

000001

INFN - Laboratori Nazionali di Legnaro

## ALLEGATO A – DISCIPLINARE TECNICO

### FORNITURA DI APPARECCHIATURE DA VUOTO PER L'ACCELERATORE RFQ DEL PROGETTO IFMIF/EVEDA

Versione 1.14

Carlo Roncolato  
02/05/2012



## 1. INTRODUZIONE

### 1.1. GENERALE

Il progetto IFMIF (International Fusion Material Irradiation Facility) fa parte del programma di ricerca internazionale "Broader Approach" (una collaborazione tra le agenzie Fusion for Energy F4E per l'Europa, e della Japanese Atomic Energy Agency JAEA per il Giappone) concepito per lo studio dei materiali esposti a grandi flussi neutronici per le applicazioni ai reattori a fusione [1]. La fase EVEDA (The Engineering Validation and Design Activity) del progetto prevede l'installazione e il commissioning di un acceleratore prototipo presso la località di Rokkasho (Aomori, Giappone). Questo acceleratore è una copia del progetto originale, ad eccezione del fatto che l'energia finale è ridotta, essendo installato un solo criostato del LINAC superconduttivo, mentre il target è semplicemente un beam dump.

Un elevato grado del vuoto è uno degli obiettivi fondamentali per l'ottimizzazione del trasporto lungo la cavità accelerante. Infatti, gli urti tra le particelle che costituiscono il fascio con le molecole di gas residuo producono uno sparpagliamento della traiettoria, diminuendo così la corrente massima in uscita dall'acceleratore. **Il livello operativo di vuoto che deve essere raggiunto è stimato essere al di sotto di  $5 \times 10^{-7}$  mbar.** Il carico di gas da rimuovere è principalmente deuterio ( $3 \times 10^{-3}$  mbar-lt/s) dato che questa è la specie atomica accelerata e parzialmente persa nella struttura accelerante. Ciononostante le pompe devono rimuovere anche altre specie gassose (acqua, krypton, aria, ...) che provengono da altre sorgenti (atmosfera residua, degassaggio delle superfici, ...).

Oltre a questa specifica date le elevate tensioni elettriche che si instaurano all'interno dei moduli acceleranti, è richiesta una produzione del vuoto in assenza parti lubrificate ad olio o comunque inquinanti per la presenza di idrocarburi in modo da evitare ogni contaminazione delle superfici interne del modulo accelerante. Anche la produzione di particolato da parte delle pompe deve essere minimizzata.

Le pompe di tipo criogenico sono scelte sia per la loro elevata velocità di pompaggio per gas leggeri, sia per l'assenza di oli che possono contaminare l'acceleratore. Un'importante caratteristica di questo tipo di pompe è di essere ad accumulo, ossia i gas vengono tutti assorbiti attraverso il fenomeno del crio-adsorbimento su particolari carboni assorbenti raffreddati a temperature comprese tra i 10-20 K che devono essere rigenerati periodicamente. La potenza criogenica viene fornita dall'espansione del gas elio con un particolare meccanismo interno alla pompa, mentre la pressione sulla linea di distribuzione viene fornita da degli appositi compressori.

Il parametro principale per le pompe criogeniche è quello di effettuare un'elevata velocità di pompaggio per il deuterio (si assume il comportamento di questo gas ai fini del pompaggio per crio-adsorbimento identico a quello dell'idrogeno). Questo parametro è molto importante perché può far variare molto sensibilmente la dinamica del fascio. Infatti, una perdita anomala di un fascio intenso genera un elevato degassaggio dalle pareti della struttura accelerante, che a sua volta contribuisce a creare ulteriori perdite di fascio, fino ad una perdita completa. Una pompa criogenica dotata di elevata velocità di pompaggio riesce a

ripristinare velocemente le condizioni del vuoto per il buon funzionamento, incrementando quindi la **regolarità del funzionamento** dell'acceleratore.

La capacità di accumulo del gas deve essere anch'essa elevata. Infatti, essendo previsto un funzionamento continuo per l'acceleratore, i cicli di rigenerazione delle pompe devono essere minimizzati per aumentare la **disponibilità al funzionamento**, altrimenti ridotta da frequenti rigenerazioni delle pompe criogeniche.

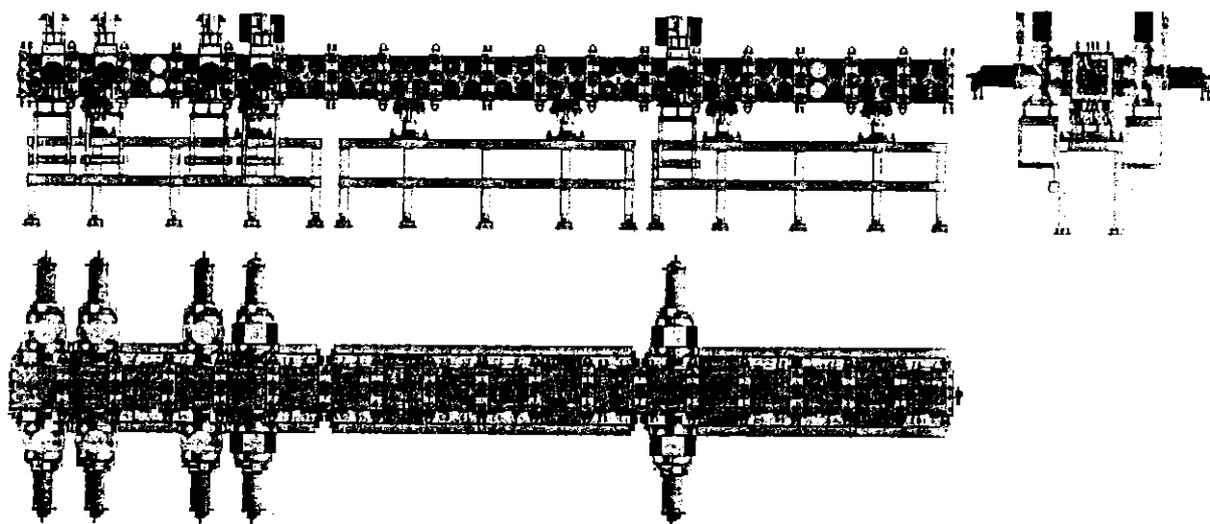


FIG. 1 – SCHEMA SEMPLIFICATO DELLE VISTE LATERALE/FRONTALE/SUPERIORE DELL'RFQ E DELLE STAZIONI DI POMPAGGIO.

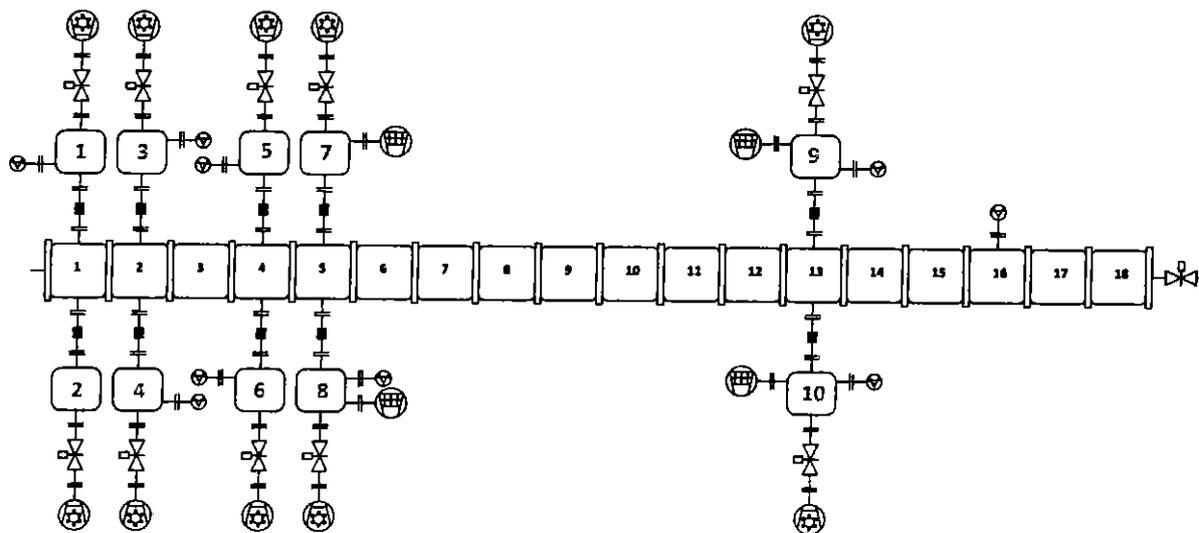


FIG. 2 – SCHEMA SEMPLIFICATO DELLE LINEE DI POMPAGGIO E DEI DISPOSITIVI DA VUOTO.

CR

Il pre-vuoto della cavità accelerante ( $10^{-4}$ - $10^{-3}$  mbar) è generato da tre stazioni di pompaggio mobili. Anche per queste pompe valgono le stesse prescrizioni per evitare l'inquinamento per l'acceleratore. Queste stazioni mobili pertanto sono equipaggiate con una pompa primaria a secco seguita da una pompa di tipo turbo-molecolare (o in alternativa di tipo drag), equipaggiata con cuscinetti ceramici o con accorgimenti tali da impedire l'inquinamento da idrocarburi.

Una volta raggiunto il giusto grado di vuoto le pompe criogeniche vengono attivate, mentre i sistemi da pre-vuoto vengono scollegati e rimossi dalla sala acceleratore (operazione detta di *crossover*).

La cavità accelerante è di tipo RFQ a 4 vani (Radio Frequency Quadrupole) ed è composta da 18 moduli fabbricati in rame OFHC (Oxygen Free High Conductivity) flangiata lateralmente con 28 porte da vuoto di tipo DN 100 CF. La lunghezza totale della struttura è di 10 mt. Il sistema da vuoto è composto da 10 stazioni di pompaggio posizionate lateralmente (Fig. 1 e Fig. 2). Ogni stazione di pompaggio è composta da un collettore in acciaio inox equipaggiato con una pompa criogenica e un sistema di valvole (Fig. 3). La portata della pompa è divisa in due per mezzo di soffiotti idroformati connessi alle flange laterali dell'RFQ per la rimozione dei gas in due vani attigui.

Le pompe criogeniche in fase di rigenerazione sono escluse dal volume dell'RFQ attraverso una valvola installata sul collettore. Ulteriori valvole ad angolo sono installate nel sistema per isolare il volume della pompa criogenica e del collettore dalle linee di pre-vuoto.

