

Allegato 1

Capitolato d'oneri del Bando di gara per espletamento di procedura ristretta, ex articolo 61, D.Lgs. 50/2016, per la realizzazione di “Progetto Esecutivo” e per l’affidamento dell’incarico “Direzione lavori” di cui “all’Avviso Pubblico per la presentazione di Proposte di intervento per la promozione dell’ecoeficienza e riduzione dei consumi energetici nelle sale teatrali e nei cinema, pubblici e privati, da finanziare nell’ambito del PNRR [M1C3I1.3]”, Teatro della Corte - CUP ASSEGNATO AL PROGETTO: H35H22000030001 - CIG: 94613118D3”

INTRODUZIONE

La presente relazione specialistica ha l'obiettivo di approfondire gli aspetti tecnici legati alle proposte di intervento per la promozione dell'eco-efficienza e riduzione dei consumi energetici da realizzare nel "Teatro della Corte" ubicato nel Comune di Genova (GE), da finanziare nell'ambito del *PNRR, Missione 1 - Digitalizzazione, innovazione, competitività, cultura e turismo - Componente 3 - Turismo e Cultura 4.0 (M1C3), Misura 1 "Patrimonio culturale per la prossima generazione", Investimento 1.3: Migliorare l'efficienza energetica di cinema, teatri e musei - Obiettivi 2 e 3 per un totale di 200.000.000,00 euro finanziato dall'Unione europea – NextGenerationEU.*

Nel caso in esame, la proposta di intervento prevede:

- riqualificazione dell'impianto termico per la climatizzazione degli ambienti mediante sostituzione degli attuali generatori di calore con installazione di due pompe di calore acqua-acqua della tipologia polivalente (caldo e freddo in contemporanea) suddivisa su due unità posizionate in copertura;
- sostituzione delle UTA asservite agli uffici, sale didattiche, biglietteria camerini attori e sala presidenza, complete di accessori, in grado di lavorare a tutt'aria esterna con recupero a batteria senza incrociare i flussi di aria
- rifacimento del sistema di produzione di acqua calda sanitaria tramite pdc specifica dedicata
- inserimento di sistema di building automation specifico per la climatizzazione con controllo specifico di CO₂ Ur e T direttamente nella sala e sul palco

La diagnosi energetica dell'immobile ha consentito di individuare anche l'indice di prestazione energetica dell'immobile sia nella condizione ante operam sia in quella post operam; allo stato attuale l'edificio si attesta alla **classe energetica E**, mentre con gli interventi in oggetto si prevede di raggiungere la **classe A1**.

Nei paragrafi seguenti si descrivono nel dettaglio le soluzioni progettuali individuate.

5. INQUADRAMENTO TERRITORIALE, URBANISTICO E CATASTALE

L'edificio oggetto del presente progetto è il Teatro della Corte, situato in Piazza Borgo Pila 42, nel Comune di Genova (GE).

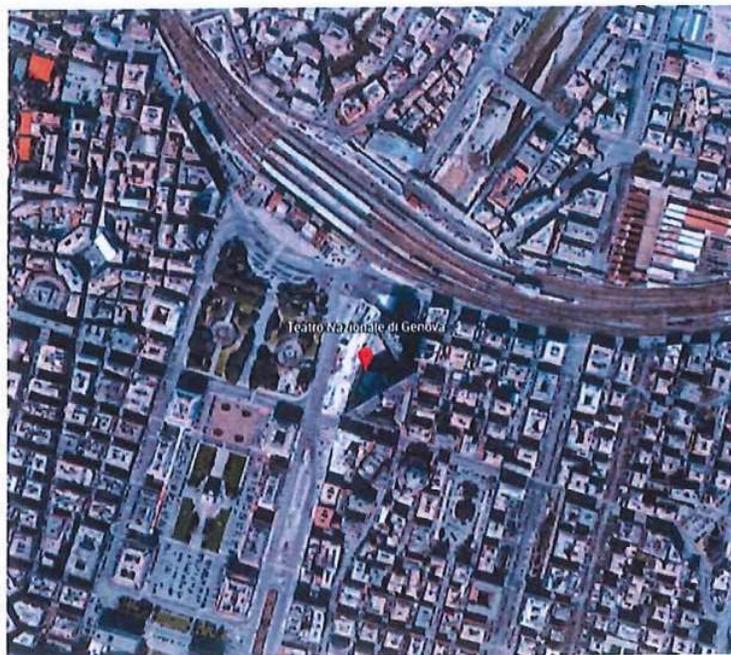


Figura 1 – Inquadramento territoriale (Google Maps)



Figura 2 – Ortofoto con vista dell'edificio (fonte: Google Maps)



Figura 3 – Vista prospettica del teatro (fonte: GOOGLE MAPS)

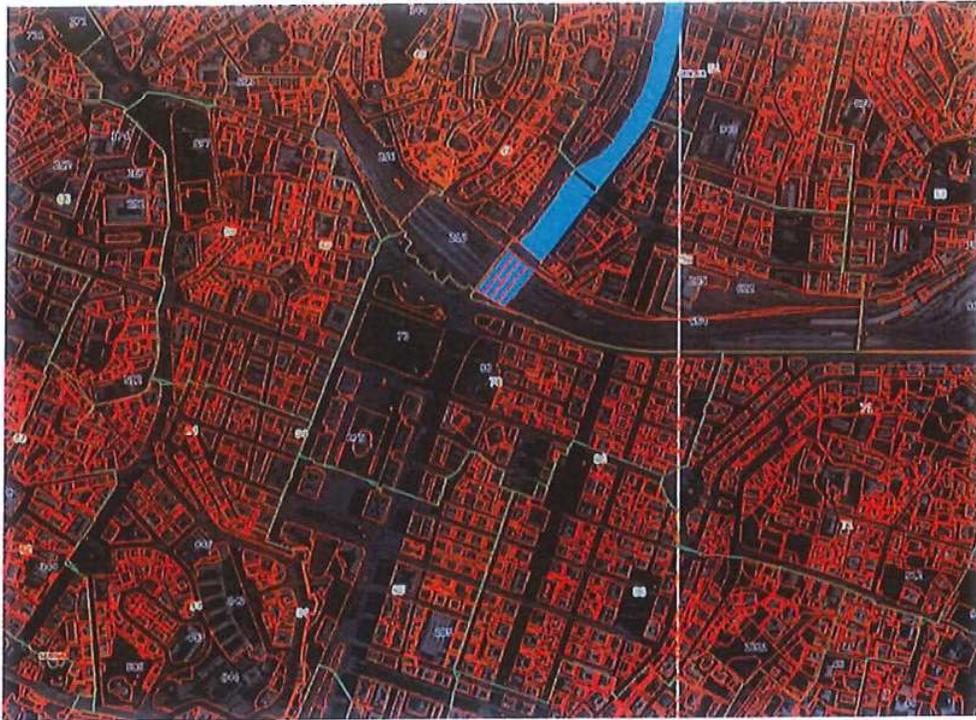


Figura 4 – Suddivisione catasto (fonte: GEOPORTALE Regione Liguria)

5.1 PIANIFICAZIONE REGIONALE

5.1.1 Vincoli e rischi

L'edificio in esame non ricade in area vincolata di cui al Decreto Legislativo 22 gennaio 2004, n. 42 e successive modifiche, inoltre si colloca in una zona a rischio geomorfologico baso (Rg0).



