

PAN - Palazzo delle Arti di Napoli

Edificio 920

Via DEI MILLE, 60 (Na)

RAPPORTO DI DIAGNOSI ENERGETICA

PON METRO 2014 - 2020



Novembre 2018

COMUNE DI NAPOLI



PAN - Palazzo delle Arti di Napoli

Edificio 920

Via dei Mille, 60

RAPPORTO DI DIAGNOSI ENERGETICA

PROGETTO PON METRO 2014 - 2020

Novembre 2018

COMUNE DI NAPOLI

Comune di Napoli – Servizio Progettazione, Realizzazione e Manutenzione patrimonio comunale
Piazza Francese 1-3 – cap 80133 Napoli;
tel. 081.7957610– 081.7957653. Sito internet: www.comune.napoli.it

eFM SpA

Via Laurentina, 455 - 00142 Roma

Tel 06 5400064 – efm@efmnet.com

INDICE

	PAGINA
LEGENDA ACRONIMI E SIGLE.....	1
EXECUTIVE SUMMARY	2
1. INTRODUZIONE	4
1.1 RIFERIMENTO E CONTATTI AUDITOR E PERSONALE COINVOLTO.....	4
1.2 IDENTIFICAZIONE DEL COMPLESSO EDILIZIO.....	4
1.3 METODOLOGIA DI LAVORO	5
1.4 STRUTTURA DEL REPORT	8
2 DATI DELL'EDIFICIO.....	9
2.1 INFORMAZIONI SUL SITO	9
2.2 INQUADRAMENTO TERRITORIALE, SOCIO-ECONOMICO E DESTINAZIONE D'USO	9
2.3 VERIFICA DEI VINCOLI INTERFERENTI SULLE PARTI DELL'IMMOBILE INTERESSATE DAGLI 'INTERVENTI.....	11
2.4 MODALITÀ DI GESTIONE E MANUTENZIONE DI EDIFICI ED IMPIANTO.....	13
3 DATI CLIMATICI	15
3.1 DATI CLIMATICI DI RIFERIMENTO.....	15
3.2 DATI CLIMATICI REALI.....	16
3.3 ANALISI DELL'ANDAMENTO DEI DATI CLIMATICI E PROFILI ANNUALI DEI GRADI GIORNO	16
4 AUDIT EDIFICIO E IMPIANTI ELETTRICI E MECCANICI	18
4.1 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE DELL'INVOLUCRO EDILIZIO.....	18
4.1.1 <i>Involucro opaco</i>	18
4.1.2 <i>Involucro trasparente</i>	19
4.2 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO DI RISCALDAMENTO/ CLIMATIZZAZIONE INVERNALE.....	20
4.3 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO PRODUZIONE ACQUA CALDA SANITARIA	23
4.4 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO DI RAFFRESCAMENTO/CLIMATIZZAZIONE ESTIVA	23
4.5 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO DI VENTILAZIONE MECCANICA	24
4.6 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO ELETTRICO E PRINCIPALI UTENZE ELETTRICHE	24
4.7 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO ILLUMINAZIONE	25
4.8 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE DI IMPIANTI DI PRODUZIONE ENERGIA ELETTRICA O COGENERAZIONE	25
5 CONSUMI RILEVATI	26
5.1 CONSUMI ENERGETICI STORICI PER CIASCUN VETTORE E CONNESSIONE ALLE RETI GAS NATURALE ED ELETTRICA.....	26
<i>Energia termica</i>	26
<i>Energia elettrica</i>	28
5.2 INDICATORI DI PERFORMANCE ENERGETICI ED AMBIENTALI	31
6 MODELLO DEL FABBISOGNO ENERGETICO.....	34
6.1 METODOLOGIA DI CALCOLO ADOTTATA E VALIDAZIONE DEI MODELLI DI CALCOLO	34
6.1.1 <i>Validazione del modello termico</i>	35
6.1.2 <i>Validazione del modello elettrico</i>	36
6.2 FABBISOGNI ENERGETICI E PROFILI ANNUALI.....	37
7 ANALISI DEI COSTI PRE-INTERVENTO.....	38
7.1 COSTI RELATIVI ALLA FORNITURA DEI VETTORI ENERGETICI	38
7.1.1 <i>Vettore termico</i>	38

7.1.2	Vettore elettrico.....	38
7.2	STIMA DEI COSTI DI GESTIONE E MANUTENZIONE DI EDIFICIO ED IMPIANTI.....	39
7.3	TARIFE E PREZZI VETTORI ENERGETICI UTILIZZATI NELL'ANALISI.....	42
7.4	BASELINE DEI COSTI.....	42
8	IDENTIFICAZIONE DELLE MISURE DI EFFICIENZA ENERGETICA	44
8.1	ELENCO, DESCRIZIONE, FATTIBILITÀ, PRESTAZIONI E COSTI-BENEFICI DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI.....	44
8.2	INTERVENTI PROPOSTI.....	50
	<i>EEM1: Installazione di illuminazione LED.....</i>	<i>50</i>
	<i>EEM2: Installazione di sensoristica per la regolazione dell'illuminazione</i>	<i>51</i>
	<i>EEM3: Sostituzione gruppo frigo in pompe di calore</i>	<i>52</i>
8.3	COMBINAZIONI DI INTERVENTI FATTIBILI E CLASSI ENERGETICHE RAGGIUNGIBILI.....	54
9	VALUTAZIONE ECONOMICO-FINANZIARIA.....	55
9.1	ANALISI DEI COSTI DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI CONSIDERATI FATTIBILI.....	55
	<i>EEM1: Installazione di illuminazione LED.....</i>	<i>55</i>
	<i>EEM2: Installazione di sensoristica per la regolazione dell'illuminazione</i>	<i>56</i>
	<i>EEM3: Sostituzione gruppo frigo in pompe di calore</i>	<i>56</i>
9.2	ANALISI DI CONVENIENZA DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI CONSIDERATI FATTIBILI.....	58
	<i>EEM1: Installazione illuminazione LED</i>	<i>60</i>
	<i>EEM2: Installazione di sensoristica per la regolazione dell'illuminazione</i>	<i>61</i>
	<i>EEM3: Sostituzione gruppo frigo in pompe di calore</i>	<i>62</i>
	<i>Sintesi.....</i>	<i>63</i>
9.3	IDENTIFICAZIONE DELLE SOLUZIONI INTEGRATE D'INTERVENTO E SCENARI D'INVESTIMENTO.....	63
	<i>Scenario A: Installazione lampade LED e Sostituzione gruppo frigo in pompe di calore</i>	<i>64</i>
	<i>Scenario B: Scenario A + sensori per l'illuminazione</i>	<i>67</i>
10	CONCLUSIONI	70
10.1	RIASSUNTO DEGLI INDICI DI PERFORMANCE ENERGETICA	70
10.2	RIASSUNTO DEGLI SCENARI DI INVESTIMENTO E DEI PRINCIPALI RISULTATI	70

LEGENDA ACRONIMI E SIGLE

ACS	Acqua Calda Sanitaria
APE	Attestato di Prestazione Energetica
Cu	Costo Unitario
DE	Diagnosi Energetica
EEM	Energy Efficiency Measure - intervento di efficienza energetica
GG	Gradi Giorno
GSE	Gestore dei Servizi Energetici
GT	Generatore Termico
O&M	Operation and Maintenance
OPEX	Operating Expense - Spese operative
PRG	Piano Regolatore Generale
SCN	Scenario
UTA	Unità Trattamento Aria
ZT	Zona Termica

EXECUTIVE SUMMARY

Caratteristiche dell'edificio oggetto della DE

Tabella 0.1 - Tabella riepilogativa dei dati dell'edificio

PARAMENTO	U.M.	VALORE
codice/ nome edificio		920 / PAN -PALAZZO DELLE ARTI
indirizzo		VIA DEI MILLE, 60
data sopralluogo		27-lug-2018
Anno di costruzione edificio		1700
Anno di ristrutturazione		1984
Zona climatica		[C]
Destinazione d'uso		[E.4.2 (Museo)]
Superficie utile riscaldata	[m ²]	[4.159]
Superficie disperdente (S)	[m ²]	[6.694]
Volume lordo riscaldato (V)	[m ³]	[21.553]
Rapporto S/V	[1/m]	[0.31]
Superficie netta aree interne (scaldate e non scaldate)	[m ²]	[6.016]
Tipologia generatore riscaldamento		[Pompa di calore]
Potenza totale impianto riscaldamento	[kW]	[400]
Potenza totale impianto raffrescamento	[kW]	[364]
Tipo di combustibile		[Energia Elettrica]
Tipologia generatore Acqua Calda sanitaria (ACS)		[Boiler Elettrici]
Emissioni CO2 di riferimento	[t/anno]	[211,36]
Consumo di riferimento Gas Metano	[kWh _{th} /anno]	[0]
Spesa annuale Gas Metano	[€/anno]	[0]
Consumo di riferimento energia elettrica	[kWh _{el} /anno]	452.596
Spesa annuale energia elettrica (stimata)	[€/anno]	90.067

Descrizione delle Misure di efficienza energetica proposte:

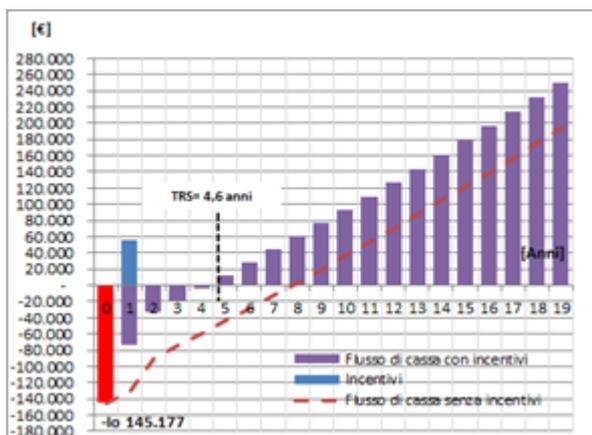
- EEM 1: Installazione di illuminazione LED
- EEM 2: Installazione di sensoristica per la regolazione dell'illuminazione
- EEM 3: sostituzione pompe di calore

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

	CON INCENTIVI											
	%Δ _E	%Δ _{CO2}	ΔC _E	ΔC _{MO}	ΔC _{MS}	I ₀	TRS	TRA	n	VAN	TIR	IP
	[%]	[%]	[€/anno]	[€/anno]	[€/anno]	[€]	[anni]	[anni]	[anni]	[€]	[%]	[-]
EEM 1	10%	12%	9.341 €	0 €	0 €	33.912 €	1,96	2,56	8	32.901 €	33%	0,97
EEM 2	4%	5%	3.736 €	0 €	0 €	26.042 €	6,91	9,09	8	-3.229 €	0%	0,12
EEM 3	9%	7%	8.511 €	0 €	0 €	107.037 €	6,81	8,71	20	50.822 €	12%	0,47
SCN 1	20%	19%	17.852 €	0 €	0 €	140.949 €	4,60	5,00	15	146.593 €	19%	1,04
SCN 2	24%	23%	21.588 €	0 €	0 €	166.990 €	4,83	5,78	16	21.290 €	9%	0,13

Figura 1 – Scenario 1: analisi economica

Flussi di cassa con e senza incentivi



Flussi di cassa attualizzati con e senza incentivi

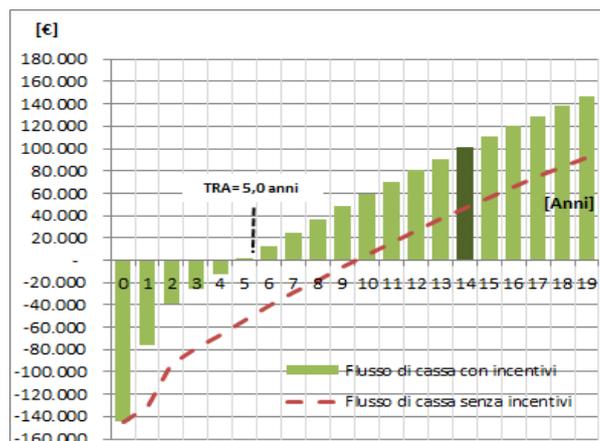
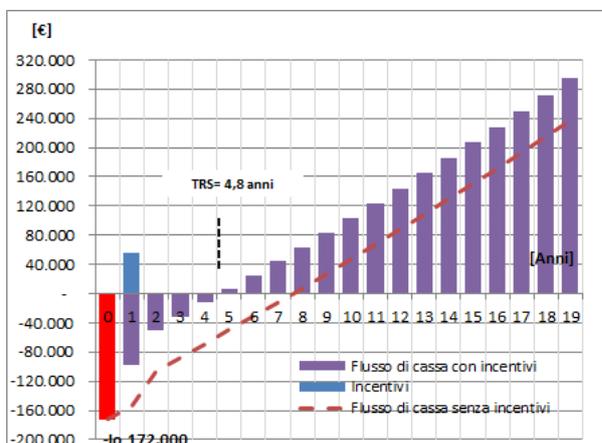
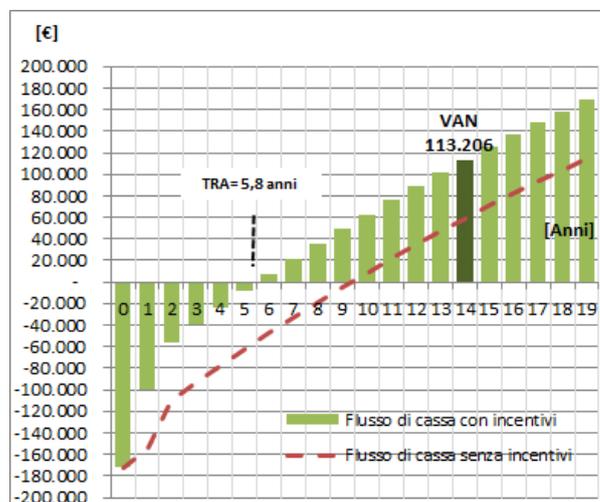


Figura 2 – Scenario 2: analisi economica

Flussi di cassa con e senza incentivi



Flussi di cassa attualizzati con e senza incentivi



L'audit energetico ha messo in evidenza una ridotta efficienza energetica dell'immobile legata da impianti dotati di livelli prestazionali ridotti rispetto alle più moderne tecnologie ad oggi disponibili.

La maggior parte dei consumi energetici è da attribuire alla climatizzazione degli ambienti, alla ventilazione meccanica e all'illuminazione.

I vincoli presenti sull'immobile, collocato in una zona di interesse storico e soggetto a vincolo totale secondo D.Lgs. 42/2004, limitano la quantità e la qualità degli interventi possibili per l'efficientamento. Si è scelto dunque di proporre degli interventi poco invasivi ed economicamente convenienti, che non necessitano di opere edili o di ristrutturazioni importanti.

Dalle analisi effettuate risulta che entrambi gli investimenti previsti nei due scenari risultano convenienti.

Nel primo scenario attraverso la sostituzione dell'attuale impianto di illuminazione con uno nuovo a tecnologia LED e la sostituzione delle pompe di calore poste sul tetto, si riesce ad ottenere un risparmio pari al 18,6 % del consumo energetico totale, a fronte di un investimento di circa 140.949 €, con un VAN conseguente pari a circa 146.593 € in una finestra temporale di 20 anni.

Nel secondo scenario, grazie alle operazioni di efficientamento che potrebbero essere adottate a seguito anche dell'efficientamento del sistema di illuminazione tramite sensori di rilevamento, si otterrebbe un risparmio del 23,3% circa dei consumi energetici totali, a fronte di un investimento di circa 166.990 €, con un VAN pari a circa 168.913 € dopo 20 anni.

1. INTRODUZIONE

1.1 Riferimento e contatti auditor e personale coinvolto

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

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

Tabella 1.1 – Soggetti coinvolti nella realizzazione del processo di Audit

NOME E COGNOME	RUOLO	ATTIVITÀ SVOLTA
Carlotta Mordini		Sopralluogo in sito
Matteo Massarelli		Elaborazione dei dati relativi ai consumi energetici
Matteo Fontana	EGE	Elaborazione dei dati geometrici ed alla creazione del modello energetico
Luca Bonanno	Responsabile involucro	Revisione report di diagnosi energetica
Luca Grossi	Responsabile impianti	Revisione report di diagnosi energetica
Stefano Mazzetti	EGE	Approvazione report di diagnosi energetica

1.2 Identificazione del complesso edilizio

L'immobile oggetto della DE, catastalmente individuato al NCEU F. 15, Part 160, è sito nel Comune di Napoli e più precisamente nell'area del centro storico.

Il Palazzo in esame è il settecentesco Palazzo Roccella ed è adibito dal 2005 come Palazzo delle Arti: in quanto tale, offre spazi espositivi, di consultazione, servizi e strumenti per l'incontro e lo studio delle opere e dei protagonisti dei linguaggi e delle forme dell'arte contemporanea

In base alla classificazione del D.P.R. 412/93 l'edificio quindi presenta una categoria d'uso:

E.4 (2) Edifici adibito ad attività ricreative (musei), in cui sono presenti anche uffici per il personale.

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

Tabella 1.2 - Tabella riepilogativa dei dati dell'edificio

PARAMENTO	U.M.	VALORE
Codice/ nome edificio		920 / PAN -PALAZZO DELLE ARTI
Indirizzo		VIA DEI MILLE, 60
Data sopralluogo		27-lug-2018
Anno di costruzione edificio		Circa 1.700
Anno di ristrutturazione		1984

Figura 3 – Ubicazione dell'edificio



Zona climatica		[C]
Destinazione d'uso		[E.4.2 (Museo)]
Superficie utile riscaldata	[m ²]	[4.159]
Superficie disperdente (S)	[m ²]	[6.694]
Volume lordo riscaldato (V)	[m ³]	[21.553]
Rapporto S/V	[1/m]	[0.31]
Superficie netta aree interne (scaldate e non scaldate)	[m ²]	[6.016]
Tipologia generatore riscaldamento		[Pompa di calore]
Potenza totale impianto riscaldamento	[kW]	[392]
Potenza totale impianto raffrescamento	[kW]	[358]
Tipo di combustibile		[Energia Elettrica]
Tipologia generatore Acqua Calda sanitaria (ACS)		[Boiler Elettrici]
Emissioni CO2 di riferimento ⁽¹⁾	[t/anno]	[211,36]
Consumo di riferimento Gas Metano ⁽¹⁾	[kWh _{th} /anno]	[0]
Spesa annuale Gas Metano ⁽¹⁾	[€/anno]	[0]
Consumo di riferimento energia elettrica ⁽¹⁾	[kWh _{el} /anno]	452.596
Spesa annuale energia elettrica ⁽¹⁾	[€/anno]	83.278

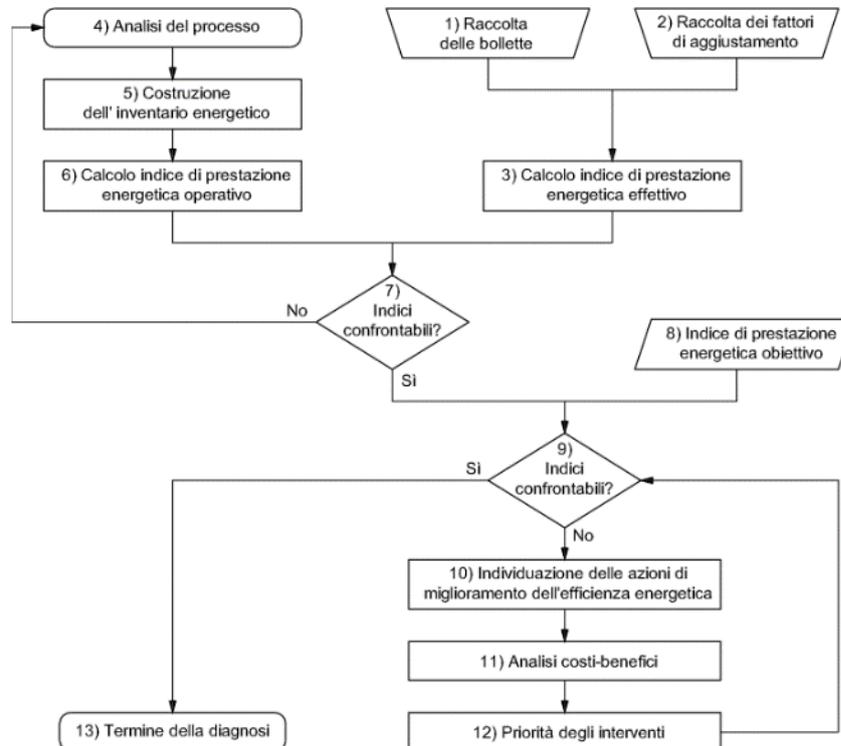
1.3 Metodologia di lavoro

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

- a) Acquisizione della documentazione utile, fornita dalla PA: dati consumo storico, planimetrie, ecc
- b) Analisi del quadro normativo di riferimento, incluso la verifica dei vincoli ambientali, storici, archeologici e paesaggistici interferenti sull'immobile interessato dall'intervento;
- c) Visita agli edifici, effettuata in data 27/07/2018 con verifica degli elaborati forniti e rilievo dei dati relativi alle caratteristiche degli elementi disperdenti ed impiantistici costituenti il sistema edificio-impianto;
- d) Visita alla centrale termica e/o frigorifera, con il supporto del personale incaricato della conduzione e manutenzione degli impianti e rilevamento dei dati utili;
- e) Preparazione e compilazione delle schede di Audit previste per la diagnosi di livello II di cui all'appendice A delle LGEE - Linee Guida per l'Efficienza Energetica negli Edifici - sett. 2013 - elaborato da AiCARR per Agesi, Assista, Assopetroli e Assoenergia, e riportate all'Allegato 9 – Schede di audit;
- f) Elaborazione del comportamento termico ed elettrico dell'edificio, realizzata utilizzando il software commerciale Namirial Termo 4.3 in possesso di certificato di conformità rilasciato dal Comitato Termotecnico Italiano (CTI) n. 66 ai sensi del D.lgs. 192/05 e s.m.i. e riportato all'Allegato 5 – Certificato CTI Software;
- g) Analisi dei profili annuali di consumi e costi dei servizi energetici reali dell'edificio, comprensivi della fornitura dei vettori energetici sia elettrici che di gas e degli oneri di O&M, relativamente alle annualità 2015-2016-2017;
- h) Analisi dei dati climatici reali del sito ove è ubicato l'edificio con conseguente calcolo dei Gradi Giorno reali (GG_{real}), utilizzando le temperature esterne rilevate dalla stazione meteo Federico II e riportati all'Allegato 8 – Dati climatici;

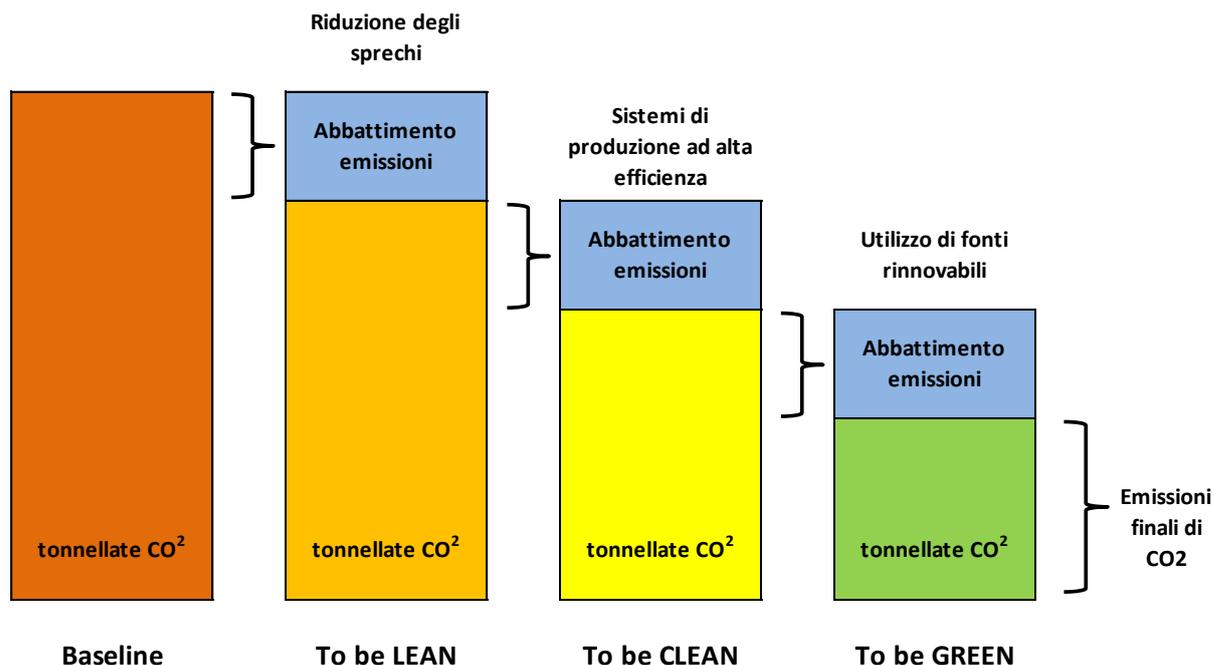
- i) Individuazione della “baseline termica” di riferimento (e relative emissioni di CO₂) tramite opportuna ripartizione del consumo di combustibile tra le varie utenze a servizio dell’edificio e destagionalizzazione dello stesso, utilizzando i relativi GG reali (GG_{real}), e conseguente normalizzazione secondo i GG di riferimento (GG_{rif});
- j) Individuazione della “baseline elettrica” di riferimento (e relative emissioni di CO₂) calcolata sulla media aritmetica dei valori relativi ai consumi elettrici reali per tre le annualità 2014, 2015, 2016;
- k) Validazione del modello elaborato mediante il confronto con le baseline energetiche, al fine di ottenere uno scostamento inferiore al 5%;
- l) Analisi delle possibili EEM necessarie per la riqualificazione energetica del sistema edificio-impianto analizzando gli aspetti tecnici, energetici, ed ambientali.
- m) Simulazione del comportamento energetico dell’edificio a seguito dell’attuazione delle varie EEM proposte singolarmente, ed individuazione della nuova classe energetica raggiungibile;
- n) Definizione di due scenari ottimali a partire dalla combinazione delle singole EEM proposte al fine di conseguire un miglioramento del parametro di efficienza energetica dell’edificio per i quali sono verificati il miglior rapporto qualità/prezzo (SCNA) e la migliore performance energetica (SCNB).
- o) Analisi costi-benefici e di redditività finanziaria derivanti dalla realizzazione delle EEM previste singolarmente, con riferimento ai principali indicatori finanziari ed ai possibili sistemi di incentivazione;
- p) Valutazione economico-finanziaria dei due scenari ottimali previsti, a partire dal “baseline di costi” e con riferimento ai principali indicatori economici ed ai possibili sistemi di incentivazione;
- q) Realizzazione di una relazione tecnica descrittiva di dettaglio dell’analisi effettuata (Rapporto di DE);
- r) Realizzazione di un report dei Benchmark.

