



REGIONE PIEMONTE

PROVINCIA DI CUNEO



COMUNE DI SAN MICHELE DI  
MONDOVI'

**ALLACCIO IDRICO STAZIONE ELETTRICA 132 KV DI TERNA  
ATTRAVERSAMENTO INTERRATO LINEA FERROVIARIA  
FOSSANO – CEVA AL Km 29+586**

**PROGETTO ESECUTIVO  
RICHIESTA AUTORIZZAZIONE R.F.I.**

**COMMITTENTE**



MONDO ACQUA S.p.A.  
Via Venezia, 6/B – 12084 MONDOVI' (CN)  
tel. +39 0174.554461

**IL PROGETTISTA**



SAGLIETTO ENGINEERING S.r.l  
Corso Giolitti, 36 – 12100 CUNEO (CN)  
Tel. +39 0171.698381 – fax +39 0171.600599  
sagliettoengineering@pec.it

**Dott. Ing. Fabrizio Saglietto**

**DESCRIZIONE**

**RELAZIONE GENERALE**

DATA		SCALA			ALLEGATO		
09/08/2022		/			<b>1</b>		
COMMESSA	livello	categoria	tipologia	revisione			
2020_006	PE	RI	TXT	05			
05	09/08/2022	REVISIONE SU RICHIESTA COMMITTENZA			VI.MA.	SA.FA.	SA.FA.
03	10/06/2022	REVISIONE SU RICHIESTA COMMITTENZA			VI.MA.	SA.FA.	SA.FA.
02	08/03/2022	REVISIONE SU RICHIESTA COMMITTENZA			VI.MA.	SA.FA.	SA.FA.
00	28/05/2021	EMISSIONE PER CONSEGNA			VI.MA.	SA.FA.	SA.FA.
REV.	DATA	DESCRIZIONE			REDATTO	CONTROLLATO	APPROVATO

A TERMINI DI LEGGE CI RISERVIAMO LA PROPRIETA' DI QUESTO ELABORATO CON DIVIETO DI RIPRODURLO O RENDERLO NOTO A TERZI SENZA LA NOSTRA AUTORIZZAZIONE

SAGLIETTO ENGINEERING S.R.L. CON SISTEMA CONFORME AI REQUISITI ISO 9001:2015, ISO 14001:2015 E ISO 45001:2018 VALUTATI DA  
BUREAU VERITAS ITALIA S.P.A. E COPERTO DAI CERTIFICATI N° IT310186, N° IT250310/UK-1 E IT300072

## SOMMARIO

PREMESSA.....	3
INQUADRAMENTO TERRITORIALE .....	4
NORMATIVA DI RIFERIMENTO .....	4
STATO DI FATTO.....	6
INTERVENTI IN PROGETTO.....	7
DESCRIZIONE SINTETICA DEI MATERIALI .....	7
Tubazioni in pead.....	7
Tubazioni in acciaio .....	8
Pozzetti.....	8
Chiusini .....	8
Modalità di posa.....	8
CONSIDERAZIONI IDRAULICHE .....	9
Portata di esercizio e verifica delle perdite di carico .....	9
INTERFERENZA CON LINEA FERROVIARIA.....	10
Scelte progettuali.....	10
Caratteristiche tecniche .....	11
Verifiche idrauliche tubazione portante .....	12
Scelta e verifiche idrauliche tubo di protezione .....	21
A) Peso proprio della tubazione .....	23
B) Carico ripartito superiore, corrispondente al peso del terrapieno sovrastante la tubazione e al carico mobile transitante sul binario opportunamente combinati .....	23
C) Carico ripartito laterale (q), corrispondente alla parte rettangolare del diagramma di spinta (pressione dovuta al terreno + pressione dovuta al sovraccarico accidentale) .....	24
D) Carico triangolare laterale, corrispondente alla parte triangolare del diagramma di spinta ..	25
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 .....	25
Calcolo delle sollecitazioni unitarie del tubo di protezione .....	25
Verifiche idrauliche tubazione di sfioro pozzetto 4 .....	29
CARATTERISTICHE GEOTECNICHE ED IDROGEOLOGICHE DEL SITO.....	30

VINCOLI .....	31
CONSIDERAZIONI SUL RISCHIO ARCHEOLOGICO .....	31
PIANO PARTICELLARE DI ESPROPRIO .....	31
GESTIONE DELLE MATERIE.....	32
INTERFERENZE CON SOTTOSERVIZI.....	33
AUTORIZZAZIONI.....	33
RILIEVO TOPOGRAFICO.....	36
QUADRO ECONOMICO .....	37
CRONOPROGRAMMA ATTRAVERSAMENTO FERROVIARIO.....	37
PREZZIARIO DI RIFERIMENTO .....	37

## **PREMESSA**

MONDOACQUA S.p.a. ha affidato alla società di ingegneria Saglietto Engineering S.r.l. nella persona del sottoscritto professionista Dott. Ing. Fabrizio Saglietto, l'incarico di redigere il Progetto Definitivo "Lavori di allaccio idrico al servizio della stazione elettrica 132 KV di Terna nel Comune di San Michele Mondovì".

La presente revisione del Progetto Esecutivo contiene le integrazioni richieste dalle RFI con Prot. RFI-DOI.T.TO.ING\A0011\P\2022\000124 (documento in allegato).

La definizione delle proposte progettuali è stata ispirata dai criteri di economicità congiunta alla massima efficacia e semplicità realizzativa e gestionale, sulla base delle esigenze concrete della Committenza e di un'analisi costi-benefici.

## INQUADRAMENTO TERRITORIALE

Il progetto prevede la realizzazione di un nuovo allaccio alla rete idrica del Comune di San Michele Mondovì gestita da Mondo Acqua S.p.A.

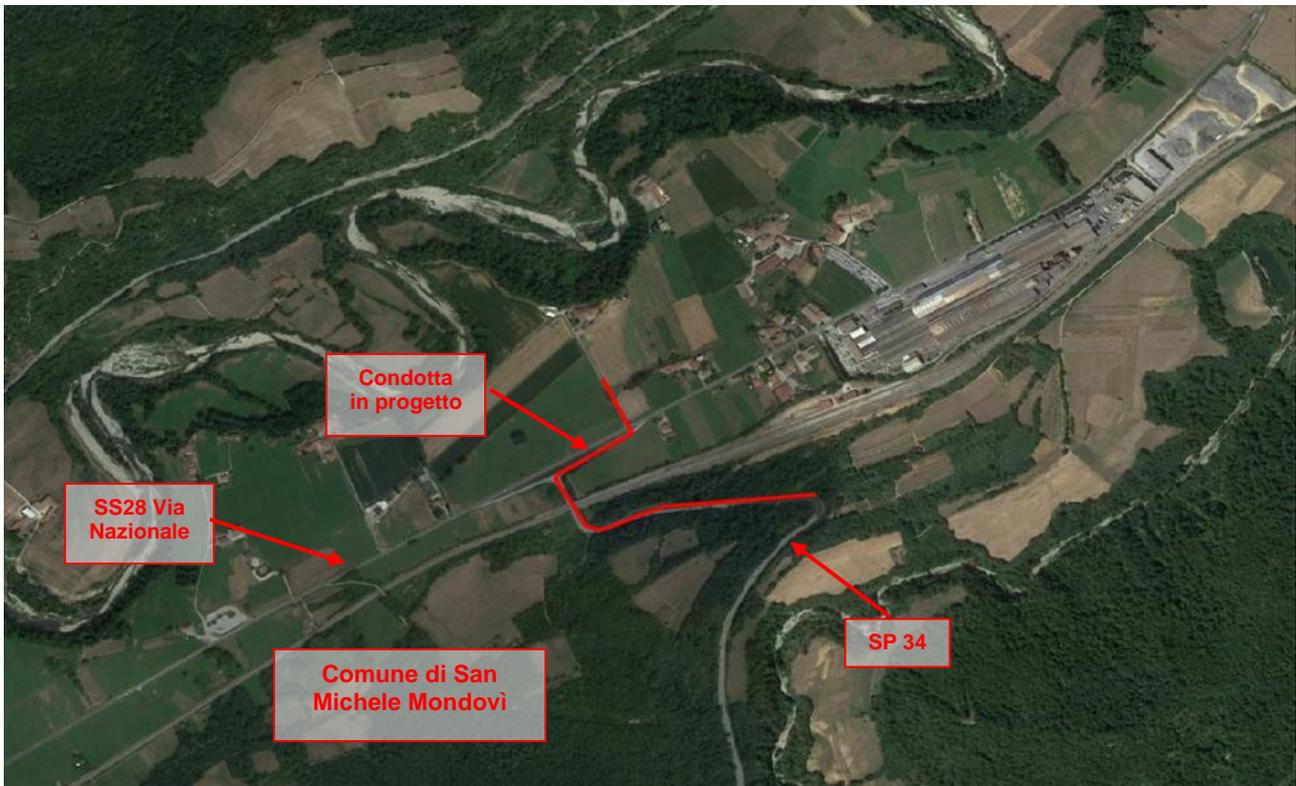


Figura 1 – Collocazione planimetrica interventi in progetto

## NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Gli interventi in progetto sono redatti in conformità alla seguente Normativa di settore:

- D.P.C.M. 04/03/1996- Disposizioni in materia di risorse idriche e s.m.i.;
- D.M. Lavori Pubblici 12 Dicembre 1985;
- D.M. 11/03/1988 “Norme Tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle Rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, esecuzione e collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione di cui alla Legge 2/21974 n.64;
- Legge 5 novembre 1971 n. 1086 (G.U. 21/12/1971 n. 321) “Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica”;