Figura 5 – Mappa rischio geomorfologico (fonte: GEOPORTALE Regione Liguria)

5.1.2 Struttura Urbana Qualificata

La perimetrazione della cartografia della Struttura Urbana Qualificata è aggiornata periodicamente dall'Amministrazione regionale, Centro funzionale. La cartografia riportata nel seguente documento è aggiornata alla data della presente relazione ed è consultabile dal sito internet del Comune di Genova nella sezione "Geoportale Cartografico". L'intervento rientra all'interno della perimetrazione dei Tessuti Urbani Storici



Figura 6 – Identificazione catastale del Teatro Modena (fonte: GEOPORTALE Regione Liguria)

6. DESCRIZIONE DELL'EDIFICIO E DEGLI INTERVENTI

Il Teatro Ivo Chiesa, costruito nel 1991, è una sala da 999 posti, situata nel cuore della city culturale ed economica della città. La costruzione è stata ultimata nella primavera del 1991 su progetto dell'Architetto Piero Gambacciani, nell'ambito del nuovo complesso architettonico di Corte Lambruschini (da qui la denominazione iniziale di Teatro della Corte).

Il Teatro Ivo Chiesa non è solo un luogo di spettacolo: nello stesso edificio accorpa uffici, sale prove, una biblioteca, spazi per incontri. È la sede della direzione del Teatro Nazionale di Genova e della Scuola di Recitazione. Per volumetria impegnata (41.000 mc.), dimensione del palcoscenico (900 mq.), livelli tecnologici e insieme di strutture, si colloca tra i teatri di prosa più avanzati in Italia.

A partire dalla stagione 2000 / 2001 si è inoltre dotato di un nuovo spazio scenico, denominato Piccola Corte. Costituito da gradinate ad anfiteatro, può accogliere circa 250 persone.

Viene abitualmente montato sul palcoscenico del Teatro Ivo Chiesa in occasione della annuale Rassegna di drammaturgia contemporanea.

Figura 9 – Vista dell'edificio oggetto di intervento



Figura 10 - Struttura oggetto di intervento (fonte Google Maps)



Figura 11 - Collocazione dell'edificio rispetto al territorio comunale edificato (fonte GMaps)

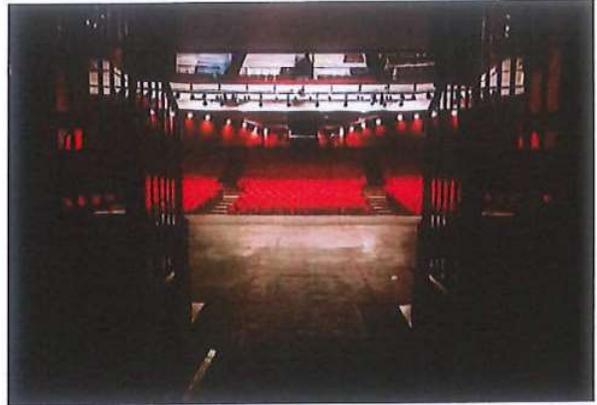


Figura 6 – Vista interna del teatro

Gli interventi di efficientamento energetico da realizzare sull'edificio riguardano:

- riqualificazione dell'impianto termico per la climatizzazione degli ambienti mediante sostituzione degli attuali generatori di calore con installazione di due pompe di calore acqua-aria della tipologia polivalente (caldo e freddo in contemporanea) suddivisa su due unità posizionate in copertura;
- sostituzione delle UTA asservite agli uffici, sale didattiche, biglietteria camerini attori e sala presidenza , complete di accessori, in grado di lavorare a tutt'aria esterna con recupero a batteria senza incrociare i flussi di aria
- rifacimento del sistema di produzione di acqua calda sanitaria tramite pdc specifica dedicata
- inserimento di sistema di building automation specifico per la climatizzazione con controllo specifico di CO2 Ur e T direttamente nella sala e sul palco

Gli interventi hanno l'obiettivo di aumentare l'efficienza energetica dell'edificio, minimizzando il fabbisogno energetico dell'edificio stesso migliorando il confort interno e diminuendo le emissioni di CO2 in ambiente.

Gli interventi non modificano il prospetto dell'edificio né il contesto paesaggistico in cui esso si colloca.

Di seguito viene descritto ogni intervento, i risultati attesi, le caratteristiche dimensionali e tecniche, la stima preliminare dei lavori.

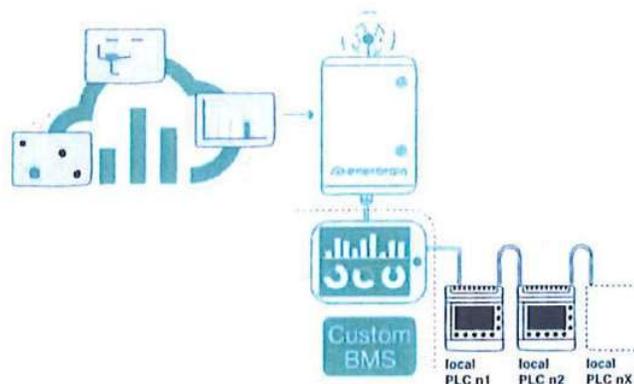
7. INSTALLAZIONE DI UN SISTEMA A POMPA DI CALORE POLIVALENTE PER LA CLIMATIZZAZIONE E SOSTITUZIONE DI ALCUNE UTA

L'intervento in esame prevede la sostituzione degli attuali generatori di calore con due pompe di calore della tipologia aria-acqua polivalente in grado di generare fluido caldo e freddo in contemporanea da poter essere dirottato a tutte le uti presenti sia in fase estiva che invernale e un sistema autonomo per la produzione di acqua calda sanitaria sempre alimentato da pompe di calore reversibili aria-acqua.

Il sistema di trattamento dell'aria impiegato risulta idoneo e rispondente ai requisiti richiesti dalla norma cogente e dalle linee guida dell'ISS (n. 5/2020 del 25 maggio, n. 25/2020 del 15 maggio, n. 33/2020 del 25 maggio).lo scambio energetico fra i flussi in uscita e in mandata

La generazione sarà in grado di adattarsi meglio alle diverse richieste della palazzina uffici essendo totalmente slegata dalle richieste energetiche della sala del teatro. Il sistema di produzione dell'acqua calda sanitaria sarà sostituito con uno alimentato da pompa di calore specifica dedicata.