Figura 4 – Schema metodologia diagnosi energetica ai sensi della norma UNI CEI 16247



Per la definizione di soluzioni integrate, la priorità con cui sono state analizzate la combinazione di possibili EEM è quella definita dal modello di gerarchia energetica riportato in Figura 5

Figura 5 - Principio della Gerarchia Energetica



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

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

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

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

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

- TRS (Tempo di rientro semplice);

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

1.4 Struttura del Report

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

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

Allegati al report:

- Allegato 1 – Elaborati;
- Allegato 2 – report di indagine termografica;
- Allegato 3 – Report relativi ad altre prove diagnostiche strumentali;
- Allegato 4 – Relazione di calcolo;
- Allegato 5 – Certificato di conformità del software;
- Allegato 6 – APE;
- Allegato 7 – Bozze di APE degli scenari A e B;
- Allegato 8 – Dati climatici reali;
- Allegato 9 – Schede di Audit;
- Allegato 10 – Report di Benchmark.

Considerati i tempi dettati dal Capitolato Speciale d'Appalto e la data di stipula del Contratto, la fase di sopralluoghi presso le strutture oggetto di Diagnosi si è svolta interamente nel periodo estivo (mese di luglio 2018). Per tale motivo non è stato possibile svolgere prove di indagine termografica o termoflussimetrie secondo le normative tecniche di riferimento (UNI EN 13187 e UNI ISO 9869-1:2015) che richiedono determinate condizioni climatiche, tipicamente invernali, che non avrebbero potuto essere soddisfatte nel mese di luglio. Per tale motivo gli allegati 2 e 3 non sono stati prodotti. Gli allegati 5, 8 e 10 sono unici ed uguali per tutte le Diagnosi redatte.

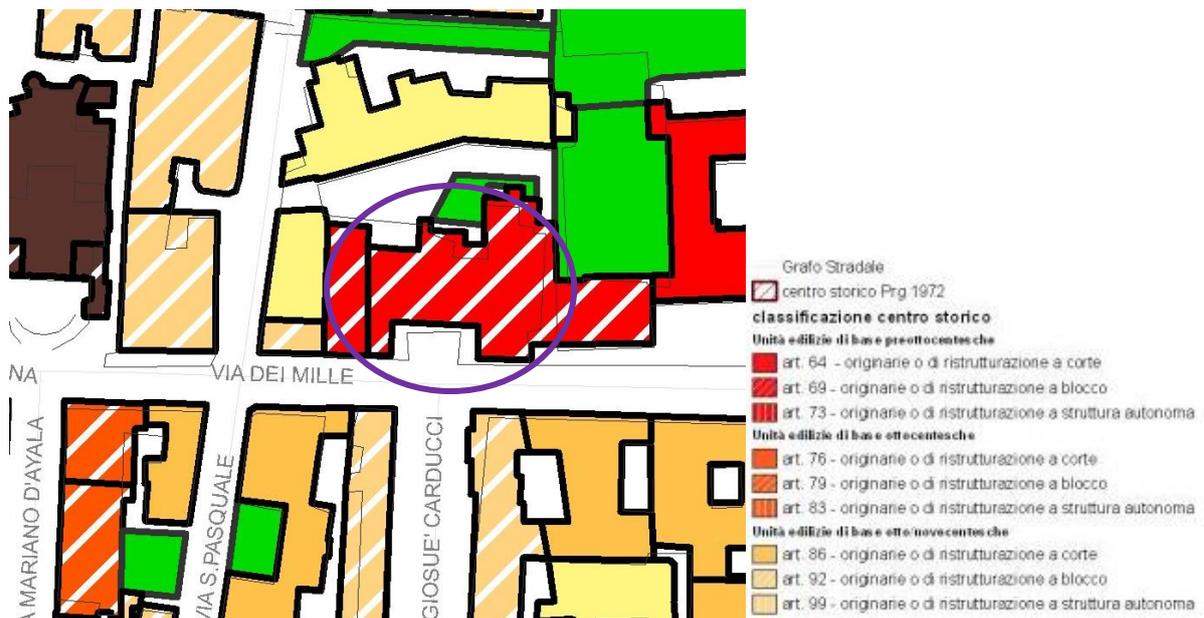
2 DATI DELL'EDIFICIO

2.1 Informazioni sul sito

Lo strumento urbanistico vigente, il PRG del Comune di Napoli, classifica l'edificio oggetto della DE in zona A - centro storico, e classifica la struttura come "Unità edilizia di base pre-ottocentesca originaria". L'edificio si trova in una zona di interesse storico.

Il Pan - Palazzo delle Arti Napoli - ha sede dal marzo 2005 nel settecentesco Palazzo Roccella in via dei Mille n. 60. Offre spazi espositivi, di consultazione, servizi e strumenti per l'incontro e lo studio delle opere e dei protagonisti dei linguaggi e delle forme dell'arte contemporanea.

Figura 6 – particolare estratto dal Piano Urbanistico Comunale



2.2 Inquadramento territoriale, socio-economico e destinazione d'uso

L'edificio risale all'incirca al 1700 è stato interamente ristrutturato a partire dal 1984 e ai sensi del DPR 412/93, attualmente ricade nella destinazione d'uso E.4 Edifici adibiti a musei e assimilabili.

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

L'edificio in esame è un insediamento di interesse storico. L'ipotesi di intervenire al fine di migliorarne l'efficienza energetica è innanzitutto volta ad una diminuzione delle emissioni di CO₂, la quale rientra negli obiettivi prefissati dal Comune di Napoli all'interno del SEAP (Sustainable Energy Action Plan).

È rilevante inoltre sottolineare come la corretta gestione e manutenzione del sistema edificio – impianto, comporterebbe il miglioramento delle condizioni di benessere percepite dai lavoratori, nonché alla corretta manutenzione dell'edificio, al fine di preservarlo al meglio in quanto bene di interesse storico artistico.

L'edificio ospitante l'ufficio oggetto della DE è costituito complessivamente da 1 piano terra, 1 piano ammezzato, da 3 piani fuori terra e dal 4 piano costituito dal sottotetto. Nel piano terra è situato il bar e l'ingresso, e i vari locali tecnici; nel piano ammezzato sono situati gli uffici; nel 1, 2 e 3 piano è situato il museo e la sala conferenze; nel sottotetto sono situati vari depositi.

Le planimetrie utilizzate nella valutazione sono riportate in Allegato 1 – Elaborati.

Figura 7 - Vista satellitare dell'edificio (Fonte: Google Earth)

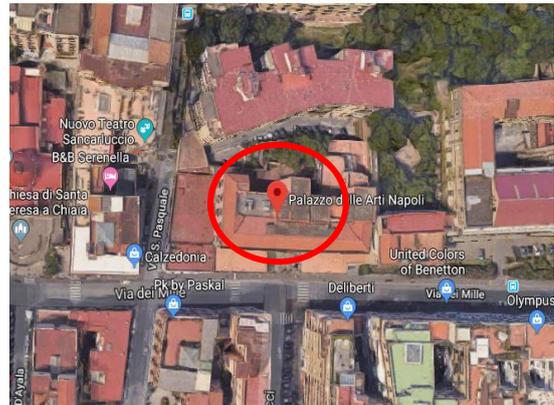


Figura 8 - Contesto esterno dell'edificio vista Sud.



Gli uffici e il museo hanno un orario di utilizzo dalle 9.30 alle 19.30, dal lunedì al sabato, anche la domenica è aperto ma solamente mezza giornata dalle 9.30 alle 14.30.

Gli impianti, due vecchie pompe di calore, vengono invece accesi 2 ore prima a partire dalle 7.30, questo a causa delle basse prestazioni degli stessi che necessitano di molte ore per portare a temperatura l'intero edificio.

Figura 9 - Profilo di funzionamento invernale dell'impianto per la zona termica museo e uffici nei giorni feriali

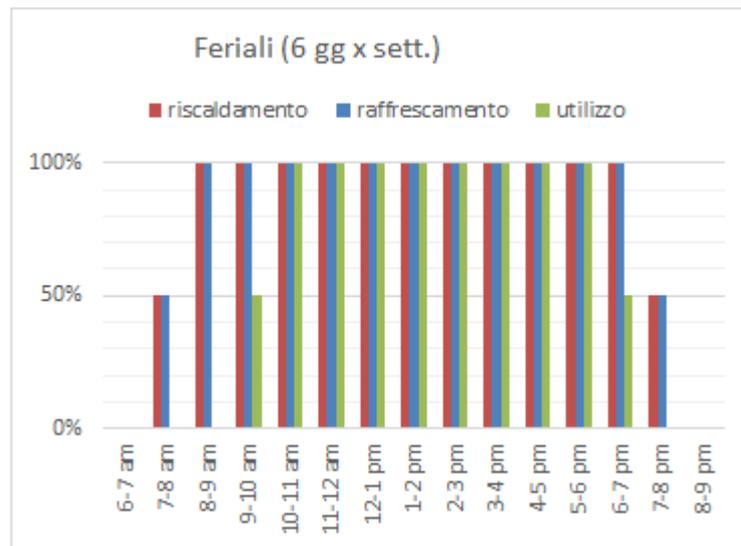
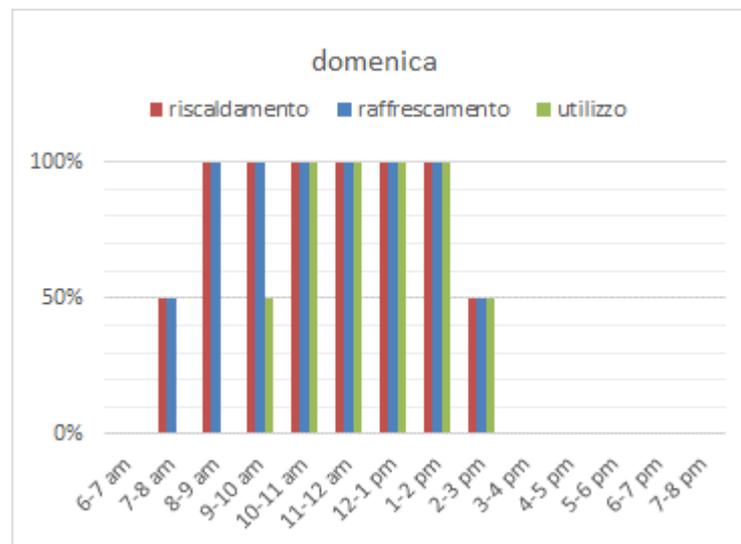


Figura 10 - Profilo di funzionamento invernale dell'impianto per la zona termica museo e uffici nei giorni festivi



2.3 Verifica dei vincoli interferenti sulle parti dell'immobile interessate dagli interventi

L'edificio appartiene alla Zona A. Dal punto di vista storico, la zona A (insediamenti di interesse storico) identifica le parti della città edificate prima del secondo dopoguerra.

Gli interventi previsti nella zona A - centro storico sono regolati dalla normativa tipologica, riportata nella parte II delle norme di attuazione della variante al PRG.

L'edificio, interamente ristrutturato a partire dal 1984, si trova in un'area di interesse archeologico e, per gli interventi di ristrutturazione, riqualificazione, ecc., è necessario acquisire il parere preventivo della soprintendenza archeologica della provincia di Napoli.

Secondo la variante al PRG e alla tavola 7 – classificazione tipologica, l'edificio è classificabile:

- al 7% come: Unità di spazio scoperto concluse – giardini, orti e spazi pavimentati pertinenti a unità edilizie di base – art.114.
- al 5% come: Unità edilizia di base otto-novecentesca originaria o di ristrutturazione a blocco – art.92.
- al 12% come: Unità edilizia di base pre-ottocentesca originaria o di ristrutturazione a blocco – art.69.
- al 56% come: Unità edilizia di base pre-ottocentesca originaria o di ristrutturazione a blocco – art.69.

È inoltre individuato tra le attrezzature di quartiere come immobili reperiti da destinare a istruzione, interesse comune e parcheggi come risulta dalla tavola n. 8 “specificazioni” art 56.

L’edificio rientra nel perimetro delle aree di interesse archeologico.

Dai vincoli geomorfologici è classificato come area a bassa instabilità.

Nell’analisi delle EEM si è quindi resa necessaria l’identificazione delle possibili interferenze con i vincoli presenti, in quanto l’edificio è soggetto a **vincolo totale**, come definito ai sensi della parte II del D.lgs 42/2004 (PAN, vincolo totale, 13 gennaio del 1965).

Questo vincolo, per l’edificio di riferimento, prevede che:

“La costituzione del vincolo monumentale comporta l’assoggettamento dell’immobile alla speciale legislazione in materia di tutela. In particolare il destinatario della notifica è obbligato a denunciare alla competente soprintendenza tutti gli atti di trasferimento totale o parziale della proprietà o della detenzione del bene, affinché il Ministro dei beni culturali possa esercitare su quello stesso bene, ove si tratti di trasferimento a titolo oneroso, il diritto di prelazione attribuitogli dall’articolo 59 del cit. D.Lgs. 490/1999.

*Alla competente soprintendenza devono essere sottoposti, altresì, **i progetti delle opere che si intendano eseguire sull’immobile**, di qualunque genere esse siano, al fine di ottenerne la preventiva autorizzazione.”*

Risulta comunque vietato qualunque intervento che vada ad intaccare la struttura esterna dell’edificio, salvo parere della sovrintendenza.

Figura 11 – Particolare estratto dalla carta dei vincoli - Tavola 14 - vincoli e aree di interesse archeologico, foglio 3



2.4 Modalità di gestione e manutenzione di edifici ed impianto

Durante la fase di sopralluogo è stato possibile rilevare gli orari di effettivo funzionamento dell'edificio, intesi come gli orari di espletamento delle funzioni d'ufficio e gli orari di effettiva presenza del personale all'interno dell'edificio.

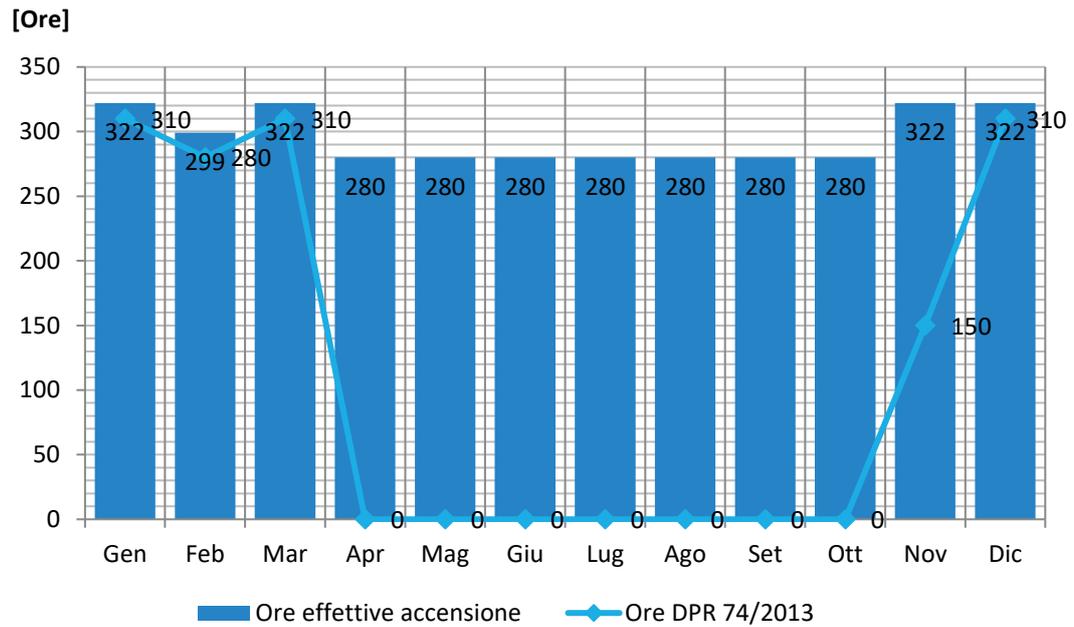
Gli orari di effettivo utilizzo dell'edificio sono stati ricavati tramite interviste al personale, mentre i periodi di attivazione e spegnimento degli impianti sono stati ipotizzati congruamente al tipo di impianto esistente.

Nella Tabella 2.1 sono pertanto riportati gli orari di funzionamento dell'edificio e gli orari di funzionamento degli impianti termici.

Tabella 2.1 – Orari di funzionamento dell'edificio e orari di funzionamento degli impianti termici.

PERIODO	GIORNI SETTIMENALI	ORARIO FUNZIONAMENTO EDIFICIO	ORARIO FUNZIONAMENTO IMPIANTO
TUTTO L'ANNO	dal lunedì al sabato	09.30 – 19.30	07.30 – 19.00
TUTTO L'ANNO	domenica	09.30 – 14.30	07.30 – 14.00

Figura 12 – Andamento mensile delle ore effettive di utilizzo dell'impianto termico



Dall'analisi effettuata è emerso che gli orari di funzionamento degli impianti sono strettamente correlati agli orari di espletamento delle funzioni del museo, fatta eccezione per la loro accensione mattutina che risulta anticipata di 2 ore nella stagione invernale.

3 DATI CLIMATICI

3.1 Dati climatici di riferimento

L'edificio oggetto della DE è ubicato nel Comune di Napoli, il quale ricade nella zona climatica C, a cui corrispondono 1034 **Gradi Giorno(GG)** (D.P.R. 412/93 - allegato A) ed una stagione di funzionamento degli impianti di riscaldamento compresa tra il 15 Novembre e il 31 Marzo con un periodo di accensione consentito degli impianti di 10 ore al giorno (DPR 74/2013).

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

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

GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUGL	AGO	SET	OTT	NOV	DIC
10,4	9,4	11,7	15,1	16,7	22,7	25,1	25,6	21,8	17,4	12,2	10,6

Tali temperature sopra indicate sono quelle utilizzate per la creazione del modello energetico termico, a cui corrispondono 1034 GG di riferimento, valutati in condizioni standard di utilizzo dell'edificio, come la sommatoria, estesa a tutti i giorni del periodo annuale di riscaldamento compreso tra il 15 Novembre e il 31 Marzo, delle sole differenze positive giornaliere tra la temperatura interna di 20°C e quella esterna giornaliera media mensile riportata in Tabella 3.1.

I GG così definiti sono i GG_{rif} utilizzati ai fini del processo di normalizzazione di cui al capitolo 0.

Tabella 3.2 – Profili mensili dei GG_{rif}

Mese	GIORNI MENSILI	TEMPERATURA ESTERNA UNI 10349:2016	GIORNI RISCALDAMENTO
		[°C]	
Gennaio	31	10,4	31
Febbraio	28	9,4	28
Marzo	31	11,7	31
Aprile	30	15,1	-
Maggio	31	16,7	-
Giugno	30	22,7	-
Luglio	31	25,1	-
Agosto	31	25,6	-
Settembre	30	21,8	-
Ottobre	31	17,4	-
Novembre	30	12,2	15
Dicembre	31	10,6	31
TOTALE	365	16,6	166

3.2 Dati climatici reali

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

I dati climatici utilizzati sono stati rilevati dalla centralina meteo climatica di Napoli Capodichino (coordinate GPS: 40.885425, 14.289612).

Si è deciso di utilizzare come riferimento tale centraline in quanto è la più affidabile tra quelle presenti nelle zone limitrofe.

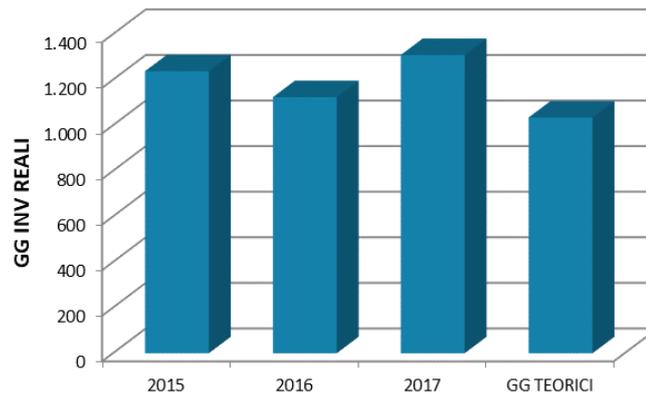


Figura 13 – Posizionamento della centralina meteo climatica rispetto all'edificio oggetto di DE

3.3 Analisi dell'andamento dei dati climatici e profili annuali dei gradi giorno

Di seguito si riportano i valori mensili dei GG reali, calcolati in funzione delle temperature esterne medie orarie per il triennio di riferimento (2015 - 2016 – 2017), valutati come la sommatoria, estesa a tutti i giorni del periodo annuale di riscaldamento compreso tra il 15 Novembre e il 31 Marzo, delle sole differenze positive giornaliere tra la temperatura interna di 20°C e quella esterna giornaliera media mensile calcolata in funzione delle temperature orarie rilevate dalla centralina meteo climatica.

	2015	2016	2017	GG TEORICI
GG INV REALI	1.237	1.123	1.308	1.034
Scarto %	19,6%	8,6%	26,5%	



T MEDIE °C	2015	2016	2017
Gennaio	10,0	11,1	6,7
Febbraio	9,5	13,3	11,7
Marzo	12,4	12,4	13,4
Aprile	14,9	17,2	15,2
Maggio	19,9	18,6	20,1
Giugno	23,7	23,1	24,9
Luglio	28,2	26,4	27,0
Agosto	27,1	26,0	27,5
Settembre	23,3	22,3	21,2
Ottobre	18,3	18,5	18,0
Novembre	14,4	14,0	13,0
Dicembre	10,9	9,9	9,4

Tabella 3: Andamento delle Temp. medie mensili

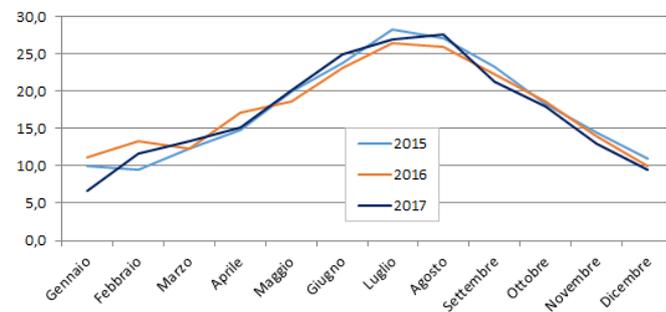


Figura 14: Andamento delle temperature medie mensili

4 AUDIT EDIFICIO E IMPIANTI ELETTRICI E MECCANICI

4.1 Descrizione e prestazioni energetiche dell'involucro edilizio

4.1.1 Involucro opaco

L'edificio ha un'estensione in pianta di circa 1.100 m² e si eleva per quattro piani fuori terra (più il piano ammezzato). La pianta del palazzo è di forma trapezoidale per il piano terra e ammezzato, rettangolare per i successivi. Dall'ingresso principale su via dei mille si accede al bar interno e all'ingresso del museo.

