

APPENDICE A1

IMPIANTO DI DISTRIBUZIONE ED IMMISSIONE GAS

(solo per informazione)

INDICE

1.	SCOPO DELL'IMPIANTO DI DISTRIBUZIONE ED IMMISSIONE GAS DI RFX-MOD2	3
2.	GAS IMPIEGATI E MODALITÀ DI UTILIZZO	3
3.	SCHEMA FUNZIONALE DELL'IMPIANTO VI	5
3.1.	LINEA DI DISTRIBUZIONE GAS	9
3.2.	SISTEMA DI IMMISSIONE GAS (GIS) PER H ₂ /D ₂ E GAS INERTI	10
3.3.	LINEE DI CONSEGNA N ₂ E AR	10
3.4.	LINEA DI CONSEGNA H ₂ /D ₂ E HE	11
4.	REQUISITI GENERALI DELL'IMPIANTO VI	12
5.	POSIZIONE STRUMENTAZIONE DA ACQUISIRE DAL SISTEMA ES-VI E LCS-VI	13
6.	DESCRIZIONE DELLE SEQUENZE PREPROGRAMMATE	13
6.1.	IMMISSIONE GAS DURANTE SESSIONE SPERIMENTALE IN H ₂	13
6.2.	IMMISSIONE GAS DURANTE SESSIONE SPERIMENTALE IN D ₂	13
6.3.	IMMISSIONE GAS DURANTE SESSIONE SPERIMENTALE IN HE	13
6.4.	IMMISSIONE GAS DURANTE CONDIZIONAMENTO PRIMA PARETE (GDC/PDC) IN H ₂	14
6.5.	IMMISSIONE GAS DURANTE CONDIZIONAMENTO PRIMA PARETE (GDC/PDC) IN D ₂	14
6.6.	IMMISSIONE GAS DURANTE CONDIZIONAMENTO PRIMA PARETE (GDC/PDC) IN HE	14

1. Scopo dell'impianto di distribuzione ed immissione gas di RFX-mod2

L'impianto di distribuzione ed immissione gas (VI) di RFX-mod2 ha lo scopo di:

1. immettere gas all'interno della camera per l'esecuzione di attività sperimentali così suddivise:
 - sessioni sperimentali durante le quali il gas viene immesso all'interno della camera da vuoto in modo impulsato con impulsi di durata inferiore a 2s;
 - processi di condizionamento della prima parete della camera da vuoto (glow discharge cleaning (GDC) e Pulse discharge cleaning (PDC)) durante i quali il gas viene immesso nella camera da vuoto in modo continuo per ore.
2. Ventilazione della camera da vuoto e dei collettori di prevuoto.
3. Fornire il gas per il funzionamento dell'impianto da vuoto VV e dell'impianto di distribuzione ed immissione gas VI, come per esempio:
 - pilotaggio delle valvole pneumatiche;
 - diluizione dello scarico delle pompe di primarie;
 - purge delle pompe turbomolecolari.

2. Gas impiegati e modalità di utilizzo

I gas gestiti dall'impianto VI sono:

- Idrogeno (H_2);
- deuterio (D_2);
- Elio (He);
- Azoto (N_2);
- Argon (Ar).

Gli scenari descritti nel paragrafo 1 utilizzano i gas sopra elencati nella modalità di seguito descritta:

- a) sessioni sperimentali: gas utilizzati H_2 o D_2 o He;
- b) processi di condizionamento della prima parete (GDC/PDC): gas utilizzati H_2 o D_2 o He;
- c) ventilazione vessel e collettori di prevuoto: gas utilizzati N_2 o Ar;
- d) gas di servizio per il funzionamento dell'impianto VV e dell'impianto VI: N_2 .

I flussi utilizzati durante gli scenari a) e b) sono riportati in *Tabella 1* e verranno gestiti come segue:

- Sessione sperimentale: l'immissione gas avverrà attraverso valvole piezoelettriche, ciascuna gestita indipendentemente e pilotata in tensione ;
- processi di condizionamento della prima parete (PDC/GDC): il flusso di gas verrà regolato in controllo di flusso mediante l'utilizzo di un misuratore di portata massica/controllore (vedi *Figura 2*). Sarà previsto uno strumento per la linea di H_2/D_2 e uno per quella di He. Il sistema di controllo dovrà prevedere la possibilità di immettere gas da entrambe le linee di H_2/D_2 e He contemporaneamente bloccando l'immissione gas se viene superato un valore impostabile di pressione all'interno della camera da vuoto.

