

COMUNE DI ROMA

Committente:

Acquario Romano s.r.l.

Piazza Manfredo Fanti 47, 00185 Roma

Intervento:

**VERIFICA E PROGETTAZIONE DEL NUOVO
SISTEMA AD ALTA EFFICIENZA ENERGETICA
PER RISCALDAMENTO E RAFFRESCAMENTO DEI
LOCALI SITUATI AL 2° PIANO DELL'EDIFICIO
ACQUARIO ROMANO**

Tipo di documento:

RELAZIONE PROGETTAZIONE DEFINITIVA

Progettazione:

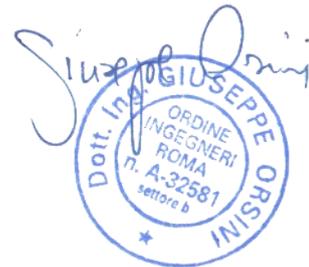
Ing. Matteo Rosa

Iscritto all'Ordine degli Ingegneri della provincia di Roma,
Settore B - Matricola n. A-32030.
Esperto in Gestione dell'Energia (UNI CEI 11339:2009)
Certificato ICMQ n. 16-03594



Ing. Giuseppe Orsini

Iscritto all'Ordine degli Ingegneri della provincia di Roma,
Settore B - Matricola n. A-32581.
Esperto in Gestione dell'Energia (UNI CEI 11339:2009)
Certificato ICMQ n. 16-03593



<i>Codice Progetto</i> 2022-019-IT-AR	<i>Numero Documento</i> R.01	<i>Data Progetto:</i> 6 maggio 2022
------------------------------------------	---------------------------------	----------------------------------------

<i>Versione</i>	<i>Descrizione</i>	<i>Data</i>
v01	Prima emissione	23 marzo 2022
v02	Aggiornamento secondo richieste della Committenza	6 maggio 2022

Indice

1	Generalità	2
2	Normative di riferimento	2
3	Descrizione dello stato di fatto	3
4	Descrizione della proposta di efficientamento energetico	4
4.1	Sistema di controllo	6
4.2	Sistema di distribuzione impianto radiante esistente	6
5	Verifica dell'eventuale inserimento di un impianto solare termico da abbinare alla pompa di calore	6
6	Impianto elettrico a servizio della Centrale Termica	9
6.1	Descrizione Impianto Elettrico	9
6.2	Riferimenti Normativi	9
6.3	Descrizione del Lavoro	10
6.3.1	Generalità	10
6.4	Impianto Elettrico	10
6.5	Impianto di terra	11
6.6	Prescrizioni tecniche ed installative di carattere generale	11
6.6.1	Quadri elettrici	11
6.6.2	Tubi, condotti, canali, cavidotti e percorso tubazioni	11
6.6.3	Scatole e cassette di derivazione e morsetti	12
6.6.4	Cavi elettrici	12
6.6.5	Materiali e apparecchiature da impiegare	13
6.6.6	Targhe degli apparecchi e dei componenti	13
6.7	Calcoli e verifica protezioni	13
6.7.1	Caduta di tensione	13
6.7.2	Protezione contro i sovraccarichi	13
6.7.3	Protezione contro i cortocircuiti	14
6.8	Protezione dai contatti diretti ed indiretti	15
6.8.1	Protezione contro i contatti diretti	15
6.8.2	Protezione contro i contatti indiretti	15
6.9	Protezione contro le scariche atmosferiche	16

1 Generalità

Nel mese di febbraio del 2022 è stato affidato alla società di ingegneria in epigrafe l'incarico di effettuare la verifica e la progettazione del nuovo sistema ad alta efficienza energetica per riscaldamento e raffrescamento dei locali situati al 2° piano dell'edificio denominato "Acquario Romano", sito in Piazza Manfredo Fanti 47, Roma.

Il progetto dell'impianto di climatizzazione oggetto della presente relazione tecnica si compone dei seguenti elaborati grafici:

- 2022-019-IT-AR-T01 - Schema Planimetrico Coperture
- 2021-019-IT-AR-T02 - Schema Funzionale Centrale Termica
- 2021-019-IT-AR-T03 - Schema Unifilare Impianto Elettrico a servizio della Centrale Termica

E dei seguenti documenti tecnici:

- 2022-019-IT-AR-R01 - Relazione Tecnica Progetto
- 2022-019-IT-AR-C01 - Computo Metrico Estimativo delle Opere

Gli elaborati di cui sopra sono basati sull'elaborato grafico "*Acquario romano - Piante, sezioni.dwg*" fornito dalla committenza e sulle informazioni relative all'involucro e all'impianto esistente reperite durante il sopralluogo tecnico effettuato in data 21/02/2022.