L'operazione di rigenerazione, viene prevista nei periodi di assenza di fascio e consiste nel riportare a temperatura ambiente la temperatura della pompa (potenza criogenica spenta) in modo che i gas intrappolati possano essere rimossi attraverso il pompaggio della linea di pre-vuoto, mantenendo comunque un elevato grado di vuoto all'interno della cavità accelerante.

I collettori sono interconnessi tra loro tramite delle linee flessibili da vuoto per la distribuzione del pompaggio primario necessario alla rigenerazione delle pompe criogeniche. In tutto le 10 stazioni di pompaggio sono divise in 3 gruppi a cui corrisponde una stazione di pompaggio mobile. I gruppi sono così ripartiti:

- 1° gruppo di pre-vuoto. Stazioni di pompaggio 1+2+3+4
- 2° gruppo di pre-vuoto. Stazioni di pompaggio 5+6+7+8
- 3° gruppo di pre-vuoto. Stazioni di pompaggio 9+10

La misura del grado di vuoto del sistema di pompaggio è uno dei parametri chiave per garantire il buon funzionamento dell'acceleratore. Inoltre questi dispositivi sono utilizzati anche per la generazione di segnali di allarme che negano il funzionamento di altri sottosistemi per la protezione dell'acceleratore. Pertanto la misura del grado di vuoto è necessariamente fatta in più punti della cavità accelerante sia per ragioni di sicurezza che per una determinazione del profilo di pressioni lungo la macchina, mentre la misura fatta sui volumi delle linee di pre-vuoto è singola.

Il grado di vuoto dell'acceleratore è misurato lungo la struttura in 9 posizioni diverse (Fig. 2), ossia in corrispondenza di una delle flange laterali del collettore, tranne sul modulo 16 dove è direttamente installato su una porta laterale dell'RFQ. Per l'esecuzione della

rigenerazione è installato un misuratore da vuoto su ogni pompa, mentre ulteriori 3 sensori misurano il grado di vuoto nei 3 gruppi di distribuzione del pompaggio primario (Fig. 3).

Ogni pompa criogenica è equipaggiata con un sensore di temperatura (intervallo di misurazione tra 10 K e 320 K) installato sull'elemento refrigerante (il stadio). La sua funzione è quella di controllare il ciclo di raffreddamento e il ciclo di riscaldamento, inoltre le prestazioni della pompa possono essere monitorate misurando questo sensore.

Per tutti i sensori e valvole installati direttamente sul volume della cavità accelerante o sulle linee di pre-vuoto è richiesta la capacità di funzionamento in ambienti esposti a radiazioni ionizzanti. In questo modo si intende evitare i lunghi tempi di ripristino a seguito di una sostituzione di un dispositivo danneggiato. **Nella zona di lavoro è prevista un tasso di dose assorbita massimo di 100 Gy/anno. Si richiede quindi una vita media dei dispositivi non inferiore a 10 anni.**

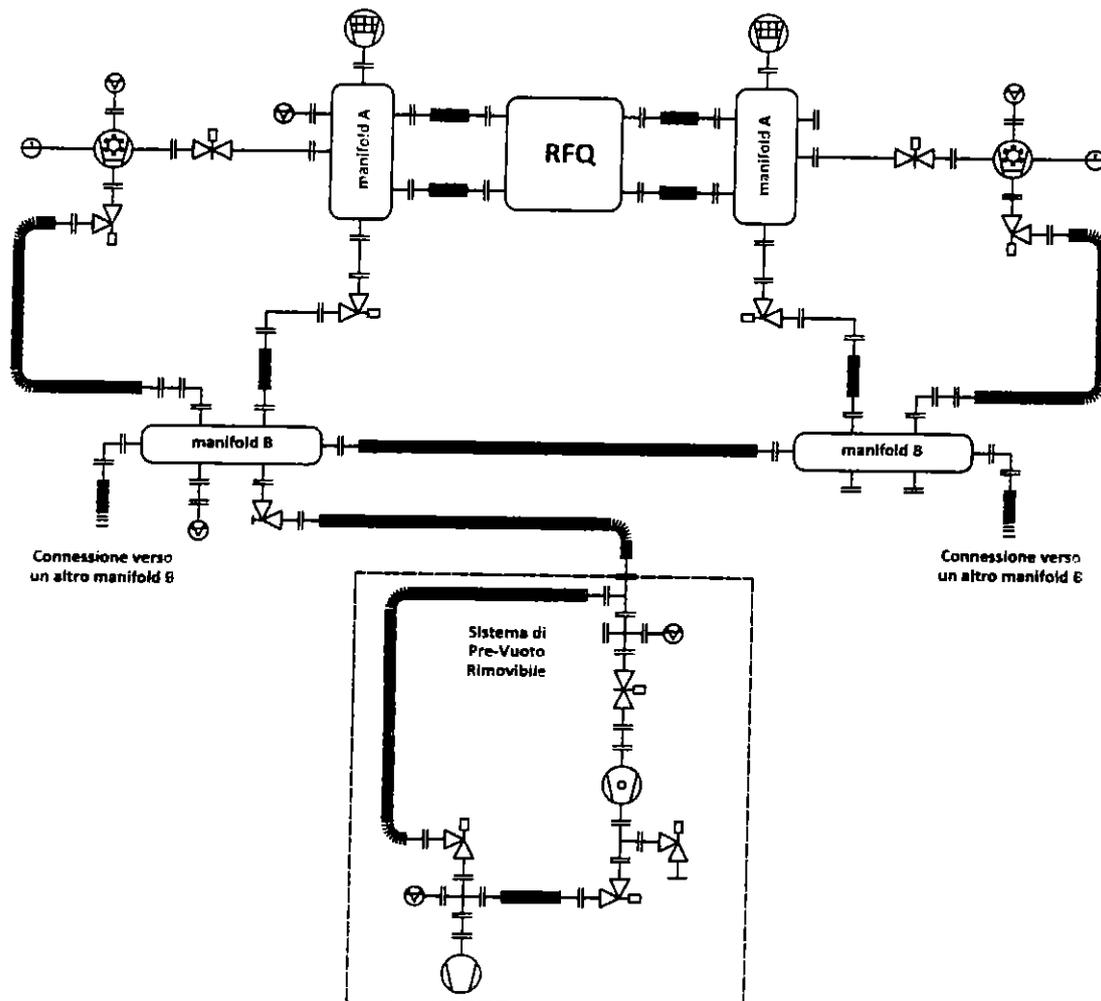


FIG. 3 – SCHEMA DELLE LINEE DI POMPAGGIO E DEI DISPOSITIVI PER UNA COPPIA DI STAZIONI DI POMPAGGIO COMPRESIVA DI STAZIONE DI POMPAGGIO MOBILE.

CR

## 2. CONDIZIONI GENERALI

### 2.1. OGGETTO DELLA FORNITURA

Il sistema di apparecchiature da vuoto da fabbricare nell'ambito della presente fornitura relativa al progetto IFMIF/EVEDA, sono i seguenti:

#### **Lotto A: Pompe Criogeniche e Compressori (cap. 3)**

1. N°10 pompe criogeniche equipaggiate con un sensore di temperatura
2. N°5 Compressori per elio
3. Linee flessibili per elio e raccorderie per la distribuzione (in numero e lunghezza definite in base al par. 3.4)
4. Cavi di connessione e eventuali dispositivi di moltiplicazione segnale (par. 3.8)

#### **Lotto B: Valvole da Vuoto (cap. 4)**

1. N°10 Valvole di sezionamento per le pompe criogeniche CF-200
2. N°1 Valvole di sezionamento per la linea di fascio CF-40
3. N°10 valvole elettropneumatiche flangiate CF-40
4. N°10 valvole elettropneumatiche flangiate KF-25
5. N°3 valvole di isolamento Manuali tipo KF-40

#### **Lotto C: Misuratori da Vuoto e Unità di Controllo (cap. 5)**

1. N°8 sensori per la misura del grado di Alto Vuoto flangiato DN 40 CF
2. N°3 sensori per la misura del grado di Basso Vuoto flangiato DN 40 CF
3. N°13 sensori per la misura del grado di Basso Vuoto flangiato DN 16 ISO-KF
4. Adeguato numero di unità di controllo per la misura in contemporanea di 8 sensori ad Alto Vuoto e 16 sensori a Basso Vuoto.
5. Cavi di connessione (par. 5.4)

#### **Lotto D: Camere da Vuoto e Raccorderia (cap. 6)**

1. Fabbricazione di n°5 Collettori Tipo A per lato destro (rif. Disegno Z00247140)
2. Fabbricazione di n°5 Collettori Tipo A per lato sinistro (rif. Disegno Z00247110)
3. Fabbricazione di n°10 Collettori Tipo B (rif. Disegno INFN-0001)
4. Fabbricazione di n°20 Soffietti Idroformati (rif. Disegno Z00247101)
5. Ispezione visiva e dimensionale di tutte le parti (punti da 1 a 4).
6. Test di tenuta da vuoto (punti da 1 a 4)
7. Raccorderia da vuoto (rif. Tabella 14)
8. Guarnizioni da vuoto (rif. Tabella 15)
9. Materiale per la chiusura delle flange da vuoto (rif. Tabella 16 )
10. Tabella 16 )
11. Imballaggio e spedizione presso LNL-INFN.

#### **Lotto E: Pompe Ioniche e Unità di Controllo (cap. 7)**

- N°4 pompe ioniche
- Adeguato numero di unità di controllo per l'alimentazione in contemporanea di 4 pompe ioniche (par. 7.2)
- Cavi di connessione (par. 7.3)



### **Lotto F: Sistemi di Pre-Pompaggio Mobili (cap. 8)**

- N°3 Sistemi di pompaggio mobili, comprendenti la progettazione, l'assemblaggio e la certificazione (in lunghezza definite in base al par. 3.4).

Nei lotti A, B, C, E, F tutte le apparecchiature devono essere corredate dalle seguenti certificazioni:

- Direttiva CEE/CEEA/CE n°95 del 12/12/2006) – direttiva bassa tensione
- Direttiva CEE/CEEA/CE n° 08 del 15/12/2004 – compatibilità elettromagnetica
- D. Lgs. Governo n°17 del 27/01/2010 – direttiva macchine

### **2.2. ELEMENTI DA INCLUDERE NELL'OFFERTA**

L'offerta deve includere:

- Documentazione tecnica completa per l'installazione, l'operazione e la manutenzione di tutte le apparecchiature (in lingua inglese).
- Disegni tecnici e modello 3D (file tipo STEP) degli ingombri di installazione per tutti i componenti.
- Costo per il trasporto, imballaggi, ed eventuali operazioni di sdoganamento per consegna della merce ai LNL. La fornitura deve essere resa DDP ai Laboratori Nazionali di Legnaro con iva a carico dell'INFN-LNL.

