



Ricerca di Sistema elettrico

Impianto per prove sperimentali di scambio termico in mini-microcanali con S-CO₂

G. Zummo, G. Boccardi, A. Franchi, A. Lattanzi, M. Morlacca,
M. Pieve, A. Scotini, L. Simonetti, L. Saraceno, R. Trinchieri

Impianto per prove sperimentali di scambio termico in mini-microcanali con S-CO₂.

G. Zummo, G. Boccardi, A. Franchi, A. Lattanzi, M. Morlacca, M. Pieve, A. Scotini, L. Simonetti, L. Saraceno, R. Trinchieri (ENEA)

Settembre 2018

Report Ricerca di Sistema Elettrico

Accordo di Programma Ministero dello Sviluppo Economico - ENEA

Piano Annuale di Realizzazione 2018

Area: Generazione di energia con basse emissioni di carbonio

Progetto: Polo tecnologico del Sulcis: Tecnologie e Metodologie "Low Carbon" e Edifici a Energia Quasi Zero (nZEB)

Obiettivo: parte A – A.2 – Cicli a CO₂ supercritica

Task: A2.2: Tecniche di raffreddamento di parti calde di turbogas a CO₂ supercritica

Responsabile del Progetto: F.R. Picchia, ENEA

Indice

SOMMARIO	4
1 INTRODUZIONE	5
2 DESCRIZIONE DELLE ATTIVITÀ SVOLTE E RISULTATI	6
2.1 DESCRIZIONE DELL'IMPIANTO SPERIMENTALE	6
2.2 DEFINIZIONE DEL SISTEMA DI CONTROLLO E DI ACQUISIZIONE DEI DATI SPERIMENTALI	9
2.3 GRUPPO POMPA - COOLER	16
2.4 PROGETTO PER I LAVORI ELETTRICI DEL SITO OVE VERRÀ INSTALLATO L'IMPIANTO SPERIMENTALE	20
3 CONCLUSIONI	22
4 RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI	23
5 ABBREVIAZIONI ED ACRONIMI	23

Sommario

Questo rapporto descrive le attività svolte dal laboratorio DTE-PCU-SPCT per la realizzazione dell'impianto sperimentale per lo studio del trasferimento di calore della CO₂ in condizioni supercritiche in condotti tubolari.

L'impianto sperimentale, denominato CO₂ATTO (CO₂ Apparatus for Thermal Test Optimization) è stato progettato per fornire misure di scambio termico della CO₂ in condizioni supercritiche. In particolare, saranno indagate le regioni limitrofe al punto critico e la regione con temperature superiori a 220 °C. La geometria dei condotti in cui misurare lo scambio termico sarà di tipo tubolare con diametri idraulici tipici delle geometrie delle palettature di turbina. I diametri previsti sono nell'intervallo da 0.5 mm a 4.0 mm.

Il campo di temperatura previsto per le prove sperimentali va da 30 a 300 °C, con portata massica fino a 11 kg/h e pressioni fino a 130 bar.

Le attività svolte hanno riguardato:

- revisione del progetto dell'impianto sperimentale;
- l'ottimizzazione del circuito idraulico dell'impianto sperimentale;
- la definizione del sistema di controllo e di acquisizione dei dati;
- l'assemblaggio delle parti principali del circuito sperimentale (blocco pompe, refrigerante e CO₂, cooler, air cooler e pre-heater);
- progettazione delle infrastrutture necessarie.

1 Introduzione

Recentemente, il mondo scientifico ha registrato un crescente interesse per i sistemi a CO₂ supercritica per la produzione di energia utilizzando diverse potenziali fonti di calore, tra cui solare, geotermico, combustibili fossili, biocarburanti e nucleare. Questi sistemi di produzione di energia elettrica si basano sul ciclo di potenza di tipo Brayton e utilizzano la CO₂ come fluido termovettore, ottenendo sensibili miglioramenti nella conversione di energia termica in energia meccanica, rispetto i tradizionali cicli a vapore. Oltre a questi vantaggi termodinamici, le macchine a CO₂ risultano essere più compatte, più semplici e forniscono risposte rapide nei transitori [1].

La CO₂ rappresenta un ottimo fluido termovettore per l'utilizzo nei cicli di potenza [2] grazie al moderato valore della pressione critica (7.38 Mpa), al basso valore della temperatura critica (30.98°C), la stabilità soprattutto alle alte temperature, la sua non tossicità e la disponibilità a basso costo. Inoltre, la CO₂ consente di ottenere elevati coefficienti di scambio termico nella regione del punto critico, grazie agli elevati valori della conducibilità termica, della densità e del calore specifico [2] (si veda la Fig. 1.1 per l'andamento delle proprietà fisiche della CO₂). Oltre queste interessanti proprietà termofisiche, la CO₂ è caratterizzata da una bassa viscosità che consente di muovere il fluido con potenze di pompaggio alquanto ridotte.

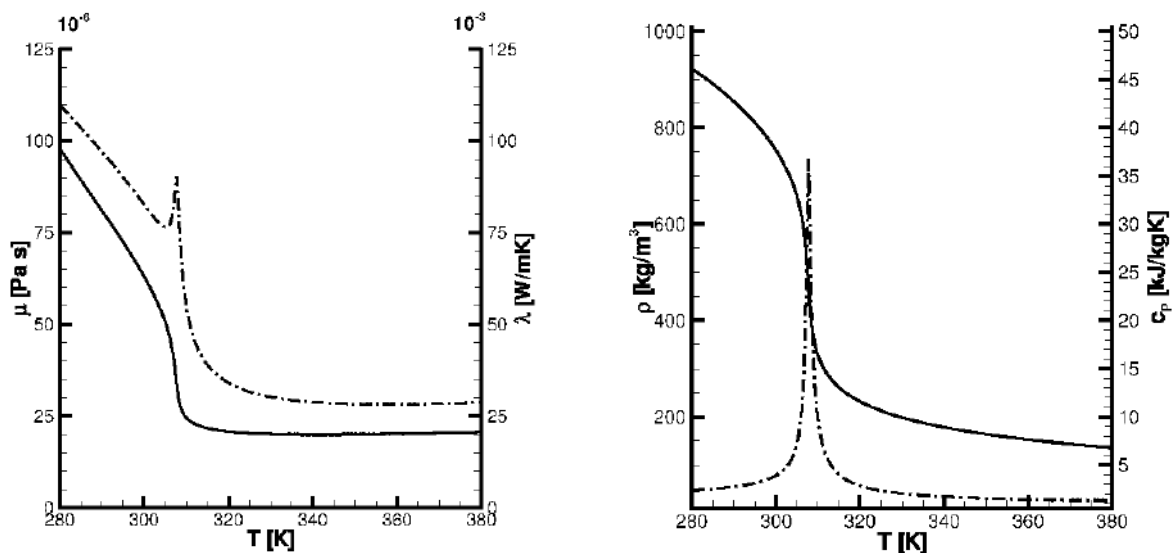


Figura 1.1. Proprietà termofisiche della CO₂. Sinistra: andamento della viscosità cinematica μ (linea continua) e della conducibilità termica λ (linea tratto e punto). Destra: andamento della densità ρ (linea continua) e del calore specifico a pressione costante c_p (linea tratto e punto)

Nella regione supercritica è molto importante ottenere un'adeguata conoscenza delle caratteristiche di scambio termico della CO₂ in convezione forzata per sviluppare metodi e modelli di calcolo dei coefficienti di scambio termico per dimensionare correttamente gli scambiatori di calore. I pochi modelli attualmente disponibili in letteratura devono essere verificati nelle condizioni sperimentali e per tubi di piccolo diametro. Il campo di temperatura previsto per le prove sperimentali va da 30 a 300 °C. Le prove nell'intorno della temperatura critica, pari a 31 °C, consentiranno lo studio dei coefficienti di scambio termico in presenza di significative variazioni delle proprietà termofisiche della CO₂ tipiche di questa regione.

L'interesse dello studio sperimentale della trasmissione di calore in questo intervallo di temperature è dovuto al fatto che il coefficiente di scambio termico in convezione forzata dipende significativamente proprio dalla densità, dalla conducibilità termica, dalla viscosità e dalla capacità termica del fluido. Se consideriamo, infatti, la correlazione di scambio termico più nota per i tubi in moto turbolento abbiamo:

- Dittus Boelter [3]:

$$(eq. 1) \quad Nu_D = 0.023 Re_D^{4/5} Pr^n$$

dove

$n=0.4$ (riscaldamento del fluido, $T_{parete} > T_{bulk}$)

$n=0.3$ (raffreddamento del fluido, $T_{parete} < T_{bulk}$)

I raggruppamenti adimensionali Nu, Re e Pr sono rispettivamente i noti numeri di Nusselt, di Reynolds e di Prandtl, definiti come

$$Nu = \frac{hD}{k} \quad Re = \frac{\rho D v}{\mu} \quad Pr = \frac{\mu c_p}{k}$$

dove compaiono appunto le grandezze termofisiche suddette. E' quindi evidente che le notevoli variazioni di queste grandezze, evidenziate nei grafici della Fig. 1.1, comportino importanti effetti sul valore del coefficiente di scambio termico h nonché di altri parametri utili per il dimensionamento, in particolare viscosità e densità.

Dall'analisi dei pochi lavori sperimentali di scambio termico della CO₂, si può concludere che i modelli di scambio termico sviluppati in condizioni lontane dal punto critico, non forniscono risultati soddisfacenti per le condizioni della regione critica e le regioni limitrofe. Pertanto è necessario compiere un'adeguata campagna sperimentale per misurare i coefficienti di scambio termico e, successivamente, effettuare una approfondita analisi dei modelli di scambio termico esistenti per verificarne l'affidabilità.

Per un approfondimento delle variazioni del coefficiente di scambio termico nella regione critica della CO₂ si rimanda al [2].

L'obiettivo di questa attività prevede la realizzazione dei componenti principali dell'impianto sperimentale, denominato CO₂ATTO (CO₂ Apparatus for Thermal Test Optimization) e delle infrastrutture necessarie per lo svolgimento della sperimentazione. Il circuito sperimentale consentirà di misurare i coefficienti di scambio termico della CO₂ in condizioni supercritiche e nelle regioni limitrofe al punto critico. La geometria dei condotti, in cui verrà misurato lo scambio termico, sarà di tipo tubolare con diametri idraulici tipici delle geometrie di una palettatura di turbina. I diametri previsti sono nell'intervallo 0.5 mm e 4.0 mm.

Il campo di temperatura previsto per le prove sperimentali va da 30 a 300 °C, con portata massica fino a 11 kg/h e pressioni fino a 130 bar.

Le attività svolte hanno riguardato:

- la definizione del sistema di controllo e di acquisizione dei dati;
- l'ottimizzazione del circuito idraulico dell'impianto sperimentale;
- l'assemblaggio delle parti principali del circuito sperimentale (blocco pompe, refrigerante e CO₂, cooler, air cooler e pre-heater);
- procedure amministrative per la progettazione delle infrastrutture necessarie.

2 Descrizione delle attività svolte e risultati

2.1 Descrizione dell'impianto sperimentale

Per l'assemblaggio e realizzazione dei componenti dell'impianto sperimentale si fa riferimento ai risultati della progettazione svolta nel corso delle attività dell'Accordo di Programma del 2015 e riportate nel rapporto [2].

Lo schema del circuito idraulico dell'impianto CO₂ATTO è raffigurato nella figura 2.1.

L'apparato sperimentale CO₂ATTO è costituito da due circuiti: il circuito primario, entro il quale fluisce la CO₂, ed il Refrigeration Loop in cui fluisce una miscela di acqua e glicole.

Il circuito primario è suddiviso a sua volta in due rami: uno ad alta pressione, denominato High Pressure – Supercritical CO₂ (in rosso nella Fig. 2.1), ed uno a bassa pressione denominato Low Pressure CO₂ (in verde nella Fig. 2.1). Le prove con la CO₂ supercritica avverranno nel ramo ad alta pressione denominato High Pressure – Supercritical CO₂. Il ramo a bassa pressione è stato inserito nel progetto poiché inizialmente, nel 2015, le attività sperimentali prevedevano anche delle prove di scambio termico con il fluido in evaporazione. Con l’Accordo di Programma del 2016 le prove in evaporazione sono state cancellate e quindi queste non saranno eseguite. Nonostante tale cancellazione, l’impianto sperimentale sarà realizzato con un ramo a bassa pressione per eventuali prove che in futuro dovessero essere necessarie per le attività sulle pompe di calore. Tale ramo a bassa pressione sarà presente in un formato semplificato e non utilizzato per completare il sistema di controllo e le prove di pressione dell’impianto stesso. Pertanto, di seguito verrà descritto il funzionamento e le caratteristiche del solo ramo ad alta pressione del circuito primario (indicato in rosso nella Fig. 2.1) in cui saranno effettuati i test di scambio termico con la CO₂ supercritica.

Il circuito primario ha lo scopo di fornire una portata di CO₂ alle condizioni di pressione, temperatura e portata, previste dalle prove sperimentali, all’ingresso della cosiddetta Sezione di Prova, Test Section nello schema di Fig. 2.1. La sezione di prova è il tubo in cui avviene lo scambio termico di cui si vuole misurare il coefficiente di scambio.

I componenti principali del circuito primario sperimentale sono (con riferimento alla denominazione dello schema riportato nella Fig. 2.1): CO₂ pump, flow meter, damper, pre-heater, test section, cooler, expansion tank-reservoir.

Il PreHeater e la sezione di prova sono i componenti più critici dal punto di vista strutturale in quanto soggetti a pressioni (fino a 130 bar) e temperature elevate (fino a 300 °C).