2 Normative di riferimento

L'impianto dovrà soddisfare i requisiti richiesti dalla normativa vigente in materia di impianti meccanici ed in particolare dovrà essere conforme alle seguenti norme:

- Decreto 22 gennaio 2008, n. 37/08 (ex 46/90) "Norme per la sicurezza degli impianti"
- D.P.R. 6 dicembre 1991, n. 447 "Regolamento di attuazione della Legge 5/3/90 n. 46 in materia di sicurezza degli impianti"
- Legge 9 gennaio 1991, n. 10 "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 s.m.i.
- UNI EN 12831:2018 "Prestazione energetica degli edifici - Metodo per il calcolo del carico termico di progetto - Parte 1: Carico termico per il riscaldamento degli ambienti, Modulo M3-3"
- UNI EN ISO 13790:2008 "Calcolo del fabbisogno di energia"
- UNI 10349 "Riscaldamento e raffrescamento degli edifici - Dati climatici"
- Decreto legislativo 3 marzo 2011, n. 28 "Attuazione della direttiva 2009/28/CE sulla promozione dell'uso dell'energia da fonti rinnovabili, recante modifica e successiva abrogazione delle direttive 2001/77/CE e 2003/30/CE"

- UNI/TS 11300-1:2014 “Prestazioni energetiche degli edifici. Parte 1: Determinazione del fabbisogno di energia termica dell’edificio per la climatizzazione estiva ed invernale”
- UNI/TS 11300-2:2019 “Prestazioni energetiche degli edifici. Parte 2: Determinazione del fabbisogno di energia primaria e dei rendimenti per la climatizzazione invernale e per la produzione di acqua calda sanitaria”
- UNI/TS 11300-3:2010 “Determinazione del fabbisogno di energia primaria e dei rendimenti per la climatizzazione estiva”
- UNI/TS 11300-4:2016 “Utilizzo di energie rinnovabili e di altri metodi di generazione per la climatizzazione invernale e per la produzione di acqua calda sanitaria”
- D.Lgs. 19 agosto 2005, n. 192 “Attuazione della direttiva 2002/91/CE relativa al rendimento energetico nell’edilizia”
- D.Lgs. 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”
- D.P.R. 2 aprile 2009, n. 59 “Regolamento di attuazione dell’articolo 4, comma 1, lettere a) e b), del decreto legislativo 19 agosto 2005, n. 192, concernente attuazione della direttiva 2002/91/CE sul rendimento energetico in edilizia”
- Decreto Interministeriale 26 giugno 2015 “Adeguamento linee guida nazionali per la certificazione energetica degli edifici”
- Decreto Interministeriale 26 giugno 2015 “Applicazione delle metodologie di calcolo delle prestazioni energetiche e definizione delle prescrizioni e dei requisiti minimi degli edifici”

3 Descrizione dello stato di fatto

Gli ambienti oggetto del presente progetto sono gli uffici del 2° piano dell’edificio denominato “Acquario Romano”, sito in Piazza Manfredo Fanti 47, Roma.

Nella Tabella 1 seguente sono riportati i dati climatici salienti utilizzati per effettuare i calcoli dei carichi termici.

Tabella 1: Dati Generali

Comune	Roma
Provincia	Roma
Latitudine	41°53’51.8"N
Longitudine	12°30’10.5"E
Zona Climatica	D
Gradi Giorno (GG)	1415
Temperatura esterna di progetto invernale	0°C
Temperatura bulbo secco di progetto estivo	33°C

A seguito del sopralluogo e dell’analisi dei documenti consegnati dalla committenza si sono valutate le stratigrafie delle strutture disperdenti opache (tramite abaco UNI/TR 11552)

e trasparenti (infissi con telaio in legno e vetrocamera) per definire, sulla base di indici di affollamento standard e delle destinazioni d'uso dei locali, il carico termico invernale e estivo della struttura (Tabella 2).

Tabella 2: Calcolo carichi termici invernali e estivi

Trasmissione [kW]	Carico Invernale			Carico Estivo di picco		
	Ventilazione [kW]	Ripresa [kW]	Totale [kW]	Sensibile [kW]	Latente [kW]	Totale [kW]
35,2	5,3	3,7	44,2	45,3	1,0	46,3

Allo stato attuale, le componenti impiantistiche a servizio del 2° piano della struttura in oggetto sono:

- Pompa di calore aria/acqua splittata installata in copertura, avente le seguenti caratteristiche:
 - Marca e modello: Simor, modello SM32KWSER
 - Anno di costruzione: 2003
 - Resa: 84 kW
 - Assorbimento: 2x9,7 kW
 - Gas frigorifero: R407
- Impianto di distribuzione caldo/freddo:
 - distribuzione idronica a due tubi con inversione stagionale manuale, emissione con pavimento radiante (uso prevalentemente invernale) e ventilconvettori a parete (uso estivo).

4 Descrizione della proposta di efficientamento energetico

Una volta valutato il fabbisogno termico dell'utenza e individuata la taglia ottimale della macchina termica in oggetto è stato necessario effettuare una scelta sul tipo di tecnologia da adottare per riqualificare la centrale termica in copertura.

Il primo tentativo è stato quello di trovare una macchina simile a quella sostituita, ossia una pompa di calore splittata costituita da un'unità motoevaporante da installare in centrale termica e un condensatore remoto esterno. Probabilmente nel progetto originario del 2003 la scelta è caduta su questo tipo di macchine per ridurre al minimo l'impatto visivo delle componenti (la configurazione attuale dei condensatori remoti ha un'altezza comparabile a quella della balaustra in copertura).