Tabella 1 – Requisiti di portata di gas nei vari scenari di funzionamento

Gas	Portata [Pa m ³ s ⁻¹]	Durata dell' immissione gas
Massimo flusso di idrogeno (H ₂) durante sessione sperimentale	150	2 s ogni 600s
Massimo flusso di deuterio (D ₂) durante sessione sperimentale	110	2 s ogni 600s
Massimo flusso di elio (He) durante sessione sperimentale	30	2 s ogni 600s
Flusso nominale di idrogeno, deuterio o elio durante trattamento di PDC, GDC	1.2	40 ore
Intervallo di flusso di idrogeno, deuterio e elio durante i trattamenti con PDC, GDC	0 - 1.5	40 ore

3. Schema funzionale dell'impianto VI

La *Figura 1* schema funzionale dell'impianto che verrà sviluppato in dettaglio dalla ditta che vincerà la fornitura (fuori da questa fornitura).

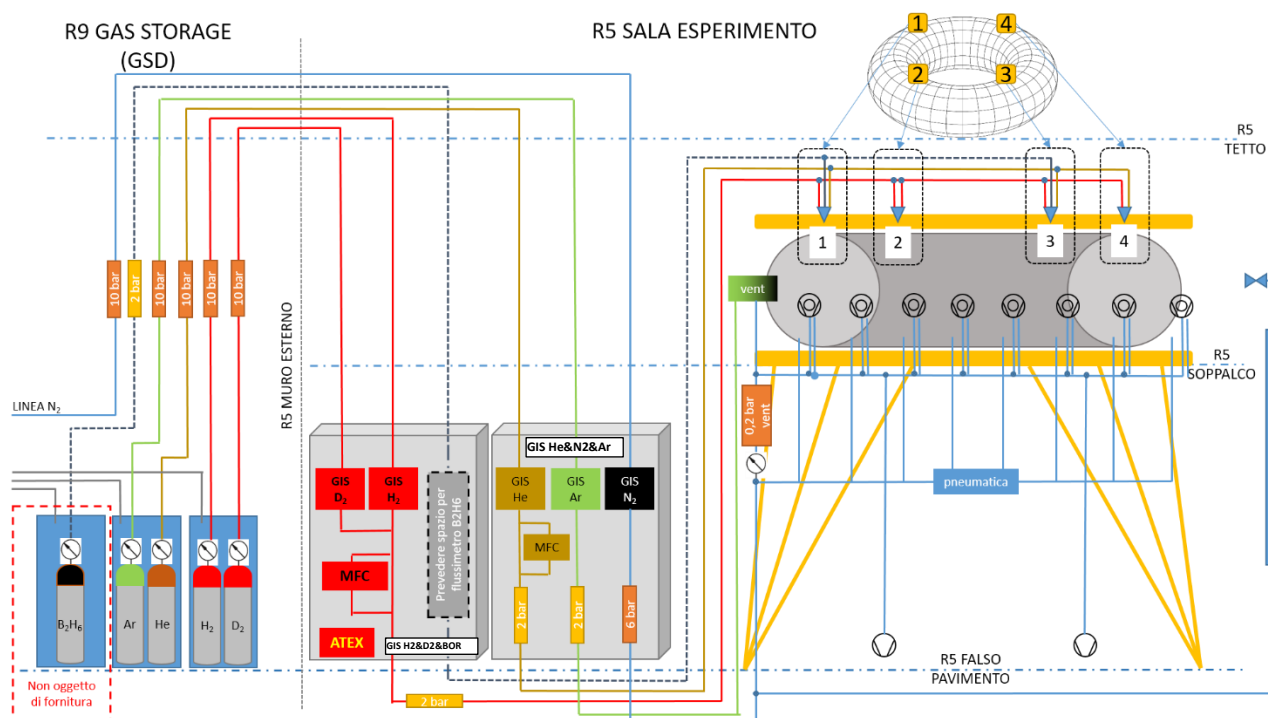


Figura 1 – Schema funzionale dell'impianto di distribuzione ed immissione gas (VI). NB le pompe effettive sono 10.

Un elenco dei componenti compresi nella fornitura è riportato nella *Tabella 2*.

NB: In rosso sono indicati i componenti oggetto di questa richiesta di offerta e indicato nel paragrafo 2.2.2 del capitolato tecnico.

