
 PIAVE SERVIZI S.R.L.	Comune di Gorgo al Monticano		Commessa: GOR10A	
			GOR10A-ESE-R02-00	
	SOSTITUZIONE DI UN TRATTO DI CONDOTTA IDRICA DN125 TRA GORGIO AL MONTICANO E CAVALIER PROGETTO DEFINITIVO - ESECUTIVO		Rev.	Data
			00	Febbraio 2019
Pag. 1 di 15 totali				

INDICE

1. PREMESSE	2
2. CARATTERI GENERALI DELLA LINEA ACQUEDOTTISTICA GORGIO AL MONTICANO- RONCHE	2
3. IL MODELLO NUMERICO DELLA RETE ADDUTTRICE.....	4
4. LE OPERE DI PROGETTO.....	6
4.1. IL DIMENSIONAMENTO DELLE OPERE	6
5. PROGETTAZIONE DELL'ATTRAVERSAMENTO DI LINEA FERROVIARIA	7
5.1. CRITERI DI PROGETTAZIONE	7
5.2. PRESSIONE DI ESERCIZIO E COLPO D'ARIE	7
5.3. VERIFICA DELLA TUBAZIONE INTERNA	10
5.4. VERIFICA DELLA TUBAZIONE ESTERNA	10
5.5. VERIFICA DELLA PORTATA DI SMALTIMENTO	14
5.6. MODALITÀ DI ESECUZIONE DELL'ATTRAVERSAMENTO	15
5.7. CRONOPROGRAMMA DEI LAVORI	15

 PIAVE SERVIZI S.R.L.	Comune di Gorgo al Monticano		Commessa: GOR10A	
			GOR10A-ESE-R02-00	
	SOSTITUZIONE DI UN TRATTO DI CONDOTTA IDRICA DN125 TRA GORGIO AL MONTICANO E CAVALIER PROGETTO DEFINITIVO - ESECUTIVO		Rev.	Data
			00	Febbraio 2019
Pag. 2 di 15 totali				

1. PREMESSE

Il presente progetto riguarda gli interventi di “*Sostituzione di un tratto di condotta idrica adduttrice tra Gorgo al Monticano e Cavalier*”, in rispondenza alla programmazione dell’azienda Piave Servizi S.r.l. che ha valutato prioritario tale intervento ai fini del potenziamento e della minimizzazione dei costi (energetici) di gestione del sistema cd. “adduzione Sud”.

A tale scopo in data 08.06.2018 l’azienda ha affidato allo scrivente Studio Tecnico Associato IDEVA Ingegneria la redazione dello Studio di fattibilità tecnico-economica e il Progetto definitivo-esecutivo delle opere (CIG: ZEC23E58EF). Gli obiettivi principali di tale documento si possono pertanto sintetizzare nei seguenti:

- ✓ potenziamento di un tratto di condotta adduttrice oramai obsoleto e sottodimensionato ai fini delle portate addotte;
- ✓ minimizzazione dei costi energetici di gestione dell’intero sistema di adduzione di cui fa parte la linea oggetto di intervento.


Le opere di seguito descritte rispondono agli obiettivi sopra elencati, prevedendo la posa di una nuova tubazione acquedottistica a sostituzione di quella esistente per una estesa complessiva di circa 1.850 m e con un diametro maggiorato rispetto a quello attuale (DN 125mm).

2. CARATTERI GENERALI DELLA LINEA ACQUEDOTTISTICA GORGIO AL MONTICANO-RONCHE

Relativamente la nuova linea di adduzione, sono state raccolte alcune informazioni di carattere funzionale e geometrico.

Dai dati relativi ai fatturati per l’anno 2016, è stata ricavata la dotazione pari a 191.4 l/g-ab del Comune di Gorgo al Monticano, come il valore maggiore tra i comuni serviti dalla rete, a fronte di una entità di popolazione relativamente bassa, contrariamente al comune di Oderzo.

Per quanto riguarda il serbatoio di Gorgo al Monticano, al quale la nuova linea di adduzione sarà indirettamente allacciata, è stato osservato il problema di tenuta dell’acqua invasata, con livelli superiori a 9.5-10.0 m dal fondo vasca. Per questo motivo è stata inserita una valvola automatica di controllo del livello, i cui azionamento produce un continuo alternarsi di alte e basse pressioni in rete, ed una conseguente variazione di portata in ingresso al serbatoio. A tal proposito, l’immagine di seguito riproduce l’andamento di portate e livello al serbatoio di Gorgo.

 PIAVE SERVIZI S.R.L.	Comune di Gorgo al Monticano		Commessa: GOR10A	
	SOSTITUZIONE DI UN TRATTO DI CONDOTTA IDRICA DN125 TRA GORGO AL MONTICANO E CAVALIER PROGETTO DEFINITIVO - ESECUTIVO		GOR10A-ESE-R02-00	
			Rev.	Data
			00	Febbraio 2019
Pag. 3 di 15 totali				

