

COMUNE DI CASATENOVO



ACQUISIZIONE POZZI VISMARA, ADEGUAMENTO E COLLEGAMENTO ALLA RETE

COMMITTENTE:



Lario Reti Holding S.p.A.
GESTORE SERVIZIO IDRICO INTEGRATO

RESPONSABILE UNICO DEL PROCEDIMENTO

ing. Roberto Serragroppelli

| Tel. + 39 0341 1927431

| E-mail: r.serragroppelli@larioreti.it

STUDIO DI PROGETTAZIONE:



LARIO RETI HOLDING

DIVISIONE INGEGNERIA - PROGETTAZIONE INVESTIMENTI

| Lecco Via Fiandra 13, 23900 (LC)

| Tel. + 39 0341 359.111

| Pec: ingegneria@larioretepec.it

PROGETTISTA:

ing. Elisa Varenna

| Tel. + 39 0341 1927431

| E-mail: e.varenna@larioreti.it

FASE PROGETTUALE:

PROGETTO DEFINITIVO

ALLEGATO:

RELAZIONE GENERALE ED IDRAULICA , PRIME INDICAZIONI PER LA STESURA DEL PIANO DELLA SICUREZZA E QUADRO ECONOMICO

NUMERO:

T1.1

SCALA:

CSP:

COLLABORATORI:

ing. Dennis Redolfi

| REDATTO | DATA | VERIFICATO | DATA | APPROVATO | DATA |
|--------------------|-----------------|------------------|---------------|------------|---------------|
| EV | Dicembre 2019 | MR | Dicembre 2019 | MR | Dicembre 2019 |
| REVISIONE N. | DESCRIZIONE: | | | | DATA |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| NUMERO INTERVENTO: | PDA 2018-010.01 | CODICE PROGETTO: | AB02 | COMMESSA : | 51314 |

Indice

| | | |
|----------|--|-----------|
| 1 | PREMESSE | 3 |
| 2 | STATO DI FATTO..... | 4 |
| 2.1 | INQUADRAMENTO TERRITORIALE ED URBANISTICO | 4 |
| 2.2 | ESAME DEI VINCOLI SUL TERRITORIO | 5 |
| 2.3 | INQUADRAMENTO GEOLOGICO – GEOTECNICO | 5 |
| 2.4 | RILIEVO STATO DI FATTO | 6 |
| 2.5 | RETE DI ACQUEDOTTO..... | 6 |
| 3 | OPERE IN PROGETTO..... | 7 |
| 3.1 | GENERALITÀ..... | 7 |
| 3.2 | RIMOZIONE OPERE ESISTENTI NELLE CAMERETTE AVAMPOZZO, PULIZIA COLONNA POZZI E PROVA A GRADINI DI PORTATA..... | 7 |
| 3.3 | FORNITURA ED INSTALLAZIONE POMPA POZZA..... | 8 |
| 3.4 | OPERE DI COMPLETAMENTO POZZO..... | 8 |
| 3.5 | RIVALUTAZIONE AREA POZZO | 10 |
| 3.6 | REALIZZAZIONE NUOVA RETE DI ADDUZIONE..... | 11 |
| 3.7 | FORNITURA E POSA IMPIANTO DI DISINFEZIONE UV-C..... | 12 |
| 3.8 | ELIMINAZIONE CENTRI DI PERICOLO ZR..... | 12 |
| 3.9 | OPERE DI COMPLETAMENTO SERBATOIO MONTEREGIO | 13 |
| 3.10 | MODALITÀ DI POSA IN OPERA DELLE TUBAZIONI INTERRATE..... | 13 |
| 3.11 | ANALISI DELLE COMPONENTI AMBIENTALI | 14 |
| 3.12 | FATTIBILITÀ DELL'INTERVENTO ED ASPETTI FUNZIONALI | 14 |
| 3.12.1 | Vincoli..... | 14 |
| 3.12.2 | Disponibilità delle aree | 14 |
| 3.12.3 | Interferenze con i sottoservizi..... | 14 |
| 4 | DIMENSIONAMENTO OPERE IN PROGETTO..... | 15 |
| 4.1 | METODO DI CALCOLO DELLE CONDOTTE IN PRESSIONE..... | 15 |
| 4.2 | METODO DI CALCOLO DELLE SEZIONI DEI CONDOTTI A GRAVITÀ..... | 16 |
| 4.3 | CALCOLI IDRAULICI | 16 |
| 4.3.1 | Rete di adduzione | 16 |
| 4.3.2 | Rete a gravità area pozzi e scolo serbatoio Monteregio..... | 17 |
| 5 | VERIFICHE STATICHE | 20 |
| 5.1 | GENERALITÀ..... | 20 |
| 5.2 | INTERAZIONE TUBO - TERRENO | 20 |

| | | |
|----------|--|-----------|
| 5.3 | CALCOLO DEI CARICHI GRAVANTI SULLA TUBAZIONE | 23 |
| 5.4 | VERIFICA DEI CARICHI GRAVANTI SULLA TUBAZIONE | 24 |
| 5.5 | VERIFICHE STATICHE TUBAZIONI | 26 |
| 6 | PRIME INDICAZIONI E DISPOSIZIONI PER LA STESURA DEI PIANI DI SICUREZZA..... | 33 |
| 7 | GESTIONE DELLE TERRE DA SCAVO..... | 34 |
| 8 | CRONOPROGRAMMA DELLE FASI ATTUATIVE..... | 35 |
| 9 | QUADRO ECONOMICO | 36 |

1 Premesse

La società Lario Reti Holding S.p.a. ha recentemente acquisito dalla società Vismara S.p.a. cinque pozzi (n°11, 12, 13, 15 e 17) ubicati in comune di Casatenovo.

Con provvedimento dirigenziale n°95 del 20/4/2018 della Provincia di Lecco la Lario Reti Holding S.p.a. ha ottenuto la concessione di derivazione di acqua ad uso industriale dai cinque pozzi acquisiti.

Solo le acque emunte dai pozzi n°13 e 17 sono state definite adeguate all'alimentazione della rete acquedottistica, previa realizzazione di una zona di tutela assoluta (ZTA) e dell'eliminazione di tutti i potenziali centri di pericolo presenti all'interno delle zone di rispetto (ZR).

Il presente progetto definitivo prevede il collegamento alla rete di distribuzione acquedottistica delle acque emunte in corrispondenza dei pozzi n°13 e 17 posti in Comune di Casatenovo.

Le opere in progetto consistono in particolare nella:

- rimozione delle opere esistenti nelle camerette avampozzo, pulizia delle colonne pozzo e dei relativi filtri e definizione della curva a gradini di portata caratteristica per ciascun pozzo;
- fornitura ed installazione all'interno di ciascuna colonna pozzo delle relative pompe sommerse;
- ampliamento delle camerette avampozzo esistenti e realizzazione dei relativi collegamenti idraulici ed elettrici;
- riqualificazione delle aree pozzo con delimitazione delle relative ZTA;
- realizzazione della nuova rete di adduzione di collegamento dei pozzi al serbatoio Monteregio;
- fornitura e installazione sulla condotta di alimentazione del nuovo serbatoio Monteregio, nel tratto posto all'interno del nuovo locale di manovra, di un impianto di disinfezione UV;
- impermeabilizzazione dei tratti fognari ricadenti nelle ZR e separazione della rete fognaria (rete attualmente mista) lungo la via di collegamento dei pozzi (località Torriggia);

In progetto sono inoltre previste le opere di completamento del serbatoio Monteregio consistenti nella posa della rete di smaltimento delle acque di scolo, della recinzione e la piantumazione di arbusti (opere stralciate dai lavori di realizzazione del serbatoio stesso).

Tale intervento risulta inserito nel piano degli interventi della Provincia di Lecco al fine di colmare il fabbisogno infrastrutturale dell'opera esistente e viene redatto dall'ufficio tecnico della società Lario reti holding S.p.a. in conformità con quanto previsto dalla vigente normativa in materia, ed in particolare secondo quanto indicato dal D.lgs. n°50/2016 e sue successive modifiche ed integrazioni.

2 Stato di fatto

2.1 Inquadramento territoriale ed urbanistico

Il comune di Casatenovo è situato a sud della Provincia di Lecco e confina a nord con il comune di Monticello Brianza, ad est con Missaglia e Lomagna, a sud con Usmate Velate, Camparada e Lesmo ed a Ovest con Correzzana e Besana Brianza.

Da un punto di vista morfologico il comune è caratterizzato dalla presenza, nel settore settentrionale, di rilievi collinari originati da depositi di natura morenica e, nel settore meridionale, di terrazzi fluviali che affiorano.

Il sistema idrografico è rappresentato da alcuni corsi d'acqua ad andamento prevalentemente Nord-Sud, che defluiscono attraversando l'intero territorio comunale, tra i quali il T. Pegorino che si individua al limite occidentale del territorio comunale, il T. Lavandaia e la R. Nava che scorrono in corrispondenza del limite orientale del comune.

In corrispondenza della porzione centrale del comune defluisce la R. Molgorana che ha origine a sud-est del nucleo abitato di Casatenovo, tra la località C.na Grotta e le frazioni Rogoredo e Rimoldo, e la R. La Molgora, che nasce nei pressi della C.na Levada e C.na Verdura.

Le aree interessate dagli interventi oggetto del presente progetto sono localizzate:

- in località Torriggia (area pozzo 13 e 17);
- lungo la via Torriggia, via Gen. G. Sirtori, via Garibaldi, Piazza della chiesa, via M. Buonarroti;
- nell'area posta in corrispondenza del serbatoio Monteregio.

come evidenziato nell'elaborato "G1 – Inquadramento territoriale e strumenti urbanistici".



Figura 1 – Ortofoto area di intervento

2.2 Esame dei vincoli sul territorio

Nel seguito si riporta un inquadramento dell'area di intervento rispetto ai principali strumenti di pianificazione urbanistica comunali (PGT) come meglio rappresentato nell'allegato grafico "G1 - Inquadramento territoriale e strumenti urbanistici".

La condotta adduttrice in progetto verrà posata prevalentemente su strade comunali esistenti (per un breve tratto la condotta verrà posata su strada provinciale SP51). Le aree di intervento risultano costituite da ambiti agricoli di interesse con classe 3 di fattibilità geologica (in corrispondenza della località Torriggia) e da insediamenti specialistici per servizi (zona serbatoio Montereio).

I vincoli esistenti sul territorio sono:

- Aree boscate: Aree vincolate ai sensi del D.Lgs. 42/2004 Art. 142 lettera g (zona serbatoio Montereio e in prossimità del pozzo 13);
- Zone di rispetto dei pozzi ad uso idropotabile (zona posta in Località Torriggia);
- Vincolo paesaggistico di notevole interesse pubblico (L.N. 1497/1939).