Tabella 2 - Principali sistemi e componenti dell'Impianto VI

Impianto	Sistema	Sottosistemi di impianto
VI	GDS	Stoccaggio e distribuzione di H ₂ gassoso al GIS
		Stoccaggio e distribuzione di D ₂ gassoso al GIS
		Stoccaggio e distribuzione di He gassoso al GIS
		Stoccaggio e distribuzione di Ar gassoso al GIS
		Stoccaggio e distribuzione di N ₂ gassoso al GIS
	GIS – H ₂ &D ₂ &BOR (Atex)	Immissione Gas (H ₂ , D ₂) all'interno della camera da vuoto durante le sessioni sperimentali
		Immissione Gas (H ₂ , D ₂) all'interno della camera da vuoto di RFX durante i trattamenti di condizionamento della prima parete (PDC/GDC) tramite flussimetro MFC
	GIS – He&N ₂ &Ar	Immissione Gas (He) all'interno della camera da vuoto durante le sessioni sperimentali
		Immissione Gas (He) all'interno della camera da vuoto di RFX durante i trattamenti di condizionamento della prima parete (PDC/GDC) tramite flussimetro MFC
		Ventilazione della camera da vuoto e del sistema di pompaggio con N ₂
		Ventilazione della camera da vuoto con Ar
		Gas di Servizio N ₂ per: <ul style="list-style-type: none"> • Purge dello scarico delle pompe turbomolecolari • Diluizione del gas di scarico delle pompe primarie di H₂/D₂ • Pilotaggio valvole impianto VV e VI
	ES-VI	Impianto elettrico per l'alimentazione dell'Impianto di Immissione gas (OGGETTO DI QUESTA FORNITURA – VEDI CAPITOLATO TECNICO)
	LCS-VI	I&C per acquisire tutti i segnali digitali e analogici per il controllo dell'impianto VI + cavi (OGGETTO DI QUESTA FORNITURA – VEDI CAPITOLATO TECNICO)
		Armadi che ospitano gli apparati di strumentazione e controllo I&C dell'impianto VI (OGGETTO DI QUESTA FORNITURA – VEDI CAPITOLATO TECNICO)

A livello impiantistico possiamo individuare le seguenti parti che verranno descritte in dettaglio nei paragrafi successivi:

- GDS (Gas storage): area esterna dove sono presenti due depositi dedicati uno per le bombole di gas infiammabili (H_2 e D_2) classificato ATEX zona 2 e uno per gas inerti (He, Ar).
L'azoto verrà reso disponibile nel gas storage e dovrà essere prelevato già in forma gassosa da un tubo proveniente dal serbatoio di azoto refrigerato provvisto già del suo vaporizzatore.
- Linee di distribuzione gas che partendo dal Gas Storage arrivano in R5 sala esperimento, fino ad innestarsi negli armadi GIS H_2 & D_2 &BOR e GIS He& N_2 &Ar.
- GIS H_2 & D_2 &BOR: Un armadio del gas infiammabili (H_2 e D_2) installato all'interno di R5 sala esperimento per la regolazione dei parametri dei gas di processo. L'interno dell'armadio è classificato ATEX zona 2; E' presente anche la linea dell'impianto di boronizzazione (vedi Appendice A6).
- GIS He& N_2 &Ar: Un armadio di gas inerti (Ar, He, N_2) installato all'interno di R5 sala esperimento per la regolazione dei parametri dei gas di processo e di servizio.
- Linee di gas utilizzate per le sessioni sperimentali e condizionamento della prima parete (H_2 , D_2 , He) che partendo dai due armadi GIS- H_2 & D_2 &BOR e GIS-He& N_2 &Ar e arrivano fino ai 4 punti di immissione sulla camera da vuoto equispaziati di 90° in direzione toroidale (vedi paragrafo [Figura 4](#)).
- Linee di gas utilizzate come gas di servizio che partendo dall'armadio GIS-He& N_2 &Ar arrivano ai vari punti di consegna in prossimità della camera da vuoto di RFX come rappresentato in [Figura 2](#).

In [Figura 2](#) è riportata uno schema della posizione dei vari componenti dell'impianto VI.