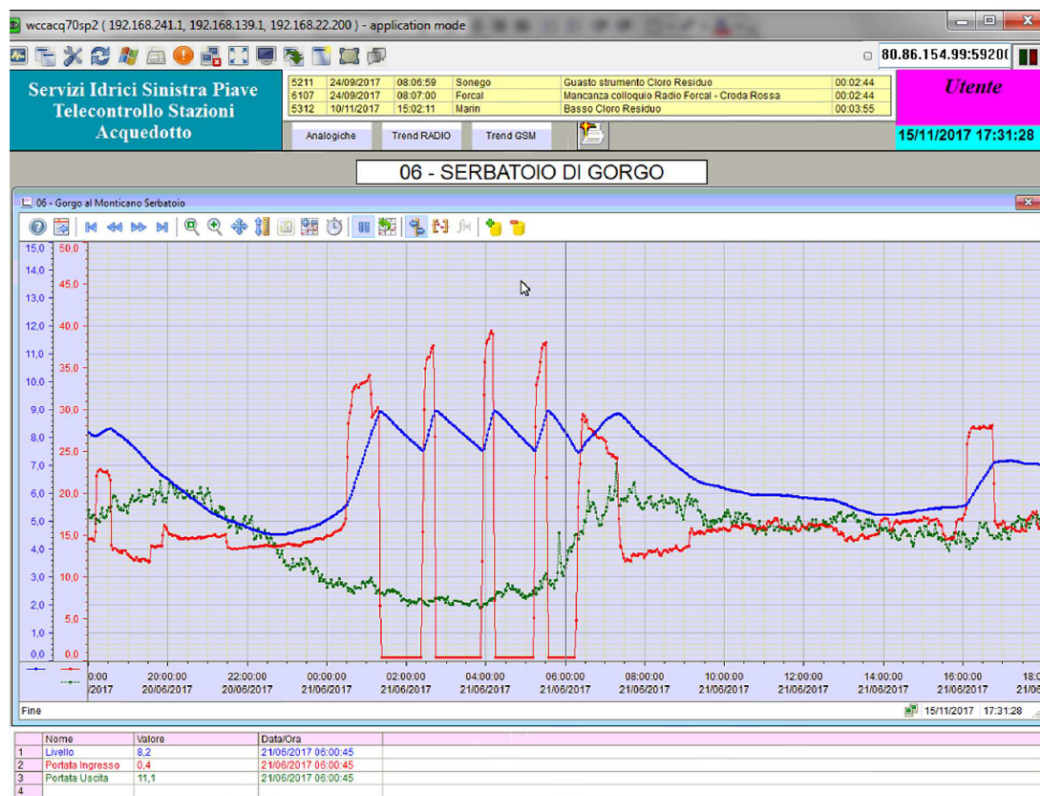



Fig. 2.1 Andamento di portate e livello in condizione estiva

 PIAVE SERVIZI S.R.L.	Comune di Gorgo al Monticano		Commessa: GOR10A	
	SOSTITUZIONE DI UN TRATTO DI CONDOTTA IDRICA DN125 TRA GORG AL MONTICANO E CAVALIER PROGETTO DEFINITIVO - ESECUTIVO		GOR10A-ESE-R02-00	
			Rev.	Data
			00	Febbraio 2019
Pag. 4 di 15 totali				

3. IL MODELLO NUMERICO DELLA RETE ADDUTTRICE

La progettazione dell'intervento si inserisce in un contesto ben definito di obiettivi, così come già riportato tra le premesse alla presente relazione.

Tra il serbatoio di Gorgo al Monticano e la località Ronche è attualmente presente una condotta idrica distributrice (DN 125 mm), divenuta oramai obsoleta ed insufficiente al fabbisogno idrico dell'area. Tale situazione si è appalesata in un recente Studio¹ commissionato dalla Azienda Piave Servizi Srl per valutare, con modello numerico, il comportamento del sistema "adduzione Sud" ed individuare dei possibili interventi di riabilitazione e potenziamento. Nello Studio si traggono le conclusioni ed osservazioni riportate di seguito:

1) Tra le criticità strutturali si evidenziano:

a. il problema delle dimensioni dei diametri di alcune tratte (in particolare Gorgo-Ronche e Gorgo-Motta), specialmente per quanto riguarda le condizioni di massimo consumo;

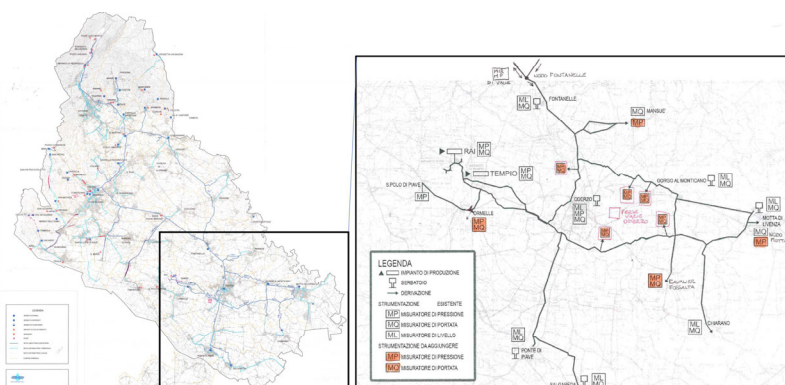
2) Tra le criticità di tipo gestionale/operativo:

a. il problema dei transitori del colpo d'ariete, derivanti specialmente dalla regolazione di alcuni organi di chiusura per la modulazione dei flussi (valvola di caricamento del serbatoio di Gorgo)


b. il problema del mantenimento di una adeguata curva di riempimento per i serbatoi pensili (spesso controllati da modulazioni di tipo orario, e quindi non ugualmente valide per tutti i regimi di richiesta idrica).