Figura 15 - Particolare della porzione di involucro



L'edificio è stato costruito intorno al 1700. La facciata esterna, di color rosa salmone, è costituita da materiale portante di laterizio e cemento,

La struttura esterna è in muratura portante in laterizi e cemento e va via via a rastremarsi con la quota passando da uno spessore di 1,16 m a 0,6 m.

I solai sono in orditura cementizia e il tetto risulta a falde con tegole. L'edificio ha subito una rilevante ristrutturazione per un adeguamento normativo cominciato nel 1984.

Questa soluzione realizzativa incide profondamente sul comportamento termico dell'edificio essendo caratterizzate da un'elevata capacità termica e massa, che influenza l'inerzia termica dell'edificio creando uno sfasamento tra l'andamento della temperatura esterna e la temperatura interna dell'edificio stesso.

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

Tabella 4.1 – Trasmittanze termiche dei componenti dell'involucro opaco

IPO DI COMPONENTE	CODICE	SPESSORE	ISOLAMENTO	TRASMITTANZA TERMICA	STATO DI CONSERVAZIONE
		[cm]		[W/m ² K]	
copertura inclinata con tegole	cop1	22	nessuno	1,63	BUONO
parete esterna	pe1	116	nessuno	0,639	DISCRETO
parete esterna	pe1	110	nessuno	0,665	DISCRETO

L'elenco completo dei componenti dell'involucro opaco, rilevati in sede di sopralluogo, e delle relative caratteristiche tecniche è riportato nella Sezione 4.1 dell'Allegato 9 – Schede di audit.

4.1.2 Involucro trasparente

L'involucro trasparente che costituisce l'edificio è composto da serramenti con telaio in legno e vetro doppio 4-16-4.

Lo stato di conservazione degli stessi è buono, non si rilevano da un'analisi visiva presenze di infiltrazioni o sensazioni di correnti d'aria.

Figura 16 - Particolare dei serramenti



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

Tabella 4.2 – Trasmittanze termiche dei componenti dell'involucro trasparente

TIPO DI COMPONENTE	CODICE	DIMENSIONI [HXL] [cm]	TIPO TELAIO	TIPO VETRO	TRASMITTANZA TERMICA [W/mqK]	STATO DI CONSERVAZIONE
infisso in legno con doppio vetro	SE 01	100x130 cm	legno	doppio 4-16-4	1,551	SUFFICIENTE
infisso in legno con doppio vetro	SE 01	170x170 cm	legno	doppio 4-16-4	1,514	SUFFICIENTE
infisso in legno con doppio vetro	SE 01	100x240 cm	legno	doppio 4-16-4	1,653	SUFFICIENTE
infisso in legno con doppio vetro	SE 01	100x180 cm	legno	doppio 4-16-4	1,658	SUFFICIENTE
porta finestra: infisso in legno con doppio vetro	SE 01	140x240 cm	legno	doppio 4-16-4	1,618	SUFFICIENTE
finestra ad arco: infisso in legno con doppio vetro	SE 01	140x240 cm	legno	doppio 4-16-4	1,502	SUFFICIENTE
PORTA FINESTRA: infisso in legno con doppio vetro	SE 01	140x400 cm	legno	doppio 4-16-4	1,597	SUFFICIENTE
finestra ad arco: infisso in legno con doppio vetro	SE 01	175x300 cm	legno	doppio 4-16-4	1,581	SUFFICIENTE
porta finestra: infisso in legno con doppio vetro	SE 01	155x165 cm	legno	doppio 4-16-4	1,514	SUFFICIENTE
infisso in legno con doppio vetro	SE 01	122x 257 cm	legno	doppio 4-16-4	1,653	SUFFICIENTE
infisso in legno con doppio vetro	SE 01	100x240 cm	legno	doppio 4-16-4	1,653	SUFFICIENTE
infisso in legno con doppio vetro	SE 01	100x100 cm	legno	doppio 4-16-4	1,621	SUFFICIENTE

4.2 Descrizione e prestazioni energetiche impianto di riscaldamento/ climatizzazione invernale

Gli impianti di Climatizzazione a servizio dell'edificio sono costituiti principalmente dalle due pompe di calore poste in copertura, mentre per la sala CED sono a servizio due condizionatori tipo split.

Sottosistema di generazione

Il sottosistema di generazione è costituito da un impianto termofrigorifero dotato di due unità polivalenti condensate a gas, di produzione Climaveneta, poste entrambe sul tetto della struttura. Le due macchine principali sono WRAN/LN 0802 anno 1999, con Potenza termica nominale di riscaldamento di 196 kW (con potenza elettrica assorbita 64 kWe) e potenza termica nominale di raffrescamento di 179 kW (con potenza elettrica assorbita 75 kWe, COP 3,06 con temperatura di riferimento 12°C ed EER 2,39.

Sono inoltre presenti due sistemi di condizionamento refrigerati a gas per la camera CED. I due Split, dotati di unità interna ed unità esterna, marca LG, modello E18EM ed E12EM, hanno potenzialità termica rispettivamente di 18.000 BTU e 12.000 BTU, COP di 3.51 e 3.65 ed EER di 2.91 e 3.13.

Figura 17 - Particolare di pompe di calore poste sul tetto



Figura 18 - Particolare di pompa di calore



Le caratteristiche dei sistemi di generazione sono riportate nella Tabella 4.3.

Tabella 4.3 - Riepilogo caratteristiche sistemi di generazione

	Servizio	MARCA E MODELLO	ANNO DI COSTRUZIONE	POTENZA AL FOCOLARE	POTENZA TERMICA UTILE	RENDIMENTO	POTENZA ASSORBITA COMPLESSIVA
				[kW]	[kW]		[kW]
PDC_01	Riscaldamento + raffrescamento	Climaveneta WRAN/LN 0802	1999	-	196,0	3,06	64
PDC_02	Riscaldamento + raffrescamento	Climaveneta WRAN/LN 0802	1999	-	196,0	3,06	64
Split_18000	raffrescamento	LG E18EM	2015	0	5,29	3.51	1,72
Split_12000	raffrescamento	LG E12EM	2015	0	3,52	3.65	1,04

L'elenco dei componenti del sottosistema di generazione per il riscaldamento degli ambienti rilevati in sede di sopralluogo e delle relative caratteristiche tecniche è riportato nella Sezione 6.1 dell'Allegato 9 – Schede di audit.

Sottosistema di distribuzione

Il sottosistema di distribuzione è costituito dai seguenti elementi:

- 1) **Circuito primario:** La distribuzione è del tipo ad acqua con gruppi di pompaggio in copertura, posti di fianco ai rispettivi gruppi di generazione, costituiti da due elettropompe da 5,5 kW di potenza ciascuna. La distribuzione è in tubazione coibentata per i tratti in copertura e di tipo sottotraccia nei percorsi interni fino alle unità di trattamento aria di piano. Le tubazioni sottotraccia non sono ispezionabili a vista ma risalendo ai primi anni 2000 si ipotizza comunque che siano coibentate. La distribuzione primaria di acqua rifornisce anche i fancoil presenti in ogni piano dell'edificio.
- 2) **Circuito secondario:** È presente una distribuzione ad aria, grazie alle 10 UTA che servono tutti i locali climatizzati dell'edificio. Fanno eccezione il piano terra e ammezzato in cui la distribuzione secondaria è assente, poiché dal sistema di generazione il fluido termovettore (acqua) viene inviato direttamente al sistema di emissione (fancoil) attraverso il circuito primario.

Figura 19 Particolare schema di impianto

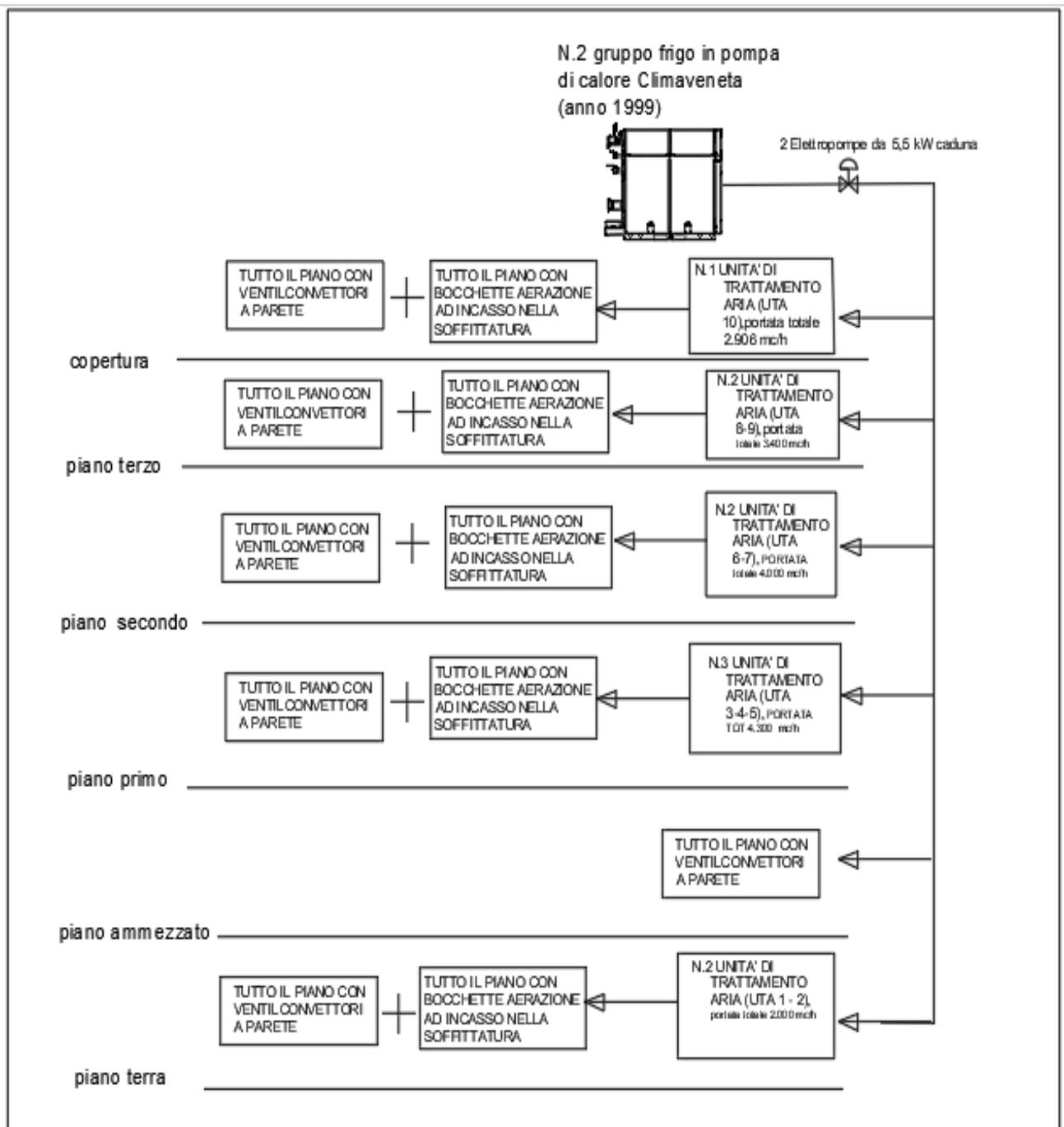


Figura 20 - Particolare unità trattamento aria UTA (sottotetto)



Sottosistema di regolazione

La regolazione dell'impianto ad aria è sprovvisto di termostati ambiente.

I fancoil sono collocati in tutto l'edificio e sono provvisti di attuatori che permettono una regolazione di temperatura con banda proporzionale di 1 °C. Sono inoltre previsti dei miscelatori a 3 vie a monte dei terminali.

Figura 21 - Particolare di un fancoil

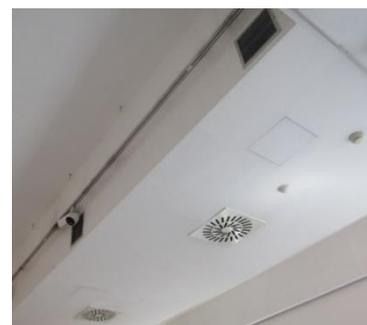


Sottosistema di emissione

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

- Bocchette in sistemi ad aria canalizzata, servite dalle UTA;
- Fancoil a parete, serviti direttamente dalle macchine in copertura.

Figura 22 - Particolare dei diffusori ad aria incassati



I rendimenti di distribuzione, regolazione ed emissione desunti dal modello di calcolo delle DE sono riportati nella seguente tabella:

ZONA TERMICA	TIPOLOGIA DI TERMINALE	TIPO DI REGOLAZIONE	RENDIMENTO DI DISTRIBUZIONE	RENDIMENTO DI REGOLAZIONE	RENDIMENTO DI EMISSIONE
Piano terra	Fancoil	Manuale	0,99	0,98	0,96
museo	Bocchette aria	manuale	-	0,97	0,94
Uffici	fancoil	manuale	0,99	0,98	0,96

4.3 Descrizione e prestazioni energetiche impianto produzione acqua calda sanitaria

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

La produzione è eseguita tramite bollitori elettrici ad accumulo installati localmente nei servizi igienici all'interno dei controsoffitti, e dunque non visibili.

I rendimenti caratteristici dei sottosistemi dell'impianto di produzione acqua calda sanitaria sono riportati nella Tabella 4.4.

Tabella 4.4 – Rendimenti dell'impianto di produzione acqua calda sanitaria

SOTTOSISTEMA DI EROGAZIONE	SOTTOSISTEMA DI DISTRIBUZIONE	SOTTOSISTEMA DI RICIRCOLO	SOTTOSISTEMA DI GENERAZIONE	RENDIMENTO GLOBALE MEDIO STAGIONALE
100%	93%	assente	75%	nd

L'elenco dei componenti dell'impianto di produzione acqua calda sanitaria rilevati in sede di sopralluogo e delle relative caratteristiche tecniche è riportato nella Sezione 7 dell'Allegato 9 – Schede di audit.

4.4 Descrizione e prestazioni energetiche impianto di raffrescamento/climatizzazione estiva

La climatizzazione degli uffici e del museo in regime estivo è effettuata dallo stesso impianto asservito al riscaldamento invernale. Infatti la tipologia di macchine installate (pompe di calore) è reversibile, e consente la commutazione del regime di climatizzazione (riscaldamento in inverno e raffrescamento in estate).

Sono altresì presenti n.2 split, adibiti esclusivamente al raffrescamento, che servono i 2 piccoli CED presenti nell'edificio.

I rendimenti caratteristici dei sottosistemi dell'impianto di climatizzazione estiva sono riportati nella tabella Tabella 4.5.

Tabella 4.5 – Rendimenti dell'impianto di climatizzazione estiva

Sottosistema di Emissione	Sottosistema di Regolazione	Sottosistema di Distribuzione	Sottosistema di Accumulo	Sottosistema di Generazione	Rendimento Globale medio stagionale
97%	96%	98%	nd	nd	59%

L'elenco dei componenti dell'impianto di climatizzazione estiva rilevati in sede di sopralluogo e delle relative caratteristiche tecniche è riportato nella Sezione 11 dell'Allegato 9 – Schede di audit.

4.5 Descrizione e prestazioni energetiche impianto di ventilazione meccanica

La ventilazione meccanica controllata è effettuata grazie alla presenza di n.10 Unità di trattamento aria, installate 3 nel sottotetto e le rimanenti nei controsoffitti, a servizio dell'intero edificio. Le macchine che servono i piani adibiti agli uffici e musei sono marca Novair, di diverso modello, anno 2000, con portata volumetrica che va da 1240 mc/ora a 4.000 mc/ora, e potenza elettrica che va da 0,39 kW a 1,5 kW. La macchina ad uso esclusivo della sala conferenze è marca Proterm, modello U1CA400 anno 2003, portata volumetrica 4.000 mc/ora, potenza elettrica 1,5 kW. Tutte le unità sono alimentate direttamente dalle 2 macchine in copertura con distribuzione verticale.

Figura 23 - Particolare di una delle UTA



Tutte le UTA hanno condotto di emissione e di estrazione, ciò significa che sono dotate di una batteria di pre-riscaldamento che permette di recuperare una buona parte dell'energia termica impiegata; inoltre sono dotate di deumidificatori dell'aria e di batteria post-riscaldamento, che permettono di gestire il comfort ambientale.

Il sistema di ventilazione è inoltre dotato di un sistema di telecontrollo, che monitora costantemente i consumi.

L'elenco dei componenti dell'impianto di ventilazione meccanica controllata rilevati in sede di sopralluogo e delle relative caratteristiche tecniche è riportato nella Sezione 8 dell'Allegato 9 – Schede di audit.

4.6 Descrizione e prestazioni energetiche impianto elettrico e principali utenze elettriche

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

Tali tipologie di utenze sono state raggruppate insieme ed identificate con la denominazione di forza elettromotrice (FEM) e sono riportate nella Tabella 4.6.

Tabella 4.6 – Elenco e caratteristiche delle altre utenze elettriche

ZONATERMICA	DESCRIZIONE	NUMERO	POTENZA NOMINALE	POTENZA COMPLESSIVA	ORE ANNUE DI UTILIZZO
			[W]	[W]	[ore]
Intero edificio	ascensore	3	3000	9000	550
Corridoi - vano scale	distributori	2	2000	4000	300
uffici	computer fisso	20	400	8000	1400
uffici	stampanti	6	200	1200	240
bar	elettrodomestici	5	1000	5000	550

L'elenco delle altre utenze elettriche rilevate in sede di sopralluogo e delle relative caratteristiche tecniche è riportato nella Sezione 11 dell'Allegato 9 – Schede di audit.

4.7 Descrizione e prestazioni energetiche impianto illuminazione

L'impianto di illuminazione è costituito da lampade di diverse tipologie, ovvero neon, alogene ed a basso consumo, in funzione della tipologia di utilizzo dei locali.

Le principali tipologie di corpi illuminanti sono di seguito elencate:

- Lampade a neon a basso consumo installate nei corridoi;
- Faretto alogeni nelle sale museo;
- Lampade a neon installate negli uffici e nella sala conferenze;
- Faretto alogeni nei vani scala.

Figura 24 - Particolare dei corpi illuminanti



L'elenco e le caratteristiche dei corpi illuminanti sono riportate nella Tabella 4.7.

Tabella 4.7 – Elenco e caratteristiche dei corpi illuminanti

ZONATERMICA	DESCRIZIONE	NUMERO	POTENZA UNITARIA	POTENZA COMPLESSIVA
			[W]	[W]
sala conferenze	fluorescente NEON 2x36	22	72	1584
uffici	fluorescente NEON 2 x 36	80	72	10400
museo	Faretto ALOGENI 1 x 50	240	50	12000
corridoi	faretto basso consumo 1 x 24	100	24	2400
bagni	fluorescente NEON 2 x 36	20	72	1440
vano scale	lampade alogene	20	250	5000
locali tecnici	fluorescente NEON 1 x 36	120	36	4320

L'elenco completo dei corpi illuminanti rilevati in sede di sopralluogo e delle relative caratteristiche tecniche è riportato nella Sezione 10 dell'Allegato 9 – Schede di audit.

4.8 Descrizione e prestazioni energetiche di impianti di produzione energia elettrica o cogenerazione

Attualmente non sono presenti impianti di produzione di energia di alcun tipo.

5 CONSUMI RILEVATI

5.1 Consumi energetici storici per ciascun vettore e connessione alle reti gas naturale ed elettrica

L'analisi dei consumi storici termici ed elettrici dell'edificio oggetto della DE è stata effettuata facendo riferimento al triennio 2015, 2016 e 2017.

I vettori energetici analizzati sono i seguenti:

- Energia elettrica per il riscaldamento;
- Energia elettrica totale.

Energia termica

L'edificio non è servito da nessun vettore termico. La climatizzazione invernale ed estiva della struttura, la produzione di ACS e qualsiasi altro servizio è espletato grazie al vettore elettrico.

Nell'edificio è presente un unico punto di fornitura dell'energia elettrica, da ciò l'esistenza di un unico POD, in cui è possibile stimare l'energia elettrica necessaria alla climatizzazione sottraendo dalla potenza totale il carico di base.

Tabella 5.1 - Consumi annuali di energia elettrica ad uso termico per il triennio di riferimento – Dati forniti dalla società di distribuzione

POD	Utilizzo	2015	2016	2017
		[kWh]	[kWh]	[kWh]
IT001E00220794	Riscaldamento	83.417	74.072	111.261
IT001E00220794	Raffrescamento	145.488	98.434	132.771

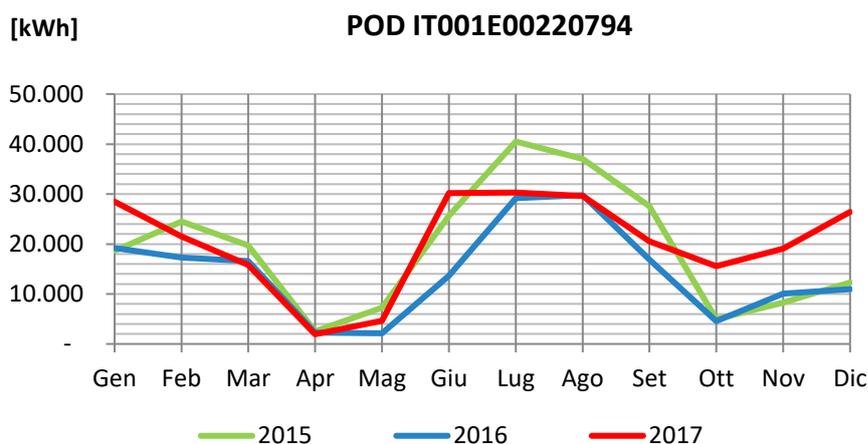
I consumi forniti dalla società di distribuzione sono riportati nella Tabella 5.2.

Tabella 5.2 - Consumi mensili di energia elettrica ad uso termico per il triennio di riferimento – Dati fatturati da società di fornitura

POD: IT001E80155953	2015	2016	2017
Mese	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gennaio	18.652	19.218	28.454
Febbraio	24.500	17.314	21.520
Marzo	19.695	16.552	15.785
Aprile	2.528	2.277	1.940
Maggio	7.242	2.128	4.633
Giugno	25.655	13.619	30.193
Luglio	40.507	29.184	30.301
Agosto	37.058	29.777	29.588
Settembre	27.564	16.873	20.530
Ottobre	4.934	4.576	15.587
Novembre	8.270	10.033	19.078
Dicembre	12.300	10.955	26.425
Totale	228.905	172.506	244.032

L'andamento dei consumi mensili fatturati è riportato nei grafici in Figura 25.

Figura 25 – Andamento mensile dei consumi elettrici per la climatizzazione



Dall'analisi effettuata è emerso che il consumo relativo al riscaldamento invernale (da ottobre ad aprile circa) è inferiore rispetto a quello necessario alla climatizzazione estiva.

Confrontando l'andamento dei consumi con i GG_{real} del triennio di riferimento si può notare che negli ultimi due anni ha avuto un andamento pressoché proporzionale ad essi.

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

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

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

Dove:

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

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

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

Tale consumo è stato valutato scorporando, dal consumo complessivo del contatore che alimenta la centrale termica, il contributo per la produzione di acqua refrigerata per il raffrescamento estivo, valutato considerando la stagionalità delle curve di consumo.

E' ora quindi possibile valutare il consumo destagionalizzato, come di seguito riportato:

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

GG_{rif} = Gradi giorno di riferimento utilizzati nella modellazione dell'edificio, così come definiti al Capitolo 3.1;

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

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

Tabella 5.3 – Normalizzazione dei consumi annuali di energia elettrica per il riscaldamento

ANNO	GGreali nelle stagioni di consumo	GGstandard (UNI)	Consumo Reale	Fattore di normalizzazione arif	Consumo normalizzato a 1034 GG
			[kWh]		[kWh]
2015	1.237	1.034	83.417	0,84	69.728
2016	1.123	1.034	74.072	0,92	68.202
2017	1.308	1.034	111.261	0,79	87.954
Media	1.223	1.034	89.583	0,8	75.294

Come si può notare dai dati riportati il comportamento energetico dell'edificio, negli anni considerati, è stato caratterizzato da una stabilizzazione dei consumi.

