



COMMISSARIO DELEGATO

per i Primi Interventi Urgenti di Protezione Civile in Conseguenza della Contaminazione da sostanze perfluoro-alchiliche (PFAS)

DCM del 21.03.2018 / OCDPC n. 519 del 28.05.2018



MODELLO STRUTTURALE DEGLI ACQUEDOTTI DEL VENETO (MO.S.A.V.)

INTERVENTI FINALIZZATI ALLA SOSTITUZIONE DELLE FONTI IDROPOTABILI CONTAMINATE DA SOSTANZE PERFLUORO-ALCHILICHE (PFAS)

ESTENSIONE DELLO SCHEMA NELL'AREA MONSELICENSE - ESTENSE - MONTAGNANESE

PROGETTO DEFINITIVO

<p>PROGETTISTI</p>	<p>Progettista responsabile integrazioni prestazioni specialistiche Ing. Luca Fresia</p> 	<p>Geologia Dott.geol Fabrizio Grosso</p> 
<p>CAPOGRUPPO MANDATARIA:</p>  <p>MANDANTI:</p>   <p>Arch. Iunior Doris Castello</p>	<p>Coordinatore sicurezza in fase di progettazione Ing. Andrea Fochesato</p> 	<p>Progettista responsabile elaborato Ing. Giampiero Venturini</p> 

22 - Attraversamento FFSS Mantova-Monselice
 22.01 Attraversamento FFSS Mantova-Monselice
 Relazione tecnico illustrativa

REV.	DATA	REDAZIONE	VERIFICA	AUTORIZZAZIONE	MODIFICHE

INDICE

1. PREMESSA	3
2. ATTRAVERSAMENTO FERROVIARIO	1
2.1 Descrizione	1
2.2 Caratteristiche del fluido trasportato	3
2.3 Caratteristiche dimensionali e tecniche della condotta principale portante	3
2.4 Calcoli di dimensionamento della condotta in pressione	4
2.5 Caratteristiche dimensionali e tecniche del tubo di protezione	4
2.6 Caratteristiche idrauliche del deflusso attraverso l'intercapedine	4
2.7 Ricoprimento della condotta	5
3. VERIFICA STATICA DEL TUBO DI PROTEZIONE	1
4. POZZETTI E VALVOLE DI INTERCETTAZIONE	1
4.1 Pozzetti	1
4.2 Chiusini	2
4.3 Valvole di intercettazione e strumenti di misura	2

1. PREMESSA

Il presente progetto definitivo riguarda lo sviluppo della progettazione di fattibilità redatto da Acque Venete nel marzo 2018 dell'intervento di estensione dello schema idrico nell'area monselicense-estense-montagnese al fine di sostituire le risorse emunte da pozzi inquinati da PFAS trattate con filtrazione su carboni attivi.

Nel dettaglio le opere di progetto consistono essenzialmente nella realizzazione di nuove condotte acquedottistiche che consentono di interconnettere i centri idrici esistenti con nuove fonti idriche non contaminate. Il presente progetto definitivo, denominato "Estensione dello Schema nell'Area Monselicense - Estense – Montagnanese" prevede la realizzazione dei seguenti interventi principali:

- prolungamento della condotta di gronda del sistema MoSAV da Ponso (dove è presente il collegamento con la centrale omonima) fino al serbatoio di progetto a Montagnana con tubazione avente diametro DN 800 mm;
- realizzazione di un nuovo serbatoio a Montagnana (n°2 moduli da 5'000 m³ cadauno: totale 10'000 m³) con annessa centrale di pompaggio;
- tratto di collegamento fra il nuovo serbatoio di Montagnana e la rete di Poiana Maggiore mediante posa di tubazione avente diametro DN 600 mm;
- tratto di collegamento al centro idrico di Montagnana mediante posa di tubazione avente diametro DN 400 mm in derivazione dalla linea DN 600 in corrispondenza di via Sette Albere incrocio via Fossa di Buoso;
- realizzazione di alcuni tratti di collegamento della rete esistente in comune di Monselice con tubazioni aventi diametro DN 700 mm;
- tratto di collegamento con la condotta di adduzione proveniente dai pozzi di Camazzole mediante posa di tubazione avente diametro DN 700 mm lungo via Piemonte in Comune di Monselice;
- tratto di potenziamento a Monselice da DN 400 e DN 700 fra il nodo di via Pascoli e l'attraversamento esistente della linea ferroviaria.