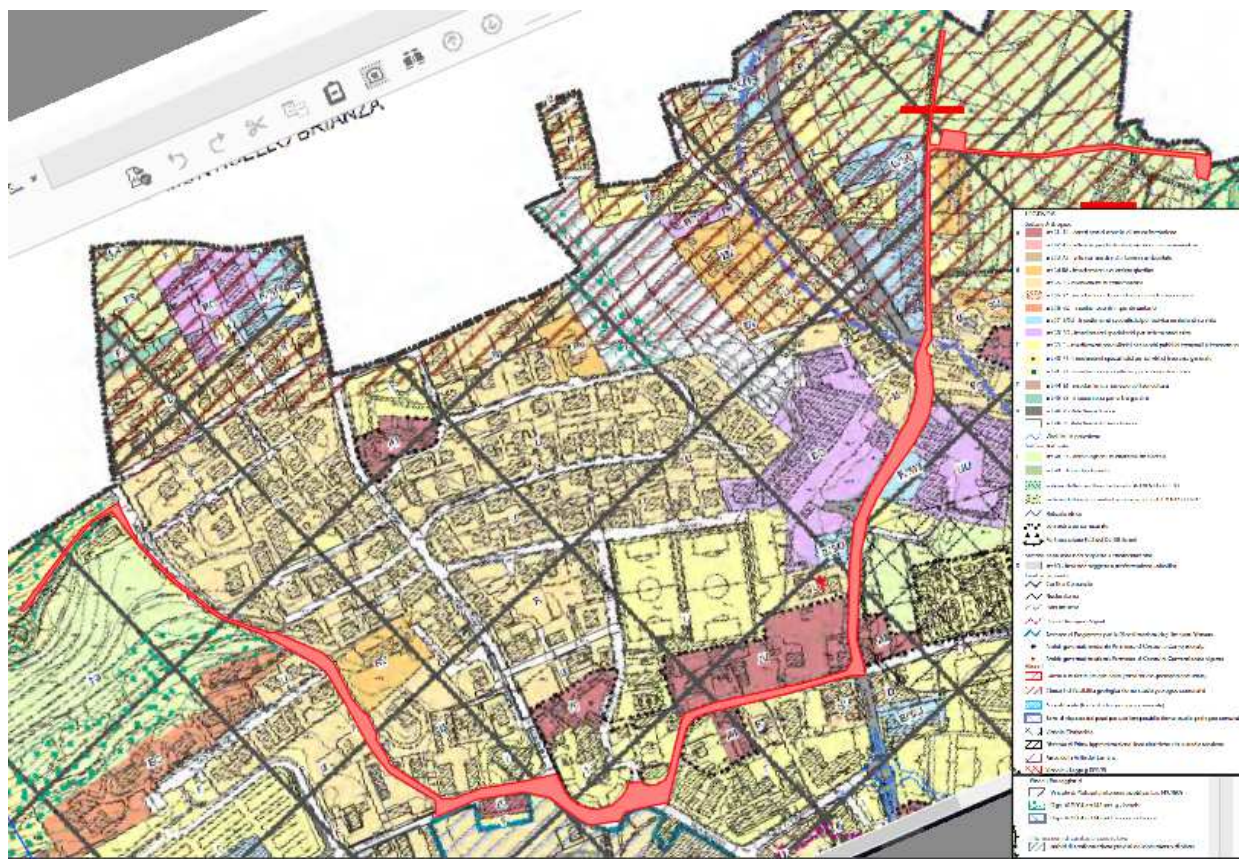


Figura 2 – Estratto PGT Comune di Casatenovo "Tavola PdR1B OSS – Piano delle Regole"

2.3 Inquadramento geologico – geotecnico

Dal punto di vista geologico – geotecnico le aree oggetto di intervento in prossimità dei pozzi sono ascritte alla classe 3 di Fattibilità Geologica sulla base di quanto riportato nello Studio

Geologico del Comune di Casatenovo (fattibilità con consistenti limitazioni: questa classe comprende tutte quelle zone nelle quali sono state riscontrate consistenti limitazioni alla modifica delle destinazioni d'uso del territorio in esame, a seguito dell'entità e della natura dei rischi individuati).

2.4 Rilievo stato di fatto

Al fine di acquisire tutti i dati e gli elementi necessari per un corretto dimensionamento delle opere in progetto, si sono eseguiti sopralluoghi nella zona oggetto di intervento ed è stato realizzato un rilievo piano altimetrico di dettaglio, con particolare riferimento alle quote del terreno, alle quote dei chiusini ed alla profondità della rete di fognatura esistente in prossimità dei pozzi n°13 e 17.

2.5 Rete di acquedotto

L'attuale rete di distribuzione idrica (elaborato grafico G2.1 – Stato di fatto: planimetria generale rete di acquedotto) serve in modo abbastanza omogeneo il territorio comunale, con maglie più strette e frequenti nel centro urbano (posto a nord del territorio comunale) e più larghe nell'estensione della rete alle frazioni poste soprattutto a sud (Campo Fiorenzo, Valaperta, Rogoredo, ecc.).

Dati gli elevati dislivelli altimetrici la rete è suddivisa in “rete altissima”, “rete alta”, “rete media” e “rete bassa” in funzione della quota delle utenze.

L'intero fabbisogno idrico del Comune di Casatenovo è attualmente prelevato in parte dall'Acquedotto Brianteo ed in parte da n°2 pozzi comunali posti in località Valaperta (Usmate). Le fonti di approvvigionamento idrico esistenti non sono in grado di far fronte ai fabbisogni idrici futuri del comune di Casatenovo, pertanto occorre aumentare la portata in ingresso alla rete di distribuzione attingendo da fonti di approvvigionamento integrative ed alternative a quelle esistenti, sulla base di quanto emerso dallo studio idraulico della rete acquedottistica di Casatenovo redatto dall'Ing. S. Bavagnoli nel maggio 2010 “Studio idraulico della rete di distribuzione dell'acqua potabile Fase 2 – Verifica idraulica e studio degli interventi di completamento e adeguamento”.

3 Opere in progetto

3.1 Generalità

Gli interventi previsti nel presente progetto consistono sinteticamente nel collegamento alla rete di distribuzione acquedottistica posta in comune di Casatenovo delle acque emunte in corrispondenza dei pozzi n°13 e 17 posti in Località Torriggia.

Nello specifico gli interventi consistono nella:

- rimozione delle opere esistenti nelle camerette avampozzo, pulizia delle colonne pozzo e dei relativi filtri e definizione della curva a gradini di portata caratteristica per ciascun pozzo;
- fornitura ed installazione all'interno di ciascuna colonna pozzo delle relative pompe sommerse;
- ampliamento delle camerette avampozzo esistenti e realizzazione dei relativi collegamenti idraulici ed elettrici;
- riqualificazione delle aree pozzo con delimitazione delle relative ZTA;
- realizzazione della nuova rete di adduzione di collegamento dei pozzi al serbatoio Montereio;
- fornitura e installazione sulla condotta di alimentazione del nuovo serbatoio Montereio, nel tratto posto all'interno del nuovo locale di manovra, di un impianto di disinfezione UV;
- separazione della rete fognaria (rete attualmente mista) lungo la via di collegamento dei pozzi (località Torriggia) e impermeabilizzazione dei tratti fognari ricadenti nelle ZRR.

In progetto sono previste anche delle opere di completamento del serbatoio Montereio consistenti nella posa della rete di smaltimento delle acque di scolo, della recinzione e piantumazione di arbusti (opere stralciate dai lavori di realizzazione del serbatoio stesso).

3.2 *Rimozione opere esistenti nelle camerette avampozzo, pulizia colonna pozzi e prova a gradini di portata*

In progetto è prevista la rimozione dei collegamenti idraulici ed elettrici esistenti in corrispondenza delle camerette avampozzo n°13 e 17 comprensivi di:

- taglio e rimozione delle tubazioni di mandata in acciaio DN 100 mm e delle apparecchiature idrauliche esistenti (saracinesche, valvole, ecc.);
- pulizia della colonna pozzo.

È prevista inoltre l'esecuzione di una prova a gradini di portata (4 gradini per una durata di 30 minuti ciascuno) al fine di verificare la reale soggiacenza della falda e determinare così il livello statico e dinamico della stessa.

3.3 Fornitura ed installazione pompa pozza

È prevista la fornitura e la posa all'interno di ciascuna colonna del pozzo (ad una profondità di circa 80 m in corrispondenza del pozzo n°13 e di 95 m in corrispondenza del pozzo n°17) di una pompa sommersa in grado di sollevare una portata di 15 l/s ad una prevalenza di circa 117 m (pompa pozzo n°13) e a 115 m (pompa pozzo n°17). Le caratteristiche delle pompe sono state determinate sulla base:

- o della quota di ingresso al serbatoio Montereio della nuova tubazione di adduzione (paria a 395,30 m s.l.m.);
- o considerando le perdite di carico lungo l'intera tubazione di adduzione in acciaio (determinate come riportato nel successivo paragrafo 3.2.3) avente diametro pari a: DN 150 mm, nel tratto interno alle singole colonne pozzo e sino al punto di innesto tra il pozzo n°13 ed il n°17 (lunghezza pari a circa 350 m per le acque emunte dal pozzo n°13 e pari a 110 m per le acque emunte dal pozzo n°17), e DN 200 mm lungo il tratto interrato di via Torriggia, via Gen. G. Sirtori, via Garibaldi, Piazza della chiesa, via M. Buonarroti sino al serbatoio Montereio per una lunghezza di circa 1.570 m;
- o ipotizzando il livello statico della falda pari a – 44,5 m rispetto alla testa del pozzo n°13 posta a quota 336,53 m s.l.m. e – 58,2 m rispetto alla testa del pozzo n°17 posta a quota 350,57 m s.l.m. e considerando un abbassamento della stessa di massimo 1,5 m e 1,0 m rispettivamente per il pozzo n°13 e n°17 in caso di captazione di 15 l/s (livello dinamico). I livelli statici e dinamici della falda sono stati determinati sulla base di prove effettuate in campo dai tecnici della Lario Reti Holding S.p.a.. Il valore del livello dinamico della falda così ipotizzato andrà confrontato con quello ricavato dalla prova a gradini di portata in fase di fornitura della pompa stessa.

3.4 Opere di completamento pozzo

Si prevede il completamento delle camerette avampozzo di ogni pozzo tramite la posa di un nuovo manufatto, adiacente a quello esistente, e l'installazione dei relativi collegamenti idraulici ed elettrici.

Opere civili

È prevista la realizzazione di una nuova cameretta avampozzo in c.a. prefabbricata, di dimensioni interne in pianta pari a 1,50 x 1,50 m e altezza utile 2,00 m così da permettere un agevole accesso e libertà di movimento agli operatori. Il manufatto in progetto verrà realizzato ad una profondità tale da risultare completamente interrata (altezza fuori terra massima di 15 cm) e verrà ancorato al manufatto esistente.

L'accesso alla nuova cameretta, concesso esclusivamente al personale addetto, avverrà attraverso un chiusino in ghisa sferoidale con passo d'uomo pari a 60 cm, da cui si raggiungerà il piano interrato mediante una scala a pioli in acciaio fissata alla parete.

Sulla soletta superiore del nuovo manufatto sarà posto un gabbiotto in lamiera di dimensioni interne 0,60 x 0,80 m e altezza fuori terra di 2,00 m per l'alloggiamento del lavabo per il prelievo delle acque di campionamento.

Le acque eventualmente presenti all'interno della nuova cameretta e nella cameretta avampozzo esistente verranno convogliate ad un pozzetto in c.a. prefabbricato di disconnessione idraulica di dimensioni in pianta pari a 1,00 x 1,00 m e altezza 2,00 m. Le due camerette saranno collegate tra loro mediante un'apertura da praticare sulle pareti.

Per favorire la raccolta dell'acqua sul pavimento delle due camerette sarà steso del massetto cementizio modellato con opportuna pendenza.

Opere idrauliche e meccaniche

All'interno delle colonne pozzo è prevista, oltre all'installazione delle nuove pompe sommerse, la posa della condotta di mandata in acciaio DN150 mm e la sostituzione del flangione esistente DN 400 mm in corrispondenza del pozzo n°13 e DN 450 mm in corrispondenza del pozzo n°17.

Nelle camerette avampozzo esistenti è prevista l'installazione di una valvola di sfiato e di un misuratore di pressione mentre in corrispondenza delle nuove camerette verrà installato un misuratore di portata elettromagnetico DN100 mm, una valvola di non ritorno tipo Venturi e una saracinesca a corpo piatto.