È stata pertanto effettuata una ricerca attraverso le primarie case produttrici, riscontrando in tutti i casi che questa tecnologia risulta oramai desueta e relegata ad applicazioni di nicchia (ad es. grande distribuzione organizzata). La realizzazione di una macchina del genere risulterebbe un'operazione molto costosa e presenterebbe inoltre valori di efficienza bassi, i quali non darebbero diritto ad accedere al meccanismo di detrazione fiscale denominato *ecobonus* che prevede dei limiti inferiori per *COP* e *EER*. In aggiunta, tutti i condensatori remoti selezionati presenterebbero un'altezza da terra superiore ad 1,65 m, risultando quindi ben più alti della balaustra presente in copertura e quindi parzialmente visibili dall'esterno.

Alla luce di quanto detto si è optato per l'installazione di n.5 pompe di calore aria/acqua monoblocco in cascata, per le quali l'ingombro esterno risulta limitato (altezza di $\sim 0,95\text{ m}$) all'altezza della balaustra in copertura. Questo tipo di macchine è molto semplice da installare, contenendo al loro interno tutte le principali componenti idrauliche, e non richiede la realizzazione di un circuito esterno con fluido frigorifero. Queste macchine rappresentano inoltre uno standard di mercato, con prezzi allineati fra le varie case costruttrici e presentano valori di *COP* e *EER* superiori ai limiti stabiliti dalla normativa di risparmio energetico e quella per le detrazioni fiscali¹.

In relazione ai carichi termici calcolati per l'utenza si è valutato che una cascata di n. 5 Pompe di Calore aria acqua con le caratteristiche riportate in Tabella 3 sia sufficiente a garantire la temperatura di *set point* invernale (20°C) e estiva (26°C) all'interno degli ambienti siti al 2° piano dell'edificio.

In Figura 1 si riportano inoltre le dimensioni tipiche di una singola pompa di calore dalle caratteristiche sopraelencate.

Tabella 3: Caratteristiche tecniche Pompa di Calore

Air Temperature $^{\circ}\text{C}$	Supply Temperature $^{\circ}\text{C}$	Heating H.C. kW	COP -	Cooling C.C. kW	EER -
7	35	12.5	4.46		
35	18			7.70	3.90

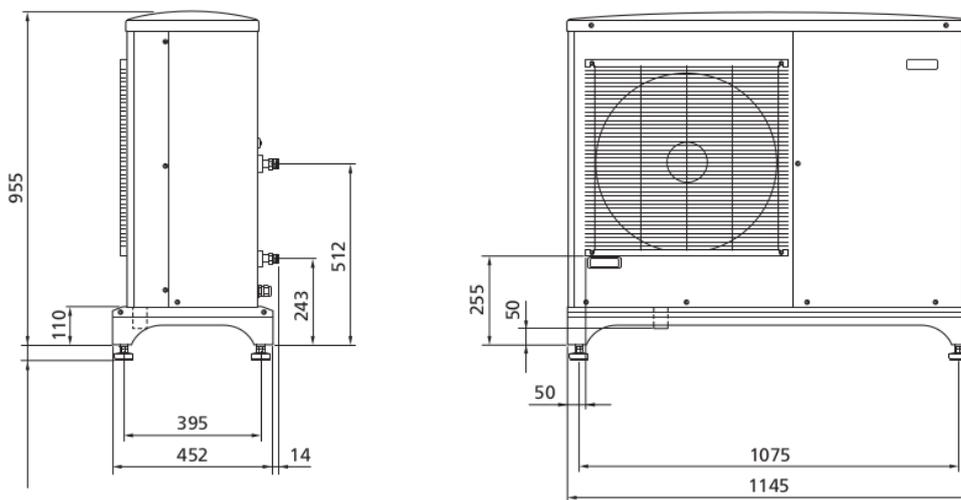


Figura 1: Dimensioni principali unità esterna

¹Per interventi con data di inizio lavori a partire dal 6 ottobre 2020, le pompe di calore oggetto di installazione devono garantire un coefficiente di prestazione (COP) e, qualora l'apparecchio fornisca anche il servizio di climatizzazione estiva, un indice di efficienza energetica (EER) maggiore o uguale ai pertinenti valori minimi, fissati nell'allegato F al D.M. 6.08.2020. Qualora siano installate pompe di calore elettriche dotate di variatore di velocità (inverter), i pertinenti valori di COP e EER sono ridotti del 5%. I limiti per il caso in esame sono pertanto $COP = 3,9$ e $EER = 3,6$

Nella tavola 2021-019-IT-AR-T02 si descrive lo schema funzionale della nuova centrale termica e come questa si allaccia al resto dell'impianto esistente, mentre in tavola 2021-019-IT-AR-T01 è rappresentata la disposizione delle pompe di calore in oggetto sulla copertura dell'edificio.

4.1 Sistema di controllo

La nuova centrale termica costituita dalle cinque pompe di calore in cascata sarà gestita da un modulo di controllo il quale è in grado di comandare in modo automatico l'accensione e lo spegnimento, nonché la parzializzazione delle pompe di calore quando il carico termico richiesto all'impianto è più piccolo di quello nominale. La stessa centralina gestirà inoltre l'alimentazione e la modulazione delle 5 pompe del circuito primario, le quali collegano le pompe di calore al volano termico.