Si sono pertanto definiti per il calcolo della Baseline i parametri riportati nella Tabella 5.4:

Tabella 5.4 – Individuazione della Baseline termica

GRANDEZZA	VALORE
	[kWh]
\bar{Q}_{ACS}	0,7
$\bar{a}_{rif} \times GG_{rif}$	75.293,3
$Q_{baseline}$	75.294

Energia elettrica

La fornitura di energia elettrica avviene tramite la presenza di 1 contatore per tutti i servizi.

L'elenco delle fatture analizzate non è disponibile.

L'analisi dei consumi storici di energia elettrica si basa sulla base dei kWh ottenuti dai dati di consumo forniti dal distributore (Enel), non essendo disponibili i dati di fatturazione.

Tali consumi annuali sono riportati nella Tabella 5.5 con indicazione dei POD di riferimento.

Tabella 5.5 – Elenco POD e relativi consumi annuali per il triennio di riferimento

POD	ZONA SERVITA	2015	2016	2017	MEDIA
		[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
IT001E00220794	intero edificio	501.929	402.330	453.530	452.596

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

Si è pertanto definito un consumo $EE_{baseline}$ pari **452.596 kWh**.

Tabella 5.6 – Consumi mensili di energia elettrica suddivisi per fasce, per il triennio di riferimento

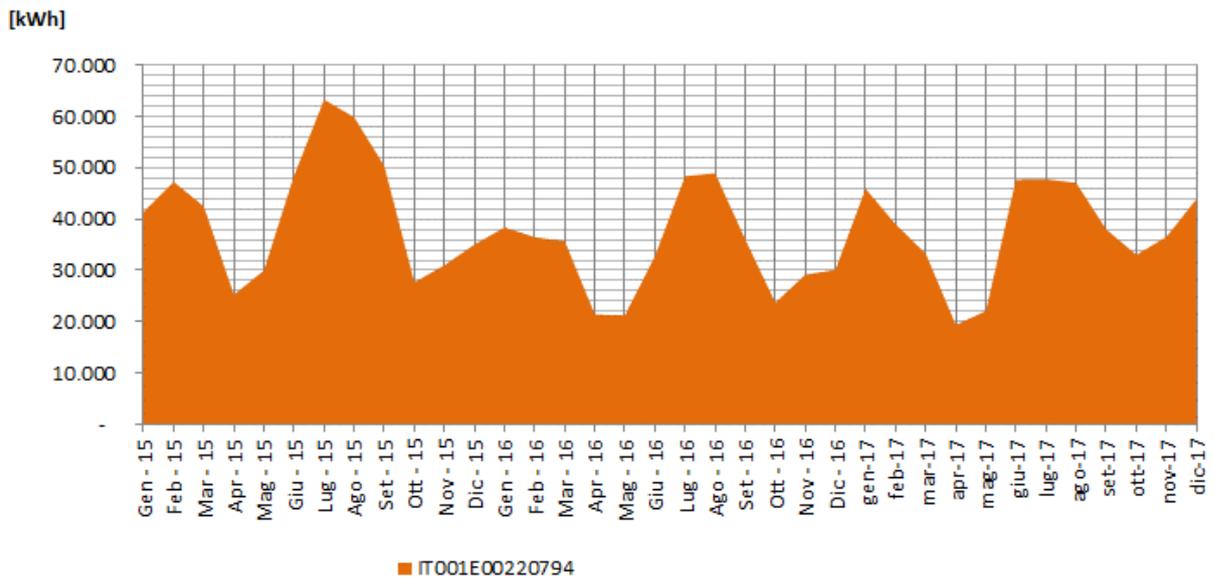
IT001E00220794	F1	F2	F3	TOTALE
Anno 2015	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gen - 15	13702	11375	16327	41.404

920 _PAN-Palazzo delle Arti

Feb - 15	19030	13168	15054	47.252
Mar - 15	17057	11037	14353	42.447
Apr - 15	9046	5313	10921	25.280
Mag - 15	10035	7135	12824	29.994
Giu - 15	19394	10910	18103	48.407
Lug - 15	29581	13785	19893	63.259
Ago - 15	24692	12764	22354	59.810
Set - 15	21511	11592	17213	50.316
Ott - 15	9978	7004	10704	27.686
Nov - 15	11399	7298	12325	31.022
Dic - 15	12797	6694	15561	35.052
Totale	198.222	118.075	185.632	501.929
IT001E00220794	F1	F2	F3	TOTALE
Anno 2016	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gen - 16	13163	8979	16228	38.370
Feb - 16	14164	8794	13508	36.466
Mar - 16	14528	7846	13330	35.704
Apr - 16	8128	5288	8013	21.429
Mag - 16	8917	4829	7534	21.280
Giu - 16	14391	7277	11103	32.771
Lug - 16	20644	11606	16086	48.336
Ago - 16	21932	10665	16332	48.929
Set - 16	15039	8426	12560	36.025
Ott - 16	9013	5926	8789	23.728
Nov - 16	12406	6607	10172	29.185
Dic - 16	11011	6979	12117	30.107
Totale	163.336	93.222	145.772	402.330
IT001E00220794	F1	F2	F3	TOTALE
Anno 2017	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
gen-17	19126	10115	16671	45.912
feb-17	16667	9057	13254	38.978
mar-17	14136	7593	11514	33.243
apr-17	6627	4569	8202	19.398
mag-17	9710	4701	7680	22.091
giu-17	20749	10544	16358	47.651
lug-17	19969	11653	16137	47.759
ago-17	21228	10304	15514	47.046
set-17	15671	9420	12897	37.988
ott-17	13372	7574	12099	33.045
nov-17	15351	8100	13085	36.536
dic-17	15749	10003	18131	43.883
Totale	188.355	103.633	161.542	453.530

Si riporta un confronto grafico tra i profili elettrici reali relativi a ciascuna utenza elettrica per il triennio di riferimento.

Figura 26 – Confronto tra i profili elettrici reali per il triennio di riferimento



Si può notare l'andamento molto simile delle curve nei tre anni di riferimento, pur presentando dei picchi sia per la stagione di riscaldamento che per quella di raffrescamento molto diversi l'un dall'altro. Dall'analisi effettuata è stato possibile definire i profili mensili dei consumi elettrici di Baseline, valutati come la media dei valori mensili analizzati nel triennio di riferimento.

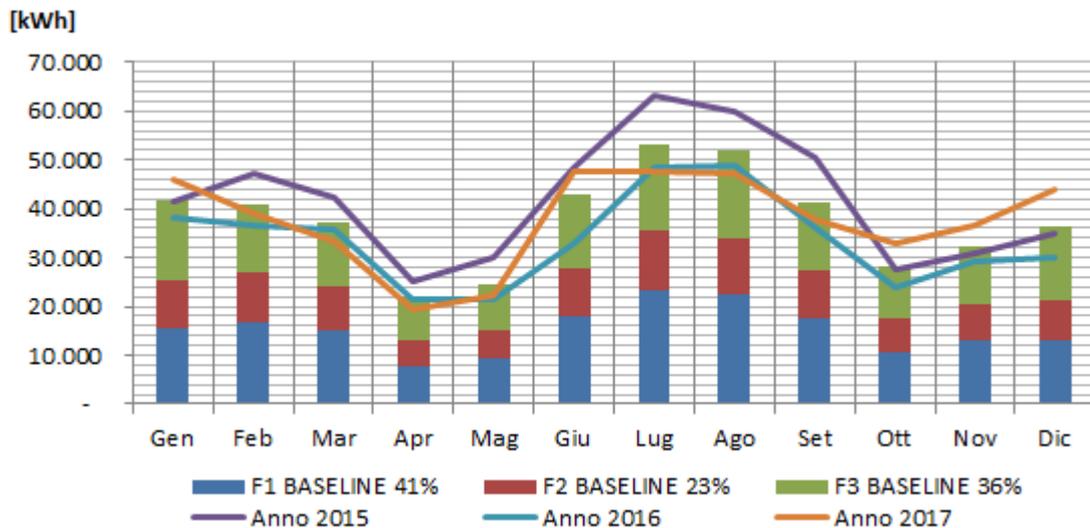
Tali valori sono riportati nella Tabella 5.7.

Tabella 5.7 – Consumi mensili di Baseline

BASELINE	F1	F2	F3	TOTALE
Mese	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gen	15.330	10.156	16.409	41.895
Feb	16.620	10.340	13.939	40.899
Mar	15.240	8.825	13.066	37.131
Apr	7.934	5.057	9.045	22.036
Mag	9.554	5.555	9.346	24.455
Giu	18.178	9.577	15.188	42.943
Lug	23.398	12.348	17.372	53.118
Ago	22.617	11.244	18.067	51.928
Set	17.407	9.813	14.223	41.443
Ott	10.788	6.835	10.531	28.153
Nov	13.052	7.335	11.861	32.248
Dic	13.186	7.892	15.270	36.347
Totale	183.304	104.977	164.315	452.596

L'andamento dei consumi elettrici mensili nel triennio di riferimento e di Baseline è riportato nel grafico in Figura 27.

Figura 27 – Confronto tra i profili mensili elettrici reali e i valori di Baseline per il triennio di riferimento



I profili di prelievo mensili nel triennio di riferimento presentano andamenti formati da una base di consumo a servizio dell'illuminazione, della ventilazione e dell'alimentazione delle utenze di piano, e una quota di consumo variabile con la stagione poiché a servizio della climatizzazione, avente un picco nella stagione estiva.

5.2 Indicatori di performance energetici ed ambientali

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

I fattori di emissione di CO₂ utilizzati sono riportati nella Tabella 5.8 - Fattori di emissione di CO₂. Tabella 5.8.

Tabella 5.8 - Fattori di emissione di CO₂.

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

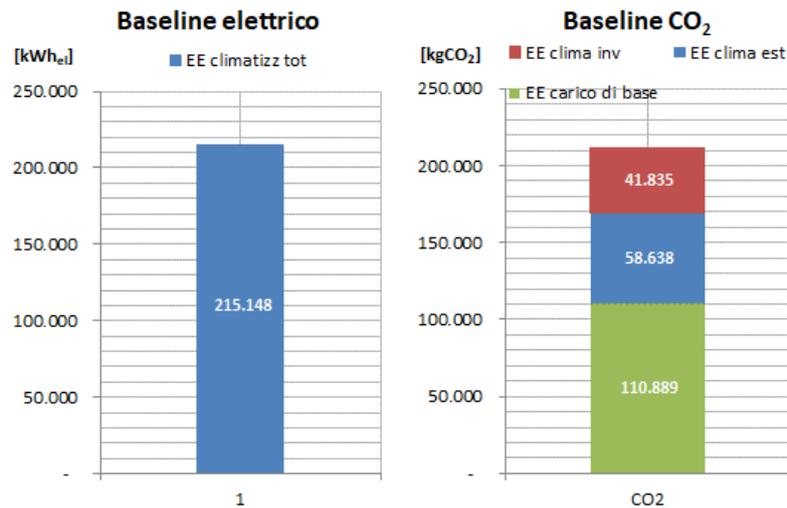
* da "Linee Guida Patto dei Sindaci" per anno 2010

Applicando tali fattori di conversione è stato possibile valutare la Baseline delle emissioni di CO₂, come riportato nella Tabella 5.9 – Baseline delle emissioni di CO₂. e nella Figura 28

Tabella 5.9 – Baseline delle emissioni di CO₂.

COMBUSTIBILE	CONSUMO DI BASELINE	FATTORE DI CONVERSIONE	
	[kWh]	[tCO ₂ /MWh]	[kgCO ₂]
EE carico di base	237.449	0,467	110.889
EE clima estivo	125.564	0,467	58.638

EE clima invernale	89.583	0,467	41.835
--------------------	--------	-------	--------

 Figura 28 – Rappresentazione grafica della Baseline dei consumi e delle emissioni di CO₂.


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

Tabella 5.10 - Fattori di conversione in energia primaria dei vettori energetici

COMBUSTIBILE	F _{P,ren}	F _{P,ren}	F _{P,tot}
Energia elettrica da rete	1,95	0,47	2,42

La valutazione degli indicatori di performance è stata effettuata parametrizzando i consumi reali di Baseline di cui al Capitolo 5, in funzione dei fattori riportati nella Tabella 5.11.

Tabella 5.11 – Fattori di riparametrizzazione

PARAMETRO		VALORE	U.M.
FATTORE 1	Superficie netta riscaldata	4.159	m ²
FATTORE 2	Superficie netta complessiva delle aree interne (riscaldate e non riscaldate)	6.016	m ²
FATTORE 31	Volume lordo complessivo (aree interne riscaldate e non riscaldate)	21.553	m ³

Nella Tabella 5.12 e Tabella 5.13 sono riportati gli indicatori di performance valutati coerentemente con quanto riportato nella sezione 2.5 dell’Allegato 9 – Schede di audit.

Tabella 5.12 – Indicatori di performance calcolati con riferimento all’energia primaria totale

VETTORE ENERGETICO	CONSUMO ENERGETICO DI BASELINE	FATTORE DI CONVERSIONE ENERGIA PRIMARIA TOTALE	CONSUMO DI ENERGIA PRIMARIA TOTALE	INDICATORI DI CONSUMO ENERGIA PRIMARIA TOTALE			INDICATORI AMBIENTALI		
				FATTORE 1	FATTORE 2	FATTORE 3	FATTORE 1	FATTORE 2	FATTORE 3
	[kWh/anno]		[kWh/anno]	[kWh/m ²]	[kWh/m ²]	[kWh/m ²]	[Kg CO ₂ /m ²]	[Kg CO ₂ /m ²]	[Kg CO ₂ /m ²]
EE base	237.449	2,42	574.626	138,2	95,8	18,3	26,66	18,48	3,53
EE clima est	125.564	2,42	303.865	73,1	50,6	9,7	14,10	9,77	1,87
EE clima inv	89.583	2,42	216.792	52,1	36,1	6,9	10,06	6,97	1,33
TOTALE			1.095.283	263	183	35	51	35	7

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

VETTORE ENERGETICO	CONSUMO ENERGETICO DI BASELINE [kWh/anno]	FATTORE DI CONVERSIONE ENERGIA PRIMARIA	CONSUMO DI ENERGIA PRIMARIA [kWh/anno]	INDICATORI DI CONSUMO ENERGIA PRIMARIA			INDICATORI AMBIENTALI		
				FATTORE 1 [kWh/m ²]	FATTORE 2 [kWh/m ²]	FATTORE 3 [kWh/m ²]	FATTORE 1 [Kg CO ₂ /m ²]	FATTORE 2 [Kg CO ₂ /m ²]	FATTORE 3 [Kg CO ₂ /m ²]
EE base	237.449	1,95	463.025	111,3	77,2	14,8	26,66	18,48	3,53
EE clima est	125.564	1,95	244.850	58,9	40,8	7,8	14,10	9,77	1,87
EE clima inv	89.583	1,95	174.688	42,0	29,1	5,6	10,06	6,97	1,33
TOTALE			882.563	212	147	28	51	35	7

Figura 29 – Indicatori di performance e relative emissioni di CO2 valutati in funzione della superficie utile riscaldata

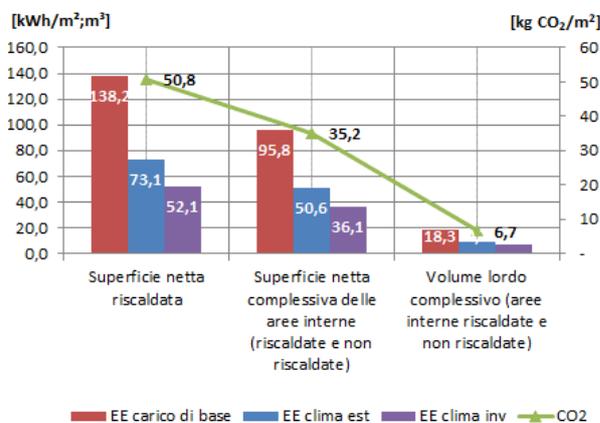
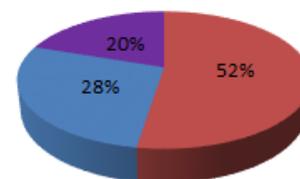
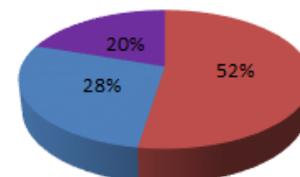


Figura 30 – Ripartizione % dei consumi di energia primaria e delle relative emissioni di CO2

Ripartizione % energia primaria


 Ripartizione % emissioni CO₂


■ EE carico di base ■ EE clima est ■ EE clima inv

Trattandosi di edifici strutture ad uso museo e ufficio, in particolare si sono determinati i due seguenti indici, definiti all'interno del documento "Caratterizzazione dei consumi energetici nazionali delle strutture ad uso ufficio" pubblicato da ENEA nell'ambito della Ricerca per il Sistema Elettrico (Report RSE/2009/121).

Gli indicatori introdotti dal report si basano sui consumi di energia elettrica e termica normalizzati in funzione dei seguenti fattori di aggiustamento:

- Superficie netta riscaldata (S)

La formula definita è sotto riportata:

$$I_e = \frac{\text{Consumo_annuo_EE}}{S}$$

$$I_t = \frac{\text{Consumo_annuo_E.Termica}}{S}$$

Per la zona climatica "C" gli indici individuati dal report sono:

Indice	Valore [kWh/m ²]
I _e	139
I _t	57,6

6 MODELLO DEL FABBISOGNO ENERGETICO

6.1 Metodologia di calcolo adottata e validazione dei modelli di calcolo

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

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

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

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

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

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

INDICE DI PRESTAZIONE ENERGETICA		U.M.	ENERGIA PRIMARIA TOTALE	ENERGIA PRIMARIA NON RINNOVABILE
Globale non rinnovabile	$EP_{gl,nren}$	kWh/mq anno	232,91	175,43
Climatizzazione invernale	EP_H	kWh/mq anno	71,16	45,10
Produzione di acqua calda sanitaria	EP_w	kWh/mq anno	1,23	0,99
Ventilazione	EP_v	kWh/mq anno	45,87	36,97
Raffrescamento	EP_c	kWh/mq anno	66,32	53,44
Illuminazione artificiale	EP_L	kWh/mq anno	45,52	36,68
Trasporto di persone e cose	EP_T	kWh/mq anno	2,80	2,26

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

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

FONTE ENERGETICA UTILIZZATA	CONSUMO energia elettrica tot	CONSUMO ENERGIA PRIMARIA NON RINNOVABILE
	[kWh/anno]	[kWh/anno]
Energia Elettrica	400.278	780.542

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

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

Dove:

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

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

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

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

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

6.1.1 Validazione del modello termico

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

Si è quindi provveduto alla simulazione dei parametri reali di utilizzo dell'edificio considerando le temperature medie estive pari alla media reale degli ultimi 3 anni, poiché il consumo per la climatizzazione estiva non è stato destagionalizzato come quello relativo alla climatizzazione invernale. Si è inoltre considerato un profilo di utilizzo dell'immobile e degli impianti più realistico.

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

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

INDICE DI PRESTAZIONE ENERGETICA		U.M.	ENERGIA PRIMARIA TOTALE	ENERGIA PRIMARIA NON RINNOVABILE
Globale non rinnovabile	$EP_{gl,nren}$	kWh/mq anno	216,0	172,5
Climatizzazione invernale	EP_H	kWh/mq anno	52,6	40,9
Produzione di acqua calda sanitaria	EP_w	kWh/mq anno	1,0	0,8
Ventilazione	EP_v	kWh/mq anno	45,9	37,0
Raffrescamento	EP_c	kWh/mq anno	61,4	49,5
Illuminazione artificiale	EP_L	kWh/mq anno	52,3	42,2
Trasporto di persone e cose	EP_T	kWh/mq anno	2,8	2,3

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

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

FORTE ENERGETICA UTILIZZATA	CONSUMO ENERGIA elettrica	CONSUMO ENERGIA PRIMARIA NON RINNOVABILE
	[kWh/anno]	[kWh/anno]
Energia Elettrica	371.217	723.873

La validazione del modello energetico termico è stata effettuata confrontando il consumo energetico di baseline ($Q_{baseline}$) così come definito al precedente capitolo 0 ed il fabbisogno teorico ($Q_{teorico}$) derivante dalla modellazione energetica.

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

$Q_{teorico}$	$Q_{baseline}$	Congruità
[kWh/anno]	[kWh/anno]	[%]
90.454	89.583	1%

Dall'analisi effettuata è emerso che il modello valutato in "Modalità adattata all'utenza" risulta validato.

6.2.2 Validazione del modello elettrico

La validazione del modello energetico elettrico è stata effettuata confrontando il consumo energetico di baseline ($EE_{baseline}$) così come definito al precedente capitolo 0 ed il fabbisogno teorico ($EE_{teorico}$) derivante dalla modellazione energetica.

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

$EE_{teorico}$	$EE_{baseline}$	Congruità
[kWh/anno]	[kWh/anno]	[%]
349.046	363.013	4%

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

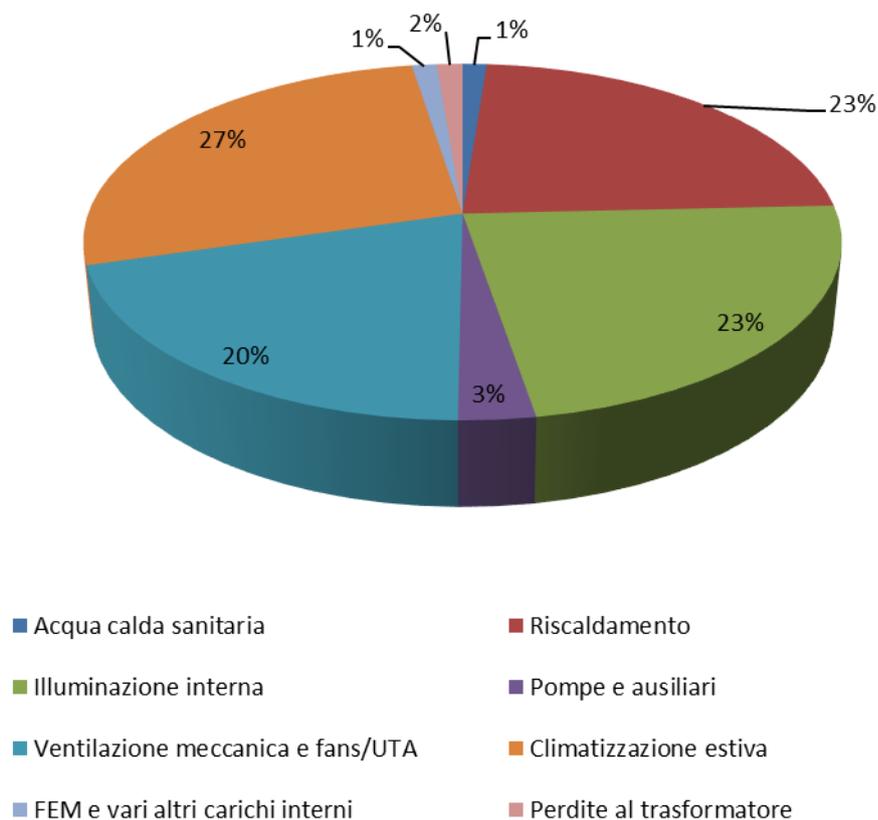
6.2 Fabbisogni Energetici e profili annuali

La creazione di un modello energetico consente di effettuare una più corretta ripartizione dei consumi energetici di Baseline in funzione dei diversi utilizzi presenti all'interno dell'edificio oggetto della DE, sia per i consumi elettrici per riscaldamento che per i soli elettrici. Questi ultimi si ripartiscono in base a:

- Acqua calda sanitaria;
- Illuminazione interna;
- Ventilazione meccanica e UTA;
- FEM e altri carichi interni
- Pompe e ausiliari;
- Climatizzazione estiva;
- Perdite al trasformatore

Di seguito si riportano i profili ottenuti dalla ripartizione dei diversi vettori:

Ripartizione consumi elettrici



Si può notare come il maggior consumo di energia elettrica sia dovuto alla climatizzazione estiva ed invernale, che incidono per il 50% circa sul consumo totale, seguite dall'illuminazione e dalla ventilazione, le quali incidono complessivamente per il 43% circa del consumo elettrico totale.