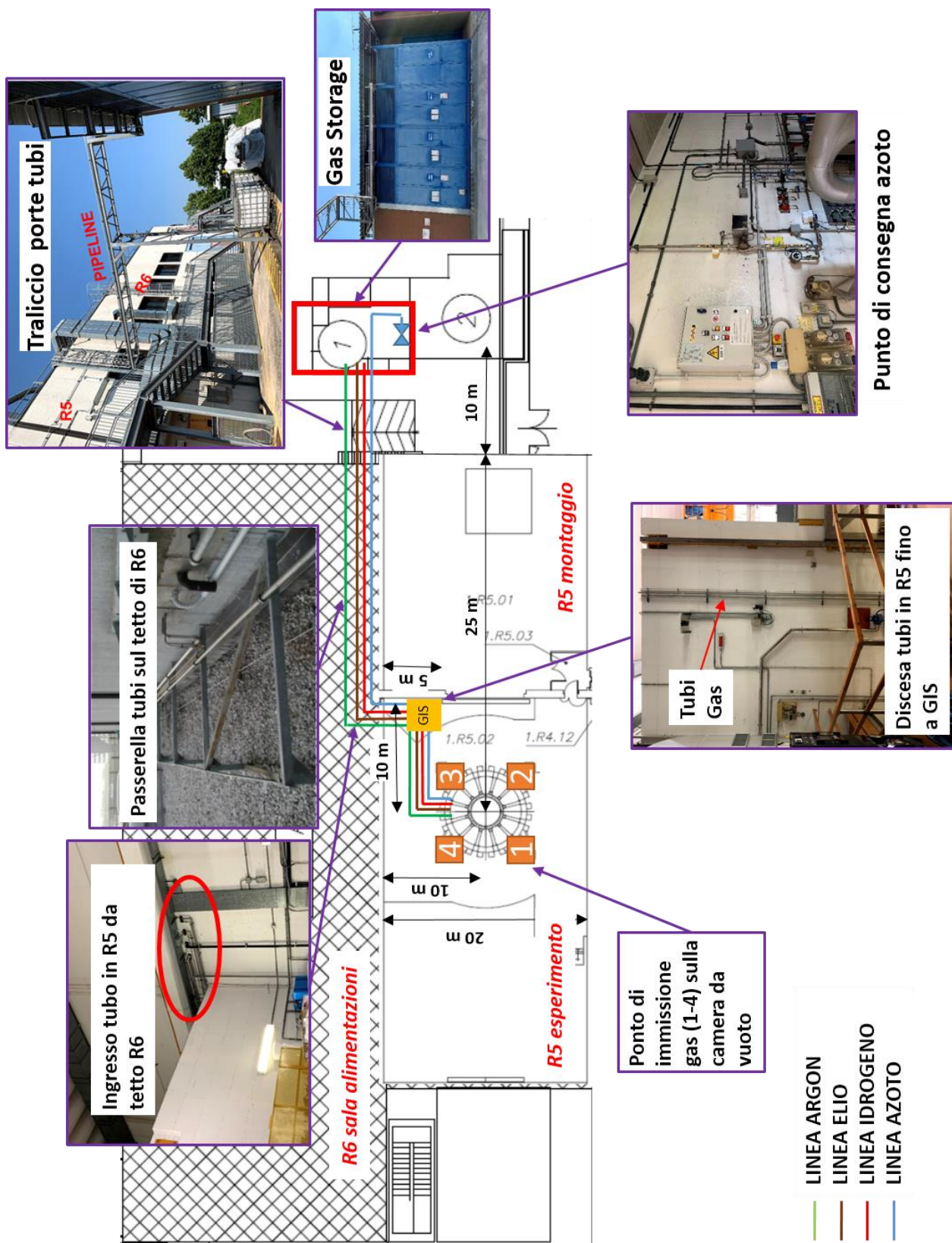


Figura 2 – Posizione componenti impianto VI e percorso tubi

Gas storage

Nel Gas Storage sono presenti due depositi (vedi *Figura 3*) dedicati uno allo stoccaggio di bombole di H_2 e D_2 e l'altro dedicato allo stoccaggio di gas inerti (He e Ar).

Per ogni tipologia di gas è prevista la presenza di quadri di decompressione primaria sui quali possano essere collegate n.2 bombole.

Il quadro di decompressione è controllato e monitorato dalla supervisione dell'impianto LCS-VI. Le rampe sono dotate di una valvola di accesso per leak test, di una valvola per il gas di purge in N_2 e un sistema per il suo svuotamento tramite "sistema Venturi".