Per garantire un buon funzionamento del misuratore di portata è necessario che sia installato su un tratto rettilineo di tubazione lungo a monte 5 volte e a valle 2 volte il diametro nominale. In caso contrario le misure non possono essere considerate precise.

I prelievi ASL delle acque del pozzo verranno effettuati al piano campagna all'interno di un gabbiotto in lamiera in cui verrà posizionato il lavandino dotato di rubinetto flambabile. La tubazione di prelievo, in acciaio DN 1/2", partirà dalla tubazione di mandata in acciaio DN 150 mm.

Lo scarico del lavandino per prelievi verrà poi inviato, tramite una tubazione in acciaio da 1"1/4, al pozzetto di disconnessione idraulica.

In caso di manutenzione del pozzo è previsto lo spurgo dello stesso. A valle della valvola di non ritorno, sulla tubazione di mandata, verrà realizzato lo stacco della condotta di spurgo anch'essa in acciaio DN 150 mm. Per l'esclusione di quest'ultima tubazione durante il normale funzionamento del pozzo è prevista l'installazione di n°2 saracinesche a corpo piatto DN 150 mm.

In uscita dalla cameretta avampozzo la condotta in acciaio DN 150 mm di spurgo verrà anch'essa innestata nel pozzetto di disconnessione idraulica.

Le acque in arrivo al pozzetto di disconnessione idraulica verranno inviate alla fognatura tramite una condotta in gres DN 200 mm con pendenza pari a 1%.

Opere elettriche

In corrispondenza di ciascun pozzo è prevista la realizzazione di una nicchia di dimensioni in pianta pari a 0,50 x 2,80 m ed altezza interna pari a 1,40 m per l'alloggiamento dei quadri elettrici di alimentazione e controllo delle apparecchiature elettriche ed elettromeccaniche presenti nel pozzo. Nello specifico è prevista la posa di un quadro generale di comando QG, di un quadro pompe QP e di un quadro per il telecontrollo QTLC. È prevista inoltre la posa di un collettore generale di terra e di un gruppo prese.

I cavi elettrici verranno posati all'interno di un cavidotto corrugato in PVC De 160 mm.

In progetto è prevista inoltre la posa di un cavidotto corrugato De 160 mm per l'alimentazione dei nuovi quadri dalla cabina di trasformazione esistente posta in prossimità del pozzo n°17 e di pozzetti prefabbricati in c.a. di dimensioni in pianta pari a 50 x 50 cm dotati di relativo chiusino di ispezione.

3.5 Riqualificazione area pozzo

L'articolo 94 del D.Lgs n.152 del 3 aprile 2006 ribadisce la necessità di costituire aree di tutela dei pozzi vincolando il territorio adiacente le opere di captazione.

Si riporta il testo dell'articolo citato:

"La zona di tutela assoluta è costituita dall'area immediatamente circostante le captazioni o derivazioni: essa, in caso di acque sotterranee e, ove possibile, per le acque superficiali, deve avere un'estensione di almeno dieci metri di raggio dal punto di captazione, deve essere adeguatamente protetta e adibita esclusivamente ad opera di captazione o presa e ad infrastrutture di servizio".

La ZTA sarà impermeabilizzata ed adibita ad uso esclusivo di pertinenza dell'opera di captazione tra cui la cameretta avampozzo. Pertanto verrà delimitata con una recinzione realizzata con rete elettrosaldabile zincata e plastificata e l'accesso sarà reso possibile tramite un cancello in ferro zincato (accesso pedonale e carroia).

L'accesso al pozzo n°17 avverrà direttamente dalla strada comunale esistente asfaltata di Via Torriggia mentre l'accesso al pozzo n°13 avverrà da una nuova strada sterrata da realizzare a valle dell'azienda agricola esistente.

La ZTA del pozzo n°13 avrà dimensioni in pianta pari a 20 m x 20 m, mentre in corrispondenza del pozzo n°17 la ZTA avrà dimensioni in pianta di 18 x 20 m a causa della presenza di una strada sterrata sul lato ovest.

La Zona di Tutela Assoluta (Z.T.A.) verrà realizzata con le seguenti caratteristiche (dal basso verso l'alto):

- o letto di sabbia con uno spessore medio di 10 cm. Il livello sabbioso verrà opportunamente costipato mediante rullatura;
- o guaina in HPDE avente le caratteristiche riportate nelle specifiche tecniche;
- o geotessile protettivo;
- o strato di sabbia dello spessore medio di spessore cm 10;
- o strato di materiale inerte a granulometria stabilizzata, spessore cm 20 e strato di pietrischetto rullato dello spessore di 10 cm in corrispondenza delle aree di manovra; nel caso di superficie sistemata a verde, lo strato di stabilizzato e di pietrischetto rullato verrà sostituito da uno strato di terra di coltivo di spessore pari a cm 10;

In prossimità della cameretta avampozzo, la guaina verrà raccordata alle pareti tramite la posa di una scossalina in acciaio inox.

La pavimentazione dell'area verrà realizzata con pendenza centripeta rispetto alla testa del pozzo.

3.6 Realizzazione nuova rete di adduzione

Il collegamento dei due pozzi al serbatoio Montereio verrà realizzato tramite la posa di una condotta interrata in acciaio:

- o DN 150 mm nel tratto compreso tra i pozzi n°13 e n°17 ed il punto di raccordo tra gli stessi (portata transitante pari a 15 l/s con velocità pari a 0,74 m/s);
- o DN 200 mm nel tratto compreso tra il punto di raccordo del pozzo n°13 e n°17 sino alla cameretta esistente posta in prossimità del serbatoio Montereio passando per via Torriggia, via Gen. G. Sirtori, via Garibaldi, Piazza della Chiesa e via M. Buonarroli per una lunghezza complessiva di circa 1.570 m (portata transitante pari a 30 l/s con velocità pari a 0,87 m/s).

La tubazione verrà posata prevalentemente su strade asfaltate (per un tratto anche su strada provinciale SP51 di lunghezza pari a 335 m) e solo per un breve tratto su strada sterrata (strada di accesso alla località Torriggia e di accesso al serbatoio Montereio).

In corrispondenza della condotta è prevista la posa di un nastro segnalatore.

Contestualmente alla posa della nuova condotta adduttrice è prevista la realizzazione di un tratto di condotta in PEAD De 40 mm per l'allaccio, alla rete di distribuzione esistente, dell'azienda agricola posta in prossimità del pozzo n°13.

L'eventuale adeguamento della rete di distribuzione esistente lungo i tratti di posa della rete di adduzione in progetto verrà valutato in fase esecutiva e realizzato tramite il contratto adottato da Lario Reti Holding per le manutenzioni (il cui importo è stato stimato ed inserito nelle somme a disposizioni del quadro economico).

3.7 Fornitura e posa impianto di disinfezione UV-C

Nel locale di manovra posto in corrispondenza del serbatoio Monteregio (al piano interrato) è prevista l'installazione di un nuovo impianto di disinfezione UV-C. Tale impianto verrà installato sulla condotta in acciaio inox DN 200 mm che, dai nuovi pozzi, alimenterà il serbatoio stesso, e sarà in grado di trattare l'intera portata sollevata pari a 30 l/s.

3.8 Eliminazione centri di pericolo ZR

La conversione ad uso acquedottistico dei pozzi n°13 e n°17 richiede, a norma di legge, che siano identificate per ogni captazione le zone di rispetto per la protezione statica del pozzo. Infatti nella necessità di difendere dall'inquinamento le acque sotterranee in prossimità delle opere di captazione vengono stabilite delle aree di salvaguardia nelle quali sono applicati vincoli d'uso del territorio, concepito con la finalità di garantire l'approvvigionamento idrico potabili.

La zona di rispetto (ZR) dell'area in oggetto è stata determinata secondo il criterio temporale definito da una isocrona di almeno 60 giorni considerando attivi contemporaneamente sia il pozzo n°13 che il pozzo n°17 con una portata di emungimento ciascuno pari a 15 l/s (Figura 3).



Figura 3 – Delimitazione zone di rispetto con metodo temporale (superficie rossa; in ciano è riportata la rete di fognatura mista esistente)

I centri di pericolo ricadenti nelle ZR determinate sono di seguito riassunti:

Tabella 1 – Centri di pericolo

| POTENZIALE CENTRO DI PERICOLO | MISURE DA ADOTTARE PER MESSA IN SICUREZZA |
|---|--|
| Infrastrutture di smaltimento delle acque | Adeguamento della fognatura con sistemi a tenuta bidirezionali |
| Attività produttive | Assenti |
| Importanti infrastrutture viarie | Assenti |
| Attività agricole | Solo misure di controllo delle modalità di concimazione e/o diserbo. |
| Stabulazione di bestiame | Assente |

Gli interventi di eliminazione dei centri di pericolo all'interno della ZR in progetto consistono pertanto nell'adeguamento della fognatura.

In particolare sono previsti interventi di:

- relining sulla rete mista in c.a. DN 500 mm posta lungo la provinciale SP51
- relining sulla rete mista in c.a. DN 500 mm e DN 600 mm posta in località Torriggia;
- impermeabilizzazione del manufatto scolmatore MB836 mediante l'impiego di prodotti speciali a base di resine epossidiche.

In previsione di una futura separazione delle reti di fognatura nell'area in oggetto, è prevista in progetto la posa di una tubazione in gres DN 250 mm lungo la strada sterrata posta in località Torriggia (lunghezza totale pari a circa 280 m).

3.9 Opere di completamento serbatoio Monteregio

In progetto sono previste anche delle opere di completamento del serbatoio Monteregio consistenti nella:

- posa della rete di smaltimento delle acque di scarico di fondo e di troppo pieno del nuovo e vecchio serbatoio in PVC De 315 mm SN 8 con recapito nella fognatura esistente di Via Buonarroti (cls DN 400 mm);
- posa di una recinzione in rete elettrosaldata zincata e plastificata colore verde con relativo accesso carraio;
- realizzazione delle misure di rimboschimento e compensazione dell'area trasformata previste nella relazione forestale allegata all'istanza di autorizzazione paesaggistica rilasciata dalla Commissione Provinciale per il Paesaggio in data 4/4/2016 sulla base del progetto di ampliamento del serbatoio Monteregio (piantumazione di n°15 piante autoctone).

3.10 Modalità di posa in opera delle tubazioni interrate

Per le operazioni di posa delle condotte interrate si adotterà di norma il seguente schema:

Posa sotto strada sterrata

- sottofondo e rinfiacco in sabbia per uno spessore di 15 cm;
- rinterro con materiale di scavo e ghiaia;
- massicciata in misto granulare stabilizzato per uno spessore di 20 cm;
- pietrischetto rullato per uno spessore di 10 cm.

Posa sotto strada asfaltata

- sottofondo e rinfiacco in sabbia per uno spessore di 15 cm;
- rinterro con materiale di scavo e ghiaia;
- massicciata in misto granulare stabilizzato per uno spessore di 30 cm;
- ripristino pavimentazione come allo stato attuale.

3.11 Analisi delle componenti ambientali

Le opere in progetto, a lavori ultimati, risulteranno completamente interrate ad eccezione del gabbiotto di alloggiamento del lavandino per i prelievi ASL e della nicchia di alloggiamento dei quadri elettrici (dimensioni in pianta pari a 2,80 x 0,50 ed altezza totale pari a 1,70 m).

Là dove la posa di tubazioni o manufatti dovrà essere effettuata su pavimentazioni già esistenti, è stato previsto, a lavori ultimati, il ripristino del sottofondo e della pavimentazione nelle condizioni preesistenti. È prevista inoltre la realizzazione di un nuovo tratto di strada sterrata per l'accesso, con i mezzi, all'area pozzo n°13 (tratto di lunghezza pari a 65 m circa).