Viene previsto inoltre un **sistema** in grado di **ottimizzare le prestazioni dei sistemi di generazione e distribuzione HVAC** (*Heating, Ventilation and Air Conditioning*) completo di sonde di Temperatura, CO2 e umidità relativa all'interno della sala teatrale e di interconnessione fra tutte le sorgenti di produzione termica/frigorifera inserite e le sorgenti di emissione (fan coils, caloriferi UTA dei camerini) il tutto per sincronizzare le risposte dei vari sistemi con le diverse richieste e ottimizzare i consumi energetici. La proposta, si realizzerà attraverso la **soluzione BEMS Cloud**, che prevede la costruzione di un sistema di controllo locale, la cui logica sarà ottimizzata attraverso la sovrascrittura di determinati parametri da parte dell'Algoritmo, residente in cloud, che agisce applicando algoritmi di machine learning



L'insieme di tali sistemi ottimizza lo sfruttamento delle fonti rinnovabili a disposizione riduce al massimo le emissioni di CO2 e consente un risparmio energetico considerevole.

7.1 CARATTERISTICHE DELL'IMPIANTO TERMICO ANTE OPERAM

Le principali caratteristiche dell'impianto termico *ante operam* per la climatizzazione invernale/estiva sono state ottenute dai rilievi effettuati in sito e ai dati tecnici comunicati dai produttori delle tecnologie installate.

7.1.1 DESCRIZIONE CENTRALE TERMICA GENERATORE DI CALORE E GENERAZIONE FREDDA

Attualmente l'energia termica per la climatizzazione invernale viene prodotta mediante due generatori pressurizzati completo di bruciatore marca SEVESO STQ 350N; la potenza utile è pari a 407kW. Produzione acs mediante bollitore da 1000 lt



Figura 14 - Vista generatore di calore in centrale termica e dati di targa

Il circuito idraulico alimentato dalle caldaie serve la linea di alimentazione delle UTA e il carico boiler acqua calda sanitaria

Attualmente l'energia frigorifera per la climatizzazione estiva viene prodotta mediante un gruppo frigo marca SEVESO STQ 350N; la potenza utile è pari a 407KW



Figura 15 - Vista gruppo frigorifero e dati di targa

7.1.2 DESCRIZIONE TERMINALI DI EMISSIONE

La parte emissiva all'interno delle varie parti del teatro avviene solamente tramite Unità di trattamento aria dedicate alle varie zone, le UTA risultano posizionate all'interno di locali tecnici che mostrano serie difficoltà alla movimentazione, alla estrazione ed immissione dei componenti senza dover procedere a demolizioni e ricostruzioni importanti.

UTA PRESENTI :

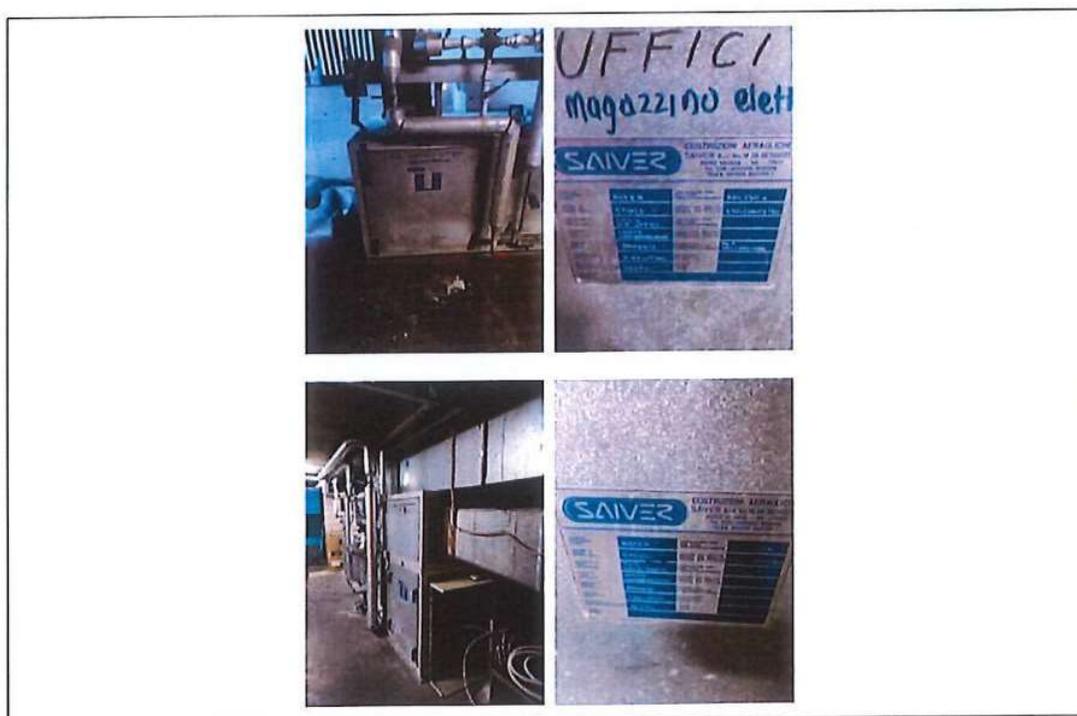
UTA SALA PRESIDENZA – 6000 mc/h

UTA CAMERINI ATTORI P1 P2 – 2500 mc/h

UTA SALA DIDATTICA – 1500 mc/h

UTA UFFICI P1 P2 – 3000 mc/h

UTA PALCO, SALA EST SALA OVEST – N°3 UTA 24000 mc/h cad





7.2 DIMENSIONAMENTO DEL NUOVO IMPIANTO TERMICO

Il dimensionamento delle apparecchiature dell'impianto di climatizzazione è stato effettuato in relazione alle condizioni esterne più sfavorevoli e sulla base delle imposizioni della legge n. 10 del 09/01/1991 "Norme per l'attuazione del piano energetico nazionale in materia di uso razionale dell'energia, di risparmio energetico e di sviluppo delle fonti rinnovabili di energia" e successive modifiche ed integrazioni.

7.2.1 Parametri di riferimento e procedura di calcolo

Il calcolo della potenza di dispersione e dei fabbisogni energetici per la scelta e il dimensionamento dell'impianto di riscaldamento è stato svolto in conformità alla Legge 10/91 e sue successive modifiche e dal D.P.R. 412/93. Di seguito sono riportati i parametri considerati per il dimensionamento della potenza del sistema che verrà installato per la struttura.

Il calcolo del carico termico di progetto è stato svolto con l'ausilio del software EDILCLIMA EC700 VERS 11.22.10, che ha permesso di valutare il fabbisogno energetico dell'edificio nello stato di progetto. Sulla base della modellazione termica dell'edificio sia nell'involucro edilizio che nelle componenti impiantistiche, viene valutato il carico termico di progetto come somma delle dispersioni dovute alla trasmissione, alla ventilazione e alla ripresa delle condizioni di comfort interne.