- D.M. Infrastrutture Trasporti 17/01/2018 (G.U. 20/02/2018) “Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni”;
- Circolare 21 gennaio 2019 n. 7 del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti (G.U. 11 febbraio 2019 n. 35 – Suppl. Ord n.5.) “Istruzioni per l'applicazione delle 'Norme Tecniche dell'Aggiornamento delle Norme tecniche per le Costruzioni' di cui al D.M. 17 gennaio 2018”;
- DGR 19/01/2010 n.11-13085 Aggiornamento e adeguamento dell'elenco delle zone sismiche ( O.P.C.M. n. 3274/2003 e O.P.C.-M 3519/2006)
- D.P.R. 6 Giugno 2011 n.380 “Testo unico delle disposizioni legislative e regolamentari in materia edilizia”;
- Deliberazione Giunta Regionale Piemonte n. 24-13302 del 15/02/2010 “Linee Guida per la Gestione delle rocce e terre da scavo ai sensi dell'art. 186 del D.Lgs. 152/2006;
- D. Lgs. 42/2004 “Codice dei Beni Culturali e del Paesaggio”;
- D.P.C.M. 15 Dicembre 2005 “Individuazione della documentazione necessaria alla Verifica della compatibilità paesaggistica degli interventi proposti, ai sensi dell'art. 146, comma 3, del Codice dei Beni Culturali e del Paesaggio di cui al D.Lgs. 22/01/2004 n.42;
- D. Lgs. 22/01/2004, n.42 “Codice dei Beni Culturali e del Paesaggio”;
- L.R. 5/12/1977, n.56 “Tutela ed uso del suolo”;
- D. Lgs. n. 81/2008 e s.m.i. coordinato con il D.Lgs. 03/08/2009 n. 106 e s.m.i.;
- D.P.R. n 495 del 16-12/1992 Regolamento di esecuzione del Nuovo Codice della Strada aggiornato D.P.R. n.141 del 25 luglio 2017
- D.P.R.. n.177 del 14-09-2011 Regolamento recante norme per la qualificazione delle imprese e dei lavoratori autonomi operanti in ambienti sospetti di inquinamento o confinanti, a norma dell'art. 6 comma 8 lettera g) dl D. Lgls 81/2008
- D. Lgs. 03/04/2006 n.152 e s.m.i. “Norme in materia ambientale”;
- D. Lgs. 16/01/2008 n.4 “Ulteriori disposizioni correttive ed integrative del decreto legislativo 03/04/2006 n.152, recante Norme in materia ambientale”;
- Norma UNI 11104 “Calcestruzzo. Specificazione, prestazione, produzione e conformità. Istruzioni complementari per l'applicazione della EN206-1”;
- Norma UNI EN 206 “Calcestruzzo. Specificazione, prestazione, produzione e conformità”;
- D.M. n.37 del 22 Gennaio 2008 “Norme per la sicurezza degli impianti”;

- D. Lgs. 29/06/2010 n.128 “Modifiche ed integrazioni al D.Lgs. 03/04/2006 n. 152, recante norme in materia ambientale, a norma dell’art. 12 della Legge 18 Giugno 2009, n.69”;
- D. Lgs. 18 Aprile 2016 n.50 Codice Appalti Pubblici relative a Lavori, Servizi e Forniture in attuazione delle Direttive 2014/23/EU, 2014/24/EU, 2014/25/EU;
- D. Lgs. 19/04/2017 n.56 “Disposizioni integrative e correttive al D.Lgs. 18/04/2016 n.50”;
- D.P.R. n. 207/2010 per le parti non abrogate;
- D.M. 19/04/2000 n.145 “Regolamento capitolato generale d’appalto dei lavori pubblici”. Regolamento recante il capitolato generale d’appalto dei lavori pubblici, ai sensi dell’art. 3, comma 5 della Legge 11/02/1994 n.109 e s.m.i.;
- D.P.R. 8/6/2001 n. 327 Testo unico delle disposizioni legislative e regolamentari in materia d’espropriazione per pubblica utilità e s.m.i.
- D.M. n. 137 del 4 aprile 2014 “Norme Tecniche per gli attraversamenti ed i parallelismi di condotte e canali convoglianti liquidi e gas con ferrovie ed altre linee di trasporto”;
- DM 6 aprile 2004 n. 174 Regolamento concernente i materiali e gli oggetti che possono essere utilizzati negli impianti fissi di captazione, trattamento, adduzione e distribuzione delle acque destinate al consumo umano
- UNI EN 10224: 2006 del 23 marzo 2006 Tubi e raccordi di acciaio non legato per il convogliamento di acqua e di altri liquidi acquosi- Condizioni tecniche di fornitura
- UNI ISO 5256:1987 del 30 novembre 1987 Tubi e accessori di acciaio impiegati per tubazioni interrate o immerse. Rivestimento esterno e interno a base di bitume o di catrame
- UNI ISO 9099:1989 del 30 settembre 1989 Tubi di acciaio impiegati per tubazioni interrate o sommerse. Rivestimento esterno di polietilene applicato per estrusione.

## **STATO DI FATTO**

Attualmente la nuova cabina elettrica con un locale servizi in costruzione, ubicata nel comune di Lesegno ed a servizio dell’acciaieria Riva è priva di allaccio alla rete idrica esistente.

## **INTERVENTI IN PROGETTO**

L'intervento prevede, quindi, la realizzazione di un allaccio idrico alla stazione elettrica 132 kv di Terna. La condotta percorre la strada Provinciale 34 (sez. 65 – 103), campo (sez. 9 – 65 e 104 – 105) ed un tratto di strada asfaltata (sez. 1 – 9) per uno sviluppo complessivo di circa 788 m. Lungo il percorso sono previsti due attraversamenti con pressotrivella: uno della Strada Statale 28 e Strada Provinciale 34 (sez. 13 – 22) e l'altro della ferrovia (sez. 43 – 53).

L'intervento, nel suo complesso, prevede quindi:

- posa di una tubazione in PEAD PE100 RC DE50 PN16 dell'intervento con funzionamento in pressione di lunghezza di circa 788 m;
- due attraversamenti mediante pressotrivella. della tubazione in PEAD PE100 RC DE50 PN16 con tubo camicia in acciaio DN 200 a protezione della condotta di lunghezze pari a 34 m ciascuno;
- posa di n.2 pozzetto di linea, dimensioni interne 1,00 x 1,00 x 1,05 m;
- posa di n.2 pozzetti di linea, dimensioni interne 1,00 x 1,00 x 1,35 m di ispezione;
- posa di n.1 pozzetto di linea, dimensioni interne 1,00 x 1,00 x 1,50 m;
- posa di n.1 pozzetto di linea, dimensioni interne 1,00 x 1,00 x 1,70 m;
- posa di n.1 condotta di scarico in PEAD DE200 PN16 che dal pozzetto in progetto a monte dell'attraversamento ferroviario scaricherà all'interno di un vicino canale irriguo.

## **DESCRIZIONE SINTETICA DEI MATERIALI**

### ***Tubazioni in pead***

I tubi e i raccordi in polietilene saranno conformi alle prescrizioni previste nella norma UNI EN 12201. Tubi e i raccordi in PEAD e saranno certificati da I.P.P – Istituto Italiano dei Plastici – con Marchio di conformità IPP-UNI o Piip o da altro organismo di certificazione di prodotto equivalente accreditato in conformità alla norma UNI 45011.

Il materiale di riempimento per il letto di posa e per la trincea delle installazioni interrato dovrà essere sabbia priva di ciottoli, sassi taglienti, pietre, agglomerati d'argilla, creta, sostanze organiche o eventuale terreno gelato.

## **Tubazioni in acciaio**

I tubi in acciaio saranno di qualità minima L235 e conformi alla norma UNI EN 10224.

## **Pozzetti**

I pozzetti avranno sezione interna (100 x 100) cm e saranno costituiti da pozzetto di fondo, prolunghe, elementi raggiungi quota, solette carrabili con foro (idonee a sostenere carichi stradali di prima categoria).

Il piano di fondazione dei pozzetti sarà regolarizzato mediante getto di calcestruzzo per uso non strutturale confezionato a dosaggio con cemento tipo 32,5 R in centrale di betonaggio, diametro massimo nominale dell'aggregato 30 mm, eseguito con 150 kg/m<sup>3</sup>.

## **Chiusini**

I pozzetti saranno accessibili attraverso chiusini di ispezione in ghisa sferoidale rispondente alla norma UNI EN 124, classe D 400 per traffico intenso, a telaio circolare o quadrato, con suggello circolare articolato autocentrante ed estraibile con bloccaggio di sicurezza in posizione aperta, munito di guarnizione in elastomero antirumore (peso c.a. kg 100: telaio quadrato lato mm 850-passo d'uomo mm 600 minimi).