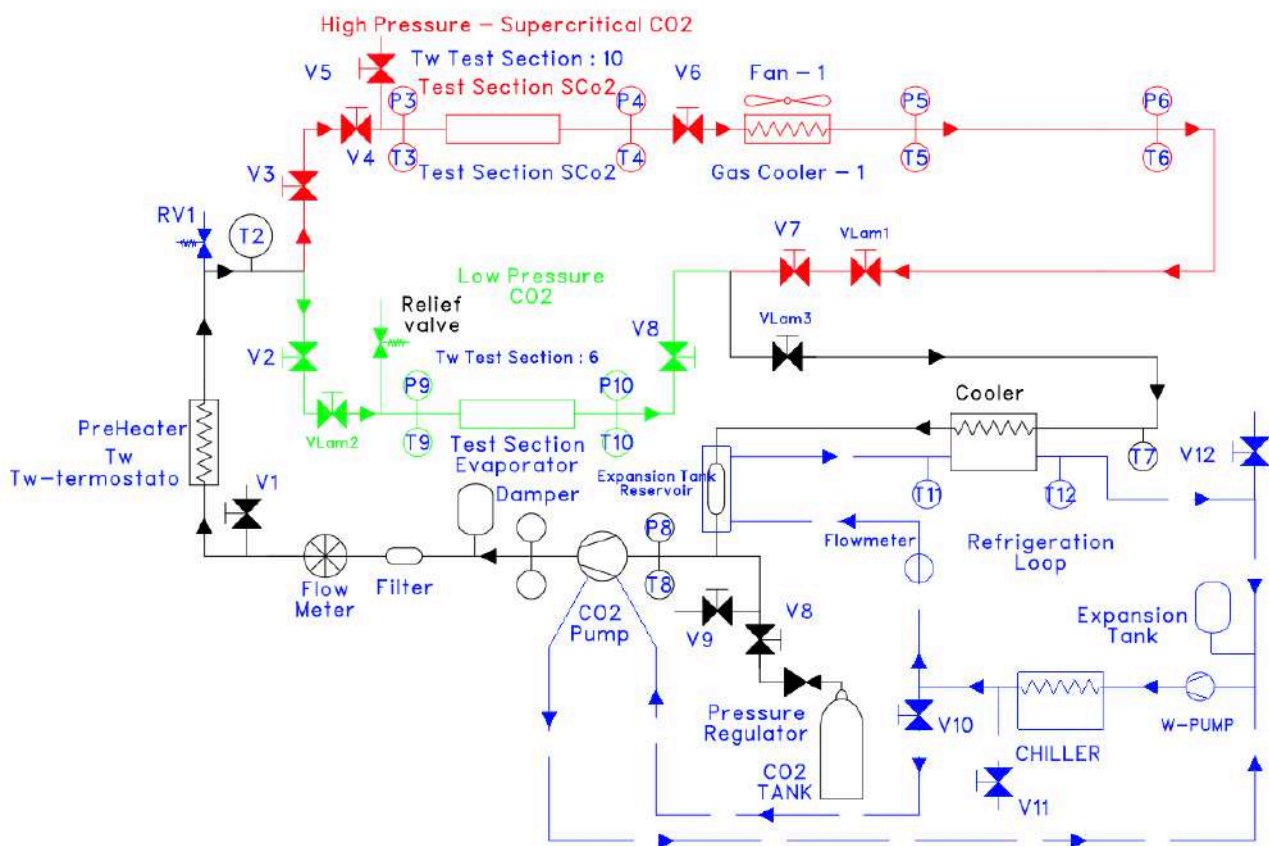


Figura 2.1 Schema del circuito idraulico dell’impianto CO₂ATTO

Nel circuito primario il moto del fluido è garantito da una pompa a pistone di tipo oil free, cioè senza lubrificante a contatto con il fluido, che garantisce una pressione di mandata fino a 160 bar ed una portata massica nominale di 9 kg/h (fino a 11 kg/h in condizioni particolari).

Per le prove di scambio termico, il fluido, in condizioni supercritiche, entra nel preriscaldatore, dove viene riscaldato mediante una resistenza elettrica per effetto Joule; la regolazione della tensione di alimentazione consente di modificare la potenza termica fornita alla CO₂ in modo da gestire, mantenendo costanti le altre condizioni operative, la temperatura all'ingresso della sezione di prova.

Nella sezione di prova (Test Section S CO₂, vedere le Figure 2.2 e 2.3) viene somministrato ulteriore calore alla CO₂ per effetto Joule, mediante il passaggio di corrente nel riscaldatore avvolto intorno al tubo di prova; la potenza termica trasferita al fluido può essere variata con continuità controllando la tensione di alimentazione tramite un alimentatore in corrente continua.



Figura 2.2 Immagine della sezione di prova con il riscaldatore a filo avvolto lungo la filettatura esterna.

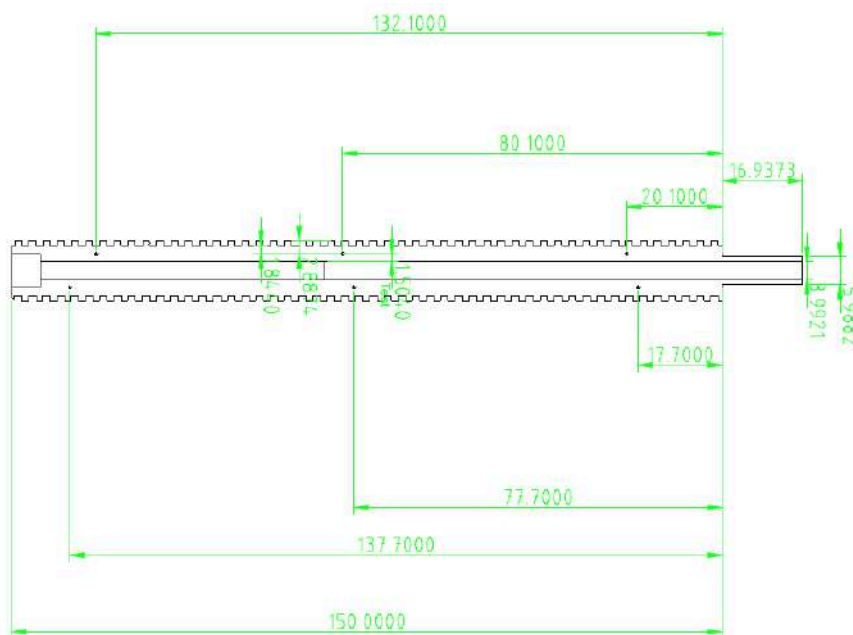


Figura 2.3. Sezione trasversale della sezione di prova.

All'uscita della sezione di prova, il raffreddamento della CO₂ sarà garantito da un gas cooler (Gas Cooler 1) raffreddato ad aria e un cooler raffreddato a liquido (acqua e glicole) mediante il *Refrigeration Loop* (Fig. 2.1).

Il circuito ad acqua e glicole, denominato Refrigeration Loop, ha lo scopo di raffreddare ulteriormente il fluido per garantire le condizioni all'ingresso della pompa (CO₂ Pump) per un corretto funzionamento di quest'ultima. Per evitare il danneggiamento della pompa è necessario mantenere un sottoraffreddamento di almeno 10K all'ingresso della pompa stessa. In queste condizioni la CO₂ si trova allo stato liquido e ad una temperatura tale da non far avvenire il fenomeno della cavitazione nella pompa.

Nel Refrigeration Loop, la temperatura del fluido (acqua e glicole) è controllata da un chiller in modo automatico. Il chiller consente di ridurre la temperatura del fluido fino a -20°C.

La presenza di un damper riduce le pulsazioni trasmesse al fluido dalla pompa monocilindrica.

La Tabella 1 riporta gli intervalli di variazione previsti per i parametri indipendenti (portata, temperatura di parete, pressione, diametro e lunghezza riscaldata) per le prove sperimentali.

Tabella 1. Elenco dei parametri indipendenti e dei relativi intervalli di variazione per i test con fluido supercritico

Parametro	Intervallo
Portata di massa [kg/h]	0 - 11
T _{wall, supercrit} [°C]	30 - 300
p [bar]	80 - 110
D [mm]	0.5 - 4.0
L _{ris} /D [-]	20 - 50

Nei paragrafi seguenti verranno descritti i componenti dell'impianto sperimentale che sono stati realizzati nel laboratorio DTE-PCU-SPCT. I componenti utilizzati più importanti (pompa, chiller e diversi sensori di misura) sono stati acquistati durante le attività dell'Accordo di Programma degli anni passati (2015-2016).

2.2 Definizione del sistema di controllo e di acquisizione dei dati sperimentali

Il sistema di controllo dell'impianto sperimentale è stato impostato con l'obiettivo di controllare i parametri dei test, garantire il funzionamento dell'impianto in condizioni di sicurezza e di acquisire le grandezze misurate durante le prove.

Tutto il sistema di controllo e di acquisizione dei dati sperimentali verrà realizzato con software LabView e hardware della National Instruments.

Il sistema di controllo garantirà il funzionamento dell'impianto sperimentale in condizioni di sicurezza durante le fasi di accensione, spegnimento e di svolgimento dei test sperimentali.

Ai fini della sicurezza, il sistema di controllo manterrà i parametri della pressione, della temperatura e della portata del circuito sperimentale (Fig. 2.1) di sotto dei limiti di progetto dell'impianto. Tali limiti sono riportati nella Tabella 1. In particolare, la temperatura massima della parete della sezione di prova non supererà 300 °C e la pressione dei circuiti, in cui fluisce la sCO₂, sarà mantenuta al di sotto di 160 bar. Essendo quest'ultima la pressione massima operativa di progetto del circuito sperimentale.

Procedura di accensione

La procedura di accensione ha lo scopo di garantire le corrette condizioni operative durante l'accensione dell'impianto stesso, all'ingresso del condotto di aspirazione della pompa (CO₂ Pump). In particolare, verranno verificati i seguenti stati: lo stato di alimentazione elettrica nulla del pre-riscaldatore e della resistenza della sezione di prova, il fluido in fase liquida. La pompa (CO₂ pump) ha bisogno di CO₂ allo stato liquido all'ingresso dell'aspirazione. Pertanto, prima di avviare la CO₂ pump, verrà avviato il chiller fino a garantire lo stato liquido della CO₂.

Si riporta nella figura 2.4 lo schema a blocchi della procedura di accensione. Nello schema della figura si fa riferimento ai componenti idraulici e quelli elettromeccanici riportati rispettivamente nella figura 2.1 e nella tabella dei controlli (Figura 2.6). La procedura di accensione sarà eseguita dall'operatore dell'impianto e dal programma di controllo elettronico (scritte in rosso nello schema a blocchi della figura 2.4).

La sequenza della procedura di accensione è riportata nella lista seguente.

1. Verificare che interruttore trifase sul Quadro Elettrico Hall sia in ON
2. Verificare/posizionare interruttore trifase sul Quadro Elettrico Esterno su ON
3. Verificare che i seguenti inerruttori sul Quadro Elettrico Esterno siano chiusi (su ON)
 - a) Alimentatore MBH
 - b) Alimentatore SDP
 - c) Alimentatore Chiller
 - d) Alimentatore Impianto RACK
4. Posizionare Interruttore/pulsante rack su ON
5. Accensione PC e software di controllo Impianto
6. Scelta configurazione di prova ("Test Section SCO₂" o "Low pressure CO₂")
7. Verifica in campo posizione valvole ON-OFF (V2, V3, V4, V6, V7, V8, V10) in campo
8. Impostare posizione valvole laminazione in campo (Vlam1, Vlam2, Vlam3)
9. Impostare/verificare i valori di allarme e di set-point sul software LABVIEW
10. Impostare/verificare i valori di allarme e di set-point sul software CHILLER
11. Relè Consolle su ON (R6 su TRUE) su software LABVIEW (accensione consolle)
12. Accensione pompa acqua tramite attivazione Relè water pump (R5 su TRUE) su LABVIEW
13. Vericare che vi sia portata d'acqua nel Refrigeration Loop
14. Accensione chiller in campo
15. Accensione FAN 1 tramite attivazione Relè Ventilatore (R1 su TRUE) su LABVIEW
16. Attendere che $Dtsott \geq 10$ °C: il relè Rpompa si attiva automaticamente (R2=TRUE) e la pompa si avvia
17. Previa verifica portata CO₂, accendere alimentatore pre-heater tramite attivazione relè Preheater attivato da pulsante su LABVIEW (Relè va su TRUE all'attivazione del pulsante e poi ritorna su FALSE)
18. accendere alimentatore Sezione di Prova tramite attivazione relè T.S. (R3 su TRUE) su LABVIEW
19. Impostare Potenza alimentatore Preheater da Labview
20. Impostare Potenza alimentatore Test Section da Labview
21. Gestire la pressione d'impianto attraverso le valvole di laminazione e il sistema di regolazione di pressione

Procedura di spegnimento

La procedura di spegnimento ha lo scopo di garantire la messa in sicurezza dell'impianto sperimentale al termine dei test: temperature e pressioni ridotte a valori di riposo. In particolare verranno abbattute le temperature (al di sotto di 100°C) del pre-riscaldatore, della sezione di prova e del gas cooler. Di conseguenza la pressione dell'impianto si ridurrà al di sotto di 100 bar. La figura 2.5 riporta lo schema a blocchi della procedura di spegnimento.

La sequenza della procedura di spegnimento è riportata nella seguente lista.

- 1 Azzerare la potenza alimentatore TS da potenziometro software
- 2 Azzerare la potenza alimentatore Preheater da potenziometro software
- 3 Spegner Alimentatore TS tramite disattivazione relè TS (R3 su FALSE) su Labview
- 4 Spegner Alimentatore Preheater tramite disattivazione relè Preheater (R0 su FALSE) su Labview
- 5 Spegner Pompa CO2 tramite disattivazione relé pompa (R2 su FALSE) su Labview
- 6 Spegner chiller in campo
- 7 Spegner Fan tramite disattivazione relé fan (R1 su FALSE) su Labview
- 8 Spegner Pompa Acqua tramite disattivazione relé pompa acqua(R5 su FALSE) su Labview
- 9 Spegner Consolle tramite disattivazione relé Consolle(R6 su FALSE) su Labview
- 10 Spegnimento software di controllo Impianto
- 11 Posizionare interruttore/pulsante rack su OFF
- 12 Spegnimento Quadro Elettrico Esterno (interruttore trifase su OFF)
- 13 Posizionare interruttore trifase sul quadro elettrico esterno su OFF
- 14 Eventuale spegnimento quadro elettrico Hall (interruttore trifase su OFF)

Sistema di controllo

Per la progettazione del sistema di controllo è stata compiuta un'analisi dei rischi e dei possibili incidenti. Lo scopo di tale analisi è di ridurre tali rischi e di applicare le misure di protezione riguardo i rischi che non possono essere eliminati. L'elenco degli interventi del sistema di controllo è riportato nella figura 2.6.

Il sistema di controllo è stato progettato per garantire l'esercizio in piena sicurezza dell'impianto durante le prove sperimentali. L'impianto sperimentale è un sistema soggetto all'azione combinata della pressione (fino a 160 bar) e della temperatura (fino a 300 °C in alcuni componenti). Pertanto, il sistema prevede l'utilizzo di dispositivi di protezione, controllo e regolazione, allarme, blocco e le soluzioni progettuali finalizzate a prevenire il verificarsi di incidenti. Tali dispositivi sono sia di tipo passivo sia di tipo attivo. Per ogni situazione di possibile pericolo sono presenti sia un dispositivo attivo che uno passivo.