3.12 Fattibilità dell'intervento ed aspetti funzionali

3.12.1 Vincoli

Come già accennato nei paragrafi precedenti, la zona d'intervento risulta soggetta ad un vincolo paesaggistico in quanto ricade in un'area di notevole interesse pubblico (L.N. 1497/1939).

3.12.2 Disponibilità delle aree

La definizione e l'individuazione delle proprietà interessate dalle opere in progetto sono riportate nell'elaborato "G5 – Piano particellare".

Durante i lavori dovranno essere mantenuti agibili gli accessi carrai per recare il minor disturbo possibile ai residenti.

3.12.3 Interferenze con i sottoservizi

Prima della posa delle tubazioni in progetto sarà necessario eseguire sondaggi preliminari per definire la precisa localizzazione dei sottoservizi esistenti.

4 Dimensionamento opere in progetto

Nel seguito sono riportati i metodi di calcolo adottati per il dimensionamento e la verifica delle opere in progetto.

In particolare si riportano i metodi e le formule impiegate per il calcolo di condotte in pressione.

4.1 Metodo di calcolo delle condotte in pressione

Il dimensionamento di una condotta in pressione è idraulicamente determinato e può essere risolto applicando l'equazione del moto:

$$Y = L \times J + \sum P_c$$

dove Y è la differenza tra i carichi totali a monte e a valle della condotta, L è la lunghezza della condotta, J è la cadente piezometrica che dipende dalla portata Q , dal diametro D e dalle caratteristiche di scabrezza della tubazione, e P_c sono le perdite di carico concentrate presenti lungo la condotta. Queste sono dovute a curve, gomiti, saracinesche, valvole e in generale a manufatti di misura e controllo inseriti lungo la condotta.

Nel caso di moto turbolento, per la determinazione della cadente piezometrica può essere utilizzata l'equazione di Chézy con coefficiente di resistenza di Strickler:

$$J = \frac{10,29}{K_s^2} \times \frac{Q^2}{D^{5,33}}$$

dove K_s è pari a $89 \text{ m}^{1/3} \text{ s}^{-1}$ per tubazioni in acciaio e a $101 \text{ m}^{1/3} \text{ s}^{-1}$ per tubazioni in Pead.

Per quanto riguarda il calcolo delle perdite di carico concentrate si fa invece riferimento alla formula:

$$P_c = \alpha \times \frac{v^2}{2 \times g}$$

dove α è un parametro che dipende dal tipo di perdita, v è la velocità nella condotta in m/s e g è l'accelerazione di gravità pari a $9,81 \text{ m/s}^2$.

Tabella 2 – Valori medi del parametro α

| TIPO DI PERDITA | α |
|--------------------------------|----------|
| Valvola di non ritorno | 1,0 |
| Saracinesca di intercettazione | 0,15 |
| Curve a 90° | 0,32 |
| Curve a 45° | 0,17 |
| Sbocco | 1,0 |
| Imbocco | 0,5 |
| Innesto | 1,0 |

La velocità media dell'acqua in condotta deve essere compresa nell'intervallo 0,50÷2,00 m/s.

4.2 Metodo di calcolo delle sezioni dei condotti a gravità

Per il calcolo idraulico dei condotti di fognatura si ammette che la portata in essi defluente si muova con moto uniforme.

Questa ipotesi, pur non essendo mai esattamente conforme alle reali condizioni di movimento, viene normalmente accettata per la sua semplicità, anche in conformità delle enormi semplificazioni proprie dello schema di funzionamento idraulico ammesso per la teoria sulla quale poggiano i calcoli di dimensionamento.

La formula più comunemente usata è quella di Chezy:

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

dove Q è la portata in m^3/s , A è l'area della sezione bagnata in m^2 , χ è un coefficiente che tiene conto della scabrezza della condotta, R è il raggio idraulico in metri, i è la pendenza di fondo del condotto.

Per il calcolo del coefficiente χ si è adottata l'espressione di Strickler:

$$\chi = K_s \times R^{1/6}$$

con $K_s = 101 \text{ m}^{1/3}\text{s}^{-1}$ utilizzato nel caso di condotti in materiale plastico e $80 \text{ m}^{1/3}\text{s}^{-1}$ per tubazioni in gres.

Si sono inoltre di norma assunti valori del grado di riempimento non superiori all'80 % per consentire un più agevole deflusso delle acque nei condotti anche in presenza di onde od increspature della superficie liquida.

Conformemente alla Circ. Min. LL.PP. n.11633 (Pres. Cons. Sup. - Serv. Tecn. Centr.) del 7.1.1974: "Istruzioni per la progettazione delle fognature e degli impianti di trattamento delle acque di rifiuto", si sono adottate caratteristiche delle tubazioni (diametro, pendenza, materiale) tali da contenere, ove possibile, le velocità entro i valori consigliati

$$V_{\text{media}} \geq 0,5 \text{ m/sec}; V_{\text{max}} \leq 5 \text{ m/sec}$$

in modo da impedire il deposito di sostanze sedimentabili durante i periodi di magra e l'erosione della superficie interna delle tubazioni in occasione delle portate di punta.

4.3 Calcoli idraulici

4.3.1 Rete di adduzione

Le opere in progetto sono state dimensionate sulla base della portata sollevata in corrispondenza di ciascun pozzo e delle perdite di carico concentrate e distribuite lungo la condotta di adduzione:

- o tratto compreso tra il pozzo n°13 ed il punto di raccordo del pozzo n°13 e n°17: condotta in acciaio DN 150 mm con portata transitante pari a 15 l/s, velocità pari a 0,74 m/s, perdite di carico distribuite di 1,6 m (cadente piezometrica di 4,67 m/km e lunghezza 350 m) e perdite di carico concentrate di circa 0,1 m (comprensive di saracinesche e valvole);
- o tratto compreso tra il pozzo n°17 ed il punto di raccordo del pozzo n°13 e n°17: condotta in acciaio DN 150 mm con portata transitante pari a 15 l/s, velocità pari a 0,74 m/s, perdite di carico distribuite di 0,5 m (cadente piezometrica di 4,67 m/km e lunghezza 110 m) e perdite di carico concentrate di circa 0,1 m (comprensive di saracinesche e valvole);
- o tratto compreso tra il punto di raccordo del pozzo n°13 e n°17 ed il serbatoio Montereio: condotta in acciaio DN 200 mm con transitante pari a 30 l/s, velocità pari a 0,87 m/s, perdite di carico distribuite di 7,5 m (cadente piezometrica di 4,73 m/km e lunghezza 1.570 m) e perdite di carico concentrate di circa 2,7 m (comprensive di saracinesche di sezionamento e del sistema di disinfezione UV caratterizzato da una perdita concentrata massima pari a 2,5 m).

4.3.2 Rete a gravità area pozzi e scolo serbatoio Montereio

In progetto è prevista la posa in corrispondenza dell'area pozzi posti in località Torriggia, di una tubazione in gres DN 250 mm con pendenza massima del 7,5 % e minima del 4,2%.

In prossimità del serbatoio Montereio è invece prevista la posa di una condotta in PVC De 315 mm SN8 per lo smaltimento delle acque di scarico di fondo e troppo pieno, con pendenza massima del 1,1% circa e minima del 0,6% circa.

Nel seguito si riporta la scala delle portate relative ai tratti di tubazione in progetto relativamente alla pendenza massima e minima.

Tabella 3 – Scala delle portate per una tubazione in Gres DN 250 mm e pendenza 7,5%

| | | | | | | | | |
|----------------|------------|---------------------|-------------|-----------|--------------|----------|-----------------|------------|
| Di | 250 | mm | | | | | | |
| k _s | 80 | m ^{1/3} /s | | | | | | |
| i | 75,00 | m/km | | | | | | |
| CALCOLO Q-H | | | | | | | | |
| H [mm] | V [m/s] | Q [l/s] | Q [m³/h] | A [m²] | CORDA [m] | P [m] | ANGOLO [rad] | H/D [-] |
| 60 | 2,36 | 21,4 | 77 | 0,009 | 0,11 | 0,256 | 1,02 | 0,24 |
| 70 | 2,58 | 29,0 | 104 | 0,011 | 0,11 | 0,279 | 1,12 | 0,28 |
| 80 | 2,77 | 37,6 | 135 | 0,014 | 0,12 | 0,301 | 1,20 | 0,32 |
| 90 | 2,95 | 47,0 | 169 | 0,016 | 0,12 | 0,322 | 1,29 | 0,36 |
| 100 | 3,11 | 57,1 | 205 | 0,018 | 0,12 | 0,342 | 1,37 | 0,40 |
| 110 | 3,26 | 67,8 | 244 | 0,021 | 0,12 | 0,363 | 1,45 | 0,44 |
| 120 | 3,39 | 79,0 | 284 | 0,023 | 0,12 | 0,383 | 1,53 | 0,48 |
| 130 | 3,51 | 90,5 | 326 | 0,026 | 0,12 | 0,403 | 1,61 | 0,52 |
| 140 | 3,61 | 102,1 | 368 | 0,028 | 0,12 | 0,423 | 1,69 | 0,56 |
| 150 | 3,70 | 113,8 | 410 | 0,031 | 0,12 | 0,443 | 1,77 | 0,60 |
| 160 | 3,78 | 125,3 | 451 | 0,033 | 0,12 | 0,464 | 1,85 | 0,64 |
| 170 | 3,84 | 136,4 | 491 | 0,036 | 0,12 | 0,485 | 1,94 | 0,68 |
| 180 | 3,89 | 147,0 | 529 | 0,038 | 0,11 | 0,507 | 2,03 | 0,72 |
| 190 | 3,92 | 156,8 | 565 | 0,040 | 0,11 | 0,529 | 2,12 | 0,76 |
| 200 | 3,93 | 165,6 | 596 | 0,042 | 0,10 | 0,554 | 2,21 | 0,80 |
| 210 | 3,93 | 172,9 | 623 | 0,044 | 0,09 | 0,580 | 2,32 | 0,84 |
| 220 | 3,90 | 178,6 | 643 | 0,046 | 0,08 | 0,609 | 2,43 | 0,88 |
| 230 | 3,85 | 181,8 | 654 | 0,047 | 0,07 | 0,642 | 2,57 | 0,92 |
| 240 | 3,75 | 181,5 | 653 | 0,048 | 0,05 | 0,685 | 2,74 | 0,96 |
| 250 | 3,45 | 169,4 | 610 | 0,049 | 0,00 | 0,785 | 3,14 | 1,00 |

