

PROGETTO ESECUTIVO

committente: **COMUNE DI PADOVA**
Via del Municipio, 1 - 35122 - Padova (PD)

progetto: **Manutenzione straordinaria degli impianti meccanici a servizio dei Musei agli Eremitani e della sede di via Porciglia n°10**

IMPIANTI MECCANICI

RELAZIONE TECNICA - IMPIANTI MECCANICI

revisione n.

data:

oggetto:

disegnato da:

J.R.

controllato da:

D.Z.

approvato da:

D.Z.

nome file: APPR_19_Relazione_Tecnica_Impianti Meccanici

data: 04/12/2019

scala:



APPR_19

Sommario

1. PREMESSA.....	2
1.1 NORMATIVA DI RIFERIMENTO	3
2. INQUADRAMENTO GENERALE.....	7
3. STATO DI FATTO IMPIANTI MECCANICI	9
3.1 Il sistema delle centrali e delle sotto-centrali tecnologiche per la climatizzazione invernale ed estiva.....	9
3.2 Ricambio aria sala conferenze	10
3.3 Sistema di Termoregolazione	11
4 STATO DI PROGETTO IMPIANTI MECCANICI	12
4.1 Riorganizzazione ed efficientamento del sistema delle centrali e delle sotto-centrali tecnologiche	12
4.2 La riqualificazione della centrale termica del Museo agli Eremitani.....	12
4.3 La riqualificazione della centrale termica installata in Via Porciglia n°10	17
4.4 La modifica delle sotto-centrali termiche.....	19
4.5 Unità trattamento aria sala conferenze	20
4.6 Il nuovo sistema di regolazione	21

1. PREMESSA

La presente relazione tecnica ha lo scopo di illustrare e descrivere le scelte progettuali messe in campo per la riqualificazione energetica delle centrali e delle sotto-centrali tecnologiche a servizio dell'edificio dei Musei civici agli Eremitani, della Cappella degli Scrovegni e dell'edificio direzionale denominato "Direzione Settori Cultura e Musei Civici" sito in via Porciglia, n.10 facenti parte del territorio comunale di Padova.

Gli interventi previsti per la riqualificazione sono i seguenti:

- Accentramento della produzione dei fluidi termovettori caldo e freddo a servizio del museo nella centrale tecnologica presente nella nuova zona del Museo Eremitani.
- Installazione di nuove caldaie e gruppo frigo in grado di coprire la potenza necessaria al museo.
- Riqualificazione e bilanciamento del sistema di regolazione esistente.
- Installazione di estrattore aria ambiente con motore inverter collegato alla ventilante di immissione aria della sala conferenze per effettuare ricircolo dell'aria.
- Collegamento della centrale tecnologica del museo a tutte le sotto-centrali tecnologiche mediante le tubazioni in predisposizione.
- Copertura e rivestimento delle tubazioni passanti in parete esterna e chiostro.
- Rimozione e smaltimento della caldaia esistente presente nella centrale del museo Eremitani.
- Demolizione e smaltimento della centrale termica di via Porciglia.
- Realizzazione di nuova centrale termica e frigorifera di via Porciglia.
- Sostituzione gruppo frigo Cappella degli Scrovegni.

1.1 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Gli impianti dovranno essere progettati per rispettare tutte le disposizioni legislative e normative ad essi applicabili (dove esse appaiono carenti si farà eventualmente riferimento alle normative vigenti negli stati membri della Comunità Europea).

Qualora per particolari esigenze, non potessero essere integralmente rispettate le prescrizioni normative in vigore, dovrà essere prodotta adeguata documentazione che dimostri che comunque gli impianti sono realizzati a perfetta regola d'arte, in ottemperanza alla Legge n. 186 del 01.03.1968.

Durante il periodo di costruzione e di gestione dell'opera eventuali nuove prescrizioni di Legge e/o Norma verranno tempestivamente monitorate e segnalate affinché, dopo la loro discussione, approvazione ed accettazione, possano eventualmente essere recepite nei progetti e realizzate.

Gli impianti, nel loro complesso e nei singoli componenti, dovranno risultare conformi alla legislazione ed alla normativa vigente al momento dell'esecuzione dei lavori stessi, in particolare:

- Normative, Leggi, Decreti Ministeriali dello Stato cogenti;
- Normative, Leggi e Circolari dell'Unione Europea;
- Normative e Regolamenti regionali o comunali cogenti;
- Normative e Circolari emanate dal Ministero dell'Interno;
- Normative e Circolari emanate dal Ministero dei Lavori Pubblici;
- Disposizioni dei Vigili del Fuoco, prescrizioni e raccomandazioni del locale comando competente per territorio;
- Leggi, regolamenti e circolari tecniche emanati in corso d'opera;
- Prescrizioni e raccomandazioni della A.S.L. competente per territorio;
- Normative I.N.A.I.L. (ex I.S.P.E.S.L.), UNI, UNI-EN, UNI-CIG, C.E.I.;
- Prescrizioni e raccomandazioni dell'Ente erogante combustibile;
- Prescrizioni e raccomandazioni dell'Ente erogante energia elettrica;
- Prescrizioni e raccomandazioni dell'Ente erogante servizio Telefonico;
- In particolare gli impianti sono stati progettati rispondenti alla seguente normativa cogente e testi correlati:
- Legge 13 Luglio 1966 n. 615, provvedimenti contro l'inquinamento atmosferico e successivi regolamenti di esecuzione;
- D.M. 22 Gennaio 2008, n. 37: Regolamento concernente l'attuazione dell'articolo 11-quaterdecies, comma 13, lettera a) della legge n. 248 del 2 Dicembre 2005, recante riordino

delle disposizioni in materia di attività di installazione degli impianti all'interno degli edifici. (GU n. 61 del 12-3-2008)