I sistemi di protezione passivi (valvola di sicurezza e termostato) intervengono una volta che l'anomalia si è già verificata ed hanno la funzione di limitare le conseguenze di tale anomalia e di riportare i parametri di funzionamento alle condizioni di normale funzionamento. La presenza di un doppio sistema di controllo, attivo e passivo, garantisce il funzionamento dell'impianto in sicurezza durante tutte le fasi delle prove sperimentali.

Per il controllo delle temperature negli elementi ove è presente un generatore di calore (pre-heater e test section) sono presenti un controllo attivo sulle termocoppie di parete (T_w) da parte del programma di controllo Labview. Tale programma apre i relè degli alimentatori delle resistenze elettriche non appena la temperatura di parete supera il valore massimo di 295°C. Oltre questi sistemi attivi, sono presenti dei termostati passivi che interrompono l'alimentazione degli alimentatori non appena la temperatura di parete raggiunge la soglia di 300°C. Tali elementi passivi richiudono l'interruttore quando il livello di temperatura scende sotto un certo valore.

Per il controllo della pressione massima del circuito, il programma di controllo agisce sui relè di controllo della pompa. Se la pressione all'ingresso e/o all'uscita della sezione di prova raggiungono il valore massimo di 160 bar, il sistema di controllo Labview apre i relè di alimentazione della pompa, del preriscaldatore e della sezione di prova.

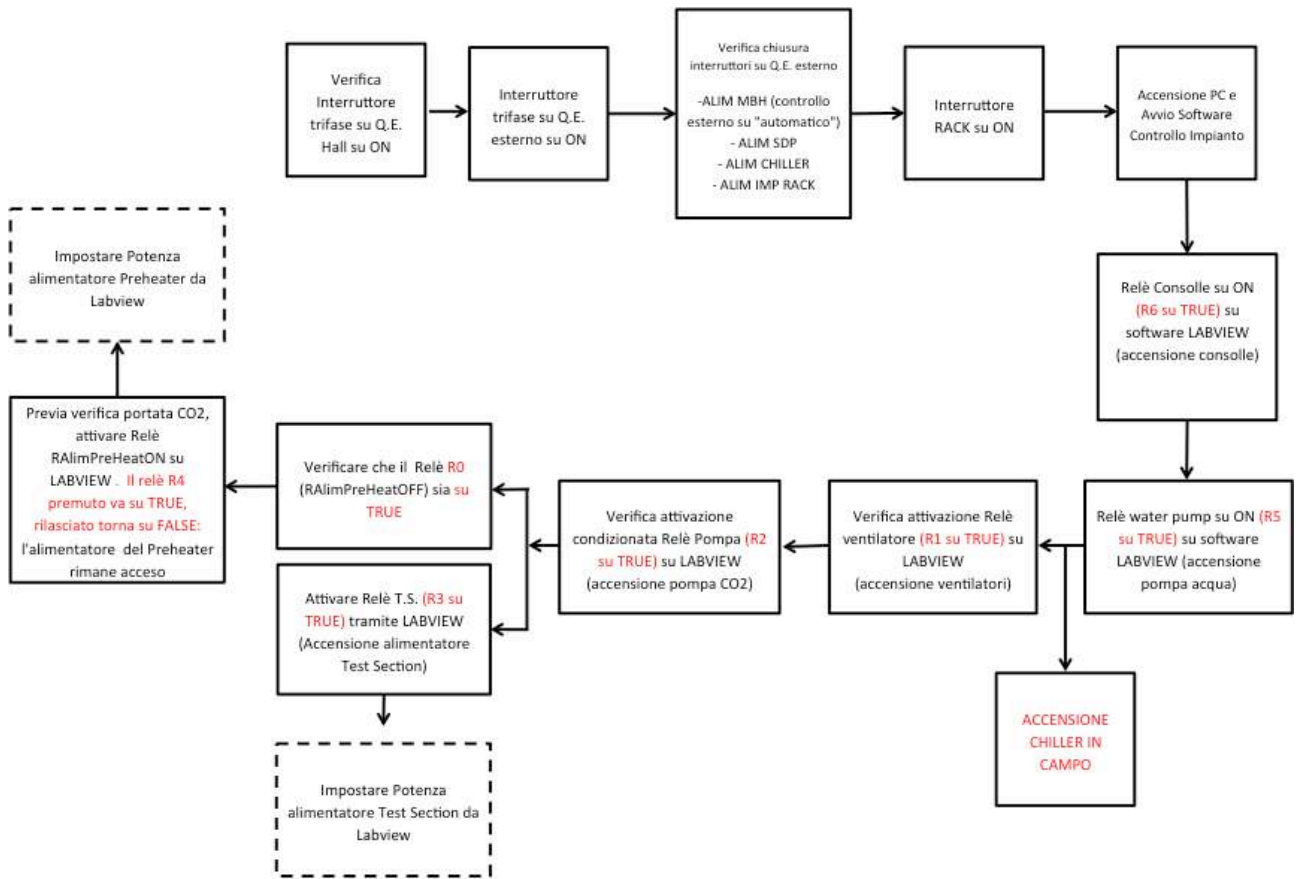


Figura 2.4. Schema a blocchi della procedura di accensione.

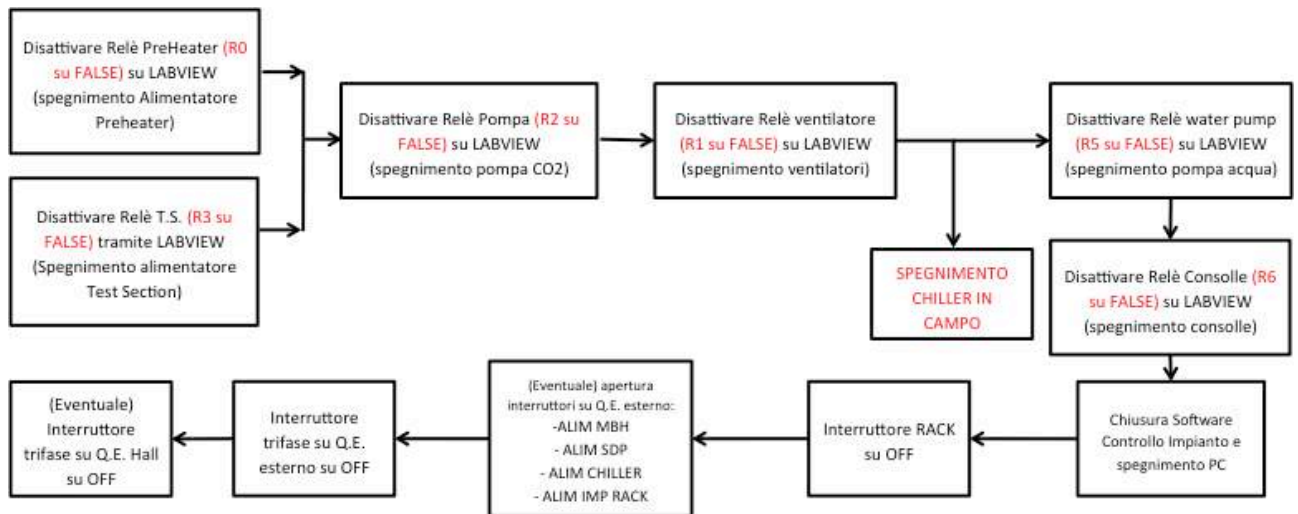


Figura 2.5. Schema a blocchi della procedura di spegnimento.

	RELE'	DEFAULT	IN TEST	BLOCCO SE:	CONSEGUENZA	PRESSOSTATI/TERMOSTATI/	NOTE
PREHEATER	R0(RalimPreheatOFF)	TRUE	TRUE	(TwPreH)>TwPreHmax	R0=FALSE	TERMOSTATO tarato TwPreHmax	Normalmente chiuso; può essere aperto in maniera condizionata o da operatore tramite interruttore Labview
FAN	R1 (rfan)	FALSE	TRUE				Il relè si chiude automaticamente con controllo sulla temperatura TsetG2
POMPA	R2 (Rpompa)	FALSE	TRUE	(Dtsott)<=10°C (poutpump)>= pT5max (pinT5)<= pT5max (pT5DpT5)>= pT5max (pinT5ev)<= pT5evmax (poutT5ev)>= pT5evmax	R0= R2=R3=FALSE R0= R2=R3= FALSE R0= R2= R3= FALSE R0= R2= R3= FALSE R0= R2=R3= FALSE	PRESSOSTATO tarato su pT5max	Il relè si chiude automaticamente con controllo sulla grandezza Dtsott
ALIMENTATORE TS/Tsev	R3(RTS)	FALSE	TRUE	(TwT5)>=TwT5max or (TwT5ev)>=TwT5maxev	R3=FALSE	TERMOSTATI tarati TwT5max su TwT5evmax	Chiusura relè da labview (operatore)
PREHEATER	R4(RalimPreheatON)	FALSE	FALSE				È normalmente aperto; dal punto di vista software è gestito da un "pushbutton". Quando viene premuto da un operatore si chiude il relè (TRUE) e si accende l'alimentatore; quando rilasciato il relè si apre (FALSE), ma il preheater rimane alimentato.
POMPA CHILLER		FALSE	TRUE	(poutW_pump)>= pwpump_max	R0=R2=R3=R5= FALSE		Chiusura relè da labview (operatore)
CONSOLE	R6(RConsensoAlimConsole)	FALSE	TRUE				Chiusura relè da labview (operatore)

TRUE: relè chiuso collegato
FALSE: relè aperto scollegato

R0 RalimPreheatOFF
R1 Rfan
R2 Rpompe
R3 RTS
R4 RalimPreheatON
R5 RW_pump
R6 RConsensoAlimConsole

Figura 2.6. Elenco dei controlli dell'impianto sperimentale.

Sistema di acquisizione dei dati sperimentali

Durante le prove sperimentali verranno acquisite le grandezze misurate in vari punti del circuito sperimentale. I sensori utilizzati per tali misure sono: termocoppie, sensori di pressione, misuratore di portata massica ad effetto Coriolis.

L'elenco dei canali acquisiti con i dettagli dei sensori utilizzati è riportato nella tabella della figura 2.7.

La tabella riporta anche le schede elettroniche della National Instruments utilizzate, le tensioni acquisite, il tipo di sensori ed altre informazioni necessarie per definire il sistema.

Il sistema di acquisizione acquisisce ad una frequenza di 1 Hz e scrive tutti i valori misurati in un file testo per un periodo di un minuto. I test verranno effettuati in condizioni stazionarie mantenendo costante la portata, la temperatura e la pressione all'ingresso della sezione di prova.

Le schede della National Instrument utilizzate sono:

- Chassis CompactDAQ, cDAQ-9178 (Figura 2.8)
- NI-9213, Modulo ingresso temperatura (Figura 2.9)
- NI-9205, Modulo ingresso tensione (Figura 2.10)
- NI-9265, Modulo uscita corrente (Figura 2.11)
- NI-9481, Modulo Relè (Figura 2.12)

