede l'installazione di una sottostazione termica per ogni utente energetico, generalmente nella centrale termica e in accordo con gli impianti di riscaldamento esistenti. Tale sottostazione è costituita da uno scambiatore di calore, da un sistema di regolazione e controllo, da un sistema di contabilizzazione del calore e dispositivi per la sicurezza e l'alimentazione elettrica.

### **7.1.3.3 Ricavi: tariffe, andamento nel tempo**

Per l'analisi dei flussi di cassa associati ai ricavi ottenibili dalla gestione della rete di teleriscaldamento del distretto analizzato si rimanda al file allegato alla seguente relazione denominato "Scheda di sintesi TLR Scenario A".

### **7.1.3.4 Costi per acquisto vettori energetici**

Si mostrano qui di seguito i costi energetici stimati per la copertura del fabbisogno termico degli edifici coinvolti nell'intervento di efficientamento energetico:

**Tabella 7.5 - Stima costi energetici.**

Mese	Costo approvvigionamento energetico [€]
Gennaio	19.708
Febbraio	18.489
Marzo	12.005
Aprile	6.688
Maggio	2.630
Giugno	1.971
Luglio	1.833
Agosto	672
Settembre	1.207
Ottobre	2.106
Novembre	11.027
Dicembre	17.172
<b>Annuale</b>	<b>95.508</b>

### **7.1.3.5 Costi di gestione e manutenzione**

I costi associati alla gestione e manutenzione di una rete di teleriscaldamento risultano essere contenuti rispetto alle normali centrali termiche di edifici storici. In particolare, nel caso della rete del distretto energetico di Piazza De Ferrari la manutenzione ordinaria delle tubazioni e

delle sottostazioni di teleriscaldamento si riduce a dei normali controlli dello stato manutentivo dei componenti di impianto e si prevede che tali interventi vengano effettuati due volte all'anno. A fronte di queste considerazioni si è stimato un costo di gestione e manutenzione pari a circa 1.000,00 € all'anno.

Per quanto riguarda, invece, i generatori di calore installati nella centrale termica del Teatro "Carlo Felice", i costi di gestione e manutenzione risultano essere analoghi al macchinario da sostituire, data la stessa tipologia di tecnologia ma con prestazioni tecniche ed energetiche sicuramente migliori. Analogamente la pompa di calore ad alta temperatura sostituisce un gruppo frigo esistente.

#### **7.1.3.6 Incentivazioni**

La sostituzione dei generatori di calore e l'installazione di una pompa di calore rientra negli interventi ammissibili al meccanismo dei Certificati Bianchi, secondo quanto previsto dal Decreto 11 gennaio 2017, modificato dal D.M. 10 maggio 2018 e aggiornato dal Decreto Direttoriale del Ministero dello Sviluppo Economico del 30 aprile 2019 e dal Decreto Interministeriale del 1° luglio 2020. I Certificati Bianchi, chiamati anche Titoli di Efficienza Energetica, sono titoli negoziabili che certificano il conseguimento di risparmi negli usi finali di energia attraverso intervento e progetti di incremento dell'efficienza energetica. Un certificato equivale al risparmio di una Tonnellata Equivalente di Petrolio (TEP) e può essere venduto nel mercato gestito dal GME, Gestore Mercati Energetici, o attraverso contrattazioni bilaterali.

Per accedere al meccanismo dei Titoli di Efficienza Energetica è necessario presentare il progetto del distretto di Piazza De Ferrari secondo le modalità previste per il Progetto a Consuntivo, in cui la quantificazione del risparmio energetico deve essere conforme a un programma di monitoraggio che preveda una misurazione puntuale delle grandezze caratteristiche, sia nella configurazione ex ante, sia quella ex post. L'algoritmo di calcolo dei risparmi deve essere approvato dal GSE ed è necessario misurare i consumi per almeno 12 mesi prima della realizzazione dei lavori di riqualificazione.

Secondo la simulazione energetica effettuata, l'installazione dei nuovi generatori di calore per l'alimentazione della rete di teleriscaldamento può portare ad un risparmio di 210.788 Sm<sup>3</sup> annui. Complessivamente, si ottiene un risparmio di circa 78 tep/anno che corrispondono a 78 TEE/anno. Considerando un valore di mercato medio di 260 €/TEE, desunto dall'andamento del prezzo di vendita medio dei TEE per gli anni 2019 e 2020, è possibile ottenere un incentivo annuo di 20.381 € per un periodo di tempo di 5 anni.

L'intervento di sostituzione di generatori esistenti con nuovi a condensazione e con una pompa di calore può rientrare negli interventi incentivabili tramite il Conto Termico. Se si considera la mera sostituzione dei generatori di calore, il sostegno economico prevede la copertura del 40%

dell'investimento totale previsto per un massimale di 40.000 €. Se invece si considera la sostituzione dei vecchi generatori con la pompa di calore, tale intervento non soddisfa i requisiti richiesti in quanto la potenza termica complessiva dell'impianto post operam supera i 2.000 kW<sub>t</sub>. Alla luce dei risultati ottenuti con l'applicazione del Conto Termico, risulta più economicamente vantaggioso richiedere il meccanismo dei Certificati Bianchi.

#### **7.1.3.7 Analisi economica dell'investimento: ipotesi, risultati, considerazioni**

A partire dai risultati ottenuti in seguito alla simulazione energetica dello Scenario A1, si sono applicate le ipotesi economiche espresse nei capitoli precedenti e si è sviluppata un'analisi economica per la determinazione dei flussi di cassa e del VAN conseguente. In particolare, dai costi di baseline per i singoli vettori energetici si è determinato il costo sostenuto per l'acquisto del combustibile e dell'energia elettrica, per la configurazione ante e post intervento. La differenza tra la spesa energetica sostenuta ante e post determina il risparmio economico annuale che, nella prospettiva di analisi per gli anni di vita utile dell'impianto, viene attualizzato utilizzando il fattore di attualizzazione  $a_j$  dell'anno  $j$ -esimo precedentemente presentato. Il VAN viene così determinato tramite l'equazione:

$$VAN = \sum_{j=1}^n a_j * RISP - I_0$$

dove:

VAN = Valore Attuale Netto

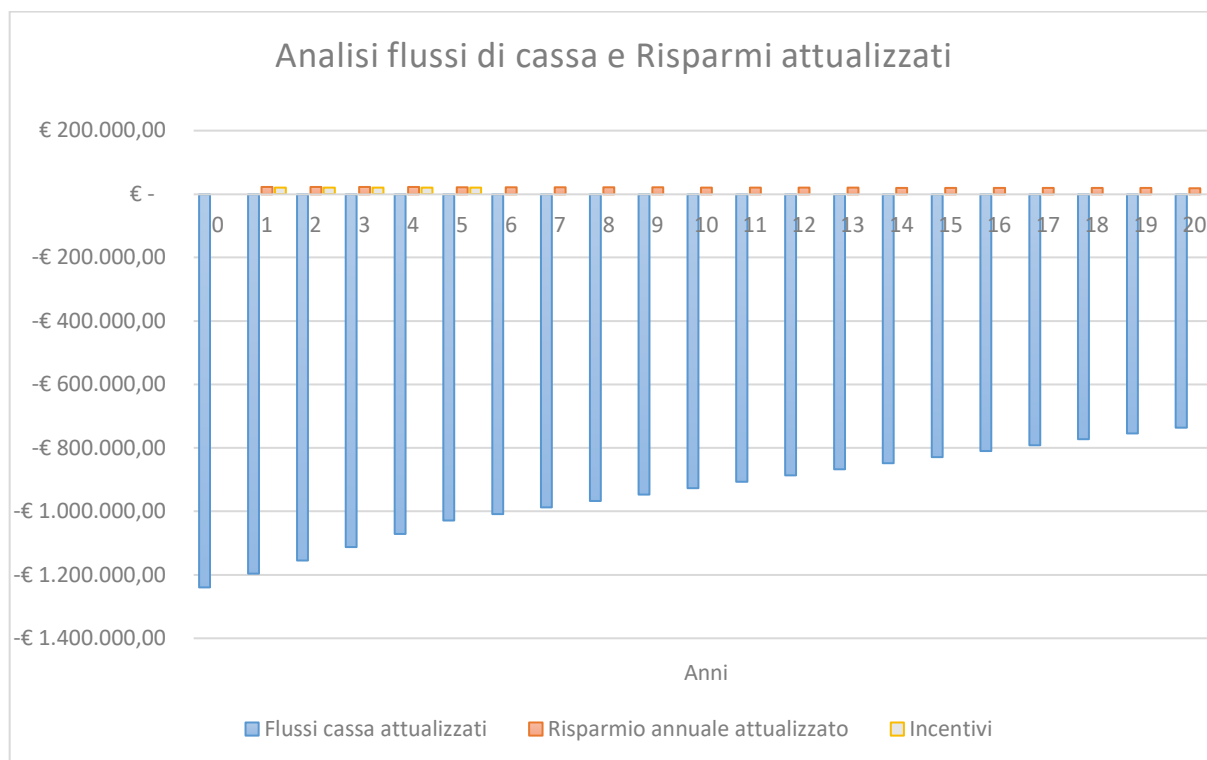
$n$  = vita utile dell'intervento di efficienza energetica considerata pari a 15 anni

$a_j$  = fattore di attualizzazione all'anno  $j$

RISP = risparmio economico annuale

$I_0$  = Investimento iniziale

Si mostra qui di seguito l'istogramma rappresentativo dei flussi di cassa e dei risparmi attualizzati generatori dall'intervento analizzato:

**Figura 7.1 - Istogramma Flussi di Cassa e Risparmi Attualizzati - Scenario A1.**


Il VAN calcolato per l'intervento proposto risulta avere un valore pari a -735.991€ per una vita utile di 20 anni. Il tempo di ritorno semplice ha un valore di 48,7 anni. Il Tasso Interno di Rendimento (TIR), calcolato in base all'investimento iniziale  $I_0$  e ai flussi di cassa dei risparmi economici attualizzati, ha un valore di -7,9 %. Infine, la valutazione dell'Indice di Profitto (IP) del progetto ha determinato un valore di -0,59, valutato con il VAN a 20 anni di vita utile dell'intervento. Si riassumono qui di seguito i risultati ottenuti dall'analisi economica.

**Tabella 7.6 - Indicatori economici d'investimento.**

	Scenario A1		
<b>Tempo di ritorno semplice</b>	TRS	48,7	anni
<b>Tempo di ritorno attualizzato</b>	TRA	-	anni
<b>Valore attuale netto</b>	VAN	-735.991	€
<b>Tasso interno di rendimento</b>	TIR	-7,9%	%
<b>Indice di profitto</b>	IP	-0,59	

## 7.2 SCENARIO B ( $B_{IC}$ )

### 7.2.1 LOCALIZZAZIONE CENTRALE E DEFINIZIONE DEL TRACCIATO

#### 7.2.1.1 Ubicazione della centrale: analisi e scelta

Il progetto di fattibilità presentato prevede l'installazione di un impianto di teleriscaldamento per le utenze energetiche degli edifici che si affacciano a Piazza De Ferrari. Per questo

scenario le utenze coinvolte sono il Teatro “Carlo Felice” e l’Accademia Ligustica di Belle Arti, di proprietà della pubblica amministrazione, e la sede centrale della Cassa di Risparmio di Genova e Imperia e Palazzo Giustizia. Tale impianto viene alimentato da n°1 pompa di calore ad alta temperatura di potenza termica pari a 800 kW e n°4 generatori di calore a condensazione ad altissima efficienza, con potenza termica utile di 1.700 kW ciascuno, che sostituiscono i generatori presenti nella centrale termica del teatro, ubicata nel piano copertura della torre del teatro. È stato inoltre prevista la predisposizione della dorsale per l’alimentazione della centrale termica del Palazzo Ducale di cui però non si prevede in questa fase di studio l’allacciamento alla rete.

### **7.2.1.2 Definizione del tracciato di rete: analisi, scelte e criticità**

Dal posizionamento dei nuovi generatori di calore nella centrale termica del Teatro “Carlo Felice” partirà l’arteria di tubazione per l’alimentazione della rete di teleriscaldamento. Tale arteria raggiungerà i locali di condizionamento dei piani interrati del teatro, nei quali sarà posizionata la pompa di calore ad alta temperatura, il collettore e le diramazioni delle tubazioni per i singoli circuiti.

Per quanto riguarda il Teatro “Carlo Felice”, la tubazione di mandata salirà dal piano interrato al piano copertura dove verrà posizionato lo scambiatore di calore e l’allacciamento alla distribuzione secondaria.

Per quanto riguarda l’Accademia Ligustica, dopo che le tubazioni hanno percorso gli spazi interrati posizionandosi tra il teatro e l’istituto di arte, si sfrutterà una delle tre colonne esterne cave che assicurano un percorso diretto alla centrale termica sul piano copertura dell’edificio. Una volta giunti in copertura, sarà predisposto lo spazio e l’installazione della sottostazione di teleriscaldamento.

La centrale termica della sede principale della Cassa di Risparmio di Genova e Imperia sarà collegata al collettore di mandata della rete tramite una dorsale dedicata che dai piani interrati del teatro attraverserà Via Roma e percorrerà Via Cassa di Risparmio fino al locale tecnico dedicato. In tale ambiente sarà posizionata la sottostazione di teleriscaldamento che alimenterà i circuiti esistenti.

Come anticipato al cap 5.2.1.1 è stata prevista la predisposizione del circuito per l’alimentazione della centrale termica del Palazzo Ducale. Tale circuito dedicato percorrerà i locali tecnici interrati del teatro e si unirà al cunicolo tecnologico presente al di sotto di Piazza De Ferrari, sfruttandone il tracciato esistente. In corrispondenza della facciata est del palazzo storico, le tubazioni devieranno verso Piazza Giacomo Matteotti presso la quale è presente a livello interrato la centrale termica dell’edificio storico.

Per quanto riguarda il Palazzo di Giustizia, la dorsale di alimentazione dell'impianto di riscaldamento dell'edificio partirà in corrispondenza di Passo Eugenio Montale per poi percorrere Via Vernazza al termine della quale congiungersi con Via V Dicembre. Giunto in prossimità dell'edificio, le tubazioni risaliranno attraverso cavedi tecnologici individuati e termineranno nella centrale termica dell'edificio posto in copertura, dove risiederà la sottostazione di scambio termico.

## **7.2.2 PRESTAZIONI ENERGETICHE ED AMBIENTALI DELL'IMPIANTO E DELLA RETE**

### **7.2.2.1 Efficienza energetica mensile e stagionale e fattori di energia primaria rinnovabili e non rinnovabili**

Ai fini della valutazione del miglioramento dell'efficienza energetica del sistema di produzione di energia, si è valutata la stessa tramite un indice di prestazione energetica che prenda in considerazione il vettore energetico utilizzato e il prodotto finale reso disponibile all'utenza energetica. In particolare, l'indicatore prestazione calcolato risulta essere il rapporto tra l'energia termica fornita al sistema edificio e l'energia primaria utilizzata per produrla. Tale indice è misura della quantità di energia primaria utilizzata per fornire una unità di energia termica. Si è deciso di utilizzare l'energia primaria perché permette il confronto tra vettori energetico diversi, come ad esempio il gas metano e il gasolio. Di seguito la tabella riassuntiva con i risultati ottenuti a livello mensile e stagionale.

**Tabella 7.7 - Indice di efficienza energetica mensile e stagionale**

	$\eta$ ante [kWh <sub>t</sub> /kWh <sub>p</sub> ]	$\eta$ post [kWh <sub>t</sub> /kWh <sub>p</sub> ]
<b>Annuale</b>	<b>0,86</b>	<b>0,99</b>

### **7.2.2.2 Consumi annui dei diversi vettori energetici**

Lo scenario impiantistico individuato prevede la sostituzione dei generatori di calore della centrale termica del Teatro "Carlo Felice" con nuovi generatori a condensazione e una pompa di calore ad alta temperatura per la copertura del fabbisogno termico del teatro, dell'Accademia Ligustica di Belle Arti e della sede della Banca Carige. Dalla simulazione energetica effettuata risulta un consumo di energia elettrica pari a 648.316 kWh e di gas metano pari a 534.984 Sm<sup>3</sup>.