Caratteristiche geografiche

Località	Genova		
Provincia	Genova		
Altitudine s.l.m.	8 m		
Latitudine nord	44° 25'	Longitudine est	8° 53'
Gradi giorno DPR 412/93	1435		
Zona climatica	D		

Località di riferimento

per dati invernali	Genova
per dati estivi	Genova

Stazioni di rilevazione

per la temperatura	Recco - Polanesi
per l'irradiazione	Recco - Polanesi
per il vento	Recco - Polanesi

Caratteristiche del vento

Regione di vento:	C
Direzione prevalente	Nord-Est
Distanza dal mare	< 20 km
Velocità media del vento	0,8 m/s
Velocità massima del vento	1,6 m/s

Dati invernali

Temperatura esterna di progetto	0,1 °C
Stagione di riscaldamento convenzionale	dal 01 novembre al 15 aprile

Dati estivi

Temperatura esterna bulbo asciutto	29,9 °C
Temperatura esterna bulbo umido	23,6 °C
Umidità relativa	60,0 %
Escursione termica giornaliera	6 °C

Temperature esterne medie mensili

Descrizione	u.m.	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic
Temperatura	°C	10,4	10,5	11,1	15,3	18,7	22,4	24,6	23,6	22,2	18,2	13,3	10,0

Irradiazione solare media mensile

Esposizione	u.m.	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic
Nord	MJ/m ²	1,3	2,4	3,3	5,4	8,0	9,2	9,5	6,9	4,6	3,0	1,8	1,4
Nord-Est	MJ/m ²	1,5	3,2	5,0	7,6	10,1	11,7	12,7	10,1	6,5	4,0	2,1	1,5
Est	MJ/m ²	3,4	6,3	8,3	10,1	12,0	13,6	15,1	13,2	9,2	6,6	4,4	3,5
Sud-Est	MJ/m ²	6,1	9,6	10,4	10,6	11,3	11,9	13,5	13,1	10,4	8,9	7,4	6,4
Sud	MJ/m ²	7,8	11,5	11,0	9,6	9,6	9,5	10,7	11,1	10,1	10,1	9,3	8,3
Sud-Ovest	MJ/m ²	6,1	9,6	10,4	10,6	11,3	11,9	13,5	13,1	10,4	8,9	7,4	6,4
Ovest	MJ/m ²	3,4	6,3	8,3	10,1	12,0	13,6	15,1	13,2	9,2	6,6	4,4	3,5
Nord-Ovest	MJ/m ²	1,5	3,2	5,0	7,6	10,1	11,7	12,7	10,1	6,5	4,0	2,1	1,5
Orizz. Diffusa	MJ/m ²	1,8	3,2	4,4	7,2	9,7	9,0	9,2	7,8	6,5	4,3	2,4	2,0
Orizz. Diretta	MJ/m ²	2,3	4,9	7,0	7,8	8,9	12,2	14,2	11,9	6,8	4,7	3,1	2,2

Irradianza sul piano orizzontale nel mese di massima insolazione: **271** W/m²

Tabella 1 – Dati Climatici della località

Dati geometrici dell'intero edificio:

Superficie in pianta netta	6674,21	m ²
Superficie esterna lorda	10284,46	m ²
Volume netto	44879,23	m ³
Volume lordo	49801,21	m ³
Rapporto S/V	0,21	m ⁻¹

Tabella 2 – Dati geometrici di progetto dell'edificio

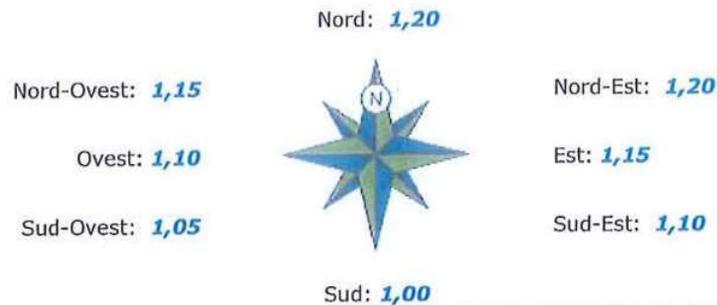
Coefficienti di esposizione solare:

Tabella 3 – Coefficienti di esposizione solare

7.2.2 Risultati del calcolo termico

Dati geometrici delle zone termiche:

Zona	Descrizione	V [m ³]	V _{netto} [m ³]	S _u [m ²]	S _{lorda} [m ²]	S [m ²]	S/V [-]
1	Zona climatizzata	49801,21	44879,23	6674,21	7118,65	10284,46	0,21
Totale:		49801,21	44879,23	6674,21	7118,65	10284,46	0,21

Fabbisogno di potenza delle zone termiche

Zona	Descrizione	Φ _{tr} [W]	Φ _{ve} [W]	Φ _{rh} [W]	Φ _{ht} [W]	Φ _{ht sic} [W]
1	Zona climatizzata	612941	319858	0	932799	932799
Totale:		612941	319858	0	932799	932799

Legenda simboli

V	Volume lordo
V _{netto}	Volume netto
S _u	Superficie in pianta netta
S _{lorda}	Superficie in pianta lorda
S	Superficie esterna lorda (senza strutture di tipo N)
S/V	Fattore di forma
Φ _{tr}	Potenza dispersa per trasmissione
Φ _{ve}	Potenza dispersa per ventilazione
Φ _{rh}	Potenza dispersa per intermittenza
Φ _{ht}	Potenza totale dispersa
Φ _{ht sic}	Potenza totale moltiplicata per il coefficiente di sicurezza

Zona	Locale	Descrizione	Mese	Ora	$Q_{gl, sen}$ [W]	$Q_{gl, lat}$ [W]	Q_{gl} [W]
1	1	Ingresso	luglio	16	55846	23784	79630
1	4	Sottopalco	luglio	14	14527	8151	22678
1	5	Scale	luglio	16	14745	7715	22461
1	6	Scala	luglio	16	18471	6100	24571
1	8	Uffici e camerini	luglio	14	17693	14188	31882
1	9	Uffici e camerini	luglio	16	21837	14232	36069
1	10	Scala	luglio	16	10256	10732	20988
1	11	Scale	luglio	16	11362	10854	22216
1	12	URP	luglio	18	15915	8818	24733
1	13	Uffici	luglio	18	9518	4242	13761
1	14	scale	luglio	16	3276	3117	6393
1	15	Scale	luglio	16	3107	3147	6254
1	16	Ufficio	luglio	16	28158	24396	52554
1	17	Ufficio	luglio	16	35183	24449	59633
1	19	Sopra palco	luglio	18	32965	9880	42845
1	20	Regia	luglio	18	24198	5388	29587
1	21	Uffici	luglio	18	48568	15696	64264
1	22	Uffici e aule	luglio	18	56745	15732	72476
1	23	uffici	luglio	18	12883	3767	16650
1	24	Scale	luglio	18	5347	1067	6415
1	25	Scale	luglio	18	5432	1240	6671
1	26	Scale	luglio	18	6889	611	7500
1	28	Palco e retro	luglio	18	26628	11289	37917
1	31	Platea e galleria	luglio	18	102142	61172	163314

Legenda simboli

$Q_{gl, sen}$	Carico sensibile globale
$Q_{gl, lat}$	Carico latente globale
Q_{gl}	Carico globale

Tabella 4 – Risultati di calcolo

Soddisfare il carico termico di progetto dell'edificio, significa erogare attraverso i terminali di emissione dell'impianto di riscaldamento una potenza adeguata per ogni singolo vano. Conoscendo la potenza termica di calcolo e il numero di terminali da sostituire, si può così definire la tipologia del nuovo terminale da installare. Si rimanda al capitolo successivo per le informazioni di dettaglio in merito.