IMPIANTO COASTO													Ve 6 del 13-03-20	
N.	Dev. Type	M. Dev.	Cond.	Nome	Descrizione	Unità misura	Rango Operativo	Tip. Sensore	Ris. Acquisizione	Ris. Conversione	Cond. Conv.	ALLARMI	Condizione	Note
Modulo TC														
0	N1-9212	cDAQ1Mod1	a0	Ta1Pump	temp. (T1)	°C	0-100	TC	0-5mV					
1	N1-9213	cDAQ1Mod1	a1	Ta1Fuel	temp.	°C	40-130	TC	0-5mV			AL se (Ta1Fuel)>=0.85*(Ta1FuelMax)	ALUCO2: 1) (Ta1Fuel)>=0.75*(Ta1FuelMax) STOP Alti Press (0-100 bar)	1) Ta1FuelMax) di Impostare
2	N1-9214	cDAQ1Mod1	a2	Ta1Boiler	temp. (T2)	°C	300-400	TC	0-5mV					2) Ta1BoilerMax) di Impostare
3	N1-9215	cDAQ1Mod1	a3	Ta1TS	temp. (T3)	°C	200-150	TC	0-5mV					3) Ta1TSMax) di Impostare
4	N1-9216	cDAQ1Mod1	a4	Ta1TS	temp. (T4)	°C	200-150	TC	0-5mV					4) Ta1TSMax) di Impostare
5	N1-9217	cDAQ1Mod1	a5	Ta1TMI	temp. (T5)	°C	30-140	TC	0-5mV					5) Ta1TMIMax) di Impostare
6	N1-9218	cDAQ1Mod1	a6	Ta1TSC	temp. (T6)	°C	20-100	TC	0-5mV					6) Ta1TSCMax) di Impostare
7	N1-9219	cDAQ1Mod1	a7	Ta1TSC	temp. (T7)	°C	20-100	TC	0-5mV					7) Ta1TSCMax) di Impostare
8	N1-9219	cDAQ1Mod1	a8	Ta1TSC	temp. (T8)	°C	100-130	TC	0-5mV			AL se (Ta1TSC)>=0.75	ALUCO2: 1) (Ta1TSC)>=0.75*(Ta1TSCMax) STOP Alimentatore Press (0-100 bar), STOP Alimentatore Press (0-100 bar), STOP Alimentatore Press (0-100 bar)	8) Ta1TSCMax) di Impostare
9	N1-9219	cDAQ1Mod1	a9	Ta1TSC	temp. (T9)	°C	100-130	TC	0-5mV					9) Ta1TSCMax) di Impostare
10	N1-9219	cDAQ1Mod1	a10	Ta1TSC	temp. (T10)	°C	100-130	TC	0-5mV					10) Ta1TSCMax) di Impostare
11	N1-9219	cDAQ1Mod1	a11	Ta1TSC	temp. (T11)	°C	100-130	TC	0-5mV					11) Ta1TSCMax) di Impostare
12	N1-9219	cDAQ1Mod1	a12	Ta1TSC	temp. (T12)	°C	100-130	TC	0-5mV					12) Ta1TSCMax) di Impostare
13	N1-9219	cDAQ1Mod1	a13	Ta1TSC	temp.	°C	100-130	TC	0-5mV			AL se (Ta1TSC)>=0.75*(Ta1TSCMax)	ALUCO2: 1) (Ta1TSC)>=0.75*(Ta1TSCMax) STOP Alimentatore Press (0-100 bar), STOP Alimentatore Press (0-100 bar), STOP Alimentatore Press (0-100 bar)	13) Ta1TSCMax) di Impostare
14	N1-9219	cDAQ1Mod1	a14	Ta1TSC	temp.	°C	100-130	TC	0-5mV			AL se (Ta1TSC)>=0.75*(Ta1TSCMax)	ALUCO2: 1) (Ta1TSC)>=0.75*(Ta1TSCMax) STOP Alimentatore Press (0-100 bar), STOP Alimentatore Press (0-100 bar), STOP Alimentatore Press (0-100 bar)	14) Ta1TSCMax) di Impostare
15	N1-9219	cDAQ1Mod1	a15	Ta1TSC	temp.	°C	100-130	TC	0-5mV			AL se (Ta1TSC)>=0.75*(Ta1TSCMax)	ALUCO2: 1) (Ta1TSC)>=0.75*(Ta1TSCMax) STOP Alimentatore Press (0-100 bar), STOP Alimentatore Press (0-100 bar), STOP Alimentatore Press (0-100 bar)	15) Ta1TSCMax) di Impostare
Modulo TC														
16	N1-9219	cDAQ1Mod2	a16	Ta1TS	temp.	°C	200-150	TC	0-5mV			AL se (Ta1TS)>=0.85*(Ta1TSMax)	ALUCO2: 1) (Ta1TS)>=0.75*(Ta1TSMax) STOP Alimentatore Press (0-100 bar), STOP Alimentatore Press (0-100 bar), STOP Alimentatore Press (0-100 bar)	16) Ta1TSMax) di Impostare
17	N1-9219	cDAQ1Mod2	a17	Ta1TS	temp.	°C	200-150	TC	0-5mV			AL se (Ta1TS)>=0.85*(Ta1TSMax)	ALUCO2: 1) (Ta1TS)>=0.75*(Ta1TSMax) STOP Alimentatore Press (0-100 bar), STOP Alimentatore Press (0-100 bar), STOP Alimentatore Press (0-100 bar)	17) Ta1TSMax) di Impostare
18	N1-9219	cDAQ1Mod2	a18	Ta1TS	temp.	°C	200-150	TC	0-5mV			AL se (Ta1TS)>=0.85*(Ta1TSMax)	ALUCO2: 1) (Ta1TS)>=0.75*(Ta1TSMax) STOP Alimentatore Press (0-100 bar), STOP Alimentatore Press (0-100 bar), STOP Alimentatore Press (0-100 bar)	18) Ta1TSMax) di Impostare
19	N1-9219	cDAQ1Mod2	a19	Ta1TS	temp.	°C	200-150	TC	0-5mV			AL se (Ta1TS)>=0.85*(Ta1TSMax)	ALUCO2: 1) (Ta1TS)>=0.75*(Ta1TSMax) STOP Alimentatore Press (0-100 bar), STOP Alimentatore Press (0-100 bar), STOP Alimentatore Press (0-100 bar)	19) Ta1TSMax) di Impostare
20	N1-9219	cDAQ1Mod2	a20	Ta1TS	temp.	°C	200-150	TC	0-5mV			AL se (Ta1TS)>=0.85*(Ta1TSMax)	ALUCO2: 1) (Ta1TS)>=0.75*(Ta1TSMax) STOP Alimentatore Press (0-100 bar), STOP Alimentatore Press (0-100 bar), STOP Alimentatore Press (0-100 bar)	20) Ta1TSMax) di Impostare
21	N1-9219	cDAQ1Mod2	a21	Ta1TS	temp.	°C	200-150	TC	0-5mV			AL se (Ta1TS)>=0.85*(Ta1TSMax)	ALUCO2: 1) (Ta1TS)>=0.75*(Ta1TSMax) STOP Alimentatore Press (0-100 bar), STOP Alimentatore Press (0-100 bar), STOP Alimentatore Press (0-100 bar)	21) Ta1TSMax) di Impostare
22	N1-9219	cDAQ1Mod2	a22	Ta1TS	temp.	°C	200-150	TC	0-5mV			AL se (Ta1TS)>=0.85*(Ta1TSMax)	ALUCO2: 1) (Ta1TS)>=0.75*(Ta1TSMax) STOP Alimentatore Press (0-100 bar), STOP Alimentatore Press (0-100 bar), STOP Alimentatore Press (0-100 bar)	22) Ta1TSMax) di Impostare
23	N1-9219	cDAQ1Mod2	a23	Ta1TS	temp.	°C	100-140	TC	0-5mV			AL se (Ta1TS)>=0.85*(Ta1TSMax)	ALUCO2: 1) (Ta1TS)>=0.75*(Ta1TSMax) STOP Alimentatore Press (0-100 bar), STOP Alimentatore Press (0-100 bar), STOP Alimentatore Press (0-100 bar)	23) Ta1TSMax) di Impostare
24	N1-9219	cDAQ1Mod2	a24	Ta1TS	temp.	°C	100-140	TC	0-5mV			AL se (Ta1TS)>=0.85*(Ta1TSMax)	ALUCO2: 1) (Ta1TS)>=0.75*(Ta1TSMax) STOP Alimentatore Press (0-100 bar), STOP Alimentatore Press (0-100 bar), STOP Alimentatore Press (0-100 bar)	24) Ta1TSMax) di Impostare
25	N1-9219	cDAQ1Mod2	a25	Ta1TS	temp.	°C	100-140	TC	0-5mV			AL se (Ta1TS)>=0.85*(Ta1TSMax)	ALUCO2: 1) (Ta1TS)>=0.75*(Ta1TSMax) STOP Alimentatore Press (0-100 bar), STOP Alimentatore Press (0-100 bar), STOP Alimentatore Press (0-100 bar)	25) Ta1TSMax) di Impostare
26	N1-9219	cDAQ1Mod2	a26	Ta1TS	temp.	°C	100-140	TC	0-5mV			AL se (Ta1TS)>=0.85*(Ta1TSMax)	ALUCO2: 1) (Ta1TS)>=0.75*(Ta1TSMax) STOP Alimentatore Press (0-100 bar), STOP Alimentatore Press (0-100 bar), STOP Alimentatore Press (0-100 bar)	26) Ta1TSMax) di Impostare
27	N1-9219	cDAQ1Mod2	a27	Ta1TS	temp.	°C	100-140	TC	0-5mV			AL se (Ta1TS)>=0.85*(Ta1TSMax)	ALUCO2: 1) (Ta1TS)>=0.75*(Ta1TSMax) STOP Alimentatore Press (0-100 bar), STOP Alimentatore Press (0-100 bar), STOP Alimentatore Press (0-100 bar)	27) Ta1TSMax) di Impostare
28	N1-9219	cDAQ1Mod2	a28	Ta1TS	temp.	°C	100-140	TC	0-5mV			AL se (Ta1TS)>=0.85*(Ta1TSMax)	ALUCO2: 1) (Ta1TS)>=0.75*(Ta1TSMax) STOP Alimentatore Press (0-100 bar), STOP Alimentatore Press (0-100 bar), STOP Alimentatore Press (0-100 bar)	28) Ta1TSMax) di Impostare
29	N1-9219	cDAQ1Mod2	a29	Ta1TS	temp.	°C	100-140	TC	0-5mV			AL se (Ta1TS)>=0.85*(Ta1TSMax)	ALUCO2: 1) (Ta1TS)>=0.75*(Ta1TSMax) STOP Alimentatore Press (0-100 bar), STOP Alimentatore Press (0-100 bar), STOP Alimentatore Press (0-100 bar)	29) Ta1TSMax) di Impostare
30	N1-9219	cDAQ1Mod2	a30	Ta1TS	temp.	°C	100-140	TC	0-5mV			AL se (Ta1TS)>=0.85*(Ta1TSMax)	ALUCO2: 1) (Ta1TS)>=0.75*(Ta1TSMax) STOP Alimentatore Press (0-100 bar), STOP Alimentatore Press (0-100 bar), STOP Alimentatore Press (0-100 bar)	30) Ta1TSMax) di Impostare
31	N1-9219	cDAQ1Mod2	a31	Ta1TS	temp.	°C	100-140	TC	0-5mV			AL se (Ta1TS)>=0.85*(Ta1TSMax)	ALUCO2: 1) (Ta1TS)>=0.75*(Ta1TSMax) STOP Alimentatore Press (0-100 bar), STOP Alimentatore Press (0-100 bar), STOP Alimentatore Press (0-100 bar)	31) Ta1TSMax) di Impostare
Modulo Velocità														
32	N1-9201	cDAQ1Mod3	a0	velPump	veloc. (V1)	bar	0-200		0-5V			AL se (velPump)>=0.85*(velPumpMax)	ALUCO2: 1) (velPump)>=0.75*(velPumpMax) STOP Alimentatore Press (0-100 bar), STOP Alimentatore Press (0-100 bar), STOP Alimentatore Press (0-100 bar)	32) velPumpMax) di Impostare
33	N1-9201	cDAQ1Mod3	a1	vel TS	veloc. (V2)	bar	0-400		0-5V			AL se (velTS)>=0.85*(velTSMax)	ALUCO2: 1) (velTS)>=0.75*(velTSMax) STOP Alimentatore Press (0-100 bar), STOP Alimentatore Press (0-100 bar), STOP Alimentatore Press (0-100 bar)	33) velTSMax) di Impostare
34	N1-9201	cDAQ1Mod3	a2	velTS	veloc. (V3)	bar	0-400		0-5V			AL se (velTS)>=0.85*(velTSMax)	ALUCO2: 1) (velTS)>=0.75*(velTSMax) STOP Alimentatore Press (0-100 bar), STOP Alimentatore Press (0-100 bar), STOP Alimentatore Press (0-100 bar)	34) velTSMax) di Impostare
35	N1-9201	cDAQ1Mod3	a3	velTS	veloc. (V4)	bar	0-400		0-5V			AL se (velTS)>=0.85*(velTSMax)	ALUCO2: 1) (velTS)>=0.75*(velTSMax) STOP Alimentatore Press (0-100 bar), STOP Alimentatore Press (0-100 bar), STOP Alimentatore Press (0-100 bar)	35) velTSMax) di Impostare
36	N1-9201	cDAQ1Mod3	a4	velTS	veloc. (V5)	bar	0-400		0-5V			AL se (velTS)>=0.85*(velTSMax)	ALUCO2: 1) (velTS)>=0.75*(velTSMax) STOP Alimentatore Press (0-100 bar), STOP Alimentatore Press (0-100 bar), STOP Alimentatore Press (0-100 bar)	36) velTSMax) di Impostare
37	N1-9201	cDAQ1Mod3	a5	velTS	veloc. (V6)	bar	0-400		0-5V			AL se (velTS)>=0.85*(velTSMax)	ALUCO2: 1) (velTS)>=0.75*(velTSMax) STOP Alimentatore Press (0-100 bar), STOP Alimentatore Press (0-100 bar), STOP Alimentatore Press (0-100 bar)	37) velTSMax) di Impostare
38	N1-9201	cDAQ1Mod3	a6	velTS	veloc. (V7)	bar	0-400		0-5V			AL se (velTS)>=0.85*(velTSMax)	ALUCO2: 1) (velTS)>=0.75*(velTSMax) STOP Alimentatore Press (0-100 bar), STOP Alimentatore Press (0-100 bar), STOP Alimentatore Press (0-100 bar)	38) velTSMax) di Impostare
39	N1-9201	cDAQ1Mod3	a7	velTS	veloc. (V8)	bar	0-400		0-5V			AL se (velTS)>=0.85*(velTSMax)	ALUCO2: 1) (velTS)>=0.75*(velTSMax) STOP Alimentatore Press (0-100 bar), STOP Alimentatore Press (0-100 bar), STOP Alimentatore Press (0-100 bar)	39) velTSMax) di Impostare
40	N1-9201	cDAQ1Mod3	a16	velTS	veloc. (V16)	bar	0-400		0-5V			AL se (velTS)>=0.85*(velTSMax)	ALUCO2: 1) (velTS)>=0.75*(velTSMax) STOP Alimentatore Press (0-100 bar), STOP Alimentatore Press (0-100 bar), STOP Alimentatore Press (0-100 bar)	40) velTSMax) di Impostare
41	N1-9201	cDAQ1Mod3	a17	velTS	veloc. (V17)	bar	0-400		0-5V			AL se (velTS)>=0.85*(velTSMax)	ALUCO2: 1) (velTS)>=0.75*(velTSMax) STOP Alimentatore Press (0-100 bar), STOP Alimentatore Press (0-100 bar), STOP Alimentatore Press (0-100 bar)	41) velTSMax) di Impostare
Modulo AD														
42	N1-9205	cDAQ1Mod5	a18	veloc. TS	veloc. (V18)	bar	0-1000		0-5V					42) veloc. TSMax) di Impostare
43	N1-9205	cDAQ1Mod5	a19	veloc. TS	veloc. (V19)	bar	0-1000		0-5V					43) veloc. TSMax) di Impostare
44	N1-9205	cDAQ1Mod5	a20	veloc. TS	veloc. (V20)	bar	0-1000		0-5V					44) veloc. TSMax) di Impostare
45	N1-9205	cDAQ1Mod5	a21	veloc. TS	veloc. (V21)	bar	0-1000		0-5V					45) veloc. TSMax) di Impostare
46	N1-9205	cDAQ1Mod5	a22	veloc. TS	veloc. (V22)	bar	0-1000		0-5V					46) veloc. TSMax) di Impostare
47	N1-9205	cDAQ1Mod5	a23	veloc. TS	veloc. (V23)	bar	0-1000		0-5V					47) veloc. TSMax) di Impostare
Modulo Relays														
0	N1-9481	cDAQ1Mod6	a0	Relay	Relay (R1)									0) Relay (R1) di Impostare
1	N1-9481	cDAQ1Mod6	a1	Relay	Relay (R2)									1) Relay (R2) di Impostare
2	N1-9481	cDAQ1Mod6	a2	Relay	Relay (R3)									2) Relay (R3) di Impostare
3	N1-9481	cDAQ1Mod6	a3	Relay	Relay (R4)									3) Relay (R4) di Impostare
4	N1-9481	cDAQ1Mod6	a4	Relay	Relay (R5)									4) Relay (R5) di Impostare
5	N1-9481	cDAQ1Mod6	a5	Relay	Relay (R6)									5) Relay (R6) di Impostare
6	N1-9481	cDAQ1Mod6	a6	Relay	Relay (R7)									6) Relay (R7) di Impostare
7	N1-9481	cDAQ1Mod6	a7	Relay	Relay (R8)									7) Relay (R8) di Impostare



R1: Relay (R1)
 R2: Relay (R2)
 R3: Relay (R3)
 R4: Relay (R4)
 R5: Relay (R5)
 R6: Relay (R6)
 R7: Relay (R7)
 R8: Relay (R8)

Figura 2.7. Elenco dei segnali acquisiti dal programma di acquisizione e di controllo.