### **2.3. PROVE DI ACCETTAZIONE PRESSO I LNL**

Ogni materiale oggetto della fornitura non conforme alle specifiche riportate in questo documento o comunque non contrattualmente concordate, sarà rispedito alla Ditta fornitrice e sostituiti.

I pezzi difettosi potranno essere riaccettati se rispondenti alle specifiche richieste e se sarà fornita una relazione tecnica che riporti i motivi del malfunzionamento e il tipo di riparazione eseguita.

I LNL si riservano di eseguire il collaudo del materiale, in tutto o in parte, secondo le specifiche richieste. Un rappresentante della ditta potrà assistere ai collaudi, ove richiesto.

Ove necessario un rappresentante dei LNL deve avere la possibilità di assistere alla costruzione e/o al collaudo dei vari materiali in oggetto alla fornitura presso la Ditta fornitrice previo accordi con la Ditta stessa.

Dal momento del ricevimento della merce i collaudi di accettazione saranno eseguiti entro un tempo massimo di 4 settimane.

### **2.4. TEMPI DI CONSEGNA E PAGAMENTI**

La Ditta fornitrice dovrà prevedere le seguenti consegne:

- **Lotto A: Pompe Criogeniche e Compressori (cap. 3)**

*Entro 4 settimane d.r.o. o contratto:*

- N°2 pompe criogeniche equipaggiate con un sensore di temperatura
- N°1 Compressori per elio

- Linee flessibili per elio e raccorderie per la distribuzione per due pompe criogeniche.
- Cavi di connessione e eventuali dispositivi di moltiplicazione segnale (par. 3.8)

*Entro 12 settimane d.r.o. o contratto: completamento della fornitura.*

Pagamenti:

- 25% alla consegna di due pompe e un compressore
- 55% al completamento della fornitura
- 20% a seguito del collaudo

- **Lotto B: Valvole da Vuoto (cap. 4)**

*Entro 12 settimane d.r.o. o contratto: completamento della fornitura e pagamento in unico importo a seguito del collaudo.*

- **Lotto C: Misuratori da Vuoto e Unità di Controllo (cap. 5)**

*Entro 12 settimane d.r.o. o contratto: completamento della fornitura e pagamento in unico importo a seguito del collaudo.*

- **Lotto D: Camere da Vuoto e Raccorderia (cap. 6)**

*Entro 5 settimane d.r.o. o contratto:*

1. Fabbricazione di n°1 Collettori Tipo A per lato destro (rif. Disegno Z00247140)
2. Fabbricazione di n°1 Collettori Tipo A per lato sinistro (rif. Disegno Z00247110)
3. Fabbricazione di n°2 Collettori Tipo B (rif. Disegno INFN-0001)
4. Fabbricazione di n°4 Soffietti Idroformati (rif. Disegno Z00247101)
5. Test di tenuta da vuoto (punti da 1 a 4)
6. Raccorderia da vuoto (rif. Tabella 14)
7. Guarnizioni da vuoto (rif. Tabella 15)
8. Materiale per la chiusura delle flange da vuoto (rif. Tabella 16)
9. Tabella 16)

*Entro 12 settimane d.r.o. o contratto: completamento della fornitura.*

Pagamenti:

- 30% alla consegna parziale
- 50% al completamento della fornitura
- 20% a seguito del collaudo

- **Lotto E: Pompe Ioniche e Unità di Controllo (cap. 7)**

*Entro 12 settimane d.r.o. o contratto: completamento della fornitura e pagamento in unico importo a seguito del collaudo.*

- **Lotto F: Sistemi di Pre-Pompaggio Mobili (cap. 8)**

*Entro 5 settimane d.r.o. o contratto: la consegna di un carrello di pompaggio.*

*Entro 12 settimane d.r.o. o contratto: completamento della fornitura.*

Pagamenti:

- 40% alla consegna parziale
- 60% al completamento della fornitura e a seguito del collaudo

### 3. LOTTO A: POMPE CRIOGENICHE E COMPRESSORI

#### 3.1. DESCRIZIONE FORNITURA

Si richiede la fornitura per il seguente materiale:

- 10 pompe criogeniche equipaggiate con un sensore di temperatura
- 5 Compressori per elio
- Linee flessibili per elio e raccorderie per la distribuzione (in numero definito in base al par. 3.4)
- Cavi di connessione e eventuali dispositivi di moltiplicazione segnale (par. 3.8)

#### 3.2. SPECIFICHE PER LE POMPE CRIOGENICHE

Le pompe criogeniche devono essere in grado di poter funzionare in un ambiente radioattivo fino a una dose massima assorbita di 1000 Gy considerando il danno da radiazione ionizzante prodotto da neutroni e raggi gamma, ovvero senza particolari riduzioni (massimo 10%) delle loro velocità di pompaggio. La tabella seguente riporta le specifiche per le pompe criogeniche.

TABELLA 1 – SPECIFICHE PER LE POMPE CRIOGENICHE

Numero di pompe criogeniche		10
Connessioni con il vuoto		
Flangia per il pompaggio principale	DN CF	200 (8")
Flangia per il pompaggio preliminare	DN ISO-KF	25
Flangia per il sensore da vuoto	DN ISO-KF	16
Velocità di pompaggio gas valutata a $10^{-4}$ mbar		
Per idrogeno	lt/s	$\geq 2500$
Per acqua	lt/s	$\geq 4000$
Per aria	lt/s	$\geq 1500$
Per cripton	lt/s	$\geq 700$
Capacità di accumulo gas valutata a $10^{-6}$ mbar		
Per idrogeno	std lt	$\geq 15$
Per aria	std lt	$\geq 700$
Per cripton	std lt	$\geq 10$
Crossover	mbar-lt	$\geq 200$
Tempo per il ciclo di raffreddamento	min	$\leq 240$
Resistenza alle radiazioni	Gy	$\geq 1000$

### 3.3. SPECIFICHE PER I COMPRESSORI DI ELIO

La potenza criogeniche per le 10 Cryo-Pump è fornita da 5 compressori di elio. A causa dell'ambiente radioattivo nella sala dell'acceleratore i compressori sono installati esternamente ovverosia nella sala alimentatori, mentre l'elio compresso fluisce attraverso delle linee flessibili in acciaio (Fig. 4).

Ogni compressore deve essere in grado di alimentare da due a tre pompe criogeniche del tipo descritte nel paragrafo precedente. **Le velocità di pompaggio descritte nella Tabella 1 devono essere raggiunte tenendo in conto l'effettiva lunghezza delle line flessibili dell'installazione finale.**

La tabella seguente riporta le specifiche per i compressori dell'elio.

TABELLA 2 – SPECIFICHE DEI COMPRESSORI PER L'ELIO

Numero di compressori		5
Numero di pompe per compressore		≥2
Alimentazione Elettrica		
Tensione	V	400
Frequenza	Hz	50
Fasi		3
Consumi elettrici per compressore (massimi)		
In fase di raffreddamento	kW	8
Alla temperatura minima	kW	6÷6.5
Specifiche acqua di raffreddamento		
Temperatura in ingresso	°C	28÷32
Portata d'acqua (valutata a 28°C in ingresso)	lt/min	8
Caduta di pressione (valutata con 8 lt/min di portata)	bar	0.5
Resistività acqua (25°C)	MOhm-cm	1
Raccordi idraulici	pollici	3/4
Temperatura di lavoro	°C	5-40
Dimensioni (massime)		
Larghezza	mm	500
Altezza	mm	600
Profondità	mm	550

### 3.4. SCHEMA PER L'INSTALLAZIONE

Le linee dell'elio, i cavi di alimentazione e di segnale (che sono in oggetto alla fornitura assieme ad eventuali splitter di segnale) sono installati passando attraverso alcuni canali che connettono la sala acceleratore con la sala alimentatori, progettati in modo tale che la fuoriuscita di radiazioni sia minima. Lo schema di collegamento è mostrato in Fig. 4.

Le linee di elio e i cavi di alimentazioni sono divisi all'interno della sala acceleratori per minimizzare il numero di passaggi. Il passaggio speciale per il blocco delle radiazioni non è oggetto della fornitura, come non lo sono l'armadio per il controllo e il suo contenuto.

Le lunghezze geometriche per l'installazione delle linee flessibili e dei cavi di alimentazione sono riportati alle figure nel sito [www.infn.it/~roncolato/](http://www.infn.it/~roncolato/). Ulteriori tratti lineari di linea flessibile possono essere aggiunti dopo la giunzione a T per consentire una distribuzione equilibrata tra i due rami di alimentazione e ritorno. La ditta può ad ogni modo proporre uno schema alternativo che dovrà comunque garantire le caratteristiche funzionali equivalenti o migliori, rispettando comunque le quote dei disegni.