- D.M. 6-04-2004, n. 174 - Regolamento concernente i materiali e gli oggetti che possono essere utilizzati negli impianti fissi di captazione, trattamento, adduzione e distribuzione delle acque destinate al consumo umano;
- Con Decreto 7 gennaio 1999 "Codificazione del colore per l'identificazione delle bombole per gas trasportabili";
- DECRETO LEGISLATIVO 9 aprile 2008, n. 81: Attuazione dell'art. 1 della legge 3 agosto 2007, n. 123, in materia di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro;
- Legge 1 marzo 1968 n. 186, del Decreto del Presidente della Repubblica n. 547 del 27 aprile 1955. Norme per la prevenzione degli infortuni sul lavoro e successivi aggiornamenti;
- D.M. 1 dicembre 1975, norme di sicurezza per apparecchi contenenti liquidi caldi sotto pressione e successivi aggiornamenti;
- Leggi 9 gennaio 1991 n. 9 e n. 10, norme per l'attuazione del piano energetico nazionale;
- D.P.R. 26 agosto 1993, n. 412 Regolamento recante norme per la progettazione, l'installazione, l'esercizio e la manutenzione degli impianti termici degli edifici ai fini del contenimento dei consumi di energia, in attuazione dell'art. 4, comma 4, della L. 9 gennaio 1991, n. 10
- Decreto Legislativo 19 agosto 2005 n. 192, attuazione della Direttiva 2002/91/CE relativa al rendimento energetico nell'edilizia;
- Decreto Legislativo 29 dicembre 2006 n. 311, disposizioni correttive ed integrative al Decreto Legislativo 19 agosto 2005 n. 192 recante attuazione della Direttiva 2002/91/CE relativa al rendimento energetico nell'edilizia;
- Decreto Legislativo 18 agosto 2000, n. 258 "Disposizioni correttive e integrative del decreto legislativo 11 maggio 1999, n. 152, in materia di tutela delle acque dall'inquinamento, a norma dell'articolo 1, comma 4, della legge 24 aprile 1998, n. 128";
- Decreto Legislativo 3 aprile 2006, n. 152 "Norme in materia ambientale";
- Decreto 24 maggio 1988 n. 236, attuazione della Direttiva CEE n.80/778 concernente la qualità delle acque destinate al consumo umano, ai sensi dell'art. 15 della Legge 16 aprile 1987 n. 183;
- D.P.C.M. 1 marzo 1991, "Limiti massimi di esposizione al rumore negli ambienti abitativi e nell'ambiente esterno";
- D.P.C.M. 5/12/97 – Determinazione dei requisiti acustici passivi degli edifici;

- D.M. 12 aprile 1996, Approvazione della regola tecnica di prevenzione incendi per la progettazione, la costruzione e l'esercizio degli impianti termici alimentati da combustibili gassosi;
- Decreto Legislativo 9 Aprile 2008, n. 81: Attuazione dell'articolo 1 della legge 3 agosto 2007, n. 123, in materia di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro;
- Regione del Veneto Delibera n. 1887 del 27 maggio 1997 OGGETTO: Revisione circolare regionale n. 38/87: "Criteri generali di valutazione dei nuovi insediamenti produttivi e del terziario";
- Circolare del Ministero dell'Interno n° 24 MI.SA. del 26/1/1993. Impianti di protezione attiva antincendio;
- Legge n. 46 del 5/3/1990 Norme per la sicurezza degli impianti
- D.P.R. n. 447 - Regolamento di attuazione della Legge n° 46 del 5/3/1990 in materia di sicurezza degli impianti.
- Norma UNI 10339 del giugno 1995: Impianti aeraulici a fini di benessere; Generalità, classificazione e requisiti. Regole per la richiesta d'offerta, l'offerta, l'ordine e la fornitura;
- Norma UNI 7357-74 del dicembre 1976: impianto di riscaldamento ad acqua calda, regole per il calcolo del fabbisogno termico per il riscaldamento degli edifici;
- Norma UNI 9182 Impianti di alimentazione e distribuzione d'acqua calda e fredda;
- Norma UNI 12056- 01 Edilizia - Sistemi di scarico funzionanti a gravità all'interno degli edifici;
- Norma UNI EN 832-01 Prestazione termica degli edifici Calcolo del fabbisogno di energia per il riscaldamento-Edifici residenziali;
- Norma UNI 10349 Riscaldamento e raffrescamento degli edifici – Dati climatici;
- Norma UNI 10351 Materiale da costruzione – Valori della conduttività termica e permeabilità al vapore;
- Norma UNI 10376 Isolamento termico degli impianti di riscaldamento e raffrescamento degli edifici;
- Norma UNI TS 11300 "Prestazioni energetiche degli edifici;
- Norma UNI EN 15316 Impianti di riscaldamento degli edifici - Metodo per il calcolo dei requisiti energetici e dei rendimenti dell'impianto;
- Norma UNI 10779 Impianti di estinzione incendi - Reti di idranti - Progettazione, installazione ed esercizio;
- Norma UNI 802: Apparecchiature per estinzione incendi - Prospetto di tipi unificati

- Norma UNI 8863: Tubi senza saldatura e saldati, di acciaio non legato filettabili secondo UNI-ISO 7.1;
- Norma UNI EN 12201:2012 Sistemi di tubazioni di materia plastica per la distribuzione dell'acqua, e per scarico e fognature in pressione – Polietilene;
- Norma UNI 9485: Apparecchiature per estinzione incendi
- Norma UNI 9486: Apparecchiature per estinzione incendi
- Norma UNI 9487: Apparecchiature per estinzione incendi
- Norma UNI EN 671: Sistemi fissi di estinzione incendi
- D.M. 07/01/1999: Codificazione del colore per l'identificazione delle bombole per gas trasportabili;
- UNI-EN 1089-3: Bombole trasportabili per gas - Identificazione della bombola - Codificazione del colore"
- UNI 7129/2008: Impianti a gas per uso domestico e similari da rete di distribuzione.