L'obiettivo che ci si prepone è quello di fornire acqua garantita alle aree attualmente interessate da inquinamento da PFAS e di implementare un sistema di sicurezza idrico flessibile e integrato, in grado di interconnettere diverse fonti di produzione per far fronte anche ad eventuali future fonti di pressione.

Nel tratto compreso tra il nuovo serbatoio e la rete di Poiana Maggiore, all'interno del territorio comunale di Montagnana, si rende necessaria la realizzazione di un attraversamento della linea ferroviaria Mantova-Monselice.

L'attraversamento del rilevato ferroviario sarà del tipo interrato ed eseguito mediante trivellazione con tecnologia spingitubo.

La presente relazione ha lo scopo di descrivere l'intervento di progetto nel rispetto della normativa vigente.

2. ATTRAVERSAMENTO FERROVIARIO

2.1 Descrizione

La nuova opera di attraversamento della linea ferroviaria Mantova-Monselice è ubicata all'interno del territorio comunale di Montagnana a nord-ovest dell'abitato di Megliadino San Fidenzo.



Figura 1 - Ortofoto di inquadramento della zona di intervento – Comune di Montagnana

Le caratteristiche dell'attraversamento in oggetto sono rispondenti alle "Norme Tecniche per gli attraversamenti ed i parallelismi di condotte e canali convoglianti liquidi e gas con ferrovie ed altre linee di trasporto" emanate dal Ministero dei Trasporti con D.M. 04 Aprile 2014.

La tecnica dello spingitubo permette di posare la condotta nel sottosuolo, in concomitanza di attraversamenti di infrastrutture importanti, senza far ricorso a scavi a "cielo aperto", ma semplicemente tramite una perforazione guidata che collega il punto di entrata con il punto di uscita. Lo scavo avviene mediante l'utilizzo di un mezzo per la perforazione, questo entrando nel tunnel attraverso la stessa tubatura scava e man mano il materiale di risulta viene convogliato all'esterno.

Nello specifico, le modalità adottate per la realizzazione del suddetto attraversamento prevedranno la creazione di una camera di spinta e una camera di arrivo della perforazione. Tali camere saranno realizzate mediante infissione di palancole tipo Larssen della profondità 9,00 m ed è inoltre previsto l'impiego di impianto well-point per il prosciugamento delle acque di falda, ove necessario, nelle due camerette.

Successivamente alla infissione delle palancole si procederà quindi con le operazioni di scavo entro le camerette e, limitatamente alla cameretta di spinta, al getto del basamento di fondo e della parete di contrasto della spinta.

Una volta eseguita questa operazione, si procederà alla trivellazione sotterranea mediante tecnica spingitubo per la posa del "tubo camicia" in acciaio che consentirà la successiva posa della condotta di progetto

all'interno del "tubo camicia" stesso e successiva connessione con le apparecchiature contenute nei pozzi di estremità. In particolare, tale tecnica prevede l'infissione rettilinea e pressoché normale all'asse del binario di un tubo di protezione prefabbricato del DN 1000 in acciaio avente spessore di millimetri 8 in barre aventi una lunghezza di 6,00 m, nel quale verrà successivamente introdotta la tubazione del DN 600 in ghisa per il trasporto dell'acqua.

La condotta portante sarà posata all'interno del tubo protezione con appositi collari distanziatori in PEAD, aventi la funzione di distanziatori-centratori fra le due tubazioni, di altezza minima pari a 70 mm utile a consentire un corretto infilaggio delle tubazioni, nello specifico sono previsti un numero di 4 collari per ogni tubo, con interasse massimo di metri 1,5.

La condotta di protezione sarà interrata a una profondità tale che l'altezza del terreno sovrastante risulti sempre superiore a 1,2 m e che la distanza tra il piano del ferro e l'estradosso della tubazione, sia superiore a 2.0 m come richiesto dal DM 4 aprile 2014.

A monte e a valle dell'attraversamento il tubo di protezione verrà inglobato all'interno di pozzetti in cemento armato gettati in opera contenenti le seguenti apparecchiature:

- pozzetto di monte: valvola a farfalla + sfiato;
- pozzetto di valle: valvola a farfalla + scarico.