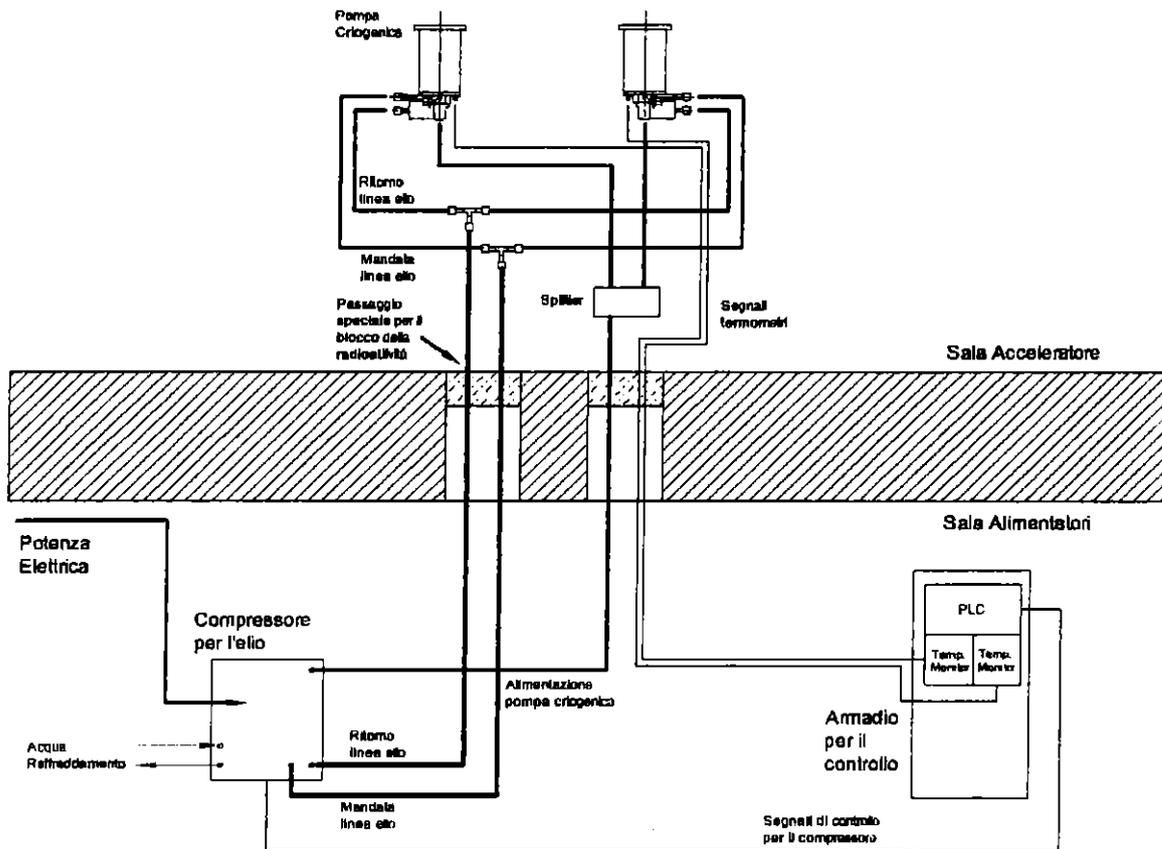


FIG. 4 – SCHEMA DI CONNESSIONI PER LE POMPE CRIOGENICHE

*CR*

### 3.5. SPECIFICHE PER IL CONTROLLO DELLE POMPE CRIOGENICHE

Il sistema da vuoto è supervisionato da un PLC (non in oggetto della fornitura) il quale controlla remotamente i compressori, le pompe e le valvole.

Le operazioni consentite dal sistema sono semplicemente la partenza/arresto delle pompe e dei compressori, l'apertura/chiusura delle valvole. Il PLC è programmato secondo una logica che impedisce o meno una determinata operazione a seconda delle condizioni di vuoto (ad esempio il crossover).

Ogni compressore deve poter essere operato in modo indipendente dal PLC, mentre le pompe criogeniche possono essere operate in maniera indipendente, oppure in coppie.

I requisiti minimi per le connessioni tra il compressore e il PLC sono riassunti in Tabella 3. I segnali descritti sono di tipo a contatto pulito ( $\leq 24$  V DC and  $\leq 200$ mA).

TABELLA 3 –SEGNALI DIGITALI AL COMPRESSORE

Segnale	Tipo
Acceso/Spento	Uscita
Guasto Interno	Uscita
Accensione/Spegnimento	Ingresso

### 3.6. TERMOMETRI

Ogni pompa criogenica è equipaggiata internamente con un termometro per la misura della temperatura del secondo stadio del refrigeratore (intervallo di misurazione tra 10 K e 320 K). Questi sensori **non devono degradare le loro proprietà elettriche (deviazione dalla calibrazione entro il 10%) fino a una dose energetica da radiazioni ionizzanti assorbita massima di 1000 Gy.**

Il tipo di sensore è del tipo diodo al silicio, tuttavia altre opzioni sono possibili dopo approvazione del Committente e una volta verificata la compatibilità con l'unità di controllo per la misura (non oggetto della fornitura)

Tutte le pompe devono essere già equipaggiate con i termometri già cablati internamente, compresi dei passanti da vuoto e connettore per il montaggio su cavo per i segnali dei termometri

La tabella seguente riassume le specifiche per i termometri.

TABELLA 4 –SPECIFICHE PER I TERMOMETRI

Numero di Sensori	10
Sensori per Pompa	1
Tipo Sensore	Diodo al Silicio
Coefficiente della temperatura	Negativo
Tensione in uscita	0 - 2.5 V
Corrente di eccitazione (DC)	10 $\mu$ A $\pm$ 0.01%



Temperatura di misura (min.)	10 - 320 K
Sensibilità (min.)	
a 4.2 K	-26mV/mK
a 77 K	-1.2mV/mK
a 300 K	-2.2mV/mK
Accuratezza (min.)	±300 mK

### 3.7. LINEE FLESSIBILI PER ELIO

Le linee flessibili al momento della consegna devono essere pressurizzate a 225/275 PSI con elio RP min 5.5/6.0.

### 3.8. CAVI DI CONNESSIONE E CONNETTORI

La fornitura deve comprendere i cavi di alimentazione già intestati per le connessioni tra 1 compressore e 2 pompe criogeniche con lunghezza complessiva pari a 30 m. Inoltre devono essere inclusi tutti gli eventuali dispositivi di moltiplicazione dei segnali di alimentazione tra compressori e pompe criogeniche.

Eventuali connettori per i segnali tra compressore e PLC devono essere inclusi nella fornitura.

## 4. LOTTO B: VALVOLE DA VUOTO

### 4.1. DESCRIZIONE FORNITURA

---

Nel sistema da vuoto **10 valvole di sezionamento** sono utilizzate per separare il volume della pompa criogenica dal resto dell'acceleratore. La caratteristica di questa valvole è quella di garantire un basso tasso di perdita senza pregiudicare la conduttanza del sistema, ossia senza diminuzioni significative sulla capacità di pompaggio delle pompe. Per questa ragione si è selezionata la valvola di **tipo gate**. Sono richieste inoltre caratteristiche di resistenza alla temperatura (200°C max) per consentire eventuali trattamenti di degassaggio sui collettori.

Nel sistema è presente anche **1 valvola di tipo gate** per il sezionamento della cavità accelerante dal resto della linea del fascio. Questo dispositivo, posizionato tra la fine dell'acceleratore RFQ e la linea a media energia (MEBT) è soggetto a eventuali bombardamenti da parte del fascio accelerato e dalla vicina presenza di campi a radiofrequenza che comportano in ambiente aggressivo. La sostituzione di questa valvola comporta tempi lunghi di ripristino per il funzionamento dell'acceleratore e pertanto è necessario selezionare una valvola **con tenute completamente metalliche** in modo da prolungare la sua durata al funzionamento.

Il sistema da vuoto prevede 2 valvole di isolamento per ogni stazione di pompaggio con lo scopo di realizzare l'automazione dei cicli di rigenerazione delle pompe e dell'evacuazione preliminare della cavità accelerante. La caratteristica di questa valvola è quella di garantire un esiguo tasso di perdita nel campo del medio e basso vuoto.

Il sistema di pre-vuoto è composto da 3 stazioni di pompaggio mobili connessi alla linea di distribuzione del basso vuoto del sistema generale (Fig. 3). L'isolamento di ogni sistema è fatto tramite **3 valvole manuali**.

Si richiede la fornitura di:

- n°10 Valvole di sezionamento per le pompe criogeniche CF-200
- n°1 Valvole di sezionamento per la linea di fascio CF-40
- n°10 valvole elettropneumatiche flangiate CF-40
- n°10 valvole elettropneumatiche flangiate KF-25
- n°3 valvole di isolamento Manuali tipo KF-40



#### 4.2. VALVOLE DI SEZIONAMENTO PER LE POMPE CRIOGENICHE

Le specifiche generali per queste valvole sono:

1. Indicatori di posizione di stato (Aperta/Chiusa) visivi ed elettrici
2. Contatti elettrici puliti (1 interruttore indipendente) per la segnalazione dello stato della valvola solidali con la meccanica della porta.
3. Movimentazione con tenuta a soffiato senza lubrificazione
4. Attuatore elettropneumatico con chiusura automatica in caso di mancanza di pressione dell'aria compressa o di tensione elettrica.
5. Ogni unità deve essere assemblata in tutte le sue parti e pronta all'uso

Le specifiche per le due tipologie di valvole sono riassunte in Tabella 5.

**TABELLA 5 – SPECIFICHE PER LE VALVOLE DI SEZIONAMENTO PER LE POMPE CRIOGENICHE**

Numero di Valvole		10
Flangia		
Diametro	mm	200
Tipo		CF-F
Filettatura		metrica
Tasso di perdita (massimo)		
Corpo	mbar l/s	$\leq 5 \times 10^{-10}$
Sede Valvola	mbar l/s	$\leq 1 \times 10^{-9}$
Intervallo di Pressione di Esercizio		
Minimo	mbar	$1 \times 10^{-10}$
Massimo	bar (ass)	1.6
Differenza di Pressione sulla porta (gate) in entrambe le direzioni	bar	$\leq 1.6$
Differenza di Pressione all'apertura	mbar	$\leq 30$
Cicli fino al primo intervento		$\geq 50000$
Pressione aria compressa in ingresso	bar	5.5÷7
Velocità di Movimentazione @ 6Bar		
Apertura	s	$\leq 6$
Chiusura	s	$\leq 3$
Intervallo di Temperatura di Esercizio		
Corpo Valvola	°C	20÷200
Attuatore Pneumatico	°C	20÷200
Indicatore di Posizione	°C	20÷80
Solenioide	°C	20÷50

Guarnizioni		
Copertura		Metallica
Piattello		VITON
Materiale		
Corpo Valvola		AISI 304
Meccanismo		AISI 316L
Soffietti		AISI 316L
Solenoidi		
Alimentazione	V DC	24
Potenza	W	≤ 6
Contatti Puliti Posizione		
Tensione	V DC	≤ 50
Corrente	A	≤ 1.2
Orientazione per il Montaggio		qualsiasi

VR

#### 4.3. VALVOLA DI SEZIONAMENTO PER LA LINEA DI FASCIO

Le specifiche generali per questa valvola sono:

1. Indicatori di posizione di stato (Aperta/Chiusa) visivi ed elettrici
2. Contatti elettrici puliti per la segnalazione dello stato della valvola solidali con la meccanica della porta (2 interruttori indipendenti: uno per lo stato "Aperto" e uno per lo stato "Chiuso").
3. Movimentazione con tenuta a soffietto senza lubrificazione
4. Attuatore elettropneumatico con chiusura automatica in caso di mancanza di pressione dell'aria compressa o di tensione elettrica.
5. L'unità deve essere assemblata in tutte le sue parti e pronta all'uso

Le specifiche per questa tipologia di valvola sono riassunte in Tabella 6.