A valle del volano termico abbiamo i due circuiti afferenti ai sistemi di emissione (pavimento radiante e ventilconvettori) i quali, come da situazione attuale, possono essere controllati mediante due orologi digitali con programmazione annuale.

All'interno dell'ambiente climatizzato esiste già un controllo di emissione mediante valvole termostatiche afferenti ai diversi circuiti del pavimento radiante e termostati abbinati a ciascun ventilconvettore.

4.2 Sistema di distribuzione impianto radiante esistente

Nel verificare tutte le componenti da installare nella centrale termica si è constatato che la portata elaborata dai circolatori di distribuzione dell'impianto radiante, utilizzato nel periodo invernale, sono relativamente basse rispetto ai carichi termici calcolati e una differenza di temperatura tra mandata e ritorno corretta, riuscendo a soddisfare i carichi termici con un ΔT tra mandata e ritorno intorno ai 10°C , a fronte di un valore consigliato dalla normativa di settore di $5 \div 8^{\circ}\text{C}$.

Purtroppo non avendo a disposizione il progetto di quanto realizzato non è possibile individuare soluzioni correttive, che del resto non sono necessarie nel caso non si siano riscontrati problemi di *discomfort* termico negli ambienti. Nel caso invece tali problematiche si siano riscontrate in passato sarà necessario, in mancanza del progetto dell'impianto radiante realizzato, analizzare mediante misure specifiche il comportamento dell'impianto attuale in modo da valutare l'installazione di circolatori differenti che consentano di far circolare una portata maggiore riducendo le differenze di temperatura tra mandata e ritorno dell'impianto di distribuzione. In questo modo si otterrebbe una migliore omogeneità di distribuzione delle temperature negli ambienti riscaldati, migliorando anche il *comfort* dei locali.

5 Verifica dell'eventuale inserimento di un impianto solare termico da abbinare alla pompa di calore

Come da richiesta contenuta nell'invito a presentare l'offerta per l'incarico oggetto della presente relazione, in questo capitolo verrà analizzato, in un'ottica di analisi costi-benefici, la possibilità di abbinare alla pompa di calore individuata un impianto solare termico da installare in copertura.

Come premessa alle considerazioni seguenti è opportuno specificare che la tecnologia del solare termico, consentendo di produrre calore a bassa temperatura a partire dall'irraggiamento solare, rappresenta una valida soluzione tecnica per utenze caratterizzate da una

consistente richiesta di Acqua Calda Sanitaria. Di contro, la centrale termica in esame è dedicata esclusivamente al riscaldamento e al raffrescamento degli ambienti situati al 2° piano, per cui eventuali benefici di un impianto solare termico afferenti ad essa, devono necessariamente essere circoscritti ad un risparmio termico per il solo servizio invernale. Solitamente soluzioni di questo tipo non rappresentano un investimento efficace per due aspetti:

- La disponibilità della fonte solare è minima nel periodo per il quale è richiesta l'energia a supporto del sistema di riscaldamento. Questo aspetto costringe ad installare un elevato numero di collettori solari per incidere significativamente sul risparmio conseguibile.
- Di contro, la grossa disponibilità di energia termica nel periodo estivo, quando la fonte solare è più abbondante, non trova riscontro nei consumi dell'utenza. Dal punto di vista tecnico è necessario gestire questo surplus di calore per non incorrere in problemi di "stagnazione" che a lungo termine danneggerebbero l'impianto (sistema di copertura automatica dei pannelli nei mesi estivi, adozione di un sistema a svuotamento quando l'impianto è inutilizzato, installazione di dissipatori di calore...).

Nella tabella 4 si riporta il risultato delle simulazioni condotte relativamente all'installazione di un campo solare termico, al variare del numero di pannelli installato. L'analisi è stata condotta con le seguenti ipotesi di calcolo:

- Utilizzo di un collettore solare sottovuoto (tecnologia più indicata per i mesi invernali nei quali la temperatura esterna bassa) di dimensione 1,63x2,03 m composto da 14 tubi. Costo unitario 1613 € come da *Prezzario DEI Impianti Tecnologici - 2° Semestre 2021*.
- Il campo solare è collegato all'accumulo già presente in centrale termica.
- Intervento in Ecobonus con detrazione fiscale pari al 65% delle spese sostenute in 10 anni.

Tabella 4: Simulazione installazione impianto solare termico

N. Pannelli	Costo di intervento [€]	Risparmio annuo [€]	Tempo di ritorno [anni]	Indice di profitto -
-				
1	1 613	30	53,8	0,53
5	8 065	188	42,9	0,57
10	16 130	387	41,7	0,58
15	24 195	583	41,5	0,58
20	32 260	706	45,7	0,56
25	40 325	828	48,7	0,55

L'analisi è stata condotta calcolando costi di investimento, risparmio annuo, tempo di ritorno e indice di profitto relativi all'installazione di un numero variabile di collettori solari da 1 a 25: l'ottimo relativo di questa simulazione, quantomeno in termini di copertura dei consumi invernali, è rappresentato da un numero pari a 15 collettori solari, i quali però presentano un tempo di ritorno di oltre 41 anni.

L'indice di profitto viene definito come rapporto tra il *VAN* e l'investimento, cioè il profitto per unità di investimento.