Tabella 4 – Scala delle portate per una tubazione in Gres DN 250 mm e pendenza 4,2%

| | | | | | | | | |
|-------------|------------|---------------------|-------------|-----------|--------------|----------|-----------------|------------|
| Di | 250 | mm | | | | | | |
| ks | 80 | m ^{1/3} /s | | | | | | |
| i | 42,00 | m/km | | | | | | |
| CALCOLO Q-H | | | | | | | | |
| H [mm] | V [m/s] | Q [l/s] | Q [m³/h] | A [m²] | CORDA [m] | P [m] | ANGOLO [rad] | H/D [-] |
| 60 | 1,77 | 16,0 | 58 | 0,009 | 0,11 | 0,256 | 1,02 | 0,24 |
| 70 | 1,93 | 21,7 | 78 | 0,011 | 0,11 | 0,279 | 1,12 | 0,28 |
| 80 | 2,08 | 28,1 | 101 | 0,014 | 0,12 | 0,301 | 1,20 | 0,32 |
| 90 | 2,21 | 35,1 | 127 | 0,016 | 0,12 | 0,322 | 1,29 | 0,36 |
| 100 | 2,33 | 42,7 | 154 | 0,018 | 0,12 | 0,342 | 1,37 | 0,40 |
| 110 | 2,44 | 50,7 | 183 | 0,021 | 0,12 | 0,363 | 1,45 | 0,44 |
| 120 | 2,54 | 59,1 | 213 | 0,023 | 0,12 | 0,383 | 1,53 | 0,48 |
| 130 | 2,62 | 67,7 | 244 | 0,026 | 0,12 | 0,403 | 1,61 | 0,52 |
| 140 | 2,70 | 76,4 | 275 | 0,028 | 0,12 | 0,423 | 1,69 | 0,56 |
| 150 | 2,77 | 85,2 | 307 | 0,031 | 0,12 | 0,443 | 1,77 | 0,60 |
| 160 | 2,83 | 93,8 | 338 | 0,033 | 0,12 | 0,464 | 1,85 | 0,64 |
| 170 | 2,87 | 102,1 | 368 | 0,036 | 0,12 | 0,485 | 1,94 | 0,68 |
| 180 | 2,91 | 110,0 | 396 | 0,038 | 0,11 | 0,507 | 2,03 | 0,72 |
| 190 | 2,93 | 117,3 | 422 | 0,040 | 0,11 | 0,529 | 2,12 | 0,76 |
| 200 | 2,94 | 123,9 | 446 | 0,042 | 0,10 | 0,554 | 2,21 | 0,80 |
| 210 | 2,94 | 129,4 | 466 | 0,044 | 0,09 | 0,580 | 2,32 | 0,84 |
| 220 | 2,92 | 133,6 | 481 | 0,046 | 0,08 | 0,609 | 2,43 | 0,88 |
| 230 | 2,88 | 136,0 | 490 | 0,047 | 0,07 | 0,642 | 2,57 | 0,92 |
| 240 | 2,80 | 135,8 | 489 | 0,048 | 0,05 | 0,685 | 2,74 | 0,96 |
| 250 | 2,58 | 126,7 | 456 | 0,049 | 0,00 | 0,785 | 3,14 | 1,00 |

Tabella 4 – Scala delle portate per una tubazione in PVC De 315 mm SN8 e pendenza 1,1%

| | | | | | | | | |
|----------------|------------|---------------------|-------------|-----------|--------------|----------|-----------------|------------|
| Di | 296,6 | mm | | | | | | |
| k _s | 101 | m ^{1/3} /s | | | | | | |
| i | 11,00 | m/km | | | | | | |
| CALCOLO Q-H | | | | | | | | |
| H [mm] | V [m/s] | Q [l/s] | Q [m³/h] | A [m²] | CORDA [m] | P [m] | ANGOLO [rad] | H/D [-] |
| 110 | 1,62 | 37,9 | 136 | 0,023 | 0,14 | 0,388 | 1,31 | 0,37 |
| 120 | 1,70 | 44,4 | 160 | 0,026 | 0,15 | 0,409 | 1,38 | 0,40 |
| 130 | 1,76 | 51,3 | 185 | 0,029 | 0,15 | 0,429 | 1,45 | 0,44 |
| 140 | 1,82 | 58,5 | 211 | 0,032 | 0,15 | 0,449 | 1,51 | 0,47 |
| 150 | 1,88 | 65,8 | 237 | 0,035 | 0,15 | 0,469 | 1,58 | 0,51 |
| 160 | 1,93 | 73,3 | 264 | 0,038 | 0,15 | 0,489 | 1,65 | 0,54 |
| 170 | 1,97 | 80,8 | 291 | 0,041 | 0,15 | 0,509 | 1,72 | 0,57 |
| 180 | 2,01 | 88,3 | 318 | 0,044 | 0,14 | 0,530 | 1,79 | 0,61 |
| 190 | 2,05 | 95,7 | 344 | 0,047 | 0,14 | 0,550 | 1,86 | 0,64 |
| 200 | 2,08 | 102,9 | 370 | 0,050 | 0,14 | 0,572 | 1,93 | 0,67 |
| 210 | 2,10 | 109,8 | 395 | 0,052 | 0,13 | 0,593 | 2,00 | 0,71 |
| 220 | 2,12 | 116,3 | 419 | 0,055 | 0,13 | 0,616 | 2,08 | 0,74 |
| 230 | 2,13 | 122,3 | 440 | 0,057 | 0,12 | 0,639 | 2,15 | 0,78 |
| 240 | 2,13 | 127,7 | 460 | 0,060 | 0,12 | 0,664 | 2,24 | 0,81 |
| 250 | 2,13 | 132,3 | 476 | 0,062 | 0,11 | 0,690 | 2,33 | 0,84 |
| 260 | 2,12 | 135,9 | 489 | 0,064 | 0,10 | 0,719 | 2,42 | 0,88 |
| 270 | 2,09 | 138,2 | 498 | 0,066 | 0,08 | 0,751 | 2,53 | 0,91 |
| 280 | 2,06 | 138,9 | 500 | 0,068 | 0,07 | 0,790 | 2,66 | 0,94 |
| 290 | 1,99 | 136,8 | 493 | 0,069 | 0,04 | 0,843 | 2,84 | 0,98 |
| 297 | 1,87 | 129,2 | 465 | 0,069 | 0,00 | 0,932 | 3,14 | 1,00 |

Tabella 5 – Scala delle portate per una tubazione in PVC De 315 mm SN8 e pendenza 0,6%

| | | | | | | | | |
|----------------|------------|---------------------|-------------|-----------|--------------|----------|-----------------|------------|
| Di | 296,6 | mm | | | | | | |
| k _s | 101 | m ^{1/3} /s | | | | | | |
| i | 6,00 | m/km | | | | | | |
| CALCOLO Q-H | | | | | | | | |
| H [mm] | V [m/s] | Q [l/s] | Q [m³/h] | A [m²] | CORDA [m] | P [m] | ANGOLO [rad] | H/D [-] |
| 110 | 1,20 | 28,0 | 101 | 0,023 | 0,14 | 0,388 | 1,31 | 0,37 |
| 120 | 1,25 | 32,8 | 118 | 0,026 | 0,15 | 0,409 | 1,38 | 0,40 |
| 130 | 1,30 | 37,9 | 137 | 0,029 | 0,15 | 0,429 | 1,45 | 0,44 |
| 140 | 1,35 | 43,2 | 156 | 0,032 | 0,15 | 0,449 | 1,51 | 0,47 |
| 150 | 1,39 | 48,6 | 175 | 0,035 | 0,15 | 0,469 | 1,58 | 0,51 |
| 160 | 1,42 | 54,1 | 195 | 0,038 | 0,15 | 0,489 | 1,65 | 0,54 |
| 170 | 1,46 | 59,7 | 215 | 0,041 | 0,15 | 0,509 | 1,72 | 0,57 |
| 180 | 1,49 | 65,2 | 235 | 0,044 | 0,14 | 0,530 | 1,79 | 0,61 |
| 190 | 1,51 | 70,7 | 254 | 0,047 | 0,14 | 0,550 | 1,86 | 0,64 |
| 200 | 1,53 | 76,0 | 274 | 0,050 | 0,14 | 0,572 | 1,93 | 0,67 |
| 210 | 1,55 | 81,1 | 292 | 0,052 | 0,13 | 0,593 | 2,00 | 0,71 |
| 220 | 1,56 | 85,9 | 309 | 0,055 | 0,13 | 0,616 | 2,08 | 0,74 |
| 230 | 1,57 | 90,3 | 325 | 0,057 | 0,12 | 0,639 | 2,15 | 0,78 |
| 240 | 1,57 | 94,3 | 339 | 0,060 | 0,12 | 0,664 | 2,24 | 0,81 |
| 250 | 1,57 | 97,7 | 352 | 0,062 | 0,11 | 0,690 | 2,33 | 0,84 |
| 260 | 1,56 | 100,4 | 361 | 0,064 | 0,10 | 0,719 | 2,42 | 0,88 |
| 270 | 1,55 | 102,1 | 368 | 0,066 | 0,08 | 0,751 | 2,53 | 0,91 |
| 280 | 1,52 | 102,6 | 369 | 0,068 | 0,07 | 0,790 | 2,66 | 0,94 |
| 290 | 1,47 | 101,0 | 364 | 0,069 | 0,04 | 0,843 | 2,84 | 0,98 |
| 297 | 1,38 | 95,4 | 343 | 0,069 | 0,00 | 0,932 | 3,14 | 1,00 |

5 Verifiche statiche

5.1 Generalità

La condotta interrata ed il suolo in cui essa è immersa costituiscono una struttura che, sotto l'azione dei carichi e dei sovraccarichi, deve risultare stabile. Per tale motivo si deve procedere alla verifica statica delle condotte nella loro condizione di esercizio.

Dal punto di vista dell'interazione tra i terreni attraversati e le tubazioni di progetto, si ritiene la portanza limite del terreno sufficiente a sostenere i carichi derivanti dal peso proprio delle tubazioni e del liquido al loro interno, dal peso del terreno di ricoprimento, dal carico indotto sulla tubazione e quindi sul terreno di fondazione.

5.2 Interazione tubo - terreno

In tutte le tubazioni posate in scavo e soggette a carichi esterni si verifica un'interazione tra tubo, materiale di riempimento e parete dello scavo.

Il comportamento statico di una tubazione interrata dipende pertanto dalla resistenza del materiale costituente la condotta, da quella del materiale che la circonda e da come la condotta è collocata all'interno dello scavo, cioè dalla posa e dall'appoggio che contrastano l'ovalizzazione del tubo.

In termini pratici il complesso "materiale di riempimento – pareti dello scavo" di oppone alla deformazione ed alla rottura della tubazione. Maggiore è la "rigidezza" del materiale di riempimento e della struttura intorno alla tubazione, maggiore è la resistenza della condotta alle sollecitazioni esterne.

ELASTICITA' TUBAZIONE

Una tubazione si dice flessibile o deformabile se il "coefficiente di elasticità in sito" (adimensionale) N è maggiore o uguale a 1. Tale coefficiente è funzione del diametro interno della condotta D_i , dello spessore S , del modulo elastico della tubazione stessa E_t e del modulo elastico del terreno che la circonda E_2 secondo la seguente espressione:

$$N = \frac{E_2}{E_t} \cdot \left(\frac{(D_i + S)/2}{S} \right)^3$$

Per quanto riguarda il modulo elastico del terreno di rinfianco e di rinterro si riporta la seguente tabella dove:

E_1 = modulo elastico del terreno sovrastante la tubazione (riempimento);

E_2 = modulo elastico del rinfianco (terreno che circonda la tubazione).

Classe rinterro = 1 se rinterro senza compattazione (terreno scaricato alla rinfusa);
 2 se rinterro con livello scarso di compattazione;
 3 se rinterro con livello medio di costipamento;

4 se rinterro con ottimo livello di compattazione (ripristino condizioni in sito).

Classe rinfianco = 1 se rinfianco senza compattazione (terreno scaricato alla rinfusa);

2 se rinfianco con livello scarso di compattazione;

3 se rinfianco con livello medio di costipamento;

4 se rinfianco con ottimo livello di compattazione (ripristino condizioni in sito).

Tabella 6 – Modulo elastico terreno di rinterro e rinfianco (E1 e E2)

| VALORI DI E1 ED E2 in MPa | CLASSE DI RINFIANCO O DI REINTERRO | | | |
|--------------------------------------|------------------------------------|-----|---|----|
| | 1 | 2 | 3 | 4 |
| Argilla e terreni a grana molto fine | 0,6 | 1,5 | 2 | 5 |
| Limi e terreni a grana fine | 0,8 | 2 | 3 | 7 |
| Sabbia e terreni a grana media | 1,2 | 3 | 4 | 10 |
| Ghiaia e terreni a grana grossa | 2 | 6 | 9 | 20 |

In progetto si è considerato E1 = 20 MPa e E2 = 10 MPa.