E alla seguente normativa internazionale (qualora la norma italiana sia assente):

- D.I.N. (Deutsche Industrie Normen) – Germany;
- I.S.O. (International Standards Organization) – England;
- B.S.I. (British Standards Institution) – England;
- A.S.H.R.A.E. (American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers, Inc.) - U.S.A.;
- A.S.A. (Acoustical Society of America) - U.S.A.;
- A.S.T.M. (American Society for Testing and Materials) - U.S.A.;
- E.N. (European Norm).
- Nella realizzazione delle opere dovranno essere altresì considerate le opere normative, le circolari e le emanazioni vigenti all'atto della esecuzione delle stesse.

2. INQUADRAMENTO GENERALE

Gli edifici oggetto di riqualificazione energetica sono tre (fig.1) e tutti ricadenti all'interno del territorio del Comune di Padova:

- La sede dei *Musei Civici agli Eremitani* con sede in Piazza degli Eremitani n°8;
- La *Cappella degli Scrovegni* con sede in Piazza degli Eremitani n°8;
- La sede della *Direzione Settore Cultura e Musei Civici* in via Porciglia n°10.



Figura 1: Foto aerea dei tre complessi oggetto di riqualificazione energetica all'interno del Comune di Padova (PD): il complesso dei "Musei Civici agli Eremitani" (evidenziato in arancione), la Cappella degli Scrovegni (evidenziato in rosa) e l'edificio sede della Direzione Settori Cultura e Musei Civici (evidenziato in azzurro).

I tre edifici, attualmente, sono serviti da due centrali termiche principali e da tre sotto-centrali di distribuzione usate per il riscaldamento degli ambienti durante il periodo invernale, il raffrescamento degli ambienti durante il periodo estivo e per alimentare alcune unità di trattamento aria (UTA) dove installate.

Le centrali termiche principali si trovano nel piano terra dell'edificio di Via Porciglia n°10 e al secondo piano nuovo complesso denominato "ampliamento" che si trova all'interno dell'edificio dei Musei civici agli eremitani (fig.2).

La centrale principale di Via Porciglia n°10 è dimensionata per sostenere la climatizzazione estiva e invernale della Cappella degli Scrovegni, dello stesso edificio di via Porciglia n°10 e parte

dell'impianto di trattamento aria del complesso dei Musei civici alimentati dalla sotto-centrale "A".



Figura 2: Posizionamento centrali termiche principali all'interno a servizio dei tre edifici oggetto di riqualificazione energetica -> La centrale di Via Porciglia n°10 (evidenziata in giallo) e quella posizionata al secondo piano del nuovo edificio sito all'interno dell'area dei Musei civici (evidenziata in azzurro).

La centrale situata al piano secondo del nuovo edificio dei musei civici (fig.2), invece, è attualmente dimensionata a servizio della climatizzazione estiva ed invernale e al funzionamento dei sistemi di trattamento aria installati all'interno dei musei civici.

3. STATO DI FATTO IMPIANTI MECCANICI

3.1 Il sistema delle centrali e delle sotto-centrali tecnologiche per la climatizzazione invernale ed estiva

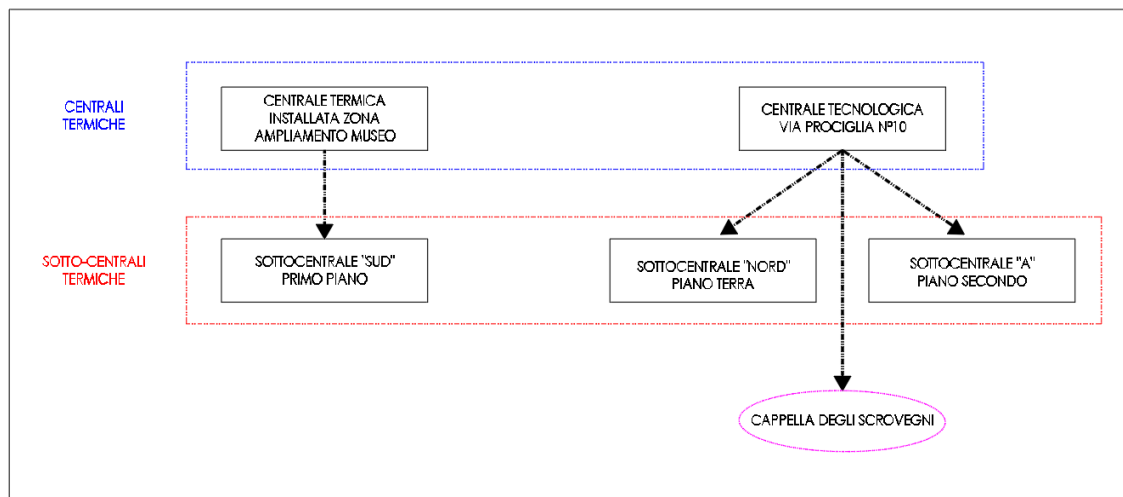


Figura 3: Schema semplificato centrali e sotto-centrali a servizio del complesso: Musei civici agli Eremitani, Direzione Settori Cultura e Musei Civici e Cappella degli Scrovegni

Attualmente l'edificio dei Musei civici agli Eremitani, la Cappella degli Scrovegni e il complesso di via Porciglia n°10 sono serviti complessivamente da due centrali termiche e da tre sotto-centrali (Fig.3), installate in modo tale da garantire il riscaldamento invernale, il condizionamento estivo ed il corretto funzionamento delle unità trattamento aria di tutti i complessi sopra menzionati.