Figura 2.9. National Instrument modulo NI-9213 per la misura delle temperature



Figura 2.10. National Instrument modulo NI-9205, ingresso tensione



Figura 2.11. National Instrument modulo NI-9265, uscita corrente



Figura 2.12. National Instrument NI-9481, Modulo Relè

2.3 Gruppo pompa - cooler

Nel corso della revisione del progetto dell’impianto sperimentale è stato deciso di raggruppare in un unico blocco la CO₂ pump, l’expansion tank/reservoir e il cooler (con riferimento allo schema di Fig. 2.1). Tale raggruppamento consente il trasporto e l’installazione più agevoli dei componenti più pesanti. Per l’assemblaggio di questo gruppo di componenti si è attuata una ottimizzazione della posizione dei componenti stessi per ottenere un sottogruppo di facile trasporto. Il circuito idraulico è stato montato ottimizzando i collegamenti idraulici tra i vari componenti.

Tutti i componenti principali dell’impianto sperimentale sono stati assemblati in strutture realizzate con profilati della Bosch Rexroth. Tali profilati garantiscono la resistenza meccanica necessaria e soprattutto la notevole flessibilità nella realizzazione di strutture modulari.

Di seguito si riporta una breve descrizione dei componenti inseriti nel gruppo pompa – cooler (Fig. 2.13).

La pompa di circolazione, CO₂ pump, è una pompa dosatrice a membrana per diossido di carbonio che consente una regolazione molto accurata della portata. Aspetto fondamentale per l’accuratezza e la ripetitività delle prove è che tale tipo di pompa garantisce l’assenza totale di lubrificante nel fluido termovettore. La pompa è il modello LDB1 M910S della LEWA con membrana PTFE, accoppiata ad un motore elettrico trifase di potenza pari a 0.75 kW, alimentato a 380 V (50 Hz). La fotografia della pompa è riportata nella Figura 2.13.

L’expansion tank/reservoir è un piccolo serbatoio da 0.5 litri che ha la funzione di garantire la minima quantità di CO₂ in fase liquida nel condotto di aspirazione della pompa e allo stesso tempo garantire la funzione di vaso di espansione al circuito della CO₂. Quest’ultima caratteristica sarà garantita dal fatto che il serbatoio non verrà riempito completamente di liquido, ma sarà mantenuta una quantità di CO₂ in forma gassosa che garantirà la corretta variazione di volume per compensare le dilatazioni termiche.

Infine, il cooler è stato realizzato modificando uno scambiatore di calore presente nel laboratorio. Le modifiche hanno riguardato la sostituzione della serpentina interna con una nuova con un diametro adeguato ed una superficie di scambio sufficientemente grande per raffreddare il fluido con le portate previste. La nuova serpentina, realizzata in acciaio AISI 316L con un tubo da 3/8” di diametro, è stata provata a 160 bar. L’involucro esterno del cooler è stato tagliato per poter sostituire la serpentina e

successivamente è stato richiuso mediante saldatura. Anche per l'involucro esterno è stata effettuata la prova a pressione di 2 bar per verificare la tenuta idraulica.

Infine, è stato inserito il damper su una barra verticale. Lo schema del damper è riportato nella Fig. 2.13. Questo componente è necessario per smorzare le pulsazioni indotte dalla CO2 pump.



Figura 2.13 Fotografia della pompa a membrana della LEWA.

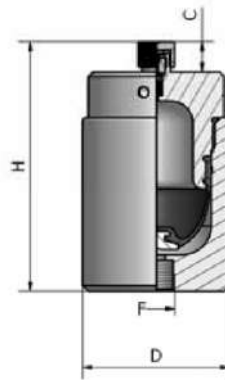


Figura 2.14. Schema dello smorzatore di pulsazioni (Damper)

La fotografia della Figura 4 mostra il sottogruppo costituito dalla CO2 Pump e il Refrigeration Loop. Tale sottogruppo così realizzato consente un agevole posizionamento del gruppo stesso, mantenendo tutti i suoi componenti solidali tra loro. Nell'immagine della Fig. 2.13 è possibile identificare la CO2 pump, il tank, il cooler, la pompa del refrigeration loop (water pump). Le pompe sono state montate su supporti di gomma per ridurre le vibrazioni indotte alla struttura che possono influire negativamente sui risultati delle prove sperimentali.

La parte del circuito della CO2 è stata verificata a 160 bar. Il Refrigeration Loop è stato verificato a 1.5 bar, massima pressione operativa di questa parte del circuito sperimentale.

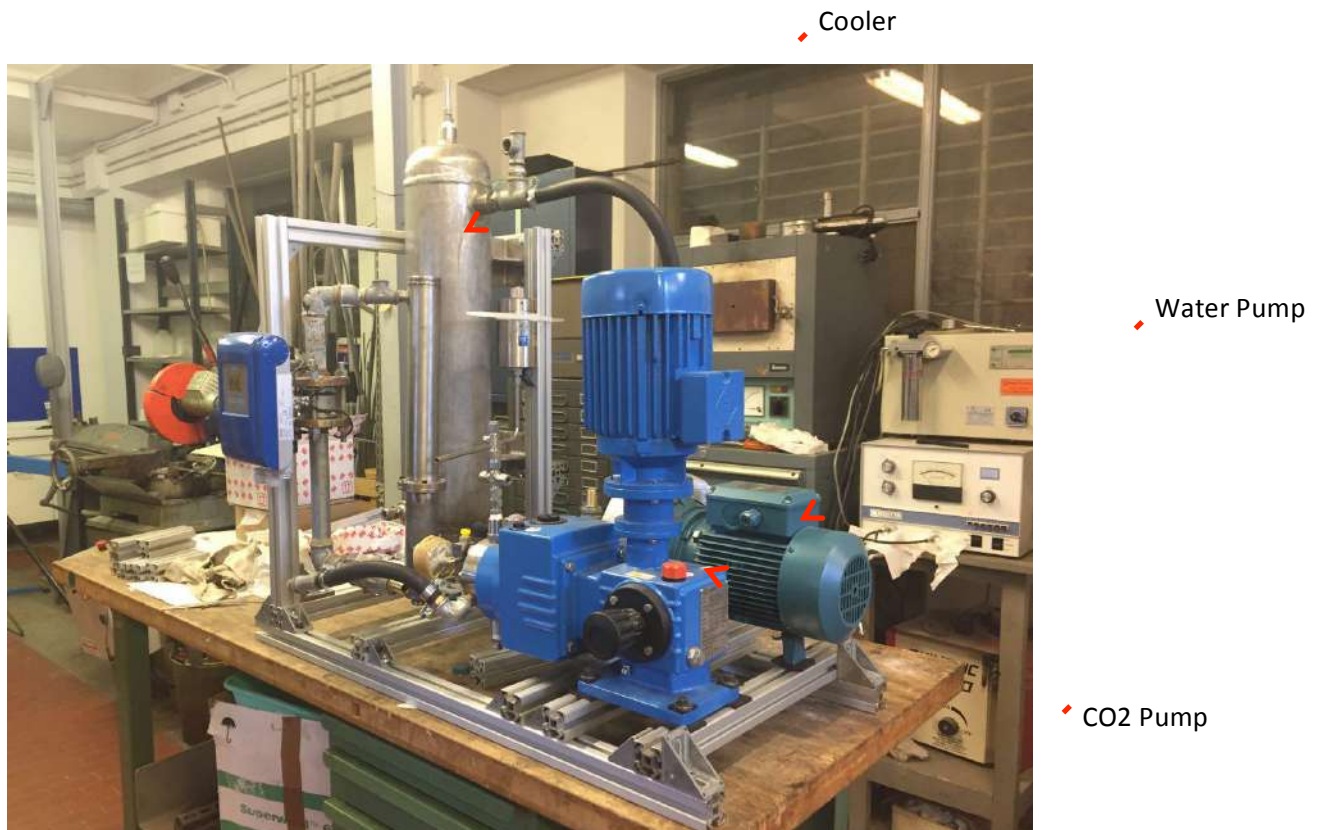


Figura 2.14. Gruppo pompa-cooler

La Figura 2.15 mostra il gas cooler. Questo è costituito da una ventola con un portata di 2150 m³/h che soffia aria su una serpentina in cui scorre la CO₂ supercritica in uscita dalla sezione di prova. Tale serpentina avrà lo scopo di ridurre la temperatura della CO₂ da 300 °C ad un valore intorno a 130-140 °C. La serpentina è stata realizzata con una tubazione di acciaio inossidabile AISI 316L con diametro esterno di 12 mm e spessore pari a 1 mm. Tale geometria garantisce la resistenza meccanica della tubazione ad una pressione massima di 192 bar alla temperatura di 300°C.



Figura 2.15. Gas Cooler

2.4 Progetto per i lavori elettrici del sito ove verrà installato l'impianto sperimentale

E' stato deciso di collocare l'impianto sperimentale CO₂ATTO nell'area recintata esterna all'ed. F-20 sotto la tettoia preesistente (Fig. 2.16). Questa sistemazione è stata scelta per operare in piena sicurezza con un impianto sperimentale in cui circola un fluido ad alta temperatura e alta pressione. Come è stato definito nell'introduzione, il fluido raggiungerà temperature dell'ordine dei 300 °C e pressioni fino a 160 bar. Inoltre, tale collocazione faciliterà enormemente il raffreddamento del fluido mediante il gas cooler (Fig. 2.15) mantenendo all'esterno dell'edificio tutte le fonti di calore ad alta temperatura.

Il progetto è stato redatto a cura dell'unità ISER-UT dell'ENEA sulla base della specifica tecnica [4].



Figura 2.16 - Tettoia esterna dove sarà installato l'impianto sperimentale CO₂ATTO

Il risultato dell'attività di progettazione consente di definire i dettagli dei quadri elettrici, della posa dei cavi elettrici e del computo metrico sulla base del prezzario della Regione Lazio.

La Figura 2.17 riporta il dettaglio del progetto del quadro elettrico da installare sotto la tettoia.

La figura 2.18 riporta l'elaborato grafico della pianta dell'edificio con l'indicazione del percorso dei cavi elettrici e di rete.

Si allegano al presente documento il progetto del quadro elettrico [5], il computo metrico per i lavori elettrici [6] la planimetria dell'edificio con il percorso dei cavi [7].

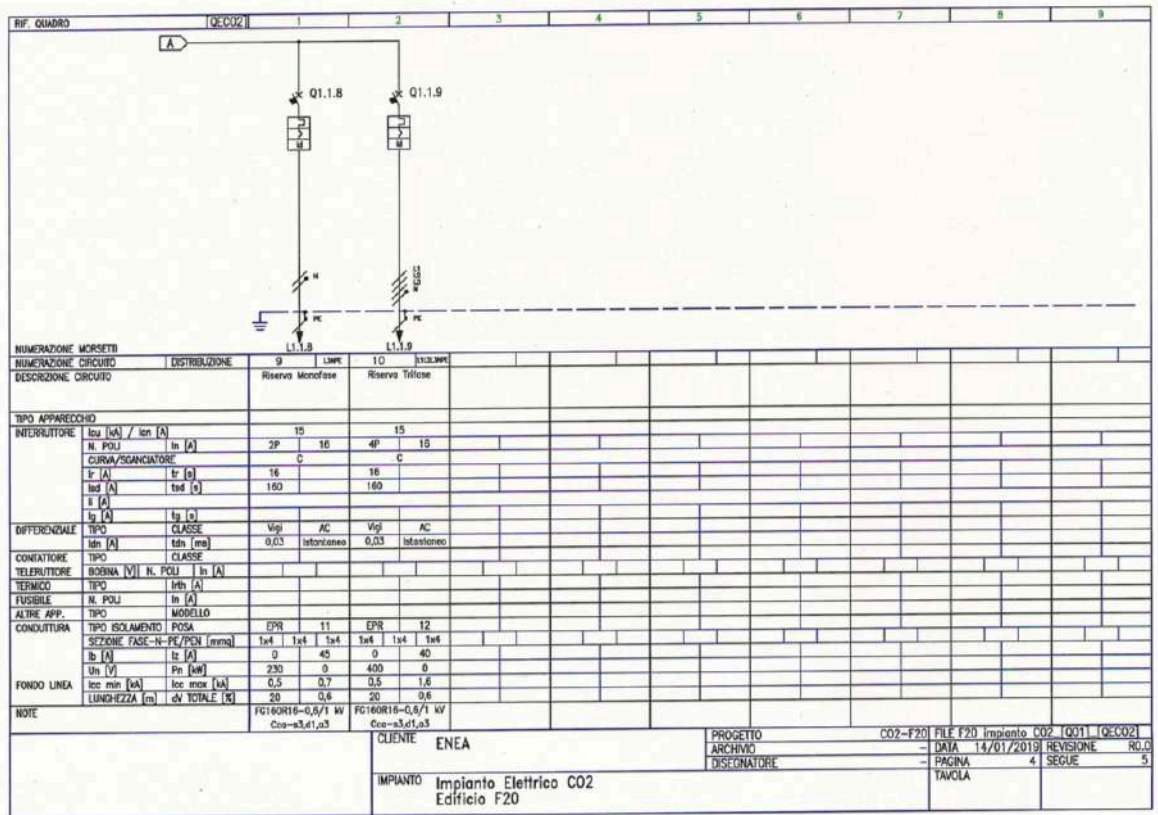
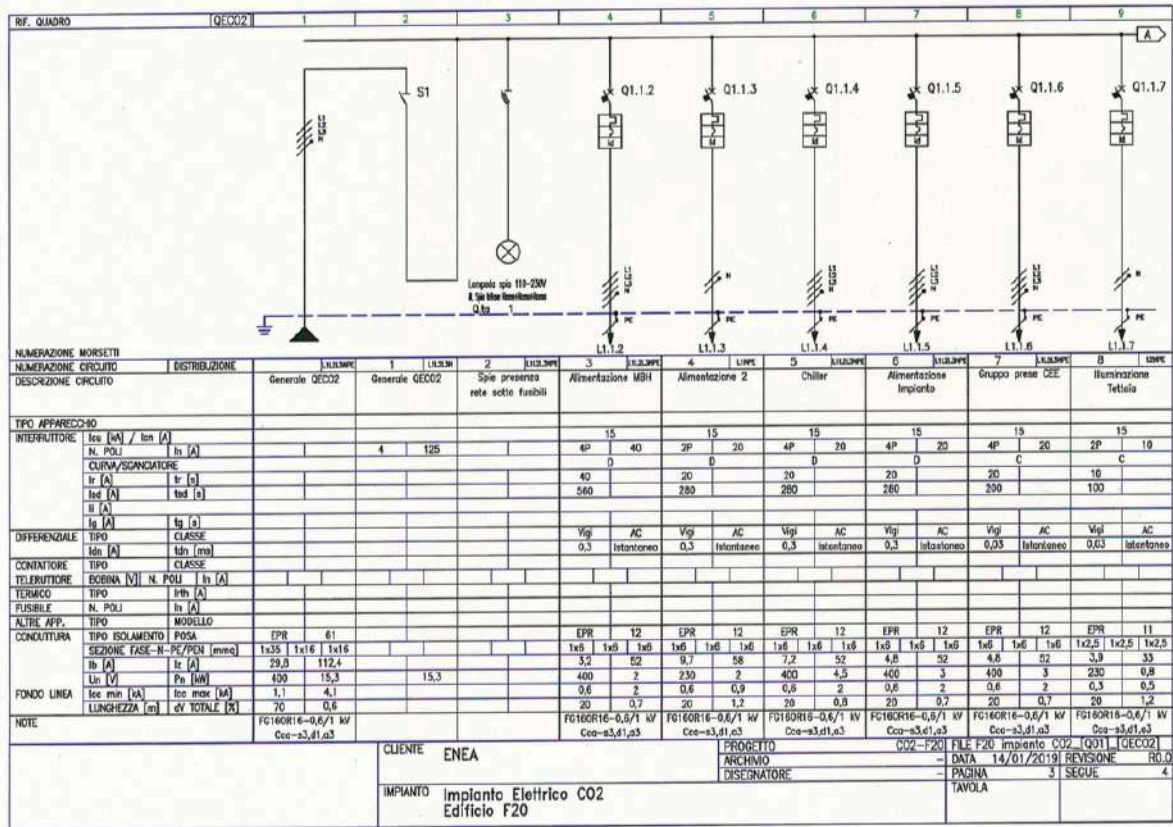