### **7.2.2.3 Emissioni gas serra specifiche e annuali complessive**

Dalla simulazione dello Scenario B è stato possibile determinare i consumi dei vettori energetici a livello annuale sia per la configurazione ante intervento sia post intervento. Tramite i fattori di emissione di CO<sub>2</sub> forniti nel Capitolato Tecnico, si sono calcolate emissioni di gas clima-

alteranti e i rispettivi valori specifici per unità di energia termica. Di seguito la tabella riassuntiva dei risultati ottenuti:

**Tabella 7.8 - Valori di emissione di CO2 assoluti e specifici.**

	Ante [tCO2]	Post [tCO2]
<b>Annuale</b>	<b>1.622</b>	<b>1.350</b>
	<b>Emissioni specifiche [tCO2/MWh]</b>	
	<b>0,233</b>	<b>0,194</b>

### **7.2.3 ANALISI ECONOMICA SCENARIO B**

#### **7.2.3.1 Ipotesi di analisi economica adottate**

Lo studio di fattibilità tecnica dello scenario B ha dimostrato la possibilità di ottenere un efficientamento energetico degli impianti tecnologici presenti negli edifici ubicati nella zona che si sviluppa attorno a Piazza De Ferrari. Tale intervento comporta un aumento delle prestazioni energetiche complessive dei sistemi edificio-impianto per il Teatro “Carlo Felice”, l’Accademia Ligustica di Belle Arti, per la Cassa di Risparmio di Genova e Imperia e per il Palazzo di Gisutizia e determina un risparmio di vettori energetici. A questo punto risulta necessario implementare un’analisi economica che dimostri la fattibilità del progetto presentato secondo la metodologia di valutazione dei flussi di cassa e del VAN (Valore Attuale Netto) economico conseguente, secondo Diagnosi Energetica e UNI EN 15459.

Il modello economico sviluppato considera i seguenti parametri economici:

- R il tasso di interesse medio rilasciato dalla BCE per gli anni dal 2006 al 2017 è pari a 1,50%. Si ritiene quindi di utilizzare un tasso annuo pari al 3,00%
- I: Il valore dell’inflazione media mensile definita dalla Banca Centrale d’Italia per gli anni dal 2006 al 2017 è pari allo 0,13%, che riportato ad un anno è pari a 1,56%. Prudenzialmente si utilizza un valore pari a 2,00%, in linea con gli attuali valori.

Aver definito tali parametri permette di ottenere un andamento dei flussi di cassa annui che consideri l’inflazione del valore di moneta e il cambiamento dei prezzi dei benefici netti derivanti dai risparmi economici. La combinazione di questi indici economici determina un fattore di interesse reale del 0,98% dal quale è possibile calcolare il fattore di attualizzazione annuale da applicare ai flussi di cassa tramite la seguente equazione:

$$a_j = \sum_{j=1}^n \frac{1}{(1+r)^j}$$

dove:

$a_j$  = fattore di attualizzazione all’anno j

r = tasso di interesse reale

n = anni di vita dell'investimento

j = anno j-esimo

La determinazione dei flussi di cassa parte dalla quantificazione dei risparmi energetici, presentati nei capitoli precedenti come Sm<sup>3</sup> di gas metano risparmiato per la stagione invernale di riscaldamento e kWh di energia elettrica per la stagione estiva di raffrescamento, e dalla determinazione dei costi specifici di questi vettori. Il costo unitario, €/Sm<sup>3</sup> per il gas metano e €/kWh per l'energia elettrica, è stato determinato nei capitoli riguardanti la baseline economica per ciascun edificio e sarà utilizzato in questa analisi per quantificare il risparmio economico effettivo. In particolare, si presentano qui di seguito i costi unitari per vettore energetico e per edificio del distretto:

**Tabella 7.9 - Costi unitari di baseline vettori energetici.**

Vettore Energetico	Teatro "Carlo Felice"	Palazzo Ducale	Accademia Ligustica	Banca Carige	Palazzo Giustizia
Gas Metano	0,51 €/Sm <sup>3</sup>	0,51 €/Sm <sup>3</sup>	0,71 €/Sm <sup>3</sup>	-	0,51 €/Sm <sup>3</sup>
Energia Elettrica	0,16 €/kWh	0,16 €/kWh	0,17 €/kWh	0,167 €/kWh	-
Gasolio	-	-	-	0,863 €/l	-

Nel caso dei costi specifici per il Teatro "Carlo Felice", in assenza delle fatture di fornitura di entrambi i vettori energetici si è deciso di utilizzare il minore dei costi specifici degli altri due edifici, per non sovrastimare i risparmi economici derivanti dall'intervento. Analogamente per il Palazzo di Giustizia si è considerato un valore per il costo di combustibile analogo al minore costo specifico degli altri edifici.

### 7.2.3.2 **Costi investimento**

La costituzione dell'impianto di teleriscaldamento per il distretto energetico di Piazza De Ferrari presenta diverse voci di costo di investimento che costituiscono non solo l'architettura dell'impianto nel suo complesso ma anche le opere ausiliarie necessarie alla sua realizzazione. Per l'intervento individuato si è ipotizzata l'installazione di n°1 pompa di calore ad alta temperatura e n°4 generatori di calore a condensazione a basamento per la copertura del fabbisogno termico del Teatro "Carlo Felice", dell'Accademia Ligustica di Belle Arti, della Cassa di Risparmio di Genova e Imperia e Palazzo di Giustizia e per una eventuale allacciamento futuro di Palazzo Ducale. La taglia delle macchine individuate, che si ricorda essere di 1700 kWt per i generatori e 800 kWt per la pompa di calore, determina un costo totale di investimento stimato di 1.920.000,00€, ottenuto in seguito al confronto e alla richiesta di preventivi specifici con le principali aziende di fornitura di tali macchinari. A tale prezzo sono stati applicati dei



costi per la rimozione degli apparecchi esistenti, il trasporto, la manodopera, gli allacciamenti idraulici, gli interventi edili ed elettrici necessari ed infine l'impianto di gestione e controllo fumi SAE. All'interno del costo indicato sono state considerate anche le seguenti voci di spesa:

- rete di distribuzione, prevede il collegamento della centrale termica del Teatro "Carlo Felice", sede dei generatori, con la centrale di condizionamento dell'edificio stesso, nella quale verrà installato la sottocentrale di pompaggio e il collettore di distribuzione. Da questo ambiente partiranno le dorsali di collegamento con la distribuzione dell'impianto di riscaldamento del teatro e con le centrali termiche dell'Accademia Ligustica di Belle Arti, della Cassa di Risparmio di Genova e Imperia e di Palazzo di Giustizia. Dalle potenze termiche richieste si sono determinati i diametri delle tubazioni necessarie alla distribuzione del fluido termovettore e i prezzi specifici per metro lineare di tubo utilizzando i prezzi Informativi Dell'Edilizia – Impianti tecnologici gennaio 2020.
- Sottostazioni di Teleriscaldamento: l'impianto di teleriscaldamento prevede l'installazione di una sottostazione termica per ogni utente energetico, generalmente nella centrale termica e in accordo con gli impianti di riscaldamento esistenti. Tale sottostazione è costituita da uno scambiatore di calore, da un sistema di regolazione e controllo, da un sistema di contabilizzazione del calore e dispositivi per la sicurezza e l'alimentazione elettrica.

### **7.2.3.3 Ricavi: tariffe, andamento nel tempo**

Per l'analisi dei flussi di cassa associati ai ricavi ottenibili dalla gestione della rete di teleriscaldamento del distretto analizzato si rimanda al file allegato alla seguente relazione denominato "Scheda di sintesi TLR Scenario B".

### **7.2.3.4 Costi per acquisto vettori energetici**

Si mostrano qui di seguito i costi energetici stimati per la copertura del fabbisogno termico degli edifici coinvolti nell'intervento di efficientamento energetico:

**Tabella 7.10 - Stima costi energetici.**

	Costo approvvigionamento energetico [€]
<b>Annuale</b>	<b>376.572</b>

### **7.2.3.5 Costi di gestione e manutenzione**

I costi associati alla gestione e manutenzione di una rete di teleriscaldamento risultano essere contenuti rispetto alle normali centrali termiche di edifici storici. In particolare, nel caso della rete del distretto energetico di Piazza De Ferrari la manutenzione ordinaria delle tubazioni e delle sottostazioni di teleriscaldamento si riduce a dei normali controlli dello stato manutentivo

dei componenti di impianto e si prevede che tali interventi vengano effettuati due volte all'anno. A fronte di queste considerazioni si è stimato un costo di gestione e manutenzione pari a circa 2.000,00 € all'anno.

Per quanto riguarda, invece, i generatori di calore installati nella centrale termica del Teatro "Carlo Felice", i costi di gestione e manutenzione risultano essere analoghi al macchinario da sostituire, data la stessa tipologia di tecnologia ma con prestazioni tecniche ed energetiche sicuramente migliori.

#### **7.2.3.6 Incentivazioni**

La sostituzione dei generatori di calore e l'installazione di una pompa di calore rientra negli interventi ammissibili al meccanismo dei Certificati Bianchi, secondo quanto previsto dal Decreto 11 gennaio 2017, modificato dal D.M. 10 maggio 2018 e aggiornato dal Decreto Direttoriale del Ministero dello Sviluppo Economico del 30 aprile 2019 e dal Decreto Interministeriale del 1° luglio 2020. I Certificati Bianchi, chiamati anche Titoli di Efficienza Energetica, sono titoli negoziabili che certificano il conseguimento di risparmi negli usi finali di energia attraverso intervento e progetti di incremento dell'efficienza energetica. Un certificato equivale al risparmio di una Tonnellata Equivalente di Petrolio (TEP) e può essere venduto nel mercato gestito dal GME, Gestore Mercati Energetici, o attraverso contrattazioni bilaterali.

Per accedere al meccanismo dei Titoli di Efficienza Energetica è necessario presentare il progetto del distretto di Piazza De Ferrari secondo le modalità previste per il Progetto a Consuntivo, in cui la quantificazione del risparmio energetico deve essere conforme a un programma di monitoraggio che preveda una misurazione puntuale delle grandezze caratteristiche, sia nella configurazione ex ante, sia quella ex post. L'algoritmo di calcolo dei risparmi deve essere approvato dal GSE ed è necessario misurare i consumi per almeno 12 mesi prima della realizzazione dei lavori di riqualificazione.

Secondo la simulazione energetica effettuata, l'installazione dei nuovi generatori di calore per l'alimentazione della rete di teleriscaldamento può portare ad un risparmio di 106.593 l di gasolio annui. Complessivamente, si ottiene un risparmio di circa 100 tep/anno che corrispondono a 95 TEE/anno. Considerando un valore di mercato medio di 260 €/TEE, desunto dall'andamento del prezzo di vendita medio dei TEE per gli anni 2019 e 2020, è possibile ottenere un incentivo annuo di 26.000 € per un periodo di tempo di 5 anni.

L'intervento di sostituzione di generatori esistenti con nuovi a condensazione e con una pompa di calore può rientrare negli interventi incentivabili tramite il Conto Termico. Se si considera la mera sostituzione dei generatori di calore, il sostegno economico prevede la copertura del 40% dell'investimento totale previsto per un massimale di 40.000 €. Se invece si considera la sostituzione dei vecchi generatori con la pompa di calore, tale intervento non soddisfa i requisiti

richiesti in quanto la potenza termica complessiva dell'impianto post operam supera i 2.000 kW<sub>t</sub>. Alla luce dei risultati ottenuti con l'applicazione del Conto Termico, risulta più economicamente vantaggioso richiedere il meccanismo dei Certificati Bianchi.

### **7.2.3.7 Analisi economica dell'investimento: ipotesi, risultati, considerazioni**

A partire dai risultati ottenuti in seguito alla simulazione energetica dello Scenario B, si sono applicate le ipotesi economiche espresse nei capitoli precedenti e si è sviluppata un'analisi economica per la determinazione dei flussi di cassa e del VAN conseguente. In particolare, dai costi di baseline per i singoli vettori energetici si è determinato il costo sostenuto per l'acquisto del combustibile e dell'energia elettrica, per la configurazione ante e post intervento. La differenza tra la spesa energetica sostenuta ante e post determina il risparmio economico annuale che, nella prospettiva di analisi per gli anni di vita utile dell'impianto, viene attualizzato utilizzando il fattore di attualizzazione  $a_j$  dell'anno  $j$ -esimo precedentemente presentato. Il VAN viene così determinato tramite l'equazione:

$$VAN = \sum_{j=1}^n a_j * RISP - I_0$$

dove:

VAN = Valore Attuale Netto

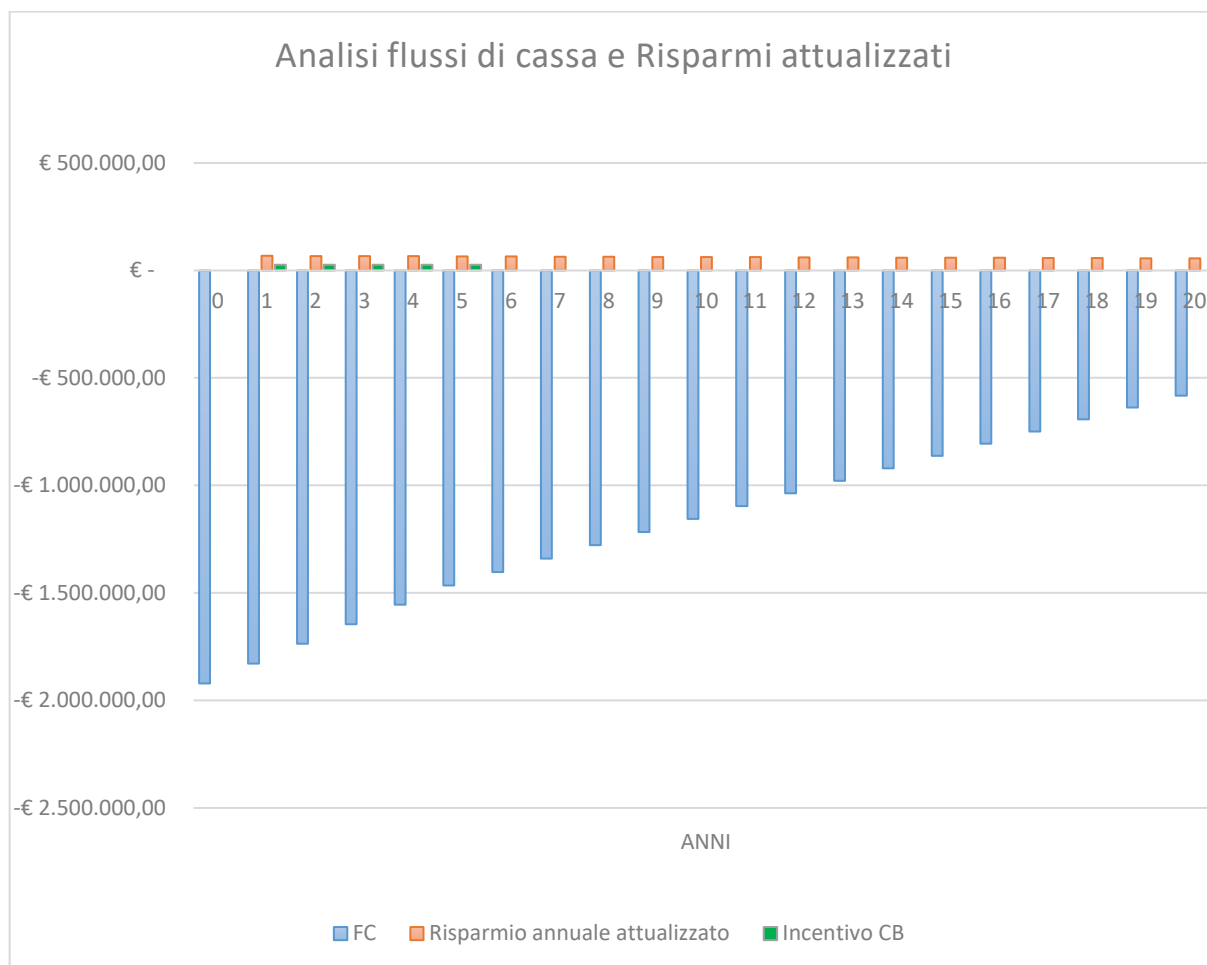
$n$  = vita utile dell'intervento di efficienza energetica considerata pari a 15 anni

$a_j$  = fattore di attualizzazione all'anno  $j$

RISP = risparmio economico annuale

$I_0$  = Investimento iniziale

Si mostra qui di seguito l'istogramma rappresentativo dei flussi di cassa e dei risparmi attualizzati generatori dall'intervento analizzato:

**Figura 7.2 - Istogramma Flussi di Cassa e Risparmi Attualizzati - Scenario B.**


Il VAN calcolato per l'intervento proposto risulta avere un valore pari a -582.453€ per una vita utile di 20 anni. Il tempo di ritorno semplice ha un valore di 25,9 anni. Il Tasso Interno di Rendimento (TIR), calcolato in base all'investimento iniziale  $I_0$  e ai flussi di cassa dei risparmi economici attualizzati, ha un valore di -3,90 %. Infine, la valutazione dell'Indice di Profitto (IP) del progetto ha determinato un valore di -0,30, valutato con il VAN a 20 anni di vita utile dell'intervento. Si riassumono qui di seguito i risultati ottenuti dall'analisi economica.