Le due centrali termiche principali sono situate al secondo piano della nuova zona dei musei agli Eremitani (zona di Ampliamento del museo) e all'interno dell'edificio Direzione Settori Cultura e Musei Civici sito in via Porciglia n°10.

La centrale presente nella zona dell'ampliamento del museo è composta da un generatore di calore a condensazione marca ELCO modello R 3602L con bruciatore modulante di potenza termica al focolare 764 kW che è destinato alla produzione del fluido termovettore caldo. Al generatore di calore è accoppiato uno scambiatore di calore. Il generatore è malmesso e oggetto di continue manutenzioni. Il fluido termovettore freddo viene generato mediante un gruppo frigo con compressori scroll di potenza frigorifera 398.40 kW ed ESER 4.27 (temperatura acqua 7-12°C condensatore 48°C) di marca RHOSS modello Y-Power HE-A TCAEQY 4400.

La centrale dell'edificio Direzione Settori Cultura e Musei Civici è costituita da n°2 generatori di calore: il primo, prodotto dalla IVAR, con potenza termica nominale utile di 581 kW e potenza

termica al focolare di 641 kW; ed il secondo, di marca Proterm, con potenza massima utile di 349 kW e portata termica di 387 kW. Sempre nei locali di via Porciglia sono installati N°2 refrigeratori di marca ACM: il primo con potenza frigorifera nominale di 180 kW ed il secondo con di potenza frigorifera di 160 kW. A questi due refrigeratori si aggiunge un gruppo frigo condensato ad aria di marca Blue box con potenza frigorifera di 64 kW e potenzialità di riscaldamento di 80 kW, la cui integrazione con la centrale di via Porciglia assicura la climatizzazione della Cappella degli Scrovegni. Due serbatoi di accumulo da 500 litri garantiscono l'accumulo di acqua fredda e calda rendendola disponibile al sistema di trattamento aria della Cappella in base alle esigenze.

Le sotto-centrali denominate "A" e "NORD" (situate rispettivamente nel sottotetto e al piano terra dell'edificio dei Musei agli Eremitani) sono attualmente servite dalla centrale tecnologica di via Porciglia n°10. La centrale "SUD" invece (presente al piano primo del complesso dei Musei agli Eremitani) è servita dalla centrale principale del museo.

Tutte le sotto-centrali sono costituite da sole pompe di distribuzione, la loro funzione è solo quella di distribuire i fluidi termovettori che provengono dalle centrali principali verso i terminali di utilizzo (ventilconvettori, radiatori, UTA).

3.2 Ricambio aria sala conferenze

La sala conferenze, presente al piano terra della nuova zona del museo Eremitani, è attualmente servita da una ventilante di mandata aria con portata 3000 mc/h che climatizza l'ambiente ed immette aria esterna di rinnovo.

La ventilante è a tutta aria esterna, ovvero l'unità trattamento aria preleva continuamente aria di rinnovo solo dall'esterno a prescindere dalle reali necessità della sala ovvero dal numero di persone che effettivamente frequentano la stessa; questo sistema può essere reso più efficiente facendo sì che l'entità del ricambio d'aria e quindi la climatizzazione di questa sia funzione del numero di persone che frequentano effettivamente la sala.

3.3 Sistema di Termoregolazione

Il sistema di regolazione esistente di marca TREND CONTROLS è di tipo digitale a logica programmabile. I controllori sono distribuiti all'interno del museo e tramite la struttura dati ethernet interna del museo stesso i dati letti vengono trasferiti e resi visibili al sistema di supervisione generale.

I controllori sono raggruppati nei seguenti quadri elettrici di regolazione:

- Sottocentrale NORD piano terra
- Sottocentrale SUD primi piano
- Sottocentrale A (sottotetto) che serve una piccola sottocentrale termofrigorifera e delle UTA a servizio del museo.
- UTA zona HALL museo
- Centrale termofrigorifera A
- Regolatori per unità terminali a servizio dei ventilconvettori distribuiti nell'edificio

L'esistenza di un sistema di controllo BACnet IP permette potenziali ampliamenti di gestione e/o l'ampliamento/modifica della centrale di produzione del caldo e del freddo.

Tutto ciò che verrà integrato nel sistema potrà essere meglio monitorato e reso efficiente. La supervisione è possibile o localmente, tramite la licenza di supervisione TREND 963, o da remoto con una connessione TeamViewer.

Il sistema di termoregolazione della Cappella degli Scrovegni è attualmente gestito da un sistema Siemens composto da quadri di regolazione, sonde, regolatori di temperatura e umidità in campo.

4 STATO DI PROGETTO IMPIANTI MECCANICI

4.1 Riorganizzazione ed efficientamento del sistema delle centrali e delle sotto-centrali tecnologiche

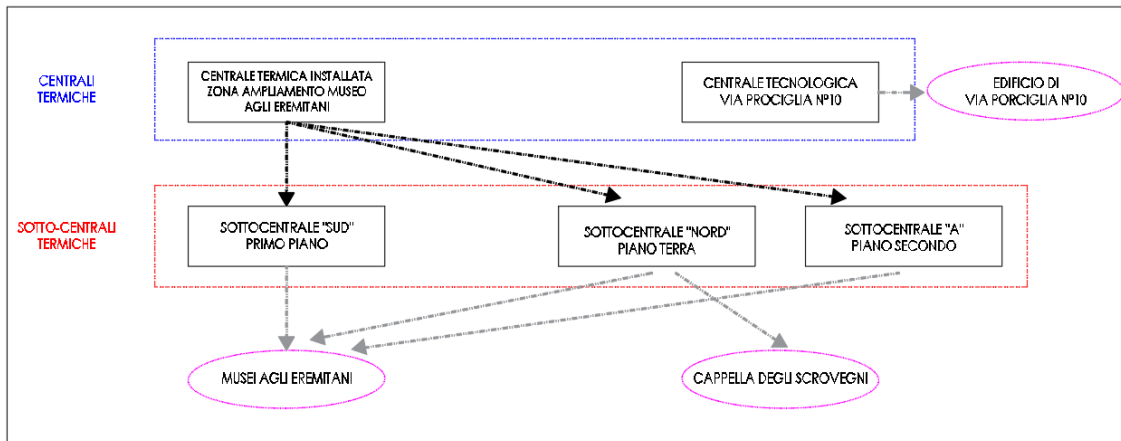


Figura 4: Nuovo schema centrali e sotto-centrali a servizio dei complessi: Musei civici agli Eremitani, via Porciglia n°10 e Cappella degli Scrovegni