Detti pozzetti verranno realizzati ad una distanza superiore a 10 m e permetteranno di isolare il tratto di condotta passante sotto il rilevato ferroviario ed effettuare, se necessario, lo svuotamento della condotta stessa tramite lo sfiato e lo scarico; sulla soletta di copertura verranno posizionati dei chiusini in ghisa al fine di permettere l'accesso alle camerette di manovra.

Si riportano di seguito le caratteristiche principali dell'attraversamento.

Attraversamento F.S. Mantova- Monselice

Condotte di progetto: condotta di adduzione primaria DN600 in ghisa

Fossa di spinta: dimensioni pari a 8.50 m x 3.50 m

Fossa di arrivo: dimensioni pari a 3.00 m x 3.00 m

Tubo guaina utilizzato: tubo guaina in acciaio DN1000

Lunghezza tratto in attraversamento: 25.50 m

Profondità minima dall'asse della ferrovia al cielo tubo guaina: 4.32 m

Per ulteriori dettagli si rimanda agli elaborati grafici allegati al progetto (Tav. 22.02).

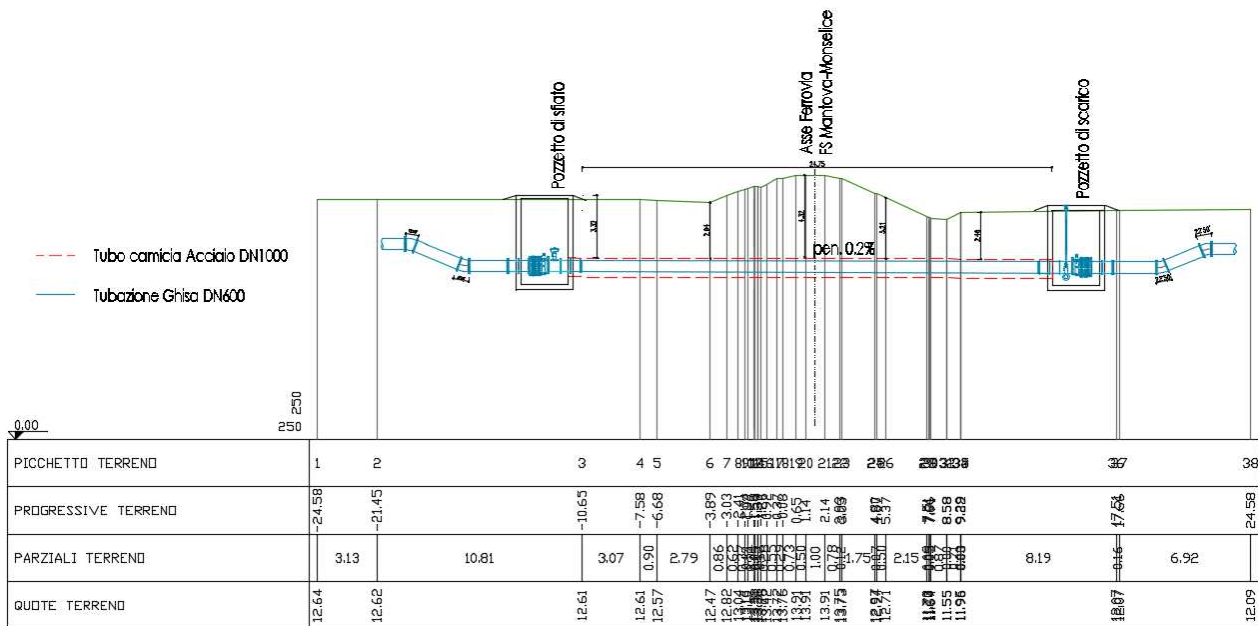


Figura 2 – Profilo di progetto dell'attraversamento della linea ferroviaria

2.2 Caratteristiche del fluido trasportato

La tubazione di attraversamento rappresenterà un nuovo collegamento della rete acquedottistica e quindi convoglierà acqua potabile.