(...) Nell'ottica quindi di una minimizzazione dei costi (energetici) di gestione e, soprattutto, avendo come ulteriore finalità l'incremento di affidabilità della rete, si ritiene che l'alternativa P possa essere ritenuta come quella da attuare, essendo caratterizzata, da un lato, dai minimi interventi di potenziamento di condotte necessari per garantire un congruo riempimento dei serbatoi (in particolare quelli di Gorgo al Monticano e Motta di Livenza) e, dall'altro, da una separazione funzionale più logica del sistema nel suo complesso, potendo mantenere le due attuali stazioni di pompaggio ad un regime minimo e lasciando il compito di regolazione ottimale ai due nuovi gruppi di spinta a valle del nuovo serbatoio.

.. l'aspetto programmatico degli




¹ Idrostudi Srl - Implementazione del modello numerico della rete adduttrice alimentata dai pozzi di Rai - San Polo e Tempio di Ormelle, al fine di ottimizzare le pressioni esistenti - 09.04.2018.

 PIAVE SERVIZI S.R.L.	Comune di Gorgo al Monticano		Commessa: GOR10A	
	SOSTITUZIONE DI UN TRATTO DI CONDOTTA IDRICA DN125 TRA GORGO AL MONTICANO E CAVALIER PROGETTO DEFINITIVO - ESECUTIVO		GOR10A-ESE-R02-00	
			Rev.	Data
			00	Febbraio 2019
			Pag. 5 di 15 totali	

interventi relativi all'Alternativa P, i quali, considerato il fatto che l'attività di relining è già in corso, dovranno essere tali da assegnare la massima priorità di realizzazione alla linea che da Ronche va al serbatoio di Gorgo al Monticano (sostituendo l'attuale DN 125 mm), per poi intervenire con la successiva linea da Gorgo a Motta di Livenza.

La soluzione P citata dallo precedente Studio, prevede la sostituzione della esistente linea di adduzione in acciaio DN125 mm, con una nuova linea adduttrice Gorgo-Ronche (L=2.0km) maggiorata al DN250 mm e al DN300 mm. In tale ottica, la vecchia linea di adduzione sarà comunque mantenuta ed opportunamente allacciata alla rete di distribuzione esistente. Nello stesso ambito, escluso dal presente progetto, rientra anche la realizzazione a Gorgo al Monticano di un nuovo serbatoio a terra da 400m³.

 PIAVE SERVIZI S.R.L.	Comune di Gorgo al Monticano		Commessa: GOR10A	
			GOR10A-ESE-R02-00	
	SOSTITUZIONE DI UN TRATTO DI CONDOTTA IDRICA DN125 TRA GORGO AL MONTICANO E CAVALIER PROGETTO DEFINITIVO - ESECUTIVO		Rev.	Data
			00	Febbraio 2019
Pag. 6 di 15 totali				

4. LE OPERE DI PROGETTO

4.1. *Il dimensionamento delle opere*

Come previsto nello Studio della rete adduttrice sud, la massima priorità d'intervento deve essere assegnata alla realizzazione della linea che da loc. Ronche va al serbatoio di Gorgo al Monticano, sostituendo l'attuale condotta DN 125 mm.

In tale ottica non vi è dubbio che la soluzione da perseguire è quella di posare una nuova condotta di diametro maggiorato rispetto all'attuale. Tuttavia la scelta delle dimensioni ottimali va effettuata sulla scorta di:


- analisi costi benefici sulla condotta da sostituire;
- presenza di eventuali tratti già posati lungo lo sviluppo della linea da sostituire.

Il citato Studio riporta che la tratta di interesse, da loc. Ronche al serbatoio di Gorgo al Monticano, presenta delle perdite di carico unitarie dell'ordine di 1,50 m/km, durante la stagione estiva (ore 7:30 am). Per uno sviluppo complessivo di 1920.0 m, significano circa 2,85 m di perdita di carico.

Dato che il progetto prevede la sostituzione con nuove tubazioni di diametro DN250 e DN300 mm, rispettivamente per uno sviluppo di 1754.0 e 71.0 m, (essendo i rimanenti 95.0 m su condotta DN300 mm già posata), ipotizzando una portata in condotta pari a 10 l/s, ed un coefficiente di scabrezza ks secondo Strickler pari a 100 m^{1/3}/s tipico dell'acciaio in buono stato, si riporta di seguito una stima delle perdite di carico complessive, ottenuta con la seguente relazione

$$J = 10.294 / (ks^2 \cdot D^{16/3}) \cdot Q^2 \text{ [m/m]}$$

DN 250	DN 300	
L= 1754.0 m	L= 71.0+95.0 m	L_{totale}=1920.0 m
Perdite unitarie = 0,16 m/km	Perdite unitarie = 0,06 m/km	
Perdite totali = 0,280 m	Perdite totali = 0,010 m	Perdite totali=0.290 m

 PIAVE SERVIZI S.R.L.	Comune di Gorgo al Monticano		Commissa: GOR10A	
	SOSTITUZIONE DI UN TRATTO DI CONDOTTA IDRICA DN125 TRA GORGO AL MONTICANO E CAVALIER PROGETTO DEFINITIVO - ESECUTIVO		GOR10A-ESE-R02-00	
			Rev.	Data
			00	Febbraio 2019
Pag. 7 di 15 totali				

5. PROGETTAZIONE DELL'ATTRAVERSAMENTO DI LINEA FERROVIARIA

5.1. Criteri di progettazione

Come anticipato nei paragrafi precedenti, il tracciato della nuova linea di adduzione acquedottistica, in corrispondenza di Via Volta-Via Risorgimento, interseca, al km 30+530, la linea ferroviaria Treviso-Portogruaro. L'attraversamento sarà di tipo interrato, e sarà eseguito con tecnica no-dig, mediante presso trivellazione orizzontale, con tubo camicia in acciaio DN500mm, di lunghezza complessiva pari a 25.0 m.