Dall'analisi degli impianti meccanici esistenti emerge che il sistema delle centrali, come sopra descritto, può essere riprogettato in modo tale da essere più efficiente da un punto di vista energetico. Questo sarà possibile mediante la ridefinizione del ruolo di ogni centrale e sotto-centrale, la sostituzione di alcuni componenti ormai obsoleti ed attraverso l'implementazione di un nuovo sistema di regolazione.

Il vecchio sistema di centrali e sotto-centrali sarà modificato in modo tale che la centrale tecnologica di Via Porciglia n°10 servirà solo l'edificio in cui essa è installata e la centrale che si trova all'interno Musei agli Eremitani servirà l'intero edificio dei Musei Civici e la Cappella degli Scrovegni (fig.4).

Tale sistema così composto fa sì che le centrali termiche principali saranno quelle in cui saranno presenti e gestiti i dispositivi principali per la produzione di acqua calda e fredda (generatori di calore e gruppi frigo) mentre le sotto-centrali saranno organizzate solo per la distribuzione del fluido termo-vettore verso i terminali di utilizzo o unità trattamento aria.

4.2 La riqualificazione della centrale termica del Museo agli Eremitani

La riqualificazione della centrale termica principale installata all'interno dei musei agli Eremitani consiste:

- nella sostituzione della vecchia caldaia;
- nell'installazione di una nuova caldaia per far fronte al nuovo fabbisogno di energia termica;

- nell'installazione di un nuovo gruppo frigorifero in aggiunta a quello esistente per far fronte al nuovo fabbisogno di energia termica estiva.

La potenza dei nuovi generatori di calore a servizio dei Musei civici agli Eremitani, della Cappella degli Scrovegni è stata calcolata considerando (Tab.1):

- il carico termico invernale necessario per riscaldamento ambienti del complesso calcolato in base alla UNI n°11300 (APPR_33_Relazione_DE_01.pdf);

Tabella n°1: Fabbisogno termico invernale necessario per il riscaldamento dei complessi Musei agli Eremitani e Cappella degli Scrovegni

Consumi stimati	Quantità	Unità
Fabbisogno di Energia termica Invernale massima Museo Eremitani	1080,8	kW
Fabbisogno di Energia termica Invernale massima Cappella Scrovegni	82,8	kW
Totale Potenza Massima utile da fornire per riscaldamento ambienti	1163,6	kW

Dall'analisi energetica dei complessi oggetto di efficientamento energetico e delle unità trattamento aria (UTA) per la climatizzazione invernale della Cappella degli Scrovegni è emerso che il fabbisogno totale di energia termica invernale da installare all'interno della nuova centrale tecnologica e di circa 1160,3 kW (Tab.1).

Per far fronte al fabbisogno di energia termica necessaria al riscaldamento invernale si prevede quindi l'installazione di due caldaie a condensazione (Tab.2), installate in parallelo, con Portata termica nominale e Potenza termica massima utile (80/60°C) di ogni singola caldaia rispettivamente di 756 kW e 742,42 kW (Fig.5)

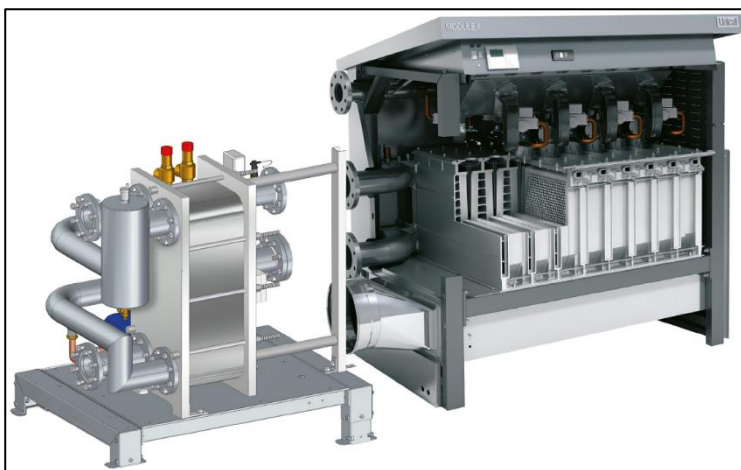


Figura 5: Immagine della Caldaia marca Unical tipo Module-ext 10 GTS 770 con Portata termica di 742,42 kW

assicurando quindi **una potenza termica massima utile totale (80/60°C) di circa 1484,4 kW** (Tab.2). I due generatori saranno installati all'interno della centrale termica tecnologica presente all'interno del nuovo complesso presso i "Musei civici agli Eremitani" in sostituzione della vecchia caldaia (par. 3.1).

Entrambi i generatori di calore proposti sono già provvisti di scambiatore di calore (Fig.3), questo permette di integrare al meglio le nuove caldaie all'interno della centrale esistente; inoltre, entrambi le caldaie sono fornite con già installati tutti gli organi di sicurezza, protezione e controllo obbligatori, come prescritto dalla circolare I.N.A.I.L. (*Raccolta R* ed. 2009).