Nella tabella seguente si riportano le caratteristiche del fluido trasportato:

Tipologia fluido	acqua potabile
Pressione di esercizio	5,2 bar
Sovrapressione da colpo d'ariete	4,8 bar
Pressione massima di esercizio	15,0 bar

2.3 Caratteristiche dimensionali e tecniche della condotta principale portante

Il tubo portante sarà realizzato in ghisa DN 600 mm con giunto anti-sfilamento con un rivestimento interno in malta cementizia di altoforno e un rivestimento esterno in lega di zinco e alluminio. Nella tabella seguente si riportano le caratteristiche della condotta portante:

Diametro esterno condotta	635 mm
Spessore condotta	8,7 mm
Diametro interno condotta	600 mm
Materiale condotta	GHISA
Pressione di funzionamento ammissibile (PFA)	30 bar (3 N/mm ²)
Limite di snervamento al 0,2%	270 MPa (N/mm ²)
Tensione di rottura	420 MPa (N/mm ²)

2.4 Calcoli di dimensionamento della condotta in pressione

Facendo riferimento al valore della tensione ammissibile, attraverso la formula di Mariotte si ricava uno spessore minimo della tubazione sMIN, necessario per garantire l'equilibrio statico della condotta rispetto agli stati di pressione interna, pari a 2,6 mm. Uno spessore effettivo della condotta di 8,7 mm garantisce dunque una riserva di sicurezza particolarmente elevata e il rispetto del valore minimo, pari a 5 mm, indicato al punto 4.3.5 del D.M. 04/04/2014.

2.5 Caratteristiche dimensionali e tecniche del tubo di protezione

Il tubo portante sarà realizzato in acciaio al carbonio DN 1000 mm. Nella tabella seguente si riportano le caratteristiche del tubo di protezione della condotta di acquedotto di attraversamento:

Diametro esterno condotta	1016 mm
Spessore condotta	8,0 mm
Diametro interno condotta	1000 mm
Materiale condotta	acciaio
Tensione ammissibile	237 N/mm ²

2.6 Caratteristiche idrauliche del deflusso attraverso l'intercapedine

Di seguito vengono riportati i valori dei principali parametri che caratterizzano il deflusso attraverso l'intercapedine libera fra la condotta e il tubo di protezione.

Superficie liquida S	0,502 m ²	Area compresa nell'intercapedine
Perimetro bagnato C	5,026 m	Perimetro dell'intercapedine
Raggio idraulico Rh	0,100 m	
Scabrezza secondo Strickler Ks	110 m ^{1/3} s ⁻¹	
Pendenza del tubo	0.002	Pendenza di posa del tubo
Portata Q	282 l/s	Corrispondente ad una velocità del fluido pari ad 1 m/sec all'interno della condotta di attraversamento
Velocità v	1,00 m/s	

Applicando la relazione di moto uniforme di Gaukler-Strickler risulterebbe una pendenza minima necessaria a garantire il deflusso di una portata di 282 l/sec attraverso l'intercapedine libera fra la condotta e il tubo di protezione, pari al 0,06%; essendo quest'ultimo valore inferiore a quello che verrà realizzato in progetto (0,2 %) viene garantito il rispetto del D.M. 04/04/2014.

Di seguito si riporta il tabulato di verifica.

Diametro interno del tubo di protezione [m]	D =	1,0000
Diametro interno della condotta interna [m]	di =	0,6000
Area liquida della condotta interna [m ²]	A =	0,2827
Ks di Strickler [m ^{1/3} /s]	Ks =	110
Portata da smaltire [m ³ /s]	QS =	0,2827
Pendenza	i =	0,002
Area liquida del tubo di protezione [m ²]	Af =	0,7854
Area liquida occupata dalla condotta interna [m ²]	Aie=	0,2827
Area intercapedine (area liquida effettiva (Af-Aie) [m ²]	Aeff =	0,5027
Perimetro bagnato sul tubo di protezione [m]	Ce =	3,1416
Perimetro bagnato sulla condotta interna [m]	Ci =	1,8850
Perimetro bagnato Ce + Ci [m]	P =	5,0265
Raggio idraulico [m]	Rh =	0,1000
Portata smaltita [m ³ /s]	Q =	0,5327

2.7 Ricoprimento della condotta

L"estradosso superiore del tubo di protezione in corrispondenza dei binari sarà mantenuto ad una profondità pari a circa 4,00 m dal piano del ferro.