## **Modalità di posa**

A protezione del tubo in PEAD PE100 RC DE50 PN16, previsto, si prescrive:

- nei tratti sotto strada Provinciale: l'esecuzione di un letto di posa in sabbia dello spessore minimo di 15 cm ed un primo rinterro (sempre in sabbia) per almeno 15 cm al di sopra della generatrice superiore. Il rinterro avverrà utilizzando misto granulare stabilizzato cemento fino a 10 cm sotto il piano stradale. Sopra il rinterro, verrà steso uno strato di emulsione bituminosa al 55% di bitume in ragione di Kg 0,800/m<sup>2</sup> al fine di favorire l'ancoraggio sullo strato di base ed uno strato di 10 cm di calcestruzzo bituminoso (binder) su tutta la larghezza dello scavo. Ad assestamento avvenuto si provvederà alla scarifica della pavimentazione bituminosa (spessore 4 cm) sull'intera larghezza della carreggiata, ed alla successiva realizzazione del tappeto di conglomerato bituminoso per strato di usura per uno spessore finito di 4 cm. Le altezze di ricoprimento minime e massime previste in percorrenza (sez. 65 – 104) sono pari a 1,00 m e 1,347 m rispettivamente. In corrispondenza dell'attraversamento (sez. 19 – 20),

invece, le altezze di ricoprimento minima e massima risultano pari a 4,499 m e 4,560 m rispettivamente;

- nei tratti sotto strada Statale: non sono previsti ripristini in quanto il tratto in questione verrà attraversato mediante pressotrivella (sez. 16 – 17). In questo caso, le altezze di ricoprimento minima e massima risultano pari a 2,149 m e 2,223 m rispettivamente;
- nei tratti in cui la posa della condotta avverrà in campo: l'esecuzione di un letto di posa in sabbia dello spessore minimo di 15 cm ed un primo rinterro (sempre in sabbia) per almeno 15 cm al di sopra della generatrice superiore. Il rinterro dello scavo, al di sopra del letto di posa e rinfiando della tubazione, con il terreno precedentemente estratto;
- nei tratti sotto strada asfaltata: l'esecuzione di un letto di posa in sabbia dello spessore minimo di 15 cm ed un primo rinterro (sempre in sabbia) per almeno 15 cm al di sopra della generatrice superiore. Il rinterro avverrà utilizzando misto granulare anidro per fondazioni stradali fino a 10 cm sotto il piano stradale. Sopra il rinterro, verrà steso uno strato di emulsione bituminosa al 55% di bitume in ragione di Kg 0,800/m<sup>2</sup> al fine di favorire l'ancoraggio sullo strato di base ed uno strato di 10 cm di calcestruzzo bituminoso (binder) su tutta la larghezza dello scavo. Ad assestamento avvenuto si provvederà alla scarifica della pavimentazione bituminosa (spessore 4 cm) sull'intera larghezza della carreggiata, ed alla successiva realizzazione del tappeto di conglomerato bituminoso per strato di usura per uno spessore finito di 4 cm;

## CONSIDERAZIONI IDRAULICHE

### ***Portata di esercizio e verifica delle perdite di carico***

La portata di esercizio della condotta in progetto è stata determinata considerando che:

- la tubazione in progetto in PEAD DE50 PN16 (833 m) sarà a servizio di n.4 addetti;
- secondo la letteratura, il fabbisogno idrico sanitario delle utenze artigianali ed industriali è pari a 50 – 100 l/addetto giorno.

Perciò, risulta:

Numero di addetti	4	addetti
Fabbisogno idrico sanitario	100	l/addetto * giorno
Portata	400	l/d
	0,0167	mc/h
	0,00463	l/s

La portata ottenuta comporta perdite di carico trascurabili lungo la condotta in progetto.

## INTERFERENZA CON LINEA FERROVIARIA

Si rende quindi necessaria l'autorizzazione da parte della Rete Ferroviaria Italiana per l'attraversamento della linea ferroviaria Torino Fossano Savona km 29 + 586.

La normativa che regola gli attraversamenti ed i parallelismi di condotte o canali convoglianti liquidi o gas con ferrovie o altre linee di trasporto è il D.M. n. 137 del 04 aprile 2014. L'attraversamento in progetto è da classificarsi tra gli attraversamenti interrati di cui all'art. 4.1.1.

### Scelte progettuali

Il tracciato dell'attraversamento è rettilineo e forma con l'asse del binario un angolo di circa 90 gradi, come prescritto dall'*art. 4.1.1.1*.

Non si prevedono interferenze con manufatti e strutture della ferrovia: la sede ferroviaria non sarà occupata da personale od attrezzature e sarà comunque cura della ditta esecutrice recepire, prima dell'inizio dei lavori, le indicazioni del Piano di Sicurezza e Coordinamento inerenti i rischi specifici dell'intervento in prossimità della linea ferroviaria ed attuarle mediante la redazione del Piano Operativo di Sicurezza.

Ai sensi dell'*art. 4.1.1.3* del Decreto del 04 Aprile 2014 la condotta di trasporto dell'acqua sarà contenuta entro un tubo di protezione in acciaio DN 200 mm.

Ai sensi dell'*art. 4.1.1.4* del Decreto del 04 Aprile 2014 il tubo attraversante sarà interrato per un'estesa di 10 m oltre la rotaia esterna a una profondità tale che l'altezza del terreno sovrastante il tubo di protezione risulta di almeno 1,20 m ed il punto più alto del tubo stesso si trova a 2,10 m al di sotto del piano del ferro (superiore ai 2 m minimi richiesti). L'attraversamento sarà eseguito con pressotrivella.

Ai sensi dell'*art. 4.3* del Decreto del 04 Aprile 2014 la condotta di trasporto sarà in PEAD. Lo spessore

della tubazione sarà calcolato secondo l'*art. 4.3.3* e lo spessore sarà pari a 4,60 mm.

Ai sensi dell'*art. 4.3.9* il tratto di condotta costituente l'attraversamento sarà sottoposto a collaudo mediante prova idraulica in opera con pressione pari a 1,5 volte la pressione idraulica massima di esercizio. La pressione dovrà mantenersi costante per 2 ore dopo la stabilizzazione e dovrà essere dimostrata mediante l'utilizzo di manometro registratore su disco ai sensi dell'*art. 4.3.10* del D.M.

Ai sensi dell'*art. 4.4.6* del Decreto del 04 Aprile 2014, la condotta avrà pendenza pari a 4,639 % (superiore al due per mille) in direzione del pozzetto posto a quota inferiore e terminerà ad una distanza di 10 m da entrambi i lati (valore minimo ammesso) dalla più vicina rotaia.

Ai sensi dell'*art. 4.4.8* del Decreto del 04 Aprile 2014 le estremità del tubo di protezione termineranno in pozzetto praticabile della dimensione interna di 100 x 100 cm allo scopo di consentire l'ispezione dell'intercapedine libera fra la condotta ed il tubo di protezione, nonché di raccogliere e smaltire le eventuali perdite dovute ad avaria o rottura della condotta.

## **Caratteristiche tecniche**

Si riportano nel seguito le caratteristiche tecniche delle condotte interferenti e dei pozzetti di collegamento:

- Individuazione chilometrica: km 29+586;
- Funzionamento della condotta: a pressione;
- Modalità di posa: mediante pressotrivella;
- Condotta portante: La condotta che sarà posata al di sotto del piano ferrato sarà costituita da:
  - tubazione: PEAD PE100 RC DE50 PN16;
  - diametro nominale: DN 50 mm;
  - diametro esterno: DE 50 mm;
  - spessore: 4,60 mm;
  - diametro interno reale: 40,80 mm;
  - pendenza: 4,639 %;
  - posa: posata all'interno del tubo di protezione con distanziatori di materiale isolante non deteriorabile. Detti distanziatori avranno caratteristiche conformi a quanto richiesto dal D.M. 4 aprile 2014 (non occuperanno più di un quarto della

sezione dell'intercapedine) e saranno in numero tale da garantire che la condotta portante non entri in contatto con il tubo di protezione.

- **Tubazione di protezione:** Il tubo di protezione esterno sarà costituito da:
  - tubazione: acciaio DN200;
  - conforme alla norma UNI EN 10224/06;
  - qualità dell'acciaio: L235;
  - carico unitario minimo di snervamento: Re 235 N/mm<sup>2</sup>;
  - diametro nominale: DN 200 mm;
  - diametro esterno: DE 219,10 mm;
  - spessore: 5,0 mm;
  - diametro interno: 209,10 mm.
- **Pozzetti:** I pozzetti alle estremità del tubo di protezione saranno realizzati utilizzando moduli prefabbricati delle dimensioni esterne di 120 x 120 cm con dimensioni interne minime di 100 x 100 cm. Ogni pozzetto si comporrà di elemento di pozzetto e numero idoneo di prolunghe, soletta carrabile per traffico pesante provvista di passo d'uomo sul quale verrà installato un chiusino in ghisa del peso minimo di 80 kg, di classe D400 e **provvisto di guarnizione di tenuta atta ad impedire infiltrazioni nel manufatto dal piano di campagna. Lo smaltimento delle eventuali perdite sarà garantito da una condotta di scarico in PEAD DE200 PN16 con pendenza pari a 0,2 % che dal pozzetto di monte (n. 4) scaricherà all'interno di un vicino canale irriguo (come da elaborati grafici allegati) con valvola a clapet all'imbocco.**

Il diametro del tubo-camicia è tale da assicurare un'intercapedine di 0,0324 m<sup>2</sup> (maggiore rispetto all'intercapedine minimo richiesto pari a 0,0016 m<sup>2</sup>) che permette di far defluire tutta la portata sollevata in arrivo in caso di rottura della tubazione. L'intercapedine minima richiesta è stata calcolata considerando che i distanziatori non devono occupare più di un quarto dell'area dell'intercapedine (art. 4.4.5)

## ***Verifiche idrauliche tubazione portante***

### ***Pressioni statiche massime di esercizio***

L'attraversamento in oggetto è sotteso ad un riduttore di pressione sito in Via delle Rocche nel Comune di San Michele Mondovì (quota 470 m) messo in servizio il 13 Ottobre 2021 in sostituzione di quello posizionato originariamente che non era più funzionante.



Il riduttore installato è del tipo stabilizzatore di valle CSA modello VRCD e rilascia una pressione massima pari a 3,0 bar.



*Figura 4 - Riduttore di pressione sito in Via delle Rocche*

Il riduttore si trova ad una quota di 468 m, mentre l'attraversamento in oggetto (lato monte) a 427 m circa. Perciò, ad un dislivello di 41 m corrisponde un aumento della pressione pari a 4,0 bar. Sommando, quindi, alla pressione di 3,0 bar rilevata in corrispondenza del riduttore di pressione di Via delle Rocche un aumento della pressione pari a 4,0 bar, risulta un valore di pressione atteso a monte dell'attraversamento pari 7,0 bar. Perciò, le verifiche sono state svolte considerando un valore della pressione statica di esercizio pari a 7 bar e trascurando, cautelativamente, le perdite di carico.