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

Quando l'indice di profitto *IP* è inferiore all'unità lo scenario di intervento proposto non è economicamente conveniente, in quanto nella valutazione economica i costi calcolati superano i benefici. Tutti gli scenari considerati non presentano, come era facile prevedere, una immediata convenienza economica: a titolo d'esempio affinché l'installazione di 15 pannelli solari risulti effettivamente conveniente dovrebbe garantire un risparmio annuo pari ad almeno 1.193€, a fronte di un valore di risparmio calcolato di soli 583€ l'anno.

Dal punto di vista puramente teorico, non considerando quindi i vincoli di natura paesaggistica che insistono sull'edificio Acquario Romano, ben diverso sarebbe il ritorno economico di un investimento che preveda di abbinare alla centrale termica in esame un impianto fotovoltaico. In questo caso infatti la richiesta di energia elettrica è presente sia nella stagione invernale che in quella estiva e il risparmio energetico derivante dall'autoproduzione da fonte solare porterebbe tempi di rientro dell'investimento interessanti. A titolo informativo un impianto fotovoltaico abbinato all'impianto termico proposto consentirebbe all'utenza di raggiungere un indice di profitto unitario già con potenza installata pari a $6 kW_p$.

6 Impianto elettrico a servizio della Centrale Termica

Il presente capitolo costituisce parte integrante del progetto definitivo relativo alla realizzazione dell'impianto elettrico a servizio della Centrale Termica afferente ai locali siti al 2° Piano. L'impianto elettrico in oggetto si configura come rifacimento *ex-novo* della porzione di impianto interessata, e verrà allacciato a valle della linea di alimentazione della Centrale Termica esistente.

6.1 Descrizione Impianto Elettrico

Per quanto attiene all'impianto elettrico in oggetto, la presente relazione riguarda le opere elettriche di seguito riportate:

- Quadro elettrico esterno (Q.1), contenente l'interruttore generale e sito all'esterno della Centrale Termica;
- Quadro Elettrico Centrale Termica (Q.2), dal quale partono le linee di alimentazione dei seguenti servizi:
 - Pompe di Calore;
 - Pompe secondario collegate al pavimento radiante per il riscaldamento invernale e ai ventilconvettori per quello estivo;
 - Modulo di controllo del nuovo sistema di climatizzazione;
 - Luci Centrale Termica;
 - Prese Centrale Termica;

6.2 Riferimenti Normativi

Il progetto dell'impianto elettrico in oggetto è stato redatto ai sensi della vigente legislazione e della normativa tecnica di riferimento:

- Decreto n. 37 del 22 Gennaio 2008 - 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.
- D. Lgs. 81/2008 - Attuazione dell'articolo 1 della legge 3 agosto 2007, n. 123, in materia di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro.
- CEI 0-2 – Guida per la definizione della documentazione di progetto degli impianti elettrici.
- CEI 0-21 – Regola tecnica di riferimento per la connessione di Utenti attivi e passivi alle reti BT delle imprese distributrici di energia elettrica
- CEI 64-8 - Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000 V in c.a. e 1500 V in c.c.
- Norme CEI ed UNI specificamente citate nell'elaborato.

6.3 Descrizione del Lavoro

6.3.1 Generalità

A seguito del sopralluogo tecnico condotto in data 21/02/2022 è emerso che la fornitura elettrica dell'intero stabile avviene con un sistema trifase con tensione 230 V privo di neutro, provvedendo l'utenza in proprio attraverso un autotrasformatore elevatore e creatore di neutro a distribuire nell'edificio una trifase con tensioni di esercizio pari a 400/230V (3F+N+T). Durante l'incontro è emerso inoltre che è stata già inoltrata presso il distributore la richiesta di un allaccio con questi livelli di tensione standard, per cui si assumerà nel seguito che il sistema elettrico in questione è classificabile come *Sistema TT*, ovvero l'utente dispone di un proprio impianto di messa a terra.

L'impianto elettrico oggetto della seguente relazione prende luogo a valle della linea di alimentazione esistente che arriva in prossimità della centrale termica.

Per la distribuzione dell'energia elettrica all'interno della Centrale Termica e verso le Pompe di Calore installate in copertura verrà utilizzato un cavo per energia isolato in gomma etilpropilenica ad alto modulo di qualità G16, sotto guaina di PVC, con particolari caratteristiche di reazione al fuoco (tipo FG16OR16) entro tubo rigido in RK15 con posa a vista, avente le seguenti caratteristiche:

- tensione $U_0/U = 0.6/1$ kV;
- temperatura massima di esercizio: 90 °C;
- temperatura minima di esercizio: -15 °C;
- temperatura minima di posa: 0 °C;
- temperatura massima di cortocircuito: 250°C;
- raggio minimo di curvatura: 4 volte il diametro esterno massimo.

Nell'elaborato grafico 2021-019-IT-AR-T03 relativo allo schema unifilare è riportata la prescrizione sul tipo di cavo per l'alimentazione di ciascuna linea e le sezioni dei conduttori che verranno utilizzati.