3. VERIFICA STATICA DEL TUBO DI PROTEZIONE

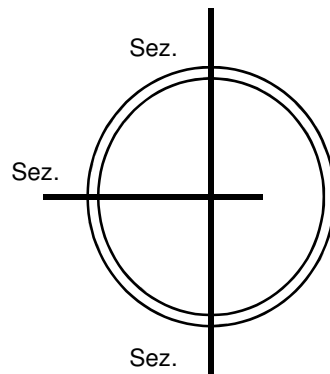
DATI DI PROGETTO

Le situazioni di calcolo sono quelle relative alle presentazioni grafiche allegate al presente progetto.

Le caratteristiche medie considerate per il terreno, relativamente ai parametri geotecnici interessati dalle calcolazioni, sono:

- peso specifico $\gamma_t = 1800 \text{ daN/m}^3$
- peso specifico del terreno in condizioni di saturazione = 2100 kg/m^3
- angolo attivo $\varnothing = 24^\circ$

I valori degli sforzi sono stati riassunti nella successiva relazione di calcolo che riporta le schematizzazioni desunte dal D.M. 04/04/2014 per le varie condizioni di carico. Le sezioni considerate sono:



Come si riscontra dalle analisi dei risultati, le sollecitazioni massime calcolate sono congruamente inferiori a quelle ammissibili, tale fatto a garanzia di durata per l'intervento.

DATI DI CALCOLO

Si hanno le seguenti caratteristiche del tubo portante e del tubo protezione:

Per la condotta adduttrice si impiegano tubazioni in ghisa, aventi le seguenti caratteristiche:

- Diametro nominale: 600 mm
- Diametro esterno del bicchiere della condotta interna: 738.5 mm
- Spessore del tubo: 8.7mm
- Peso per ml: 150.6 kg/ml

Per la tubazione di protezione si impiegano condotte in acciaio L355, aventi le seguenti caratteristiche:

- Diametro nominale: 1000 mm
- Diametro esterno: 1016 mm
- Spessore del tubo: 8 mm
- Diametro interno: 1000 mm
- Peso per ml: 250 (248,1) kg/ml
- Tensione ammissibile, $\sigma_{amm} = 2370 \text{ [daN/cm}^2\text{]}$

- Tensione di snervamento, $\sigma_{sne} = 3550$ [daN/cm²]

Per il calcolo del tubo si considerano le seguenti sollecitazioni esterne:

- Peso della tubazione
- Carico ripartito superiore, corrispondente al peso del terreno sovrastante la tubazione ed ai carichi transitanti sulla sede ferroviaria.
- Carico ripartito laterale, corrispondente alla parte rettangolare del diagramma di spinta: pressione dovuta al terreno + pressione dovuta al sovraccarico accidentale.
- Carico triangolare laterale, corrispondente alla parte triangolare del diagramma di spinta: pressione dovuta al terreno.
- Reazione radiale costante in un settore corrispondente ad un angolo al centro di 60° in funzione del carico Q, pari alla somma di tutti i carichi verticali agenti sulla tubazione.
- Carico idrostatico interno corrispondente alla situazione in cui il tubo sia pieno d'acqua.

Le sollecitazioni massime a cui sarà sottoposta la tubazione dovranno essere inferiori o uguali a quelle previste dalla vigente normativa come ammissibili.

Il calcolo di tali sollecitazioni viene eseguito facendo ricorso alle relazioni riportate per esteso nelle pagine seguenti.

Le variabili alla base del calcolo risultano così definite:

- γ_s peso specifico c.a. assunto pari a 7711 daN/m³
- s spessore della tubazione [mm]
- \varnothing_e diametro esterno della tubazione protezione [mm]
- \varnothing_i diametro interno della tubazione protezione [mm]
- r raggio medio della tubazione [mm]
- p carico ripartito superiore funzione di γ_t e H [kg/cm²]
- γ_t peso specifico del terreno assunto pari a 1800 kg/m³
- γ_{sat} peso specifico del terreno in condizioni di saturazione, pari a 2100 kg/m³
- γ_w peso specifico del fluido trasportato assunto pari a 1.000 kg/m³
- H distanza tra l'estradosso della tubazione ed il piano inferiore delle traverse [m]
- H_f distanza tra il livello della falda ed il piano inferiore delle traverse [m]
- q carico ripartito laterale costante funzione di γ_t e H [kg/cm²]
- \varnothing angolo di attrito del terreno
- z carico triangolare laterale funzione di r e s
- Q reazione radiale costante
- P_t peso del tubo

Nel caso in esame le variabili sopra elencate assumono i seguenti valori:

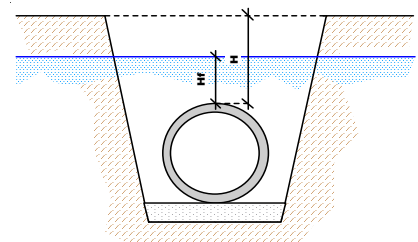
$$\gamma_t = 1800 \text{ kg/m}^3 \quad \varnothing = 24^\circ$$

$$\gamma_{sat} = 2100 \text{ kg/m}^3$$

$$\varnothing_e = 1016 \text{ mm} \quad \varnothing_i = 1000 \text{ mm}$$

$$H = 4.32 \text{ m} \quad s = 8 \text{ mm}$$

$$H_f = 1.27 \text{ m}$$



In funzione di tali valori vengono determinati i carichi agenti sulla tubazione. Caratteristiche delle tubazioni:

A. Peso della tubazione: $P_t = 245 \text{ daN/m}^2$

B. Il carico ripartito superiore risulta come somma di due termini: carico permanente (P_p), che verrà calcolato considerando sia il contributo dato dalla spinta del terreno, P_{p_t} , sia quello dato dalla spinta dell'acqua, P_{p_w} , sommato al carico accidentale (P_a) calcolato per ferrovie a semplice binario:

$$p = P_{p_t} + P_{p_w} + P_a = [\gamma_t * (H - H_f) + (\gamma_{sat} - \gamma_w) * H_f] + [\gamma_w * H_f] + \left[\frac{15000}{2.6 + 1.5 * H} \right]$$

$$= 9809 \text{ [daN/m}^2\text{]}$$

col significato dei simboli come indicato.

C. Il carico ripartito laterale, corrispondente alla parte rettangolare del diagramma di spinta (terrapieno+ sovraccarico+ carico mobile), risulta:

$$q = q_{p_t} + q_{p_w} + q_a$$

$$= [\gamma_t * (H - H_f) + (\gamma_{sat} - \gamma_w) * H_f] * K_a + [\gamma_w * H_f] + \left[\frac{15000}{2.6 + 1.5 * H} \right]$$

$$* K_a = 4871 \text{ [daN/m}^2\text{]}$$

D. Il carico ripartito laterale, corrispondente alla parte triangolare del diagramma di spinta (terrapieno+ sovraccarico+ carico mobile), risulta:

$$q = q_{p_t} + q_{p_w} = [(\gamma_{sat} - \gamma_w) * \emptyset_e] * K_a + [\gamma_w * \emptyset_e] = 1487 \text{ [daN/m}^2\text{]}$$

E. La reazione radiale corrispondente ad un angolo di 60° , in funzione del carico pari alla somma di tutti i carichi verticali opportunamente combinati, risulta:

$$Q = p * \emptyset_e + P_t + (\gamma_w * \pi * \frac{\emptyset_e^2}{4}) = 9400 \text{ [daN/m]}$$

CALCOLO DELLE SOLLECITAZIONI MASSIME PER LE CONDIZIONI DI CARICO

Si riporta di seguito il dettaglio dei parametri di sollecitazione calcolati in base ai carichi esterni agenti e delle relative tensioni indotte.

- Raggio medio della sezione, r : 0.504 [m]
- Raggio esterno della condotta, r_e : 0.508 [m]
- Raggio interno della condotta, r_i : 0.500 [m]
- Spessore della condotta, s : 0.008 [s]
- Momento d'inerzia, J : 321780 [cm⁴]
- Momento di resistenza, M : 6334 [cm³]
- Area della sezione, A : 253 [cm²]

Sezione	Sollecitazione	Unità misura	Peso proprio	Carico superiore	Carico laterale	Carico triangolare	Reazione radiale	Totale
			A	B	C	D	E	
sezione verticale superiore	M	daNm	7,8	746,0	-309,3	-39,4	-34,6	370,6
	N	daN	-15,5	-524,5	2455,1	234,3	139,3	2288,5
sezione orizzontale mediana	M	daNm	-8,9	-764,2	309,3	47,2	35,6	-381,0
	N	daN	48,8	4943,7	0,0	0,0	0,0	4992,6
sezione verticale inferiore	M	daNm	23,5	1463,1	-309,3	-55,1	-529,0	593,2
	N	daN	15,5	524,5	2455,1	515,4	1120,2	4630,6

VERIFICA ALLE TENSIONI

Ai sensi del Decreto Ministeriale del 4 aprile del 2014, come riportato al punto 4.4.2, *per i tubi di protezione in acciaio la sollecitazione massima cui risulta sottoposto il materiale, nella verifica delle tensioni di esercizio, non deve essere superiore alla metà del carico di snervamento minimo del materiale.*

Si riporta di seguito la verifica alle tensioni relativa alle tre sezioni considerate.