L'attraversamento è progettato seguendo il D.M. 04/04/2014, che riporta le "Norme tecniche per gli attraversamenti e per i parallelismi di condotte e canali convoglianti liquidi e gas con ferrovie ed altre linee di trasporto". Si fa riferimento in particolare all'articolo 4 relativo le condotte convoglianti acque in pressione.

Si riportano di seguito i criteri fondamentali che sono stati seguiti durante la progettazione:

- il tracciato della condotta è scelto in modo da essere rettilineo e quanto più perpendicolare possibile all'asse del binario (art. 4.1.1.1);
- la condotta conduttrice in acciaio ($\phi=250\text{mm}$) è contenuta in tubo di protezione di diametro maggiore ($\phi=500\text{mm}$) con pendenza superiore al 0.20% verso il pozzetto di valle (art. 4.1.1.3);
- la condotta attraversante è posta ad una profondità tale che l'estradosso del tubo di protezione si trovi ad una distanza maggiore di 2.0m dal piano del ferro (rotaia più bassa) (art. 4.1.1.4);
- lo spessore minimo della tubazione interna in acciaio è calcolato secondo i criteri dell'art. 4.3.3;
- lo spessore minimo della tubazione esterna in acciaio è calcolato secondo i criteri dell'art. 4.4.1;
- la tubazione esterna deve essere protetta esternamente con vernici, bendaggi o altri rivestimenti protettivi (art.4.4.5);
- le estremità del tubo di protezione terminano in pozzetti praticabili e sono dotati di sistemi di raccolta e allontanamento delle acque provenienti da eventuali rotture o perdite (art.4.4.8).

5.2. Pressione di esercizio e colpo d'ariete

La condotta in progetto, come tutte le apparecchiature ad essa collegate, lavorando costantemente sotto carico, sono soggette a fenomeni di sovrappressione, comunemente chiamati colpi d'ariete. Le cause principali che producono l'insorgere di tali fenomeni sono

 PIAVE SERVIZI S.R.L.	Comune di Gorgo al Monticano		Commessa: GOR10A	
			GOR10A-ESE-R02-00	
	SOSTITUZIONE DI UN TRATTO DI CONDOTTA IDRICA DN125 TRA GORGIO AL MONTICANO E CAVALIER PROGETTO DEFINITIVO - ESECUTIVO		Rev.	Data
			00	Febbraio 2019
			Pag. 8 di 15 totali	

legate ad avviamenti o arresti, talvolta anche bruschi, degli impianti di pompaggio, a manovre di regolazione manuale o automatica, o a fuoriuscite di aria dagli sfiati.

Per il calcolo della sovrappressione, si fa riferimento alla formula di Allievi-Michaud, che distingue due situazioni:

- Manovra brusca con $T_c < T$
- Manovra lenta con $T_c \geq T$

dove

- $T = 2 \cdot L / c$ è il tempo che impiega la perturbazione con velocità di propagazione “c”, per andare e tornare dalla sezione di imbocco a quella di sbocco
- T_c è il tempo di arresto dell’impianto.

Per il calcolo della celerità di propagazione si riporta la relazione

$$c = \frac{\sqrt{\frac{\epsilon_w}{\rho_w}}}{\sqrt{1 + \frac{\epsilon_w D}{E_c s}}}$$

dove

- ϵ_w è il modulo di compressibilità dell’acqua pari a $2.18 \times 10^9 \text{ N/m}^2$;
- ρ_w è la densità dell’acqua pari a 998 kg/m^3 ;
- D è il diametro interno della condotta adduttrice [mm];
- s è lo spessore della condotta adduttrice [mm];
- E_c è il modulo elastico della condotta adduttrice [N/m^2].

In genere le velocità di propagazione oscillano tra i 700 m/s per le condotte in materiale plastico e i 1000-1100 m/s per le condotte in acciaio/ghisa.

Nota la celerità c, le sovrappressioni, secondo Allievi-Michaud, sono così calcolate:

- Manovra brusca

$$\Delta h = \frac{c v_0}{g}$$


- Manovra lenta

$$\Delta h = \frac{2 L v_0}{g T_c}$$

dove

- Δh è la sovrappressione in metri di colonna d’acqua [m];
- v_0 è la velocità del fluido nella condotta [m/s];
- g è l’accelerazione di gravità [m/s^2].

Il parametro che condiziona maggiormente il calcolo è il tempo di arresto dell’impianto. A favore di sicurezza si ipotizza di ricadere nella condizione più gravosa, ovvero nel caso di manovra brusca in cui $T_c < T$. Per questo motivo, nei calcoli sotto riportati, è stata forzata la

 PIAVE SERVIZI S.R.L.	Comune di Gorgo al Monticano		Commessa: GOR10A	
	SOSTITUZIONE DI UN TRATTO DI CONDOTTA IDRICA DN125 TRA GORG AL MONTICANO E CAVALIER PROGETTO DEFINITIVO - ESECUTIVO		GOR10A-ESE-R02-00	
			Rev.	Data
			00	Febbraio 2019
			Pag. 9 di 15 totali	

lunghezza della condotta ed il tempo di arresto all'impianto, in modo da ottenere sempre una manovra rapida.