Tabella n°2: Caratteristiche tecniche delle nuove caldaie per il riscaldamento ambienti dei complessi Musei civici agli Eremitani e Cappella degli Scrovegni

Caratteristiche Tecniche Caldaia	Caldaia n°1	Caldaia n°2
Marca	Unical	Unical
Modello	Modulex-EXT	Modulex-EXT
Tipo	10 GTS 770	10 GTS 770
Portata Termica Nominale [kW]	756	756
Potenza Termica utile massima ($\Delta t \rightarrow 80-60$ °C) [kW]	742,2	742,2
Potenza Termica utile massima in condensazione ($\Delta t \rightarrow 30-50$ °C) [kW]	783,2	783,2
Pressione Massima di Esercizio [bar]	6	6
Contenuto acqua [l]	108	108
Portata Termica Nominale Totale [kW]	1484,4	
Potenza Utile Massima ($\Delta t \rightarrow 80-60$ °C) Totale [kW]	1484,4	

La potenza e il modello dei nuovi gruppi frigoriferi per coprire il fabbisogno di energia termica estiva in raffrescamento dei nuovi generatori di calore a servizio dei Musei civici agli Eremitani, e della Cappella degli Scrovegni è stata calcolata considerando (Tab.3):

- il carico termico estivo necessario per il raffrescamento del complesso "Musei civici agli Eremitani" e Cappella degli Scrovegni stimate secondo la normativa UNI n°11300, come descritto nella relazione APPR_33_Relazione_DE_01.pdf;

Tabella n°3: Fabbisogni termico estivo per raffrescamento dei complessi Musei agli Eremitani e Cappella degli Scrovegni

Consumi stimati di potenza termica estiva	Quantità	Unità
Carico termico massimo estivo Museo Eremitani	757,3	kW
Carico termico massimo estivo Cappella Scrovegni	56,9	kW
Totale Potenza Massima utile da fornire per raffrescamento Eremitani + Scrovegni	814,2	kW

Dall'analisi energetica degli edifici oggetto di efficientamento energetico è emerso che il carico termico massimo estivo è di circa 814,2 kW (Tab.3).

Per coprire il fabbisogno di energia termica estiva dei complessi Musei Civici agli Eremitani e Cappella degli Scrovegni si andrà ad installare un nuovo gruppo frigo (Tab.4, Fig.4) in parallelo a quello già esistente di potenza frigorifera 421,00 kW per un totale di 819 kW in raffrescamento

(Tab.4, Fig.6); i gruppi frigo, oltre ad essere utilizzati per la produzione di acqua fredda, sono predisposti per il recupero di calore.

Tabella n°4: Caratteristiche tecniche dei nuovi gruppi frigoriferi per il raffrescamento ambienti del complesso Musei civici agli Eremitani e Cappella degli Scrovegni

Caratteristiche Tecniche Refrigeratore	Gruppo n°1	Gruppo n°2
Marca	Rhoss	Rhoss
Modello	TCAEQY	TCAEQY
Tipo	4460	4400
Resa lorda in raffreddamento [kW]	421,00	398,00
Potenza Lorda in Raffreddamento al 100% [kW]	158,00	131,00
EER	2,66	2,89
Pressione Massima di Esercizio [bar]	6	6
Temperatura Mandata e Ritorno in fase di recupero [°C]	60-50	60-50
Resa Lorda in Raffrescamento Totale [kW]	819 kW	

Durante l'estate infatti il calore prodotto in condensazione dai gruppi frigo viene in parte recuperato dal sistema attraverso scambio termico e ceduto al flusso d'acqua calda necessario al corretto funzionamento della unità trattamento aria dove previste.

Il recupero di calore è garantito da n°1 scambiatore di calore installato a valle dei gruppi frigo lato condensatore e a monte del circuito di distribuzione di acqua calda verso le UTA (Fig. 7).



Figura 6: Immagine del refrigeratore Marca RHOSS modello TCAEQY4460 che sarà installato nella nuova centrale dei musei Civici agli Eremitani.

Fluido		LATO CALDO	LATO FREDDO
		Acqua	Acqua
Densità	kg/m ³	984.5	986.8
Calore specifico	kJ/(kg*K)	4.17	4.17
Conducibilità termica	W/(m*K)	0.648	0.642
Viscosità ingresso	cP	0.465	0.596
Viscosità uscita	cP	0.546	0.503
Portata Volumetrica	m ³ /h	18.4	18.3
Temperatura acqua - ingresso	°C	60.0	45.0
Temperatura acqua - uscita	°C	50.0	55.0
Perdita di Carico	kPa	34.8	35.0

Figura 7: Caratteristiche idrauliche Scambiatore di Calore da installare a valle dei nuovi gruppi frigo per il recupero di calore

4.3 La riqualificazione della centrale termica installata in Via Porciglia n°10

La riqualificazione della centrale termica installata presso il complesso di Via Porciglia n°10 prevede la sostituzione delle vecchie caldaie, l'installazione di una nuova caldaia per far fronte al nuovo fabbisogno di energia termica invernale e l'installazione di un nuovo gruppo frigorifero per coprire il nuovo carico termica estivo (Tab.5).

Il calcolo del carico termico invernale ed estivo per il riscaldamento ed il raffrescamento degli ambienti è stato calcolato in base alla norma UNI n°11300 (APPR_33_DE_02.pdf).

Tabella n°5: Carico termico invernale ed estivo del complesso di Via Porciglia n°10

Consumi stimati	Quantità	Unità
Fabbisogno Termico per riscaldamento complesso Via Porciglia n°10	62,1	kW
Fabbisogno Termico per raffreddamento complesso Via Porciglia n°10	68,4	kW
Totale Potenza Massima utile da fornire per riscaldamento ambienti	62,1	kW
Totale Potenza Massima utile da fornire per raffrescamento degli ambienti	68,4	kW

Dall'analisi energetica del complesso oggetto di efficientamento energetico è emerso un fabbisogno totale di energia termica invernale di circa 62,1 kW (Tab.5) ed un fabbisogno totale di energia termica estiva di circa 68,4 kW (Tab.5).