**Tabella 7.11 - Indicatori economici d'investimento.**

	Scenario B		
<b>Tempo di ritorno semplice</b>	TRS	25,9	anni
<b>Tempo di ritorno attualizzato</b>	TRA	-	anni
<b>Valore attuale netto</b>	VAN	-582.453	€
<b>Tasso interno di rendimento</b>	TIR	-3,90%	%
<b>Indice di profitto</b>	IP	-0,30	

## 8. DESCRIZIONE DELLE OPERE E CRONOPROGRAMMA DEI LAVORI

### 8.1 *Autorizzazioni necessarie*

La fase di progetto definitivo dovrà essere completa delle necessarie autorizzazioni attestanti il rispetto delle specifiche normative vigenti e riguardanti l'intervento di efficientamento energetico oggetto di analisi. In particolare, sarà necessario provvedere alla redazione dei seguenti documenti:

- la relazione tecnica di prevenzione incendi (parere di conformità vigili del fuoco),
- la relazione attestante il rispetto dei vincoli degli edifici storici soggetti alla Soprintendenza Archeologica, Belle Arti e Paesaggio del Comune di Genova.
- La relazione tecnica attestante il rispetto delle verifiche di legge della normativa sull'efficienza energetica e sull'edilizia emanata dal Comune di Genova.

### 8.2 *Opere preliminari necessarie*

Tutte le opere descritte e considerate nel seguente studio di fattibilità tecnico-economica comprendono le lavorazioni ausiliare e necessarie alla realizzazione dell'intervento di efficienza energetica.

### 8.3 *Descrizione del cronoprogramma dei lavori*

Per la consultazione dei cronoprogrammi relativi agli interventi di efficientamento energetico sviluppati negli scenari considerati si rimanda all'elaborato specifico "Cronoprogramma delle opere" con denominazione file "20135xSF\_GCPL".

## 9. RIQUALIFICAZIONE ENERGETICA TEATRO “CARLO FELICE”

Nell’ottica di installazione di una rete di teleriscaldamento attorno a piazza de Ferrari, si propone di intervenire specificatamente nell’efficientamento degli impianti di climatizzazione invernale ed estiva e ventilazione del Teatro Carlo Felice, ivi compresa la regolazione e riqualificazione degli impianti di illuminazione. A tale scopo, nei paragrafi successivi si presentano gli interventi di efficientamento energetico considerati con lo scopo non solo di ridurre il consumo energetico dell’edificio ma anche di migliorare affidabilità e controllo dei servizi energetici coinvolti. In particolare, si sono analizzati i seguenti interventi:

- Intervento di sostituzione dei gruppi frigoriferi, installazione pompa di calore e solare termico;
- Intervento di relamping illuminazione interna;
- Intervento regolazione impianti di climatizzazione.

Tali interventi saranno in seguito considerati per l’analisi economica secondo PEF sia per il modello “EPC” sia per il modello “Futuro Gestore di Rete”. Le simulazioni saranno condotte considerando il sistema di generazione della rete di teleriscaldamento costituito prima da generatori di calore (Abis<sub>GC</sub> e Bbis<sub>GC</sub>) e dopo dall’impianto combinato (Abis<sub>IC</sub> e Bbis<sub>IC</sub>).

### 9.1 *Intervento sostituzione dei gruppi frigoriferi, installazione pompa di calore e impianto solare termico*

L’intervento di efficientamento energetico proposto prevede una serie di opere che interessano la centrale frigorifera al servizio del teatro e l’impianto di produzione di acqua calda sanitaria. In particolare, si prevede la sostituzione degli attuali gruppi frigoriferi posti nella centrale al piano 4 interrato, il montaggio di una pompa di calore adibita alla produzione di ACS collegata al circuito di raffreddamento a torri evaporative e l’installazione di un impianto solare per la produzione di energia termica da fonti rinnovabili.

#### **9.1.1 Configurazione impiantistica esistente**


Come anticipato nel cap. 3.1.1.1, l’impianto di climatizzazione estiva è costituito da n°3 gruppi frigoriferi a compressione di potenza frigorifera pari a 624,4 kW cad., per una potenza complessiva di 1.873,2 kW. Dal sopralluogo effettuato, i generatori risultano costruiti nel 1989 e rigenerati, tramite la sostituzione del fluido frigorifero esistente R22 con R422D. A seguito di tale operazione di retrofit, la resa frigorifera delle macchine ha subito una diminuzione del 10% a quale va aggiunto il calo di resa dovuto all’invecchiamento dei componenti che oramai contano più di 30 anni. Tenendo conto di ciò, al fine della simulazione energetica per la quantificazione dei risparmi conseguibili si è assunto un valore di SEER pari a 2,5.

Attualmente, la produzione di acqua calda sanitaria viene assicurata dai generatori di calore presenti in centrale termica, presentati al cap. 3.1.1.1. Il fabbisogno di energia termica richiesta

dalle utenze in estate obbliga la struttura a tenere operativo un generatore di potenza elevata (795,3 kW) che genera calore con un fattore di carico basso a cui corrisponde un rendimento di generazione ridotto, al quale va aggiunto l'effetto dell'invecchiamento dei generatori stessi. Per la simulazione energetica condotta si è deciso di utilizzare un rendimento di generazione pari a 78%, in accordo con le analisi energetiche condotte in precedenza.

### 9.1.2 Configurazione impiantistica proposta

I gruppi frigoriferi esistenti verranno sostituiti da n°3 chiller di potenza frigorifera pari a 639,1 kW cad., per una potenza totale di impianto di 1.917,3 kW. Si mostra qui di seguito un estratto della scheda tecnica resa disponibile dai costruttori della macchina termica e da cui sono stati considerati i parametri per la simulazione energetica:

Tag	ERTWD-1			
Numero modello	RTWD 170 HE			
Quantità	1			
TOPSS Version	243			
Unit Nominal Tonnage	170 Nominal Tons			
Tipo unità	High Efficiency/Performance			
<b>Informazioni generali</b>				
Unit Nominal Tonnage	170 Nominal Tons	Capacità di raffreddamento (Gross	639.1 kW	636.1 kW
Tipo unità	High	Capacità per circuito		
Pacchetto riduzione rumore	Pacchetto riduzione rumore	Efficienza (Gross / Net)	5.50	5.19
Carica in fabbrica	R1234ze	ESEER Gross	6.80	
Ad 1 mt in campo libero		IPLV .IP	0.149 kW/kW	
* EER netto calcolato secondo normativa EN14511		Pressione sonora pieno carico	71 dBA	
		Capacità caldo	755.4 kW	
		Efficienza caldo	6.495 COP (kW/kW)	

**Figura 9.1 – Caratteristiche tecniche gruppi frigoriferi individuati.**

Come mostrato in figura, la macchina è in grado di ottenere un ESEER di 6,80 riferito a una stagione di raffrescamento. Per il calcolo dell'energia elettrica risparmiata si è considerato la curva di fabbisogno di energia frigorifera calcolata nel cap. 3.3, al quale è stato applicato il valore di rendimento di generazione frigorifera medio stagionale prima per la condizione ante intervento e in seguito per la configurazione post intervento. Dal confronto dell'energia elettrica assorbita nelle due configurazioni impiantistiche è possibile determinare il risparmio energetico che assume il valore di 290.946 kWh elettrici.

Abbinato ai gruppi frigoriferi presentati, si è proposto di recuperare l'energia termica dispersa nelle torri evaporative per la produzione di acqua calda sanitaria richiesta dalle utenze estive degli spogliatoi del complesso teatrale. Il livello di temperatura raggiunto dall'acqua in uscita dal condensatore del gruppo frigorifero richiede l'installazione di una pompa di calore che permetta la generazione di acqua a 55°C raccolta nel serbatoio di accumulo. Si mostra qui di seguito riepilogo dei dati tecnici della pompa di calore individuata:

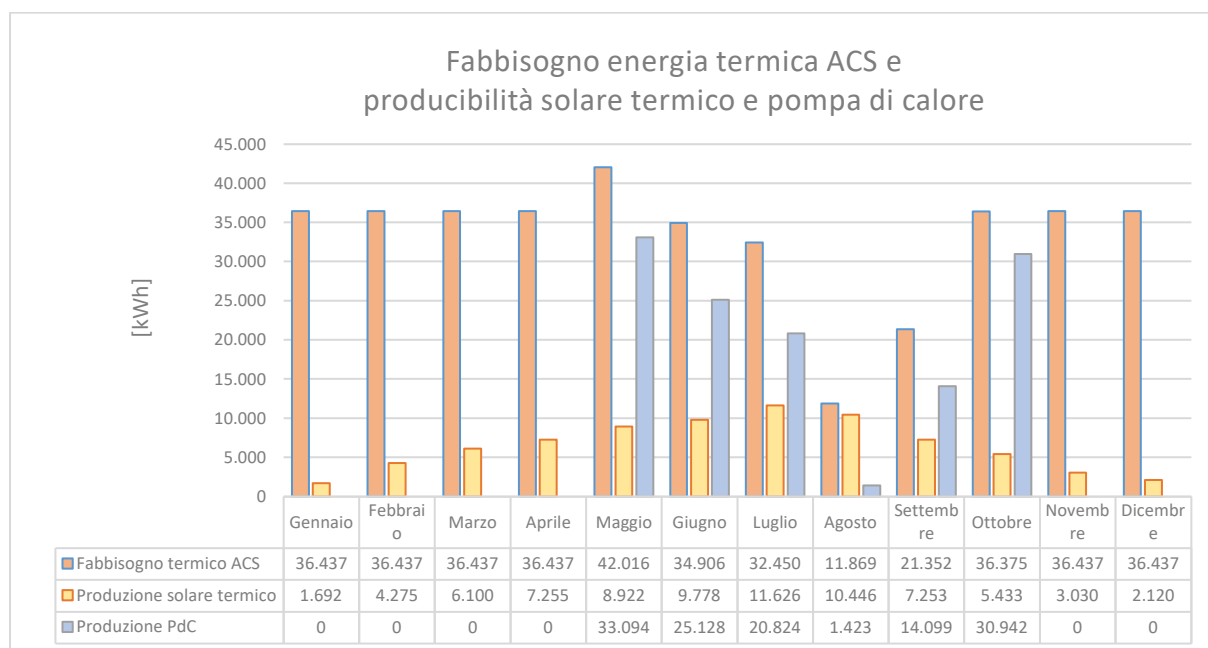
## General Information

Capacità frigorifera gross	<b>217,76 kW</b>	Capacità riscaldamento gross	<b>280,19 kW</b>
Capacità frigorifera net	<b>216,96 kW</b>	Capacità riscaldamento net	<b>281,03 kW</b>
EER gross	<b>3,494 kW/kW</b>	COP gross	<b>4,496 kW/kW</b>
EER net	<b>3,391 kW/kW</b>	COP net	<b>4,393 kW/kW</b>
Refrigerante	<b>R1234ze (con olio)</b>	Potenza sonora	<b>93 dB</b>
N. Circuiti	<b>1</b>	Pressione sonora	<b>61 dB</b>
N. Compressori	<b>1</b>	Versione TOPSS (software)	<b>245</b>
Refrigerante	<b>23 kg</b>	Data	<b>4/27/2021</b>
Olio	<b>5,00 L</b>	Cabinatura	<b>estetica</b>

\*Sounds at Eurovent condition

**Figura 9.2 – Caratteristiche tecniche pompa di calore individuata.**

Ad integrazione della macchina termica individuata, si propone l'installazione di un impianto solare termico costituito da 60 collettori solari sottovuoto per una superficie lorda di impianto pari a 210,6 m<sup>2</sup>. Lo spazio individuato per l'installazione dell'impianto FER si trova al di sopra della torre uffici, in corrispondenza della massima esposizione possibile al fine di raggiungere la massima producibilità estiva. Il dimensionamento dell'impianto ha tenuto conto dell'area lorda disponibile e del fabbisogno di energia termica durante la stagione estiva, in modo che ottimizzare la produzione termica, come mostrato nel grafico seguente.



**Tabella 9.1 – Fabbisogno e producibilità per servizio ACS.**

Come si evince dal grafico, durante i mesi estivi in regime di raffrescamento, quando i gruppi frigoriferi generano un flusso di energia termica al condensatore, è possibile abbinare la produzione dell'impianto solare termico alla producibilità della pompa di calore per soddisfare il fabbisogno di ACS e limitare l'impiego dei generatori della centrale termica alla sola stagione di riscaldamento. L'intervento impiantistico di efficientamento energetico permette di ottenere un risparmio di combustibile pari a 30.246 Sm<sup>3</sup>, a fronte di un consumo di energia elettrica pari a 33.461 kWh.



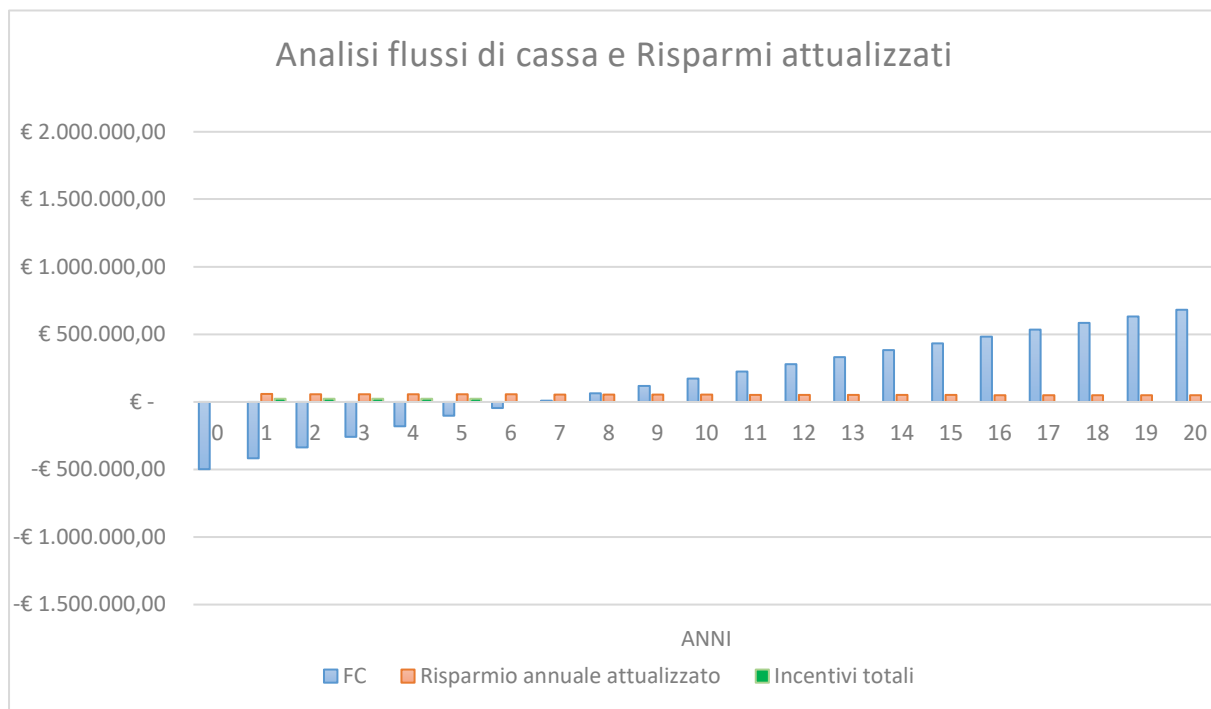
### **9.1.3 Analisi economica**

A questo punto risulta necessario implementare un'analisi economica che dimostri la fattibilità del progetto presentato secondo la metodologia di valutazione dei flussi di cassa e del VAN (Valore Attuale Netto) economico conseguente, secondo Diagnosi Energetica e UNI EN 15459. I parametri economici e la metodologia di calcolo utilizzata sono gli stessi impiegati per l'analisi degli scenari del distretto energetico di Piazza De Ferrari, si rimanda ai capitoli specifici per la presentazione delle ipotesi effettuate e per il costo dei vettori energetici coinvolti.