Per quanto riguarda la pressione di esercizio si richiama l'elaborato "Relazione tecnica 1° - Implementazione del modello numerico della rete adduttrice alimentata dai pozzi di Rai – San Polo e Tempio di Ormelle, al fine di ottimizzare le pressioni esistenti", in cui si riporta la pressione di 55.0 m di colonna d'acqua in stato stazionario. Per il valore di portata, si fa riferimento alle fasi di attacco e stacco della valvola di controllo del livello idrico posizionata nel serbatoio di Gorgo. L'azionamento di tale valvola comporta un continuo alternarsi di alte e basse pressioni, con conseguenti escursioni delle portate in ingresso. Si assume nelle calcolazioni il picco della portata pari a 40 l/s.

Pressioni di esercizio		
Pressione di esercizio in bar	P	5.38 [kg/cm ²]
Pressione di esercizio in m. colonna d'acqua	P	55.00 [m]

Caratteristiche acqua		
Modulo compressibilità acqua	ε	2.18E+09 [N/m ²]
Densità acqua	ρ	998.00 [kg/m ³]

Caratteristiche condotta		
Tipo di materiale		acciaio L235
Modulo elastico	E	2.10E+11 [N/m ²]
Diametro interno	D	250.00 [mm]
Spessore condotta	s	5.00 [mm]
Lunghezza della condotta	L	4000.00 [m]

Calcolo celerità	c	1199.16 [m/s]
-------------------------	----------	----------------------


Tempi di esercizio		
Tempo di andata e ritorno dell'onda	T	6.67 [s]
Tempo di arresto dell'impianto	Tc	2.00 [s]

Tipo di manovra	manovra RAPIDA	
------------------------	-----------------------	--

Caratteri del moto		
Portata	Q	40.00 [l/s]
Area liquida	A	0.05 [m]
Velocità	v ₀	0.81 [m/s]

Sovrap. in m. colonna d'acqua (ALLIEVI - MICHAUD) Δh		99.65 [m]
Sovrap. in bar (ALLIEVI - MICHAUD) Δh	Δh	9.95 [kg/cm²]
Pressione totale P_{totale}=P+Δh	P_{totale}	15.33 [kg/cm²]

Fig. 5.1 Calcolo del colpo d'ariete e della pressione totale agente sulla tubazione interna

 PIAVE SERVIZI S.R.L.	Comune di Gorgo al Monticano		Commessa: GOR10A	
	SOSTITUZIONE DI UN TRATTO DI CONDOTTA IDRICA DN125 TRA GORGO AL MONTICANO E CAVALIER PROGETTO DEFINITIVO - ESECUTIVO		GOR10A-ESE-R02-00	
			Rev.	Data
			00	Febbraio 2019
			Pag. 10 di 15 totali	

Si ricava una pressione del colpo d'ariete pari a 9.95 bar, che sommati a quella di esercizio forniscono la pressione di calcolo pari a 15.33 bar (156.33 m).

5.3. Verifica della tubazione interna

Per la verifica degli spessori della tubazione interna in acciaio, si fa riferimento al D.M. 04/04/2014 che riporta la seguente relazione:

$$s_{min} = \frac{\left(200 \frac{f_{yk}}{K_s} + p D_e\right)}{\left(200 \frac{f_{yk}}{K_s} + 2p\right)}$$

dove

- f_{yk} è la resistenza caratteristica di snervamento [daN/mm²];
- K_s è il coefficiente di sicurezza previsto dalla Normativa e posto pari a 2;
- p è la pressione di progetto pari alla somma tra quella di esercizio e quella del colpo d'ariete [daN/cm²];
- D_e è il diametro esterno della condotta [mm].

Caratteristiche tubazione		
Materiale		acciaio L235
Spessore		5.00 [mm]
Carico minimo di snervamento	f_{yk}	235.00 [N/mm ²]
Carico minimo di snervamento	f_{yk}	23.5 [daN/mm ²]
Fattore di sicurezza	K_s	2.00 [-]
Pressione di progetto	P_d	15.03 [daN/cm ²]
Diametro esterno	D_e	260.00 [mm]
Calcolo spessore minimo		
	s_{min}	2.63 [mm]

Fig. 5.2 Calcolo dello spessore minimo della tubazione interna

Si ottiene $s_{min} = 2.63 \text{ mm} < 5.00 \text{ mm}$ della condotta di progetto → la verifica è soddisfatta.

5.4. Verifica della tubazione esterna

Per il calcolo dello spessore della tubazione esterna di protezione, si fa riferimento all'art. 4.4.2 del D.M. 04/04/2014.

