



Regione Lombardia

Direzione Generale Infrastrutture, Trasporti e Mobilità sostenibile



CODICE
COMMESSA

B 3 2

LIVELLO
PROGETTAZIONE

D

D.P.R.
207/10

f

PROGRESSIVO
ELABORATO

0 0 1

CATEGORIA
OPERA

I M

NUMERO
OPERA

- -

REVISIONE

R 0

SCALA

===

IMPIANTO MOBILE DI
RIFORNIMENTO IDROGENO
Progetto Definitivo

RELAZIONE CALOCLO TUBAZIONI

Revisioni		Data	Descrizione	Redatto	Controllato
	3		-		
	2		-		
	1		-		
	0	Nov. 2022	PRIMA EMISSIONE		

FERROVIENORD

APPALTATORE



Progettista



REDATTO	CONTROLLATO	APPROVATO	DATA
D'ANGELO	MUZZI	CIUFOLOTTI	08/11/2022
CODICE ARCHIVIO COLLABORATORE			AGG.
10-RP-E-0007			
Formato A4			
Foglio 1 di 5			

SOMMARIO

1	GENERALE	2
1.1	Scopo del documento.....	2
1.2	Inquadramento del progetto.....	2
1.3	Dati di base	2
1.4	Calcolo preliminare diametro tubazioni idrogeno	3

1 GENERALE

1.1 Scopo del documento

Oggetto della presente relazione è l'illustrazione degli input e risultati dei calcoli idraulici effettuati per il corretto dimensionamento delle tubazioni idrogeno in progetto.

1.2 Inquadramento del progetto

Il progetto prevede la realizzazione di un nuovo impianto di rifornimento idrogeno mobile per convogli ferroviari, localizzato nel deposito ferroviario di Rovato FN (BS).

Di seguito i ruoli delle principali società coinvolte nel progetto:

- Ferrovienord S.p.A. – Committente
- SAPIO – fornitore impianto mobile di rifornimento idrogeno che si avvale di:
- Techfem – progettista dell'impianto di rifornimento

L'area sulla quale verrà costruito tale impianto è quella rappresentata nell'ortofoto nella figura sottostante (Figura 1):

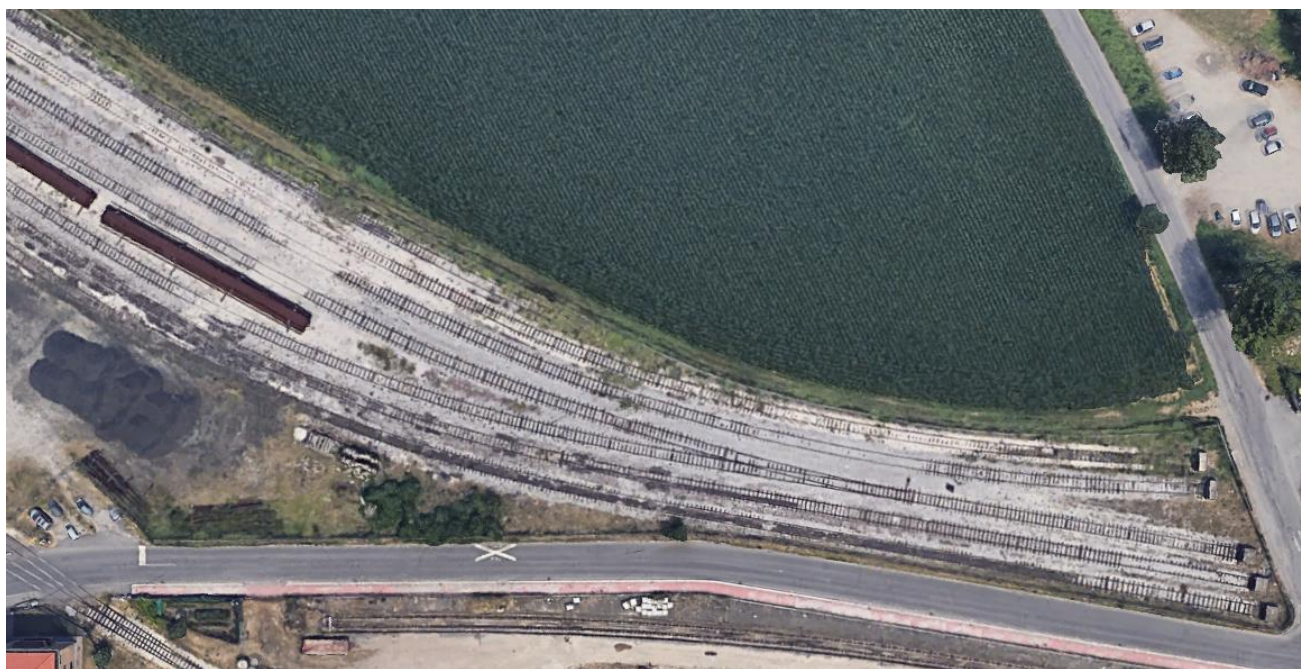


Figura 1 – Area adibita all'installazione dell'impianto rifornimento mobile Idrogeno

1.3 Dati di base

Di seguito sono riportati i principali dati base per poter sviluppare l'ingegneria definitiva.