Per far fronte al fabbisogno di energia termica necessaria al riscaldamento invernale si prevede quindi l'installazione di una caldaia a condensazione (Tab.6, Fig.8) con Portata termica nominale e Potenza termica massima utile (80/60°C) rispettivamente di 67,5 kW e 65,7 kW. Il nuovo generatore di calore dovrà essere installato all'interno della centrale termica tecnologica di via Porciglia n°10 in sostituzione delle vecchie caldaie (par. 3.1).

Tabella n°6: Caratteristiche tecniche della nuova caldaia consigliata per il riscaldamento complesso di Via Porciglia n°10

Caratteristiche Tecniche Caldaia	Caldaia n°1
Marca	Unical
Modello	Alkon
Tipo	70c
Portata Termica Nominale [kW]	67,5
Potenza Termica utile massima ($\Delta t \rightarrow 80-60$ °C) [kW]	65,7
Potenza Termica utile massima in condensazione ($\Delta t \rightarrow 30-50$ °C) [kW]	68,7
Pressione Massima di Esercizio [bar]	6
Contenuto acqua [l]	3,9

Il nuovo generatore di calore (Fig.6) sarà integrato nell'impianto esistente attraverso l'installazione di uno scambiatore di calore posizionato a valle delle caldaie ed a monte delle pompe di distribuzione.

Per coprire il fabbisogno di energia termica per raffrescamento dell'edificio di Via Porciglia n°10 si andrà ad installare un nuovo gruppo frigo in sostituzione di quello esistente. Questo gruppo frigo sarà costituito da un refrigeratore d'acqua con condensatore remoto e compressori scroll con capacità di raffrescamento di 65,2 kW (Tab.7).

Il nuovo refrigeratore sarà installato a monte dello stesso scambiatore di calore a servizio del generatore, posizionato a valle delle pompe di distribuzione del fluido termovettore. Il funzionamento invernale o estivo della centrale di via Porciglia n°10 sarà regolato da valvole motorizzate a due vie che in base alle richieste stagionali si apriranno o chiuderanno garantendo il solo funzionamento invernale come centrale per il riscaldamento degli ambienti o il solo funzionamento estivo per raffrescamento degli stessi.



Figura 8: Immagine della Caldaia marca Unical tipo ALKON 70c con Portata termica di 65,7 kW

Tabella n°7: Caratteristiche tecniche del nuovo refrigeratore per il complesso di Via Porciglia n°10

Caratteristiche Tecniche Refrigeratore	
Potenza Frigorifera [kW]	65,2
Portata Acqua [m ³ /h]	11,2
Temperatura Mandata Acqua [°C]	7
Temperatura Ritorno Acqua [°C]	12
Refrigerante	R410A
EER	3,38

Tutti componenti della centrale di via Porciglia a servizio della climatizzazione della Cappella degli Scrovegni dovranno essere completamente demoliti. Le unità trattamento aria a servizio del corpo tecnico di accesso alla cappella (CTA) e della cappella stessa saranno servite direttamente dalle nuove pompe di distribuzione installate nella sotto-centrale nord capaci di garantire circa 10 m³/h di portata di acqua fredda e 9 m³/h di acqua calda.

4.4 La modifica delle sotto-centrali termiche

L'ammodernamento delle sotto-centrali termiche consiste principalmente nell'installazione di nuove pompe di circolazione in aggiunta a quelle già esistenti in modo da poter servire tutti quei circuiti di riscaldamento e raffrescamento che prima della riqualificazione erano serviti dalla centrale sita in via Porciglia n°10.

Tutte le sotto-centrali erano già predisposte per un ipotetico ampliamento, infatti i nuovi collegamenti idraulici di tutte le pompe di circolazione erano già presenti per effettuare una tale modifica.

La modifica della *sotto-centrale sud*, sita al primo piano del museo agli eremitani, prevede l'installazione di due nuove pompe gemellari con inverter (Tab.8): una coppia a servizio del circuito caldo della UTA della sala multimediale e l'altra coppia a servizio del circuito freddo della UTA a servizio della sala multimediale (Tab.8). La *sotto-centrale sud* è già collegata con la centrale principale del museo agli eremitani quindi questa non necessita di nuovi collegamenti idraulici con la centrale principale.

Tabella n°8: Elenco delle pompe di circolazione presenti nella sotto-centrale sud: quelle già presenti e quelle da installare

Pompe già installate nella sotto-centrale sud				
ID. POMPA	DESCRIZIONE	Portata [m³/h]	Prevalenza [m]	Tipo
P22	Pompa circuito freddo Ingresso	11,00	5,00	Gemellari con Inverter
P23	Pompa circuito Caldo Ingresso	7,00	3,50	Gemellari con Inverter
Nuove Pompe da installare nella sotto-centrale sud				
P24	Pompa circuito freddo UTA "E" sala multimediale	11,00	5,00	Gemellari con Inverter
P25	Pompa circuito Caldo UTA "E" sala multimediale	7,00	3,50	Gemellari con Inverter

L'ammodernamento della *sotto-centrale nord*, sita al piano terra del complesso museo agli eremitani, prevede l'installazione di due nuove pompe gemellari con inverter (Tab.9): una a per la distribuzione dell'acqua calda a servizio della Cappella degli Scrovegni ed una per la distribuzione dell'acqua fredda sempre a servizio della Cappella degli Scrovegni (Tab.9). I nuovi circuiti che distribuiscono il fluido termovettore caldo e freddo per la Cappella devono prevedere anche l'installazione di n°2 vasi d'espansione (Tab.9): n°1 vaso di espansione chiuso a diaframma di 80 litri a servizio del circuito caldo di distribuzione e circa n°1 vaso di espansione chiuso a diaframma di 24 litri a servizio del circuito freddo di distribuzione. La nuova sotto-centrale nord deve essere collegata idraulicamente alla centrale principale del museo agli eremitani sfruttando le predisposizioni già presenti nel collettore principale.