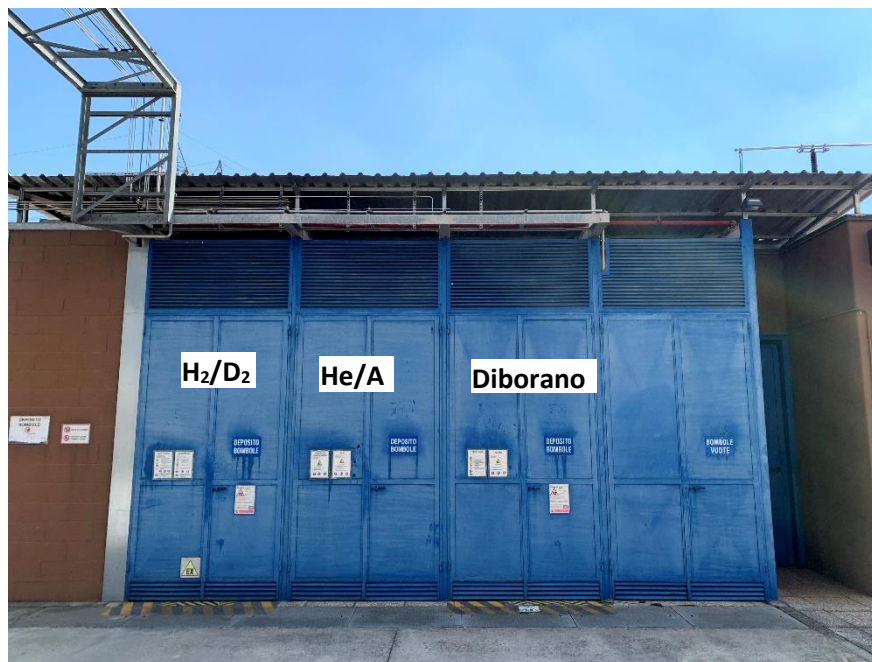


Figura 3 – Box del gas storage – R9 da sx a dx: H_2/D_2 – He/Ar – N_2

Per quanto riguarda la fornitura di azoto questa è prelevata, a valle del LTP (Low Temperature Protection), collegandosi ad un tubo proveniente dal serbatoio criogenico di azoto liquido provvisto di evaporatore. Il punto di prelievo dell'azoto gassoso è disponibile nel Gas Storage.

Non sono presenti sistemi di backup dell'azoto.

3.1. Linea di distribuzione gas

Da ciascuna centrale di decompressione partiranno le linee di distribuzione dei vari gas di processo. Le linee uscenti dal Gas Storage percorreranno una struttura a traliccio ad un'altezza approssimativa di circa 10m da terra fino al muro esterno della sala denominata R6. Risaliranno quindi, ancorate alla parete del muro, fino a una quota di 15m da terra, e da qui proseguiranno sul tetto fino alla forometria che dà accesso alla sala R5. Le linee all'interno della sala R5 proseguiranno fino ad arrivare agli armadi dei due armadi GIS- H_2 & D_2 e GIS He & N_2 & Ar (vedi *Figura 2*).

NB: Nessun componente da acquisire dal sistema LCS-VI o alimentare dal sistema ES-VI.

3.2. Sistema di Immissione Gas (GIS) per H₂/D₂ e gas inerti

Le linee provenienti dal Gas Storage arriveranno fino all'interno di R5 sala esperimento agli armadi GIS H₂&D₂&BOR e GIS He&N₂&Ar che ospiteranno la strumentazione di controllo e regolazione dei parametri di processo per le attività di iniezione gas e servizio necessarie per l'esperimento RFX-mod2.

NB: I componenti non manuali presenti dentro questi armadi dovranno essere alimentati e acquisiti dai sistemi ES-VI e LCS-VI.

Le linee di gas uscenti dai due armadi dovranno fornire le utenze elencate in *Tabella 3*.