Il costo di investimento individuato è stato determinato dalle offerte ricevute dalle principali aziende operanti nel settore HVAC, alle quale sono state applicati dei costi aggiuntivi per tenere conto dei lavori di installazione e allacciamenti alla struttura impiantistica presente, sia dal punto di vista meccanico sia da quello elettrico. Il costo di investimento determinato per i lavori presentati ammonta a un valore di 497.381,00€, il quale comprende i costi di fornitura e posa per i tre gruppi frigoriferi nella centrale di condizionamento, la pompa di calore per l'ACS con i relativi circuiti di intercettazione alle torri evaporative e l'impianto solare termico in copertura con l'allacciamento idraulico ai serbatoi presenti nei locali tecnici. Per il monitoraggio dei nuovi elementi impiantistici è stato previsto un sistema di contabilizzazione di energia termica e di energia elettrica assorbita, direttamente collegato al sistema di supervisione esistente con ingegnerizzazione di nuove interfacce grafiche per il controllo e raccolta dati caratteristici, anche con l'obiettivo di ottenimento di incentivi.

La sostituzione di gruppi frigoriferi per la climatizzazione degli ambienti rientra negli interventi ammissibili al meccanismo dei Certificati Bianchi, secondo quanto previsto dal Decreto 11 gennaio 2017, modificato dal D.M. 10 maggio 2018 e aggiornato dal Decreto Direttoriale del Ministero dello Sviluppo Economico del 30 aprile 2019 e dal Decreto Interministeriale del 1° luglio 2020. Secondo la simulazione energetica effettuata, l'installazione dei nuovi chiller può portare ad un risparmio di 290.946 kWh annui. Complessivamente, si ottiene un risparmio di circa 54 tep/anno che corrispondono a 54 TEE/anno. Considerando un valore di mercato medio di 260 €/TEE, desunto dall'andamento del prezzo di vendita medio dei TEE per gli anni 2019 e 2020, è possibile ottenere un incentivo annuo di 14.146 € per un periodo di tempo di 5 anni. L'installazione di un impianto solare termico rientra negli interventi incentivabili secondo il D.M. 16 Febbraio 2016 e secondo quanto previsto dalle regole applicative del GSE "Incentivazione della produzione di energia termica da impianti a fonti rinnovabili ed interventi di efficienza energetica di piccole dimensioni". Tale forma di sostegno economico prevede un incentivo distribuito in 5 anni che premia la producibilità del campo solare, certificata secondo Solar Keymark, secondo un coefficiente di valorizzazione definito dalle linee guida del GSE. Nella simulazione condotta è stato stimato un sostegno economico di 7.705,80 € all'anno.

Si mostrano di seguito i risultati economici ottenuti dall'implementazione dell'analisi presentata:



**Figura 9.3 - Istogramma Flussi di Cassa e Risparmi Attualizzati.**

	Intervento di efficientamento energetico proposto		
<b>Tempo di ritorno semplice</b>	TRS	6,8	anni
<b>Tempo di ritorno attualizzato</b>	TRA	7,0	anni
<b>Valore attuale netto</b>	VAN	433.905	€
<b>Tasso interno di rendimento</b>	TIR	9,1	%
<b>Indice di profitto</b>	IP	0,87	

**Tabella 9.2 - Indicatori economici d'investimento.**

## 9.2 *Intervento di relamping impianto di illuminazione interna*

### 9.2.1 **Generalità**

Allo stato attuale, l'impianto di illuminazione del Teatro è costituito da apparecchi illuminanti equipaggiati con sorgenti tradizionali, principalmente del tipo ad alogeni (ingresso e foyer) oppure fluorescenti lineari (parti comuni ed amministrative). La proposta di sostituire tali punti luce con corpi illuminanti di equivalenti prestazioni illuminotecniche ma equipaggiati con tecnologia LED consente di ridurre i consumi energetici grazie alla migliore efficienza luminosa di tali sorgenti di nuova generazione.

Si prevede di agire su quei punti luce che per quantitativo presente nel complesso e per numero di ore di funzionamento annuo rappresentano il maggior consumo energetico sulla pluralità dei corpi illuminanti del Teatro. In particolare su un totale di 5.093 corpi illuminanti dichiarati dai documenti di censimento ricevuti dai tecnici del teatro stesso, si prevederà di intervenire su 4.103 punti luce per una percentuale di sostituzione superiore all'80%.

Nel censimento dello stato attuale delle lampade presenti nel Teatro, si è potuto rilevare che il numero massimo di ore di funzionamento annuo risulta pari a 5.760 h/y e comprende i punti luce presenti nelle aree comuni e di transito all'interno dell'edificio, tra le quali le principali sono:

- n° 48 proiettori equipaggiati con lampade alogene lineari da 750 W, installate nel 1° - 2° - 3° e 4° Foyer per l'illuminazione generale delle aree di passaggio;
- n° 54 lampade fluorescenti lineari da 58 W installate entro apparecchi rettangolari bilampada dotati di ottica lamellare, destinati agli uffici;
- n° 1.159 lampade fluorescenti lineari da 36 W montate in apparecchi rettangolari con schermo opalino ovvero ad ottica lamellare, destinati agli spazi comuni quali corridoi o servizi igienici.

A questi si aggiungono n. 819 apparecchi down light incassati nei soffitti dei foyer di piano, che sono equipaggiati con lampadine ad alogeni da 50 W, più n. 192 globi luminosi presenti nelle sale e nei foyer ed equipaggiati ciascuno con ben n. 3 lampadine ad incandescenza da 60 W per un totale di n. 1.395 sorgenti a bassa efficienza luminosa.

Lo studio di fattibilità prevede la sostituzione in toto di tali dispositivi con corpi illuminanti a tecnologia LED di analoghe forme e dimensioni ma soprattutto equivalente gruppo ottico al fine di non modificare o alterare la distribuzione luminosa nei vari ambienti.

L'intervento di sostituzione dei corpi è principalmente rivolto al raggiungimento dei seguenti obiettivi primari:

- Diminuzione dei consumi di energia elettrica;
- Adeguamento alle normative vigenti in materia illuminotecnica UNI 12464/2011;
- Massima garanzia di continuità del servizio (50.000 ore di funzionamento);
- Massima affidabilità degli impianti in termini di sicurezza;
- Affidabilità delle apparecchiature;
- Facilità ed economicità di gestione;
- Facilità ed economicità di manutenzione;
- Facile reperibilità dei componenti e delle loro parti di ricambio.

## **9.2.2 Descrizione dei lavori occorrenti**

### **9.2.2.1 Sostituzione proiettori equipaggiati con lampada alogena lineare da 750 W**

Le caratteristiche di una lampada alogena lineare da 750W sono di seguito elencate:

Flusso luminoso (Nom)	16875 lm
Flusso luminoso (specificato) (Nom)	16875 lm
Temperatura di colore correlata (Nom)	2900 K
Efficienza luminosa (specificata) (Nom)	22.8 lm/W
Indice di resa dei colori (Nom)	100
LLMF a fine durata vita nominale (Min)	80 %



Gli attuali proiettori sono installati a gruppi di n.2 o 3 unità su barre orizzontali sostenute da staffe sporgenti dal soffitto, dall'analisi della forma del riflettore si evince che presentano fascio di emissione luminosa di tipo simmetrico e sono orientati verso il soffitto al fine di ottenere l'illuminazione indiretta dell'ambiente.

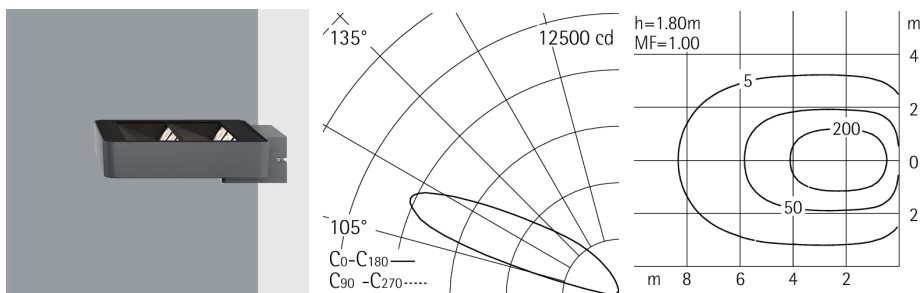


**Figura 9.4 – Proiettori con lampada alogena da 750 W.**

Apparecchi di tale tipologia sono caratterizzati da rendimento ottico pari ad almeno 55%, pertanto il flusso effettivamente emesso da ogni punto luce non supera la soglia di 9.300 lm con conseguente resa luminosa inferiore a 12,5 lm/W.

Al fine di efficientare il sistema, si prevede di utilizzare un prodotto sostitutivo caratterizzato sia da migliore efficienza luminosa (efficienza complessiva apparecchio a LED 100 lm/W contro efficienza di proiettore alogeno pari a circa 12 lm/W) sia da un'ottica ad asimmetria spinta così da ottimizzare la distribuzione luminosa all'interno degli spazi riducendo aloni e macchie di luce sui soffitti.

Si decide di scegliere proiettori che presentano le seguenti caratteristiche:



Il proiettore presenta un corpo in fusione di alluminio anticorrosione, verniciato a polveri a doppio strato e con superfici studiate per ridurre i depositi di sporco.

Ottica in alluminio asimmetrica spinta (inclinazione dell'intensità massima non inferiore a 60° - 65° rispetto la verticale) con rendimento ottico non inferiore a 55%. Sorgente luminosa LED di elevata efficienza ( $\geq 105$  lm/W). Potenza elettrica assorbita non superiore a 85 W.

Al fine di mantenere il più possibile inalterate le caratteristiche cromatiche della luce attuale, si opta per una temperatura di colore non superiore a 3.000 K con deviazione cromatica standard non superiore a 3 step di Mac Adams.

Analoghi proiettori sono attualmente installati anche nell'area di lavoro dietro le quinte (retropalco e sottopalco) ed utilizzati per l'illuminazione prettamente funzionale durante gli spettacoli. Anche per essi si prevede la sostituzione con proiettori a LED del tipo appena descritto, dotati di ottica uguale a quella montata sugli attuali proiettori (rotosimmetrica concentrata ovvero asimmetrica).

### 9.2.2.2 **Sostituzione proiettori equipaggiati con lampada alogena lineare da 300 W**

Situazione analoga alla precedente si trova anche in Sala Paganini, ove l'illuminazione generale è ottenuta in modalità indiretta tramite proiettori simmetrici montati a parete ed equipaggiati con lampada alogena lineare da 300 W.

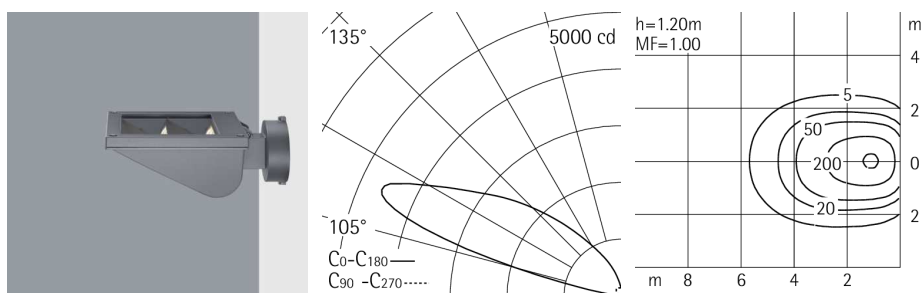


Figura 9.5 – Proiettori con lampada alogena da 300 W.

Considerando il flusso luminoso emesso dalla sorgente (~ 6.600 lm) ed il rendimento ottico degli apparecchi di tale tipologia (55 %), si stima che ogni punto luce sia caratterizzato da un flusso effettivamente emesso pari a circa 3.630 lm, di conseguenza la resa luminosa globale del punto luce sarà non superiore a 12 lm/W.

Per l'efficientamento del sistema, si prevede di utilizzare un prodotto sostitutivo caratterizzato sia da migliore efficienza luminosa (efficienza complessiva apparecchio a LED 100 lm/W contro efficienza di proiettore alogeno pari a circa 12 lm/W) sia da un'ottica ad asimmetria spinta così da ottimizzare la distribuzione luminosa all'interno degli spazi riducendo aloni e macchie di luce sui soffitti.

Si opta per proiettori a parete con le seguenti caratteristiche:



Il proiettore presenta un corpo in fusione di alluminio anticorrosione, verniciato a polveri a doppio strato e con superfici studiate per ridurre i depositi di sporco.

Ottica in alluminio asimmetrica spinta (inclinazione dell'intensità massima non inferiore a 60° - 65° rispetto la verticale) con rendimento ottico non inferiore a 45%.

Sorgente luminosa LED di elevata efficienza ( $\geq 105$  lm/W).

Potenza elettrica assorbita non superiore a 56 W flusso luminoso emesso non inferiore a 2.300 lm.

Al fine di mantenere il più possibile inalterate le caratteristiche cromatiche della luce attuale, si opta per una temperatura di colore non superiore a 3.000 K con deviazione cromatica standard non superiore a 3 sdcm.

### 9.2.2.3 **Sostituzione apparecchi downlight con lampadine alogene presenti nei foyer**

Gli spazi di ingresso alle sale posti sui vari piani dell'edificio sono illuminati in modo diretto da un numero non indifferente di apparecchi illuminanti di tipo "downlight", che costellano il soffitto e che rappresentano un notevole spreco di energia a causa della ridotta efficienza luminosa di tale tipo di sorgente. Infatti, a fronte di un flusso luminoso globale emesso dall'apparecchio di almeno 680 lm, la potenza elettrica assorbita non è inferiore a 50 W che corrisponde ad un'efficienza luminosa non superiore a 14 lm/W. Dagli effetti luminosi sulle pareti riportati nelle foto, si evince che il fascio luminoso uscente dai punti luce non è superiore 30° ÷ 35°.



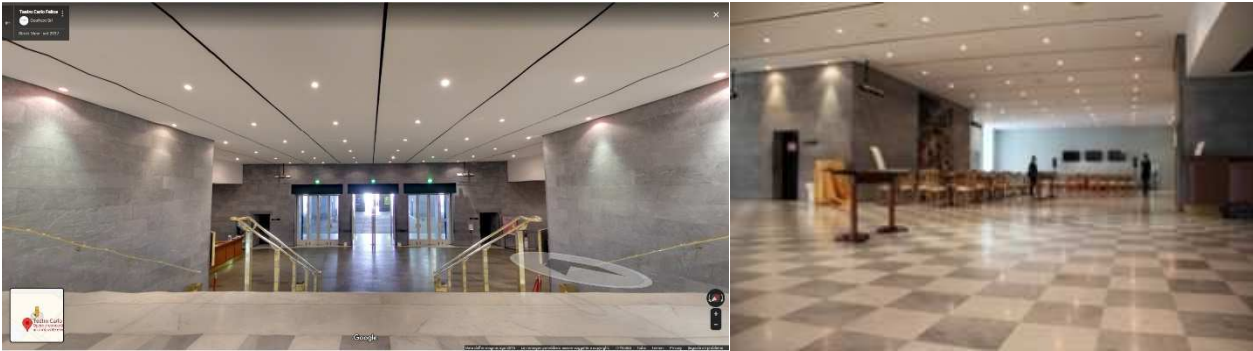
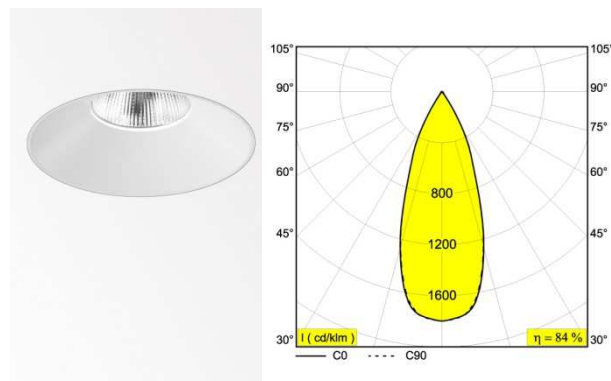


Figura 9.6 – Lampade foyer

Si decide di sostituire tali punti luce con corpi illuminanti ad incasso a LED di fattura analoga, con riflettore interno opportunamente sagomato ma anche rifinito con verniciatura a polvere epossidica con colori a scelta di committenza e D.L. tra quelli proposti che meglio si abbinino con gli interni del teatro. Il flusso luminoso emesso non è inferiore a 900 lm con potenza elettrica assorbita non superiore a 10 W e quindi l'efficienza luminosa è almeno 90 lm/W. Al fine di mantenere il più possibile inalterate le caratteristiche cromatiche della luce attuale, si opta per una temperatura di colore non superiore a 3.000 K con deviazione cromatica standard non superiore a 3 sdc.