Pressioni di esercizio dovute al colpo d'ariete

Il fenomeno del moto vario di correnti in pressione anche detto colpo d'ariete può manifestarsi in tutti gli impianti idraulici in cui si abbia un moto di liquido in condotta; esso è accompagnato da notevoli variazioni della pressione rispetto a quella presente in moto permanente. Tali variazioni possono essere sia positive che negative. Lo studio di tale fenomeno fa riferimento a diverse semplificazioni, che sono:

- Si trascurano le perdite di carico per resistenze distribuite;
- Si suppone il liquido perfetto e incomprimibile;
- Si considera la velocità uniformemente distribuita nel piano di una qualunque sezione.

Il fenomeno è dipendente dalle caratteristiche elastiche del liquido e del materiale costituente le pareti del condotto).

Si ha un sistema formato da due equazioni; una di moto e l'altra di continuità.

L'equazione del moto vale:

$$\frac{\delta h}{\delta x} = \frac{1}{g} \cdot \frac{\delta U}{\delta t}$$

L'equazione di continuità:

$$\frac{\delta U}{\delta x} = \frac{g}{a^2} \cdot \frac{\delta h}{\delta t}$$

In cui  $a$  è la celerità o velocità di propagazione della perturbazione nella condotta che, per una condotta di caratteristiche (lunghezza  $L$ , diametro  $D$  e spessore  $s$ ) uniformi, vale:

$$a = \frac{\sqrt{\frac{\varepsilon}{\rho}}}{\sqrt{1 + \frac{\varepsilon D}{E s}}}$$

In cui si ha:

$$\sqrt{\frac{\varepsilon}{\rho}} = C = \text{celerità del suono nel liquido } \left(\frac{\text{m}}{\text{s}}\right)$$

$\varepsilon$  = modulo di comprimibilità cubica del fluido (pa).

$$\varepsilon_{\text{H}_2\text{O}} = 2,2 \cdot 10^9 \text{ Pa};$$

$\rho$  = densità del fluido convogliato.

$$\rho_{\text{H}_2\text{O}} = 1000 \text{ kg/m}^3;$$

s = spessore della condotta;

E = modulo di elasticità del materiale della condotta. Per PEAD:  $E \approx 8,8 \cdot 10^8 \text{ N/m}^2$ .

Si ottiene:

$\varepsilon$	2,20 E+09	Pa	N/m <sup>2</sup>	
$\rho$	1000	kg/m <sup>3</sup>	9806,65	N/m <sup>3</sup>
C	1483,2	m/s		
E	8,8 E+8	Pa	N/m <sup>2</sup>	
k	2,50	(-)		
D	0,0408	m		
s	0,0046	m		
<b>a</b>	<b>308</b>	<b>m/s</b>		

Nel presente caso si possono trascurare:

- Le perdite di carico di carico all'imbocco;
- Le perdite di carico localizzate (valvole, restringimenti di sezione, etc.);

La durata di fase della condotta lunga  $L^1$  ovvero il tempo impiegato dall'onda a percorrere il tratto  $2L$ , sarà:

$$T = \frac{2L}{a} = [s]$$

Perciò  $T = 2 \cdot (787,501 - 297,25) / 308 = 2 \cdot (490,25) / 308 = 3,18 \text{ s}$ .

Le condizioni peggiori (sovrappressioni massime) si verificano nel caso di manovra "brusca", ovvero con un tempo di chiusura che cade nell'intervallo:

$$0 \leq t_1 \leq \frac{2 \cdot L}{a}; t_1 \text{ è il tempo della manovra;}$$

Una manovra pertanto, si dice "lenta", quando il tempo di chiusura è superiore alla prima fase:

$$t_1 \geq \frac{2 \cdot L}{a}; t_1 \text{ è il tempo della manovra.}$$

Le sovrappressioni generate dal colpo d'ariete per una manovra "brusca" valgono:

$$(3) \frac{\Delta P_{\max}}{\gamma} = \frac{a \cdot U_0}{g}$$

Per una chiusura "lenta" e completa invece si ha:

<sup>1</sup> Lunghezza corrispondente alla distanza fra l'ultima sezione della condotta ed il pozzetto a monte dell'attraversamento

$$(4) \frac{\Delta P_{\max}}{\gamma} \leq \frac{2 \cdot U_0 \cdot L}{g \cdot \tau}$$

In cui  $\tau$  è la durata della manovra.

**Le sovrappressioni dovute al colpo d'ariete sono state calcolate per manovre "brusche":**

$$\Delta h_{\max} = \frac{aU_0}{g}$$

Con:

a = celerità o velocità di propagazione della perturbazione nella condotta;

$U_0$  = velocità di regime (preesistente in condotta);

$$U_0 = \frac{Q}{A}$$

Q = portata di esercizio = 0,00463 l/s;

A = area interna della condotta in PEAD PE100 RC DE50 PN16 = 0,0013 mq;

g = accelerazione di gravità.

a	308,11	m/s
Q	0,00463	l/s
	0,00000463	mc/s
A	0,0013	mq
U0	0,004	m/s
g	9,81	m/s <sup>2</sup>

Si ottiene:

$\Delta h_{\max}$	0,111	m
	0,011	bar
	0,109	N/cm <sup>2</sup>
	0,011	daN/cm <sup>2</sup>

L'entità della sovrappressione ottenuta (0,011 bar) risulta trascurabile rispetto alla pressione statica di esercizio (7 bar). Questo fatto è dovuto alle basse portate, e, di conseguenza, alle velocità di esercizio.

Adeguatezza della tubazione di scarico rispetto alle portate rilevate ed alla portata di rottura lungo l'attraversamento ferroviario

Le portate della condotta esistente a partire dal riduttore di Via delle Rocche risultano essere le seguenti:

- Massima: 7 l/s;
- Media: 5,7 l/s;

- Minima: 4,3 l/s;

rilevate da un misuratore installato nei pressi del riduttore di Via delle Rocche. A valle, la rete serve gran parte del concentrico di San Michele. Perciò, le portate in arrivo nei pressi del nuovo allaccio in progetto sito quasi 3 km a valle, saranno minori. Cautelativamente, si verifica, però, l'adeguatezza della tubazione di scarico rispetto alle portate rilevate sopra indicate trascurando, quindi, lo smistamento lungo le diramazioni della rete esistente. **La portata di rottura viene assunta pari alla portata massima rilevata di 7 l/s.**

È stata allo scopo utilizzata la formula di Chèzy per correnti in moto uniforme:

$$Q = A \cdot \chi \cdot \sqrt{R \cdot i}$$

dove:

Q= portata defluente [m<sup>3</sup>/s];

A= area della sezione liquida [m<sup>2</sup>];

$\chi = cR^{1/6}$ ;

i = pendenza del fondo [m/m];

con

c = coefficiente di scabrezza di Strickler [m<sup>1/3</sup>\*s<sup>-1</sup>];

R= raggio idraulico (area della sezione liquida/contorno bagnato) [m].

Per questo tratto, il coefficiente di scabrezza di Strickler è stato assunto pari a 80 m<sup>1/3</sup>\*s<sup>-1</sup>.

Sulla base dei suddetti dati e a mezzo della relazione sopra riportata, sono stati ricavati i valori dell'altezza d'acqua e della velocità:

Scarico pozzetto 4 PEAD DE200 PN16						
Materiale	Q		Di	i	Altezza d'acqua	V
(-)	l/s	mc/h	mm	%	cm	m/s
PEAD DE200 PN16	7,0	25,17	163,6	0,2	10,9	0,47
	5,7	20,53			9,5	0,45
	4,3	15,47			8,0	0,42

Si osserva che il diametro scelto risulta adeguato a convogliare, in caso di rottura a sezione piena della condotta in pressione, le portate rilevate (che risultano maggiori rispetto a quelle effettivamente attese) e che la velocità risulta anch'essa adeguata (in quanto convoglierebbero acque potabili e, quindi, non sussiste il problema dei sedimenti).

Compatibilità della portata di rottura con la massima portata transitabile nel recapito finale a valle della condotta di scarico

La condotta di scarico si collega ad un canale irriguo avente, nella sezione di interesse, le seguenti caratteristiche<sup>2</sup>:

- Larghezza: 1,2 m;
- Altezze: circa pari a 70 cm agli estremi e 83 cm in centro;
- Pendenza: 1%;
- Fondo irregolare con sporgenze: coefficiente di Gauckler-Strickler assunto pari a  $30 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$ .

Ai fini della verifica della compatibilità della portata di rottura con la massima portata transitabile nel suddetto canale, è stata sviluppata la scala di deflusso:

h		V	Q		
m	cm	m/s	mc/s	mc/h	l/s
0	0	0,00	0,00	0,00	0,0
0,050	5	0,39	0,02	83,38	23,2
0,100	10	0,58	0,07	251,95	70,0
0,150	15	0,73	0,13	472,95	131,4
0,160	<b>16</b>	0,76	0,15	522,03	<b>145,0</b>
<b>0,165</b>	<b>16,5</b>	<b>0,77</b>	<b>0,15</b>	<b>547,11</b>	<b>152,0</b>
0,200	20	0,85	0,20	731,75	203,3
0,250	25	0,94	0,28	1019,36	283,2
0,300	30	1,03	0,37	1329,68	369,4
0,350	35	1,10	0,46	1658,33	460,6
0,400	40	1,16	0,56	2002,04	556,1
0,450	45	1,21	0,66	2358,31	655,1
0,500	50	1,26	0,76	2725,17	757,0
0,550	55	1,31	0,86	3101,07	861,4

<sup>2</sup> Vedi elaborato grafico "3.6 Particolari costruttivi: Modalità posa condotta FFSS – Sezione B-B".