7.3 STATO DI PROGETTO DELL'IMPIANTO TERMICO

Nella configurazione post-operam la produzione del fluido termovettore per la climatizzazione dell'edificio avverrà tramite un sistema di tipo POMPA DI CALORE aria-acqua della tipologia polivalente in grado di produrre fluido termovettore caldo e freddo in contemporanea , idonee ad alimentare tutte le UTA presenti all'interno del teatro , è prevista la sostituzione di alcune UTA con nuove della tipologia a doppio scambiatore al fine di evitare mescolamenti di flussi fra aria ripresa e aria mandata. Una PDC sarà asservita alla produzione indipendente di acqua calda sanitaria .

Si è proceduto con la sostituzione delle UTA di taglia più piccola asservita a tutte le aree ad esclusione della sala e del palco per le quali risulta impossibile effettuare una sostituzione senza demolizioni e permessi particolari

Tutte le macchine previste saranno posizionate in corrispondenza di quelle attualmente presenti e occuperanno pertanto gli stessi spazi già autorizzati con esclusione di una delle due pompe di calore che troverà collocazione nel terrazzo incassato speculare a quello già utilizzato dalla prima macchina.

7.3.1 Caratteristiche generatori di calore: pompa di calore acqua-acqua

Il funzionamento di una pompa di calore si basa su un ciclo termodinamico chiuso, in cui un fluido termovettore subisce cambiamenti stato (in particolare condensazione ed evaporazione) con variazioni di temperatura e pressione.

Durante il ciclo di riscaldamento dell'ambiente interno, il calore contenuto nell'ambiente esterno viene prelevato dalla macchina ed utilizzato per far evaporare il fluido refrigerante. Un compressore alimentato ad energia elettrica comprime il fluido termovettore innalzando i suoi parametri di temperatura e pressione. Il fluido passa poi in un secondo scambiatore presente nella macchina interna dove condensa rilasciando calore che andrà a riscaldare l'ambiente interno. Il ciclo di passaggi di stato (da liquido a vapore e viceversa) si chiude per mano della valvola di espansione che riporta il fluido alle condizioni iniziali.

Il ciclo descritto può essere invertito, così, la stessa apparecchiatura se opportunamente predisposta può essere impiegata sia per il riscaldamento sia per il raffreddamento nel caso in oggetto i cicli saranno in contemporanea e si sfrutteranno i carichi contrapposti per ottimizzare il funzionamento del sistema.

Come enunciato in precedenza, una pompa di calore ha bisogno di energia per funzionare, ma quella che trasferisce all'interno dell'ambiente sotto forma di calore è maggiore di quella che consuma grazie ad un COP (Coefficient Of Performance) alto.

Di conseguenza, attraverso l'installazione di un impianto a pompa di calore elettrica i consumi di energia termica per la climatizzazione dell'edificio verranno convertiti in consumi di energia elettrica inferiori ai primi.

Una pompa di calore acqua-acqua, uno degli impianti con il più alto rendimento energetico oggi disponibili in commercio, ricava il calore necessario dall'acqua di una falda, presente nel sottosuolo. L'acqua di falda, anche in pieno inverno, mantiene in genere una temperatura costante, permettendo così all'impianto di scambiare l'energia termica necessaria al suo funzionamento.

Sulla base delle temperature di progetto, del calcolo termico effettuato e delle rilevazioni geologiche presso il pozzo, sono state individuate le caratteristiche di potenza termica della pompa di calore.

Pompa di calore aria-acqua polivalente cadauna	
Potenza termica resa	395 kW
Potenza assorbita	96.5 kW
COP	4.09
Potenza frigorifera resa	340 kW
Potenza assorbita	108 kW
EER	3.14

Applica la normativa EN 14511:2018

Tabella 5 – Caratteristiche della pompa di calore aria-acqua



Figura 24 – Esempio pompa di calore

È importante sottolineare come l'installazione della pompa di calore aria-acqua polivalente in oggetto, oltre a migliorare l'efficienza energetica dell'impianto, con significativi risparmi sia energetici che economici, permetterà di migliorare il benessere dei fruitori del teatro.

7.3.2 Caratteristiche generatori di calore: pompa di calore aria-acqua per acqua calda sanitaria
Sulla base delle temperature di progetto, del calcolo termico effettuato, sono state individuate le caratteristiche di potenza termica della pompa di calore asservita alla produzione di acqua calda sanitaria e del bollitore accoppiato, il tutto asservito agli spogliatoi dei camerini del teatro in oggetto.

Pompa di calore aria-acqua x acs	
Potenza termica resa	26.9 kW
Potenza assorbita	13.4 kW
COP	2.00
Temperatura di funzionamento	60°C
Salto termico	5 °C

Applica la normativa EN 14511:2018

Tabella 5 – Caratteristiche della pompa di calore aria-acqua



7.3.3 Caratteristiche UTA COMPATTA PER SALA TEATRO

Sulla base delle temperature di progetto, del calcolo termico effettuato, sono state individuate le caratteristiche di potenza termica e frigorifera della UTA da sostituire necessaria a soddisfare i requisiti richiesti per gli spazi accessori del teatro (presidenza, uffici p1 p2, camerini p1 p2, sala didattica).

Sala didattica

Allitudine: 0 mslm

Range di temperatura della UTA: -40/+70 °C

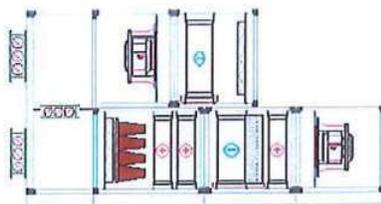
Model box: PU50

CARATTERISTICHE COSTRUTTIVE

Profilo	50 mm	Profondità	770 mm
Pannello	50 mm	Lunghezza	3480 mm
Isolamento	poliuretano iniettato	Altezza	1140 + 120 mm
Interno	in acciaio zincato sp 5/10 mm	Altezza mandata	570 mm
Esterno	in acciaio zincato preplastificato 5/10 mm	Altezza ripresa	570 mm
Mat. carpenteria	Acciaio zincato	Peso totale	431 kg
Telaio	Alluminio	Temperatura esterna invernata	-5.0 C°
Tetto	Senza copertura	Velocità aria interno macchina	1.32 / 1.32 m/s

Dimensioni, pesi e suddivisioni della CTA sono indicativi e saranno ottimizzati in fase esecutiva

Basamento 120 mm



Ecodesign

Fabricante	CLIVET
Modello di unità	AOX1
Tipologia	UVNR;UVB
SFPint / SFPint limite 2019 [W/(m³/s)]	629 / 1405
Tipo di HRS	fluido termoconvettore
Efficienza termica del recupero di calore [%]	68.6
Portata nominale [m³/s]	0.42
Classe di trafilamento dell'involucro a -400Pa	L1(M) - L2(R)
Classe di trafilamento dell'involucro a +400Pa	L1(M) - N.A.
Percentuale massima dichiarata di trafilamento interno [%]	-