6.4 Impianto Elettrico

A valle della linea di alimentazione esistente sarà presente, nel relativo Q.E. Esterno (Q.1), un interruttore generale di tipo magnetotermico, con corrente nominale adeguata e pari a quella riportata negli schemi elettrici allegati. In questo caso si omette la protezione differenziale della linea di alimentazione poiché realizzata in classe II e in assenza di masse.

Il Quadro Elettrico di Centrale Termica (Q.2) sarà realizzato come indicato negli schemi elettrici e posizionato all'interno della Centrale Termica. Esso contiene interruttori automatici sia magnetotermici che magnetotermici differenziali atti a distribuire energia nelle varie linee di alimentazione.

I carichi elettrici da alimentare saranno essenzialmente: n. 5 Pompe di Calore aria/acqua, n.3 Pompe del secondario afferenti al pavimento radiante e ai ventilconvettori, Sistema di controllo della centrale termica attraverso il quale avviene l'alimentazione e il controllo anche delle n.5 pompe primarie, luci e prese di Centrale Termica. Il tipo di carico e la relativa potenza prevista per i principali utilizzatori è riportata nello schema unifilare 2021-019-IT-AR-T03. Le linee in partenza dal Q.2 saranno quelle indicate nello schema unifilare allegato.

6.5 Impianto di terra

L'impianto elettrico di Centrale Termica, prendendo luogo a valle della linea di alimentazione esistente, è collegato all'impianto di terra presente nello stabile mediante il conduttore di protezione posto in opera. Le linee di alimentazione in partenza dal Q.2 prevederanno conduttori di sezione non inferiore alla sezione del conduttore di fase. In prossimità dello stesso è presente un collettore di terra al quale collegare le dorsali di protezione (PE) delle varie linee in partenza. Le sezioni e la tipologia dei conduttori di protezione sono indicate negli elaborati grafici. Salvo diversa specifica si utilizzeranno cavi dello stesso tipo e sezione dei conduttori di fase. I conduttori di protezione seguono lo stesso percorso dei cavi di energia per l'alimentazione delle utenze.

6.6 Prescrizioni tecniche ed installative di carattere generale

6.6.1 Quadri elettrici

Nei quadri opportune targhette indicheranno il servizio delle utenze e la sigla del quadro. Dovrà essere previsto lo spazio di riserva per almeno il 30%. I quadri saranno completi di tutti i cablaggi, sostegni conduttori e morsettiere. Non saranno ammessi collegamenti o morsettiere senza capicorda e terminali numerati o siglati. Le morsettiere saranno abbondantemente dimensionate. Alla fine dei lavori ogni quadro dovrà essere corredato di una targa che riporti in maniera indelebile il nome o marchio del costruttore, una sigla che consenta l'identificazione del quadro da parte del costruttore, la corrente nominale del quadro, la natura della corrente e la frequenza, la tensione nominale di funzionamento, il grado di protezione dell'involucro. L'ubicazione dei quadri elettrici dovrà essere tale da consentire al manutentore di accedere con sicurezza e facilmente a tutte le parti delle apparecchiature installate.

In particolare si dovrà osservare quanto segue:

- mantenere superficie libera orizzontale davanti ai quadri di almeno 0,7 m di profondità e 0,6 m di larghezza;
- distanza libera minima di 0,6 m di larghezza attorno alle altre facce verticali libere;
- al di sopra del quadro dovrà esistere uno spazio libero di almeno 30 cm di altezza;
- i quadri non dovranno essere posizionati nelle vicinanze di tubazioni idro-termiche e/o canali di aria.

Le connessioni agli interruttori e alle morsettiere devono essere effettuate con capicorda preisolati in PVC, ad introduzione facilitata sia con puntale tondo che a puntale piatto. I conduttori isolati non devono poggiare né su parti nude in tensione avente potenziale diverso, né su spigoli vivi e devono essere adeguatamente sostenuti. In generale ad ogni terminale di connessione deve essere connesso un solo conduttore; sono ammesse le connessioni di due o più conduttori ad un terminale di connessione solo quando tale terminale è previsto per questo scopo. I cavi devono risultare ordinati e collegati a fascio per blocco di funzioni, con adeguate fascette in nylon o poliammide ritardato alla fiamma.

6.6.2 Tubi, condotti, canali, cavidotti e percorso tubazioni

Le linee elettriche verranno posate entro tubo rigido in RK15 con posa a vista. Il tracciato dei tubi protettivi dovrà essere ad andamento rettilineo orizzontale (con minima pendenza

per favorire lo scarico di eventuale condensa) o verticale. Le curve dovranno essere effettuate con raccordi o con piegature che non danneggino il tubo e non pregiudichino la sfilabilità dei cavi.

Il raggio di curvatura dei tubi non dovrà essere inferiore a otto volte il diametro esterno dei tubi stessi. In ogni tratto di infilaggio non vi dovranno essere più di 180° di curve (per esempio due curve da 90°).

Per evitare il pericolo di convogliamento accidentale di acqua dai tubi ai quadri o cassette contenenti morsettiere o apparecchiature, l'entrata dei tubi a questi dovrà avvenire preferibilmente dal basso, qualora sia inevitabile l'arrivo dei tubi dall'alto o lateralmente, dovranno essere disposti accorgimenti per impedire che umidità o acqua arrivi alle morsettiere o apparecchiature.