Tabella n°9: Elenco delle pompe di circolazione presenti nella sotto-centrale sud: quelle già presenti e quelle da installare

Pompe già installate nella sotto-centrale nord				
ID.	DESCRIZIONE	Portata [m³/h]	Prevalenza [m]	Tipo
P14	Pompa circuito caldo a servizio "Deposito dipinti"	13,20	6,50	Gemellari con Inverter
P15	Pompa circuito freddo a servizio "Deposito dipinti"	8,50	4,80	Gemellari con Inverter
Nuove Pompe da installare nella sotto-centrale nord				
P26	Pompa circuito freddo -> "Cappella Scrovegni"	10,50	13,00	Gemellari con Inverter
P27	Pompa circuito caldo -> "Cappella Scrovegni"	9,00	13,00	Gemellari con Inverter
Nuovi Vasi d'espansione da installare nella sotto-centrale nord				
VE05	Vaso di espansione capacità 80 litri, precaria 1,5 bar			Chiuso a diaframma
VE06	Vaso di espansione capacità 24 litri, precaria 1,5 bar			Chiuso a diaframma

La riqualificazione della *sotto-centrale A* consiste nel collegare idraulicamente detta sotto-centrale alla centrale principale del museo agli eremitani sfruttando le predisposizioni già presenti nel collettore principale.

4.5 Unità trattamento aria sala conferenze

Al fine di aumentare l'efficienza energetica dei sistemi di climatizzazione a servizio dei Musei civici si è deciso di apportare alcune modifiche all'unità di trattamento aria a servizio della sala conferenze.

Attualmente la sala conferenze è servita da un'unità di trattamento aria per la climatizzazione dell'ambiente con una portata d'aria di 3000 mc/h che preleva, per il ricambio, continuamente aria dall'esterno a prescindere dal quantitativo di persone effettivamente presenti. In questo modo l'unità di trattamento lavora in modo poco efficiente prelevando e climatizzando aria dall'esterno anche quando non effettivamente necessario (quando per esempio la sala conferenza è vuota o frequentata da poche persone). Questo sistema potrebbe essere migliorato imponendo che il ricambio di aria dall'esterno dipenda dal numero di persone effettivamente presenti nella sala sempre e comunque in linea con le prescrizioni imposte dalla normativa.

La riqualificazione energetica del sistema di trattamento e climatizzazione sarà perseguito attraverso:

- la modifica di parte del sistema aeraulico installato nel controsoffitto in modo tale da garantire il ricircolo di aria calda al sistema UTA quando necessario limitando i continui prelievi dall'esterno;
- l'installazione di un sensore di CO₂ all'interno della sala in grado di regolare il funzionamento di un sistema di elettrovalvole capace di parzializzare/limitare il prelievo di aria esterna in base alle esigenze;
- la modifica della macchina di unità trattamento aria attraverso la sostituzione della batteria di raffreddamento da 3 a 6 ranghi.

Al fine di implementare tale sistema si prevede l'installazione di due serrande elettromeccaniche da installare nel nuovo canale di espulsione aria, da installare nel controsoffitto, in modo di parzializzare l'espulsione dell'aria esterna; queste serrande saranno regolate da un sensore di CO₂ installato all'interno della sala conferenze. La modifica della macchina di unità trattamento aria invece prevede la sostituzione della batteria di raffreddamento da 3 a 6 ranghi. Le caratteristiche della nuova batteria di raffreddamento da installare all'interno della UTA sono elencate nella tabella sottostante.

Batteria di raffreddamento			
Dati termoigrometrici aria		Fluido	
Portata aria	3000 m³/h	Acqua	
Temperatura ingresso	32 °C	Temperatura ingresso	8 °C
Umidità relativa	50 %	Temperatura uscita	13 °C
Temperatura uscita	15.1 °C	Portata	4865 L/h
Umidità relativa	100 %	Perdita di carico	25 kPa
Potenzialità	28.3 kW	Volume interno	10.1 dm³
Perdita di carico aria umida	150 Pa	Condensa	15.0 L/h
Perdita di carico aria secca	91 Pa		
Velocità di attraversamento	2.61 m/s		
Rapporto S/T	0.61		

4.6 Il nuovo sistema di regolazione

La regolazione esistente verrà mantenuta mentre le logiche caricate nei controllori digitali saranno riviste per migliorare i processi di controllo più indicati per la tipologia di utilizzo degli ambienti.

Alcune parti della regolazione esistente saranno implementate con altri moduli di espansione I/O al fine di adattare la regolazione alle implementazioni meccaniche che saranno effettuate.

Il risultato che si otterrà sarà quello di riprendere il governo dell'impianto secondo un processo di controllo più fruibile anche grazie al nuovo sistema di supervisore IQ VISION che verrà installato in sostituzione del sistema 963 esistente. Le caratteristiche del nuovo sistema di supervisione sono molteplici (dalla semplicità di registrazione delle variabili controllate alla integrazione dei processi) la possibilità di governare i processi da qualsiasi postazione essa si trovi, dentro e fuori dalla rete del museo da computer o tablet.

Tutto questo permetterà non solo di affinare le regolazioni che saranno riviste anche in virtù degli ampliamenti/modifiche previsti ma migliorare la gestione energetica della struttura.