7 ANALISI DEI COSTI PRE-INTERVENTO

7.1 Costi relativi alla fornitura dei vettori energetici

L'analisi dei costi relativi alla fornitura dei vettori energetici dell'edificio riguarda le annualità per le quali sono stati rilevati i consumi storici, pertanto si assumono come periodo di riferimento gli anni 2015– 2016 – 2017.

7.1.1 Vettore termico

Non è presente fornitura di vettori termici, per questo motivo si è deciso di considerare la quota parte di energia elettrica utilizzata per il riscaldamento.

7.1.2 Vettore elettrico

La fornitura del vettore elettrico avviene tramite 1 POD presente all'interno dell'edificio, come di seguito elencato:

PIANO	CODICE POD	POTENZA IMPEGNATA [kW]
Intero edificio	IT001E00220794	800

Non si dispongono di informazioni relative alle caratteristiche dei contratti di fornitura del vettore elettrico per il triennio di riferimento.

Si dispone unicamente della fattura n. T000066610 emessa il 6 Febbraio 2015, dove si riporta il POD IT001E00220794 e la potenza impegnata di 800 kW, fornitore ENEL.

L'Amministrazione non dispone di sufficienti dati di fatturazione storici per i vari PDR. Per questo motivo si è deciso di assumere come base un prezzo unitario per il kWh elettrico.

A tale scopo si è utilizzato il prezzo trimestrale a partire dai valori di costo forniti dalla Autorità di Regolazione per Energia Reti e Ambiente (ARERA – ex AEEGSI) per il servizio di maggior tutela per l'anno 2017, relativo ai clienti non domestici. In base alla classe e alla tipologia di consumi si è dunque creata una base di costi sostenuti dalla PA per la fornitura dell'energia elettrica, moltiplicando i prezzi trimestrali per i valori di consumo di baseline ottenuti dalle analisi precedentemente illustrate al Cap. 5.

Dividendo la spesa totale sostenuta per il consumo di baseline si è estrapolato un costo unitario base (C_{UE}), pari a **0,199 €/kWh**

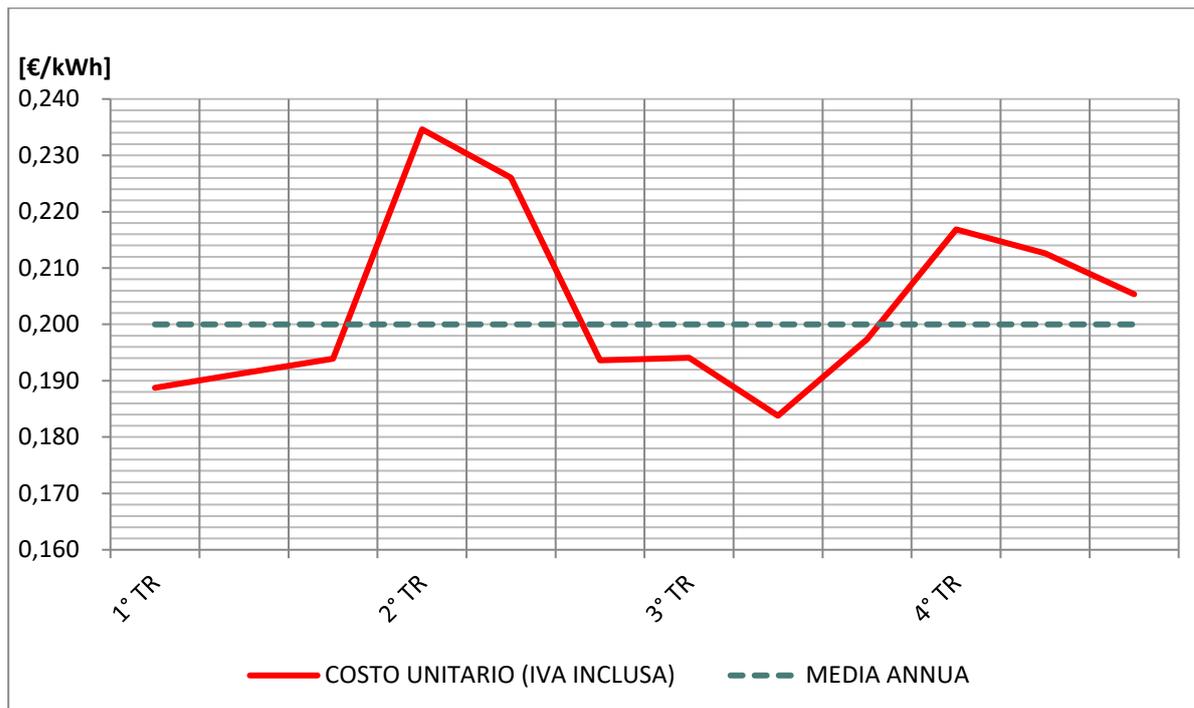
Tabella 7.1 – Andamento del costo del vettore elettrico nell'anno Baseline.

	QUOTA VARIABILE (Materia energia, trasporto e gestione del contatore, oneri di sistema)			TOTALE VARIABILE	QUOTA FISSA ANNUA	TOTALE SPESA ANNUA
	F1	F2	F3			
	€	€	€	€	€	€
Gen	2.245,00 €	1.469,74 €	2.165,98 €	5.880,72 €	2.027 €	-
Feb	2.454,52 €	1.495,24 €	1.849,83 €	5.799,59 €	2.027 €	-
Mar	2.196,01 €	1.265,22 €	1.710,84 €	5.172,07 €	2.027 €	-
Apr	1.149,05 €	748,80 €	1.245,20 €	3.143,05 €	2.027 €	-
Mag	1.384,68 €	826,10 €	1.290,05 €	3.500,82 €	2.027 €	-
Giu	2.709,65 €	1.444,13 €	2.134,86 €	6.288,64 €	2.027 €	-
Lug	3.807,84 €	1.944,71 €	2.528,01 €	8.280,56 €	2.027 €	-
Ago	3.354,20 €	1.669,69 €	2.492,87 €	7.516,76 €	2.027 €	-

Set	2.678,10 €	1.482,12 €	1.991,72 €	6.151,95 €	2.027 €	-
Ott	1.623,89 €	1.020,77 €	1.432,82 €	4.077,48 €	2.027 €	-
Nov	2.054,28 €	1.125,20 €	1.650,20 €	4.829,68 €	2.027 €	-
Dic	2.096,81 €	1.209,78 €	2.130,91 €	5.437,50 €	2.027 €	-
				66.078,84 €	€ 24.324	90.402,36 €

Nel grafico in Figura 31 è riportato l'andamento del costo unitario del vettore elettrico per le mensilità dell'anno 2017 per cui è stato possibile ricavare i costi unitari forniti dall'AEEGSI.

Figura 31 – Andamento del costo unitario del vettore elettrico per il 2017 – dati AEGSI



7.2 STIMA DEI COSTI DI GESTIONE E MANUTENZIONE DI EDIFICIO ED IMPIANTI

I costi destinati alla manutenzione dell'edificio e degli impianti in generale sono stati stimati a partire dai costi unitari dei contratti Consip (SIE 3 e FM4), applicando uno sconto del 50%.

	VOCE	LISTINO SIE3	UNITÀ DI MISURA	SCONTO	PREZZO APPLICATO
CLIMATIZZAZIONE INVERNALE ED	Centrale/Sottocentrale Termica	54,31 €	Euro/centrale/anno	50%	27,15 €
	Generatori di calore con potenzialità superiore a 350kW	275,06 €	Euro/generatore/anno	50%	137,53 €
	Generatori di calore con potenzialità tra 35 e 350kW	215,81 €	Euro/generatore/anno	50%	107,91 €
	Generatori di calore con potenzialità inferiore e a 35kW	91,69 €	Euro/generatore/anno	50%	45,84 €
	Rete di distribuzione del gas	42,31 €	Euro/centrale/anno	50%	21,16 €
	Bruciatori	744,77 €	Euro/bruciatore/anno	50%	372,39 €
	Condotti di fumo	169,27 €	Euro/condotto di fumo/anno	50%	84,63 €

	VOCE	LISTINO SIE3	UNITÀ DI MISURA	SCONTO	PREZZO APPLICATO
	Vaso di espansione chiuso	126,95 €	Euro/vaso/anno	50%	63,47 €
	Organi di sicurezza, di protezione ed indicatori	102,26 €	Euro/organo di sicurezza/anno	50%	51,13 €
	Pompe, circolatori ed acceleratori	249,31 €	Euro/elemento/anno	50%	124,66 €
	Motori elettrici	72,64 €	Euro/motore/anno	50%	36,32 €
	Apparecchiature elettriche	39,50 €	Euro/apparecchiatura elettrica/anno	50%	19,75 €
	Apparecchiature di regolazione automatica a due posizioni	165,75 €	Euro/apparecchiatura/anno	50%	82,88 €
	Scambiatori di calore e riscaldatori	84,63 €	Euro/scambiatore/anno	50%	42,32 €
	Valvolame > 2"	17,63 €	Euro/valvola/anno	50%	8,81 €
	Impianto di trattamento dell'acqua	177,73 €	Euro/impianto di trattamento/anno	50%	88,86 €
	Quadri elettrici di bordo macchina	130,48 €	Euro/quadro/anno	50%	65,24 €
	Impianto di adduzione acqua	84,63 €	Euro/impianto/anno	50%	42,32 €
	Tubazioni rete primaria	0,10 €	Euro/m2 sup. netta/anno	50%	0,05 €
	Centrale Frigorifera	54,31 €	Euro/centrale/anno	50%	27,15 €
	Gruppo frigorifero con compressore a vite	913,33 €	Euro/gruppo frigo/anno	50%	456,66 €
	Gruppo frigorifero centrifugo	860,43 €	Euro/gruppo frigo/anno	50%	430,22 €
	Quadri elettrici di bordo macchina	130,48 €	Euro/quadro/anno	50%	65,24 €
	Unità di Trattamento Aria	1.226,12 €	Euro/U.T.A./anno	50%	613,06 €
	Circuiti aeraulici	1,84 €	Euro/m2 sup. netta servita/anno	50%	0,92 €
	Circuiti idronici	0,85 €	Euro/m2 sup. netta servita/anno	50%	0,43 €
	Piastre radianti e ventilcovettori	1,95 €	Euro/m2 sup. netta servita/anno	50%	0,97 €
	Unità autonome (Split)	124,83 €	Euro/unità autonoma/anno	50%	62,42 €
IMPIANTO ELETTRICO	Cabina MT/BT	155,52 €	Euro/cabina/anno	50%	77,76 €
	Quadro Media Tensione	434,10 €	Euro/quadro/anno	50%	217,05 €
	Comandi e circuiti prese	92,04 €	Euro/cabina/anno	50%	46,02 €
	Impianto di illuminazione normale	64,53 €	Euro/cabina /anno	50%	32,27 €
	Impianto di illuminazione di sicurezza	117,90 €	Euro/cabina/anno	50%	58,95 €
	Impianto di terra	0,04 €	Euro/ m2 sup. netta/anno	50%	0,02 €
	Locale di consegna energia in Bassa Tensione	198,32 €	Euro/locale consegna/anno	50%	99,16 €
	Quadro Generale Bassa Tensione	535,31 €	Euro/QGBT/anno	50%	267,65 €
	Quadri elettrici generali di edificio e sottoquadri di piano e di zona	2,12 €	Euro/m2 sup. netta/anno	50%	1,06 €
	Distribuzione secondaria	1,40 €	Euro/m2 sup. netta/anno	50%	0,70 €
	Impianti di protezione contro le scariche atmosferiche	317,37 €	Euro/edificio protetto/anno	50%	158,69 €

VOCE	LISTINO SIE3	UNITÀ DI MISURA	SCONTO	PREZZO APPLICATO
Impianti di illuminazione esterna	101,56 €	Euro/palo/anno	50%	50,78 €
Impianto telefonico	0,16 €	Euro/m2 sup. netta servita/anno	50%	0,08 €
Impianto citofonico	63,49 €	Euro/impianto/anno	50%	31,74 €

VOCE	LISTINO MIES2	UNITÀ DI MISURA	SCONTO	PREZZO APPLICATO
Servizio di Minuto Mantenimento Edile	1,07 €	euro/m2 sup. lorda/anno	50%	0,54 €

Sulla base delle componenti di impianto presenti e applicando i prezzi unitari della convenzione SIE3, si può stimare un canone annuo per la manutenzione pari a € 4.315 per il solo impianto di climatizzazione.

Per l'impianto elettrico, facendo sempre riferimento ai prezzi unitari della convenzione, si può stimare un canone annuo pari a € 3.873.

Per l'impianto di ventilazione, facendo riferimento ai prezzi unitari della convenzione sie3 (applicando qui uno sconto del 48%), si può stimare un canone annuo pari a € 6.376.

Per il mantenimento edile, facendo sempre riferimento ai prezzi unitari della convenzione, si può stimare un costo per il mantenimento edile di circa € 3.219.

Per gli impianti elevatori, facendo sempre riferimento ai prezzi unitari della convenzione, si può stimare un canone annuo pari a € 1.576.

Per la manutenzione dei terminali di riscaldamento e raffrescamento (ventilconvettori), facendo sempre riferimento ai prezzi unitari della convenzione, si può stimare un canone annuo pari a € 5.338.

OPERAZIONI DI MANUTENZIONE SULL'EDIFICIO	
Descrizione	Costo annuo
1 Manutenzione annua ordinaria e straordinaria impianto di climatizzazione	€ 4.315
2 Manutenzione annua ordinaria e straordinaria impianto elettrico	€ 3.873
3 Manutenzione annua ordinaria impianto UTA	€ 6.376
4 Manutenzione annua ordinaria mantenimento edile	€ 3.219
5 Manutenzione annua ordinaria impianto elevatori	€ 1.576
6 Manutenzione annua ordinaria dei terminali dell'impianto termico (ventilconvettori)	€ 5.338
Totale (O&M)	€ 24.697

Nelle convenzioni CONSIP i servizi relativi alla manutenzione degli impianti e dei fabbricati sono comprensivi della manutenzione ordinaria e straordinaria. Per scorporare le spese si è stimata una quota di straordinaria pari al 10% della spesa totale per la manutenzione.

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

7.3 Tariffe e prezzi vettori energetici utilizzati nell'analisi

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

Ai fini del calcolo della Baseline dei costi si sono pertanto assunti i valori di riportati nella Tabella 7.2.

Tabella 7.2 – Valori di costo individuati per il calcolo della Baseline

DEFINIZIONE		VALORE	U.M.
Costo unitario dell'energia elettrica	Valore relativo all'ultimo anno a disposizione	C _{UEE}	0,199 [€/kWh]

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

7.4 Baseline dei Costi

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

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

Per la componente energetica vale la seguente formula:

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

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

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

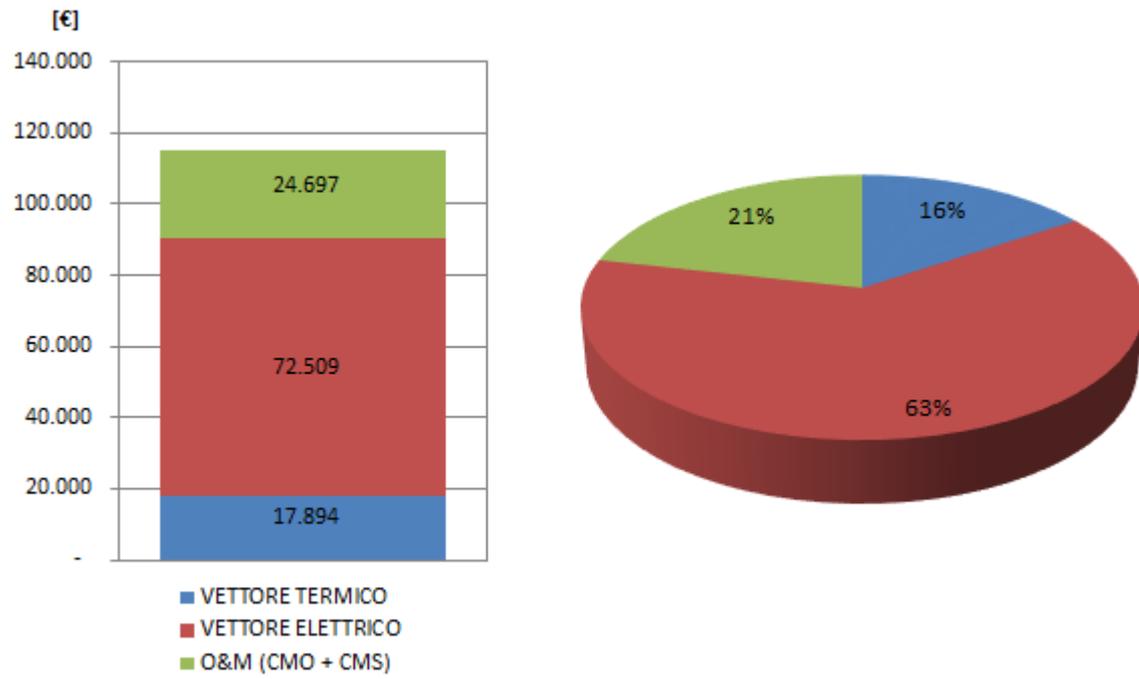
Ne risulta quindi un C_E pari a € 90.402 e un C_{baseline} pari a € 115.099.

Tabella 7.3 – Valori di costo individuati per il calcolo della Baseline

VETTORE ELETTRICO PER RISCALDAMENTO			VETTORE ELETTRICO				O&M (C _{MO} + C _{MS})		TOTALE
Q _{baseline}	Cu _Q	C _Q	EE _{baseline}	Cu _{EE}	C _{EE}	C _M	C _{MO}	C _{MS}	C _Q +C _{EE} +C _M
[kWh]	[€/kWh]	[€]	[kWh]	[€/kWh]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]
89.583	0,200	17.894	363.013	0,200	72.509	24.697	22.227	2.470	115.099

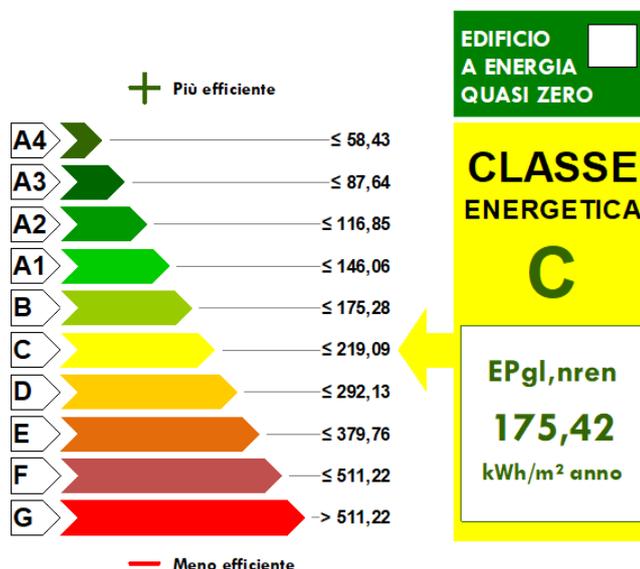
In figura 32 viene invece definita la baseline dei costi e la loro ripartizione: si evince che il 16% viene speso per il riscaldamento (da notare che il vettore termico per questo immobile è sempre l'elettricità, che è stato convertito nell'equivalente termico), il 63% per quello dei consumi elettrici (carico di base + raffrescamento nella stagione estiva) mentre il 21% per la manutenzione regolare e straordinaria degli impianti.

Figura 32 – Baseline dei costi e loro ripartizione



8 IDENTIFICAZIONE DELLE MISURE DI EFFICIENZA ENERGETICA

L'immobile allo stato di fatto appartiene alla classe energetica C.



8.1 ELENCO, Descrizione, fattibilità, prestazioni e costi-benefici dei singoli interventi migliorativi

Nelle tabelle seguenti sono stati individuati una serie di interventi rispondenti in generale alle indicazioni contenute nei documenti di indirizzo dell'Agenzia per la Coesione Territoriale e della direzione generale del comune i Napoli, quale autorità di gestione all'organismo intermedio – autorità urbana, in merito all'azione 2.1.2 "risparmio energetico negli edifici pubblici" dell'asse 2 del PON-METRO:

- Essere conformi alle disposizioni normative di pianificazione/programmazione nazionale, regionale e comunale e coerenti con il piano d'azione per l'energia sostenibile (PAES)
- Prevedere sistemi intelligenti di controllo e gestione degli impianti elettrici e termici
- Garantire un adeguato livello di sostenibilità economico/finanziaria e soddisfacenti livelli di performance dell'intervento in relazione al rapporto risparmio energetico/costo di investimento e in termini di copertura del fabbisogno energetico effettivo;
- Prevedere un adeguato sistema di monitoraggio;
- Garantire qualità ed integrazione dei sistemi di rilevazione/controllo dei consumi;
- Proporre soluzioni tecniche in linea con i più aggiornati standard di mercato;
- Prevedere ove possibile la replicabilità delle operazioni;
- Garantire un miglioramento della classe energetica dell'edificio post-operam
- Prevedere l'installazione di produzione di energia da fonte rinnovabile per autoconsumo;
- Prevedere l'utilizzo di materiali ecosostenibili naturali, il ricorso a verde orizzontale e verticale per incrementare le performance passive e soluzioni di recupero dell'acqua piovana;
- Prevedere il superamento dei requisiti minimi della normativa sul rendimento energetico dell'edilizia.