**TABELLA 6 – SPECIFICHE PER LA VALVOLA DI SEZIONAMENTO DELLA LINEA DI FASCIO**

Numero di Valvole		1
Flangia		
Diametro	mm	40
Tipo		CF-F
Filettatura		metrica
Tasso di perdita		
Corpo	mbar l/s	$\leq 5 \times 10^{-10}$
Sede Valvola	mbar l/s	$\leq 1 \times 10^{-9}$
Pressione aria compressa in ingresso	bar	5.5+7
Velocità di Movimentazione @ 6Bar		
Apertura	s	$\leq 6$
Chiusura	s	$\leq 3$
Intervallo di Pressione di Esercizio		
Minimo	mbar	$1 \times 10^{-10}$
Massimo	bar (ass)	1.6
Differenza di Pressione sulla porta (gate) in entrambe le direzioni	bar	$\leq 2$
Differenza di Pressione all'apertura	bar	$\leq 1$
Cicli fino al primo intervento		$\geq 20000$
Intervallo di Temperatura di Esercizio		
Corpo Valvola	°C	20+300
Attuatore Pneumatico	°C	20+200
Indicatore di Posizione	°C	20+80
Solenoidi	°C	20+80

Guarnizioni		
Copertura		Metallica
Piattello		Metallica
Materiale		
Corpo Valvola		AISI 316L
Meccanismo		AISI 316L
Soffietti		AISI 316L
Solenoidi		
Alimentazione	V DC	24
Potenza	W	≤ 6
Contatti Puliti Posizione		
Tensione	V DC	≤ 50
Corrente	A	≤ 1.2
Orientazione per il Montaggio		qualsiasi

*CR*

#### 4.4. SPECIFICHE PER LE VALVOLE DI ISOLAMENTO

Le specifiche generali per queste valvole sono:

1. Indicatori di posizione di stato (Aperta/Chiusa) visivi ed elettrici
2. Contatti elettrici puliti per la segnalazione dello stato della valvola solidali con la meccanica della porta.
3. Movimentazione con tenuta a soffietto senza lubrificazione
4. Attuatore elettropneumatico con chiusura automatica in caso di mancanza di pressione dell'aria compressa o di tensione elettrica.
5. Geometria ad angolo retto adatta a grandi flussi
6. Ogni unità deve essere assemblata in tutte le sue parti e pronta all'uso

Le specifiche per le diverse tipologie di valvole sono riassunte in Tabella 7 e Tabella 8.

**TABELLA 7 – SPECIFICHE PER LE VALVOLE DI ISOLAMENTO TIPO CF-40**

Numero di Valvole		10
Flangia (entrambi i lati)		
Diametro	mm	40
Tipo		CF-R
Conduttanza in regime molecolare	lt/s	≥45
Tasso di perdita		
Corpo	mbar l/s	≤ 5 x 10 <sup>-10</sup>
Sede Valvola	mbar l/s	≤ 1 x 10 <sup>-9</sup>
Intervallo di Pressione di Esercizio		
Minimo	mbar	1 x 10 <sup>-9</sup>
Massimo	bar (ass)	2
Differenza di Pressione all'apertura	bar	≤ 1
Intervallo di Temperatura di Esercizio		
Corpo Valvola	°C	20÷150
Attuatore Pneumatico	°C	20÷50
Indicatore di Posizione	°C	20÷50
Solenoide	°C	20÷50
Guarnizioni		
Copertura		metallica
Piattello		VITON
Materiale		
Corpo Valvola		AISI 304
Piattello		AISI 316L

Solenioide		
Alimentazione	V DC	24
Potenza	W	≤ 3
Contatti Puliti Posizione		
Tensione	V DC	≤ 50
Corrente	A	≤ 0.3
Pressione aria compressa in ingresso	bar	5.5÷7

**TABELLA 8 – SPECIFICHE PER LE VALVOLE DI ISOLAMENTO TIPO KF-25**

Numero di Valvole		10
Flangia		
Diametro	mm	25
Tipo		ISO-KF
Conduttanza in regime molecolare	lt/s	≥ 45
Tasso di perdita		
Corpo	mbar l/s	≤ 1 x 10 <sup>-9</sup>
Sede Valvola	mbar l/s	≤ 1 x 10 <sup>-9</sup>
Intervallo di Pressione di Esercizio		
Minimo	mbar	1 x 10 <sup>-7</sup>
Massimo	bar (ass)	2
Differenza di Pressione all'apertura	bar	≤ 1
Intervallo di Temperatura di Esercizio		
Corpo Valvola	°C	20÷150
Attuatore Pneumatico	°C	20÷ 50
Indicatore di Posizione	°C	20÷ 50
Solenioide	°C	20÷ 50
Guarnizioni		
Copertura		VITON
Piattello		VITON
Materiale		
Corpo Valvola		AISI 304
Piattello		AISI 316L
Solenioide		
Alimentazione	V DC	24
Potenza	W	≤ 3
Contatti Puliti Posizione		
Tensione	V DC	≤ 50
Corrente	A	≤ 0.3
Pressione aria compressa in ingresso	bar	5.5÷7

#### 4.5. SPECIFICHE PER LE VALVOLE DEL SISTEMA DI PRE-VUOTO

Le specifiche generali per le valvole manuali sono:

1. Movimentazione con tenuta a soffietto senza lubrificazione
2. Movimentazione manuale a manopola
3. Geometria ad angolo retto adatta a grandi flussi
4. Ogni unità deve essere assemblata in tutte le sue parti e pronta all'uso

Nella Tabella 9 sono evidenziate tutte le specifiche richieste.

**TABELLA 9 –SPECIFICHE PER LE VALVOLE DI ISOLAMENTO MANUALI TIPO KF-40**

Numero di Valvole		3
Flangia		
Diametro	mm	40
Tipo		ISO-KF
Conduttanza in regime molecolare	lt/s	$\geq 45$
Tasso di perdita		
Corpo	mbar l s <sup>-1</sup>	$< 1 \times 10^{-9}$
Sede Valvola	mbar l s <sup>-1</sup>	$< 1 \times 10^{-9}$
Intervallo di Pressione di Esercizio		
Minimo	mbar	$1 \times 10^{-7}$
Massimo	bar (ass)	2
Intervallo di Temperatura di Esercizio		
Corpo Valvola	°C	20÷150
Attuatore Manuale	°C	20÷ 50
Guarnizioni		
Copertura		VITON
Piattello		VITON
Materiale		
Corpo Valvola		AISI 304
Piattello		AISI 316L
Potenza (Spunto)	W	$\leq 700$
Potenza (Stabile)	W	$\leq 10$
Contatti Puliti Posizione		
Tensione	V DC	$\leq 50$
Corrente	A	$\leq 0.3$

## 5. LOTTO C: MISURATORI DA VUOTO E UNITÀ DI CONTROLLO

### 5.1. DESCRIZIONE FORNITURA

Per coprire tutto l'intervallo di misura richiesto, ossia da  $10^{-9}$  mbar a  $10^3$  mbar i sensori sono ripartiti in sensori di tipo ad Alto Vuoto con intervallo di funzionamento tra  $10^{-9}$  mbar e  $5 \times 10^{-3}$  mbar, e sensori a Basso Vuoto con intervallo tra  $8 \times 10^{-4}$  mbar e  $10^3$  mbar.

I sensori devono essere compatibili con gli standard di Ultra Alto Vuoto in termini di scelta dei materiali, pulizia e tenuta alle perdite e adatti all'uso in ambienti esposti alle radiazioni ionizzanti.

Le unità di controllo dei sensori di misura devono essere compatibili con quanto già previsto dal sistema di controllo generale. Si prevedono quindi unità elettroniche che utilizzano combinazioni di sensori del tipo Alto Vuoto e Basso Vuoto. La misura del grado di vuoto deve essere mostrata localmente attraverso un display digitale e nello stesso tempo disponibile attraverso un'uscita analogica (1 per canale).

Si richiede la fornitura di:

- 8 sensori ad Alto Vuoto ( $1 \times 10^{-9}$  ÷  $5 \times 10^{-3}$  mbar)
- 16 sensori a Basso Vuoto ( $8 \times 10^{-4}$  ÷  $1 \times 10^3$  mbar)
- Adeguato numero di unità di controllo per la misura in contemporanea di 8 sensori ad Alto Vuoto e 16 sensori a Basso Vuoto.
- Cavi di connessione (par. 5.4)

Data la presenza di radiazioni ionizzanti all'interno della sala acceleratore, tutti i sensori devono essere di tipo passivo, ossia senza elettronica di amplificazione integrata nella testa di misura. Il costruttore deve inoltre fornire una lista dettagliata di tutti i materiali utilizzati nella testa della sonda e nei cavi in modo da permettere all'INFN di controllare la compatibilità di questi con l'uso previsto. La responsabilità del costruttore è limitata all'accuratezza della lista dei materiali.

Le unità di controllo sono installate esternamente ovvero sia nel rack di controllo presente in sala alimentatori (Fig. 3), mentre i sensori di misura sono installati in sala acceleratore. La distanza prevista per il passaggio dei cavi non deve essere inferiore ai 30 m di lunghezza.

### 5.2. SPECIFICHE PER I SENSORI DA VUOTO

I sensori si dividono in tre tipologie a seconda dell'intervallo di misura e del tipo di flangia richiesto. Le quantità e le descrizioni delle tre tipologie sono le seguenti:

- N°8 sensori per la misura del grado di Alto Vuoto flangiato DN 40 CF
- N°3 sensori per la misura del grado di Basso Vuoto flangiato DN 40 CF
- N°13 sensori per la misura del grado di Basso Vuoto flangiato DN 16 ISO-KF

Le specifiche sono riassunte rispettivamente in Tabella 10, Tabella 11 e Tabella 12.