	Mandata	Ripresa
Portata nominale [m³/s]	0.42	0.42
Azionamento per variazione velocità	con scheda elettronica	con scheda elettronica
Potenza elettrica assorbita effettiva [kW]	0.67	0.37
Velocità frontale [m/s]	1.32	1.32
Pressione esterna nominale [Pa]	250	200
Caduta di pressione interna componenti della ventilazione [Pa]	263	213
Efficienza statica ventilatore [%]	56.3	58.7
Classe energetica dei filtri	C	E

Uta sala camerini attori P1 P2

Altitudine: 0 mslm

Range di temperatura della UTA: -40/+70 °C

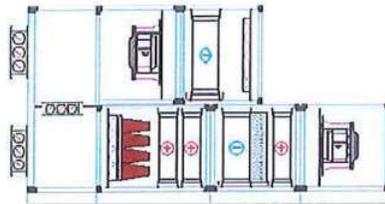
Model box: PU50

CARATTERISTICHE COSTRUTTIVE

Profilo	50 mm	Profondità	920 mm
Pannello	50 mm	Lunghezza	3530 mm
Isolamento	poliuretano iniettato	Altezza	1440 + 120 mm
Interno	in acciaio zincato sp 5/10 mm	Altezza mandata	720 mm
Esterno	in acciaio zincato preplastificato 5/10 mm	Altezza ripresa	720 mm
Mat. carpenteria	Acciaio zincato	Peso totale	550 kg
Telaio	Alluminio	Temperatura esterna invernata	-5.0 C°
Tetto	Senza copertura	Velocità aria interno macchina	1.37 / 1.37 m/s

Dimensioni, pesi e suddivisioni della CTA sono indicativi e saranno ottimizzati in fase esecutiva

Basamento 120 mm



Ecodesign

Fabbricante	CLIVET
Modello di unità	AOX5
Tipologia	UVNR;UVB
SFPint / SFPint limite 2018 [W/(m³s)]	706 / 1368
Tipo di HRS	fluido termoconvettore
Efficienza termica del recupero di calore [%]	68.8
Portata nominale [m³/s]	0.69
Classe di trafilamento dell'involucro a -400Pa	L1(M) - L2(R)
Classe di trafilamento dell'involucro a +400Pa	L1(M) - N.A.
Percentuale massima dichiarata di trafilamento interno [%]	-

	Mandata	Ripresa
Portata nominale [m³/s]	0.69	0.69
Azionamento per variazione velocità	con scheda elettronica	con scheda elettronica
Potenza elettrica assorbita effettiva [kW]	0.96	0.58
Velocità frontale [m/s]	1.37	1.37
Pressione esterna nominale [Pa]	250	200
Caduta di pressione interna componenti della ventilazione [Pa]	228	190
Efficienza statica ventilatore [%]	60.8	57.4
Classe energetica dei filtri	C	E

UTA Uffici P1 P2

Altitudine: 0 mslm

Range di temperatura della UTA: -40/+70 °C

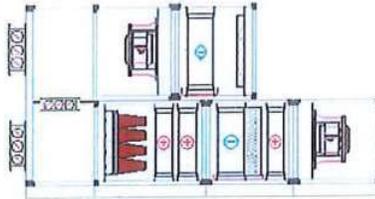
Model box: PU50

CARATTERISTICHE COSTRUTTIVE

Profilo	50 mm	Profondità	970 mm
Pannello	50 mm	Lunghezza	3680 mm
Isolamento	poliuretano iniettato	Altezza	1640 + 120 mm
Interno	in acciaio zincato sp 5/10 mm	Altezza mandata	820 mm
Esterno	in acciaio zincato preplastificato 5/10 mm	Altezza ripresa	820 mm
Mat. carpenteria	Acciaio zincato	Peso totale	651 kg
Telaio	Alluminio	Temperatura esterna invernale	-5.0 C°
Tetto	Senza copertura	Velocità aria interno macchina	1.33 / 1.33 m/s

Dimensioni, pesi e suddivisioni della CTA sono indicativi e saranno ottimizzati in fase esecutiva

Basamento 120 mm



Ecodesign

Fabbricante	CLIVET
Modello di unità	AQX7
Tipologia	UVNR;UVB
SFPint / SFPint limite 2018 [W/(m³/s)]	644 / 1404
Tipo di HRS	fluido termoconvettore
Efficienza termica del recupero di calore [%]	70.6
Portata nominale [m³/s]	0.83
Classe di trafilamento dell'involucro a -400Pa	L1(M) - L2(R)
Classe di trafilamento dell'involucro a +400Pa	L1(M) - N.A.
Percentuale massima dichiarata di trafilamento interno [%]	-

	Mandata	Ripresa
Portata nominale [m³/s]	0.83	0.83
Azionamento per variazione velocità	con scheda elettronica	con scheda elettronica
Potenza elettrica assorbita effettiva [kW]	1.10	0.63
Velocità frontale [m/s]	1.33	1.33
Pressione esterna nominale [Pa]	250	200
Caduta di pressione interna componenti della ventilazione [Pa]	237	163
Efficienza statica ventilatore [%]	62.4	61.9
Classe energetica dei filtri	C	E

UTA Sala Presidenza

Altitudine: 0 mslm

Range di temperatura della UTA: -40/+70 °C

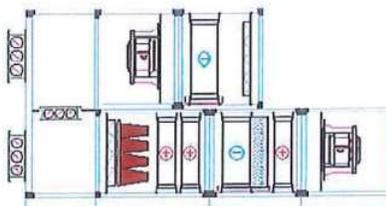
Model box: PU50

CARATTERISTICHE COSTRUTTIVE

Profilo	50 mm	Profondità	1220 mm
Pannello	50 mm	Lunghezza	3830 mm
Isolamento	poliuretano iniettato	Altezza	2140 + 120 mm
Interno	in acciaio zincato sp 5/10 mm	Altezza mandata	1070 mm
Esterno	in acciaio zincato preplastificato 5/10 mm	Altezza ripresa	1070 mm
Mat. carpenteria	Acciaio zincato	Peso totale	960 kg
Telaio	Alluminio	Temperatura esterna invernata	-5.0 C°
Tetto	Senza copertura	Velocità aria interno macchina	1.53 / 1.53 m/s

Dimensioni, pesi e suddivisioni della CTA sono indicativi e saranno ottimizzati in fase esecutiva

Basamento 120 mm



Ecodesign

Fabricante	CLIVET
Modello di unità	AQX12
Tipologia	UVNR;UVB
SFPint / SFPint limite 2018 [W/(m³/s)]	620 / 1231
Tipo di HRS	fluido termoconvettore
Efficienza termica del recupero di calore [%]	69.0
Portata nominale [m³/s]	1.67
Classe di trafileamento dell'involucro a -400Pa	L1(M) - L2(R)
Classe di trafileamento dell'involucro a +400Pa	L1(M) - N.A.
Percentuale massima dichiarata di trafileamento interno [%]	-

	Mandata	Ripresa
Portata nominale [m³/s]	1.67	1.67
Azionamento per variazione velocità	con scheda elettronica	con scheda elettronica
Potenza elettrica assorbita effettiva [kW]	2.09	1.25
Velocità frontale [m/s]	1.53	1.53
Pressione esterna nominale [Pa]	250	200
Caduta di pressione interna componenti della ventilazione [Pa]	234	169
Efficienza statica ventilatore [%]	66.2	63.3
Classe energetica dei filtri	C	E

7.4 IMPIANTO ELETTRICO

L'intervento prevede l'adeguamento degli impianti elettrici nel locale tecnico dove saranno posizionati i nuovi utilizzatori.