Dalla tabella si evince che:

- al livello massimo che si verifica all'interno del fosso in periodi di irrigazione dei campi, che da sopralluoghi e accertamenti condotti, è stato definito pari a 16 cm, corrisponde una portata pari a 145 l/s;
- sommando alla portata massima irrigua (145 l/s) la portata di rottura (7 l/s), risultano 152 l/s che defluiscono all'interno del canale con altezza pari a 16,5 cm.

Considerando che l'entità dell'innalzamento (0,5 cm) dello scarico della portata di rottura è modesto e che al di sopra del livello massimo viene garantito un franco adeguato (da 53,5 cm agli estremi a 66,5 cm in centro) si ritiene che la portata di rottura sia compatibile con la massima portata transitabile nel recapito finale e che lo scarico eccezionale delle portate provenienti dalle opere in progetto non generi un impatto significativo sul attuale deflusso del fosso irriguo in oggetto.

#### Calcolo e verifica dello spessore minimo della tubazione portante

Considerando la pressione massima che può verificarsi moltiplicata per 1,5 volte, e lo spessore della condotta portante; è stato effettuato il calcolo della sollecitazione a cui sarà sottoposta la condotta impiegando la formula sotto riportata. Il risultato ottenuto è stato confrontato con la sollecitazione massima ammissibile (8MPa):

$$s = \frac{(1,5 \cdot p) \cdot D}{2 \cdot \sigma}$$

dove

s = spessore della condotta portante (mm);

p = pressione massima che può verificarsi nelle più gravose condizioni di esercizio (kg/m<sup>2</sup>)

= pressione statica + pressione colpo d'ariete

= 7 bar + 0,011 bar = 7,011 bar ~ 7 bar;

D = diametro della condotta portante (mm);

$\sigma$  = sollecitazione di progetto (kg/m<sup>2</sup>);

$\sigma_{max}$  = sollecitazione massima ammissibile (kg/m<sup>2</sup>);

I risultati ottenuti sono i seguenti:

s	4,60	mm
p	7	bar
	71356	kg/m <sup>2</sup>
1,5 p	10,5	bar
	107037	kg/m <sup>2</sup>

D	40,8	mm
$\bar{\sigma}$	474671	kg/m <sup>2</sup>
$\bar{\sigma}$ max	8	MPa
	800	N/cm <sup>2</sup>
	815776	kg/m <sup>2</sup>

La verifica è soddisfatta in quanto  $\bar{\sigma} < \bar{\sigma}_{max}$ .

## Scelta e verifiche idrauliche tubo di protezione

### Scelta del tubo di protezione

La condotta portante deve essere posata nell'interno del tubo di protezione con distanziatori di materiale isolante non deteriorabile. Questi non devono occupare più di un quarto dell'area dell'intercapedine.

Il tubo di protezione deve essere di spessore adeguato alle sollecitazioni esterne ed interne da sopportare. Nei tubi di acciaio tale spessore, indipendentemente dai risultati dei calcoli di cui appresso, non può essere inferiore a 4 mm.

In accordo con questi requisiti, si è scelta una tubazione di protezione di diametro nominale DN200 e di spessore 5,00 mm.

Il diametro del tubo di protezione è stato scelto in modo da assicurare lo smaltimento della intera portata della condotta e di agevolare le operazioni di spinta:

DN/PE	De	Di	Spessore	A esterna	A interna	A spessore	A intercapedine
mm	mm	mm	mm	m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>
50	50,0	40,80	4,60	0,002	0,0013	0,0007	
Intercapedine							0,0324
200	219,1	209,10	5,0	0,0377	0,0343	0,0034	
							↑
							↓
$A_{intercapedine}$ minima						0,0016	

I distanziatori non devono occupare più di un quarto dell'area dell'intercapedine.

I singoli distanziatori sono caratterizzati da:

- $h$  (altezza) = 15 mm;
- $s$  (spessore) = 5 mm;
- Area singolo distanziatore =  $15 \times 5 = 75 \text{ mm}^2$ ;

Sono distanziati di 63 mm, per cui sulla circonferenza del tubo portante di diametro 50 mm (che risulta di circonferenza pari a 157,08 mm) ve ne sono:

$$\text{Numero distanziatori} = 157,08 / 63 = 2,49 \text{ (arrotondiamo a 3).}$$

Per cui, si avrà un'area totale occupata dai distanziali di:

$$\text{Area totale distanziatori} = 75 \times 3 = 225 \text{ mm}^2 = 0,000225 \text{ m}^2.$$

L'area dell'intercapedine (riportata sopra in tabella) è  $0,0324 \text{ m}^2$  che diviso 4 porta a  $0,00809 \text{ m}^2$ , valore corrispondente alla massima area dell'intercapedine che può essere occupata dai distanziatori. Quindi, effettuando un confronto tra l'area che può essere occupata e quella effettiva ( $0,000225 \text{ m}^2$ ) si ha:

$$0,000225 \text{ m}^2 < 0,00809 \text{ m}^2$$

per cui è verificato.

Per ultimo, si verifica l'adeguatezza dell'intercapedine depurato dall'area occupata dai distanziatori attraverso un confronto con l'area interna del tubo portante:

$$\text{Area intercapedine} - \text{Area distanziatori} = 0,0324 - 0,000225 = 0,01143 \text{ m}^2;$$

$$\text{Area corona circolare depurata dei distanziatori} = 0,03213 \text{ m}^2;$$

$$\text{Area interna condotta portante (DN200)} = 0,00131 \text{ m}^2;$$

$$0,03213 \text{ m}^2 > 0,00131 \text{ m}^2.$$

Il tubo di protezione deve essere di spessore adeguato alle sollecitazioni esterne ed interne da sopportare, in seguito si riportano le verifiche effettuate in merito.

#### Verifiche idrauliche tubo di protezione

Le operazioni da effettuarsi nell'ambito della verifica, art 4.4.2, sono le seguenti:

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

- 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.

Di seguito i risultati dei calcoli:

A) *Peso proprio della tubazione*

Il peso complessivo è dato dalla somma: del peso proprio della tubazione di protezione (P), più il peso proprio della tubazione portante (Pc), più il peso dell'acqua contenuta nella condotta interna (Pa):

DN	De	Peso proprio del tubo di protezione P		
mm	mm	kg/m	N/m	N/cm
200	219,1	26,40	258,90	<b>2,59</b>

DN	De	Peso proprio della condotta interna Pc		
mm	mm	kg/m	N/m	N/cm
50	50,0	0,65	6,37	<b>0,06</b>

$\rho$	g	$\gamma_{H2O}$		A	Peso acqua Pa
kg/m <sup>3</sup>	m/s <sup>2</sup>	N/m <sup>3</sup>	N/cm <sup>3</sup>	cm <sup>2</sup>	N/cm
1000	9,81	9810	0,010	13,07	<b>0,13</b>

B) *Carico ripartito superiore, corrispondente al peso del terrapieno sovrastante la tubazione e al carico mobile transitante sul binario opportunamente combinati*

I parametri geotecnici di progetto vengono riportati nella seguente tabella:

Parametri geotecnici di progetto		
$\gamma_{\text{terreno}}$	18	kN/m <sup>3</sup>
$\varphi$	25	°

Il carico ripartito superiore (p) risulta come somma del carico permanente (pp):

$$pp = \gamma_{\text{terreno}} * H$$

e del carico accidentale (pa) per ferrovie a semplice binario:

$$pa = [15000 : (2.6 + 1.5 H)] \text{ daN/m}^2$$

per ferrovie a doppio binario:

$$pa = [15000 : (3.08 + 0.8 H)] \text{ daN/m}^2$$

$\gamma_{\text{terreno}}$	H	pp	De	Peso terrapieno Pt	
$\text{kN/m}^3$	m	$\text{kN/m}^2$	m	$\text{kN/m}$	N/cm
18	2,50	45,0	0,2191	9,86	<b>98,60</b>

H	pa		De	Carico mobile Pm		
m	$\text{daN/m}^2$	$\text{kN/m}^2$	m	$\text{daN/m}$	$\text{kN/m}$	N/cm
2,50	2952,76	29,53	0,2191	646,95	6,47	<b>64,69</b>

$p = pp + pa$	74,53	$\text{kN/m}^2$
---------------	-------	-----------------

Dove:

$$Pt \text{ (peso del terrapieno)} = pp * De;$$

$$Pm \text{ (carico mobile)} = pa * De.$$

La reazione totale (Q) sarà data dalla somma di tutti i carichi verticali agenti sulla tubazione:

$$Q = P + Pc + Pa + Pt + Pm$$

Q	166,07	N/cm
	1693,92	kg/m
	16,61	kN/m

C) Carico ripartito laterale (q), corrispondente alla parte rettangolare del diagramma di spinta (pressione dovuta al terreno + pressione dovuta al sovraccarico accidentale)

$$q = k_0 * p$$

Dove:

ko: coefficiente di spinta a riposo, funzione di  $\varphi$ , valutato con l'espressione di Jaky;

$$k_0 = (1 + \frac{2}{3} \sin\varphi) \left( \frac{1 - \sin\varphi}{1 + \sin\varphi} \right)$$

p: carico ripartito superiore (precedentemente calcolato);

Si ottiene:

k0	p	q
(-)	$\text{kN/m}^2$	$\text{kN/m}^2$

0,52	74,53	38,77
------	-------	-------

D) Carico triangolare laterale, corrispondente alla parte triangolare del diagramma di spinta

$$z = k_o * D_e * \gamma_{\text{terreno}}$$

Risulta:

<b>k<sub>o</sub></b>	<b>D<sub>e</sub></b>	<b>γ<sub>terreno</sub></b>	<b>z</b>
<b>(-)</b>	<b>m</b>	<b>kN/m<sup>3</sup></b>	<b>kN/m<sup>2</sup></b>
0,52	0,2191	18	2,05

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

(Calcoli riportati nei passaggi sottostanti)

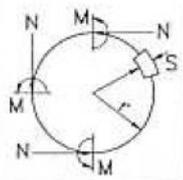
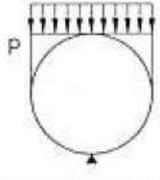
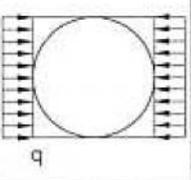
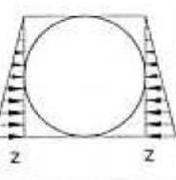
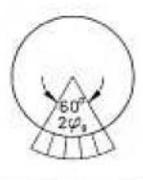
**Valutati così i carichi agenti sulla condotta, si possono ottenere le sollecitazioni unitarie nelle sezioni radiali del tubo di protezione.**

*Calcolo delle sollecitazioni unitarie del tubo di protezione*

Dati i carichi calcolati nei passaggi precedenti:

<b>γ<sub>terreno</sub></b>	18	kN/m <sup>3</sup>
<b>r</b> <b>(raggio medio)</b>	0,107	m
<b>s</b>	0,005	m
<b>p</b>	74,53	kN/m <sup>2</sup>
<b>q</b>	38,77	kN/m <sup>2</sup>
<b>z</b>	2,05	kN/m <sup>2</sup>
<b>Q</b>	16,61	kN/m

E' possibile calcolare le sollecitazioni unitarie del tubo di protezione nelle diverse sezioni:

	A	B	C	D	E
	PESO PROPRIO	CARICO RIPARTITO SUPERIORE	CARICO RIPARTITO LATERALE	CARICO TRIANGOLARE LATERALE	REAZIONE RADIALE COSTANTE SETTORE $2\varphi_s = 60^\circ$
SCHEMA					
SEZIONE VERTICALE SUPERIORE	$M = \frac{1}{2} \gamma_1 sr^2$ $N = -\frac{1}{2} \gamma_1 sr$	$M = \left(\frac{4}{3\pi} - \frac{1}{8}\right) pr^2 = 0.29941 pr^2$ $N = -\frac{1}{3\pi} pr = -0.10610 pr$	$M = -\frac{1}{4} qr^2$ $N = qr$	$M = -\frac{5}{48} zr^2 = -0.10417 zr^2$ $N = \frac{5}{16} zr = 0.31250 zr$	(Q=reazione totale) $M = -0.0073038 Qr$ $N = 0.014817 Q$
SEZIONE ORIZZONTALE MEDIANA	$M = -\frac{\pi-2}{2} \gamma_1 sr^2 = -0.57080 \gamma_1 sr^2$ $N = \frac{\pi}{2} \gamma_1 sr = 1.57080 \gamma_1 sr$	$M = \left(\frac{1}{\pi} - \frac{5}{8}\right) pr^2 = -0.30669 pr^2$ $N = pr$	$M = \frac{1}{4} qr^2$ $N = 0$	$M = \frac{1}{8} zr^2 = 0.125 zr^2$ $N = 0$	$M = 0.0075118 Qr$ $N = 0$
SEZIONE VERTICALE INFERIORE	$M = \frac{3}{2} \gamma_1 sr^2$ $N = \frac{1}{2} \gamma_1 sr$	$M = \left(\frac{2}{3\pi} + \frac{3}{8}\right) pr^2 = 0.58721 pr^2$ $N = \frac{1}{3\pi} pr = 0.10610 pr$	$M = -\frac{1}{4} qr^2$ $N = qr$	$M = -\frac{7}{48} zr^2 = -0.14583 zr^2$ $N = \frac{11}{16} zr = 0.68750 zr$	$M = -0.11165 Qr$ $N = 0.11916 Q$

schema	sollecitazione	unità di misura	Sollecitazioni unitarie				
			A	B	C	D	E
			peso proprio	carico ripartito superiore	carico ripartito laterale	carico triangolare laterale	reazione radiale costante settore 60°
sezione verticale superiore	M	kNm/m	0,0005	0,26	-0,111	-0,002	-0,013
	N	kN/m	-0,0048	-0,85	4,150	0,069	0,246
sezione orizzontale mediana	M	kNm/m	-0,0006	-0,26	0,111	0,003	0,013
	N	kN/m	0,0151	7,98	0	0	0
sezione verticale inferiore	M	kNm/m	0,0015	0,50	-0,111	-0,003	-0,198
	N	kN/m	0,0048	0,85	4,150	0,151	1,979

Da cui si ottiene:

Schema	Sollecitazione	Valore			
		Somma delle singole sollecitazioni unitarie (A,B,C,D,E) per M ed N per ogni sezione			
Sezione verticale superiore	M	0,130	kNm/m	13,228	kgm/m
	N	3,614	kN/m	368,493	kg/m
Sezione orizzontale mediana	M	-0,135	kNm/m	-13,782	kgm/m
	N	7,993	kN/m	815,087	kg/m
Sezione verticale inferiore	M	0,190	kNm/m	19,382	kgm/m
	N	7,131	kN/m	727,207	kg/m

Alle sollecitazioni calcolate corrispondono le seguenti tensioni massime calcolate per una sezione presso-inflessa utilizzando:

$$\sigma_{max} = \frac{N}{A} \pm \frac{M}{W} = \frac{N}{1 \cdot s} \pm \frac{6M}{s^2}$$

Sezione	segno	$\sigma_{max}$		
		kN/m <sup>2</sup>	kN/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>
sezione superiore	.+	<b>31856,7</b>	<b>3,19</b>	<b>325</b>
	.-	-30411,2	-3,04	-310
sezione mediana	.+	-30838,7	-3,08	-314
	.-	<b>34036,0</b>	<b>3,40</b>	<b>347</b>
sezione inferiore	.+	<b>47043,3</b>	<b>4,70</b>	<b>480</b>
	.-	-44190,7	-4,42	-451

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 (S) minimo del materiale.

S	235	Mpa
	2,35E+08	N/m <sup>2</sup>
	23,5	kN/cm <sup>2</sup>
	2396	kg/cm <sup>2</sup>
$\sigma_{adm} = S/2$	1198	kg/cm <sup>2</sup>

La sollecitazione massima (480 kg/cm<sup>2</sup>) risulta inferiore rispetto al valore di verifica (1198 kg/cm<sup>2</sup>).

Perciò, la tubazione risulta verificata.

### **Verifiche idrauliche tubazione di sfioro pozzetto 4**

Venendo ora alla verifica idraulica del tratto in PEAD DE200 PN16 con funzionamento a superficie libera, è stata allo scopo utilizzata la formula di Chèzy per correnti in moto uniforme:

$$Q = A \cdot \chi \cdot \sqrt{R \cdot i}$$

dove:

$Q$  = portata defluente [ $\text{m}^3/\text{s}$ ];

$A$  = area della sezione liquida [ $\text{m}^2$ ];

$\chi = cR^{1/6}$ ;

$i$  = pendenza del fondo [ $\text{m}/\text{m}$ ];

con

$c$  = coefficiente di scabrezza di Strickler [ $\text{m}^{1/3}\text{s}^{-1}$ ];

$R$  = raggio idraulico (area della sezione liquida/contorno bagnato) [ $\text{m}$ ].

Per questi tratti, il coefficiente di scabrezza di Strickler è stato assunto pari a  $80 \text{ m}^{1/3}\text{s}^{-1}$ .

Sulla base dei suddetti dati e a mezzo della relazione sopra riportata, sono stati ricavati i valori dell'altezza d'acqua, del grado di riempimento e della velocità:

<b>Scarico pozzetto 4</b>						
<b>PEAD DE200 PN16</b>						
Materiale	Q		Di	i	Altezza d'acqua	V
(-)	l/s	mc/h	mm	%	cm	m/s
PEAD DE200 PN16	0,00463	0,0167	163,6	0,2	0,29	0,06

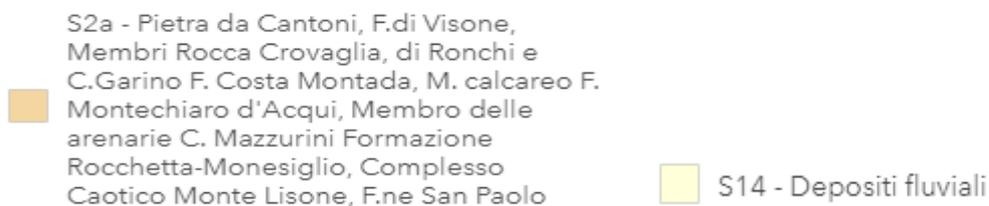
Si osserva che il diametro scelto risulta ampiamente adeguato a convogliare le portate di progetto e che la velocità risulta notevolmente al di sotto dei valori consigliati in letteratura conseguenza delle portate irrisorie di progetto. Essendo, però, condotte che verranno sfruttate solo in casi eccezionali e che convoglieranno acque potabili (quindi non sussiste il problema dei sedimenti), si ritiene che risultino comunque adeguate allo scopo.

## CARATTERISTICHE GEOTECNICHE ED IDROGEOLOGICHE DEL SITO

Secondo quanto indicato nella carta geologica, la litologia superficiale interessata dagli interventi è caratterizzata in parte da depositi fluviali “Depositi fluviali pleistocene – sup., Bacino di Savigliano, successione quaternaria” e in parte da successioni carbonatiche “Areniti, conglomerati e calcareniti a macroforaminiferi, formazione di San Paolo”.