**TABELLA 10 – SPECIFICHE PER I SENSORI DA ALTO VUOTO FLANGIATO DN 40 CF**

Numero di Sensori		8
Flangia		
Diametro	mm	40
Tipo		CF-F
Materiale		AISI 304
Intervallo di Pressione di Misura		
Minimo	mbar	$1 \times 10^{-9}$
Massimo	mbar	$5 \times 10^{-3}$
Temperatura di Esercizio	°C	20÷120
Resistenza alle radiazioni	Gy	$\geq 1000$
Lunghezza cavo per unità di controllo	m	$\geq 30$

**TABELLA 11 – SPECIFICHE PER I SENSORI DA BASSO VUOTO FLANGIATO DN 40 CF**

Numero di Sensori		3
Flangia		
Diametro	mm	40
Tipo		CF-F
Materiale		AISI 304
Intervallo di Pressione di Misura		
Minimo	mbar	$8 \times 10^{-4}$
Massimo	mbar	1000
Temperatura di Esercizio	°C	20÷120
Resistenza alle radiazioni	Gy	$\geq 1000$
Lunghezza cavo per unità di controllo	m	$\geq 30$

**TABELLA 12 – SPECIFICHE PER I SENSORI DA BASSO VUOTO FLANGIATO DN 16 ISO-KF**

Numero di Sensori		13
Flangia		
Diametro	mm	16
Tipo		ISO-KF
Materiale		AISI 304
Intervallo di Pressione di Misura		
Minimo	mbar	$8 \times 10^{-4}$
Massimo	mbar	1000
Temperatura di Esercizio	°C	20÷120
Resistenza alle radiazioni	Gy	$\geq 1000$
Lunghezza cavo per unità di controllo	m	$\geq 30$

*CR*

### 5.3. SPECIFICHE PER LE UNITÀ DI CONTROLLO

L'unità di controllo deve essere tale che l'accensione dei sensori ad Alto Vuoto oltre a poter essere effettuata manualmente, possa anche essere eseguita tramite un segnale di trigger fornito dal sistema di controllo generale. Lo stato (Acceso/Spento) di funzionamento dei sensori Alto Vuoto deve essere visualizzato sia localmente, sia fornito al sistema di controllo generale tramite un contatto pulito.

La strumentazione deve essere dotata di uno o più valori di soglia programmabili per canale, il cui stato di superamento di soglia deve essere fornito al sistema di controllo generale tramite contatto pulito. La programmazione deve essere eseguita in locale manualmente. Si richiede che la memorizzazione dei valori di soglia rimanga memorizzata permanentemente anche in caso di mancanza della tensione di alimentazione del dispositivo.

Il montaggio previsto per l'unità di controllo è su pannello rack da 19" affiancato fino a un massimo di due unità per fila. Si richiede oltre che alla fornitura dell'apparecchiatura elettronica anche il materiale per il montaggio su pannello.

TABELLA 13 – SPECIFICHE PER LE UNITÀ DI CONTROLLO DEI SENSORI DA VUOTO

Numero di Canali per Unità di Controllo		
Basso Vuoto		≥ 2
Alto Vuoto		≥ 1
Unità di Misura visualizzate		mbar/Torr/Pa
Intervallo di Misura		
Minimo	mbar	$1 \times 10^{-9}$
Massimo	mbar	1000
Frequenza di Misura	Hz	≥ 10
Tipo di Display		Digitale
Formato Misura sul Display		Scientifico
Cifre significative Display		≥ 2
Segnale Ingresso Digitale per Accensione Sensore Alto Vuoto		
Tensione	V DC	24
Corrente	mA	≤ 3
Segnali Uscita Analogici (1 per Canale)		
Misura Grado Vuoto	V/decade	1
Intervallo Tensione	V	0÷10
Tipo Proporzionalità		Logaritmica
Segnali Uscita Digitali		
Stato Sensore Alto Vuoto (Acceso/Spento)		
Tipo di Contatto		Relè (NC/NO)
Tensione	V DC	30
Corrente	A	≥ 1
Stato Soglia Allarmi (min. 1 per Canale)		
Numero di Soglie programmabili		≥ 1
Tipo di Contatto		Relè (NC/NO)

Tensione	V DC	30
Corrente	A	$\geq 1$
Alimentazione		
Tensione	V	100÷240
Frequenza	Hz	50÷60
Potenza	VA	60÷100
Dimensioni (massime)		
Altezza	mm	132
Larghezza	mm	241
Profondità	mm	300
Temperatura di Esercizio Strumentazione	°C	5÷40
Lunghezza Cavi Sensori	m	$\geq 30$
Lunghezza Cavi Alimentazione	m	$\geq 1.5$
Cavo Alimentazione	Preso Multistandard Tedesco/Italiano	

#### 5.4. CAVI DI CONNESSIONE E DI ALIMENTAZIONE

La fornitura deve inoltre comprendere tutti i cavi di alimentazione delle unità di controllo con lunghezza standard, mentre devono essere forniti:

- n°3 cavi di collegamento tra sonda e unità di controllo per misuratori a basso vuoto con lunghezza pari a 30 m.
- n°1 cavi di collegamento tra sonda e unità di controllo per misuratori a alto vuoto con lunghezza pari a 30 m

Devono essere forniti inoltre tutti i connettori per i segnali di ingresso/uscita specificati, mentre è richiesto che i cavi dei sensori siano forniti con intestazione su ambo i lati.

## 6. LOTTO D: CAMERE DA VUOTO E RACCORDERIA

### 6.1. DESCRIZIONE GENERALE

La velocità di pompaggio della pompa criogenica è trasferita alla cavità accelerante tramite un collettore (tipo A) in acciaio inox. La caratteristica principale di questo componente è quella di esibire la minima resistenza possibile al pompaggio, ovvero quello di massimizzare il parametro della conduttanza della tubazione. Per questo il design è contraddistinto da volumi corti con diametri larghi.

L'accoppiamento del collettore di tipo A con la cavità accelerante è eseguito tramite due soffietti idroformati dotati di un ancoraggio laterale per un eventuale l'irrigidimento della struttura.

Un secondo tipo di collettore (tipo B) in acciaio inox è utilizzato per la distribuzione della velocità di pompaggio della linea di pre-vuoto nelle varie parti del sistema.

Una seconda caratteristica fondamentale di questi componenti è il basso livello di perdita del recipiente (inferiore a  $10^{-9}$  mbar lts), il quale deve essere garantito in rispettando le tolleranze delle lavorazioni meccaniche eseguite sulle flange e sulle sedi delle guarnizioni. Infatti il posizionamento finale dei collettori sul telaio di supporto deve essere realizzato con una precisione finale di 1 mm.

La fornitura consiste:

1. Fabbricazione di n°5 Collettori Tipo A per lato destro (rif. Disegno Z00247140)
2. Fabbricazione di n°5 Collettori Tipo A per lato sinistro (rif. Disegno Z00247110)
3. Fabbricazione di n°10 Collettori Tipo B (rif. Disegno INFN-0001)
4. Fabbricazione di n°20 Soffietti Idroformati (rif. Disegno Z00247101)
5. Ispezione visiva e dimensionale di tutte le parti (punti da 1 a 4)
6. Test di tenuta da vuoto (punti da 1 a 4)
7. Raccorderia da vuoto (rif. Tabella 14)
8. Guarnizioni da vuoto (rif. Tabella 15)
9. Materiale per la chiusura delle flange da vuoto (rif. Tabella 16)
10. Imballaggio e spedizione presso LNL-INFN

I riferimenti ai disegni si riferiscono alle tavole presenti sul sito [www.lnl.infn.it/~ronconi](http://www.lnl.infn.it/~ronconi)

### 6.2. RICHIESTE MECCANICHE

Tutti i componenti saldati devono avere buona finitura come indicato nei disegni. Le giunzioni di saldatura devono assicurare la tenuta a vuoto tra le parti. Rotture visibili nelle saldature e nelle parti lavorate non sono permesse. Possibili discontinuità devono essere evitate con un opportuno raggio di curvatura. Gli stress interni dovuti alle lavorazioni e ai processi di saldatura devono essere limitati per garantire un'alta stabilità meccanica.

E' richiesto al Fornitore di comunicare al Committente eventuali discordanze notate tra i documenti e i disegni forniti per le necessarie correzioni prima di procedere alla lavorazione.

Non sono consentite modifiche ai disegni senza il consenso del Committente.

### 6.3. RICHIESTE PER I MATERIALI

La scelta del materiale di utilizzo per le lavorazioni, la tecnologia di saldatura e la pulizia del recipiente hanno lo scopo di ottenere un basso tasso di degassaggio della superficie interna del collettore (inferiore a  $10^{-10}$  mbar lt/s-cm<sup>2</sup>), requisito importante per ottenere il livello di vuoto di progetto. Il tipo di materiale richiesto deve essere un acciaio inossidabile a con buona saldabilità (tipo EN 1.4306 o EN 1.4404), mentre le parti esterne per il supporto possono essere realizzate in acciaio EN 1.4301.

Tutti i materiali utilizzati devono pervenire con certificazione e da produttori noti. Materiali equivalenti possono essere utilizzati solo con autorizzazione scritta del Committente.

In tutte le fasi di lavorazione a freddo sono esclusi l'utilizzo di lubrificanti organici pesanti, mentre durante le lavorazioni a macchina l'uso di qualsiasi fluido o materiale refrigerante contenente solfuri è proibito.

### 6.4. TRATTAMENTI RICHIESTI

La rugosità delle superfici interne di tenuta da vuoto deve essere nell'ordine di 2  $\mu$ m senza ossidi e impurità. La rugosità nel resto delle superfici esterne deve essere dell'ordine di 3  $\mu$ m. Rotture nella parti o fori e crateri nelle saldature non sono permessi.

Il lavaggio deve essere fatto in soluzione acquosa di acqua e detersivi adatti a recipienti da vuoto per garantire la massima pulizia. Dopo il lavaggio tutti i componenti devono essere asciugati in un'area pulita con aria calda. Tutte le operazioni devono avvenire in luogo pulito ed in particolare il personale deve indossare guanti per evitare il contatto delle superfici con le nude mani. Quindi l'utilizzo dei guanti è obbligatorio in tutte le fasi dopo la pulizia finale.

I collettori tipo A e i soffiotti idroformati (pt. 4) devono essere trattati termicamente per effettuare un degassaggio sotto vuoto (150°C per 72 h con rampe di raffreddamento/riscaldamento inferiori a 50°C/h) utilizzando pompe turbomolecolari e primarie a secco con accorgimenti tali da impedire l'inquinamento da idrocarburi. Si richiede che tutte le attrezzature utilizzate in questi test siano pulite ed esenti da olii.

Dopo il trattamento termico il sistema di riscaldamento e pompaggio deve essere spento e i collettori tipo A vanno ventilati con azoto secco.

### 6.5. IMBALLAGGIO E TRASPORTO

Tutti i componenti devono essere protetti contro gli agenti atmosferici e l'umidità e dal danneggiamento sia durante l'immagazzinamento sia durante il trasporto. Per i collettori tipo A oltre alle precedenti prescrizioni è richiesto l'utilizzo di sacchi barriera (la cui superficie interna sia in polietilene) mantenuti in leggera sovra pressione con azoto secco prima della chiusura ermetica.

#### 6.6. CONTROLLI

La sequenza delle operazioni per il test di accettazione di fabbrica per ciascun collettore (tipo A, Tipo B e relativi soffietti) è la seguente:

1. Ispezione visiva del componente (interna ed esterna)
2. Controllo dimensionale
3. Pulizia
4. Trattamento termico di degassaggio e test da vuoto
5. Ispezione visiva delle superfici di tenuta delle flange prima dell'imballaggio.