	Unità misura	Tensioni	Verifica
sezione verticale superiore	kg/cm ²	14,9	OK
	kg/cm ²	3,2	OK
sezione orizzontale mediana	kg/cm ²	13,7	OK
	kg/cm ²	25,7	OK
sezione verticale inferiore	kg/cm ²	27,6	OK
	kg/cm ²	8,9	OK

4. POZZETTI E VALVOLE DI INTERCETTAZIONE

4.1 Pozzetti

I pozzetti previsti in progetto saranno realizzati in calcestruzzo armato e avranno le seguenti caratteristiche:

- pozzetto di valle dell'attraversamento ferroviario; manufatto in c.a. quadrato di dimensioni con interne 2,50x2,50 m con spessore delle spalle murarie di 25 cm, fornito di soletta superiore carrabile per carichi di prima categoria, passo d'uomo diametro minimo 60 cm e chiusura in ghisa sferoidale;
- pozzetto di monte dell'attraversamento ferroviario; manufatto in c.a. rettangolare con dimensioni interne 2,50x2,00 m, con spessore costante delle spallette pari a 25 cm, fornito di soletta superiore carrabile per carichi di prima categoria, passo d'uomo diametro minimo 60 cm e chiusura in ghisa sferoidale;

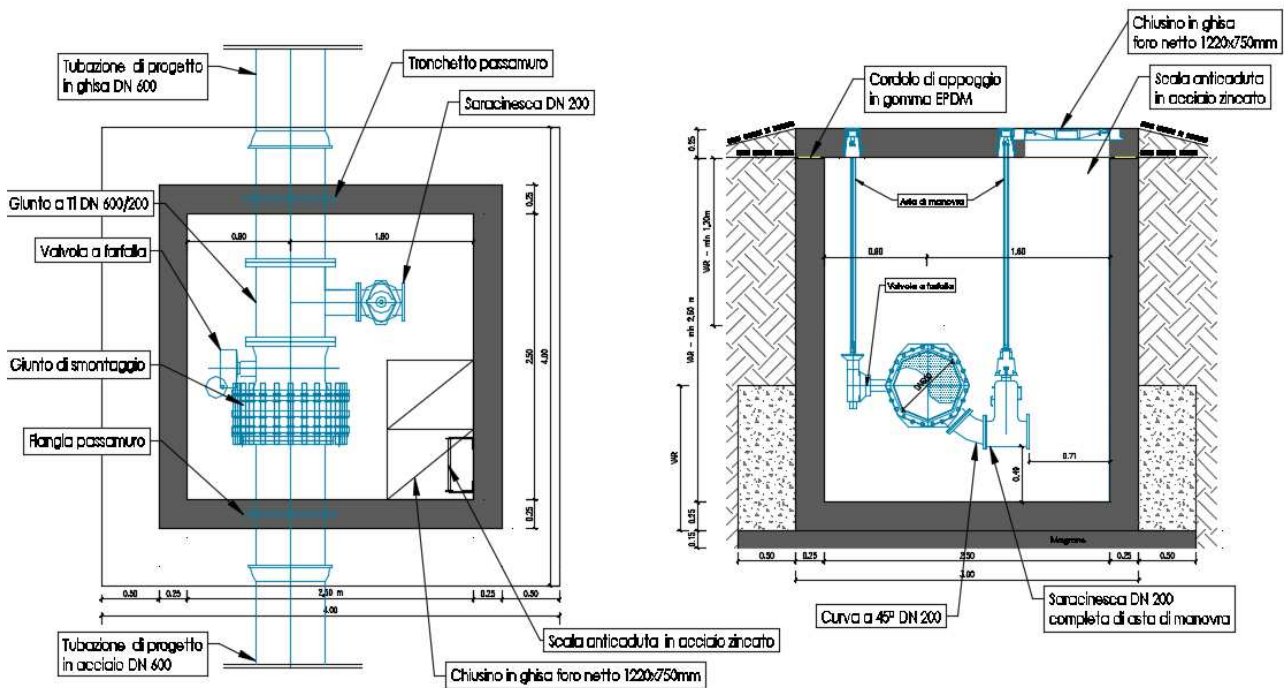


Figura 3 – Pozzetto di scarico – Pianta e sezione

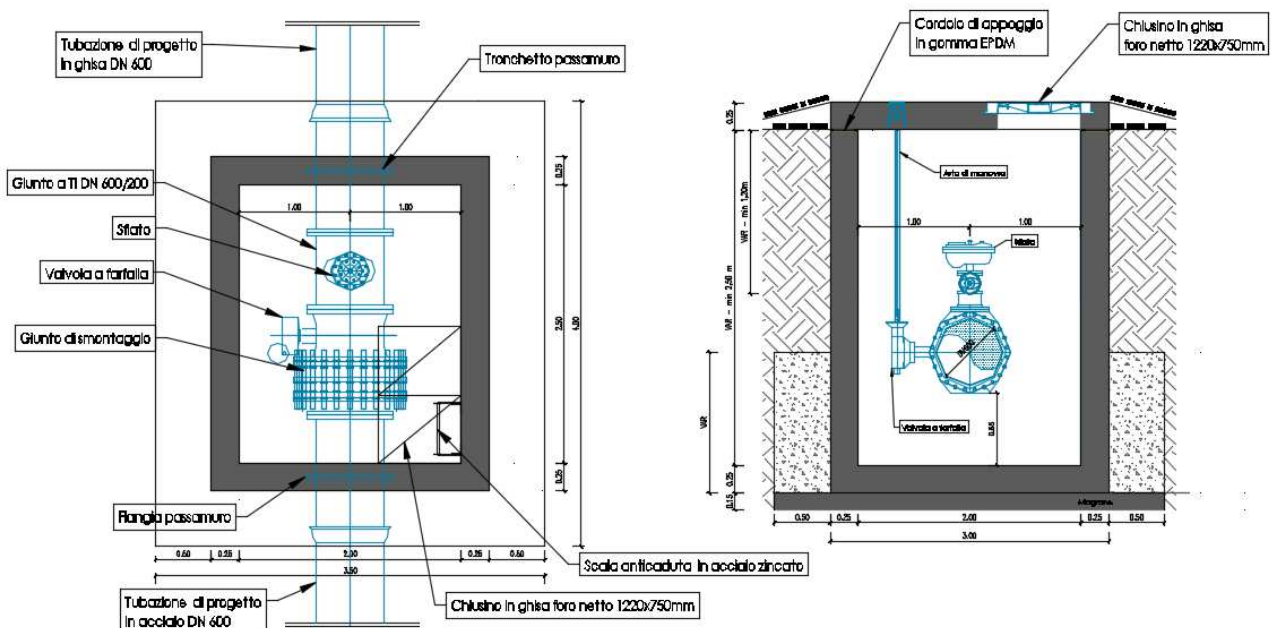


Figura 4 – Pozzetto di sfiato – Pianta e profilo

4.2 Chiusini

I pozzetti di progetto saranno accessibili attraverso passi d'uomo con diametro minimo pari a 60 cm forniti di chiusini in ghisa sferoidale di classe D400 secondo la norma UNI EN 124.

4.3 Valvole di intercettazione e strumenti di misura

All'interno dei pozzetti verranno posizionate le seguenti apparecchiature:

- pozzetto di valle dell'attraversamento ferroviario;
 - valvola a farfalla DN 600 mm;
 - scarico DN 200 mm con saracinesca a corpo piatto;
 - presa di carico per effettuare prove e collaudi;
 - manometro.
- pozzetto di monte dell'attraversamento;
 - valvola a farfalla DN 600 mm;
 - sfiato automatico DN 100 mm;
 - presa di carico per effettuare prove e collaudi;
 - manometro.

Le valvole a farfalla sono impiegate come organi di intercettazione negli acquedotti, nelle reti idriche in genere e negli impianti idroelettrici; presentano limitate perdite di carico a valvola completamente aperta e garanzia di perfetta tenuta a valvola completamente chiusa. Possono inoltre essere utilizzate come valvole di sicurezza.