ELENCO DEGLI INTERVENTI			
CODICE	INTERVENTO	DESCRIZIONE	RISPARMIO POTENZIALE
INV.01	Coibentazione del sottotetto	Riduzione del carico termico invernale ed estivo mediante riduzione delle dispersioni dal solaio superiore (sottotetto) (intradosso o estradosso)	fino al 10% del fabbisogno per la climatizzazione
INV.02	Coibentazione e della copertura	Riduzione del carico termico invernale ed estivo mediante riduzione delle dispersioni dal solaio di copertura (intradosso o estradosso)	fino al 10% del fabbisogno per la climatizzazione
INV.03	Coibentazione delle pareti perimetrali (interna o esterna)	Riduzione del carico termico invernale ed estivo mediante riduzione delle dispersioni dalle pareti perimetrali	fino al 40% del fabbisogno per la climatizzazione
INV.04	Revisione di tutti o parte degli infissi	Rientrano in questa categoria le sostituzioni guaine di isolamento, la sostituzione cerniere e maniglie.	fino al 5% del fabbisogno per la climatizzazione
INV.05	Sostituzione di tutti o parte degli infissi	sostituzione dell'intero infisso con nuovi infissi di trasmittanza conforme al D.M. 26.06.2015 attualmente vigente.	fino al 15% del fabbisogno per la climatizzazione
INV.06	Installazione sistemi di ombreggiamento	Riduzione dei guadagni termici indesiderati, per favorire la dispersione del calore interno nella stagione estiva e ridurre le dispersioni termiche invernali e ottimizzare l'impiego della luce naturale durante tutto l'anno.	fino al 25% del fabbisogno per la climatizzazione estiva
INV.07	Installazione pellicole solari	Riduzione dell'irraggiamento solare incidente sui serramenti e conseguente miglioramento delle condizioni di comfort termico e visivo.	fino al 10% del fabbisogno per la climatizzazione estiva
IMP.TER.01	Intervento sulla distribuzione e dei vettori energetici	Riduzione delle dispersioni termiche attraverso le reti di distribuzione dei fluidi attraverso una coibentazione efficace, migliorando il rendimento di distribuzione.	fino al 5% del fabbisogno per la climatizzazione estiva
IMP.TER.02	Sostituzione del generatore a combustibile con altro ad alta efficienza	Beneficio pari all'incremento netto di efficienza tra il vecchio e il nuovo generatore e per questo la sostituzione è consigliabile quando il rendimento dell'impianto esistente è inferiore ai valori limite (circa 93%).	fino al 10% del fabbisogno per la climatizzazione invernale
IMP.TER.03	Installazione valvole termostatiche/attuatori su radiatori	Controllo puntuale della temperatura all'interno dei locali in cui vengono installati e migliore sfruttamento degli apporti di calore gratuiti. La regolazione locale viene normalmente effettuata con valvole di zona, opportunamente collegate a una centralina di regolazione, oppure con valvole termostatiche.	15-20 % del fabbisogno per la climatizzazione invernale
IMP.TER.04	Installazione /sostituzione pompe di calore ad alta efficienza per riscaldamento	Sostituzione del generatore esistente con una pompa di calore a compressione caratterizzata da una resa energetica elevata e da una riduzione delle emissioni di CO2 provocate dagli impianti termici a combustione. L'intervento se attuato su impianti di tipo idronico a bassa temperatura (tipicamente con terminali a ventilconvettori) assicura risparmi molto alti.	fino al 40% del consumo per la climatizzazione invernale, a seconda del rendimento dell'impianto sostituito
IMP.TER.05	Installazione /sostituzione pompe di calore ad alta efficienza per l'acqua calda sanitaria	Sostituzione di boiler elettrici e del tipo a combustibile fossile con boiler a pompa di calore. L'intervento si applica dove è presente un significativo consumo di acqua calda sanitaria.	fino al 30% del fabbisogno per l'acs
IMP.TER.06	Installazione /sostituzione gruppi frigoriferi ad alta efficienza	Sostituzione della macchina frigorifera esistente con una più efficiente e meno impattante dal punto di vista ambientale. In caso di gruppo frigorifero predisposto al recupero di calore, sarà possibile un ulteriore risparmio di energia sfruttando svariate forme di riscaldamento gratuito.	fino al 60% del consumo per la climatizzazione invernale, a seconda del rendimento dell'impianto sostituito

IMP.TER .07	Installazione di recuperatori di calore su UTA	Recupero del calore disperso in estrazione dalle Unità di Trattamento Aria per riscaldare o raffreddare (a seconda della stagione) l'aria in ingresso. Il beneficio energetico conseguente è generalmente molto alto. L'installazione di recuperatori di calore comporta spese energetiche aggiuntive relative alle maggior perdite di carico che deve sopportare il ventilatore.	fino al 75% del fabbisogno per la climatizzazione
IMP.TER .08	Installazione impianto cogenerativo	Generazione contemporanea di energia termica ed elettrica, nel luogo stesso ove ve ne sia bisogno, a partire dall'energia contenuta in un combustibile. Aumento dell'efficienza dell'impianto, tramite il recupero del calore e la conversione dello stesso in energia termica riutilizzabile, con una riduzione dei consumi di combustibile.	fino al 10% del fabbisogno per riscaldamento e di energia elettrica
IMP.TER .09	Installazione impianto trigenerativo	Generazione contemporanea di energia elettrica e termica in caldo o in freddo, nel luogo stesso ove ve ne sia bisogno, a partire dall'energia contenuta in un combustibile. Il recupero del calore e la conversione dello stesso in energia termica riutilizzabile in impianti di riscaldamento e raffreddamento garantisce una riduzione dei consumi di combustibile.	fino al 10% del fabbisogno per climatizzazione e di energia elettrica
IMP.ELE .01	Installazione apparecchi di illuminazione e ad alta efficienza	La misura prevede la sostituzione delle lampade esistenti con lampade ad alta efficienza con lo scopo di ridurre il consumo di energia per l'illuminazione. Una maggiore efficienza implica una minore potenza e una riduzione del calore emesso in ambiente che consente nel periodo estivo un risparmio di energia per la climatizzazione.	fino al 50% del consumo per l'illuminazione
IMP.ELE .02	Rifasamento automatico (ove assente o scarso)	Riduzione quasi totale delle perdite causate dai carichi elettrici che presentano una caratteristica non puramente resistiva evitando anche l'applicazione di penali da parte del fornitore dell'energia.	Fino al 5% del consumo elettrico
IMP.ELE .03	Sostituzione di apparecchiature con prodotti analoghi a più alta efficienza	Sostituzione degli elettrodomestici esistenti con nuovi sistemi energy saving contrassegnati dalla classe A.	Fino al 15% del consumo elettrico (FEM)
IMP.ELE .04	Installazione motori ad alta efficienza o inverter	Riduzione considerevole del consumo energetico dei motori (sistemi di ventilazione, pompaggio, ecc) che necessitano un funzionamento a regimi variabili.	fino al 40% del fabbisogno di energia elettrica per il servizio specificato
IMP.ELE .05	Installazione di un sistema di sensoristica per illuminazione	Riduzione degli sprechi derivanti dall'illuminazione degli ambienti inoccupati. Con questa strategia si allunga anche il tempo di funzionamento delle lampade, essendo accese solamente quando necessarie.	fino al 10% del fabbisogno per l'illuminazione
RIN.01	Installazione di collettori solari termici per la produzione di acqua calda sanitaria	Installazione di pannelli solari per produzione di acqua calda sanitaria. Gli ambiti di applicazione sono quelli tipicamente interessati da un significativo consumo di acqua calda sanitaria (abitativo e sportivo)	fino al 50 % del fabbisogno necessario alla produzione di ACS
RIN.02	Installazione impianto fotovoltaico	Riduzione dei costi relativi ai consumi elettrici, grazie allo sfruttamento dell'energia solare, gratuita. La possibilità di connettere l'impianto alla rete ottimizza lo sfruttamento dell'energia solare in quanto tutta l'energia elettrica prodotta può essere utilizzata dall'utente oppure essere immessa in rete.	fino al 10% del consumo di energia elettrica

		<ul style="list-style-type: none"> • analisi del sistema di regolazione centrale degli impianti termici dell'edificio; • individuazione delle inefficienze del sistema di regolazione; • progettazione e la realizzazione di un sistema di regolazione in grado di gestire in modo efficiente l'energia; • ridefinizione dei set-points impostati nelle centrali termiche o negli ambienti; • ridefinizione delle zone termiche attraverso opere murarie e di compartimentazione. 	
GEST.01	Ridefinizione Zone Termiche e set-point	<p>Si tratta di una strategia che in funzione dei casi può generare soluzioni diverse. La regolazione comprende non solo i sistemi di controllo (per esempio le apparecchiature elettroniche) ma anche i sensori e gli attuatori. Questa misura, quindi, nelle situazioni più complesse può portare a una revisione completa della centrale tecnologica, mentre in quelle più semplici, legate normalmente alle utenze residenziali, può essere realizzata con impegni tecnici ed economici più limitati. I benefici energetici sono notevoli, in quanto gli sprechi dovuti alle inefficienze dei sistemi di regolazione e di gestione dell'impianto negli edifici esistenti sono notevolmente elevati; in particolare si tratta di benefici ambientali esterni (diminuzione dell'impatto dovuto a un minore uso delle risorse energetiche convenzionali) ed interni (miglioramento del comfort).</p>	fino al 10 %
GEST.02	Campagna di formazione utenti	Promozione di una politica energetica ed ambientale attraverso la promozione di progetti volti alla realizzazione di campagne di informazione ed iniziative di formazione mirate alla sensibilizzazione degli utilizzatori finali, nonché di azioni di orientamento verso forme di risparmio energetico, l'uso e la diffusione di fonti energetiche rinnovabili e l'uso razionale dell'energia.	fino al 5%
GEST.03	Sistema gestione e controllo illuminazione	Gestione dell'impianto di illuminazione artificiale in funzione della luce naturale, evitando di illuminare i locali nei periodi della giornata nei quali l'illuminazione naturale sarebbe sufficiente, migliorando anche il comfort visivo.	fino al 15%
GEST.04	Sistema di regolazione centralizzato	Building Automation: Tutte le funzioni (climatizzazione, ventilazione, controllo accessi, rivelazione incendi, regolazione del flusso luminoso, ecc.) possono essere attivate in modo automatico sulla base delle istruzioni impartite al sistema di gestione centralizzato che, attraverso appositi sensori, è in grado di rilevare le situazioni ed intervenire ottimizzando la gestione energetica e ambientale dell'edificio.	fino al 10%
GEST.05	Gestione stand-by apparati IT (stampanti, telefoni, PC e switch rete)	Installazione di piccoli dispositivi wireless sui carichi elettrici principali che consentono lo spegnimento degli apparati elettrici quando non necessari (notte e week end).	fino al 8%

CODICE	INVESTIMENTO	VITA UTILE	RISPARMIO	CLASSE ENERGETICA	FATTIBILITÀ TECNICA	FATTIBILITÀ NORMATIVA (VINCOLI)	FATTIBILITÀ ECONOMICA (VAN >1)	CONSIGLIATO
INV.01	42.240 €	30	64.461 €	B	SI	SI, previa valutazione della sovraintendenza (vincolo totale)	Conveniente	NO, il sottotetto separa in gran parte zona climatica non riscaldata
INV.02	56.320 €	30	51.569 €	B	SI	SI, previa valutazione della sovraintendenza (vincolo totale)	NON conveniente	NO
INV.03	183.600 €	30	515.687 €	A1	SI	NO	Conveniente	NO
INV.04	18.715 €	20	17.190 €	B	SI	SI, previa valutazione della sovraintendenza (vincolo totale)	NON conveniente	NO, gli infissi sono di recente sostituzione ed in buono stato conservativo
INV.05	179.664 €	20	128.922 €	B	SI	SI, previa valutazione della sovraintendenza (vincolo totale)	NON conveniente	NO
INV.06	18.715 €	20	125.402 €	B	SI	NO	Conveniente	NO, non è possibile modificare i prospetti dell'immobile vincolato

INV.07	29.944 €	10	25.080 €	B	SI	SI, previa valutazione della sovrintendenza (vincolo totale)	NON conveniente	no
IMP.TE R.01	4.000 €	15	32.230 €	B	NO	NO	Conveniente	NO, le tubazioni dell'impianto sono coibentate e in un buono stato manutentivo
IMP.TE R.02	52.000 €	15	64.461 €	B	NO	SI, medesimi posizionamenti ed ingombri	Conveniente	NO
IMP.TE R.03	33.280 €	15	128.922 €	B	NO	SI	Conveniente	NO, perché già presenti
IMP.TE R.04	40.000 €	15	64.461 €	B	SI	SI, medesimi posizionamenti ed ingombri	Conveniente	SI
IMP.TE R.05	600 €	15	1.185 €	B	SI	SI, medesimi posizionamenti ed ingombri	Conveniente	NO, il consumo dell'acqua calda sanitaria è inferiore al 2% del consumo totale
IMP.TE R.06	48.000 €	15	257.844 €	A1	SI	SI, medesimi posizionamenti ed ingombri	Conveniente	SI
IMP.TE R.07	17.160 €	15	386.765 €	A2	NO	NO	Conveniente	NO, sono già presenti
IMP.TE R.08	280.000 €	20	130.644 €	B	NO	SI	NON conveniente	NO
IMP.TE R.09	420.000 €	20	452.012 €	B	NO	SI	NON conveniente	NO
IMP.EL E.01	111.250 €	10	214.870 €	A1	SI	SI	Conveniente	SI
IMP.EL E.02	1.626 €	10	44.806 €	B	NO	SI	Conveniente	NO
IMP.EL E.03	0 €	10	6.464 €	B	SI	SI	Conveniente	Da valutare singolarmente
IMP.EL E.04	1.300 €	15	257.844 €	A1	SI	SI	Conveniente	NO, sono già presenti
IMP.EL E.05	2.080 €	10	21.487 €	B	SI	SI	Conveniente	SI
RIN.01	2.400 €	20	429.739 €	A1	SI	SI, previa valutazione della sovrintendenza (vincolo totale)	Conveniente	NO, il consumo per l'acqua calda sanitaria è inferiore al 2% del consumo totale
RIN.02	30.000 €	20	180.805 €	B	SI	NO	Conveniente	NO
GEST.0 1	7.200 €	20	85.948 €	B	SI	SI	Conveniente	NO, è presente una regolazione per singola zona
GEST.0 2	10.000 €	5	19.905 €	B	SI	SI	Conveniente	SI, ma non è stato inserito come scheda intervento successiva in quanto è sempre consigliabile, indipendentemente dall'immobile

GEST.0 3	20.800 €	10	17.963 €	B	SI	SI	NON conveniente	NO
GEST.0 4	124.800 €	10	111.982 €	B	SI	SI, previa valutazione	NON conveniente	NO
GEST.0 5	2.000 €	10	10.342 €	B	SI	SI, previa valutazione	Conveniente	SI, relativamente all'impianto di illuminazione che rappresenta il consumi maggiore lato utenze elettriche!

Vista la valenza storica dell'immobile ed i vincoli presenti, risulta molto difficile agire sull'involucro edilizio e installare un impianto con fonte energetica rinnovabile (ad esempio un impianto fotovoltaico).

Il consumo relativo alla produzione di ACS è inferiore al 2% del consumo totale dell'immobile, il che rende poco interessante agire sull'efficiamento dell'impianto di produzione di ACS.

È possibile sostituire le lampade presenti con quelle a tecnologia LED e dotarle di sistema di sensoristica per la presenza; è inoltre possibile sostituire il gruppo frigo in pompa di calore presente con uno a più alta efficienza, l'analisi verrà presentata più avanti nel paragrafo relativo agli interventi.

A seguito del sopralluogo effettuato, svolto con l'approfondimento adeguato ai fini delle valutazioni necessarie alla redazione di una Diagnosi Energetica, l'analisi visiva sull'involucro non ha portato a valutare necessarie azioni di manutenzione straordinaria preventiva all'attuazione degli interventi proposti. Eventuali azioni preventive potrebbero tuttavia essere ritenute necessarie in una seconda fase di analisi più approfondita finalizzata alla progettazione preliminare degli interventi.

8.2 Interventi proposti

EEM1: Installazione di illuminazione LED

Rispondenza agli indirizzi tecnici del PON - METRO							
SISTEMI SMART DI CONTROLLO E GESTIONE IMPIANTI	SOSTENIBILITÀ ECONOMICO/FINANZIARIA	ADEGUATO SISTEMA DI MONITORAGGIO	INTEGRAZIONE DEI SISTEMI DI RILEVAZIONE/CONTROLLO CONSUMI	REPLICABILITÀ DELLE OPERAZIONI	MIGLIORAMENTO DELLA CLASSE ENERGETICA	ENERGIA DA FONTE RINNOVABILE	UTILIZZO DI MATERIALI ECOSOSTENIBILI
							

Descrizione

La misura prevede la sostituzione delle lampade esistenti con lampade ad alta efficienza a tecnologia LED con lo scopo di ridurre il consumo di energia per l'illuminazione. Una maggiore efficienza implica, a parità di lumen, una minore potenza e una riduzione del calore emesso in ambiente. Nel periodo estivo tutto questo si traduce anche in un risparmio di energia dell'impianto di climatizzazione.

Figura 33 – Particolare delle lampade in sostituzione



È consigliabile prevedere un progetto illuminotecnico degli spazi, in modo da comprendere come possa essere gestita l'illuminazione in termini di comfort e guidare la scelta degli apparecchi in modo ottimale. In generale, grazie alle prestazioni ottenibili dalle lampade a LED installate in sostituzione, le prestazioni illuminotecniche possono essere mantenute

Si prevede la sostituzione dei corpi illuminanti secondo il criterio della sostituzione puntuale. Ci si assicura inoltre che la potenza delle lampade LED installate sia inferiore al 50% della potenza delle lampade sostituite così da poter accedere al conto termico.

Durante la fase di sopralluogo non è stato possibile accedere a tutti i locali, quindi è stato necessario stimare il reale numero delle lampade, in funzione delle stanze presenti nell'immobile e alla loro destinazione d'uso.

Prestazioni raggiungibili

I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione della EEM1 sono riportati nella tabella seguente.

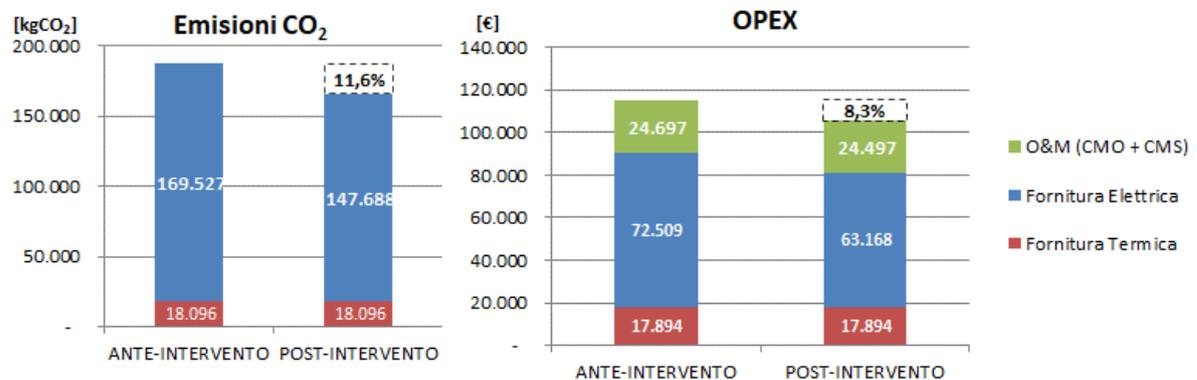
Sono stati considerati anche risparmi relativi alle spese di manutenzione, in quanto, considerando la vita utile delle plafoniere LED proposte (50.000 h di funzionamento) ed un funzionamento pari a 2.500 ore annuali, non sono previste sostituzioni nell'arco della vita utile dell'intervento (8 anni).

Tabella 8.1 – Risultati analisi EEM1 – installazione illuminazione LED

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
EM1 - consumo e.e. Illuminazione	[kWh]	89.931	44.966	50,0%
Q _{baseline}	[kWh]	89.583	89.583	0,0%

EE _{Baseline}	[kWh]	363.013	316.248	12,9%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	18.096	18.096	0,0%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	169.527	147.688	12,9%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	187.623	165.784	11,6%
Fornitura Termica, C _Q	[€]	17.894	17.894	0,0%
Fornitura Elettrica, C _{EE}	[€]	72.509	63.168	12,9%
Fornitura Energia, C_E	[€]	90.402	81.061	10,3%
C _{MO}	[€]	22.227	22.227	0,0%
C _{MS}	[€]	2.470	2.270	8,1%
O&M (C _{MO} + C _{MS})	[€]	24.697	24.497	0,8%
OPEX	[€]	115.099	105.558	8,3%
Classe energetica	[-]	C	B	-

Figura 34 – EEM1: Riduzione dei costi operativi e delle emissioni di CO2 a partire dalla baseline



EEM2: Installazione di sensoristica per la regolazione dell'illuminazione

Rispondenza agli indirizzi tecnici del PON - METRO							
SISTEMI SMART DI CONTROLLO E GESTIONE IMPIANTI	SOSTENIBILITÀ ECONOMICO/ FINANZIARIA	ADEGUATO SISTEMA DI MONITORAGGIO	INTEGRAZIONE DEI SISTEMI DI RILEVAZIONE/ CONTROLLO CONSUMI	REPLICABILITÀ DELLE OPERAZIONI	MIGLIORAMENTO DELLA CLASSE ENERGETICA	ENERGIA DA FONTE RINNOVABILE	UTILIZZO DI MATERIALI ECOSOSTENIBILI
							

Descrizione

La misura prevede l'installazione di un sistema di regolazione dell'impianto di illuminazione con lo scopo di ridurre il consumo di energia limitando lo spreco dovuto all'illuminazione di zone e locali inoccupati.

Si prevede l'installazione in ogni ambiente di un modulo dotato di sensore di presenza e movimento, e di gestione della potenza illuminante con attenuazione e spegnimento della stessa. Questo modulo integrato non necessita di una centralina di controllo e consente di comandare fino a 8 punti luce.

Prestazioni raggiungibili

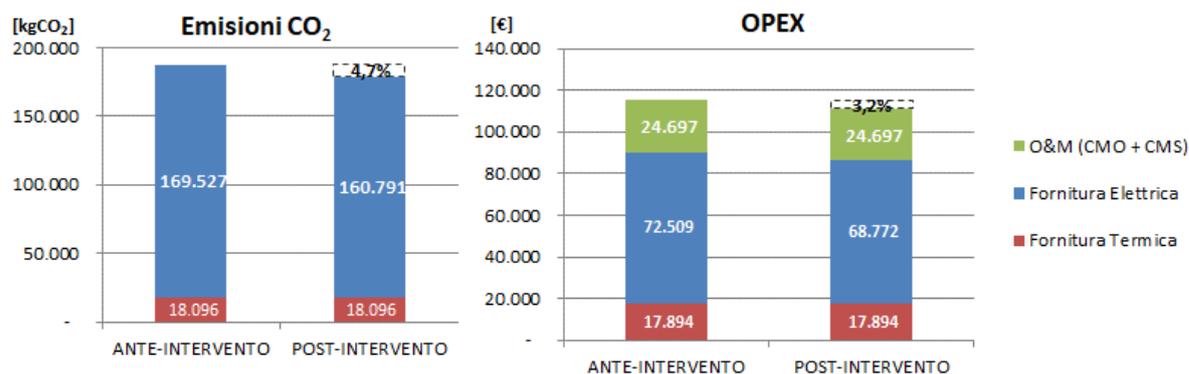
I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione della EEM2 sono riportati nella tabella di seguito.

L'installazione del sistema di sensoristica incide sulla manutenzione poiché permette di avere un utilizzo ridotto degli apparecchi illuminanti, che contribuisce ad allungarne la vita. Tuttavia, l'installazione di nuovi elementi, fa sì che essi necessitino di opere di manutenzione aggiuntiva rispetto allo stato attuale. Questi due effetti si bilanciano col risultato di scarse variazioni sui costi di manutenzione.

Tabella 8.2 – Risultati analisi EEM2 – installazione sensoristica per la regolazione dell'illuminazione

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
EM2 fabbisogno EPL	[kWh]	89.931	71.945	20,0%
Q _{baseline}	[kWh]	89.583	89.583	0,0%
EE _{Baseline}	[kWh]	363.013	344.307	5,2%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	18.096	18.096	0,0%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	169.527	160.791	5,2%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	187.623	178.887	4,7%
Fornitura Termica, C _Q	[€]	17.894	17.894	0,0%
Fornitura Elettrica, C _{EE}	[€]	72.509	68.772	5,2%
Fornitura Energia, C_E	[€]	90.402	86.666	4,1%
C _{MO}	[€]	22.227	22.227	0,0%
C _{MS}	[€]	2.470	2.470	0,0%
O&M (C _{MO} + C _{MS})	[€]	24.697	24.697	0,0%
OPEX	[€]	115.099	111.363	3,2%
Classe energetica	[-]	C	B	-

Figura 35 – EEM1: Riduzione dei costi operativi e delle emissioni di CO2 a partire dalla baseline



EEM3: Sostituzione gruppo frigo in pompe di calore

Rispondenza agli indirizzi tecnici del PON - METRO							
SISTEMI SMART DI CONTROLLO E GESTIONE IMPIANTI	SOSTENIBILITÀ ECONOMICO/ FINANZIARIA	ADEGUATO SISTEMA DI MONITORAGGIO	INTEGRAZIONE DEI SISTEMI DI RILEVAZIONE/ CONTROLLO CONSUMI	REPLICABILITÀ DELLE OPERAZIONI	MIGLIORAMENTI O DELLA CLASSE ENERGETICA	ENERGIA DA FONTE RINNOVABILE	UTILIZZO DI MATERIALI ECOSOSTENIBILI



Descrizione

Figura 36. Esempio di gruppo frigo in pompa di calore

Si è valutata la sostituzione del gruppo frigo in due pompe di calore esistente con altro più efficiente, data l'età dello stesso (anno di installazione 1999) e il rendimento non elevato rispetto ad un modello di più recente tecnologia. Entrambe le pompe di calore, gemelle, servono per il servizio termico di riscaldamento nei mesi invernali e di raffrescamento in quelli estivi.



La misura prevede pertanto la sostituzione delle due vecchie pompe di calore di marca Climaveneta, con due nuove pompe di calore come, ad esempio, offerte dal prezzo DEI 2018 (codice 035003r, o modelli simili) con unità refrigerante variabile R410A a pompa di calore condensata ad aria, ad espansione diretta, dotata di compressori ermetici del tipo scroll ad inverter, variazione automatica e dinamica della temperatura di evaporazione/condensazione del refrigerante, con riscaldamento continuo durante la fase di sbrinamento, alimentazione elettrica 400 V – 3 - 50 Hz, livello medio di rumorosità 54-65 dB(A): potenza frigorifera 118 kW, potenza assorbita 33,3 kW (EER=3,54); potenza termica 131,5 kW, potenza assorbita 28,49 kW (COP=4,62); fino a 64 unità interne collegabili.

Con questo intervento si è calcolato un risparmio per il riscaldamento del 28,4% e per il raffrescamento del 15,62 %.