#### 9.2.2.4 Sostituzione sorgenti luminose nei globi luminosi disegnati dall'arch. Gardella

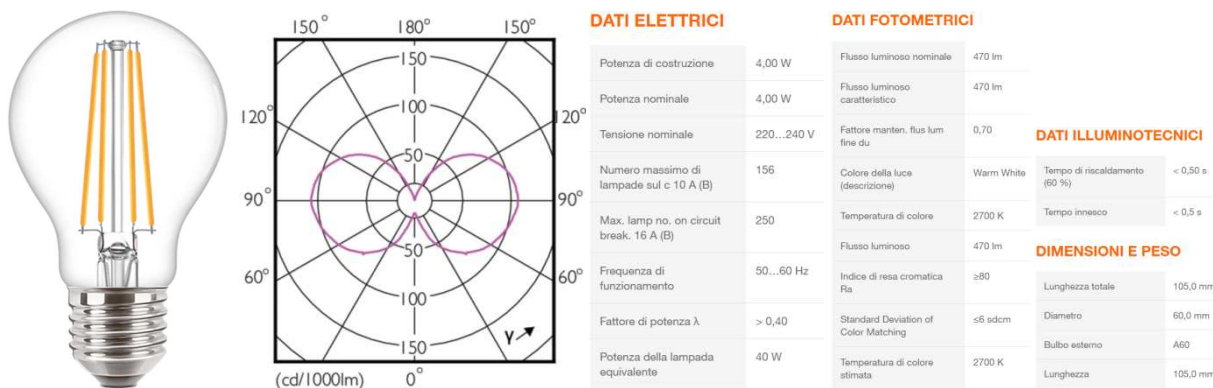
Sulle pareti di fondo, lungo il loggiato ed al centro del soffitto all'interno delle sale teatrali, nonché alle pareti perimetrali degli atrii di piano, sono installati degli apparecchi illuminanti di forma sferica in vetro soffiato ad emissione diffusa. Tali lampadari sono stati disegnati dall'arch. Ignazio Gardella appositamente per il teatro e sono quindi dei pezzi unici, non reperibili sul mercato e tutelati dalla Sovrintendenza dei Beni Culturali. Non è dunque possibile sostituirli con dispositivi equivalenti.

Tuttavia, ognuno di essi è equipaggiato con n. 3 sorgenti ad incandescenza da 40 W a fronte di un flusso luminoso complessivamente emesso di appena 1.200 lm, il che equivale ad un'efficienza luminosa non superiore a 17,50 lm/W.



Figura 9.7 – Globi luminosi disegnati dall'arch. Gardella

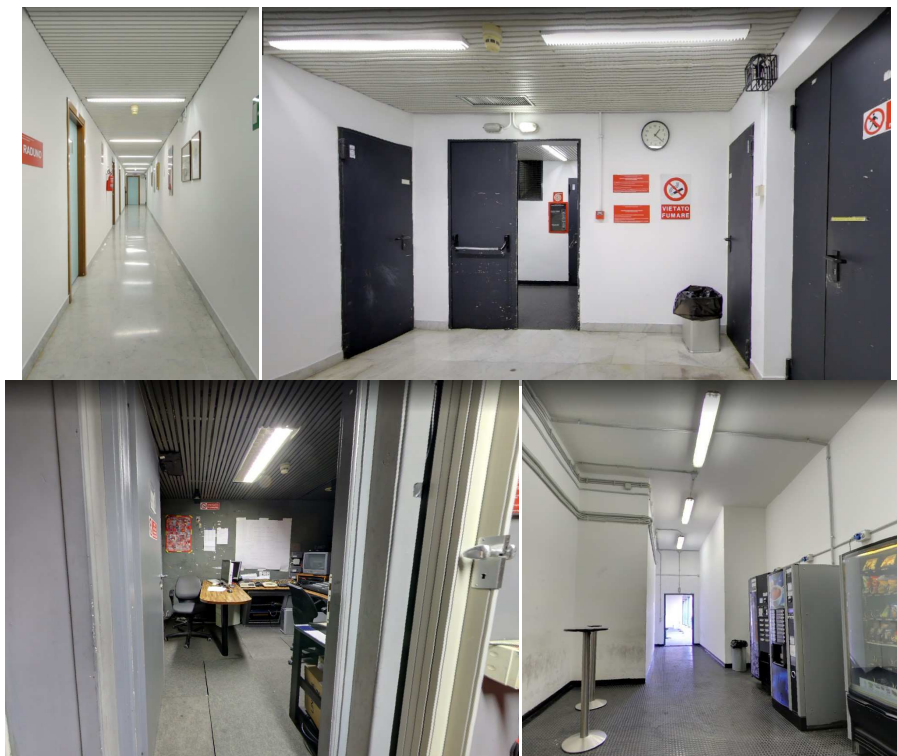
In questo caso, si propone di sostituire solamente le sorgenti luminose con lampadine professionali equivalenti con tecnologia LED a filamento in modo da mantenere inalterato sia il corpo illuminante sia la distribuzione luminosa emessa dal globo. Si opta per sorgenti che presentano forma e dimensioni uguali alla sorgente tradizionale a filamento ed emissione luminosa diffusa a 360°. I dati fotometrici sono riportati di seguito, l'efficienza luminosa non è inferiore a 115 lm/W.



### 9.2.2.5 Sostituzione corpi illuminanti equipaggiati con tubi fluorescenti

Attualmente negli spazi funzionali del teatro sono installati apparecchi lineari equipaggiati con n. 1 o 2 tubi fluorescenti, montati ad incasso nel controsoffitto a doghe ovvero a plafone sul soffitto, dotati di ottica lamellare bianca ovvero schermo opalino diffondente.





**Figura 9.8 - Ambienti operativi all'interno del teatro**

Le caratteristiche di una lampada fluorescente 1 x 36W (corridoi, spazi comuni) sono:

- Tubo fluorescente lineare T8 - Ø 26 mm
- Flusso luminoso (25°C): 2.700 lm
- Temperatura di colore: 4.000 °K

Quelle di una lampada fluorescente 1 x 18W (servizi igienici, sgabuzzini) sono:

- Tubo fluorescente lineare T8 - Ø 26 mm
- Flusso luminoso (25°C): 1.350 lm
- Temperatura di colore: 4.000 °K

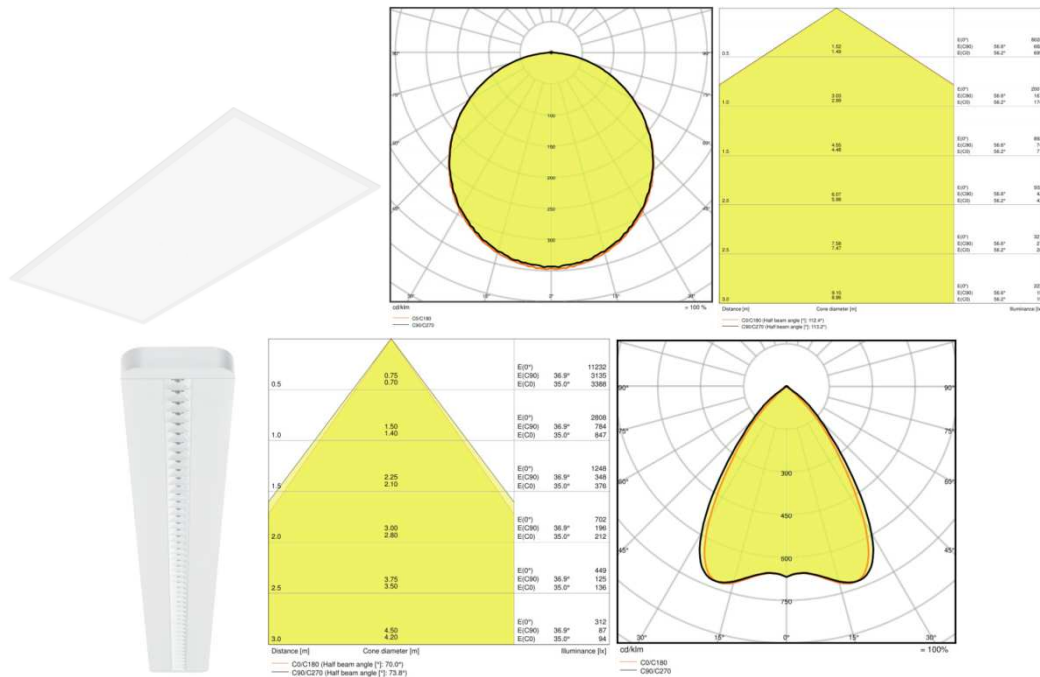
Mentre quelle di una lampada fluorescente 1 x 58W (uffici, sale regia) sono:

- Tubo fluorescente lineare T8 - Ø 26 mm
- Flusso luminoso (25°C): 5.200 lm
- Temperatura di colore: 4.000 °K

Gli apparecchi illuminanti di tale tipologia hanno rendimento ottico generalmente compreso tra il 50 % (apparecchio con schermo opalino) 70 % (ottica lamellare aperta), pertanto la resa luminosa media di tali punti luce è circa 55 lm/W.

Si decide di sostituire i punti luce con analoghi apparecchi lineari a LED, idonei all'installazione a plafone ovvero ad incasso nel controsoffitto, dotati di schermo di chiusura e protezione di

tipo opalino se sono destinati a bagni, spazi comuni o corridoi, oppure di schermo piano lenticolare a luminanza controllata se sono dedicati ad uffici e sale regia. Corpo e telaio in alluminio estruso, diffusore in polistirene ovvero lenti singole in policarbonato trasparente ad elevato controllo ottico, e fonometrie come di seguito:



La verniciatura è realizzata con polveri epossidiche previo fosfatazione e l'alimentazione CAE elettronica, DIM 1-10V o DALI è incorporata, inoltre l'apparecchio può essere dotato anche di gruppo di emergenza autoalimentato. La sorgente luminosa LED è ad emissione diretta, presenta temperatura di colore pari a 3.000 K e si richiede che la deviazione standard cromatica non sia superiore ai 3 step di Mac Adams.

**9.2.2.6 Sostituzione corpi illuminanti equipaggiati con lampade fluorescenti compatte**

In locali di servizio, quali scale di collegamento, anticamera, spogliatoi o sgabuzzini, sono installati semplici appliques ad emissione diffusa (comunemente dette "tartarughe") equipaggiate con lampade fluorescenti compatte di diversa taglia, 7 W ovvero 9 W.

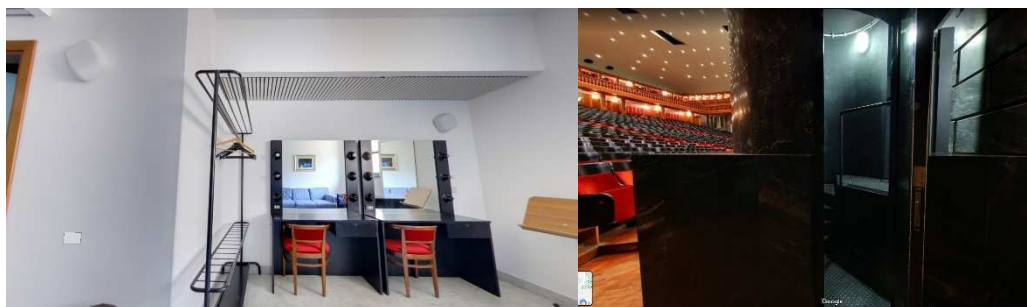
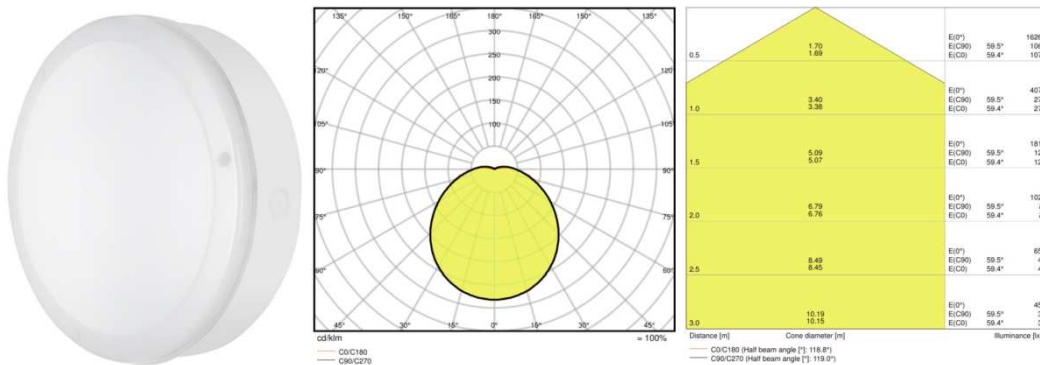


Figura 9.8 - Ambienti di servizio all'interno del teatro

Si propone di sostituire tali corpi illuminanti con dispositivi equivalenti equipaggiati a LED non tanto per ottenere un risparmio energetico, che risulta trascurabile, quanto per garantire una maggiore durata di vita dei singoli punti luce ed una migliore flessibilità di gestione.

Si prevedono apparecchi illuminanti con corpo in alluminio e diffusore in materiale plastico quale polimetilmetacrilato PMMA oppure policarbonato PC, grado di protezione pari ad almeno IP44 per limitare l'intromissione di polvere ed insetti. L'emissione della luce è di tipo diffuso con angolo di apertura pari a 120°.