Il modulo elastico del terreno in sito, ai fianchi dello scavo e sul fondo dello stesso senza letto di posa (E3 e E4 rispettivamente), è funzione dell'angolo di attrito interno del terreno ϕ e del peso specifico dello stesso γ secondo la seguente tabella:

Tabella 7 – Modulo elastico terreno in sito (E3 e E4)

| TIPO DI TERRENO IN SITO | ϕ (°) | γ (kN/m ³) | E3-E4 (MPa) |
|--------------------------------------|------------|-------------------------------|-------------|
| Argilla e terreni a grana molto fine | 20 | 20 | 5 |
| Limi e terreni a grana fine | 25 | 20 | 7 |
| Sabbia e terreni a grana media | 30 | 20 | 10 |
| Ghiaia e terreni a grana grossa | 35 | 20 | 20 |

In progetto si è considerato E3 = E4 = 10 MPa.

Per quanto riguarda il modulo elastico delle tubazioni (Et) può esserci molta diversità tra il valore istantaneo iniziale (Et iniz.) e quello finale differito nel tempo (Et f.), come riportato nella seguente tabella:

Tabella 8 – Modulo elastico tubazione (Et)

| MATERIALE | Et iniz. (MPa) | Et f. (MPa) |
|------------------|----------------|-------------|
| Acciaio | 210.000 | 210.000 |
| Ghisa sferoidale | 170.000 | 170.000 |
| Gres | 50.000 | 50.000 |

| | | |
|-------------------|--------|--------|
| Calcestruzzo | 35.000 | 12.000 |
| Fibrocemento | 20.000 | 7.000 |
| PRFV non caricato | 25.000 | 9.000 |
| PRVF caricato | 13.000 | 4.700 |
| PVC | 3.000 | 1.500 |
| PEAD | 900 | 225 |

TIPO DI POSA

Una tubazione può essere posata in trincea stretta o in trincea larga in riferimento alla seguente figura:

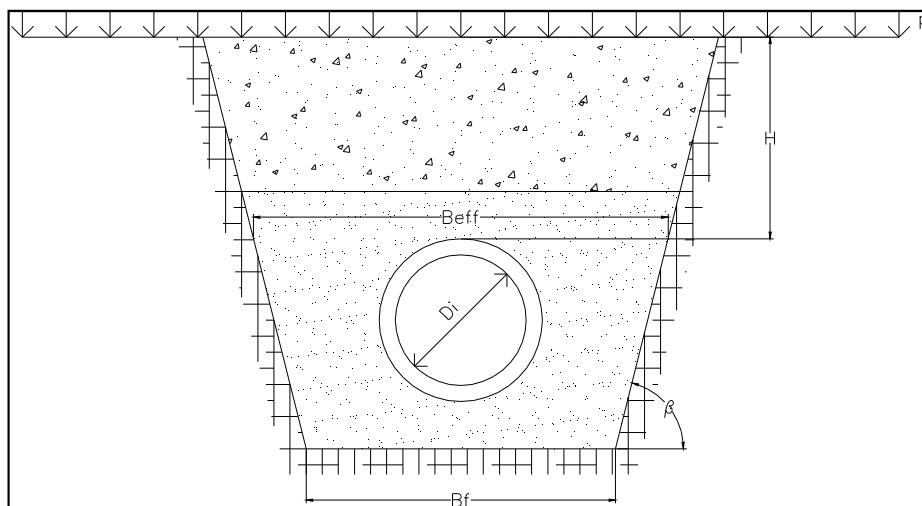


Figura 4 – Sezione schematica di scavo

Una condotta risulta posata in trincea stretta se valgono le seguenti condizioni:

$$Beff \leq 2D \text{ e } H \geq 1,5 Beff$$

oppure

$$2D < Beff < 3D \text{ e } H \geq 3,5 Beff$$

dove:

H = altezza del rinterro al di sopra della generatrice superiore del tubo;

D = diametro esterno della tubazione;

Beff = larghezza della trincea a livello della generatrice superiore del tubo, calcolata come:

$$Beff = Bf + 2 (Hf + D) \tan (90 - \beta), \text{ con:}$$

Bf = larghezza base sezione di scavo;

Hf = altezza sottofondo;

β = angolo in gradi formato dalla scarpata dello scavo con l'orizzontale.

In caso tali condizioni non siano verificate la condotta risulta posata in trincea larga.

5.3 Calcolo dei carichi gravanti sulla tubazione

Qualsiasi tubazione posata in scavo o in terrapieno è soggetta a carichi esterni, dovuti al peso del materiale di ricoprimento ed agli eventuali manufatti gravanti sullo stesso, definiti carichi statici, ed ai carichi dinamici dovuti al passaggio di mezzi terrestri sulla verticale o in prossimità della condotta.

CARICO DOVUTO AL TERRENO

Il carico dovuto al peso del terreno sulla generatrice superiore del tubo, per unità di lunghezza, è dato dalla seguente formula:

$$Q_1 = C_e \cdot D_e^2 \cdot \gamma$$

Dove:

γ = peso specifico del rinterro (assunto in seguito pari al valore cautelativo di 20 kN/m³);

D_e = diametro esterno della tubazione;

C_e = coefficiente di carico del terreno nella posa in trincea larga. Tale coefficiente è funzione del rapporto H/D_e , delle caratteristiche del terreno e delle modalità di posa. Cautelativamente può essere calcolato tramite le seguenti espressioni:

$$C_e = 0,1 + 0,85 \cdot (H / D_e) + 0,33 \cdot (H / D_e)^2 \quad \text{per } H/D_e \leq 2,66$$

$$C_e = 0,1 + 1,68 \cdot (H / D_e) \quad \text{per } H/D_e > 2,66$$

Nel caso di tubazioni flessibili, a parità di condizioni di posa e rinterro, il carico agente sulla tubazione risulta minore rispetto che nel caso di tubazioni rigide e più uniformemente distribuito sull'intera circonferenza, per effetto della deformazione laterale della tubazione e della reazione che ne consegue. In base alla norma UNI7517 il carico Q_1 è ancora dato dall'espressione precedente ma con $C_e = H/D_e$.

CARICO STRADALE

La pressione esercitata sul condotto dal carico stradale è calcolata in base alla teoria di Boussinesq (diffusione di un carico circolare in un semispazio omogeneo e isotopo ed elastico) ed è determinata dalla seguente espressione:

$$q_2 = a_F \cdot p_F \cdot \phi$$

dove:

$$p_F = \frac{F_A}{r_A^2 \cdot \pi} \cdot \left[1 - \left(\frac{1}{1 + \left(\frac{r_A}{H} \right)^2} \right)^{3/2} \right] + \frac{3 \cdot F_E}{2 \cdot H^2 \cdot \pi} \cdot \left(\frac{1}{1 + \left(\frac{r_E}{H} \right)^2} \right)^{5/2}$$

$$a_F = 1 - \frac{0,9}{0,9 + \frac{4 \cdot H^2 + H^6}{1,1 \cdot \left(\frac{(De + Di)}{2} \right)^{2/3}}}$$

F_A è il carico sulla superficie considerata, F_E è il carico sulle superfici circostante a quella considerata, r_E è la distanza del baricentro della superficie considerata dal baricentro dei carichi circostanti, r_A è il raggio medio equivalente della superficie con carico F_A e ϕ è il coefficiente di incremento dinamico. Nella tabella seguente sono riportati i valori di F_A , F_E , r_A , r_E e ϕ in funzione della classe della strada (grande, medio, leggero traffico) a norma DIN 1072.

Tabella 9 – Valori dei carichi da norma DIN 1072

| CLASSE STRADA | VEICOLO | PESO TOT. | F_A (kN) | F_E (kN) | r_A (m) | r_E (m) | Φ |
|------------------|---------|-----------|------------|------------|-----------|-----------|--------|
| Grande traffico | HLC 60 | 600 KN | 100 | 500 | 0,25 | 1,82 | 1,2 |
| Medio traffico | HLC 30 | 300 KN | 50 | 250 | 0,18 | 1,82 | 1,4 |
| Traffico leggero | HGV 12 | 120 KN | 40 | 80 | 0,15 | 2,26 | 1,5 |

Dalla pressione sull'estradosso della tubazione dovuta al carico stradale q_2 è possibile risalire al carico per unità di lunghezza del tubo:

$$Q_2 = q_2 \cdot De$$

CARICO DOVUTO AL PESO PROPRIO DELLA TUBAZIONE E DEL LIQUIDO IN ESSA CONTENUTO

Il carico dovuto al peso proprio della tubazione e del liquido in essa contenuto è facilmente calcolabile, nota la densità del materiale costituente la tubazione e la densità dell'acqua, tramite la seguente relazione:

$$Q_3 = \frac{\pi}{4} (D^2 \cdot \rho_s - d^2 \cdot (\rho_s - \rho_w)) \cdot g$$

dove:

D = diametro esterno della condotta;

d = diametro interno della condotta;

ρ_s = densità del materiale costituente la tubazione;

ρ_w = densità dell'acqua, pari a 1000 kg/m³

g = accelerazione di gravità, pari a 9,806 m/s²

Il carico Q_3 può essere trascurato nel caso di tubazioni in PVC e Pead in quanto di gran lunga inferiore a Q_1 e Q_2 .

5.4 Verifica dei carichi gravanti sulla tubazione

Il carico totale agente sulla tubazione per unità di lunghezza Q_{tot} è dato dalla somma dei carichi Q_1 e Q_2 .

Q_{tot} è la forza sollecitante la condotta immersa nel terreno e sottoposta ai vari carichi statici e dinamici definiti nei paragrafi precedenti. Questa forza va confrontata, per le tubazioni rigide, con la resistenza caratteristica del tubo espressa solitamente attraverso il suo carico di rottura o di snervamento F_N , determinato in laboratorio e fornito dalle aziende produttrici, mentre per le tubazioni flessibili permette di determinare il grado di deformazione del tubo.

L'inflessione massima a lungo termine delle tubazioni flessibili, in particolare per tubazioni in PRFV, PEAD e PVC non deve superare il 5 % del diametro iniziale della condotta.

Nelle reali condizioni di impiego, la forza sollecitante la condotta diminuisce per effetto delle azioni di supporto del terreno. Il coefficiente di posa E_z , funzione delle modalità di allettamento del condotto, assume i seguenti valori:

$E_z = 1,50 \rightarrow$ Solo sottofondo in sabbia o ghiaietto;

$E_z = 1,80 \rightarrow$ Sottofondo , rinfianco e ricoprimento in sabbia o ghiaietto;

$E_z = 2,80 \rightarrow$ Sottofondo in sabbia o ghiaietto e rinfianco in calcestruzzo;

$E_z = 3,50 \rightarrow$ Totale annegamento in calcestruzzo.

La forza sollecitante (F_s) di una condotta posata nello scavo si ottiene, dividendo il carico totale agente sulla tubazione (moltiplicato per il coefficiente di sicurezza 1,5) per il coefficiente di posa E_z , funzione delle modalità di allettamento del condotto.

$$F_s = \frac{Q_{tot} \cdot 1,5}{E_z}$$

TUBAZIONE RIGIDA

Il condotto è staticamente verificato se la forza sollecitante risulta inferiore rispetto al carico di rottura o di snervamento:

$$F_s \leq F_N$$

TUBAZIONE FLESSIBILE

La deformazione di una condotta flessibile soggetta a una forza sollecitante F_s risulta:

$$\Delta X = \frac{0,125 \cdot T \cdot F_s \cdot 1000}{(E_t / T \cdot (\text{spessore} / De)^3) \cdot 10^6 + 0,0915 \cdot E_i}$$

dove T tiene conto della variazione nel tempo delle caratteristiche del materiale costituente il tubo (per tubazioni in Pead T è posto pari a 1), E_t è il modulo di elasticità del tubo ed E_i risulta:

$$E_i = \frac{9 \cdot 10^4 (H + 4)}{\alpha}$$

dove H è l'altezza di ricoprimento e α è un fattore dipendente dalla compattazione del rinfianco del tubo, che assume i seguenti valori:

- 1 per compattazione ottima;
- 1,5 per compattazione media;

- 1,52 per compattazione scarsa;
- 1,53 per compattazione nulla.