7.4.1 Quadro elettrico pompa di calore

Il quadro elettrico sarà posato a vista e fissato a parete con tasselli, e verrà alimentato a partire dal quadro elettrico presente nel locale, a servizio dell'UTA. La macchina dovrà essere protetta e sezionabile mediante l'installazione di un quadro dedicato, dotato di Interruttore Magnetotermico Differenziale Quadripolare.

Dimensionamento e protezioni.

Il dimensionamento delle linee è stato effettuato a partire dalla potenza elettrica da impiegare sulla linea, considerando come fattore determinante la caduta di tensione percentuale inferiore al 4% nel punto più lontano dell'impianto e facendo in modo che per nessuna condizione di esercizio sia superata la temperatura massima ammissibile per ciascun cavo utilizzato.

La protezione contro i sovraccarichi e contro i cortocircuiti richiederà il rispetto delle seguenti relazioni:

A) Protezione contro i sovraccarichi

$$I_b < I_n < I_z$$

$$I_f < 1,45 I_z$$

dove:

I_b = corrente di impiego del circuito;

I_z = portata in regime permanente della conduttura;

I_n = corrente nominale del dispositivo di protezione;

I_f = corrente d'intervento.

B) Protezione contro i cortocircuiti

$$P.i. > I_{max.c.c.}$$

dove:

$P.i.$ = potere d'interruzione dell'interruttore;

$I_{max.c.c.}$ = corrente di c.to c.to presunta nel punto d'installazione del dispositivo di protezione.

Protezione contro i contatti diretti.

La protezione sarà attuata con il collegamento di tutte le parti metalliche al conduttore di protezione (PE) e con l'impiego di idonei interruttori differenziali posti a monte delle parti da proteggere. Il dispositivo di protezione dovrà interrompere automaticamente l'alimentazione al circuito o al componente elettrico in modo che in caso di guasto tra una parte attiva ed una massa o un conduttore di protezione non possa persistere, per una durata sufficiente a causare un rischio di effetti fisiologici dannosi in una persona in contatto con parti simultaneamente accessibili, una tensione di contatto presunta superiore a 50V (CEI 64-8/4 413.1.4.2). Le protezioni dovranno essere coordinate in modo tale da soddisfare la condizione prescritta dalle norme CEI 64-8/4 al punto 413.1.4.2.

$$R_a \times I_a = < 50V$$

ove:

R_a = somma delle resistenze del dispersore e dei conduttori di protezione delle masse, in ohm

I_a = corrente che provoca il funzionamento automatico del dispositivo di protezione (corrente nominale differenziale se la protezione è con dispositivo differenziale).

Impianto di messa a terra ed equipotenzialità.

L'impianto di messa terra è già esistente. Le sezioni dei conduttori di terra degli impianti a farsi devono seguire la seguente tabella come da (CEI 64-8/5 art. 543.1.2).

<i>SEZIONE DEI CONDUTTORI DI FASE</i> <i>Sf (mm²)</i>	<i>SEZIONE MINIMA DEI CONDUTTORI DI</i> <i>PROTEZIONE S (mm²)</i>
<i>Sf ≤ 16</i>	<i>S = Sf</i>
<i>16 ≤ Sf ≤ 35</i>	<i>S = 16</i>
<i>1Sf > 35</i>	<i>S = Sf/2</i>

Tabella 6 – Sezioni dei conduttori di terra secondo CEI 64-8/5 art. 543.1.2

Verifiche e certificazioni.

Al termine delle opere di installazione l'installatore deve provvedere alle verifiche previste dalle norme CEI 64-8/6, CEI 64-4 e del DM37/08.

In particolare dovrà effettuare:

- esame a vista per accertare che le condizioni di realizzazione dell'impianto siano corrette;

- prova della continuità dei conduttori di protezione, dei conduttori equipotenziali principali e secondari e del conduttore di terra;
- prova della resistenza di isolamento dell'impianto;
- prova della protezione mediante interruzione automatica dell'alimentazione. Deve essere effettuata la prova di funzionamento dei dispositivi differenziali;
- Misura della resistenza di terra dell'impianto.

7.5 PRESCRIZIONI ACUSTICHE

Particolare importanza si dovrà porre al livello sonoro, a questo proposito facciamo alcune precisazioni. Per il livello sonoro trova applicazione il dettato del D.P.C.M del 14 novembre 1997 "Determinazione dei valori limiti delle sorgenti sonore", art. 2, in quanto gli impianti costituiscono per le proprietà adiacenti delle sorgenti sonore individuali che emettono rumore che si immette nell'ambiente esterno; le emissioni vanno quindi commisurate alla tabella B, assumendo come riferimento la zona IV (aree di intensa attività umana) ed il periodo diurno, quindi imponendo valori di 60 dB(A) all'interno del confine di proprietà e ad un metro dallo stesso sempre da misurare in corrispondenza di valori minimi di rumore residuo. Qualora si riscontrino livelli più elevati, essi potranno essere accettati, a condizione che rientrino nei criteri fissati dalla Norma UNI 8199 (che considera anche il rumore di fondo ad impianti spenti). In ogni caso, sia per interno che per l'esterno, è prescritta l'assenza di toni puri, come identificati nel D.M. 1673/98, punto 10 allegato 8.

Le fonti di rumore esterno saranno costituite dalla pompa di calore. Si precisa che dovrà essere rispettata la legge in vigore sull'inquinamento acustico, per cui saranno adottati tutti gli accorgimenti tecnici, al fine di rientrare nel valore di 35 dB(A). In particolare il livello di pressione sonora dei gruppi refrigeratori, a 10 metri di distanza in campo libero ed emisferico, non dovrà superare i 62 dB(A).

Nell'ipotesi in cui non si riesca a raggiungere un adeguato valore di livello sonoro, l'impresa appaltatrice sarà comunque obbligata, senza diritto ad oneri supplementari, a ricorrere all'utilizzo di idonei sistemi per ridurre i valori di rumorosità ai limiti richiesti salvaguardando le prestazioni tecniche richieste agli impianti.