- Temperatura media ambientale min/max: -5 °C / +33°C;
- Altitudine: 192m;
- Umidità relativa massima: 74%

- Valori di pressione di stoccaggio carro bombolaio : 200 / 300 / 500 / 640 barg a 15°C;
- Quantità massima idrogeno carro bombolaio: 1400 kg;
- Portata di trasferimento idrogeno massima: 420 kg/h;
- Purezza Idrogeno richiesta: Fuel cell grade 99,999 %;
- Pressione massima di riempimento serbatoi treni: 350 barg a 15°C;
- Quantità normale di stoccaggio idrogeno serbatoi treni: 2x160 kg;

1.4 Calcolo preliminare diametro tubazioni idrogeno

Line Description	Pipe ID	Material	Roughness	Line Length & Equivalent Length Factor		Line Sizing Criteria	Vibration & Noise Criteria	Flow Rate & Margin	Density	Viscosity	Inlet Pressure (Note 2)	Criteria Limits		Criteria Calculations				Reynolds Number	dP (Note 2)	
	mm	mm	m	ELF	psi							v	psi	dP/100m	v					
H2 @640 barg	14.27	Drawn Tubing	0.00152	34	None	1.0	Gas > 140 barg design pressure	Gas	420.00	0	38.80	0.0100	640.0	20000	30.0	13714.7	6.5179	18.80	1040957	2.2161
H2 @500 barg	14.27	Drawn Tubing	0.00152	34	None	1.0	Gas > 140 barg design pressure	Gas	420.00	0	32.4	0.0100	500.0	20000	30.0	16424	7.81	22.5	1040957	2.6538
H2 @200 barg	14.27	Drawn Tubing	0.00152	34	None	1.0	Gas > 140 barg design pressure	Gas	420.00	0	15.0	0.0100	200.0	20000	30.0	35369	16.81	48.5	1040957	5.7151
H2 @100 barg	14.27	Drawn Tubing	0.00152	34	None	1.0	Gas 100 - 140 barg design pressure	Gas	420.00	0	7.9	0.0100	100.0	15000	30.0	67701	32.17	92.8	1040957	10.9394

Figura 2 – Tabella riassuntiva dei dati ingresso e risultati simulazioni idrauliche tubo idrogeno

Nella tabella qui sopra sono riportati i dati di ingresso e i risultati dei calcoli idraulici per la tubazione di idrogeno tra i due pannelli intermedi.

Dopo i dati in ingresso, sono riportati i criteri da rispettare in termini di velocità, perdite di carico e pv^2 (indice delle vibrazioni).

I valori in rosso sono quelli che superano i limiti riportati nella tabella.

Risulta necessario ricordare che tutti questi calcoli sono stati condotti con una portata di rifornimento di 420 kg/h di idrogeno, che è il massimo consentito dai protocolli internazionali di ricarica TIR SAE J2601 H35D 2010. La portata reale del rifornimento sarà poi verificata in fase di avviamento perché strettamente dipendente dalle caratteristiche intrinseche della componentistica all'interno dell'unità di erogazione come orifizi delle valvole di controllo e perdite di carico concentrate di tutti i vari fittings installati, ma il valore di 420 kg/h è un limite massimo da non superare e quindi il calcolo è stato svolto in maniera fortemente conservativa.

Per quanto riguarda il rifornimento in cascata ad alta pressione (640 / 500 barg) si superano solamente i limiti di perdite di carico unitarie, ma per servizi come questi le norme di buona ingegneria non pongono limiti alle perdite di carico affinché sia garantita la pressione sufficiente per ragioni di processo. Essendo quindi il treno caricato a 350 barg, le perdite di carico introdotte dalla linea di circa 3 bar, non sono influenti.

Il caso invece di rifornimento da singolo volume a bassa pressione (300 / 200 barg) riporta alcuni valori fuori parametro in più vista la densità minore del gas e quindi una velocità maggiore nella tubazione.

I criteri non verificati possono essere giustificati con i seguenti motivi:

- Velocità elevate e relative perdite di carico non sono influenti in quanto, per questi servizi gas, è importante che la pressione finale sia sufficiente per soddisfare i requisiti di processo;
- Vibrazione elevate possono essere tollerate per fasi che hanno una limitata durata come nel nostro caso di rifornimento treno.

Il caso di 100 barg di pressione in uscita dal carro bombolaio è stato fatto per avere una sensibilità sulla risposta del sistema a condizioni limite. Difatti non abbiamo la certezza che si possano raggiungere pressioni così basse durante il rifornimento in virtù del gradiente di pressione necessario per effettuare il rifornimento del terno in tempi utili. Verrà svolta una simulazione in stato transitorio nella successiva fase di ingegneria per confermare questi valori. Come rafforzativo di questa condizione limite, ricordiamo che la durata del rifornimento con pressioni del carro così basse sarà molto limitata e la velocità di rifornimento sarà sicuramente inferiore ai 420 kg/h utilizzati nel calcolo in quanto, con un gradiente di pressione tra carro e treno sempre più basso, la portata calerà di conseguenza. La simulazione sopra citata potrà anche fornire il valore esatto della portata di rifornimento durante tutte le fasi.