In ogni tratto di tubo compreso tra due scatole o cassette successive deve essere possibile estrarre uno o più cavi senza che questi subiscano danneggiamenti e quindi deve essere possibile rinfilare il/i cavo/i entro lo stesso tubo.

Non potranno essere raggruppati in uno stesso tubo protettivo più di tre circuiti monofasi o più di uno trifase.

6.6.3 Scatole e cassette di derivazione e morsetti

Le cassette devono essere costruite in modo che nelle condizioni ordinarie di installazione non sia possibile introdurre corpi estranei, deve inoltre risultare agevole la dispersione di calore in esse prodotta. Il coperchio delle cassette deve offrire buone garanzie di fissaggio ed essere apribile solo con attrezzo. Nelle cassette di derivazione lo spazio occupato dai morsetti dovrà essere inferiore al 70% del massimo disponibile. Le scatole e cassette di derivazione dovranno essere conformi alle Norme CEI 64-8 e CEI 70-1 e saranno del tipo per montaggio a vista. Le scatole per montaggio a vista saranno in plastica autoestingente delle dimensioni occorrenti con almeno il 30% dello spazio libero, complete di passacavi ed eventuali morsettiere. Le scatole stagne saranno di tipo pressofuso o di materiale termoplastico, complete di guarnizioni e pressacavi.

6.6.4 Cavi elettrici

I cavi di alimentazione utilizzati saranno multipolari con isolamento e guaina in gomma di qualità G16 con guaina in pvc del tipo FG16OR16, entrambi con particolari caratteristiche di reazione al fuoco e rispondenti al CPR UE 305/11, .

La colorazione dei cavi sarà tassativamente la seguente:

- conduttore di fase: nero;
- conduttore di protezione: giallo-verde;
- conduttore neutro: azzurro.

E' tassativamente esclusa la possibilità di impiegare:

- il conduttore di neutro in comune per più derivazioni;
- il conduttore di protezione in comune per più derivazioni.

Ogni conduttore di fase (o i tre conduttori di fase nel caso di circuiti trifase) dovrà essere accompagnato nella sua stessa tubazione dai propri conduttori di neutro e di protezione in partenza dalla stessa morsettiere del quadro o dalle scatole di derivazione.

Le sezioni minime saranno le seguenti:

- $0,75\text{ mm}^2$ per circuiti di segnalazione e comando;
- $1,5\text{ mm}^2$ per illuminazione di base, derivazione per prese a spina per apparecchi di illuminazione e per apparecchi con potenza unitaria inferiore o uguale a 2,2 kVA;
- $2,5\text{ mm}^2$ per derivazioni per prese a spina o per utilizzatori di potenza unitaria superiore a 2,2 kVA e inferiore o uguale a 3,6 kVA;
- 4 mm^2 per montanti singoli e linee alimentanti singoli apparecchi utilizzatori con potenza unitaria superiore a 3,6 kVA;

6.6.5 Materiali e apparecchiature da impiegare

Tutti i materiali e tutte le apparecchiature che saranno installate per la realizzazione degli impianti oggetto del presente capitolato, saranno adeguati e rispondenti ai requisiti stabiliti dalle Norme, dalle prescrizioni e dalle disposizioni vigenti in materia. Con riferimento a quanto prescritto dalle Norme CEI circa gli impianti elettrici, verranno impiegati materiali provvisti del Marchio Italiano di Qualità o di marchio equivalente per i prodotti di fabbricazione europea. In ogni caso tutti i materiali saranno di tipo unificato in base alle vigenti Norme.

6.6.6 Targhe degli apparecchi e dei componenti

Ciascun apparecchio o componente deve essere corredato di una o più targhe, marcate in maniera indelebile e poste in modo da essere visibili e leggibili quando l'apparecchio e/o il componente è installato. La targa dovrà recare almeno nome o marchio di fabbrica del costruttore, tipo o numero di identificazione. E' obbligatoria l'apposizione su qualunque componente elettrico del marchio CE. In particolare gli apparecchi elettrici che possono emettere disturbi, come le lampade a scarica, devono presentare la marcatura CE in relazione alla direttiva EMC riguardante la compatibilità elettromagnetica.

6.7 Calcoli e verifica protezioni

6.7.1 Caduta di tensione

Le sezioni dei conduttori dell'impianto sono state scelte, secondo le indicazioni della norma CEI 64-8, imponendo una caduta di tensione percentuale, rispetto al valore nominale, inferiore al 3% per ogni tratta e al 4% in totale. Nella tavola 2021-019-IT-AR-T03 si riportano gli schemi unifilari con i risultati dei calcoli effettuati per la verifica dei livelli di caduta di tensione per ciascuna linea, dai quali si evince il rispetto del limite massimo imposto.

6.7.2 Protezione contro i sovraccarichi

Devono essere rispettate le seguenti relazioni:

$$I_b \leq I_n \leq I_z \quad (1)$$

$$I_f \leq 1,45 \cdot I_z \quad (2)$$

dove:

- I_b è la corrente di impiego della linea;
- I_n è la corrente nominale dell'interruttore;
- I_z è la portata del cavo.

Si ricava in tal modo la corrente nominale dei dispositivi di interruzione utilizzati, ricavabile dagli elaborati di progetto relativi agli schemi unifilari dei quadri.