Dati fotometrici

Temperatura di colore	3000 K
Flusso luminoso	800 lm
Efficienza luminosa	80 lm/W
Standard Deviation of Color Matching	<5 sdcn
Colore della luce (descrizione)	Warm White
Indice di resa cromatica Ra	>80

### 9.2.3 Stima del risparmio energetico

Il calcolo del risparmio energetico per effetto della sostituzione delle esistenti apparecchiature con corpi illuminanti a LED, come sopra descritto, è stato ottenuto dalla differenza tra i consumi energetici stimati allo stato attuale nelle condizioni di funzionamento degli impianti rilevati in campo ovvero riferiti dai tecnici di manutenzione ed i consumi prospettati dopo la sostituzione con i nuovi corpi illuminanti:

#### 9.2.3.1 Consumo energetico stato di fatto

Quantità	Descrizione	Potenza nominale [W]	Ore funzionamento annue [h/y]	Energia annua assorbita [kWh/y]
48	Proiettori con lampade alogene lineari installati nel 1° - 2° - 3° e 4° Foyer	750 W	5.760	207.360,0
64	Proiettori con lampade alogene lineari installati dietro le quinte	750 W	1.584	76.032,0

6	Proiettori con lampade alogene lineari installati in sala Paganini	300 W	320	576,0
819	Corpi illuminanti down light con lampadine alogene installati nei foyer	50 W	1.540	61.803,0
192	Lampadine ad incandescenza montate nei globi luminosi disegnate da Gardella	3 * 40 W	1.540	35.481,6
433	Corpi illuminanti con tubi fluorescenti installati nella TORRE e SALA;	2 * 58 W	1.584 (*)	107.542,4
2.025	Corpi illuminanti con tubi fluorescenti installati nella TORRE e SALA.	1x36 W	4.232 (**)	587.473,6
105	Corpi illuminanti con tubi fluorescenti installati nella TORRE e SALA	1x18 W	5.760	11.491,2
275	Apparecchi di servizio equipaggiati con lampade fluorescenti compatte (tartarughe)	9 W	8.640	21.384,0
136	Apparecchi di servizio equipaggiati con lampade fluorescenti compatte (tartarughe)	10 W	5.760 (#)	4.743,4

**TOTALE CONSUMO ENERGETICO STATO DI FATTO = 1.113.887 kWh/anno**

Note:

(\*) vi sono degli ambienti ove gli impianti sono sempre accesi quando il teatro è attivo pertanto le ore di funzionamento annue sono pari a 5.760 h/y

(\*\*) ore di funzionamento medie tra tutti gli ambienti con prevalenza di tale tipologia di apparecchio

(#) vi sono degli ambienti ove gli apparecchi sono accesi solamente durante le ore di servizio e quindi le ore di funzionamento annue sono pari a 1.584 h/y

### 9.2.3.2 Consumo energetico nuovi apparecchi a LED

Quantità	Descrizione	Nuova potenza nominale [W]	Ore funzionamento annue [h/y]	Energia annua assorbita [kWh/y]
48	Proiettori asimmetrici installati nel 1° - 2° - 3° e 4° Foyer;	81 W	2.560 (°)	8.847,36
64	Proiettori con lampade alogene lineari installati dietro le quinte	72 W	1.584	7.299,07
6	Proiettori asimmetrici installati in sala Paganini	56 W	320	107,52
819	Corpi illuminanti down light installati nei foyer	10 W	1.540	12.360,6
192	Lampadine con tecnologia LED a filamento montate nei globi luminosi disegnate da Gardella	3 * 7 W	1.540	6.209,28
433	Corpi illuminanti a plafone per gli uffici e le sale regia installati nella TORRE e SALA;	48 W	1.584 (*)	35.451,65
2.025	Corpi illuminanti ad incasso per gli ambienti comuni installati nella TORRE e SALA.	34 W	4.232 (**)	147.518,66

105	Corpi illuminanti ad incasso per i servizi igienici ed i ripostigli installati nella TORRE e SALA	12 W	2.560 (°)	3.225,6
275	Apparecchi di servizio equipaggiati con lampade fluorescenti compatte (tartarughe)	8,2 W	8.640	19.483,20
136	Apparecchi di servizio equipaggiati con lampade fluorescenti compatte (tartarughe)	18 W	2.560 (°)	4.966,85

**TOTALE CONSUMO ENERGETICO STATO DI PROGETTO = 245.470 kWh/anno**

Note:

- (\*) vi sono degli ambienti ove gli impianti sono accesi H24 pertanto le ore di funzionamento sono pari a 5.760 h/y
- (\*\*) ore di funzionamento medie tra tutti gli ambienti con prevalenza di tale tipologia di apparecchio
- (°) installazione di sensori di presenza per ridurre le ore di funzionamento annue

### 9.2.3.3 *Stima del risparmio energetico*

Quantità	Descrizione	Energia annua assorbita [kWh/y]	Nuova energia annua assorbita [kWh/y]	Risparmio Ottenuto [kWh/y]
48	Proiettori asimmetrici installati nel 1° - 2° - 3° e 4° Foyer;	207.360,0	8.847,36	198.512,6
64	Proiettori con lampade alogene lineari installati dietro le quinte	76.032,0	7.299,07	68.732,9
6	Proiettori asimmetrici installati in sala Paganini	576,0	107,52	468,5
819	Corpi illuminanti down light installati nei foyer	61.803,0	12.360,6	49.442,4
192	Lampadine con tecnologia LED a filamento montate nei globi luminosi disegnate da Gardella	35.481,6	6.209,28	29.272,3
433	Corpi illuminanti a plafone per gli uffici e le sale regia installati nella TORRE e SALA;	107.542,4	35.451,65	72.090,7
2.025	Corpi illuminanti ad incasso per gli ambienti comuni installati nella TORRE e SALA.	587.473,6	147.518,66	439.955,0
105	Corpi illuminanti ad incasso per i servizi igienici ed i ripostigli installati nella TORRE e SALA	11.491,2	3.225,6	8.265,6
275	Apparecchi di servizio equipaggiati con lampade fluorescenti compatte (tartarughe)	21.384,0	19.483,20	1.900,8
136	Apparecchi di servizio equipaggiati con lampade fluorescenti compatte (tartarughe)	4.743,4	4.966,85	-223,5

**TOTALE RISPARMIO ENERGETICO CONSEGUITO = 868.417 kWh/anno**

#### **9.2.4 Analisi economica**

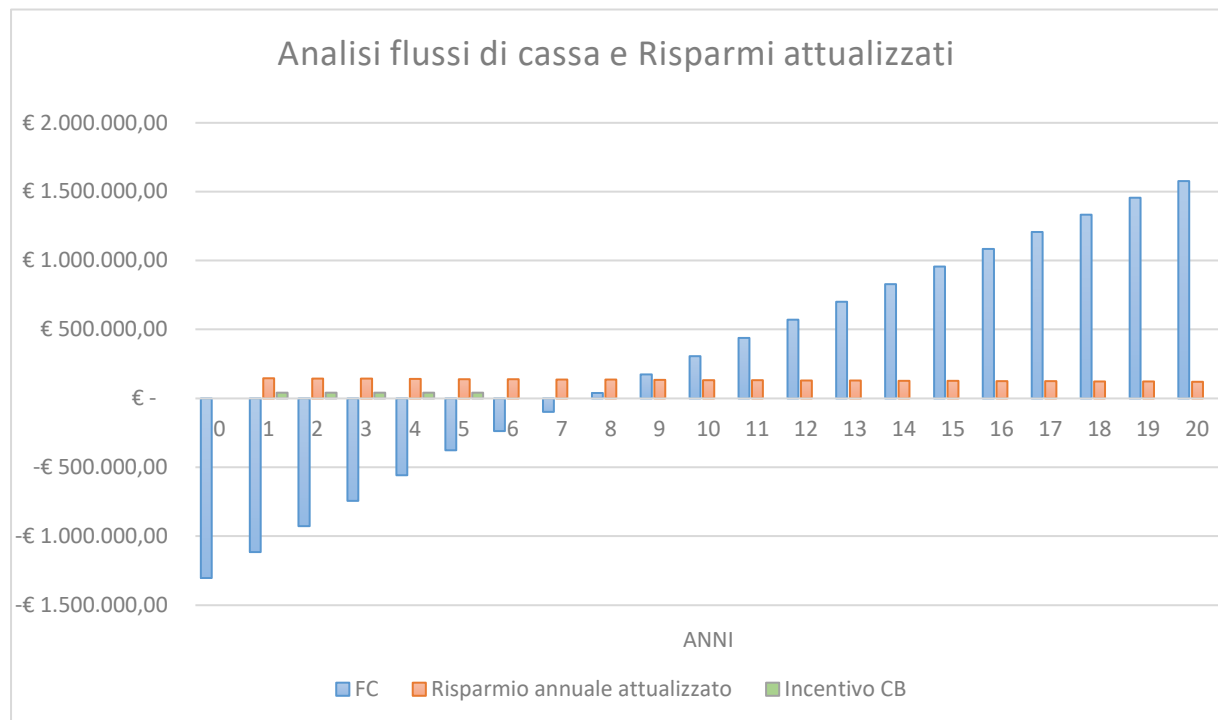
Analogamente all'intervento precedente, risulta necessario implementare un'analisi economica che dimostri la fattibilità del progetto presentato secondo la metodologia di valutazione dei flussi di cassa e del VAN (Valore Attuale Netto) economico conseguente, secondo Diagnosi Energetica e UNI EN 15459. I parametri economici e la metodologia di calcolo utilizzata sono gli stessi impiegati per l'analisi degli scenari del distretto energetico di Piazza De Ferrari, si rimanda ai capitoli specifici per la presentazione delle ipotesi effettuate e per il costo dei vettori energetici coinvolti.

Il costo di investimento individuato è stato determinato dai listini disponibili per i principali marchi di fornitura di apparecchi illuminanti al LED. Il costo del singolo punto luce considerato comprende tutto il corpo illuminante che nel caso di installazione elementi con tecnologia LED necessita di sostituzione integrale per meglio sfruttare il fascio luminoso emesso. L'investimento per la realizzazione dell'intervento proposto ammonta a 1.302.950 €. Si sottolinea come tale importo sia comprensivo di sistemi di monitoraggio del consumo energetico comunicanti con il sistema centralizzato di supervisione per la raccolta dei dati necessari alla reportistica per l'ottenimento degli incentivi.

La sostituzione dei sistemi di illuminazione privata rientra negli interventi ammissibili al meccanismo dei Certificati Bianchi, secondo quanto previsto dal Decreto 11 gennaio 2017, modificato dal D.M. 10 maggio 2018 e aggiornato dal Decreto Direttoriale del Ministero dello Sviluppo Economico del 30 aprile 2019 e dal Decreto Interministeriale del 1° luglio 2020. Secondo la simulazione energetica effettuata, l'installazione dei nuovi corpi illuminanti può portare ad un risparmio di 868.417 kWh annui. Complessivamente, si ottiene un risparmio di circa 162 tep/anno che corrispondono a 162 TEE/anno. Considerando un valore di mercato medio di 260 €/TEE, desunto dall'andamento del prezzo di vendita medio dei TEE per gli anni 2019 e 2020, è possibile ottenere un incentivo annuo di 42.222 € per un periodo di tempo di 5 anni.



Si mostrano di seguito i risultati economici ottenuti dall'implementazione dell'analisi presentata:



**Figura 9.9 - Istogramma Flussi di Cassa e Risparmi Attualizzati.**

Intervento di efficientamento energetico proposto			
<b>Tempo di ritorno semplice</b>	TRS	7,4	anni
<b>Tempo di ritorno attualizzato</b>	TRA	7,8	anni
<b>Valore attuale netto</b>	VAN	1.577.512	€
<b>Tasso interno di rendimento</b>	TIR	8,4%	%
<b>Indice di profitto</b>	IP	1,23	

**Tabella 9.3 - Indicatori economici d'investimento.**

### 9.3 Aggiornamento impianto di supervisione e regolazione

Nel complesso sistema di regolazione climatica degli impianti esistenti sono stati riscontrati numeri dispositivi di campo e attuatori malfunzionanti o guasti dovuti all'utilizzo e all'invecchiamento degli elementi stessi. In particolare, sono stati segnalati i seguenti dispositivi:

- valvole di zona dei ventilconvettori;
- valvole motorizzate e servocomandi delle serrande delle UTA.
- Sostituzione dei Processing Control Unit (PCU) per la gestione degli attuatori di campo.

L'intervento di efficientamento proposto prevede dunque la sostituzione di tale apparecchiatura che permette il ripristino di una regolazione per singolo ambiente che meglio si adatta alle reali necessità di climatizzazione degli ambienti interni e l'implementazione di una rete di controllo e monitoraggio generale per gli impianti di climatizzazione e ventilazione.

### **9.3.1 Configurazione esistente**

Gli attuali ventilconvettori presenti negli spazi interni della torre e dei locali attigui e di servizio al teatro, sono dotati di valvole di zona per la termoregolazione degli ambienti serviti. Tali organi permettono il controllo del flusso del fluido termovettore all'interno delle batterie di scambio termico. Attualmente, gli attuatori termici che comandano tali valvole sono guasti e non sono disponibili dispositivi sostitutivi compatibili con il corpo valvola. Il mal funzionamento delle valvole comporta un'erogazione incontrollata di energia per la climatizzazione che non incontra il reale bisogno degli ambienti interni, con conseguente spreco di energia.

Inoltre, sono stati rilevati non funzionanti numerose valvole motorizzate e servocomandi al servizio delle unità di trattamento aria dislocate nei vani tecnici del teatro. Anche in questo caso, non è possibile attuare una logica di regolazione che si limita all'accensione e spegnimento degli impianti di climatizzazione.

Con gara dedicata nel 2021 il comune di Genova ha appaltato la realizzazione dell'aggiornamento di una prima parte di BMS consistente nella sostituzione delle prime 2 PCU (Processing Control Unit) che gestiscono gli impianti tecnologici a piano -4. Si tratta dei due controllori che gestiscono il maggior numero di I/O.

In particolare, si è previsto:

- Fornitura e posa di un nuovo armadio contenente controllori e relative unità di I/O in sostituzione della PCU 1 compresa la sostituzione di tutte le sonde di temperatura ed umidità afferenti il presente punto di controllo
- Fornitura e posa di un nuovo armadio contenente controllori e relative unità di I/O in sostituzione della PCU 3 compresa la sostituzione di tutte le sonde di temperatura ed umidità afferenti il presente punto di controllo
- Smontaggio e demolizione degli attuali quadri di regolazione contenenti le PCU 1 e 3
- Stesura dei primi rami della rete locale dedicata alla supervisione dai due armadi fino alla control room
- Installazione in contro room di un web server a 5 porte a cui faranno capo i due nuovi armadi e che consentirà il collegamento con un PC (non compreso) da cui si potranno interrogare i sistemi con l'utilizzo di un comune browser.

### **9.3.2 Configurazione proposta**

L'intervento prevede l'aggiornamento dell'attuale impianto di regolazione e del sistema di supervisione generale del teatro Carlo Fenice in particolare:

- L'aggiornamento di una seconda parte del BMS da integrare con quanto già realizzato installando nuove PCU: n°1 a servizio della centrale frigorifera, n°1 a servizio della centrale termica e n°12 a servizio delle unità di trattamento aria;



- La fornitura di un nuovo server per la centralizzazione degli impianti di regolazione completo di software per la gestione ed integrazione degli impianti;
- La stesura dei cavi di connessione tra gli elementi in campo e le PCU;
- La stesura dei cavi tra le PCU;
- L'installazione di nuove valvole di regolazione sulle batterie delle UTA;
- L'installazione e il collegamento degli elementi in campo per il controllo delle UTA.

Oltre a quanto descritto sopra sarà prevista anche l'installazione di 2 valvole (1 circuito freddo e 1 circuito caldo) di regolazione sulle batterie dei 246 ventilconvettori a 4 tubi. Le valvole così come i ventilconvettori non saranno integrate nel sistema di supervisione.

Di seguito l'elenco delle principali apparecchiature gestite dal nuovo sistema di supervisione:

- PCU CENTRALE FRIGORIFERA
  - o 3 nuovi gruppi frigoriferi e relativi sistemi di pompaggio esistenti;
  - o 1 nuova pompa di calore e relativi sistemi nuovi di pompaggio;
  - o Pompe utenza esistenti (N°8 circuiti)
  - o 3 torri evaporative esistenti;
  - o Nuovi elementi in campo (sonde di temperatura, flussostati, misuratori di energia...) previsti nel progetto di sostituzione dei gruppi frigoriferi descritto ai capitoli precedenti
- PCU CENTRALE TERMICA
  - o 4 nuovi generatori di calore e relativi nuovi sistemi di pompaggio;
  - o Accumulo solare termico e relativo sistema di pompaggio;
  - o N°3 Serbatoi produzione acqua calda sanitaria esistenti;
  - o Pompe utenza esistenti (N°4 circuiti);
  - o Nuovi elementi in campo (sonde di temperatura, flussostati, misuratori di energia...) previsti nel progetto di sostituzione dei generatori di calore.
- PCU UTA (previsto per n°12 UTA)
  - o Allarme cumulativo;
  - o Comando valvola regolazione batteria fredda;
  - o Comando valvola regolazione batteria calda;
  - o Comando valvola regolazione batteri adi post-riscaldamento;
  - o Comando ventilatori;
  - o Comando umidificazione (se presente)
  - o Temperatura mandata;
  - o Umidità ripresa;
  - o Temperatura ripresa.

Le nuove PCU previste nel presente PFTE e le nuove PCU installate nell'appalto 2021 verranno collegate alla rete ethernet e riportate ad una nuova postazione server completa di software di gestione opportunamente ingegnerizzato.