Prestazioni raggiungibili

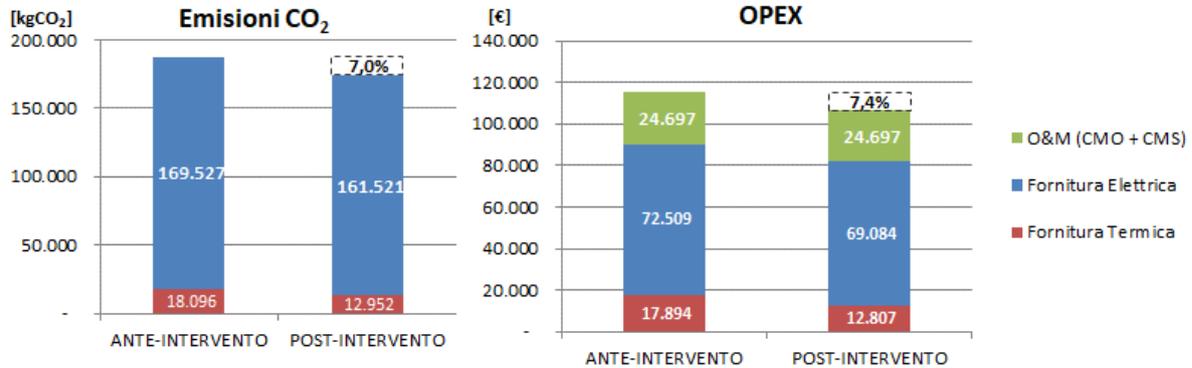
I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione della EEM4 sono riportati nella tabella seguente.

La sostituzione delle macchine presenti con altre nuove e più prestanti influisce in parte sulla manutenzione straordinaria, poiché le nuove macchine saranno certamente meno soggette a guasti rispetto alle precedenti. Tale variazione è stata ritenuta trascurabile rispetto al costo totale di manutenzione, che include tutte quelle operazioni di manutenzione ordinaria, le quali, essendo lo stesso tipo di tecnologia in sostituzione, rimarranno invariate.

Tabella 8.4 – Risultati analisi EEM4 – sostituzione pompe di calore

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
EM4 fabbisogno e.e.	[kWh]	439.501	397.301	9,6%
Q _{baseline}	[kWh]	89.583	64.117	28,4%
EE _{Baseline}	[kWh]	363.013	345.868	4,7%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	18.096	12.952	28,4%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	169.527	161.521	4,7%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	187.623	174.472	7,0%
Fornitura Termica, C _Q	[€]	17.894	12.807	28,4%
Fornitura Elettrica, C _{EE}	[€]	72.509	69.084	4,7%
Fornitura Energia, C_E	[€]	90.402	81.891	9,4%
C _{MO}	[€]	22.227	22.227	0,0%
C _{MS}	[€]	2.470	2.470	0,0%

O&M (C _{Mo} + C _{Ms})	[€]	24.697	24.697	0,0%
OPEX	[€]	115.099	106.588	7,4%
Classe energetica	[-]	C	B	-

 Figura 37 - EEM4: Riduzione dei costi operativi (OPEX) e delle emissioni di CO₂ a partire dalla baseline


8.3 Combinazioni di interventi fattibili e classi energetiche raggiungibili

A seguito dell'analisi dei singoli interventi fattibili, si è valutata la combinazione degli stessi al fine di ottenere il maggior incremento di classe energetica possibile.

Attualmente l'edificio si colloca in classe C di prestazione energetica con un fabbisogno annuo di energia termica primaria non rinnovabile pari a 175 kWh/m².

Tutti gli interventi proposti sono compatibili tra loro, inoltre ogni intervento preso singolarmente è sufficiente per innalzare l'edificio in classe B.

I risultati dell'analisi di compatibilità e miglioramento energetico sono riportati nella tabella seguente:

INTERVENTO	CLASSE RAGGIUNTA
EEM1 + EEM2	B
EEM1 + EEM3	B
EEM2 + EEM3	B
EEM1 + EEM2 + EEM3	A1

Le varie combinazioni degli interventi mostrano come sia possibile arrivare ad una classe energetica superiore rispetto a quella di partenza.

Qualora venissero praticati tutti gli interventi l'edificio si porterebbe in classe A1 con un fabbisogno annuo di energia termica primaria non rinnovabile di 134,54 kWh/m².

9 VALUTAZIONE ECONOMICO-FINANZIARIA

9.1 Analisi dei Costi dei singoli interventi migliorativi considerati fattibili

EEM1: Installazione di illuminazione LED

Nella Tabella 9.1 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM 1, che consiste nella sostituzione dei corpi illuminanti attualmente presenti con corpi illuminanti a LED.

La realizzazione di tale intervento consentirebbe l'ottenimento degli incentivi previsti dal conto termico 2.0 erogati dal GSE (intervento 1.F - art. 4, comma 1, lettera f). Le spese incentivabili per tale intervento prevedono la fornitura e messa in opera dei sistemi di illuminazione, gli adeguamenti dell'impianto elettrico (compresa la messa a norma), lo smontaggio e la dismissione di quanto eventualmente già presente e le prestazioni professionali connesse alla realizzazione.

L'incentivo è stato calcolato secondo le indicazioni fornite del GSE. L'incentivo totale cumulato per gli anni di godimento è pari al 40% delle spese sostenute ammissibili, fermo restando il rispetto di costi massimi unitari e del massimale di incentivo previsto.

$$I_{tot} = 40\% \cdot C \cdot S_{int}$$

con

- $I_{tot} \leq I_{max}$
- I_{tot} : incentivo totale dell'intervento cumulato per l'intera durata, che verrà ripartito e corrisposto in 5 rate annuali costanti, oppure, in un'unica soluzione per gli aventi diritto (le PAe le ESCo che operano per loro conto, ad esclusione delle Cooperative di abitanti e delle Cooperative sociali).
- I_{max} : valore massimo raggiungibile dall'incentivo totale (tabella 5 del Decreto)
- %spesa: percentuale incentivata della spesa totale sostenuta per l'intervento (tabella 5 del Decreto).
- S_{int} : superficie¹² oggetto dell'intervento (m²)
- $C = (\text{spesa sostenuta in } \text{€}) / (\text{superficie oggetto di intervento})$, costo specifico sostenuto
- C_{max} : è il valore massimo di C ed è definito dalla tabella 5 del Decreto. Qualora il costo specifico dell'intervento (C) superi il valore di C_{max} , il calcolo dell'incentivo (I_{tot}) viene effettuato con C_{max}

COSTI MASSIMI UNITARI E MASSIMALI DI INCENTIVO PER INSTALLAZIONE LED		
Tipologia di intervento	Costo massimo ammissibile (C _{max})	Valore massimo dell'incentivo (I _{max}) [€]
Sostituzione di corpi illuminanti comprensivi di lampade per l'illuminazione degli interni e delle pertinenze esterne – installazione di lampade a led	35 €/m ²	70.000 €

Nel caso in cui il costo specifico sostenuto (€/m² di superficie oggetto di intervento) superasse il valore limite di 35€/m², si è calcolato l'incentivo totale in base al valore massimo dello stesso, moltiplicandolo per la superficie oggetto di intervento. Nel caso in cui l'investimento massimo superasse il valore limite, si è considerato come valido quest'ultimo (70.000 €).

Tabella 9.1 – Analisi dei costi della EEM1 – installazione illuminazione LED

DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO	TOTALE (IVA ESCLUSA)	IVA	TOTALE (IVA INCLUSA)
lampade tubolari T8 a Led, alimentazione 230V, attacco G13, fascio luminoso 270°, potenza 18 W, temperatura di colore 4000 K o 6500K, 1930 lm, lunghezza 1,2 m	DEI Imp. Ele. 2018	364	cad	€ 13,05	€ 4.750,00	22%	€ 5.795,24
apparecchio di illuminazione, serie componibile, con corpo base bilampada, per installazione a soffitto e/o a canalina. Corpo base in acciaio, verniciato con trattamento anticorrosivo, contenente l'equipaggiamento elettrico, cablato e rifasato, portalampade ad innesto, IP 20	DEI Imp. Ele. 2018	80	cad	€ 125,48	€ 15.308,56	22%	€ 18.676,44
Lampada a led attacco E 14 o E 27, alimentazione 230 V c.a.: a goccia, smerigliata, fascio luminoso 270°, attacco E 27, dimmerabile: potenza 10 W, temperatura di colore 6500 K, 1.000 lm	DEI Imp. Ele. 2016	100	cad	€ 12,24	€ 1.224,00	22%	€ 1.493,28
Faretto LED, attacco E27, fascio luminoso 30°- 36°, potenza 11,5 W, temperatura di colore 4000 K, 900 lm, PAR30	DEI Imp. Ele. 2018	240	cad	€ 9,01	€ 2.162,40	122%	€ 4.800,53
Costi per la sicurezza	-	4%	%		€ 937,81	22%	€ 1.144,12
Costi progettazione (in % su importo lavori)	-	7%	%		€ 1.641,16	22%	€ 2.002,22
TOTALE (I0 – EEM1)					26.024,13 €	0,35 €	33.911,84 €
Incentivi	[Conto termico]						€ 13.564,73
Durata incentivi							1

EEM2: Installazione di sensoristica per la regolazione dell'illuminazione

Nella Tabella 9.2 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM 2, che consiste nella applicazione di sensori di presenza e movimento per l'impianto di illuminazione.

Tabella 9.2 – Analisi dei costi della EEM2 – Installazione di sensoristica per la regolazione dell'illuminazione

DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO	TOTALE (IVA ESCLUSA)	IVA	TOTALE (IVA INCLUSA)
				[€/n° o €/m²]	[€]	[€]	[€]
Rilevatore di movimento e presenza, fornisce un controllo automatico dell'illuminazione (on/off e dimmerazione), con interfaccia DALI. Dati Tecnici - Corrente di commutazione 10 A, Area di rilevamento (massima altezza di montaggio h=3m): Movimento 8x8m; Presenza 4x4m Numero alimentatori collegabili 8 DALI Regolazione luminosità: 10...800lux Con regolazione della sensibilità Ritardo di spegnimento regolabile da 12 secondi a 35 minuti. Tensione di alimentazione 110.230V AC (50/60Hz) Montaggio in ambienti interni IP40 Intervallo di temperatura -10 - +50 °C Collegamento Terminali Push-in Installazione Controsoffitto soffitto	NP	100	cad	€ 188,20	€ 17.879,00	22%	€ 22.960,40
Costi per la sicurezza	-	4%	%		€ 918,42	22%	€ 1.120,47
Costi progettazione (in % su importo lavori)	-	7%	%		€ 1.607,23	22%	€ 1.960,82
TOTALE (I0 – EEM2)					21.345,64 €		26.041,69 €

EEM3: Sostituzione gruppo frigo in pompe di calore

Nella Tabella 9.3 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM 3, che consiste nella Sostituzione gruppo frigo in pompe di calore.

La realizzazione di tale intervento consentirebbe l'ottenimento degli incentivi previsti dal conto termico 2.0 erogati dal GSE (intervento 2.A - art. 4, comma 2, lettera a). Le spese incentivabili per tale intervento includono lo smontaggio e la dismissione dell'impianto preesistente, la fornitura e la posa in opera di tutte le apparecchiature e dei sistemi di contabilizzazione, le opere idrauliche e murarie necessarie, gli interventi sulla rete di distribuzione e di trattamento dell'acqua e le prestazioni professionali connesse alla realizzazione.

L'incentivo è stato calcolato secondo le indicazioni fornite del GSE sulla base della potenzialità e la tipologia della Pompa di Calore installata e sulla base dell'energia termica prodotta in un anno (definita in funzione del COP, della potenza termica nominale del generatore e di coefficienti di utilizzo dipendenti dalle zone climatiche) e di specifici coefficienti di valorizzazione dell'energia (€/kWht) tabellati.

L'incentivo totale (*Itot*), è costituito dalla sommatoria delle rate annue previste nella tabella A del Decreto; Per generatori con potenza termica utile nominale > 35 kW è pari a:

$$Itot = Ia\ tot * 5$$

Dove:

$$Ia\ tot = Ei * Ci$$

con

Ia tot: incentivo annuo (rata annua) in euro

Ci : coefficiente di valorizzazione dell'energia termica prodotta definito nella seguente tabella 7 del Decreto:

COEFFICIENTI DI VALORIZZAZIONE DELL'ENERGIA TERMICA PRODOTTA <i>Ci</i>				
Tipo di pompa di calore	COP minimo	Denominazione commerciale	Potenza termica utile Pn	Coefficiente <i>Ci</i> (€/kWht)
aria/aria	3,9	split/multisplit	≤ 35 kWt	0,060
			> 35 kWt	0,045
		VRF/VRV	≤ 35 kWt	0,120
			> 35 kWt	0,045

Ei: energia termica incentivata prodotta in un anno, espressa in kWht e calcolata con la seguente relazione:

$$Ei = Qu * [1-1/(COP)]$$

Dove:

COP: coefficiente di prestazione della pompa di calore installata, come dedotto dai dati forniti dal produttore, nel rispetto dei requisiti minimi espressi dalla tabella 3 del Decreto e posto pari al minimo tecnico necessario per l'ottenimento dell'incentivo (3,9)

Qu: calore totale prodotto dall'impianto, espresso in kWht e calcolato come segue con la seguente relazione:

$$Qu = Pn * Quf$$

Con

Pn: potenza termica nominale della pompa di calore installata

Quf: coefficiente di utilizzo della pompa di calore dipendente dalla zona climatica come riportato nella tabella 6 del Decreto. Per la Zona C è pari a 1100 h.

DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZ ATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO UNITARIO	TOTALE (IVA ESCLUSA)	IVA	TOTALE (IVA INCLUSA)
				[€/n° o €/m²]	[€]	[€]	[€]
unità motocondensante esterna a volume (flusso) di refrigerante variabile R410A a pompa di calore condensata ad aria, ad espansione diretta, dotata di compressori ermetici del tipo scroll ad inverter, variazione automatica e dinamica della temperatura di evaporazione/condensazione del refrigerante, riscaldamento continuo durante la fase di sbrinamento, alimentazione elettrica 400 V - 3 - 50 Hz, livello medio di rumorosità 54-65 dB(A); potenza frigorifera 118 kW, potenza assorbita 33,3 kW (EER=3,54); potenza termica 131,5 kW, potenza assorbita 28,49 kW (COP=4,62); fino a 64 unità interne collegabili.	prezzario DEI 2018 (impianti tecnologici)	2	cad	€ 40.676,32	€ 81.352,64	22%	€ 99.250,22
Sola posa in opera di accessori per impianti di termoregolazione compresi collegamenti elettrici: sonde in genere	Prezzario Regione Campania	1	cad	€ 120,60	€ 120,60	22%	€ 147,13
Interruttore orario digitale modulare per la programmazione settimanale a due canali	Prezzario Regione Campania	1	cad	€ 146,74	€ 146,74	22%	€ 179,02
Sonde di temperatura e umidità: sola temperatura, per impianti civili e industriali per esterno	Prezzario Regione Campania	1	cad	€ 76,47	€ 76,47	22%	€ 93,29
Opere edili Operaio Qualificato	Prezzario Regione Campania	15	h	€ 34,41	€ 516,15	22%	€ 629,70
Impianti Elettrici Idraulici Riscaldamento Installatore 4° cat. ex operaio specializzato	Prezzario Regione Campania	40	h	€ 31,88	€ 1.275,20	22%	€ 1.555,74
Trasporto a scarica o a centro di riciclaggio di materiali di risulta provenienti da scavi e/o demolizioni, misurato su autocarro in partenza, esclusi gli eventuali oneri di scarica o smaltimento, eseguito con piccolo mezzo di trasporto con capacità di carico fino a 3 t. per ogni chilometro del tratto oltre i primi 5 km e fino al decimo km.	Prezzario Regione Campania	100	m³km	€ 4,72	€ 472,00	22%	€ 575,84
Noleggio autogru della portata fino a 30 t	Prezzario Regione Campania	3	h	€ 133,61	€ 400,83	22%	€ 489,01
Costi sicurezza			cad		€ 3.374,43	22%	€ 4.116,80
TOTALE (I₀- EEM1)					€ 87.735	22%	€ 107.036,77
Incentivi	Conto termico						€ 42.814,71
Durata incentivi							1

9.2 Analisi di Convenienza dei singoli interventi migliorativi considerati fattibili

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

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

Gli indicatori economici d'investimento utilizzati sono:

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

Essi sono così definiti:

1) Tempo di ritorno semplice (TRS):

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

Dove:

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

2) Tempo di ritorno attualizzato (TRA):

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

Dove:

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

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

Dove:

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

3) Valore Attuale Netto (VAN) del progetto:

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

Dove:

- n sono gli anni di vita tecnica per la tecnologia di ciascuna EEM, o 20 anni per gli scenari;

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

5) Indice di Profitto (IP):

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

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

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

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

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

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

Il dettaglio dei calcoli è riportato all' Allegato 1 – Elaborati.

EEM1: Installazione illuminazione LED

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

Tabella 9.3 – Risultati dell'analisi di convenienza della EEM1– Installazione di illuminazione LED

PARAMETRO FINANZIARIO		U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	I_0	€	33.912
Oneri Finanziari % I_0	OF	[%]	3,0%
Aliquota IVA	%IVA	[%]	22,0%
Anno recupero erariale IVA	n_{IVA}	anni	3
Vita utile	n	anni	8
Incentivo annuo	B	€/anno	13.565
Durata incentivo	n_B	anni	1
Tasso di attualizzazione	i	[%]	3,5%
INDICE FINANZIARIO DI PROGETTO		VALORE SENZA INCENTIVI	VALORE CON INCENTIVI
Tempo di rientro semplice	TRS	3,6	2,0
Tempo di rientro attualizzato	TRA	4,2	2,6
Valore attuale netto	VAN	19.858	32.901
Tasso interno di rendimento	TIR	18,5%	32,9%
Indice di profitto	IP	0,59	0,97

I flussi di cassa rappresentativi dell'analisi sono riportati nelle Figura 38 e Figura 39.

Figura 38 –EEM1: Flussi di Cassa, con e senza incentivi

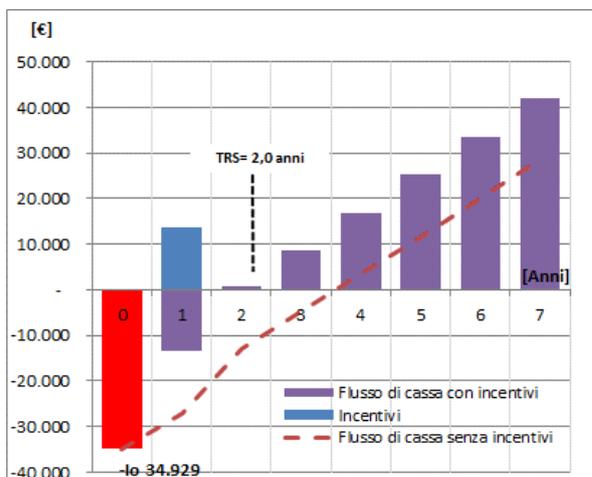
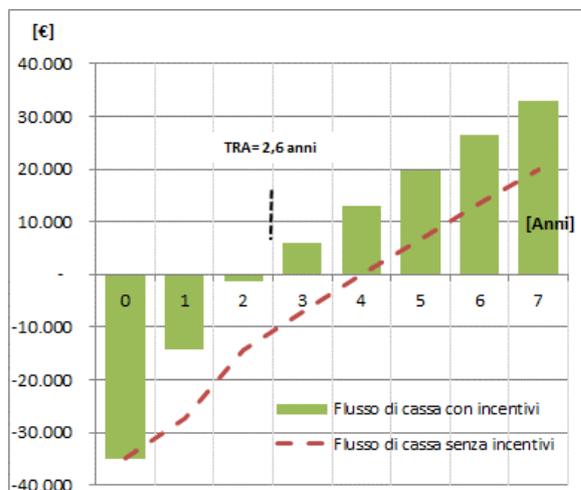


Figura 39 – EEM1: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



Dall'analisi effettuata è emerso che l'investimento risulta buono e compatibile con la vita utile dello stesso, con un tempo di ritorno inferiore ai 7 anni.

EEM2: Installazione di sensoristica per la regolazione dell'illuminazione

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

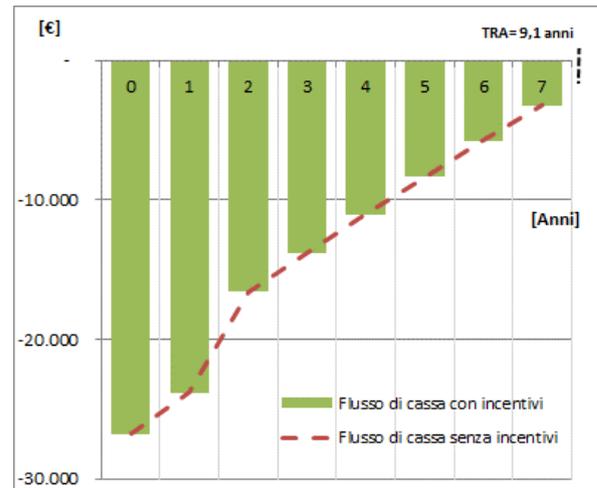
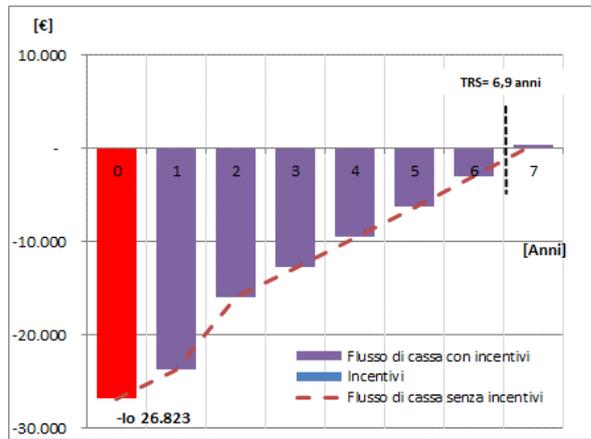
Tabella 9.4 – Risultati dell'analisi di convenienza della EEM2– Installazione di sensoristica per la regolazione dell'illuminazione

PARAMETRO FINANZIARIO	U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	I_0	€ 26.042
Oneri Finanziari % I_0	OF	3,0%
Aliquota IVA	%IVA	22,0%
Anno recupero erariale IVA	n_{IVA}	3
Vita utile	n	8
Incentivo annuo	B	€/anno -
Durata incentivo	n_B	5
Tasso di attualizzazione	i	3,5%
INDICE FINANZIARIO DI PROGETTO		
Tempo di rientro semplice	TRS	6,9
Tempo di rientro attualizzato	TRA	9,1
Valore attuale netto	VAN	-3.229 €
Tasso interno di rendimento	TIR	0,4%
Indice di profitto	IP	-0,12

I flussi di cassa rappresentativi dell'analisi sono riportati nelle Figura 38 e Figura 41.

Figura 40 –EEM2: Flussi di Cassa, con e senza incentivi

Figura 41 – EEM2: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



Dall'analisi effettuata è emerso che l'investimento non risulta buono e compatibile con la vita utile dello stesso, in quanto presente un tempo di ritorno economico di 9 anni.

EEM3: Sostituzione gruppo frigo in pompe di calore

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

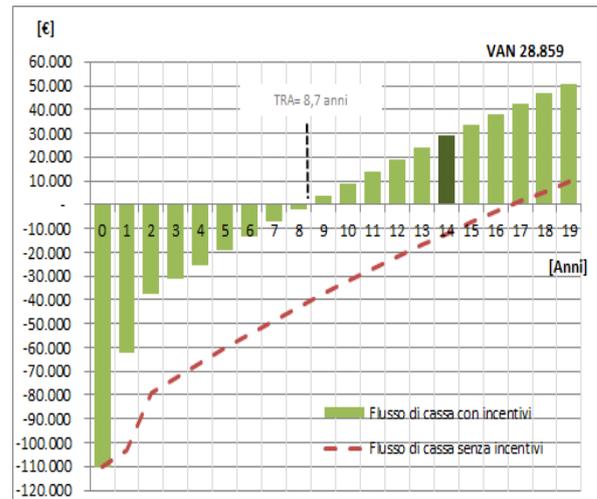
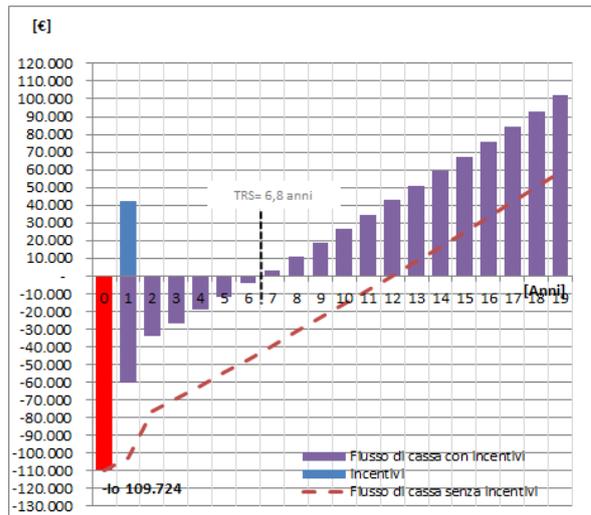
Tabella 9.5 – Risultati dell'analisi di convenienza della EEM4– Sostituzione pompe di calore

PARAMETRO FINANZIARIO	U.M.	VALORE	
Investimento Iniziale	Io	€ 107.037	
Oneri Finanziari %Io	OF	3,0%	
Aliquota IVA	%IVA	22,0%	
Anno recupero erariale IVA	n _{IVA}	3 anni	
Vita utile	n	20 anni	
Incentivo annuo	B	€42.815/anno	
Durata incentivo	n _B	1 anni	
Tasso di attualizzazione	i	3,5%	
INDICE FINANZIARIO DI PROGETTO	VALORE SENZA INCENTIVI	VALORE SENZA INCENTIVI	
Tempo di rientro semplice	TRS	12,1	6,8
Tempo di rientro attualizzato	TRA	16,8	8,7
Valore attuale netto	VAN	9.654 €	50.822 €
Tasso interno di rendimento	TIR	5,1%	11,8%
Indice di profitto	IP	0,09	0,47

I flussi di cassa rappresentativi dell'analisi sono riportati nelle figure 42 e 43.