Figura 2.17 – Particolare del quadro elettrico dell'impianto CO₂ATTO con i dettagli dei componenti elettrici

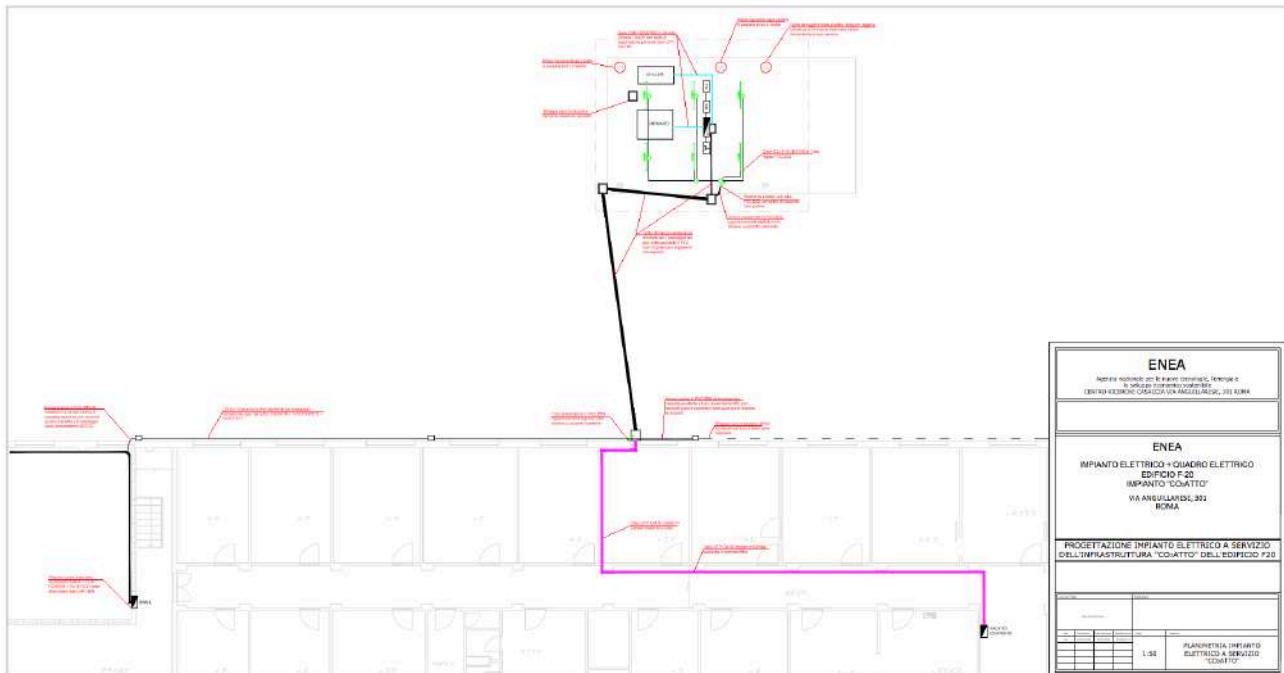


Figura 2.18 – Elaborato grafico della pianta dell’edificio con l’indicazione del percorso dei cavi elettrici e di rete

3 Conclusioni

Questo rapporto descrive le attività svolte dal laboratorio DTE-PCU-SPCT relative alla realizzazione e assemblaggio dei componenti principali di un circuito sperimentale per lo studio della trasmissione del calore della CO₂ in condizioni supercritiche. Inoltre, è stato redatto il progetto dei lavori elettrici dell’area ove verrà installato l’impianto sperimentale.

L’impianto sperimentale, denominato CO₂ATTO (CO₂ Apparatus for Thermal Test Optimization) è stato progettato per effettuare misure dei coefficienti di scambio termico della CO₂ in condizioni supercritiche e nelle regioni limitrofe al punto critico. La geometria dei condotti in cui misurare lo scambio termico sarà di tipo tubolare con diametri idraulici tipici delle geometrie di una palettatura di turbina. I diametri previsti sono nell’intervallo 0.5 mm e 4.0 mm.

Il campo di temperatura previsto per le prove sperimentali va da 30 a 300 °C, con portata massica fino a 11 kg/h e pressioni fino a 130 bar.

Le attività svolte hanno riguardato:

- revisione del progetto dell’impianto sperimentale;
- l’ottimizzazione del circuito idraulico dell’impianto sperimentale;
- la definizione del sistema di controllo e di acquisizione dei dati;
- l’assemblaggio delle parti principali del circuito sperimentale (blocco pompe, refrigerante e CO₂, cooler, air cooler e pre-heater);
- progettazione delle infrastrutture necessarie.

4 Riferimenti bibliografici

I riferimenti bibliografici devono essere richiamati nel testo con numeri progressivi tra parentesi quadre e riportati a fine testo con il seguente formato:

1. M. Pieve, L. Saraceno, R. Trinchieri, G. Zummo, E. Giacomazzi and G. Messina, “*Analysis of CO₂ transcritical power cycles for low temperature heat sources*”, 32nd UIT HEAT TRANSFER CONFERENCE Pisa, June 23-25th, 2014
2. G. Zummo, G. Boccardi, A. Franchi, A. Lattanzi, M. Morlacca, M. Pieve, L. Saraceno, A. Scotini, L. Simonetti, R. Trinchieri, “*Progetto del circuito per le prove sperimentali su mini-micro canali con CO₂*”, Report RdS/PAR2015/173
3. F.W. Dittus, L.M.K. Boelter, “*Heat transfer in automobile radiators of the tubular type*”, University of California Publications in Engineering, 2, 443-461, 1930.
4. ENEA, A. Lattanzi, G. Zummo, “*SPECIFICA TECNICA IMPIANTO ELETTRICO + QUADRO ELETTRICO EDIFICIO F-20 IMPIANTO CO₂ATTO*”, 2017
5. ENEA, “*Progetto Quadro Elettrico Impianto CO₂ATTO*”
6. ENEA, “*Computo Metrico Lavori Impianto CO₂ATTO*”
7. ENEA, “*Planimetria dei lavori Impianto CO₂ATTO*”

5 Abbreviazioni ed acronimi

simboli	Pedici
c_p Calore specifico a pressione costante [J/kg K]	D relativo al diametro
D Diametro [m]	
μ Viscosità dinamica [Pa s]	
K Conducibilità termica [W/m K]	
ρ densità [kg/m ³]	
h coeff. scambio termico [W/m ² K]	
v Velocità [m/s]	

COMMITTENTE:
ENEA

IMPIANTO C02 – F20

QUADRO:
 Quadro C02
 QEC02

CARATTERISTICHE QUADRO

































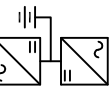





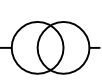

IMPIANTO A MONTE	
[QEHALL] – INTERRUTTORE	4P-160A
TENSIONE [V]	400
FREQ. [Hz]	50
CORRENTE NOM. DEL QUADRO [A]	63
Icc PRES. SUL QUADRO [kA]	2,3
SISTEMA DI NEUTRO	TNS
DIMENSIONAMENTO SBARRE	
I _n [A]	160
Icc [kA]	16
CARPENTERIA	PVC/RESINA
CLASSE DI ISOLAMENTO	II
	IP 65

NORMATIVA DI RIFERIMENTO

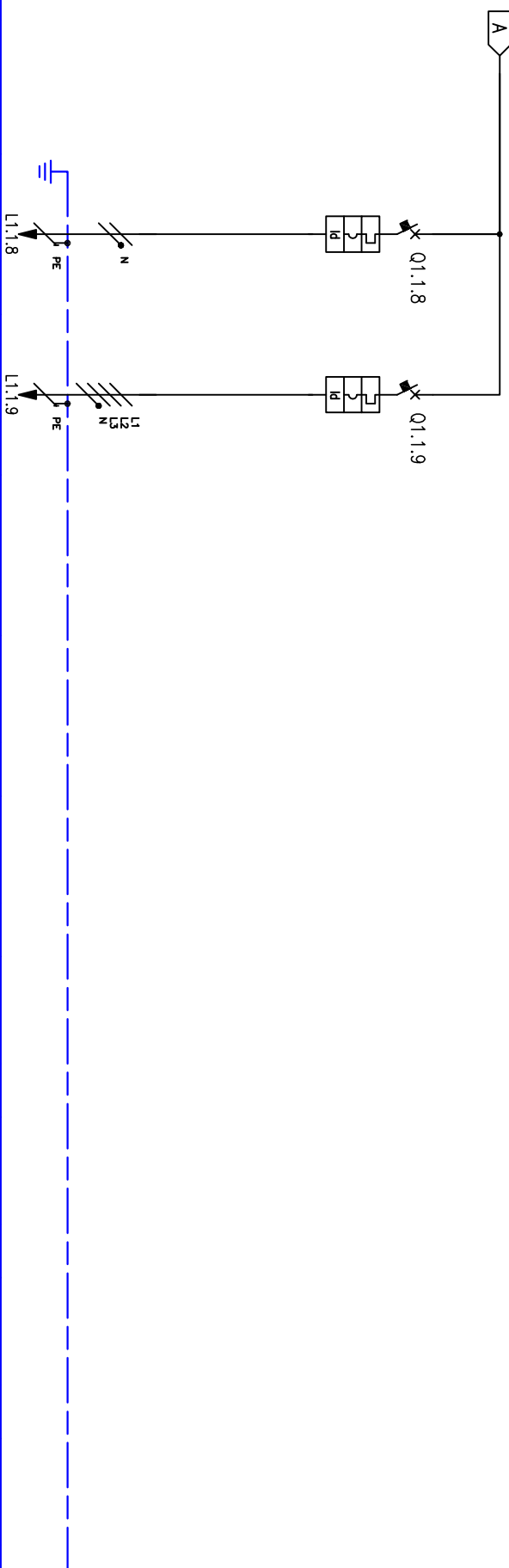
INTERRUTTORI SCATOLATI	<input checked="" type="checkbox"/> – CEI EN 60947-2
INTERRUTTORI MODULARI	<input checked="" type="checkbox"/> – CEI EN 60947-2
	<input type="checkbox"/> – CEI EN 60898
CARPENTERIA	<input checked="" type="checkbox"/> – CEI EN 61439-2
	<input type="checkbox"/> – CEI 23-48
	<input type="checkbox"/> – CEI 23-49
	<input type="checkbox"/> – CEI 23-51

CLIENTE	ENEA	PROGETTO	C02-F20	FILE F20 impianto C02_Q01_QEC02
IMPIANTO	Impianto Elettrico C02 Edificio T20	ARCHIVIO	-	DATA 30/09/2018
		DISEGNATORE	-	PAGINA 1
				REVISIONE 1
				SEQUE 2
				TAVOLA
				R0.0
				2

LEGENDA SIMBOLI

	INTERRUTTORE AUTOMATICO		SEZIONATORE		INTERRUTTORE DI MANOVRA/SEZIONATORE		PROTEZIONE TERMICA		PROTEZIONE MAGNETICA		PROTEZIONE DIFFERENZIALE		SALVAMOTORE		ELEMENTO FUSIBILE		TORODE		COMANDO MANUALE
	COMANDO MOTORIZZATO		SGANCIO LIBERO		MANOVRA ROTATIVA BLOCCOPORTA		INTERBLOCCO		APPARECCHIATURA RIMOVIBILE/ESTRIBILE		BLOCCO A CHIAVE (BLOCCATO CON APPARECCHIO IN POSIZIONE DI RIPOSO)		BLOCCO A CHIAVE (LIBERO CON APPARECCHIO IN POSIZIONE DI RIPOSO)		CONTATTO AUX. (N, NUMERO DI CONTATTI INSTALLATI, IL TRATTEGGIO INDICA QUALE PARTE DELL'APPARECCHIATURA AGISCE SUL CONTATTO)		BOBINA A MINIMA TENSIONE		BOBINA A LANCIO DI CORRENTE
	COMMUTATORE PER STRUMENTI (VOLTIMETRICO/AMPEROMETRICO)		AMPEROMETRO		VOLTIMETRO		FREQUENZIMETRO		STRUMENTO INTEGRATORE (CONTATORE)		CONTATORE CON CONTATTI NO		CONTATORE CON POSSIBILITA' DI COMANDO MANUALE CON CONTATTI NO		CONTATORE CON CONTATTI NC		TERRUTTORE (RELE' PASSO/PASSO)		OROLOGIO
	CREPUSCOLORE		OROLOGIO ASTRONOMICO		GRUPPO DI CONTINUITA' (UPS)		PRESA (SIMBULO GENERALE)		PRESA CON INTERRUTTORE DI BLOCCO E FUSIBILI		AVVIATORE - SOFT STARTER		VARATORE DI VELOCITA' (INVERTER)		AVVIATORE STELLA/TRANGOLO		TRASFORMATORE		LIMITATORE DI SOVRATENSIONE (SPD)