Per il calcolo del risparmio energetico conseguibile si è considerato il consumo termico di baseline riferito al teatro Carlo Felice calcolato nel cap. 3.1.1. e si è determinato il fabbisogno di energia in ingresso al sottosistema di emissione, riferito ai soli ambienti interni serviti dai circuiti con ventilconvettori. A tale valore di energia si sono applicati i rendimenti di regolazione che assumono il valore di:

- 80% per la condizione ante intervento considerando una logica di regolazione a punto fisso;
- 98% per la condizione post intervento considerando una regolazione per singolo ambiente (come suggerito dal prospetto 20 della UNI/TS 11300:2).

La differenza tra i consumi di energia nella condizione ante e post intervento determina un risparmio di 18.550 Sm<sup>3</sup> di gas metano, corrispondente a una riduzione del 7,8% dal valore di baseline.

Con lo stesso procedimento, riferito al fabbisogno frigorifero di baseline determinato nel cap.3.3, si è determinato un risparmio di energia elettrica di 38.029 kWh, corrispondente a una diminuzione del 8,3% del consumo di baseline.

### **9.3.3 Analisi economica**

Analogamente all'intervento precedente, risulta necessario implementare un'analisi economica che dimostri la fattibilità del progetto presentato secondo la metodologia di valutazione dei flussi di cassa e del VAN (Valore Attuale Netto) economico conseguente, secondo Diagnosi Energetica e UNI EN 15459. I parametri economici e la metodologia di calcolo utilizzata sono gli stessi impiegati per l'analisi degli scenari del distretto energetico di Piazza De Ferrari, si rimanda ai capitoli specifici per la presentazione delle ipotesi effettuate e per il costo dei vettori energetici coinvolti.

Il costo di investimento stimato è pari a 340.000 € e comprende tutti gli elementi impiantistici e del sistema BMS precedentemente presentati.

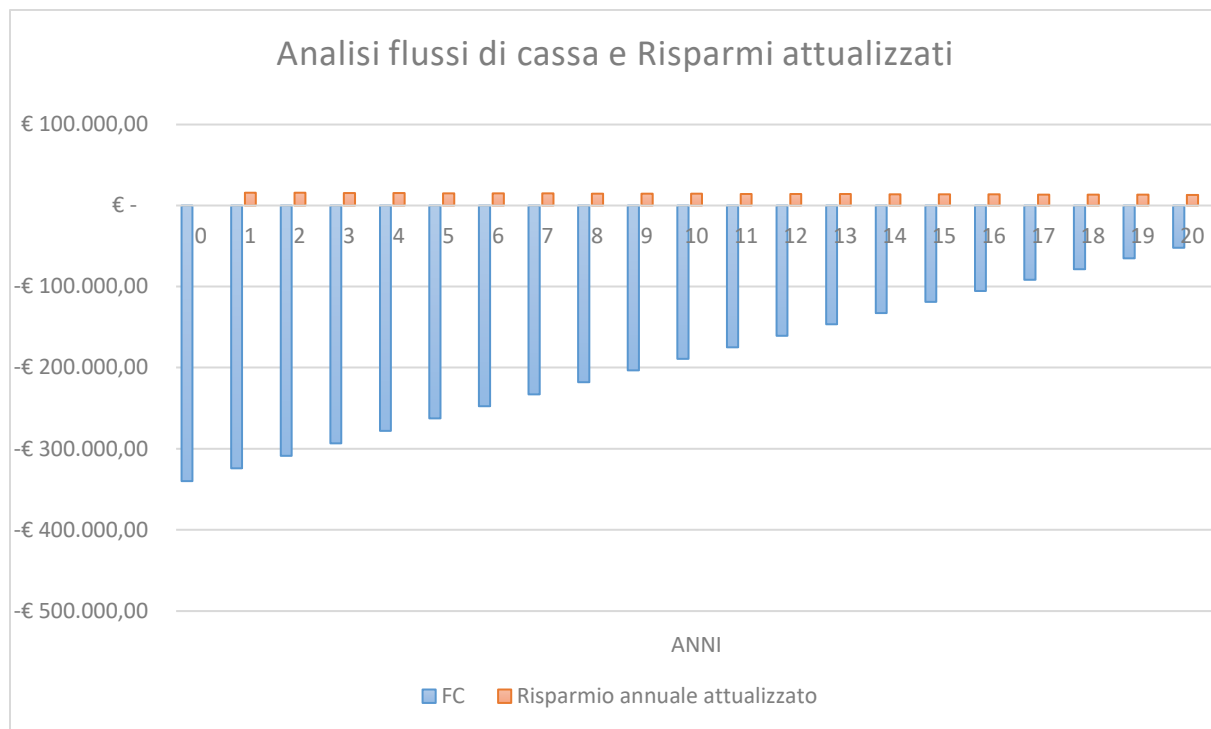


Figura 9.10 - Istogramma Flussi di Cassa e Risparmi Attualizzati.

Si mostrano di seguito i risultati economici ottenuti dall'implementazione dell'analisi presentata:

	Intervento di efficientamento energetico proposto		
<b>Tempo di ritorno semplice</b>	TRS	21,3	anni
<b>Tempo di ritorno attualizzato</b>	TRA	24,1	anni
<b>Valore attuale netto</b>	VAN	-52.049	€
<b>Tasso interno di rendimento</b>	TIR	-1,6%	%
<b>Indice di profitto</b>	IP	-0,15	

Tabella 9.4 - Indicatori economici d'investimento.

## 10. PANO ECONOMICO FINANZIARIO

### 10.1 INTRODUZIONE

Il presente paragrafo ha l'intento di simulare e valutare il Progetto di Fattibilità Tecnico-Economica del Distretto Energetico di Teleriscaldamento di Piazza De Ferrari e individuare l'operazione all'interno delle procedure tipiche della Finanza di Progetto. L'analisi secondo Piano Economico Finanziario è stata redatta in collaborazione con il PDU e Advisor Economico Finanziario del Progetto GEN-IUS. Gli importi degli interventi utilizzati per elaborare i PEF sono stati ridotti del 20% rispetto a quanto esposto nei quadri economici per allinearli ai prezzi medi di mercato così come richiesto dal Comune di Genova.

Essa nasce come tecnica finanziaria volta a rendere possibile il finanziamento di un progetto sulla base dell'autonoma valenza tecnico-economica di quest'ultimo, piuttosto che sulla capacità di indebitamento dei soggetti promotori dell'iniziativa. Si tratta, quindi, di una tecnica di finanziamento che ha come principale punto di riferimento il progetto. E' quest'ultimo, infatti, che deve generare nel tempo flussi di cassa, sufficienti a ripagare il debito contratto per il finanziamento dell'infrastruttura ed a remunerare adeguatamente il capitale azionario coinvolto. Tale analisi economico-finanziaria è stata effettuata per tutti gli scenari proposti (Scenario A, B, Abis e Bbis) e tramite due modelli di contratto:

- contratto EPC (Energy Performance Contract)
- contratto di "Futuro Gestore di Rete".

### 10.2 IL PIANO ECONOMICO FINANZIARIO

Il piano economico finanziario si qualifica:

- da un lato, come strumento di valutazione economica, attraverso la comparazione tra costi e ricavi attesi dalla realizzazione del progetto, stabilendo se lo stesso è o non è conveniente;
- dall'altro, come elemento di valutazione finanziaria, con riguardo alla capacità del progetto di servire il suo debito.

Il modello deve verificare la convenienza a realizzare il progetto, attraverso l'esame della previsione iniziale dei costi e ricavi attesi, nonché la sussistenza di margini ulteriori, se si considerano anche gli oneri relativi all'indebitamento dell'impresa.

L'analisi economica è diretta a valutare la redditività della gestione caratteristica dell'investimento. Sono messi a confronto i costi e i ricavi non finanziari del progetto, al fine di valutare la capacità dello stesso di produrre utili a prescindere dalla struttura finanziaria. Sul modello economico viene poi inserito lo studio finanziario, consistente nell'identificazione del piano di finanziamento più idoneo per l'impresa. Si giunge così a un modello economico finanziario completo che consente di determinare se i ricavi derivanti dalla gestione delle opere sono in grado di coprire integralmente i costi operativi, gli accantonamenti, gli ammortamenti, lasciando un margine per il rimborso del debito.

In linea teorica la valutazione di un progetto deriva dal confronto di un indice di redditività dell'investimento con un indice di riferimento (cut off rate), che rappresenta la redditività minima richiesta a un progetto. Al di sotto del cut off rate il progetto risulta non essere conveniente. La valutazione del progetto, inoltre, verrà fatta non solo dall'impresa proponente, ma anche dai soggetti esterni interessati, ad esempio le banche, per le quali assumerà importanza decisiva la capacità del flusso di cassa, generato dal progetto, di rimborsare anno per anno il capitale e gli interessi.

Si precisa che tutte le stime effettuate e le relative quantificazioni/presentazioni potranno essere oggetto d'integrazioni, osservazioni, aggiornamenti e/o rettifiche. Per questo motivo la disamina condotta è chiaramente in progress e propedeutica al futuro perfezionamento di accordi negoziali tra i Soggetti partecipanti, ai quali si vuole fornire un primo quadro conoscitivo utile alla prevenzione e al contenimento dei rischi connessi all'iniziativa.

Si fa presente, inoltre, che l'analisi condotta nel presente paragrafo non implica assunzioni di responsabilità o garanzia alcuna sull'esattezza dei dati, dei risultati e delle indicazioni in esso contenute. Chiunque intenda effettuare/autorizzare l'investimento in argomento avrà la responsabilità di verificare a detto fine tutte le informazioni e gli elementi in esso rappresentati, descritti o illustrati.

L'analisi economica presentata è

#### 10.1 *Il Piano Economico Finanziario: Elementi*

- Conto economico: Per ciascuno degli anni futuri oggetto del PEF, il conto economico previsionale consente la misurazione del risultato economico atteso (utile o perdita) che scaturisce dalla contrapposizione, in ciascun esercizio, dei ricavi e dei costi (previsti) dell'attività aziendale.

- Il rendiconto Finanziario: è un documento finanziario in cui una società riassume tutti i flussi di cassa che sono avvenuti in un determinato periodo. Il documento, in particolare, riassume le fonti che hanno incrementato i fondi liquidi disponibili per la società e gli impieghi che, al contrario, hanno comportato una riduzione delle stesse liquidità.

#### 10.2 *Le forme contrattuali*

Le ipotesi di sviluppo del contratto sono due:

- contratto EPC (Energy Performance Contract)
- contratto di "Futuro Gestore di Rete":

Per **contratto EPC (Energy Performance Contract o contratto di prestazione energetica)** si intende, un accordo contrattuale tra il Comune di Genova e la Società fornitrice di una misura di miglioramento dell'efficienza energetica, verificata e monitorata durante l'intera durata del contratto, dove gli investimenti (lavori e servizi) realizzati sono pagati in funzione del livello di miglioramento dell'efficienza energetica stabilito contrattualmente o di altri criteri di prestazione energetica concordati, quali i risparmi finanziari. In altri termini la Società Avrà l'onere degli investimenti (lavori e servizi) necessari per la riqualificazione degli edifici/impianti, che saranno recuperati dal livello di risparmio energetico stabilito contrattualmente.

Per **contratto Futuro Gestore di Rete**, si intende l'affidamento ad una Società della Concessione per la realizzazione e la futura gestione della rete di Teleriscaldamento (lavori e servizi) per il Distretto Energetico, con la relativa gestione energetica degli edifici e la possibilità di estendere la rete stessa ad altri edifici, sia Pubblici sia Privati, nel corso della Concessione.

Il futuro Gestore di Rete avrà l'obbligo dell'acquisto dei vettori energetici primari, della loro trasformazione e cederà poi l'energia termica ed elettrica di cui avranno necessità gli edifici ed avrà la possibilità di accedere ai benefici fiscali derivati dai risparmi energetici ottenuti. Il valore di vendita dell'energia terrà conto di tutti i costi di acquisti e di gestione della rete.

### 10.3 *Stima preliminare di tempi*

Il presente documento è stato predisposto considerando un periodo di concessione diversa a seconda della tipologia di Contratto che si andrà a definire.

Una durata di anni 20, nel caso di contratto EPC (Energy Performance Contract o contratto di prestazione energetica), una durata di 20 (o 30 anni) nel caso di contratto Futuro Gestore di Rete

Il primo anno è stimato di effettiva realizzazione, rimanenti anni di contratto sono quelli di gestione del Distretto Energetico. Tali tempistiche sono state riprese dai documenti predisposti dal comune e formano elemento fondamentale per la definizione di qualsiasi offerta. Nel presente studio si analizzeranno di seguito le attività che andranno a caratterizzare le due principali fasi del progetto.

### 10.4 *Realizzazione dell'opera*

Il Progetto, non è ancora definita attraverso un progetto definitivo, interessa gli edifici individuati dal Comune di Genova, che si affacciano su Piazza De Ferrari, per i quali si prevede la costituzione di un distretto energetico e la connessione ad una rete di teleriscaldamento alimentata da una Centrale Termica comune.

Gli edifici coinvolti nelle analisi economiche finanziarie secondo PEF sono:

- Teatro "Carlo Felice"
- Palazzo Ducale
- Accademia Ligustica di Belle Arti
- Cassa di Risparmio di Genova e Imperia
- Palazzo di Giustizia

I valori di investimento delle singole simulazioni effettuate trovano giustificazione nel documento di Quadro economico denominato "20135xSF\_GQE"

La fase di realizzo delle opere è stata stimata considerando il completamento di tutte le fasi antecedenti imputabili all'ente pubblico. Con questo s'intende la previsione del periodo definito dal comune per l'approvazione e la pubblicazione del bando di gara, i giorni in cui quest'ultimo dovrà rimanere a consultazione del pubblico, il ricevimento delle offerte e, in fine, l'espletamento della gara.

Nominato l'aggiudicatario, quest'ultimo avrà un periodo approssimativo di 12 mesi in cui terminare la fase di progettazione definitiva e realizzare l'opera.

Si è poi proceduto all'integrazione dei costi di realizzo attraverso la stima di ulteriori voci di costo, considerate indispensabili all'avvio dell'attività in oggetto. Si tratta infatti di:

- Costi di gestione;
- Costi d'impianto riferiti a spese di consulenza varia.

Tra gli impieghi previsti nella fase di costruzione dell'opera si prevedono anche interessi di preammortamento calcolati sulle linee di finanziamento durante tutta la durata dei lavori. Tali interessi saranno poi capitalizzati e portati in aumento del valore dei costi di realizzo a stato patrimoniale. T.

Sono stati anche considerati i ricavi dovuti alle agevolazioni fiscali ed agli incentivi Conto Termico e Certificati Bianchi dove ottenibili.

#### 10.5 *Ammortamento*

Nel piano si procede all'ammortamento delle spese descritte nel paragrafo "Realizzo dell'opera" secondo le seguenti condizioni:

- Costo realizzo opere: ammortizzati in 10 anni. Il valore ammortizzato è stato ricavato aggiungendo ai costi di realizzo gli interessi capitalizzati e sottraendo dall'importo risultante il valore del contributo.

In ogni scheda di PEF è facilmente identificabile il valore dell'ammortamento delle opere previsto

#### 10.6 *Composizione dei ricavi*

La composizione della struttura dei ricavi rispecchia il ventaglio di servizi analizzato in precedenza nella "Introduzione". Per la stima dei ricavi attesi durante la fase di gestione operativa occorre definire la tipologia di contratto con cui si vuole operare prestazione assistenziale erogata:

- contratto EPC: la struttura prevederà un ricavo legato ai risparmi attesi, un ricavo legato alla componente di Gestione del Distretto (Componente Operations & Maintenance), una componente legata agli incentivi per il risparmio energetico per una **durata di 10 anni**;

- contratto Futuro Gestore di Rete: la struttura prevederà un ricavo legato alla Vendita di energia (termica ed elettrica) comprensiva dei costi di gestione e manutenzione della rete ed una componente legata agli incentivi per il risparmio energetico per una **durata di 7 anni**. L'importo del corrispettivo Euro/MWh è stato valutato in ragione dei costi di esercizio ed investimento e, nel caso dell'impianto geotermico, un credito di imposta di cui all'articolo 8, comma 10, lettera f) della legge n. 448/1998 e s.m.i.

Gli elementi sopra riportati esprimono le assumption valutate per la stesura dei ricavi di gestione prima esposti. Tali voci di ricavo sono già inserite nel piano attualizzate secondo gli indici ISTAT stimati.