**Figura 2– Carta geologica dell’area oggetto di intervento [Geoportale ARPA Piemonte]**



**Figura 3– Estratto della legenda carta geologica [Geoportale ARPA Piemonte]**

## VINCOLI

L'analisi completa dei vincoli presenti sul sito oggetto d'intervento è sviluppata nell'elaborato "2.2\_Relazione di fattibilità ambientale" dove vengono evidenziati gli aspetti, le relazioni e gli impatti delle opere relativamente al contesto territoriale di riferimento, agli atti di pianificazione e programmazione territoriale e settoriale.

## CONSIDERAZIONI SUL RISCHIO ARCHEOLOGICO

In relazione al potenziale rischio archeologico associato alle aree interessate dalle lavorazioni, si osserva quanto segue:

- gli interventi previsti non comportano scavi all'interno di aree classificate come siti archeologici o zone a rischio archeologico dagli strumenti di pianificazione urbanistica e territoriale;
- gli scavi avvengono su sedime stradale ad una profondità di circa 1,30 metri già ampiamente rimaneggiata per la costruzione della fondazione stradale.

Non si ritiene pertanto, sentito il R.U.P., di dover procedere a verifiche ed indagini specifiche ai sensi dell'art. 28 del D. Lgs 42/2004, dell'art. 25 del D. Lgs 50/2016.

## PIANO PARTICELLARE DI ESPROPRIO

In progetto è prevista, ove non vi sia percorrenza su strada, l'imposizione della servitù di fognatura, per una larghezza di metri 5,00 avente per mezzera l'asse della condotta. La proprietà del terreno resterà pertanto agli attuali proprietari, i quali saranno indennizzati per i vincoli imposti sull'area asservita (divieto di piantumazione di alberi di alto fusto, di esecuzione di scavi e rinterri a ridosso della condotta e di realizzazione di manufatti di qualsiasi genere).

Per quanto riguarda la fase di realizzazione dell'opera, i proprietari dei terreni interessati dalle operazioni di scavo e posa della condotta riceveranno, in seguito all'esecuzione dei lavori, una indennità di occupazione calcolata su una fascia della larghezza pari a 15 m avente come linea mediana l'asse della condotta.

Tale indennità verrà corrisposta dal Committente ai soli proprietari dei terreni che non presentano scarpe o pendenze tali da impossibilitare le lavorazioni di cui sopra. Per i terreni in scarpa non è prevista alcuna indennità di occupazione mentre verrà corrisposta una indennità ai proprietari dei

terreni prospicienti per una fascia di 15 metri, calcolata sempre dall'asse della condotta.

Oltre tale larghezza, i danni causati durante la realizzazione dell'opera si intendono a totale carico dell'impresa appaltatrice dei lavori.

Vedi allegato "4.1\_Elenco ditte".

## **GESTIONE DELLE MATERIE**

Premesso che:

- l'art. 1, comma 1, lettera b, del Decreto Legislativo 152/2006 e s.m.i. definisce:  
Materiali di scavo: "suolo o sottosuolo, con eventuali presenze di riporto, derivanti dalla lavorazione di un'opera". Per opera si intende il risultato di un insieme di lavori di costruzione, demolizione, recupero, ristrutturazione, restauro, manutenzione, che di per sé espliciti una funzione economica o tecnica ai sensi dell'art. 3, comma 8, del decreto legislativo del 12 aprile del 2006, n°163 e successive modificazioni e integrazioni;
- l'art. 185 del medesimo Decreto riporta le esclusioni dall'ambito di applicazione della parte IV del 152/2006 e s.m.i., ossia non è da trattarsi come rifiuto, in accordo al comma 1 lettera c) "il suolo non contaminato e altro materiale allo stato naturale escavato nel corso di attività di costruzione, ove sia certo che esso verrà riutilizzato a fini di costruzione allo stato naturale e nello stesso sito in cui è stato escavato";
- l'art. 2, comma 1, lettera f del Decreto del Presidente della Repubblica 13 giugno 2017 n°120 "Regolamento recante la disciplina semplificata della gestione delle terre e rocce da scavo" definisce:  
Piano di Utilizzo: "il documento nel quale il proponente attesta, ai sensi dell'articolo 47 del decreto della repubblica 28 dicembre 2000, n°445, il rispetto delle condizioni e dei requisiti previsti dall'articolo 184-bis del decreto legislativo 3 aprile 2006, n° 152, e dall'articolo 4 del presente regolamento, ai fini dell'utilizzo come sottoprodotti delle terre e rocce da scavo generate in cantieri di grandi dimensioni";  
Dichiarazione di utilizzo: assolve la funzione del Piano di utilizzo nel caso di cantieri di piccole dimensioni o di grandi dimensioni non sottoposti a VIA.

In accordo alla legislazione vigente quanto estratto dalle operazioni di scavo nel corso delle attività di cantiere, ai sensi dell'art. 185 comma 1, lettera c), del D. Lgs. 152/2006 e dell'art. 24 del D.P.R.

12/2017, se ritenuto non contaminato sulla base delle indagini di laboratorio condotte, sarà riutilizzato per il rinterro nello stesso sito di produzione e pertanto escluso dall'ambito di applicazione della normativa sui rifiuti. Il solo materiale escavato contaminato o ritenuto dalla D.L. inidoneo al riutilizzo per i rinterri e i quantitativi eccedenti sarà conferito a rifiuto secondo le modalità previste dalla Normativa vigente.

## **INTERFERENZE CON SOTTOSERVIZI**

Per quanto concerne i sottoservizi interferenti con le opere in progetto, si osserva che sono state richieste ai differenti Enti le planimetrie delle proprie utenze ed è stata redatta la planimetria "3.5\_Planimetria sottoservizi" in cui sono segnalati i sottoservizi presenti.

## **AUTORIZZAZIONI**

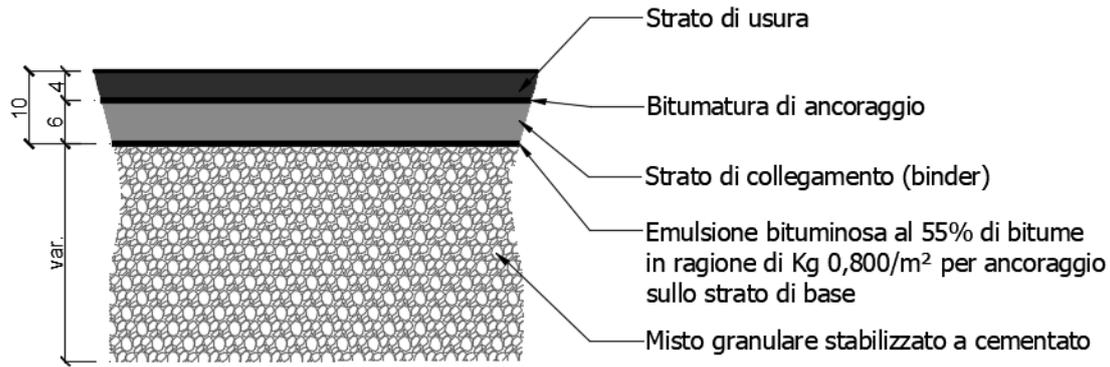
Con il presente Progetto Definitivo, verranno richieste le seguenti autorizzazioni:

- Richiesta autorizzazione alla Provincia di Cuneo – Ufficio viabilità per la percorrenza SP 34 tra le progressive 0+315 – 0+700 km con n.1 tubazione in PEAD PE100 RC DE50 PN16.

Come descritto in precedenza il progetto prevede la percorrenza della Strada Provinciale 34 per la posa di n. 1 tubazione (PEAD PE100 RC DE50 PN16) mediante lo scavo a cielo aperto, eseguito in seguito al taglio preliminare dell'asfalto, la posa della tubazione su letto e rinfiacco in sabbia, il riempimento dello scavo mediante misto granulare stabilizzato a cemento sino a 10 cm al di sotto del p.c. e la realizzazione di strato di collegamento in binder (spessore 10 cm). Ad assestamento avvenuto si prevede la fresatura su tutta la carreggiata stradale ed il tappeto d'usura binder 4 cm semichiuso.

Le altezze di ricoprimento minime e massime previste in percorrenza (sez. 65 – 104) sono pari a 1,00 m e 1,347 m rispettivamente.

I pozzetti saranno realizzati sull'arginello stradale.



**Figura 4 - Particolare ripristino strada provinciale**

- Richiesta autorizzazione alla Provincia di Cuneo – Ufficio viabilità per l’attraversamento SP 34 alla progressiva 0+050 con n.1 tubazione in PEAD PE100 RC DE50 PN16.

L’attraversamento della Strada Provinciale 34 verrà effettuata mediante pressotrivella. Le altezze di ricoprimento minime e massime previste in corrispondenza dell’attraversamento (sez. 19 – 20) sono pari a 4,499 m e 4,560 m rispettivamente.

Le modalità operative delle metodologie succitate si possono così descrivere:

- *Pressotrivella:*
  - Realizzazione della camera di spinta delle dimensioni opportune per il tipo di condotta da installare, alla profondità prevista negli elaborati progettuali;
  - Posizionamento dell’attrezzatura di spinta (martinetti idraulici e telaio di guida) posta in corrispondenza dell’asse del tracciato; sul telaio si posiziona il primo elemento da infiggere preceduto da uno scudo metallico a fronte aperto con funzione “tagliente”;
  - Applicazione della forza di spinta sulla faccia posteriore della tubazione attraverso un anello ripartitore; infisso il primo elemento, se ne posiziona posteriormente un secondo (con saldatura nel caso di tubazioni metalliche) e si procede all’ulteriore successiva spinta;
  - Ad infissione ultimata, in corrispondenza della camera di arrivo (che dovrà essere realizzata in precedenza) si procede al recupero dell’attrezzatura di spinta.