Nei successivi calcoli si è considerato $\alpha=1,5$.

Il condotto è staticamente verificato se risulta:

$$\frac{\Delta X}{De} \cdot 100 \leq 4$$

5.5 Verifiche statiche tubazioni

Nel caso in esame si sono eseguiti le seguenti verifiche:

- tubazione in Acciaio DN 150 mm, con sezione di scavo di altezza pari a 1,20 m (altezza ricoprimento circa 0,90 m);
- tubazione in Acciaio DN 200 mm, con sezione di scavo di altezza pari a 1,25 m (altezza ricoprimento circa 0,90 m);
- tubazione in GRES DN 250 mm con sezione di scavo di altezza massima pari a 2,00 m (altezza ricoprimento circa 1,60 m) e altezza minima 1,40 m (altezza ricoprimento circa 1,00 m);
- tubazione in PVC De 315 mm SN8 con sezione di scavo di altezza massima pari a 3,85 m (altezza ricoprimento circa 3,40 m) e altezza minima 1,75 m (altezza ricoprimento circa 1,30 m)

I risultati ottenuti sono riepilogati nel seguito.

| TUBAZIONE Acciaio DN 150 mm – H scavo 1,20 m | | |
|--|-----------------------|----------------------------|
| DATI TUBAZIONE | | |
| Diametro esterno | D | 168,30 mm |
| Diametro interno | d | 161,10 mm |
| Spessore | s | 3,6 mm |
| Raggio medio | Rm | 82,35 mm |
| Diametro medio | Dm | 164,70 mm |
| Modulo elastico | Et | 210000 MPa |
| DATI TERRENO | | |
| Modulo elastico terreno di riempimento | E1 | 20 N/mm ² |
| Modulo elastico del terreno di rinfiacco | E2 | 10 N/mm ² |
| Peso specifico terreno | γ | 20 kN/m ³ |
| Angolo di attrito interno del terreno | φ | 30 ° |
| DATI SCAVO | | |
| Altezza scavo | | 1,20 m |
| Altezza ricoprimento | H | 0,90 m |
| Altezza sottofondo | Hs | 0,15 m |
| Larghezza base sezione scavo | Bf | 0,80 m |
| Angolo in gradi formato dalla scarpata dello scavo con l'orizzontale | β | 90° |
| VERIFICA FLESSIBILITA' | | |
| Coefficiente di elasticità in sito | N = 0,57 | N<1: TUBAZIONE RIGIDA |
| VERIFICA TIPO DI POSA | | |
| larghezza trincea a livello della generatrice superiore del tubo | Beff | 0,80 m |
| 2*D=0,34 m | 3*D=0,50 m | 1,5*Beff=1,20 m |
| | | 3,5*Beff=2,80 m |
| POSA IN TRINCEA LARGA | | |
| CARICHI AGENTI SULLA TUBAZIONE | | |
| CARICO DOVUTO AL TERRENO Q1 | | |
| Ce=H/D= 5,35 | Q1=3,03 kN/m | |
| CARICO STRADALE Q2 | | |
| Fa=100 kN | Fe=500 kN | ra=0,25 m |
| af= 0,93 | pf=58,81 | q2=65,35 kN/m ² |
| | | re=1,82 m |
| | | Φ=1,2 |
| Q2=11,00 kN/m | | |
| CARICO TOTALE: QT=Q1+Q2= 14,03 kN/m | | |
| FORZA SOLLECINTANTE | | |
| Ez = 1,8 | Fs = 11,69 kN/m | |
| CALCOLO ROTTURA O SNERVAMENTO | | |
| FN = 7500 kN/m | >Fs VERIFICA POSITIVA | |

| TUBAZIONE Acciaio DN 200 mm – H scavo 1,25 m | | | |
|--|------------|----------------------------|-----------------|
| DATI TUBAZIONE | | | |
| Diametro esterno | D | 209,10 mm | |
| Diametro interno | d | 219,10 mm | |
| Spessore | s | 5 mm | |
| Raggio medio | Rm | 107,05 mm | |
| Diametro medio | Dm | 214,10 mm | |
| Modulo elastico | Et | 210000 MPa | |
| DATI TERRENO | | | |
| Modulo elastico terreno di riempimento | E1 | 20 N/mm ² | |
| Modulo elastico del terreno di rinfiacco | E2 | 10 N/mm ² | |
| Peso specifico terreno | γ | 20 kN/m ³ | |
| Angolo di attrito interno del terreno | φ | 30 ° | |
| DATI SCAVO | | | |
| Altezza scavo | | 1,25 m | |
| Altezza ricoprimento | H | 0,90 m | |
| Altezza sottofondo | Hs | 0,15 m | |
| Larghezza base sezione scavo | Bf | 0,80 m | |
| Angolo in gradi formato dalla scarpata dello scavo con l'orizzontale | β | 90° | |
| VERIFICA FLESSIBILITA' | | | |
| Coefficiente di elasticità in sito | N = 0,47 | N<1: TUBAZIONE RIGIDA | |
| VERIFICA TIPO DI POSA | | | |
| larghezza trincea a livello della generatrice superiore del tubo | | Beff | 0,80 m |
| 2*D=0,44 m | 3*D=0,66 m | 1,5*Beff=1,20 m | 3,5*Beff=2,80 m |
| POSA IN TRINCEA LARGA | | | |
| CARICHI AGENTI SULLA TUBAZIONE | | | |
| CARICO DOVUTO AL TERRENO Q1 | | | |
| Ce=H/D= 4,11 | | Q1=3,94 kN/m | |
| CARICO STRADALE Q2 | | | |
| Fa=100 kN | Fe=500 kN | ra=0,25 m | re=1,82 m |
| af= 0,91 | pf=58,81 | q2=64,45 kN/m ² | Q2=14,12 kN/m |
| CARICO TOTALE: QT=Q1+Q2= 14,03 kN/m | | | |
| FORZA SOLLECINTANTE | | | |
| Ez = 1,8 | | Fs = 18,06 kN/m | |
| CALCOLO ROTTURA O SNERVAMENTO | | | |
| FN = 7500 kN/m | | >Fs VERIFICA POSITIVA | |

| TUBAZIONE GRES DN 250 mm – H scavo 2,00 m | | | |
|--|-----------|----------------------------|-----------------|
| DATI TUBAZIONE | | | |
| Diametro esterno | D | 300,00 mm | |
| Diametro interno | d | 250,00 mm | |
| Spessore | s | 25 mm | |
| Raggio medio | Rm | 137,5 mm | |
| Diametro medio | Dm | 275,00 mm | |
| Modulo elastico | Et | 50000 MPa | |
| DATI TERRENO | | | |
| Modulo elastico terreno di riempimento | E1 | 20 N/mm ² | |
| Modulo elastico del terreno di rinfiacco | E2 | 10 N/mm ² | |
| Peso specifico terreno | γ | 20 kN/m ³ | |
| Angolo di attrito interno del terreno | φ | 30 ° | |
| DATI SCAVO | | | |
| Altezza scavo | | 2,00 m | |
| Altezza ricoprimento | H | 1,60 m | |
| Altezza sottofondo | Hs | 0,15 m | |
| Larghezza base sezione scavo | Bf | 1,00 m | |
| Angolo in gradi formato dalla scarpata dello scavo con l'orizzontale | β | 90° | |
| VERIFICA FLESSIBILITA' | | | |
| Coefficiente di elasticità in sito | N = 0,03 | N<1: TUBAZIONE RIGIDA | |
| VERIFICA TIPO DI POSA | | | |
| larghezza trincea a livello della generatrice superiore del tubo | | Beff | 1,00 m |
| 2*D=0,6 m | 3*D=0,9 m | 1,5*Beff=1,50 m | 3,5*Beff=3,50 m |
| POSA IN TRINCEA LARGA | | | |
| CARICHI AGENTI SULLA TUBAZIONE | | | |
| CARICO DOVUTO AL TERRENO Q1 | | | |
| Ce=H/D= 6,17 | | Q1=11,10 kN/m | |
| CARICO STRADALE Q2 | | | |
| Fa=100 kN | Fe=500 kN | ra=0,25 m | re=1,82 m |
| af= 0,99 | pf=26,49 | q2=31,54 kN/m ² | Q2=9,46 kN/m |
| CARICO TOTALE: QT=Q1+Q2= 20,56 kN/m | | | |
| FORZA SOLLECINTANTE | | | |
| Ez = 1,8 | | Fs = 17,14 kN/m | |
| CALCOLO ROTTURA O SNERVAMENTO | | | |
| FN = 40 kN/m | | >Fs VERIFICA POSITIVA | |

| TUBAZIONE GRES DN 250 mm – H scavo 1,40 m | | | |
|--|-----------|----------------------------|-----------------|
| DATI TUBAZIONE | | | |
| Diametro esterno | D | 300,00 mm | |
| Diametro interno | d | 250,00 mm | |
| Spessore | s | 25 mm | |
| Raggio medio | Rm | 137,5 mm | |
| Diametro medio | Dm | 275,00 mm | |
| Modulo elastico | Et | 50000 MPa | |
| DATI TERRENO | | | |
| Modulo elastico terreno di riempimento | E1 | 20 N/mm ² | |
| Modulo elastico del terreno di rinfiacco | E2 | 10 N/mm ² | |
| Peso specifico terreno | γ | 20 kN/m ³ | |
| Angolo di attrito interno del terreno | φ | 30 ° | |
| DATI SCAVO | | | |
| Altezza scavo | | 1,40 m | |
| Altezza ricoprimento | H | 1,00 m | |
| Altezza sottofondo | Hs | 0,15 m | |
| Larghezza base sezione scavo | Bf | 1,00 m | |
| Angolo in gradi formato dalla scarpata dello scavo con l'orizzontale | β | 90° | |
| VERIFICA FLESSIBILITA' | | | |
| Coefficiente di elasticità in sito | N = 0,03 | N<1: TUBAZIONE RIGIDA | |
| VERIFICA TIPO DI POSA | | | |
| larghezza trincea a livello della generatrice superiore del tubo | | Beff | 1,00 m |
| 2*D=0,6 m | 3*D=0,9 m | 1,5*Beff=1,50 m | 3,5*Beff=3,50 m |
| POSA IN TRINCEA LARGA | | | |
| CARICHI AGENTI SULLA TUBAZIONE | | | |
| CARICO DOVUTO AL TERRENO Q1 | | | |
| Ce=H/D= 6,17 | | Q1=11,10 kN/m | |
| CARICO STRADALE Q2 | | | |
| Fa=100 kN | Fe=500 kN | ra=0,25 m | re=1,82 m |
| af= 0,99 | pf=26,49 | q2=31,54 kN/m ² | Q2=9,46 kN/m |
| CARICO TOTALE: QT=Q1+Q2= 20,56 kN/m | | | |
| FORZA SOLLECINTANTE | | | |
| Ez = 1,8 | | Fs = 17,14 kN/m | |
| CALCOLO ROTTURA O SNERVAMENTO | | | |
| FN = 40 kN/m | | >Fs VERIFICA POSITIVA | |