Tabella 3 – Descrizione linee di gas in uscita da GIS H₂&D₂&BOR e GIS inerti

Numero Linea	Gas	Descrizione	Pressioni (in MPa assoluti)
1	H ₂ /D ₂	linea utilizzata durante gli impulsi e i trattamenti di prima parete GDC e PDC	Massima ammessa: 0,3 (a valle del GIS)
2	He	linea utilizzata durante gli impulsi e i trattamenti di prima parete GDC e PDC	Massima ammessa: 0,3 (a valle del GIS)
3	Ar	linea utilizzata per la ventilazione della camera da vuoto	Massima ammessa: < 0,13
4	N ₂	linea utilizzata per la ventilazione della camera da vuoto	Massima ammessa: < 0,13
5	N ₂	linea utilizzata per la ventilazione dei collettori di prevuoto, pompe turbomolecolari, diagnostiche e purge delle pompe turbomolecolari	massima ammessa: < 0,13
6	N ₂	linea utilizzata per il pilotaggio delle valvole pneumatiche	Esercizio: 0,55÷0,70
7	N ₂	linea utilizzata per la diluizione dello scarico delle pompe primarie	--

Dalla GIS-H₂&D₂&BOR partirà un'unica linea di H₂/D₂ verso la camera da vuoto. L'impianto prevederà la possibilità di bonificare le linee di gas nel tratto tra GIS-H₂&D₂ e punto di consegna sulla camera da vuoto.

Il sistema di immissione gas di H₂, D₂ e He durante le sessioni sperimentali e i processi di condizionamento della prima parete garantirà le portate indicate in *Tabella 1* senza l'utilizzo di serbatoio di accumulo.

L'armadio GIS-H₂&D₂&BOR sarà provvisto di un ventilatore di estrazione ATEX che verrà installato sul tetto in prossimità dell'ingresso dei tubi in R5 (vedi *Figura 2*). **NB:** Il ventilatore dovrà essere alimentato e controllato dal sistema ES-VI e LCS-VI.

3.3. Linee di consegna N₂ e Ar

Di seguito vengono approfonditi alcuni aspetti relativi alle linee di *Tabella 3* con il supporto di *Figura 1*.

Le linee N.3 e N.4 saranno utilizzate per la ventilazione della camera da vuoto di RFX-mod2 (circa 10m³). Verranno messe a disposizione due flange (una per linea) su una o due delle 10 sfere di pompaggio. Ogni linea sarà dotata di valvola pneumatica di intercettazione.

La linea N.5 sarà utilizzata per la ventilazione del collettore di prevuoto e pompe turbomolecolari e la miscelazione dello scarico delle pompe turbomolecolari durante le sessioni sperimentali e i trattamenti di condizionamento della prima parete. La linea in prossimità della camera da vuoto di RFX-mod2 percorrerà un anello che preveda due stacchi in corrispondenza di ogni pompa turbomolecolare. L'anello che gira intorno alla camera da vuoto può essere realizzato in tubo RILSAN o materiale equivalente. Tutte le valvole pneumatiche di intercettazione che si interfacciano con un componente in vuoto dovranno essere idonee a lavorare in vuoto.

La linea N.6 sarà utilizzata per il pilotaggio delle valvole pneumatiche. La linea in prossimità della camera da vuoto di RFX-mod2 percorrerà un anello che fornirà azoto a 12 cassette di elettrovalvole disposti in modo equispaziato intorno alla camera da vuoto. L'anello che gira intorno alla camera da vuoto è realizzato in tubo RILSAN o materiale equivalente.

3.4. Linea di consegna H₂/D₂ e He

La linea di H₂/D₂ e la linea di He provenienti dal GIS-H₂&D₂&BOR e GIS-He&N₂&Ar arriveranno sopra la camera da vuoto di RFX-mod2 distribuendosi su 4 collettori come nello schema di *Figura 4*. La *Tabella 4* riassume per ogni tipologia di gas e processo i collettori utilizzati, il numero di valvole e la loro tipologia.

Tutte le valvole dovranno essere controllate indipendentemente.

Ciascun collettore è isolato dalla flangia della camera da vuoto da un isolatore ceramico e una valvola pneumatica di sezionamento.

Le valvole piezoelettriche, fornite da RFX, sono pilotate con una tensione variabile da 0 a 200V DC con un tempo di risposta della valvola inferiore a 2ms (vedi paragrafo 2.3.6.3.3. di capitolato tecnico). Le valvole non possono ammettere a monte pressioni maggiori di 0.3 MPa assoluti.