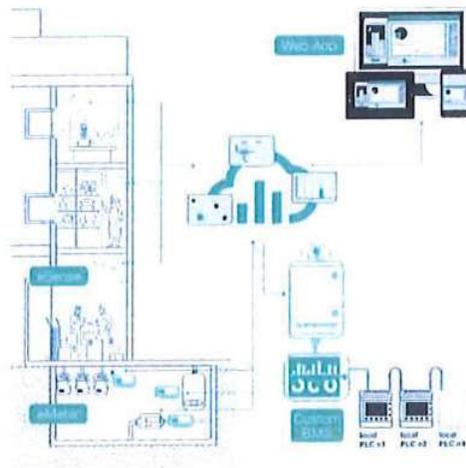
7.6 INSTALLAZIONE SISTEMI DI CONTROLLO BUILDING AUTOMATION

7.6.1 Regolazione del sistema impianto-edificio

Ogni macchina di generazione sarà dotata di regolazione propria tramite plc dedicato , è prevista una scheda Mod Bus per ogni macchina in modo da poter essere interfacciata con il sistema di controllo generale previsto. Nella sottocentrale termica è previsto un sistema di gestione e comando dei vari circuiti con la logica da implementare a seconda delle esigenze e dell'algoritmo di regolazione per l'intero sistema edificio-impianto.

Il **sistema previsto** è in grado di **ottimizzare le prestazioni dei sistemi di generazione e distribuzione HVAC** (*Heating, Ventilation and Air Conditioning*). Di seguito, una breve descrizione di come è composto il sistema nella configurazione BEMS Cloud:

1. **sensori wireless**, installati all'interno dei locali, hanno la funzione di monitorare le condizioni interne;
2. **piattaformacloud**, i sensori inviano i dati raccolti al cloud e l'algoritmo elabora i dati e stabilisce i set-point ottimali;
3. **dispositivi di azionamento**, il cloud invia quanto elaborato ai dispositivi che dirigono i componenti HVAC;
4. **supervisione locale**, i controllori locali comunicano direttamente con il cloud, assicurando la verifica in caso di mancata connettività;
5. **dispositivi di monitoraggio energetico**, al fine di dettagliare i consumi elettrici e quantificare il consumo evitato grazie al sistema Enerbrain;
6. **Web App**, applicazione software accessibile da PC o tablet; l'utente finale può visualizzare e scaricare i dati monitorati, modificare i set-point e i calendari.



I principali componenti utilizzati per questo sistema sono descritti con maggiore dettaglio successivamente.

eSense

I sensori IoT, denominati eSense, **misurano i parametri ambientali di temperatura, umidità relativa e CO₂**. I dati monitorati sono inviati al Cloud ogni 12 minuti e la connettività è fornita dalla rete Sigfox.

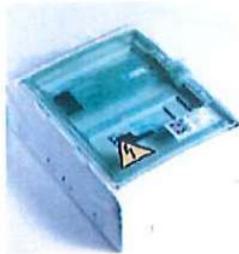
1. eSense pro - misura la temperatura dell'aria interna, l'umidità relativa e la concentrazione di CO₂ all'interno dell'ambiente.

Il posizionamento degli eSense standard e pro è scelto nel rispetto della rappresentatività delle condizioni ambientali degli spazi. I sensori devono essere installati ad un'altezza di 1,50m e in un luogo non esposto alla luce solare diretta o vicino a fonti di calore.



eMeter

Il dispositivo, denominato eMeter, è **utilizzato quando è necessario aggiungere nuovi multimetri muniti di trasformatori di corrente.**



Il pannello dell'eMeter consente il monitoraggio di carichi elettrici monofase e trifase. In particolare, fornisce le seguenti misure: corrente, tensione, potenza, energia, cos ϕ . I dati monitorati sono accessibili in tempo reale.

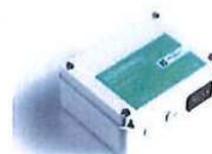
plc locale

Il plc è un controllore logico programmabile che **elabora i segnali analogici e digitali provenienti dai sensori e diretti agli attuatori.** Consente di mantenere una logica di controllo in locale di backup anche nel caso di mancata connettività da cloud.

Il plc può essere dotato di uno o più moduli di espansione, con le seguenti caratteristiche: 12DI (digital input), 8UI (universal input), 6AO (analog output), 12DO (digital output), possibilità di utilizzo come Gateway da Modbus RTU/ASCII a Modbus TCP/IP, Modulo I/O, possibilità di comunicazione in Modbus TCP/IP e BACnet IP.

eGateway

L'eGateway Modbus è un **dispositivo di rete che viene utilizzato per la comunicazione tra la supervisione locale e il cloud** ed è dotato di un modem e una scheda SIM, utilizzati per fornire connettività GSM/Wi-Fi/ETH verso il cloud Enerbrain. I dati scambiati vengono elaborati in tempo reale dall'algoritmo.



Inoltre, il dispositivo può essere utilizzato anche come hotspot per creare una rete Wi-Fi privata al fine di connettere fino a 16 dispositivi.

Il sistema, si realizzerà attraverso la **soluzione BEMS Cloud**, che prevede la costruzione di un sistema di controllo locale, la cui logica sarà ottimizzata attraverso la sovra-scrizione di determinati parametri da parte dell'Algoritmo, residente in cloud, che agisce applicando algoritmi di machine learning.

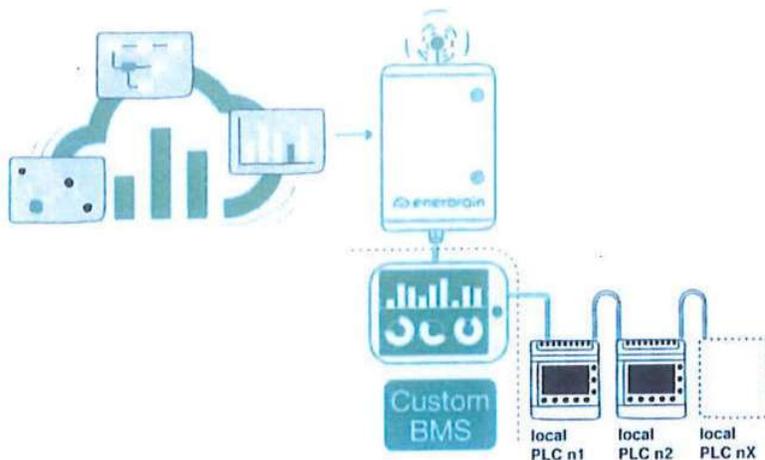


Figura 7 –Schematizzazione sistema Enerbrain in configurazione BEMS Cloud

La soluzione prevede due livelli di controllo, di seguito descritti.

1. **Controllo in locale attraverso supervisore locale.** Nel sito saranno installati nuovi sistemi di controllo in locale, i quali permetteranno il controllo degli impianti oggetto del presente studio. Tali sistemi comunicheranno direttamente con il Cloud; nel contempo è mantenuta in locale la possibilità di modificare i parametri manualmente e la gestione con calendari, set-point gestiti da PID e curva climatica. I **nuovi controllori saranno configurati** in modo da:

garantire l'integrazione e la comunicazione con il servizio in Cloud,

permettere un controllo locale e il funzionamento degli impianti in caso di mancata comunicazione con il Cloud.

2. **Controllo in cloud attraverso la Piattaforma .** L'algoritmo di controllo in cloud assicura al sistema HVAC un funzionamento dinamico e adattivo. L'algoritmo andrà ad agire su accensioni / spegnimenti degli impianti e sul controllo dei componenti dei sistemi selezionati leggendo e / o scrivendo variabili selezionate nel BMS.