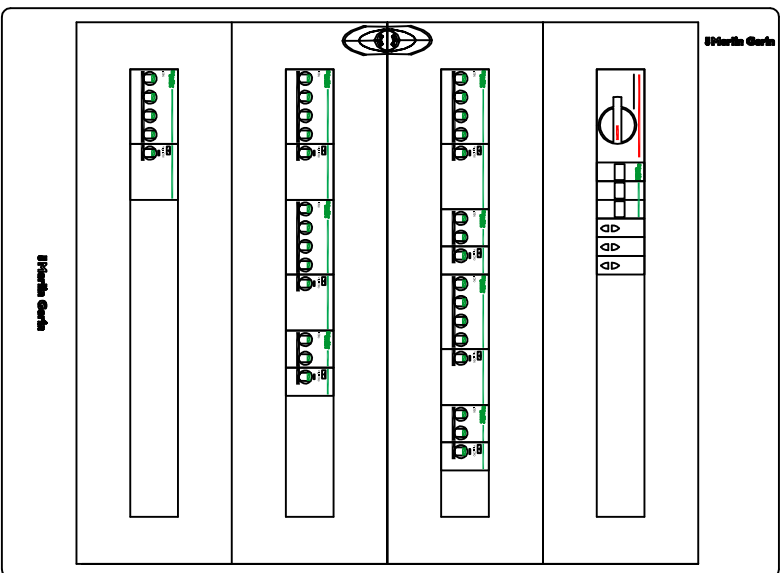
CLIENTE		ENEA	
PROGETTO		C02-F20	
ARCHIVIO	FILE F20 impianto C02_001	QEC02	
DISEGNATORE	DATA 30/09/2018	REVISIONE	RO.0
	PAGINA 2	SEGUE	3
IMPIANTO		Edificio T20	
TAVOLA			



NUMERAZIONE MORSETTI	DISTRIBUZIONE	9	L1.1.8	10	L1.1.9
DESCRIZIONE CIRCUITO		Riserva Monofase		Riserva Trifase	
TIPO APPARECCHIO		15		15	
INTERRUTTORE		lcu [kA] / lcn [A]	2P	4P	16
		N. POLI	16	16	16
		CURVA/SGANCIATORE	C	C	C
		Ir [A]	16	16	160
		Isd [A]	160	160	
		Ii [A]			
		Ig [A]			
		tg [s]			
DIFFERENZIALE			Vigi	AC	Vigi
		TIPO	0.03	0.03	0.03
		Idn [ms]	Istantaneo	Istantaneo	
CONIATTORE					
		TIPO			
TELERUTTORE					
		BOBINA [V]			
		TIPO			
		N. POLI			
		Ith [A]			
		In [A]			
FUSIBILE					
		N. POLI			
		In [A]			
ALTRE APP.					
		N. POLI			
		In [A]			
CONDUTTURA					
		TIPO			
		MODELLO			
		TIPO ISOLAMENTO			
		SEZIONE FASE-N-PE/PEN [mmq]	EPR	11	EPR
		1x4	1x4	1x4	1x4
		Ib [A]	0	45	0
		Iz [A]	0	40	40
		Un [V]	230	0	400
		Pn [kW]	0	0	0
		Icc min [kA]	0.5	0.7	0.5
		Icc max [kA]	0.5	0.7	1.6
		LUNGHEZZA [m]	20	0.6	0.6
		dV TOTALE [%]			
NOTE					
			FG16OR16-0,6/1 kV	FG16OR16-0,6/1 kV	
			Cco-s3,d1,a3	Cco-s3,d1,a3	

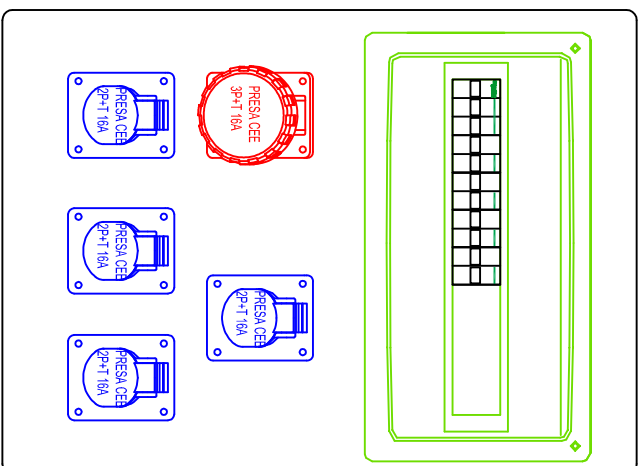
CLIENTE		ENEA	
IMPIANTO		Impianto Elettrico C02	
Edificio F20			
PROGETTO	C02-F20	FILE F20	impianto C02_Q01_QEC02
ARCHIVIO	-	DATA	30/09/2018
REVISIONE		REVISIONE	R0.0
DISEGNATORE	-	PAGINA	4
		SEGUE	5
		TAVOLA	

TOPOGRAFICO
APPARECCHIATURA



CLIENTE		ENEA		PROGETTO		CO2-F20		FILE		OEC02.DWG	
IMPIANTO		IMPIANTO C02 EDIFICIO F20		ARCHIVIO		-		DATA		30/09/2018	
QUADRO C02 IP65				DISEGNATORE		-		PAGINA		R0.0	
								TAVOLA		SECUE	

**TOPOGRAFICO
APPARECCHIATURA**



CLIENTE		PROGETTO		FILE		QPRESE	
ENEA		CO2-F20		-		R0.0	
IMPIANTO C02 EDIFICIO F20		ARCHIVIO		-		DATA 30/09/2018	
IMPIANTO		DISEGNATORE		-		PAGINA	
QUADRO PRESE				TAVOLA		REVISIONE	
						SEGUE	

COMPUTO METRICO

OGGETTO: IMPIANTO ELETTRICO E QUADRO ELETTRICO EDIFICIO F-20
IMPIANTO "CO2ATTO"

COMMITTENTE: ENEA

Data, 30/09/2018

IL TECNICO

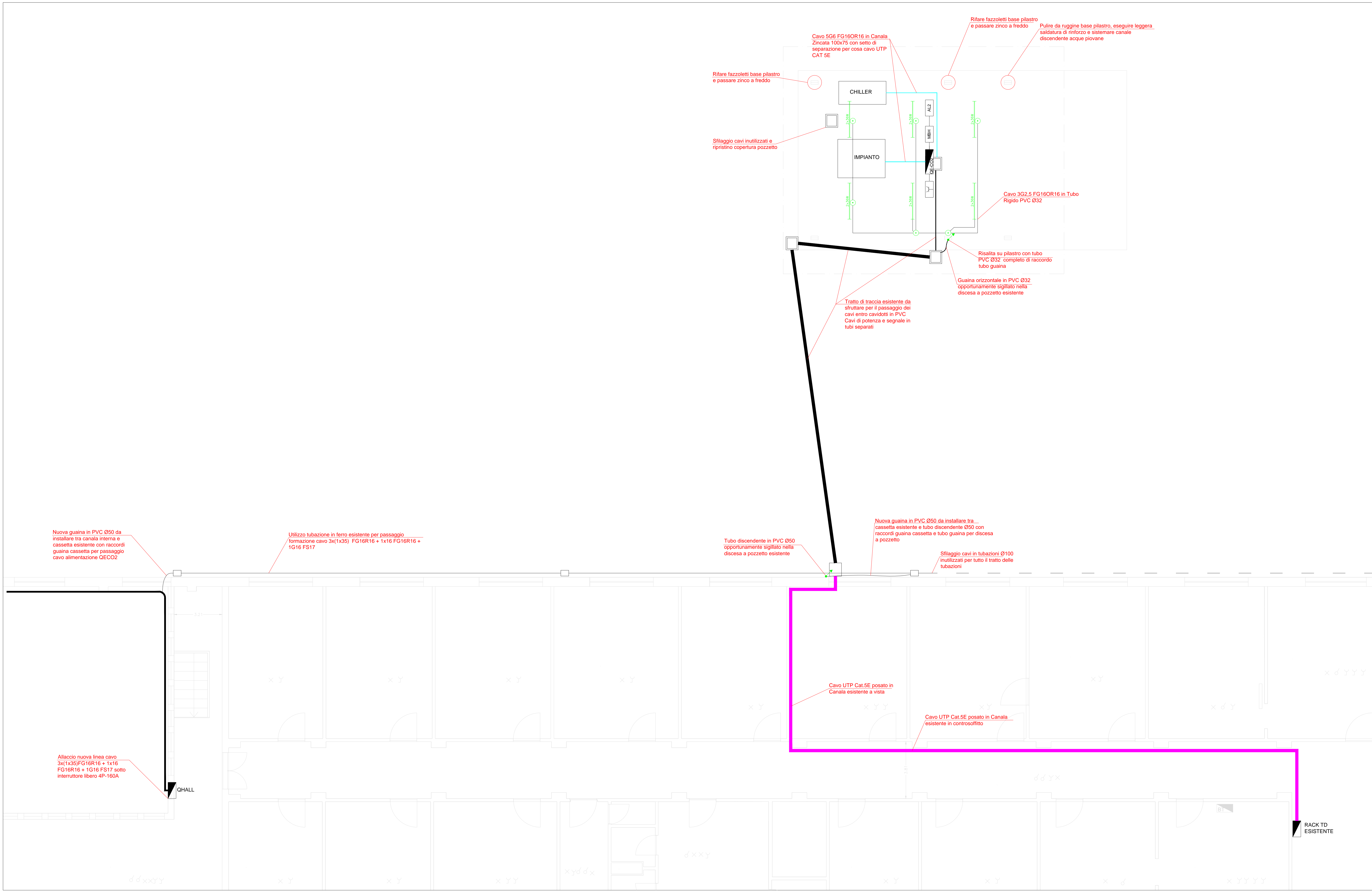
Num.Ord. TARIFFA	DESIGNAZIONE DEI LAVORI	DIMENSIONI				Quantità	IMPORTI	
		par.ug.	lung.	larg.	H/peso		unitario	TOTALE
	RIPORTO							
	<u>LAVORI A MISURA</u>							
1 D07.07.007	Centralino in materiale termoplastico con sportello incernierato, IP 55, predisposto al montaggio di apparecchiature modulari a mezzo guida DIN, completo di eventuale morsettiera, accessori, cablaggio ecc.; in esecuzione da incasso o da esterno, fino a 8 moduli: da 55 a 72 moduli Quadro elettrico IP55 Tettoia CO2					1,00		
	SOMMANO cad					1,00	167,13	167,13
2 D01.03.002.b	Nodo equipotenziale costituito da barretta in rame forata o da sistema analogo, contenuta in apposita scatola di derivazione, connessa alla rete generale di terra con cavo di sezio ... cavi, i collegamenti alla rete generale di terra. Posto in opera a regola d'arte: per ogni nodo incluse le opere murarie Nodo equipotenziale quadro					1,00		
	SOMMANO cad					1,00	78,09	78,09
3 D01.03.001.a	Punto di allaccio per collegamento equipotenziale realizzato con corda in rame di sezione minima pari a 6 mm ² da porre in opera all'interno di tubazione in vista o sottotraccia, pe ... che, ecc., al nodc o fra le masse stesse. Posto in opera a regola d'arte. per ogni collegamento escluse le opere murarie Allacci equipotenziali generici					7,00		
	SOMMANO cad					7,00	11,16	78,12
4 D03.15.008	Interruttore di manovra sezionatore anche rotativo, per tensione fino a 690 V, modulare per attacco su profilato DIN EN 50022 con morsetti protetti per cavi fino a 25 mm ² fino a 45A e 50 mm ² fino a 125A; completi di ogni accessorio, in opera: quadripolare fino a 125A Generale quadro					1,00		
	SOMMANO cad					1,00	183,52	183,52
5 D03.14.003	Portafusibili estraibile modulare con dispositivo per attacco rapido su profilato DIN EN 50022, completo dei fusibili stessi, e di ogni altro accessorio in opera: tripolare fino a 32 A Portafusibili spie					1,00		
	SOMMANO cad					1,00	44,04	44,04
6 D07.14	Lampada spia da quadro con gemma colorata completa di portalampana ed ogni altro accessorio per renderla funzionante, compreso il cablaggio, anche del tipo modulare da quadro per attacco su guida DIN Spie presenza rete					3,00		
	SOMMANO cad					3,00	13,79	41,37
7 D03.01.003.f	Interruttore automatico magnetotermico accessoriabile per uso civile o similare, involucro a struttura modulare, morsetti a gabbia totalmente protetti, con doppio sistema di serrag ... ento B, C, D, completo di ogni accessorio in opera: Potere di interruzione 15-25 kA 230 - 400 V quadripolare fino a 32 A Alimentazione MBH trifase Alimentazione Chiller trifase Alimentazione Impianto trifase Alimentazione Gruppo prese CEE trifase Riserva trifase					1,00		
						1,00		
						1,00		
						1,00		
						1,00		
						1,00		
	A RIPORTARE					5,00		592,27

Num.Ord. TARIFFA	DESIGNAZIONE DEI LAVORI	DIMENSIONI				Quantità	IMPORTI	
		par.ug.	lung.	larg.	H/peso		unitario	TOTALE
	RIPORTO					5,00		592,27
	SOMMANO cad					5,00	152,90	764,50
8 D03.01.003.a	Interruttore automatico magnetotermico accessoriabile per uso civile o similare, involucro a struttura modulare, morsetti a gabbia totalmente protetti, con doppio sistema di serrag ... intervento B, C, D, completo di ogni accessorio in opera: Potere di interruzione 15-25 kA 230 - 400 V bipolare fino a 32 A Illuminazione tettoia monofase Alimentatore 2 monofase Riserva monofase					1,00 1,00 1,00		
	SOMMANO cad					3,00	89,70	269,10
9 D03.07.001.a	Modulo differenziale per corrente alternata e continua, associabile agli interruttori automatici magnetotermici atti a realizzare la funzione di protezione differenziale magnetoter ... o per attacco rapido, compreso ogni accessorio in opera: Tipo di intervento AC - Sensibilità 0,03 A bipolare fino a 25 A Moduli differenziali luci tettoia e riserva monofase					2,00		
	SOMMANO cad					2,00	160,59	321,18
10 D03.07.001.h	Modulo differenziale per corrente alternata e continua, associabile agli interruttori automatici magnetotermici atti a realizzare la funzione di protezione differenziale magnetoter ... r attacco rapido, compreso ogni accessorio in opera: Tipo di intervento AC - Sensibilità 0,03 A quadripolare fino a 25 A Modulo differenziale prese CEE e riserva trifasi					2,00		
	SOMMANO cad					2,00	230,94	461,88
11 D03.07.002.h	Modulo differenziale per corrente alternata e continua, associabile agli interruttori automatici magnetotermici atti a realizzare la funzione di protezione differenziale magnetoter ... cco rapido, compreso ogni accessorio in opera: Tipo di intervento AC - Sensibilità fino a 0,5 A quadripolare fino a 25 A Modulo differenziale alimentatori MBH, chiller e alimentazione impianto trifasi					3,00		
	SOMMANO cad					3,00	170,49	511,47
12 D03.07.002.a	Modulo differenziale per corrente alternata e continua, associabile agli interruttori automatici magnetotermici atti a realizzare la funzione di protezione differenziale magnetoter ... attacco rapido, compreso ogni accessorio in opera: Tipo di intervento AC - Sensibilità fino a 0,5 A bipolare fino a 25 A Modulo differenziale Alimentatore 2 monofase					1,00		
	SOMMANO cad					1,00	130,35	130,35
13 D07.02.001.a	Quadro elettrico da esterno in robusta struttura metallica, con lamiera dello spessore minimo 15/10, elettrosaldata e pressopiegata, verniciato a fuoco, monoblocco o modulare, IP 3 ... lare ampliabile, al m ² di superficie frontale: Cablaggio per interruttori modulari, con morsettiera, al polo: fino a 32A Cablaggio al polo interruttori 4P Cablaggio differenziali interruttori 4P Cablaggio al polo interruttori 2P Cablaggio differenziali interruttori 2P Cablaggio spia trifase Cablaggio portafusibile Cablaggio al polo interruttore 4P QEHALL	4,00 4,00 2,00 2,00 3,00 3,00 4,00	2,00 2,00 2,00 2,00	5,000 5,000 3,000 3,000 1,000 1,000 1,000		40,00 20,00 12,00 6,00 6,00 6,00 8,00		
	SOMMANO cad					98,00	3,62	354,76
	A RIPORTARE							3'405,51