6.7.3 Protezione contro i cortocircuiti

Le correnti di guasto saranno calcolate in conformità alla norma CEI 11-25 e con i seguenti dati:

- La corrente di cortocircuito presunta trifase nel punto di consegna (10 kA);
- le lunghezze dei cavi stimate sulle piante tenendo conto del loro percorso approssimativo;
- la reattanza per unità di lunghezza dei cavi tratta dalla tabella CEI UNEL 35023;
- la tensione nominale del sistema elettrico pari a 230 V verso terra e 400 V tra le fasi.

Il potere di interruzione (massima corrente che l'interruttore può interrompere) di ciascun dispositivo di protezione installato nei diversi quadri elettrici dell'impianto deve essere superiore alla corrente di cortocircuito massima (all'inizio della linea). I poteri di interruzione degli interruttori installati nei vari quadri devono essere maggiori o uguali ai valori indicati nelle tabelle degli schemi unifilari di potenza dei quadri. I dispositivi di protezione relativi ai suddetti quadri sono stati individuati sulla base delle taglie commerciali e delle tabelle di filiazione fornite dai costruttori in modo da rispettare sempre le seguenti relazioni:

$$I_{cc} \leq P. di I. \quad (3)$$

$$I^2 \cdot t \leq K^2 \cdot S^2 \quad (4)$$

Dove:

- K è una costante stabilita dalle norme in base al tipo dell'isolante del cavo;
- S è la sezione del cavo;
- t è il tempo di intervento.

La protezione contro il corto circuito è realizzata dagli stessi dispositivi, ubicati all'inizio della linea da proteggere, che effettuano la protezione del sovraccarico. La verifica che la relazione 4 sia soddisfatta per il minimo valore della I_{cc} perde pertanto di significato, poiché il cavo è già protetto contro le piccole correnti superiori a $1,45 \cdot I_z$ e non teme, perciò, le I_{cc} di eventuale piccolo valore. E' sufficiente quindi verificare la relazione 4 rispetto al solo valore della I_{cc} massima.

6.8 Protezione dai contatti diretti ed indiretti

La protezione dai contatti diretti verrà assicurata dall'isolamento dei componenti che verranno scelti solo se riportanti il marchio IMQ, caratteristica che ne assicura, tra l'altro, la corrispondenza dell'isolamento alle relative norme. La protezione dai contatti indiretti verrà effettuata mediante realizzazione e verifica dell'impianto di messa a terra opportunamente coordinato con le protezioni elettriche installate.

6.8.1 Protezione contro i contatti diretti

L'impianto verrà effettuato in modo da realizzare una misura di protezione totale (secondo norme CEI 64-8), realizzata mediante:

- isolamento (asportabile solo mediante distruzione) per le condutture in genere;
- segregazione entro involucri per le parti attive non isolate: detti involucri avranno grado di protezione almeno IP4X.

In particolare, le parti attive entro gli involucri avranno grado di protezione IP20 per la maggior parte dei componenti e saranno accessibili solo togliendo parti di involucri con l'uso di attrezzi. Per i circuiti di alimentazione di prese a spina, una protezione aggiuntiva contro i contatti diretti è fornita, inoltre, dai dispositivi differenziali con $I_d=30-300\text{mA}$.

6.8.2 Protezione contro i contatti indiretti

La protezione dai contatti indiretti è stata realizzata secondo le norme CEI 64-8 cap. 4 e 5. In particolare, come descritto negli elaborati grafici, si è operato ponendo per ciascuna linea di alimentazione un interruttore magnetotermico differenziale istantaneo.

Verrà utilizzato l'unico impianto di terra dell'edificio, coordinato con i dispositivi di interruzione del guasto presenti sopra riportati, in ossequio della norma CEI 64-8 e CEI 64-12.

Il metodo principale di protezione contro i contatti indiretti si basa sull'interruzione automatica dell'alimentazione del circuito in cui si verifica il guasto verso terra (CEI 64-8/4) quando la tensione di contatto presunta supera 50 V in c.a. (negli ambienti ordinari). L'impianto si configura come un sistema TT, quindi la protezione contro i contatti indiretti è conseguibile con il coordinamento di interruttori differenziali e impianto di terra, in maniera da rispettare la seguente relazione:

$$R_t \leq \frac{50V}{I_d} \quad (5)$$

Dove:

- R_t è la resistenza dell'impianto di terra;
- I_{dn} è la corrente differenziale nominale maggiore tra gli interruttori differenziali utilizzati.

Sarà cura dell'installatore, di concerto con la Direzione Lavori, verificare la misura effettiva della resistenza di Terra e il rispetto della relazione sopra riportata.

6.9 Protezione contro le scariche atmosferiche

In relazione alla destinazione d'uso dell'intero edificio è cura del committente valutare se necessario predisporre la valutazione del rischio fulminazione nei luoghi di lavoro, redatta in ossequio alla norma CEI EN 62305-2.

Ritenendo di aver svolto l'incarico ricevuto si rimette la presente relazione tecnica al committente, restando a disposizione per eventuali chiarimenti.

Roma lì, 6 maggio 2022

TIMBRO E FIRMA