Figura 42 –EEM3: Flussi di Cassa, con e senza incentivi

Figura 43 – EEM3: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



Sintesi

La sintesi della valutazione economico – finanziaria delle EEM proposte è riportata nelle Tabella 9.6

Tabella 9.6 – Sintesi dei risultati della valutazione economico-finanziaria, caso CON incentivi

CON INCENTIVI												
	% Δ_E	% Δ_{CO_2}	Δ_{CE}	$\Delta_{C_{MO}}$	$\Delta_{C_{MS}}$	I_0	TRS	TRA	n	VAN	TIR	IP
	[%]	[%]	[€/anno]	[€/anno]	[€/anno]	[€]	[anni]	[anni]	[anni]	[€]	[%]	[-]
EEM 1	10%	12%	9.341 €	0 €	0 €	33.912 €	1,96	2,56	8	32.901 €	33%	0,97
EEM 2	4%	5%	3.736 €	0 €	0 €	26.042 €	6,91	9,09	8	-3.229 €	0%	0,12
EEM 3	9%	7%	8.511 €	0 €	0 €	107.037 €	6,81	8,71	20	50.822 €	12%	0,47
SCN 1	20%	19%	17.852 €	0 €	0 €	140.949 €	4,60	5,00	15	146.593 €	19%	1,04
SCN 2	24%	23%	21.588 €	0 €	0 €	166.990 €	4,83	5,78	16	21.290 €	9%	0,13

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

- % Δ_E è il valore percentuale di riduzione dei consumi energetici rispetto al baseline energetico complessivo (termico + elettrico);
- % Δ_{CO_2} è il valore percentuale di riduzione delle emissioni di CO2 rispetto al baseline dell'emissioni complessivo (termico + elettrico);
- Δ_{CE} è il risparmio economico annuo attribuibile alla riduzione dei consumi energetici (termico + elettrico); assume valori positivi;
- $\Delta_{C_{MO}}$ è la variazione di costo annuo attribuibile al nuovo costo per la gestione e la manutenzione ordinaria; assume valori positivi per un decremento e valori negativi per un incremento;
- $\Delta_{C_{MS}}$ è la variazione di costo annuo attribuibile al nuovo costo previsto per la manutenzione straordinaria; assume valori positivi per un decremento e valori negativi per un incremento;
- I_0 è il valore dell'investimento iniziale per la realizzazione dell'intervento;

9.3 Identificazione delle soluzioni integrate d'intervento e scenari d'investimento

A seguito dell'analisi delle singole misure di efficienza energetica è stato possibile la definizione di due scenari ottimali a partire dalla combinazione delle singole EEM proposti, di cui sia stata accertata la

fattibilità tecnica ed economica, che consentano un miglioramento del parametro di efficienza energetica dell'edificio.

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

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

- Scenario ottimale A, (SCNA), per il quale è verificato il miglior rapporto qualità/prezzo;
- Scenario ottimale B, (SCNB), per il quale è verificato la migliore performance energetica senza tralasciare la convenienza economica dello stesso.

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

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

- **Scenario A: Installazione lampade LED e Sostituzione pompe di calore:** Tale scenario consiste nell'installazione di lampade a tecnologia LED e nella sostituzione delle due pompe di calore.
- **Scenario B: Scenario A + sensori per l'illuminazione:** Tale scenario consiste nella realizzazione degli interventi già previsti per lo scenario A, in aggiunta ai quali si inserisce un sistema di sensori di rilevamento a sostegno dell'impianto di illuminazione.

Scenario A: Installazione lampade LED e Sostituzione gruppo frigo in pompe di calore

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

Tabella 9.7 – Combinazione di EEM proposta per lo scenario A

VOCE INVESTIMENTO	TOTALE (IVA ESCLUSA)	IVA AL 22%	TOTALE (IVA INCLUSA)
	[€]	[€]	[€]
EEM1	27.797 €	22%	33.912 €
EEM3	87.735 €	22%	107.037 €
TOTALE (I₀)	115.532 €		140.949 €
VOCE INCENTIVO	DESCRIZIONE	TOTALE (IVA INCLUSA)	
		[€]	
Incentivi	Conto termico	56.379	
Durata incentivi		1	

I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione dello Scenario A sono riportati nella Tabella 9.8 e nella Figura 44

Tabella 9.8 – Risultati analisi SCN-A – Installazione impianto fotovoltaico e sostituzione pompe di calore

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE %
EM1 + EM3 fabbisogno EPL	[kWh]	439.501	352.336	19,8%
Q _{teorico}	[kWh]	90.454	64.740	28,4%
EE _{teorico}	[kWh]	349.046	287.596	17,6%
Q _{baseline}	[kWh]	89.583	64.117	28,4%
EE _{baseline}	[kWh]	363.013	299.104	17,6%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	18.096	12.952	28,4%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	169.527	139.681	17,6%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	187.623	152.633	18,6%
Fornitura Termica, C _q	[€]	17.894	12.807	28,4%
Fornitura Elettrica, C _{EE}	[€]	72.509	59.743	17,6%
Fornitura Energia, C_E	[€]	90.402	72.550	19,7%
C _{MO}	[€]	22.227	22.227	0,0%
C _{MS}	[€]	2.470	2.470	0,0%
O&M (C _{MO} + C _{MS})	[€]	24.697	24.697	0,0%
OPEX	[€]	115.099	97.247	15,5%
Classe energetica	[-]	C	B	+ 1 classe-

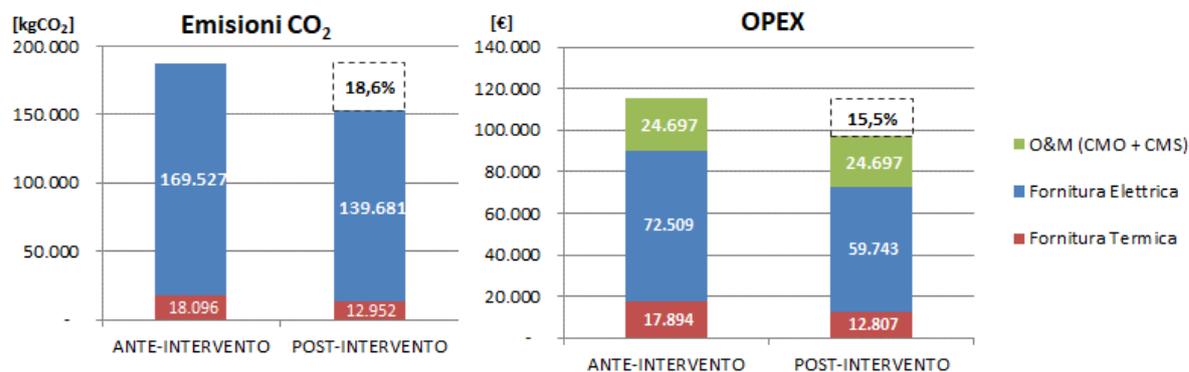
 Figura 44 - SCN1: Riduzione dei costi operativi (OPEX) e delle emissioni di CO₂ a partire dalla baseline


Tabella 9.9 – Risultati dell'analisi di convenienza dello SCN-A– Installazione lampade LED e Sostituzione pompe di calore

PARAMETRO FINANZIARIO	U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	I ₀	€ 140.949
Oneri Finanziari %I ₀	OF	3,0%
Aliquota IVA	%IVA	22,0%
Anno recupero erariale IVA	n _{IVA}	3 anni
Vita utile	n	20 anni
Incentivo annuo	B	€/anno 56.379
Durata incentivo	n _B	1 anni
Tasso di attualizzazione	i	3,5%
INDICE FINANZIARIO DI PROGETTO		VALORE SENZA INCENTIVI
Tempo di rientro semplice	TRS	7,8
Tempo di rientro attualizzato	TRA	9,7
		VALORE CONINCENTIVI
		4,6
		5,0

Valore attuale netto	VAN	92.382 €	146.593 €
Tasso interno di rendimento	TIR	11,1%	18,9%
Indice di profitto	IP	0,66	1,04

I flussi di cassa rappresentativi dell'analisi sono riportati nelle Figura 3845 e Figura 3946.

Figura 45 –SCN-A: Flussi di Cassa, con e senza incentivi

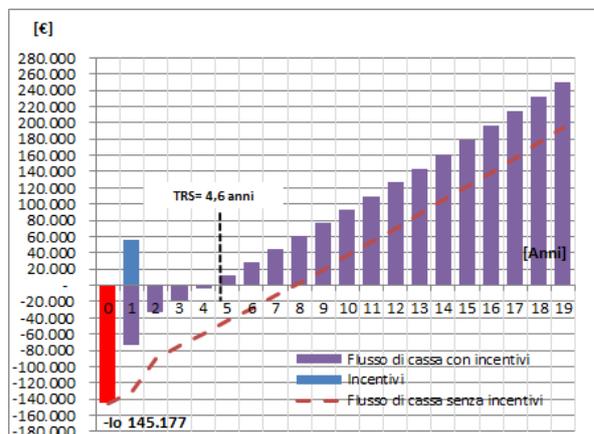


Figura 46 – SCN-A: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi

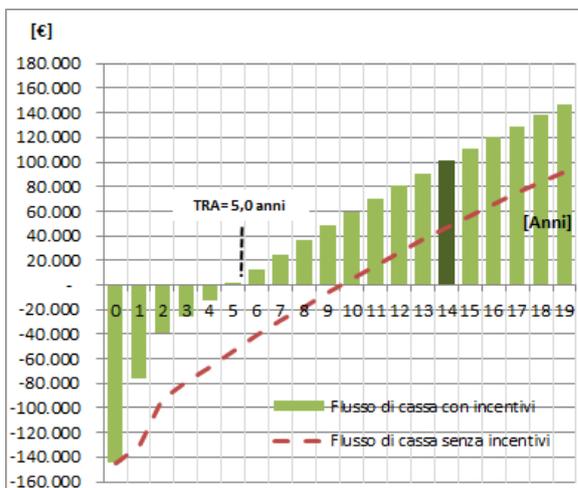


Tabella 10 - flussi di cassa annuali dello SCN-A

Anno	CAPEX			RICAVI		Flusso di cassa con incentivi				
	Io	OF	Rimborso IVA	INCENTIVI	RISPARMI OPEX	Fattore di annualità	FCFO	FCC	FCA	FCCA
0	-140.949	-4.228	-			1,000	-145.177	-145.177	-145.177	-145.177
1			-	56.379	14.809	0,962	71.188	-73.989	68.450	-76.727
2			25.417	-	14.987	0,925	40.404	-33.584	37.356	-39.371
3			-	-	15.168	0,889	15.168	-18.417	13.484	-25.887
4			-	-	15.350	0,855	15.350	-3.067	13.121	-12.765
5			-	-	15.535	0,822	15.535	12.468	12.769	3
6			-	-	15.722	0,790	15.722	28.190	12.425	12.428
7			-	-	15.911	0,760	15.911	44.101	12.091	24.519
8			-	-	16.103	0,731	16.103	60.204	11.766	36.285
9			-	-	16.296	0,703	16.296	76.500	11.450	47.735
10			-	-	16.492	0,676	16.492	92.992	11.142	58.877
11			-	-	16.691	0,650	16.691	109.683	10.842	69.719
12			-	-	16.892	0,625	16.892	126.575	10.551	80.269
13			-	-	17.095	0,601	17.095	143.670	10.267	90.536
14			-	-	17.301	0,577	17.301	160.971	9.991	100.527
15			-	-	17.509	0,555	17.509	178.480	9.722	110.249
16			-	-	17.720	0,534	17.720	196.200	9.461	119.710
17			-	-	17.933	0,513	17.933	214.133	9.206	128.916
18			-	-	18.149	0,494	18.149	232.282	8.959	137.875
19			-	-	18.367	0,475	18.367	250.649	8.718	146.593

Scenario B: Scenario A + sensori per l'illuminazione

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

Tabella 9.11 – Combinazione di EEM proposta per lo scenario B

VOCE INVESTIMENTO	TOTALE (IVA ESCLUSA)	IVA AI 22%	TOTALE (IVA INCLUSA)
	[€]	[€]	[€]
EEM1	27.797 €	22%	33.911,84 €
EEM2	21.345,65 €	22%	26.041,70 €
EEM3	87.735 €	22%	107.037 €
TOTALE (I₀)	136.877 €		166.990,30 €
VOCE INCENTIVO	DESCRIZIONE	TOTALE (IVA INCLUSA)	
		[€]	
Incentivi	Conto termico	56.379 €	
Durata incentivi		1	

I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione dello Scenario B sono riportati nella Tabella 9.813 e nella Figura 4447

Tabella 9.12 – Risultati analisi SCN-B – Scenario A + sensori per l'illuminazione

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE %
EM1 + 2 + 3 fabbisogno EPL	[kWh]	439.501	334.350	23,9%
Q _{baseline}	[kWh]	89.583	64.117	28,4%
EE _{baseline}	[kWh]	363.013	280.398	22,8%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	18.096	12.952	28,4%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	169.527	130.946	22,8%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	187.623	143.897	23,3%
Fornitura Termica, C _Q	[€]	17.894	12.807	28,4%
Fornitura Elettrica, C _{EE}	[€]	72.509	56.007	22,8%
Fornitura Energia, C_E	[€]	90.402	68.814	23,9%
C _{MO}	[€]	22.227	22.227	0,0%
C _{MS}	[€]	2.470	2.470	0,0%
O&M (C _{MO} + C _{MS})	[€]	24.697	24.697	0,0%
OPEX	[€]	115.099	93.511	18,8%
Classe energetica	[-]	C	A1	+ 2 classi

Figura 47 - SCN1: Riduzione dei costi operativi (OPEX) e delle emissioni di CO₂ a partire dalla baseline

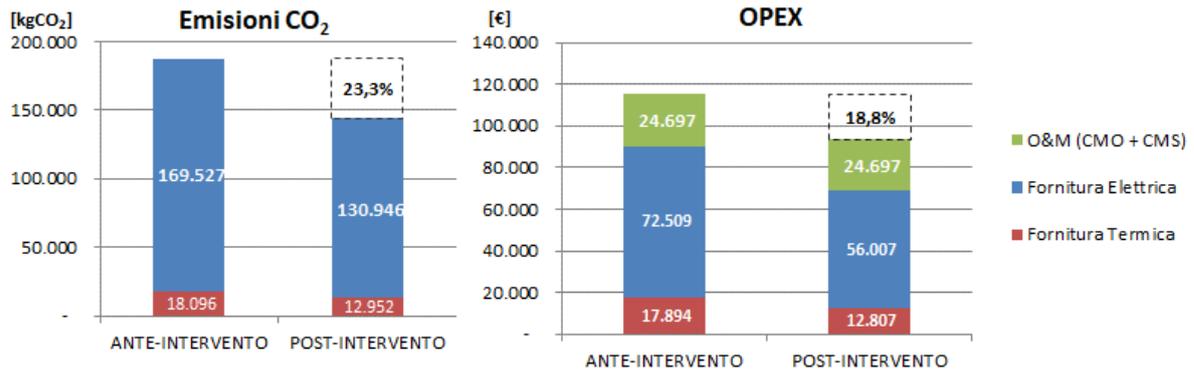


Tabella 9.13 – Risultati dell’analisi di convenienza dello SCN-A– Installazione di illuminazione LED e sensoristica

PARAMETRO FINANZIARIO	U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	I_0	€ 166.990,30
Oneri Finanziari % I_0	OF	3,0%
Aliquota IVA	%IVA	22,0%
Anno recupero erariale IVA	n_{IVA}	3
Vita utile	n	20
Incentivo annuo	B	€/anno 56.379
Durata incentivo	n_B	1
Tasso di attualizzazione	i	3,5%

INDICE FINANZIARIO DI PROGETTO	VALORE SENZA INCENTIVI	VALORE CON INCENTIVI
Tempo di rientro semplice	TRS 7,7	4,8
Tempo di rientro attualizzato	TRA 9,5	5,8
Valore attuale netto	VAN 114.702 €	168.913 €
Tasso interno di rendimento	TIR 11,4%	17,7%
Indice di profitto	IP 0,69	1,01

I flussi di cassa rappresentativi dell’analisi sono riportati nelle Figure 48 e 49.

Figura 48 –SCN-A: Flussi di Cassa, con e senza incentivi

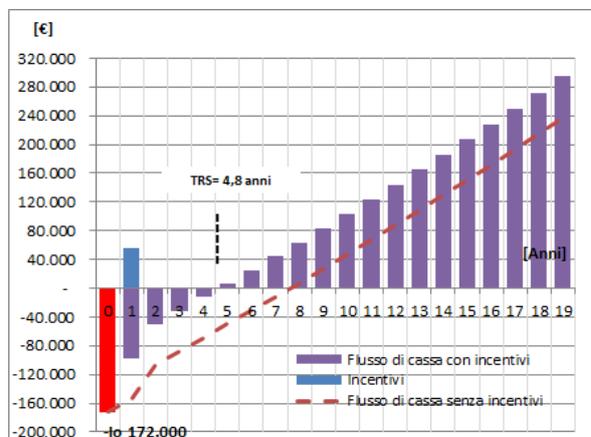


Figura 49 – SCN-A: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi

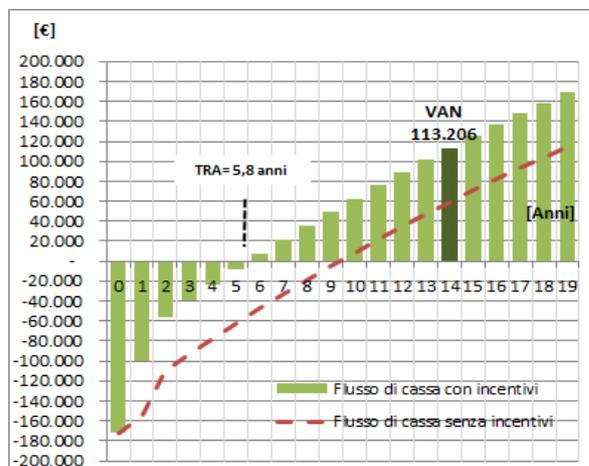


Tabella 14 - flussi di cassa annuali dello SCN-B

Anno	CAPEX			RICAVI			Flusso di cassa con incentivi			
	Io	OF	Rimborso IVA	INCENTIV	RISPARMI OPEX	Fattore di annualità	FCFO	FCC	FCA	FCCA
0	-166.990	-5.010	-			1,000	172.000	-	-172.000	-172.000
1			-	56.379	17.908	0,962	74.288	-97.712	71.431	-100.569
2			30.113		18.124	0,925	48.237	-49.475	44.598	-55.972
3			-		18.342	0,889	18.342	-31.133	16.306	-39.665
4			-		18.563	0,855	18.563	-12.570	15.868	-23.798
5			-		18.786	0,822	18.786	6.216	15.441	-8.357
6			-	-	19.012	0,790	19.012	25.228	15.026	6.669
7			-	-	19.241	0,760	19.241	44.470	14.622	21.290
8			-		19.473	0,731	19.473	63.942	14.229	35.519
9			-		19.707	0,703	19.707	83.649	13.846	49.365
10			-		19.944	0,676	19.944	103.594	13.474	62.839
11			-		20.184	0,650	20.184	123.778	13.111	75.950
12			-		20.427	0,625	20.427	144.205	12.759	88.709
13			-		20.673	0,601	20.673	164.878	12.416	101.124
14			-		20.922	0,577	20.922	185.800	12.082	113.206
15			-		21.174	0,555	21.174	206.974	11.757	124.963
16			-		21.428	0,534	21.428	228.402	11.441	136.404
17			-		21.686	0,513	21.686	250.088	11.133	147.537
18			-		21.947	0,494	21.947	272.036	10.834	158.371
19			-		22.211	0,475	22.211	294.247	10.543	168.913

10 CONCLUSIONI

L'audit energetico ha messo in evidenza una ridotta efficienza energetica dell'immobile legata ad un basso livello di isolamento da parte dell'involucro e da impianti dotati di livelli prestazionali ridotti rispetto alle più moderne tecnologie ad oggi disponibili.

La maggior parte dei consumi energetici è da attribuire alla climatizzazione degli ambienti, alla ventilazione meccanica e all'illuminazione.

I vincoli presenti sull'immobile, collocato in una zona di interesse storico, limitano la quantità e la qualità degli interventi possibili per l'efficientamento. Si è scelto dunque di proporre degli interventi poco invasivi ed economicamente convenienti, che non necessitano di opere edili o di ristrutturazioni importanti.

Gli interventi proposti considerati fattibili hanno riguardato:

1. La sostituzione dei corpi illuminanti attualmente presenti con altri a tecnologia LED secondo il criterio della sostituzione puntuale;
2. L'installazione di un sistema di sensoristica per la presenza e il movimento, a servizio dell'impianto di illuminazione;
3. La sostituzione delle vecchie pompe di calore con altre ad efficientamento maggiore.

La fattibilità tecnico-economica ha messo in evidenza che quasi tutti gli interventi risultano essere buoni investimenti, con tempi di ritorno semplici ed attualizzati inferiori alla vita utile degli stessi, fatta eccezione per l'installazione dei sensori per il rilevamento della presenza, che hanno un tempo di ritorno attualizzato di 9 anni a fronte della vita utile di 8.

Per la valutazione e la verifica dei risparmi energetici ottenibili dagli interventi di efficientamento proposti si consiglia di installare un sistema di monitoraggio (es: contatermie e analizzatore dei consumi sul quadro elettrico principale) per quantificare l'effettivo risparmio conseguente.

10.1 Riassunto degli indici di performance energetica

Gli indici di performance sono riassunti e riportati nell'allegato 10 – Report di Benchmark.

10.2 Riassunto degli scenari di investimento e dei principali risultati

Dalle analisi effettuate risulta che entrambi gli investimenti previsti nei due scenari risultano convenienti.

Nel primo scenario attraverso la sostituzione dell'attuale impianto di illuminazione con uno nuovo a tecnologia LED e la sostituzione delle pompe di calore poste sul tetto, si riesce ad ottenere un risparmio pari al 18,6 % del consumo energetico totale, a fronte di un investimento di circa 140.949 €, con un VAN conseguente pari a circa 146.593 € in una finestra temporale di 20 anni.

Nel secondo scenario, grazie alle operazioni di efficientamento che potrebbero essere adottate a seguito anche dell'efficientamento del sistema di illuminazione tramite sensori di rilevamento, si otterrebbe un risparmio del 23,3% circa dei consumi energetici totali, a fronte di un investimento di circa 166.990 €, con un VAN pari a circa 168.913 € dopo 20 anni.

I set di interventi proposti non sono sufficienti ad ottenere un risparmio cospicuo, arrivando ad un massimo del 23 % circa sulla fornitura del vettore elettrico. Per ottenere dei risparmi maggiori, e

920 _PAN-Palazzo delle Arti

conseguentemente un nuovo aumento della classe energetica dell'immobile, si dovrebbe agire sull'involucro (operazione molto difficoltosa se non impossibile per la presenza dei vincoli), o sul miglioramento del sistema di ventilazione.

Per la sostituzione delle UTA con impianti più avanzati l'ipotesi risulta sconveniente sia perché non hanno concluso ancora la loro vita utile, sia vista la difficoltà per la loro rimozione (alcune UTA sono poste nelle intercapedini dell'edificio).

Il sistema di distribuzione invece presenta buoni rendimenti, non richiede quindi interventi immediati.