## 10.7 *Struttura dei costi*

### **10.7.1 *Costi di gestione***

I valori di seguito espressi sono frutto di valutazioni e simulazioni condotte attraverso lo studio di case history riconducibili a progetti in precedenza affrontati dallo studio, o prodotti appositamente da società specializzate. I dati qui contenuti rappresentano le voci di spesa sostenute per la gestione e la manutenzione della rete. Nel caso del Contratto di Futuro Gestione Rete sono stati considerati anche i costi di approvvigionamento dei vettori energetici.

L'elemento di maggior importanza all'interno delle voci di costo è l'appalto del servizio del personale. Il suo ammontare è il risultato di una stima condotta mediante l'analisi dell'attuale situazione di mercato e delle offerte proposte dalle cooperative sociali che occupano tale settore. Elemento cardine in tale valutazione è la definizione del fabbisogno assistenziale riconosciuto dall'attuale normativa vigente e dagli standard qualitativi perseguiti dalla società di gestione.

Tra i costi di gestione sono state inseriti anche i costi per le Fidejussioni necessarie, i costi amministrativi di gestione del contratto, i costi delle assicurazioni ed una voce altri costi che riassume i costi generici annuali.

### **10.7.2 *Costi per Manutenzioni***

Si prevedono le seguenti voci di costo:

- **Manutenzioni ordinarie:** interventi edilizi che riguardano le opere di riparazione, rinnovamento e sostituzione delle finiture degli edifici e quelle necessarie ad integrare o mantenere in efficienza gli impianti tecnologici esistenti.
- **Manutenzioni straordinarie:** opere e le modifiche necessarie per rinnovare e sostituire parti anche strutturali degli edifici.

### **10.7.3 *Indicizzazione***

Tutte le voci di costo esposte nei vari punti del paragrafo 9 sono state assoggettate ad indicizzazione al fine di permettere la proiezione dei valori in ottica proiettiva. L'unica voce di costo che non è soggetta a tali variazioni è la spesa prevista per manutenzione straordinaria.

## 10.8 *Imposte*

Le imposte vigenti sono l'IRES (imposta sul reddito delle società) e l'IRAP (imposta regionale sulle attività produttive). L'IRES è stata calcolata applicando un'aliquota del 24% sul reddito imponibile ai fini della suddetta tassazione (utile ante imposte da C.E) come previsto dalla normativa fiscale, con riporto delle perdite iniziali. I fogli imposte del piano, mostra la stima di quest'ultima a seguito delle opportune variazioni fiscali in aumento e in diminuzione. L'IRAP della NewCo è stata applicata calcolando un'aliquota del 3,5% sul margine operativo netto. Anche in questo caso, nel foglio imposte del piano economico finanziario, è possibile conoscere le variazioni prese in considerazione per il calcolo della base imponibile.



### 10.9 Conclusioni

Dopo aver analizzato gli elementi del presente Studio si procede con la descrizione dei risultati economici e finanziari dell'operazione. Nelle seguenti tabelle sono evidenziati i risultati di ogni scenario:

Elaborazioni modello tipo "EPC"			
Configurazione impiantistica	Generatori a condensazione	Configurazione impiantistica	Combinato
Scenario	AGC	Scenario	A IC
VAN	-€ 92.959,74	VAN	-€ 748.485,35
Tir	-0,99%	Tir	-13,18%
TIRM (REND EFFETTIVO)	1,47%	TIRM (REND EFFETTIVO)	-4,41%
Durata temporale	20 anni	Durata temporale	20 anni
Configurazione impiantistica	Generatori a condensazione	Configurazione impiantistica	Combinato
Scenario	B GC	Scenario	B IC
VAN	-€ 132.950,11	VAN	-€ 818.672,23
Tir	1,42%	Tir	-5,43%
TIRM (REND EFFETTIVO)	2,52%	TIRM (REND EFFETTIVO)	-0,90%
Durata temporale	20 anni	Durata temporale	20 anni
Configurazione impiantistica	Generatori a condensazione	Configurazione impiantistica	Combinato
Scenario	A BIS, GC	Scenario	A BIS, IC
VAN	€ 360.558,44	VAN	-€ 186.470,32
Tir	6,57%	Tir	2,24%
TIRM (REND EFFETTIVO)	4,95%	TIRM (REND EFFETTIVO)	2,89%
Durata temporale	15 anni	Durata temporale	15 anni
Configurazione impiantistica	Generatori a condensazione	Configurazione impiantistica	Combinato
Scenario	B BIS, GC	Scenario	B BIS, IC
VAN	€ 260.896,24	VAN	-€ 330.863,76
Tir	5,25%	Tir	1,64%
TIRM (REND EFFETTIVO)	4,34%	TIRM (REND EFFETTIVO)	2,59%
Durata temporale	15 anni	Durata temporale	15 anni

Tabella 10.1 – Risultati analisi economica PEF contratto EPC

**Tabella 10.2 – Risultati analisi economica PEF contratto “gestore di rete”**

Elaborazioni modello tipo "futuro gestore di rete"			
Configurazione impiantistica	Generatori a condensazione	Configurazione impiantistica	Combinato
Scenario	A GC	Scenario	A IC
VAN	-€ 165.310,98	VAN	-€ 727.585,29
Tir	-3,89%	Tir	-10,49%
TIRM (REND EFFETTIVO)	-0,16%	TIRM (REND EFFETTIVO)	-3,41%
Durata temporale	20 anni	Durata temporale	20 anni
Configurazione impiantistica	Generatori a condensazione	Configurazione impiantistica	Combinato
Scenario	B GC	Scenario	B IC
VAN	€ 468.578,42	VAN	€ 1.268.441,61
Tir	9,05%	Tir	10,36%
TIRM (REND EFFETTIVO)	5,90%	TIRM (REND EFFETTIVO)	6,03%
Durata temporale	20 anni	Durata temporale	30 anni
Configurazione impiantistica	Generatori a condensazione	Configurazione impiantistica	Combinato
Scenario	A B15 GC	Scenario	A B15 IC
VAN	€ 370.974,83	VAN	-€ 128.848,91
Tir	6,59%	Tir	2,66%
TIRM (REND EFFETTIVO)	4,58%	TIRM (REND EFFETTIVO)	3,19%
Durata temporale	20 anni e 15 anni	Durata temporale	20 anni e 15 anni
Configurazione impiantistica	Generatori a condensazione	Configurazione impiantistica	Combinato
Scenario	B B15 GC	Scenario	B B15 IC
VAN	€ 953.834,74	VAN	€ 1.749.400,48
Tir	8,70%	Tir	9,54%
TIRM (REND EFFETTIVO)	5,46%	TIRM (REND EFFETTIVO)	5,34%
Durata temporale	20 anni e 15 anni	Durata temporale	30 anni e 15 anni

### 10.10 Andamento della gestione

I risultati dell'operazione sono complessivamente positivi solo per il contratto come Futuro gestore di Rete.

Con questa tipologia di contratto si evidenziano positivi i risultati per entrambe le configurazioni impiantistiche anche se quella con l'impianto combinato da una garanzia maggiore sul lungo periodo. Nella tabella sottostante è riportata le sintesi delle soluzioni positive.

Dopo aver superato l'ostacolo iniziale rappresentato dalla percentuale di copertura, volutamente prudenziale, i dati economici e finanziari sono soddisfacenti. L'operazione permette la creazione di liquidità e il sostenimento di tutti gli oneri previsti. Si evidenziano durante la fase di gestione alcune oscillazioni dovute al sostenimento delle manutenzioni straordinarie. Tali oscillazioni non compromettono comunque la liquidità, grazie alla creazione di appositi fondi monetari prima citati.

Nell'analisi dei risultati dell'operazione d'investimento presentata si riportano di seguito gli indici di rendimento della medesima:

- **TIR (Tasso Interno di Rendimento):**

Indice di redditività finanziaria di un flusso monetario. Rappresenta il tasso composto annuale di ritorno effettivo che l'investimento genera. Nel calcolo del tasso non si è considerata l'erogazione del contributo. Tale scelta ha portato a inserire tra i flussi negativi impiegati nella realizzazione anche

il valore coperto da contributo. La scelta è sostenuta dalla volontà di registrare il tasso di rendimento reale dell'operazione a parità di fonte di finanziamento.

• **VAN (Valore Attuale Netto):**

Detto anche “risultato economico attualizzato” (REA) e, in inglese, del net present value (NPV), è il criterio di valutazione basato sulla differenza tra valore attuale di tutte le previsioni di flussi positivi e quello di tutte le previsioni di flussi negativi, ossia sul valore attuale del cash flow netto originato dal progetto. Anche in questo caso, a influire nel calcolo, vi è la presenza dei flussi altrimenti finanziati dal contributo. Tale valore ci fa comprendere che qualora questo fosse considerato l'operazione darebbe risultati di rendimento notevolmente elevati.

**Tabella 10.3 - Indicatori economici d'investimento**

<b>Configurazione impiantistica</b>	<b>Scenario</b>	<b>VAN</b>	<b>TIR</b>	<b>TRIM</b>	<b>Anni Durata concessione</b>
Generatori a condensazione	B <sub>BIS,GC</sub>	€ 953.834,74	8,70%	5,46%	20
Impianto combinato	B <sub>BIS,IC</sub>	€ 1.749.400,48	9,54%	5,34%	30

## 12. CONCLUSIONI

### 12.1 *Riassunto delle scelte tecniche*

La costituzione di un distretto energetico attorno a piazza De Ferrari ha richiesto l'individuazione di diverse soluzioni impiantistiche sviluppate per i diversi scenari.

Per quanto riguarda lo Scenario A, che analizza il profilo di consumo termico del Teatro "Carlo Felice", del Palazzo Ducale e dell'Accademia Ligustica di Belle Arti, si sono sviluppate le seguenti configurazioni impiantistiche:

- **Generatori di calore a condensazione ( $A_{GC}$ )** con potenza termica nominale di 800 kW per la copertura del fabbisogno termico del teatro e dell'edificio accademico. La sostituzione dei generatori vetusti del "Carlo Felice" permette la costruzione di una rete di teleriscaldamento per l'alimentazione dei due edifici.
- **Pompa di calore geotermica acqua/acqua ( $A_{PdC}$ )** con potenzialità termica di 800 kW. Tuttavia, la semplice presenza di acqua non è tuttavia sinonimo di presenza di una falda idrica continua verticalmente e orizzontalmente con una portata significativa. L'ulteriore sviluppo del progetto non potrà prescindere quindi da uno specifico studio geologico-idrogeologico, ed in fase di progettazione dalla realizzazione di indagini dirette e di opere pilota.
- **Pompa di calore ad acqua che sfrutta la portata di ventilazione di estrazione dalla metro** sottostante a piazza de Ferrari per produrre acqua calda ad alta temperatura per il servizio di riscaldamento. Le potenzialità individuate sono di 800 kW termici.
- **Impianto combinato ( $A_{IC}$ )** costituito da generatori di calore a condensazione e pompa di calore ad alta temperatura.

Per quanto riguarda lo Scenario B, che analizza il profilo di consumo termico degli edifici dello scenario precedente e della Cassa di Risparmio di Genova e Imperia, si è deciso di sviluppare le soluzioni migliori tra quelle analizzate in precedenza. Pertanto, si sono individuati n°4 **generatori di calore a condensazione ( $B_{GC}$ )** di potenza utile di 1.700 kW che sostituiscono i generatori vetusti del teatro e costituiscono la generazione della rete di teleriscaldamento estesa a edifici privati. Per la seconda simulazione si è **combinato tale impianto alla pompa di calore ad alta temperatura ( $B_{IC}$ )** per la copertura del fabbisogno di base del distretto individuato.

### 12.2 *Riassunto dei consumi energetici e dei risultati ottenibili in termini di efficienza energetica*

Lo sviluppo dello Scenario A con le tre diverse soluzioni impiantistiche individuate ha portato ai seguenti risultati:

- I nuovi generatori di calore ( $A_{GC}$ ) assicurano un risparmio di gas metano pari a 42.975 Sm<sup>3</sup> che corrispondono a 36 tep/anno.

- la pompa di calore ad acqua ( $A_{PdC}$ ) permette la riduzione dei consumi di 252.836 Sm<sup>3</sup> di gas naturale durante il periodo di riscaldamento, con un aumento dei consumi elettrici di 705.914 kWh e un risparmio di 104.530 Sm<sup>3</sup> durante la stagione invernale, con il corrispettivo aumento di consumo di energia elettrica di 336.510 kWh. Il risparmio totale ammonta a 104 tep/anno.
- L'impianto combinato ( $A_{IC}$ ) porta a un risparmio di 210.788 Sm<sup>3</sup> con un aumento di consumi elettrici di 523.152 kWh. Il risparmio totale ammonta a 78 tep/anno.

Lo sviluppo delle configurazioni impiantistiche per lo Scenario B ha determinato:

- per la sostituzione dei generatori di calore ( $B_{GC}$ ) un risparmio di 106.593 l di gasolio, con un aumento di consumo di gas metano pari a 57.200 Sm<sup>3</sup>, per un totale di 44 tep/anno risparmiati.
- per l'installazione dell'impianto combinato ( $B_{IC}$ ) un risparmio di 106.593 l di gasolio, di 80.706 Sm<sup>3</sup> di gas metano, con un aumento di assorbimento elettrico di 648.316 kWh, per un totale di 100 tep/anno.

### 12.3 Risultati dell'analisi economica secondo PEF

I risultati dell'operazione sono complessivamente positivi solo per il contratto come Futuro gestore di Rete. Con questa tipologia di contratto si evidenziano positivi i risultati per entrambe le configurazioni impiantistiche anche se quella con l'impianto combinato da una garanzia maggiore sul lungo periodo. Nella tabella sottostante è riportata le sintesi delle soluzioni positive:

**Tabella 12.1 - Indicatori economici d'investimento**

Configurazione impiantistica	Scenario	VAN	TIR	TRIM	Anni Durata concessione
Generatori a condensazione	$B_{BIS,GC}$	€ 953.834,74	8,70%	5,46%	20
Impianto combinato	$B_{BIS,IC}$	€ 1.749.400,48	9,54%	5,34%	30

Dopo aver superato l'ostacolo iniziale rappresentato dalla percentuale di copertura, volutamente prudentiale, i dati economici e finanziari sono soddisfacenti. L'operazione permette la creazione di liquidità e il sostenimento di tutti gli oneri previsti. Si evidenziano durante la fase di gestione alcune oscillazioni dovute al sostenimento delle manutenzioni straordinarie. Tali oscillazioni non compromettono comunque la liquidità, grazie alla creazione di appositi fondi monetari prima citati.

### 12.4 Conclusioni e commenti

Analizzate le richieste della committenza si conclude che:

- per quanto riguarda la scelta di installare un cogeneratore, tale opzione è possibile in caso di riattivazione dei servizi del Diurno. La potenza individuata dai profili teorici di consumo termico e dall'assorbimento elettrico del sistema di pompaggio della fontana potrebbero assicurare un numero di ore di accensione del sistema cogenerativo congruo per lo sfruttamento di tale tecnologia.
- Per quanto riguarda l'installazione di una pompa di calore ad alta temperatura ad acqua di falda, la simulazione energetica condotta dimostra un risparmio energetico che si traduce in un beneficio in termini ambientali. A fronte di ciò, l'intervento non risulta sostenibile dal punto di vista economico in quanto rientrerebbe in 108 anni (TRS). L'intervento di efficienza energetica è da prendersi in considerazione soltanto se l'obiettivo della pubblica amministrazione è quello di scegliere una tecnologia a ridotto impatto ambientale, senza tenere conto della convenienza economica.
- Per quanto riguarda il possibile sviluppo futuro della rete di Teleriscaldamento di Piazza de Ferrari, si è individuato una potenza massima installabile di n°4 generatori di calore a condensazione ognuno dei quali di potenza nominale pari a 2.500 kW termici. Il limite individuato dipende dalle dimensioni delle apparecchiature nei confronti della Centrale termica.
- L'analisi economica secondo PEF ha dimostrato che il modello contrattuale migliore dal punto di vista finanziario risulta essere "Futuro Gestore di rete" applicato allo Scenario B<sub>BIS</sub> sviluppato con entrambe le configurazioni impiantistiche proposte (B<sub>BIS,GC</sub> e B<sub>BIS,IC</sub>).