Le caratteristiche geometriche e meccaniche sono di seguito elencate:

- diametro interno D_i 500 mm;
- spessore s 14 mm;

 PIAVE SERVIZI S.R.L.	Comune di Gorgo al Monticano		Commessa: GOR10A	
			GOR10A-ESE-R02-00	
	SOSTITUZIONE DI UN TRATTO DI CONDOTTA IDRICA DN125 TRA GORGIO AL MONTICANO E CAVALIER PROGETTO DEFINITIVO - ESECUTIVO		Rev.	Data
			00	Febbraio 2019
			Pag. 11 di 15 totali	

- diametro esterno De 528 mm;
- raggio interno r 250 mm;
- acciaio tipo S275JR a
 - resistenza caratteristica di snervamento $f_yk = 275 \text{ N/mm}^2$;
 - resistenza di progetto $f_{yd} = 275/1.05 = 262 \text{ N/mm}^2$;
- peso specifico dell'acciaio $\gamma_a = 7850 \text{ kg/m}^3$.

Per le caratteristiche geotecniche del terreno si rimanda all'Elaborato "Relazione geologica R03" del precedente Studio di fattibilità tecnico-economica. Non essendo state eseguite indagini geognostiche e prove penetrometriche ad hoc in corrispondenza dell'attraversamento ferroviario, il modello stratigrafico proposto, è ricavato da colonne stratigrafiche ed indagini d'archivio eseguite per la realizzazione del P.A.T.I. del comune di Gorgo al Monticano. Oltre a queste informazioni, sono state prese in considerazione le trincee esplorative realizzate da ARPAV per la redazione della "Carta dei suoli della Provincia di Treviso".

In conclusione si deduce che la condotta in presso trivellazione, giacendo ad una profondità di 2.50 – 3.00 m dal piano campagna, attraversa strati di terreno limoso-sabbioso a comportamento prevalentemente coesivo, riferibile agli orizzonti A e B citati nella suddetta Relazione.

Le caratteristiche geotecniche e geometriche del terreno, utilizzate nella verifica dello spessore minimo della tubazione esterna sono di seguito elencate:

- peso specifico del terreno $\gamma_t = 1800 \text{ kg/m}^3$;
- angolo di attrito $\phi = 30.0^\circ$;
- coefficiente di spinta attiva $K_a = 0.33$;
- coefficiente di spinta passiva $K_p = 1.00$ (assunzione cautelativa ai fini del calcolo).

Si procede quindi alla determinazione dei 5 schemi di carico:

- A) Peso proprio della tubazione;
- B) Carico ripartito superiore, corrispondente al peso del terrapieno sovrastante la tubazione e al carico mobile transitante sul binario opportunamente combinati.

Tale carico mobile è valutato pari a:


$[1500 : (2.6 + 1.5 \cdot H)] \text{ daN/m}^2$ – per ferrovie a semplice binario

ed a:

$[1500 : (3.08 + 0.8 \cdot H)] \text{ daN/m}^2$ – per ferrovie a binario doppio

Dove H è la distanza minima tra il piano di posa del ballast e la generatrice superiore del tubo di protezione. Nel caso in esame si assume $H = 3.0 \text{ m}$ e carico mobile caratteristico di ferrovie a semplice binario;

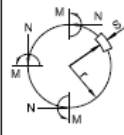
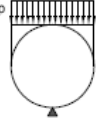
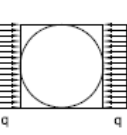
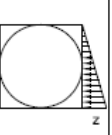

- C) Carico ripartito laterale, corrispondente alla parte rettangolare del diagramma di spinta (terra + sovraccarico);

 PIAVE SERVIZI S.R.L.	Comune di Gorgo al Monticano		Commessa: GOR10A	
			GOR10A-ESE-R02-00	
	SOSTITUZIONE DI UN TRATTO DI CONDOTTA IDRICA DN125 TRA GORGO AL MONTICANO E CAVALIER PROGETTO DEFINITIVO - ESECUTIVO		Rev.	Data
			00	Febbraio 2019
			Pag. 12 di 15 totali	

- D) Carico triangolare laterale, corrispondente alla parte triangolare del diagramma di spinta;
- E) 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 opportunamente combinati, agente sulla tubazione.

Carichi agenti sulla tubazione esterna			
Altezza piano ballast-estradosso tubo	H	3.00	[m]
B - Carico uniformemente ripartito	p	0.07513	[N/mm ²]
C - Carico ripartito laterale	q	0.06104	[N/mm ²]
D - Carico triangolare laterale	z	0.00950	[N/mm ²]
E - Reazione radiale	Q	39.66693	[N/mm]