Tabella 4 – Riassunto punti di immissione gas sopra camera da vuoto

Descrizione	Gas	Collettori utilizzati per immissione gas	Numero Valvole	Tipologia Valvola
Sessione sperimentale	H ₂ /D ₂	1-2-3-4	8	Piezoelettrica
Sessione sperimentale	He	1-3	2	Piezoelettrica
Trattamento PDC/GDC	H ₂ /D ₂	2	1	Valvola pneumatica
Trattamento PDC/GDC	He	4	1	Valvola pneumatica

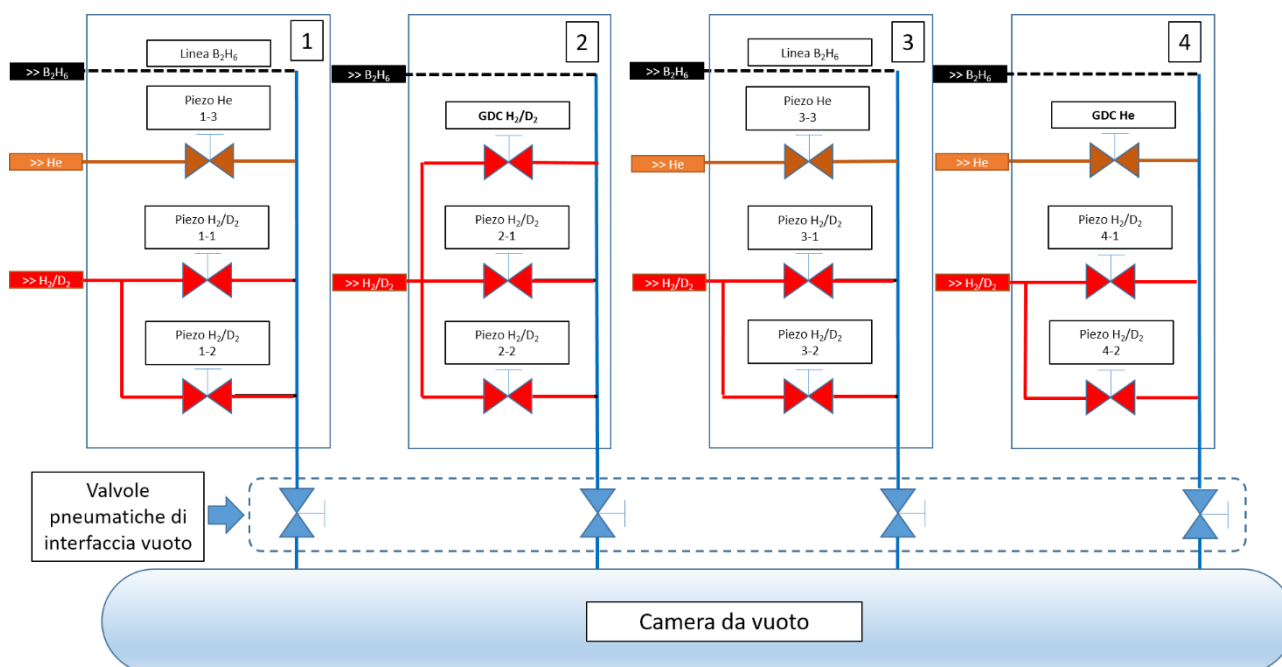


Figura 4: schema funzionale dei collettori di immissione gas sulla macchina RFX-mod2

4. Requisiti generali dell'impianto VI

Di seguito l'elenco dei principali requisiti dell'impianto VI:

- Le aree interne al Gas Storage e l'area all'interno dell'armadio del GIS-H2&D2&BOR dove sono presenti i gas infiammabili H₂ o D₂ sono classificate ATEX zona 2; pertanto il progetto e tutte le apparecchiature utilizzate all'interno di queste aree è conforme alla Direttiva ATEX 94/9/CE e a tutti i regolamenti delle Autorità Italiane.
- Le zone classificate ATEX saranno provvisti di rilevatori di H₂ per monitorare eventuali perdite che verranno acquisiti dal sistema LCS-VI per eseguire la chiusura delle valvole lungo la linea di H₂ e D₂.
- Analisi HAZOP per la valutazione delle catene di sicurezza necessarie a garantire una corretta intercettazione delle linee di linea di H₂ e D₂ e che un eventuale guasto della linea non possa provocare, a pompaggio acceso e spento, un accumulo di gas all'interno della camera da vuoto di RFX-mod2 che porti a condizioni di esplosività.
- Tutte le linee saranno in acciaio inox AISI 304L o AISI 316L e saldate al TIG orbitale. Tutte le saldature saranno identificate e tracciate. È ammesso l'utilizzo di raccordi a tenuta metallica (Swagelok VCR® o di equivalenti prestazioni per le linee con gas combustibili e doppia ogiva per i gas inerti)) nei punti di connessioni alla strumentazione.
- Tutta i tubi sono ancorati mediante supporti in materiale plastico e isolati dalle staffe di supporto. I componenti collegati direttamente alla camera da vuoto sono isolati elettricamente tramite isolatori ceramici. Tutti gli isolamenti dovranno essere dimensionati per una tensione di 2 kV DC.
- Certificato di conformità (se necessario) PED.
- Dichiarazione di conformità dell'impianto alle direttive PED, ATEX, EMC.