Il Fornitore ispezionerà visivamente internamente ed esternamente lo stato delle parti per assicurare che non siano presenti difetti che possono rendere inadatto l'oggetto al servizio. Particolare attenzione dovrà essere posta alla forma e allo stato delle superfici esposte al vuoto, nonché alla qualità delle saldature e alle superfici di tenuta delle flange.

Il Fornitore dovrà controllare e registrare le misure dimensionali delle parti mostrando il confronto con le misure specificate dai disegni forniti dall'INFN.

Il Fornitore deve avere a sua disposizione un rivelatore di perdite basato su uno spettrometro di massa per elio con una sensibilità di misura pari a  $10^{-10}$  mbar lts o migliore verificata su una perdita calibrata. Il tasso di fuga massimo consentito per ogni collettore è inferiore a  $10^{-7}$  mbar lts.

Il Fornitore deve fornire tutta l'attrezzatura e il personale necessario per l'esecuzione dei trattamenti e dei test. Si richiede che tutte le attrezzature utilizzate in questi test siano pulite ed esenti da olii e che le pompe da vuoto sia a secco, ovvero senza tenuta a olio.

#### 6.7. PIANO DI FABBRICAZIONE

Il Fornitore deve presentare all'INFN la seguente documentazione:

- a. I disegni meccanici esecutivi
- b. La certificazione dei materiali utilizzati
- c. Rapporto sull'ispezione visiva delle saldature
- d. Rapporto sulle verifiche delle dimensioni
- e. Il protocollo per la pulizia dei materiali
- f. Rapporto dei test da vuoto
- g. Tutte le informazioni utili per la tracciabilità del prodotto

Le eventuali non-conformità dovranno essere tempestivamente notificate ed approvate dal Committente.

#### 6.8. RACCORDERIA DA VUOTO

Le connessioni tra le varie sezioni del sistema da vuoto sono realizzate secondo gli standard di raccorderia per ultra alto vuoto DIN 28 400 per lavorare a pressioni inferiori a  $10^{-7}$  mbar. Nel sistema sono previsti tre tipi di flangiature: tipo CONFLAT®; tipo ISO-KF e tipo ISO-K. La prima viene utilizzata in tutte le connessioni che riguardano il vuoto della

cavità accelerante e dei collettori tipo A, mentre le restanti vengono utilizzate per le linee di pre-vuoto e i collettori di tipo B.

In Tabella 14, in Tabella 15 e in Tabella 16 sono indicate le quantità, le descrizioni e il tipo di materiale da utilizzare, per la raccorderia da vuoto, per le guarnizioni di chiusura e l'attrezzatura di chiusura delle flange

**TABELLA 14 – TABELLA DELLE RACCORDERIA DA VUOTO RICHIESTA**

Qt	Descrizione	Flangia 1	Flangia 2	Tipo Inox (o equivalente)
10	Transizioni Lineari	DN 200 CF-F	DN 40 CF-F	EN 1.4301 o EN 1.4306
10	Transizioni ad Angolo Retto a gomito	DN 40 CF-F	DN 40 ISO-KF	EN 1.4301
10	Tubi Idroformato L=100 mm flangiato	DN 40 ISO-KF	DN 40 ISO-KF	EN 1.4301 o EN 1.4571
	<i>Specifiche Movimento:</i>			
	<i>Laterale: +/-7 mm</i>			
	<i>Tensione: &gt;5 mm</i>			
	<i>Compressione: &gt;10 mm</i>			
8	Tubi Idroformato L=500 mm flangiato	DN 40 ISO-KF	DN 40 ISO-KF	EN 1.4571
	<i>Raggio di curvatura singolo &lt;200 mm</i>			
10	Tubi Idroformato L=1000 mm flangiato	DN 25 ISO-KF	DN 25 ISO-KF	EN 1.4571
	<i>Raggio di curvatura singolo &lt;200 mm</i>			
8	Tubi Idroformato L=1500 mm flangiato	DN 40 ISO-KF	DN 40 ISO-KF	EN 1.4571
	<i>Raggio di curvatura singolo &lt;200 mm</i>			
20	Raccordi ad Angolo Retto Curvo	DN 40 ISO-KF	DN 40 ISO-KF	EN 1.4301 o EN 1.4306
10	Riduzioni Lineari	DN 40 ISO-KF	DN 25 ISO-KF	EN 1.4301 o EN 1.4306
10	Riduzioni Lineari	DN 40 ISO-KF	DN 16 ISO-KF	EN 1.4301 o EN 1.4306
10	Flange Cieche	DN 40 CF		EN 1.4306
10	Flange Cieche	DN 63 CF		EN 1.4306
10	Flange Cieche	DN 100 CF		EN 1.4306
10	Flange Cieche	DN 160 CF		EN 1.4306
10	Flange Cieche	DN 200 CF		EN 1.4306
20	Flange Cieche	DN 100 ISO-K		EN 1.4301 o EN 1.4306
14	Flange Cieche	DN 40 ISO-KF		EN 1.4301 o EN 1.4306

TABELLA 15 – TABELLA DELLE GUARNIZIONI DA VUOTO RICHIESTE

Qt	Descrizione	Flangia	Tipo guarnizione
50	Guarnizioni con anello di centraggio in inox	DN 16 ISO-KF	FKM (VITON®)
50	Guarnizioni con anello di centraggio in inox	DN 25 ISO-KF	FKM (VITON®)
150	Guarnizioni con anello di centraggio in inox	DN 40 ISO-KF	FKM (VITON®)
50	Guarnizioni con anello di centraggio in inox	DN 100 ISO-K	FKM (VITON®)
50	Guarnizioni in rame	DN 40 CF	OFHC
50	Guarnizioni in rame	DN 63 CF	OFHC
50	Guarnizioni in rame	DN 100 CF	OFHC
50	Guarnizioni in rame	DN 160 CF	OFHC
50	Guarnizioni in rame	DN 200 CF	OFHC

TABELLA 16 – TABELLA DEL MATERIALE PER LA CHIUSURA DELLE FLANGE DA VUOTO

Qt	Descrizione	Flangia	Materiale
50	Collari di chiusura	DN 16 ISO-KF	Alluminio (collare)
50	Collari di chiusura	DN 25 ISO-KF	Alluminio (collare)
150	Collari di chiusura	DN 40 ISO-KF	Alluminio (collare)
50	Collari di chiusura	DN 100 ISO-K	Alluminio (collare)
40	6 Viti testa esagonale M6x35+rondelle+bulloni	DN 40 CF	Inox
10	8 Viti testa esagonale M8x50+rondelle+bulloni	DN 63 CF	Inox
10	16 Viti testa esagonale M8x55+rondelle+bulloni	DN 100 CF	Inox
20	20 Viti testa esagonale M8x55+rondelle+bulloni	DN 160 CF	Inox
30	20 Viti prigioniere M8x50+rondelle+bulloni	DN 160 CF	Inox
50	24 Viti testa esagonale M8x60+rondelle+bulloni	DN 200 CF	Inox
80	Morsetti di chiusura (doppia)	DN 100 ISO-K	Ferro Zincato

## 7. LOTTO E: POMPE IONICHE E UNITÀ DI CONTROLLO

### 7.1. DESCRIZIONE FORNITURA

Per garantire un buon grado di vuoto all'interno dell'acceleratore anche in caso di interruzione di corrente elettrica o durante la rigenerazione, sul sistema da vuoto si rende necessaria l'installazione di 4 pompe ioniche. A questi dispositivi è affidato il compito di rimuovere i gas dell'atmosfera residua presente nel modulo accelerante (aria, acqua, anidride carbonica, idrogeno, ...) in modo da consentire una rapido ripristino del funzionamento dell'acceleratore mantenendo un livello di vuoto pari a  $5 \div 7 \times 10^{-7}$  mbar.

L'accensione delle pompe ioniche è concomitante con la mancanza di corrente di alimentazione generale e comunque sempre al di sotto di  $1 \times 10^{-6}$  mbar.

Si richiede la fornitura per il seguente materiale:

- N°4 pompe ioniche
- Adeguato numero di unità di controllo per l'alimentazione in contemporanea di 4 pompe ioniche (par. 7.2)
- Cavi di connessione (par. 7.3)

Le pompe ioniche richieste sono di tipo a diodo con le seguenti caratteristiche:

**TABELLA 17 –SPECIFICHE PER LE POMPE IONICHE**

Numero di Pompe Ionica		4
Tipo di Pompa Ionica		Diodo
Velocità di Pompaggio per azoto	Lt/s	300
Flangia		
Diametro	mm	200 (8")
Tipo		CF-F
Materiale		inox EN 1.4301

### 7.2. UNITÀ DI CONTROLLO PER LE POMPE IONICHE

Queste devono essere fornite assieme un opportuno numero di unità di controllo con le seguenti caratteristiche: ✓

**TABELLA 18 –SPECIFICHE PER LE UNITÀ DI CONTROLLO DELLE POMPE IONICHE**

Segnale Ingresso Digitale (1 per Canale)		
Comando	Accensione/Spengimento Alta Tensione.	
Tensione	V DC	24
Corrente	mA	≤3
Segnali Uscita Digitali		
Stato Funzionamento Unità di Controllo		
Tipo di Contatto		Relè (NC/NO)

*Handwritten signature*

Tensione	V DC	30
Corrente	A	≥1
Stato Soglia Allarmi (1 per Canale)		
Numero di Soglie programmabili		≥1
Tipo di Contatto		Relè (NC/NO)
Tensione	V DC	30
Corrente	A	≥1
Alimentazione		
Tensione	V	230
Frequenza	Hz	50
Dimensioni (massime)		
Altezza	mm	450
Larghezza	mm	250
Profondità	mm	200
Temperatura di Esercizio Strumentazione	°C	5÷50
Lunghezza Cavi Alta Tensione	m	≥30
Lunghezza Cavi Alimentazione	m	≥1.5
Cavo Alimentazione	Presca Multistandard Tedesco/Italiano	

L'unità di controllo deve essere protetta contro la rimozione accidentale del cavo dalla pompa tramite un sistema di auto protezione che interrompe la generazione di alta tensione. Inoltre l'apparecchiatura deve essere in grado di limitare la corrente erogata al diodo per evitare danneggiamenti sia alla pompa che all'unità stessa.

Il montaggio previsto per l'unità di controllo è su pannello rack da 19" affiancato fino a un massimo di due unità per fila. Si richiede oltre che alla fornitura dell'apparecchiatura elettronica anche il materiale per il montaggio.