Fig. 5.3 Calcolo dei carichi agenti sulla tubazione esterna

	A	B	C	D	E
	PESO PROPRIO	CARICO RIPARTITO SUPERIORE	CARICO RIPARTITO LATERALE	CARICO TRIANGOLARE LATERALE	REAZIONE RADIALE COSTANTE SETTORE 2φ ₀ =60°
SCHEMA					
SEZIONE VERTICALE SUPERIORE	$M = \frac{1}{2} \gamma_i s r^2$ $N = -\frac{1}{2} \gamma_i s r$	$M = (\frac{4}{3\pi} - \frac{1}{8}) p r^2 = 0,29941 p r^2$ $N = -\frac{1}{3\pi} p r = -0,10610 p r$	$M = -\frac{1}{4} q r^2$ $N = q r$	$M = -\frac{5}{48} z r^2 = -0,10417 z r^2$ $N = \frac{5}{16} z r = 0,31250 z r$	$Q =$ (reazione totale) $M = -0,0073038 Q r$ $N = 0,014817 Q$
SEZIONE ORIZZONTALE MEDIANA	$M = -\frac{\pi-2}{2} \gamma_i s r^2 = -0,57080 \gamma_i s r^2$ $N = \frac{4}{\pi} \gamma_i s r = 1,57080 \gamma_i s r$	$M = (\frac{1}{\pi} - \frac{5}{8}) p r^2 = -0,30669 p r^2$ $N = p r$	$M = \frac{1}{4} q r^2$ $N = 0$	$M = \frac{1}{8} z r^2 = 0,125 z r^2$ $N = 0$	$M = 0,0075118 Q r$ $N = 0$
SEZIONE VERTICALE INFERIORE	$M = \frac{3}{2} \gamma_i s r^2$ $N = \frac{1}{2} \gamma_i s r$	$M = (\frac{2}{3\pi} + \frac{3}{8}) p r^2 = 0,58721 p r^2$ $N = \frac{1}{3\pi} p r = 0,10610 p r$	$M = -\frac{1}{4} q r^2$ $N = q r$	$M = -\frac{7}{48} z r^2 = -0,14583 z r^2$ $N = \frac{11}{16} z r = 0,68750 z r$	$M = -0,11165 Q r$ $N = 0,11916 Q$
<p>M = momento flettente N = sforzo assiale p = carico uniformemente ripartito, dovuto ai carichi mobili ed al peso della massicciata q = pressione uniforme dovuta alle spinte orizzontali z = pressione variabile dovuta alle spinte orizzontali r = raggio medio della tubazione</p> <p>s = spessore della tubazione γ_i = peso specifico del materiale costituente la tubazione Q = reazione radiale totale</p>					


 PIAVE SERVIZI S.R.L.	Comune di Gorgo al Monticano		Commessa: GOR10A	
	SOSTITUZIONE DI UN TRATTO DI CONDOTTA IDRICA DN125 TRA GORGO AL MONTICANO E CAVALIER PROGETTO DEFINITIVO - ESECUTIVO		GOR10A-ESE-R02-00	
			Rev.	Data
			00	Febbraio 2019
Pag. 13 di 15 totali				

Fig. 5.4 Allegato al D.M. 04/04/2014 – Schema per il calcolo dei carichi agenti sulla tubazione

Sono di seguito riportate gli involuppi delle sollecitazioni agenti in SLE e SLU. In quest'ultimo caso sono stati adottati i coefficienti parziali di sicurezza pari a 1.3 ed 1.5 rispettivamente per il peso proprio della tubazione o del terreno e per il carico mobile.

Le sollecitazioni su ciascuna sezione della tubazioni sono date dalla seguente relazione:


$$\sigma_t = |M_t/W| + |N_t/W|.$$

Tipologia di carico				Peso proprio pp	Carico uniform.	Pressione uniforme q	Pressione variabile z	Reazione radiale
				A	B	C	D	E
SEZ. VERT. SUP.	M [Nm] N [N]		34.34	1405.86	-953.79	-61.88	-72.43	
			-137.38	-1992.74	15260.56	742.50	587.74	
SEZ. ORIZ. MED.	M [Nm] N [N]		-39.21	-1440.04	953.79	74.25	74.49	
			431.58	18781.69	0.00	0.00	0.00	
SEZ. VERT. INF.	M [Nm] N [N]		103.03	2757.20	-953.79	-86.62	-1107.20	
			137.38	1992.74	15260.56	1633.50	4726.71	
Sollecitazioni unitarie totali								
SEZ. VERT. SUP.		Momento flettente totale	Mt v.s.			352.11	[Nm]	
		Sforzo assiale totale	Nt v.s.			14460.70	[N]	
		Tensione totale	σt v.s.			11.81	[N/mm ²]	
SEZ. ORIZ. MED.		Momento flettente totale	Mt o.m.			-376.72	[Nm]	
		Sforzo assiale totale	Nt o.m.			19213.27	[N]	
		Tensione totale	σt o.m.			12.90	[N/mm ²]	
SEZ. VERT. INF.		Momento flettente totale	Mt v.i.			712.62	[Nm]	
		Sforzo assiale totale	Nt v.i.			23750.89	[N]	
		Tensione totale	σ v.i.			23.51	[N/mm ²]	

Fig. 5.5 Involuppo sollecitazioni allo SLE

Tipologia di carico				Peso proprio pp	Carico uniform.	Pressione uniforme q	Pressione variabile z	Reazione radiale
				A	B	C	D	E
SEZ. VERT. SUP.	M [Nm] N [N]		44.65	1906.68	-1261.93	-80.44	-98.23	
			-178.59	-2702.64	20190.85	965.25	797.12	
SEZ. ORIZ. MED.	M [Nm] N [N]		-50.97	-1953.04	1261.93	96.53	101.03	
			561.05	25472.54	0.00	0.00	0.00	
SEZ. VERT. INF.	M [Nm] N [N]		133.94	3739.43	-1261.93	-112.61	-1501.64	
			178.59	2702.64	20190.85	2123.55	6410.57	
Sollecitazioni unitarie totali								
SEZ. VERT. SUP.		Momento flettente totale	Mt v.s.			510.73	[Nm]	
		Sforzo assiale totale	Nt v.s.			19072.00	[N]	
		Tensione totale	σt v.s.			17.00	[N/mm ²]	
SEZ. ORIZ. MED.		Momento flettente totale	Mt o.m.			-544.53	[Nm]	
		Sforzo assiale totale	Nt o.m.			26033.59	[N]	
		Tensione totale	σt o.m.			18.53	[N/mm ²]	
SEZ. VERT. INF.		Momento flettente totale	Mt v.i.			997.20	[Nm]	
		Sforzo assiale totale	Nt v.i.			31606.19	[N]	
		Tensione totale	σ v.i.			32.78	[N/mm ²]	