| TUBAZIONE PVC SN8 De 315 mm – H scavo 3,85 m | | | |
|--|----------------------|----------------------------|-----------------------|
| DATI TUBAZIONE | | | |
| Diametro esterno | D | 315,00 mm | |
| Diametro interno | d | 296,60 mm | |
| Spessore | s | 9,2 mm | |
| Raggio medio | Rm | 152,9 mm | |
| Diametro medio | Dm | 305,8 mm | |
| Modulo elastico | E _t | 1.500 MPa | |
| DATI TERRENO | | | |
| Modulo elastico terreno di riempimento | E1 | 20 N/mm ² | |
| Modulo elastico del terreno di rinfiacco | E2 | 10 N/mm ² | |
| Peso specifico terreno | γ | 20 kN/m ³ | |
| Angolo di attrito interno del terreno | φ | 30 ° | |
| DATI SCAVO | | | |
| Altezza scavo | | 3,85 m | |
| Altezza ricoprimento | H | 3,40 m | |
| Altezza sottofondo | Hs | 0,15 m | |
| Larghezza base sezione scavo | Bf | 1,0 m | |
| Angolo in gradi formato dalla scarpata dello scavo con l'orizzontale | β | 90° | |
| VERIFICA FLESSIBILITA' | | | |
| Coefficiente di elasticità in sito | N = 30,60 | N>1: TUBAZIONE FLESSIBILE | |
| VERIFICA TIPO DI POSA | | | |
| larghezza trincea a livello della generatrice superiore del tubo | | Beff | 1,0 m |
| 2*D=0,63 m | 3*D=0,95 m | 1,5*Beff=1,5 m | 3,5*Beff=3,5 m |
| POSA IN TRINCEA LARGA | | | |
| CARICHI AGENTI SULLA TUBAZIONE | | | |
| CARICO DOVUTO AL TERRENO Q1 | | | |
| Ce=H/D= 10,79 | | Q1=21,42 kN/m | |
| CARICO STRADALE Q2 | | | |
| Fa=100 kN | Fe=500 kN | ra=0,25 m | re=1,82 m |
| af= 1,00 | pf=15,11 | q2=18,13 kN/m ² | Q2=5,71 kN/m |
| CARICO TOTALE: QT=Q1+Q2= 27,13 kN/m | | | |
| FORZA SOLLECINTANTE | | | |
| Ez = 1,8 | | Fs = 22,61 kN/m | |
| CALCOLO INFLESSIONE DIAMETRALE | | | |
| Ei=4.440.000 N/m ² | Δx=6,37 mm = 2,02% D | | <5% VERIFICA POSITIVA |

| TUBAZIONE PVC SN8 De 315 mm – H scavo 1,75 m | | | |
|--|----------------------|----------------------------|-----------------------|
| DATI TUBAZIONE | | | |
| Diametro esterno | D | 315,00 mm | |
| Diametro interno | d | 296,60 mm | |
| Spessore | s | 9,2 mm | |
| Raggio medio | Rm | 152,9 mm | |
| Diametro medio | Dm | 305,8 mm | |
| Modulo elastico | Et | 1.500 MPa | |
| DATI TERRENO | | | |
| Modulo elastico terreno di riempimento | E1 | 20 N/mm ² | |
| Modulo elastico del terreno di rinfiacco | E2 | 10 N/mm ² | |
| Peso specifico terreno | γ | 20 kN/m ³ | |
| Angolo di attrito interno del terreno | φ | 30 ° | |
| DATI SCAVO | | | |
| Altezza scavo | | 1,75 m | |
| Altezza ricoprimento | H | 1,30 m | |
| Altezza sottofondo | Hs | 0,15 m | |
| Larghezza base sezione scavo | Bf | 1,0 m | |
| Angolo in gradi formato dalla scarpata dello scavo con l'orizzontale | β | 90° | |
| VERIFICA FLESSIBILITA' | | | |
| Coefficiente di elasticità in sito | N = 30,60 | N>1: TUBAZIONE FLESSIBILE | |
| VERIFICA TIPO DI POSA | | | |
| larghezza trincea a livello della generatrice superiore del tubo | | Beff | 1,0 m |
| 2*D=0,63 m | 3*D=0,95 m | 1,5*Beff=1,5 m | 3,5*Beff=3,5 m |
| POSA IN TRINCEA LARGA | | | |
| CARICHI AGENTI SULLA TUBAZIONE | | | |
| CARICO DOVUTO AL TERRENO Q1 | | | |
| Ce=H/D= 4,13 | | Q1=8,19 kN/m | |
| CARICO STRADALE Q2 | | | |
| Fa=100 kN | Fe=500 kN | ra=0,25 m | re=1,82 m |
| af= 0,96 | pf=36,39 | q2=42,02 kN/m ² | Q2=13,24 kN/m |
| CARICO TOTALE: QT=Q1+Q2= 21,43 kN/m | | | |
| FORZA SOLLECINTANTE | | | |
| Ez = 1,8 | | Fs = 17,86 kN/m | |
| CALCOLO INFLESSIONE DIAMETRALE | | | |
| Ei=3.180.000 N/m ² | Δx=6,80 mm = 2,16% D | | <5% VERIFICA POSITIVA |

6 Prime indicazioni e disposizioni per la stesura dei piani di sicurezza

Il Piano di sicurezza e coordinamento sarà redatto, ai sensi del D.Lgs. 81/2008 e s.m.i., durante la fase di progettazione esecutiva dell'opera.

In realtà la sua stesura interessa l'intera fase di progettazione in quanto incide sulle scelte progettuali di fondo e sulla loro quantificazione economica.

Durante la sua stesura definitiva dovranno essere valutate le diverse condizioni operative proprie del cantiere in modo da prevedere tutti i possibili rischi e le prevenzioni da attuare in ogni singola fase di lavorazione.

In particolare occorrerà verificare la presenza, nelle immediate vicinanze dei lavori, di aree disponibili per il deposito dei materiali e per le lavorazioni che occorressero. Queste aree dovranno essere rese disponibili per tutta la durata del cantiere.

I lavori si svilupperanno principalmente su strade comunali, pertanto saranno adottate tutte le misure necessarie al fine di ridurre i rischi interferenziali tra le aree di cantiere ed eventuali passanti.

Per i lavori da effettuarsi su sede stradale, particolare attenzione sarà posta alla viabilità ed agli accorgimenti da considerare per lo svolgimento dei lavori in sicurezza. Saranno quindi date indicazioni sia relativamente alle possibili interferenze tra gli automezzi e l'area di cantiere, sia relativamente alle possibili alternative viabilistiche.

Saranno inoltre indicate le procedure da adottare in occasione di particolari tratti impegnativi (semaforizzazione, segnalazione con movieri, ecc.).

Per quanto riguarda i sottoservizi esistenti, dovranno essere verificati in sede di installazione del cantiere da parte dell'Impresa Appaltatrice, mediante coordinamento diretto dei sottoservizi.

7 Gestione delle terre da scavo

Le lavorazioni oggetto dell'appalto prevedono sia il disfacimento di pavimentazione bituminosa sia gli scavi per la posa di tubazioni e relativi manufatti di ispezione. Per quanto riguarda le terre da scarto, qualora durante l'esecuzione sia confermato che il terreno rimosso non contiene elementi inquinanti, il progetto prevede che il terreno rimosso sia in parte riutilizzato per il rinterro degli scavi mentre la parte rimanente (corrispondente al volume dei nuovi manufatti, tubazioni, rinfianchi, massicciata stradale, ecc.) sia trasportata e conferita presso un impianto di trattamento autorizzato o in discarica secondo la normativa in materia di "Gestione dei materiali da scavo" alla luce del D.P.R. 120/2017. Per quanto riguarda la pavimentazione bituminata rimossa, la stessa verrà completamente conferita in appositi siti autorizzati. L'autorizzazione allo smaltimento verrà richiesta dall'Impresa Appaltante prima dell'inizio dei lavori.

8 Cronoprogramma delle fasi attuative

Il Cronoprogramma delle fasi attuative prevede l'indicazione dei tempi massimi di svolgimento delle varie attività di progettazione, approvazione, affidamento, esecuzione e collaudo.

Nel seguito viene riportata una tabella indicante le varie fasi:

| | |
|--|----------------|
| Redazione progetto definitivo | Dicembre 2019 |
| Approvazione progetto definitivo..... | Giugno 2020 |
| Redazione e approvazione progetto esecutivo..... | Ottobre 2020 |
| Affidamento lavori..... | Gennaio 2021 |
| Fine esecuzione dei lavori e collaudo..... | Settembre 2021 |

9 Quadro economico

L'impegno di spesa globale del presente progetto, risultante dall'allegato T4 "Computo Metrico Estimativo" e sommati gli importi a disposizione dell'amministrazione ammonta a € 1.312.293,35 (unmilionetrecentododicimiladuecentonovantatre/35) esclusa l'IVA di legge.

Si riporta in ogni caso separatamente il calcolo dell'IVA, esclusa dal quadro economico, e l'importo complessivo compreso di IVA e pari a € 1.455.846,35.

Il quadro economico riepilogativo risulta pertanto il seguente:

| QUADRO ECONOMICO | | |
|---|---|---------------------|
| | OPERE A BASE D'APPALTO | importi |
| a2 | importo a base di gara (IVA esclusa) | 886 507,50 |
| a3 | oneri per la sicurezza non soggetti a ribasso (IVA esclusa) | 23 492,50 |
| A | tot. opere a base d'appalto | 910 000,00 |
| | SOMME A DISPOSIZIONE | importi |
| b1 | imprevisti | 45 500,00 |
| b2 | valutazione rischio archeologico e assistenza archeologica agli scavi | 5 000,00 |
| b3 | Allacciamento a rete elettrica | 2 000,00 |
| b4 | Adeguamento rete di distribuzione lungo i tratti di posa della rete di adduzione in progetto (intervento da realizzare con contratto di manutenzione) | 230 000,00 |
| b5 | convenzioni/servitù/acquisti proprietà private, comprese spese per procedure di espropri | 13 143,35 |
| b6 | spese tecniche per la progettazione, direzione lavori, coordinatore sicurezza in fase di progettazione ed esecuzione, collaudo | 88 450,00 |
| b7 | procedure di gara e incentivi per funzioni tecniche | 18 200,00 |
| B | Totale somme a disposizione - IVA esclusa | 402 293,35 |
| IMP. TOTALE GENERALE - IVA ESCLUSA (A+B) | | 1 312 293,35 |

IVA, ESCLUSA DAL QUADRO ECONOMICO

| | | |
|---|--|---------------------|
| c0 | iva 10 % sui lavori (vedi voce A) | 91 000,00 |
| c1 | iva 10 % su imprevisti (vedi voce b1) | 4 550,00 |
| c2 | iva 22 % su valutazione rischio archeologico e assistenza archeologica agli scavi (vedi voce b2) | 1 100,00 |
| c3 | iva 10 % su allacciamento rete elettrica (vedi voce b3) | 440,00 |
| c4 | iva 10 % su adeguamento rete di distribuzione (vedi voce b4) | 23 000,00 |
| c5 | convenzioni/servitù/acquisti proprietà private, comprese spese per procedure di espropri (vedi voce b5) - tasse esenti da iva | - |
| c6 | iva 22% su spese tecniche per la progettazione, direzione lavori, coordinatore sicurezza in fase di progettazione ed esecuzione, collaudo (vedi voce b6) | 19 459,00 |
| c7 | iva 22% su procedura di gara e incentivi per funzioni tecniche | 4 004,00 |
| IMPORTO TOTALE IVA | | 143 553,00 |
| IMPORTO TOTALE DI PROGETTO - IVA INCLUSA | | 1 455 846,35 |