Le condotte da impiegare per i tratti interessati da questa tipologia di posa saranno in PEAD PE100 RC DE50 PN16, posate entro tubo camicia di protezione in acciaio DN200 con distanziatori di materiale isolante non deteriorabile, caratterizzate da proprietà meccaniche compatibili con la tecnica di infissione e con i macchinari utilizzati.

- Richiesta autorizzazione Acquedotto delle langhe

Il tracciato della condotta in progetto interferisce con l'acquedotto delle Langhe come si evince in modo dettagliato dagli elaborati grafici allegati.

Durante l'intero svolgimento del cantiere sarà inoltre cura dell'impresa appaltatrice garantire continuo e funzionale accesso per eventuali interventi di manutenzione straordinaria che possano essere necessari da parte del Gestore.

- Richiesta autorizzazione ENEL.

Il tracciato della condotta in progetto interferisce con la rete elettrica come si evince in modo dettagliato dagli elaborati grafici allegati.

Durante l'intero svolgimento del cantiere sarà inoltre cura dell'impresa appaltatrice garantire continuo e funzionale accesso per eventuali interventi di manutenzione straordinaria che possano essere necessari da parte di ENEL.

- Richiesta autorizzazione per l'attraversamento SS 28 progressiva 43+700 con n.1 tubazione in PEAD PE100 RC DE50 PN16.

L'attraversamento della Strada Statale 28 verrà effettuata mediante pressotrivella (sez. 16 – 17). Le altezze di ricoprimento minima e massima risultano pari a 2,149 m e 2,223 m rispettivamente.

Le modalità operative delle metodologie succitate si possono così descrivere:

- *Pressotrivella:*
  - Realizzazione della camera di spinta delle dimensioni opportune per il tipo di condotta da installare, alla profondità prevista negli elaborati progettuali;
  - Posizionamento dell'attrezzatura di spinta (martinetti idraulici e telaio di guida) posta in corrispondenza dell'asse del tracciato; sul telaio si posiziona il primo elemento da infiggere preceduto da uno scudo metallico a fronte aperto con funzione "tagliente";
  - Applicazione della forza di spinta sulla faccia posteriore della tubazione attraverso un anello ripartitore; infisso il primo elemento, se ne posiziona posteriormente un secondo (con saldatura nel caso di tubazioni metalliche) e si procede all'ulteriore successiva spinta;
  - Ad infissione ultimata, in corrispondenza della camera di arrivo (che dovrà essere realizzata in precedenza) si procede al recupero dell'attrezzatura di spinta.

Le condotte da impiegare per i tratti interessati da questa tipologia di posa saranno in PEAD PE100 RC DE50 PN16, posate entro tubo camicia di protezione in acciaio DN200 con distanziatori di materiale isolante non deteriorabile, caratterizzate da proprietà meccaniche compatibili con la tecnica di infissione e con i macchinari utilizzati.

- FF.SS. interferenza con linea Ferroviaria

Si rende necessaria l'autorizzazione da parte della Rete Ferroviaria Italiana per l'attraversamento della linea Torino Fossano Savona al km 29 + 586.

La normativa che regola gli attraversamenti ed i parallelismi di condotte o canali convoglianti liquidi o gas con ferrovie o altre linee di trasporto è il D.M. n. 137 del 04 aprile 2014.

Si riportano nel seguito le caratteristiche tecniche delle condotte interferenti e dei pozzetti di collegamento:

- Individuazione chilometrica: km 29+586
- Funzionamento della condotta: a pressione
- Modalità di posa: mediante pressotrivella.

La condotta che sarà posata sopra al ponte della Strada Provinciale 34 sarà costituita da un tubo in PEAD PE100 RC DE50 PN16 posata all'interno del tubo di protezione in acciaio DN200 con distanziatori di materiale isolante non deteriorabile. Detti distanziatori avranno caratteristiche conformi a quanto richiesto dal D.M. 4 aprile 2014 (non occuperanno più di un quarto della sezione dell'intercapedine) e saranno in numero tale da garantire che la condotta portante non entri in contatto con il tubo di protezione.

## **RILIEVO TOPOGRAFICO**

Il rilievo piano - altimetrico è stato effettuato con una strumentazione GPS (rover interfacciato con rete RTK) Leica CS10 3.5G. Come supporto cartografico si è fatto riferimento alla cartografia catastale e alla C.T.R. (Carta Tecnica Regionale). Le coordinate ellissoidiche, riferite all'ellissoide internazionale WGS 84, sono state trasformate in coordinate piane Gauss-Boaga mediante l'elaborazione con i software Topko e Prost, sulla base delle griglie di calcolo fornite dall'Istituto Geografico Militare (I.G.M.).

## QUADRO ECONOMICO

L'importo complessivo per la realizzazione degli interventi oggetto del presente progetto ammonta, in accordo all'allegato "7\_Quadro economico" a 174.500,00 così distinto:

- Importo per la realizzazione dei lavori 151.426,90 €
- Importo delle somme a disposizione dell'amministrazione 23.073,10 €

## CRONOPROGRAMMA ATTRAVERSAMENTO FERROVIARIO

La durata TOTALE presunta dei lavori previsti in progetto è pari a 2 mesi.

Per quanto riguarda l'attraversamento ferroviario, sono stati previsti:

- Posa condotta in PEAD PE100 RC DE50 PN16 con tubo camicia in acciaio DN200;
  - N. 1 giorni per allestimento cantiere;
  - N. 8 giorni per le operazioni di posa della condotta mediante pressotrivella;
  - N. 2 giorni per la posa dei pozzetti di ispezione;
  - N. 1 giorni per rinterro di scavo;
  - N. 1 giorno per il ripristino delle aree;
  - N. 1 giorni per lo smobilizzo del cantiere.
- Posa condotta di scarico pozzetto 4 (di monte) in PEAD DE200 PN16:
  - N. 1 giorno per allestimento area di cantiere;
  - N. 1 giorni per taglio di asfalto e scavo;
  - N. 3 giorni per posa tubazioni;
  - N. 1 giorno per allacciamento a pozzetti di monte e valle;
  - N. 1 giorni per rinterro di scavo;
  - N. 1 giorno per esecuzione ripristini;
  - N. 1 giorno per smobilizzo del cantiere.

## PREZZIARIO DI RIFERIMENTO

La stima sommaria di spesa è stata determinata sulla base dei prezziari editi dalla Regione Piemonte per l'anno 2021 e da preventivi specifici soprattutto per la posa mediante pressotrivella.

Spett.le  
**Ente di Governo dell'Ambito  
Territoriale n. 4 Cuneese**  
12100 CUNEO CN  
[ato4cuneese@pec.ato4cuneese.it](mailto:ato4cuneese@pec.ato4cuneese.it)

Spett.le  
**MONDO ACQUA SpA**  
c.a. Ing. Chiara Mirto  
Via Venezia, 6B,  
12084 Mondovì CN  
Pec: [info@pec.mondoacqua.com](mailto:info@pec.mondoacqua.com)

Torino li: *data del protocollo*

**Oggetto: rif. prat. 25 – 8568**  
**Lavori di allaccio idrico al servizio della stazione elettrica 123 kV di Terna nel Comune di San Michel di Mondovì (CN).**

Con riferimento alla nota segnata a margine ed in previsione della seconda seduta della Conferenza di Servizi indetta in data 28/07/2022 p.v., si evidenzia che la documentazione pervenuta dovrà essere ulteriormente integrata dal Richiedente secondo i punti di seguito elencati:

con riferimento all'elaborato 1 – “Relazione generale”:

- occorre valutare la massima pressione di esercizio ( $p_e$ ) tenendo conto del colpo d'ariete nella sezione della condotta a monte dell'attraversamento;
- occorre esplicitare la portata di rottura nell'ipotesi di rottura a sezione piena della condotta in pressione e verificare che lo smaltimento della stessa venga garantito dalle tubazioni di scarico;
- occorre verificare che la suddetta portata di rottura sia compatibile con la massima portata transitabile nel recapito finale (fosso irriguo);

con riferimento all'elaborato 3.6 – “Modalità posa condotta FFSS”:

- occorre indicare graficamente il verso di deflusso delle acque nel fosso irriguo.

Responsabile della procedura: Barbara Morresi – @ [b.morresi@rfi.it](mailto:b.morresi@rfi.it) tel. 313 8041062

Referente istruttoria tecnica: Michele Formica – @ [mi.formica@rfi.it](mailto:mi.formica@rfi.it) tel. 313 8086167

Piazza della Croce Rossa, 1 - 00161 Roma

Rete Ferroviaria Italiana – Società per Azioni - Gruppo Ferrovie dello Stato Italiane  
Società con socio unico soggetta all'attività di direzione e coordinamento di  
Ferrovie dello Stato Italiane S.p.A. a norma dell'art. 2497 sexies del  
cod. civ. e del D.Lgs. n. 112/2015

Sede legale: Piazza della Croce Rossa, 1 - 00161 Roma

Cap. Soc. euro 31.528.425.067,00

Iscritta al Registro delle Imprese di Roma

Cod. Fisc. 01585570581 e P. Iva 01008081000 – R.E.A. 758300



Con riferimento allo scarico nel recettore finale (canale irriguo) da codesta Società indicato è necessario produrre:

- benessere all'immissione dello scarico da parte dell'ente proprietario o gestore del canale/fosso irriguo;

Tenuto conto di tutto quanto sopra esposto, si esprime **parere favorevole** sul progetto definitivo delle opere di cui all'oggetto, a condizione che si provveda alla revisione e alla riemissione degli elaborati progettuali in recepimento delle osservazioni su esposte. La suddetta documentazione, firmata digitalmente, con firma digitale grafica e visibile (formato PAdES), potrà essere anticipata via pec al seguente indirizzo: rfi-dpr-dtp.to.it@pec.rfi.it.

Distinti saluti.

Andrea Demicheli