5. Posizione strumentazione da acquisire dal sistema ES-VI e LCS-VI

Di seguito vengono riassunte tutte le zone dove sono presenti componenti che dovranno essere alimentati o controllati dal sistema ES-VI e LCS-VI (vedi *Figura 2*):

- GDS: gas storage;
- Tetto edificio R6 (ventilatore estrazione GIS-H2&D2&BOR);
- Armadio GIS-H2&D2&BOR;
- Armadio GIS-He&N₂&Ar;
- Locale R5 sala.

6. Descrizione delle sequenze preprogrammate

Di seguito vengono descritte le sequenze elencate nel paragrafo 2.3.7.1.3 del capitolato tecnico. La descrizione di queste sequenze è solo a titolo indicativo, dovranno essere definite in dettaglio quando è realizzato il progetto definito dell'impianto. Vedere le *Figura 1* e *Figura 4* per una maggior comprensione.

6.1. Immissione gas durante sessione sperimentale in H2

La sequenza dovrà prevedere, dopo aver predefinito il numero di valvole piezoelettriche da attuare:

- apertura valvole nel gas storage della linea di H2;
- Bypass del flussimetro del cabinet GIS H2&D2&BOR;
- Apertura valvole pneumatiche bordo macchina;
- Apertura valvole piezoelettriche H2&D2 a bordo macchina.

Sequenza attuabile sia in locale che in remoto.

6.2. Immissione gas durante sessione sperimentale in D2

La sequenza dovrà prevedere, dopo aver predefinito il numero di valvole piezoelettriche da attuare:

- apertura valvole nel gas storage della linea di D2
- Bypass del flussimetro del cabinet GIS H2&D2&BOR
- Apertura valvole pneumatiche bordo macchina
- Apertura valvole piezoelettriche H2&D2 a bordo macchina

Sequenza attuabile sia in locale che in remoto.

6.3. Immissione gas durante sessione sperimentale in He

La sequenza dovrà prevedere, dopo aver predefinito il numero di valvole piezoelettriche da attuare:

- apertura valvole nel gas storage della linea di He;
- Bypass del flussimetro del cabinet GIS He&N₂&Ar;
- Apertura valvole pneumatiche bordo macchina;
- Apertura valvole piezoelettriche He a bordo macchina.

Sequenza attuabile sia in locale che in remoto.

6.4. Immissione gas durante condizionamento prima parete (GDC/PDC) in H₂

La sequenza dovrà prevedere:

- apertura valvole nel gas storage della linea di H₂;
- Apertura linea del flussimetro del cabinet GIS H₂&D₂&BOR e chiusura del bypass;
- Apertura valvole pneumatiche a bordo macchina;
- Apertura valvole pneumatiche H₂&D₂ a bordo macchina.

Sequenza attuabile sia in locale che in remoto.

6.5. Immissione gas durante condizionamento prima parete (GDC/PDC) in D₂

La sequenza dovrà prevedere:

- apertura valvole nel gas storage della linea di D₂;
- Apertura linea del flussimetro del cabinet GIS H₂&D₂&BOR e chiusura del bypass;
- Apertura valvole pneumatiche a bordo macchina;
- Apertura valvole pneumatiche H₂&D₂ a bordo macchina.

Sequenza attuabile sia in locale che in remoto.

6.6. Immissione gas durante condizionamento prima parete (GDC/PDC) in He

La sequenza dovrà prevedere:

- apertura valvole nel gas storage della linea di He;
- Apertura linea del flussimetro del cabinet GIS He&N₂&Ar e chiusura del bypass;
- Apertura valvole pneumatiche a bordo macchina;
- Apertura valvole pneumatiche He a bordo macchina.

Sequenza attuabile sia in locale che in remoto.