### 7.3. CAVI DI CONNESSIONE E DI ALIMENTAZIONE

La fornitura deve inoltre comprendere tutti i cavi di alimentazione delle unità di controllo con lunghezza standard, mentre devono essere forniti:

- n°1 cavi di collegamento tra pompa ionica e unità di controllo con lunghezza pari a 30 m.

Devono essere forniti inoltre tutti i connettori per i segnali di ingresso/uscita specificati, mentre è richiesto che i cavi ad alta tensione siano forniti con intestazione su ambo i lati.

CR

## 8. LOTTO F: SISTEMI DI PRE-POMPAGGIO MOBILI

### 8.1. DESCRIZIONE FORNITURA

Per la generazione del pre-vuoto all'interno della cavità accelerante e sulle linee di rigenerazione delle pompe criogeniche si utilizzano 3 sistemi di pompaggio. Questi sistemi sono montati su carrelli removibili e sono connessi al sistema generale solamente durante l'evacuazione preliminare della cavità accelerante e durante le rigenerazioni delle pompe criogeniche. Pertanto non essendo in funzione in concomitanza con l'utilizzo dell'acceleratore non sono necessarie particolari prescrizioni di resistenza alle radiazioni.

Queste stazioni mobili pertanto sono equipaggiate con una pompa primaria a secco seguita da una pompa di tipo turbo-molecolare (o in alternativa di tipo drag), equipaggiata con cuscinetti ceramici o con accorgimenti tali da impedire l'inquinamento da idrocarburi.

Il carico di gas da rimuovere è principalmente aria e gas che provengono dall'atmosfera residua dovuta al degassaggio delle superfici (rame e acciaio inox).

Si richiede pertanto la **progettazione e costruzione di 3 sistemi di pompaggio mobili**.

Ogni unità deve essere assemblata in tutte le sue parti e pronta all'uso.

### 8.2. SISTEMA DI POMPAGGIO

Il sistema di pompaggio (Fig. 5) è costituito da due pompe: una pompa primaria a portata elevata e una pompa secondaria (tipo turbo-molecolare o drag). L'evacuazione della cavità accelerante è eseguita esclusivamente dalla pompa primaria secco (P 20.1) utilizzando una linea di by-pass, mentre il vuoto per la rigenerazione delle pompe criogeniche ( $\leq 10^{-4}$  mbar) è svolto dalla pompa secondaria (P 20.2) con supporto della pompa primaria.

Data la presenza di umidità nella atmosfera dei gas da rimuovere si richiede che la pompa primaria sia dotata di valvola manuale per lo spurgo.

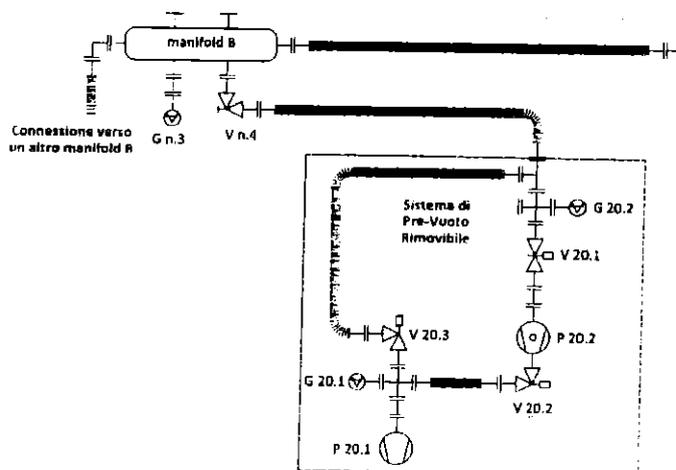


FIG. 5 – SCHEMA DELLE CONNESSIONI E DEI COMPONENTI PER IL SISTEMA DI POMPAGGIO RIMOVIBILE.

TABELLA 19 –SPECIFICHE PER IL SISTEMA DI POMPAGGIO

Pompaggio Pompa Primaria		
Velocità di Picco	≥ 25	m <sup>3</sup> /hr
Velocità @1mbar	≥ 21	m <sup>3</sup> /hr
Pressione Limite	≤ 5x10 <sup>-2</sup>	mbar
Massima Pressione Ingresso	1	atm
Massima Pressione Uscita	1.1	atm
Tempo Evacuazione (V=1m <sup>3</sup> P=5x10 <sup>-2</sup> mbar)	≤ 60	min
Velocità di Pompaggio Pompa Turbo-Molecolare (o Drag)		
Velocità di Picco (azoto)	≥ 7	Lt/s
Pressione Limite	≤ 1x10 <sup>-4</sup>	mbar
Tempo di avvio a regime	≤ 3	min
Raffreddamento	Aria	
Connessioni da vuoto	ISO-KF	

### 8.3. CONNESSIONE E RACCORDI

Si prevedono flange di tipo ISO-K sulla flangia attorno alla porta principale di aspirazione della pompa turbo-molecolare (o drag) mentre il resto in raccorderia è di tipo ISO-KF. La flangia finale in uscita e la linea per il by-pass deve essere realizzata con raccorderia ISO-KF 40 DN.

### 8.4. VALVOLE

Un sistema di valvole comandato dal sistema di controllo locale del carrello di pompaggio permette la scelta delle due modalità di pompaggio. Il materiale del corpo delle valvole può essere in alluminio o acciaio inox, mentre tutta la movimentazione deve essere elettropneumatica (5-7 bar) con alimentazione a 24V DC.

### 8.5. MISURATORE DI PRESSIONE

Il sistema è dotato di 2 misuratori di pressione, uno installato in prossimità della pompa primaria (G 20.1) e uno in prossimità dell'uscita del sistema di pre-pompaggio (G 20.2). Il primo sensore è operativo nel intervallo  $8 \times 10^{-4} \div 10^3$  mbar, mentre il secondo è ad ampio range ( $10^{-6} \div 10^3$  mbar).

Data l'assenza di radiazioni ionizzanti durante il funzionamento è consentito l'utilizzo di misuratori di pressione dotati di teste attive, ossia con elettronica integrata.

### 8.6. SISTEMA DI CONTROLLO

Il sistema per il controllo dei dispositivi è locale, ossia tutti i dispositivi sono comandati e monitorati tramite un pannello operatore touchscreen o tramite pannello sinottico, posizionato sul carrello stesso.

I comandi richiesti sono:

- accensione/spegnimento pompa primaria
- accensione/spegnimento pompa secondaria
- selezione modalità pompaggio:
  - modalità “vuoto” Il pompaggio avviene per mezzo della pompa secondaria, assistita dalla pompa primaria. Quindi valvole V 20.1 e V 20.2 aperte, e V 20.3 chiusa.
  - modalità “pre-vuoto” Il pompaggio avviene esclusivamente tramite la pompa primaria, attraverso la linea di by-pass. Quindi valvole V 20.1 e V 20.2 chiusa, e V 20.3 aperta.
  - modalità “ciclo”. Il pompaggio avviene come in modalità “pre-vuoto” se il misuratore G 20.2 ha una pressione superiore a  $10^{-1}$  mbar. Superata questa soglia il sistema passa automaticamente in modalità “vuoto”.

Si richiede che vengano visualizzati localmente i seguenti stati:

- Stato funzionamento pompa primaria: Accesa/Spenta/Errore
- Stato funzionamento pompa secondaria: Accesa/Spenta/Errore
- Condizione a regime pompa secondaria: Vero/Falso
- Stato valvola G 20.1: Aperta/Chiusa
- Stato valvola G 20.2: Aperta/Chiusa
- Stato valvola G 20.3: Aperta/Chiusa
- Misura del grado di vuoto dei 2 sensori espresso in mbar
- Modalità di pompaggio selezionata: Vuoto/Pre-Vuoto/Ciclo

Si richiedono inoltre i seguenti automatismi:

- L'apertura della valvola V 20.1 è subordinata alle seguenti condizioni:
  - pressione misurata in G 20.2 inferiore a  $10^{-1}$  mbar
  - pompa secondaria a regime
  - modalità “vuoto” selezionata
- In mancanza di tensione elettrica tutte le valvole si devono chiudere automaticamente.
- In caso di ripristino della tensione elettrica il sistema deve ripartire nella modalità “pre-vuoto” e portarsi nella modalità selezionata precedentemente all'interruzione di tensione, se diversa.

### 8.7. SEGNALI DI STATO

Il sistema di controllo locale deve fornire i seguenti segnali digitali in uscita (contatti puliti a relè):

- Carrello Acceso: Presenza alimentazione (Normale Aperto)
- Stato Buon Funzionamento: Pompa P 20.2 a regime, Valvola V 20.1 Aperta (Normale Aperto)
- Malfunzionamento: Errore pompa P 20.1 oppure errore pompa P 20.2 (Normale Chiuso)

### **8.8. QUADRO ELETTRICO**

---

L'alimentazione del carrello è unica (monofase 230 V 50 Hz), la quale viene poi ridistribuita attraverso una serie di prese interne per le pompe e i cassetti di controllo. Un'ulteriore serie di prese multistandard tedesco/italiano ( $\geq 2$  prese) è disponibile verso l'esterno per eventuali accessori.

### **8.9. CONNESSIONI ELETTRICHE**

---

Le connessioni elettriche del carrello sono realizzate tramite un unico connettore per alimentazione 230V AC e trasmissione segnali digitali a 24V DC con le seguenti caratteristiche:

- Connettore maschio per montaggio a pannello
- Tipo Han-Com o Han-Modular della Harting o connettori compatibili/equivalenti
- $\geq 2$  poli più terra per l'alimentazione 230V AC, portata  $\geq 16$  A
- $\geq 8$  poli per i segnali 24V DC portata  $\geq 2$  A
- Custodia in metallo con chiusura a baionetta

Inoltre devono essere forniti i connettori femmina per montaggio su cavo corrispondenti.

### **8.10. CONNESSIONI ARIA COMPRESSA**

---

L'ingresso dell'aria compressa (6-8 bar), la quale è successivamente ridistribuita internamente alle varie utenze, è costituito da un unico raccordo ad innesto rapido.

### **8.11. DIMENSIONI**

---

Il carrello deve stare entro la dimensione massima 800 mm in larghezza e 1200 mm in lunghezza. La posizione della flangia in uscita per il pompaggio (orientata verso l'alto) deve essere entro 800 e 1200 mm.

[1] P. Garin, M. Sugimoto, J. Nucl. Mater (2011), doi:10.1016/j.jnucmat.2010.12.272

CR