Fig. 5.6 Involuppo sollecitazioni allo SLU

 PIAVE SERVIZI S.R.L.	Comune di Gorgo al Monticano		Commessa: GOR10A	
	SOSTITUZIONE DI UN TRATTO DI CONDOTTA IDRICA DN125 TRA GORGIO AL MONTICANO E CAVALIER PROGETTO DEFINITIVO - ESECUTIVO		GOR10A-ESE-R02-00	
			Rev.	Data
			00	Febbraio 2019
			Pag. 14 di 15 totali	

La sollecitazione massima che si ottiene allo SLU nella sezione verticale inferiore, è incrementata di 1.5 volte per tenere conto della presenza interna della tubazione conduttrice DN250 mm. Si ottiene quindi $\sigma_{ed,max} = 32.78 \cdot 1.5 = 49.17$ MPa.

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 (art.4.4.2). Si ha quindi:

$f_{yd} / \sigma_{ed,max} = 262.0 / 49.17 = 5.33 > 2 \rightarrow$ la verifica è soddisfatta.

5.5. Verifica della portata di smaltimento


In caso di rottura del tubo conduttore, si vuole assicurare lo smaltimento della portata massima nell'intercapedine tra il tubo camicia e lo stesso tubo interno, assumendo il deflusso a pelo libero.

Tubo camicia esterno		
Diametro interno	D	500 [mm]
Area interna	A _{int}	0.20 [m ²]
Perimetro interno	P _{int}	1.57 [m]
Tubo conduttore interno		
Diametro interno	d _{int}	250 [mm]
Spessore	s	5 [mm]
Diametro esterno	d _{est}	273 [mm]
Area esterna	A _{est}	0.06 [m ²]
Perimetro esterno	P _{est}	0.86 [m]
Coeff Gauckler-Strickler	k _s	80 [m ^{1/3} /s]
Pendenza tubazione	i	0.004 [-]
Area intercapedine A _{int} -A _{est}	A _{eff}	0.14 [m ²]
Perimetro bagnato P _{int} +P _{est}	P _{eff}	2.43 [m]
Raggio idraulico A _{eff} /P _{eff}	Rh _{eff}	0.06 [m]
Portata	Q	103.0 [l/s]

Fig. 5.7 Calcolo della portata smaltita nell'intercapedine tra le tubazioni

Nell'intercapedine tra la tubazione interna ed esterna, la portata smaltita è pari a 103.0 l/s > 40 l/s delle condizioni di esercizio \rightarrow la verifica è soddisfatta.

Per quanto riguarda i distanziatori, il D.M. prescrive che questi non devono occupare più di un quarto dell'area dell'intercapedine, e dovranno essere in numero tale da garantire che i due

 PIAVE SERVIZI S.R.L.	Comune di Gorgo al Monticano		Commessa: GOR10A
	SOSTITUZIONE DI UN TRATTO DI CONDOTTA IDRICA DN125 TRA GORGO AL MONTICANO E CAVALIER PROGETTO DEFINITIVO - ESECUTIVO		GOR10A-ESE-R02-00
			Rev. Data
			00 Febbraio 2019
			Pag. 15 di 15 totali

tubi non vengano in nessun caso a contatto, posti in modo da consentire il libero deflusso delle acque.

Assumendo distanziatori di altezza 30mm si osserva che l'area dell'intercapedine tra la tubazione esterna e quella interna è pari a

$$A_{int} = (D_{int}^2 - d_{est}^2) \cdot \pi / 4 = (500^2 - 273^2) \cdot \pi / 4 = 0.1378 \text{ m}^2;$$

l'ingombro della proiezione dei distanziatori è pari a

$$A_{dist} = [(d_{est} + 2 \cdot h_{coll})^2 - d_{est}^2] \cdot \pi / 4 = [333^2 - 273^2] \cdot \pi / 4 = 0.0286 \text{ m}^2;$$

si ottiene quindi che $A_{dist} / A_{int} = 0.0286 / 0.1378 = 0.208 < 0.25 \rightarrow$ la normativa è rispettata.

5.6. *Modalità di esecuzione dell'attraversamento*

L'attraversamento interrato verrà eseguito con la tecnica della presso trivellazione orizzontale.

Le fasi sono le seguenti:

- Prescavo di circa 1.00 m;
- Realizzazione delle fosse di partenza e arrivo della pressotrivellazione con protezione delle sponde mediante palancoato Larssen;
- Installazione di eventuale impianto well-point;
- Rivestimento del fondo scavo con getto in cls magro dello spessore di 20cm;
- Alloggiamento della presso trivella, completa di piastre di contrasto ed accessori, nella fossa di partenza;
- Realizzazione blocchi di contrasto sul retro;
- Scavo mediante presso trivellazione (no-dig) fino alla fossa di arrivo;
- Rimozione della trivella;
- Inserimento distanziatori;
- Inserimento condotta adduttrice.

5.7. *Cronoprogramma dei lavori*

Il tempo stimato per l'esecuzione dell'attraversamento è di 30 giorni naturali consecutivi.

Per maggiori dettagli si rimanda all'Elaborato "GOR10A-ESE-R09-00 Cronoprogramma dei lavori".