Num.Ord. TARIFFA	DESIGNAZIONE DEI LAVORI	DIMENSIONI				Quantità	IMPORTI	
		par.ug.	lung.	larg.	H/peso		unitario	TOTALE
	RIPORTO							3'405,51
14 D07.02.001.b	Quadro elettrico da esterno in robusta struttura metallica, con lamiera dello spessore minimo 15/10, elettrosaldata e pressopiegata, verniciato a fuoco, monoblocco o modulare, IP 3 ... re ampliabile, al m² di superficie frontale: Cablaggio per interruttori modulari, con morsetteria, al polo: da 32 a 100A Cablaggio sezionatore generale quadro CO2	4,00	2,00	1,000		8,00		
	SOMMANO cad					8,00	5,42	43,36
15 D02.05.001.a	Cavi per trasmissione dati twistati, non schermati cavo per trasmissione dati UTP - categoria 5E 24 AWG, conforme ISO-IEC 11801: 4 cp Cavo rete al rack interno		75,00			75,00		
	SOMMANO m					75,00	2,62	196,50
16 025017h	Cavo flessibile conforme ai requisiti della Normativa Europea Regolamento UE 305/2011 - Prodotti da Costruzione CPR e alla CEI UNEL 35318, isolato con gomma etilenpropilenica ad al ... one nominale 0,6/1 kV, non propagante l'incendio conforme CEI EN 60332-1-2: unipolare FG16R16 - 0,6/1 kV: sezione 35 mmq Cavo collegamento QEHALL a QECO2 (3 fasi)	3,00	80,00			240,00		
	SOMMANO m					240,00	8,05	1'932,00
17 025017f	Cavo flessibile conforme ai requisiti della Normativa Europea Regolamento UE 305/2011 - Prodotti da Costruzione CPR e alla CEI UNEL 35318, isolato con gomma etilenpropilenica ad al ... one nominale 0,6/1 kV, non propagante l'incendio conforme CEI EN 60332-1-2: unipolare FG16R16 - 0,6/1 kV: sezione 16 mmq Cavo collegamento QEHALL a QECO2 (neutro)		80,00			80,00		
	SOMMANO m					80,00	4,87	389,60
18 025001g	Cavo flessibile unipolare FS17-450/750 V, conforme ai requisiti della Normativa Europea Regolamento UE 305/2011 - Prodotti da Costruzione CPR e alla CEI UNEL 35716, tensione nominale non superiore a 450-750 V, isolato in pvc, non propagante l'incendio conforme CEI EN 60332-1-2: sezione 16 mmq Cavo collegamento QEHALL a QECO2 (terra)		80,00			80,00		
	SOMMANO m					80,00	4,34	347,20
19 D01.01.004.a	Punto luce e punto di comando realizzati in vista esclusa la linea dorsale comprensivi di scatole di derivazione in pvc autoestinguente, tubazione rigida diametro minimo 20 mm o ca ... ltro occorra per dare l'opera finita a regola d'arte. punto luce comandato direttamente dal quadro o derivato (semplice) Punti luce tettoia					6,00		
	SOMMANO cad					6,00	17,35	104,10
20 D01.01.005.a	Incremento al punto luce in vista per esecuzione IP44/IP55 realizzato con conduttori tipo NO7V-K in tubazione in pvc rigida diametro minimo 20 mm o flessibile autoestinguente filettabile o raccordabile, scatole in ferro. Il tutto posto in opera a regola d'arte: in PVC per punto luce semplice o doppio Incrementi IP55 punti luce tettoia					6,00		
	SOMMANO cad					6,00	4,96	29,76
	A RIPORTARE							6'448,03

Num.Ord. TARIFFA	DESIGNAZIONE DEI LAVORI	DIMENSIONI				Quantità	IMPORTI	
		par.ug.	lung.	larg.	H/peso		unitario	TOTALE
	RIPORTO							6'448,03
21 D05.33.003.a	Scatola di derivazione stagna, in materiale isolante, ad elevata resistenza agli urti ed agli agenti chimici atmosferici con impronte sfondabili per il passaggio di tubazioni o cav ... di, manicotti, tasselli, morsetti di giunzione ed eventuali incassature, in opera: rettangolare fino a mm 150 x 110 x 70 Scatole derivazione dorsali luci e prese					7,00		
	SOMMANO cad					7,00	7,59	53,13
22 D05.36.004	Tubo termoplastico flessibile, serie pesante a norme CEI, con marchio Italiano di Qualità (colore nero) autoestinguente, in opera: diametro esterno mm 32 Tubo dorsali prese e luci locale tettoia		30,00			30,00		
	SOMMANO m					30,00	2,69	80,70
23 025021d	Cavo flessibile conforme ai requisiti della Normativa Europea Regolamento UE 305/2011 - Prodotti da Costruzione CPR e alla CEI UNEL 35318, isolato con gomma etilenpropilenica ad al ... e nominale 0,6/1 kV, non propagante l'incendio conforme CEI EN 60332-1-2: pentapolare FG16OR16 - 0,6/1 kV: sezione 6 mmq Dorsale quadro gruppo prese CEE Dorsale quadro Chiller Dorsale quadro alimentatore MBH Dorsale quadro alimentatore impianto					10,00 14,00 12,00 12,00		
	SOMMANO m					48,00	8,90	427,20
24 025019d	Cavo flessibile conforme ai requisiti della Normativa Europea Regolamento UE 305/2011 - Prodotti da Costruzione CPR e alla CEI UNEL 35318, isolato con gomma etilenpropilenica ad al ... one nominale 0,6/1 kV, non propagante l'incendio conforme CEI EN 60332-1-2: tripolare FG16OR16 - 0,6/1 kV: sezione 6 mmq Dorsale alimentazione 220V cc		8,00			8,00		
	SOMMANO m					8,00	5,86	46,88
25 025019b	Cavo flessibile conforme ai requisiti della Normativa Europea Regolamento UE 305/2011 - Prodotti da Costruzione CPR e alla CEI UNEL 35318, isolato con gomma etilenpropilenica ad al ... e nominale 0,6/1 kV, non propagante l'incendio conforme CEI EN 60332-1-2: tripolare FG16OR16 - 0,6/1 kV: sezione 2,5 mmq Dorsale luci tettoia		30,00			30,00		
	SOMMANO m					30,00	3,75	112,50
26 D06.03.001.d	Plafoniera stagna in policarbonato autoestinguente, grado di protezione IP 65, classe di isolamento I, con diffusore in policarbonato trasparente prismaticizzato, completa di lampada fluorescente 4000 K, cablaggio, rifasamento e di ogni altre accessorio, in opera: per 2 lampade da 36 W Plafoniere stagne tettoia					6,00		
	SOMMANO cad					6,00	78,50	471,00
27 D04.09.006.a	Presa con interruttore di blocco per uso industriale conforme norme CEI, completa di accessori quali morsetti, pressacavo ecc. per esterno con base portafusibili, in custodia isolante grado di protezione IP55, da 220 V a 500 V, in opera: 2 P + T fino a 16 A Prese CEE 2P+T in contenitore unico (vedere schema allegato)					4,00		
	SOMMANO cad					4,00	65,72	262,88
	A RIPORTARE							7'902,32

Num.Ord. TARIFFA	DESIGNAZIONE DEI LAVORI	DIMENSIONI				Quantità	IMPORTI	
		par.ug.	lung.	larg.	H/peso		unitario	TOTALE
	R I P O R T O							7'902,32
28 D04.09.006.d	Presa con interruttore di blocco per uso industriale conforme norme CEI, completa di accessori quali morsetti, pressacavo ecc. per esterno con base portafusibili, in custodia isolante grado di protezione IP55, da 220 V a 500 V, in opera: 3 P + T fino a 16 A Prese CEE 3P+T in contenitore unico (vedere schema allegato)					1,00		
	SOMMANO cad					1,00	87,81	87,81
29 D05.35.005	Guaina spiralata (Diflex) grigia in materiale termoplastico autoestinguente, schiacciamento +320 N, resistenza alle temperature fino a 70 °C, compresi gli accessori per il fissaggio, in opera: diametro mm 50 Guaina stacco da canale interno fabbricato a cassetta Guaina da cassetta esterna a tubo discendente a pozzetto Guaina risalita a cassetta QE CO2 tettoia		2,00			2,00		
			7,00			7,00		
			4,00			4,00		
	SOMMANO m					13,00	12,38	160,94
30 D05.35.003	Guaina spiralata (Diflex) grigia in materiale termoplastico autoestinguente, schiacciamento +320 N, resistenza alle temperature fino a 70 °C, compresi gli accessori per il fissaggio, in opera: diametro mm 32 Guaina dorsali luci e prese tettoia stacchi a cassette		10,00			10,00		
	SOMMANO m					10,00	10,64	106,40
31 D05.37.006	Tubo termoplastico rigido, serie pesante a norme CEI con marchio IMQ (colore grigio) autoestinguente, fissato con supporti o fissatubo distanti al massimo cm 50, compresi i tasselli ed ogni altro accessorio quali curve, manicotti, ecc, in opera: diametro esterno mm 50 Tubo discesa a parete fino a pozzetto esistente		4,00			4,00		
	SOMMANO m					4,00	7,80	31,20
32 D05.20.001	Canala portacavi in lamiera di acciaio zincato (zincatura send-zmir) completa di: coperchi, mensole, sostegni, piastre di giunzione, piastre superiori ed inferiori, elementi per sospensione a soffitto ed ogni altro accessorio, in opera: mm 100 x 75 Canala a pavimento dorsali utilizzatori		16,00			16,00		
	SOMMANO m					16,00	55,00	880,00
33 D05.33.003.c	Scatola di derivazione stagna, in materiale isolante, ad elevata resistenza agli urti ed agli agenti chimici atmosferici con impronte sfondabili per il passaggio di tubazioni o cav ... i, manicotti, tasselli, morsetti di giunzione ed eventuali incassature, in opera: rettangolare fino a mm 300 x 220 x 120 Scatola arrivo sotto quadro					1,00		
	SOMMANO cad					1,00	27,94	27,94
34 D12.01.003.d	Ferro lavorato per mensole, staffe, supporti ecc., comprese le eventuali opere murarie o meccaniche, in opera: zincato a caldo per opere oltre a 3 kg Staffaggi supporto quadro a tettoia Fazzoletti ripristino basi pilastri tettoia					20,00		
						20,00		
	SOMMANO kg					40,00	9,81	392,40
35 S01.07.001.a	Costo orario di manodopera necessario per la gestione puntuale e la corretta attuazione delle prescrizioni contenute a tal fine nel PSC da parte dei soggetti individuati dal coordinatore pe la progettazione. operaio comune							
	A R I P O R T A R E							9'589,01



Cavo 5G6 FG16OR16 in Canala Zincata 100x75 con setto di separazione per cosa cavo UTP CAT 5E

Rifare fazzoletti base pilastro e passare zinco a freddo

Pulire da ruggine base pilastro, eseguire leggera saldatura di rinforzo e sistemare canale discendente acque piovane

Rifare fazzoletti base pilastro e passare zinco a freddo

Sfilaggio cavi inutilizzati e ripristino copertura pozzetto

CHILLER

IMPIANTO

ALZ

MBR

Cavo 3G2.5 FG16OR16 in Tubo Rigido PVC Ø32

Risalita su pilastro con tubo PVC Ø32 completo di raccordo tubo guaina

Guaina orizzontale in PVC Ø32 opportunamente sigillata nella discesa a pozzetto esistente

Tratto di traccia esistente da sfruttare per il passaggio dei cavi entro cavidotti in PVC. Cavi di potenza e segnale in tubi separati

Nuova guaina in PVC Ø50 da installare tra cassetta esistente e tubo discendente Ø50 con raccordi guaina cassetta e tubo guaina per discesa a pozzetto

Sfilaggio cavi in tubazioni Ø100 inutilizzati per tutto il tratto delle tubazioni

Tubo discendente in PVC Ø50 opportunamente sigillato nella discesa a pozzetto esistente

Utilizzo tubazione in ferro esistente per passaggio formazione cavo 3x(1x35) FG16R16 + 1x16 FG16R16 + 1G16 FS17

Nuova guaina in PVC Ø50 da installare tra canala interna e cassetta esistente con raccordi guaina cassetta per passaggio cavo alimentazione QECCO2

Alacciatura nuova linea cavo 3x(1x35)FG16R16 + 1x16 FG16R16 + 1G16 FS17 sotto interruttore libero 4P-160A

RACK TD ESISTENTE

ENEA
 Agenzia nazionale per le nuove tecnologie, l'energia e lo sviluppo economico sostenibile
 CENTRO RICERCHE CASACCIA VIA ANGUILLARESE, 301 ROMA

ENEA
 IMPIANTO ELETTRICO + QUADRO ELETTRICO
 EDIFICIO F-20
 IMPIANTO "CO₂ATTO"
 VIA ANGUILLARESE, 301
 ROMA

PROGETTAZIONE IMPIANTO ELETTRICO A SERVIZIO DELL'INFRASTRUTTURA "CO₂ATTO" DELL'EDIFICIO F20

Cod. Commessa				Elaborazione			

Rev	Data Rilievo	Data Emisione	Data Revisione	Scala	Nome file		
00	23/09/2018	30/09/2018	30/09/2018	1:50	PLANIMETRIA IMPIANTO ELETTRICO A SERVIZIO "CO ₂ ATTO"		