

# COMUNE DI ROMAGNANO SESIA (NO)



**ACQUA  
NOVARA.VCO**  
S.p.A.

Via Triggiani, 9 - 28100 NOVARA (NO)  
Tel. 0321 413111 - Fax. 0321 458729  
@mail: info@acquanovaravco.eu  
@pec: segreteria@pec.acquanovaravco.eu



TITOLO COMMESSA:

**REALIZZAZIONE DELLA NUOVA DORSALE ACQUEDOTTISTICA DI ROMAGNANO SESIA**  
"Progetto LE.LE. (Less Leackage)" - CUP D78B22000510006 a valere su fondi PNRR Missione 2  
Componente 4 - M2C4 - Investimento 4.2-013-Lotto 1

OGGETTO:

**Relazione tecnica illustrativa**

SCALA:

-

AVANZAMENTO PROGETTO:  
**DEFINITIVO**

Data Rev. N° 0 :  
**Aprile 2023**

Rev. N°	Modifiche	Data
1	–	-/-/-
2	–	-/-/-
3	–	-/-/-
4	–	-/-/-

Rif. N° Commessa:

-

CUP:

**D78B22000510006**

RUP:

**Ing. Giuseppe Caranti**

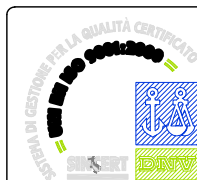
Il Progettista



Studio di Ingegneria Isola Boasso & Associati Srl  
Corso Prestinari 86, 13100 Vercelli  
Dott. Ing. Riccardo ISOLA  
Dott. Ing. Paolo BOASSO  
Dott. Ing. Fabrizio RABAGLIO

Elaborato N°:

**ID.01.001**



**PROPRIETÀ RISERVATA**  
QUESTO DISEGNO NON PUO' ESSERE RIPRODOTTO NE' COMUNICATO A TERZI SENZA  
AUTORIZZAZIONE DI ACQUA NOVARA.VCO s.p.a.

## Sommario

<b>1</b>	<b>Premessa .....</b>	<b>3</b>
1.1	Normative e raccomandazioni opere civili .....	4
1.2	Normative idrauliche .....	4
1.3	Leggi e circolari impianti .....	5
1.4	Normative ambientali .....	5
<b>2</b>	<b>Organizzazione del lavoro di indagine, di studio e di progettazione degli interventi.....</b>	<b>5</b>
2.1	Acquisizione delle informazioni.....	6
2.2	Acquisizione dei dati .....	7
2.3	Esecuzione dei sopralluoghi .....	7
2.4	Rilievi topografici.....	7
2.5	Elaborazioni preliminari.....	7
<b>3</b>	<b>Sintetico inquadramento del sistema acquedottistico esistente.....</b>	<b>9</b>
<b>4</b>	<b>Interventi a breve termine mirati ad una razionalizzazione del sistema acquedottistico .....</b>	<b>9</b>
<b>5</b>	<b>Opere in progetto .....</b>	<b>11</b>
5.1	Intervento di posa tubazione con tecnica No Dig.....	13
<b>6</b>	<b>Materiale della condotta .....</b>	<b>18</b>
6.1	Considerazioni di ordine generale .....	18
6.1.1	Resistenza ai carichi.....	20
6.1.2	Capacità idraulica .....	21
6.1.3	Resistenza agli eventi sismici e/o cedimenti terreni di posa.....	22
6.1.4	Resistenza all'aggressione chimica degli effluenti .....	22
6.1.5	Pezzi speciali .....	22
6.1.6	Semplicità ed economicità di posa .....	23
6.1.7	Protezione dalla corrosione.....	23
6.1.8	Elementi di costo .....	24
6.1.9	Conclusioni .....	24
6.2	Ghisa sferoidale .....	25
6.2.1	Durabilità .....	25
6.2.2	Inerzia chimica .....	26
6.2.3	Inerzia elettrica.....	27
6.2.4	Sicurezza giunzioni.....	27
6.2.5	Meccanismo di protezione .....	27

7	Accertamento in ordine alla disponibilità delle aree .....	30
8	Studio di inserimento .....	30
9	Interferenze con reti aeree e sotterranee di servizi – accessibilità al cantiere.....	30
10	Aspetti geologici, ambientali ed archeologici.....	31
11	Cave e discariche .....	31
12	Valutazioni conclusive .....	32
13	Costo delle opere in progetto.....	33

**Indice delle Figure**

Figura 1	schema planimetrico dell'intervento.....	12
Figura 2	schema acquedottistico in progetto.....	13
Figura 3	esempio di cantiere di TOC.....	13
Figura 4	Fasi di lavoro della trivellazione teleguidata .....	14

## 1 Premessa

Il presente rapporto costituisce la relazione tecnica ed illustrativa del Progetto Definitivo dell'intervento di *Realizzazione della nuova condotta di adduzione acquedottistica che collega il campo pozzi al serbatoio di Villa Caccia*”.

Mediante ordine N. 534 del 08/03/2023 Acqua Novara VCO S.p.A. conferì allo scrivente “*Studio di ingegneria Isola Boasso & Associati s.r.l.*” con sede in C.so Prestinari 86, 13100 Vercelli l'incarico professionale per progettazione definitiva ed esecutiva e coordinamento per la sicurezza in fase di progettazione relativo alle opere denominate “**Realizzazione della nuova dorsale acquedottistica di Romagnano Sesia**” - “Progetto LE.LE. (Less Leakage)” – CUP: D78B22000510006 a valere su fondi PNRR Missione 2 Componente 4 – M2C4 – Investimento 4.2”.

Tale incarico è stato affidato nell'ambito dell'Accordo Quadro CIG padre: 932449832C, CIG figlio: 9701110938.

Il progetto è stato sviluppato in conformità delle indicazioni ricevute dal Committente.

La presente relazione va inquadrata nell'ambito degli interventi di riassetto della rete di approvvigionamento idrico del Comune di Romagnano Sesia che Acqua Novara VCO, intende effettuare nell'ambito della propria attività di gestione della rete acquedottistica, con l'obiettivo di ridurre le perdite nella rete di distribuzione. In particolare il presente progetto si integra con il sistema di approvvigionamento idropotabile dei Comuni limitrofi, e, in particolare, dei Comuni di Ghemme e di Prato Sesia.

L'intervento in oggetto, ovvero la realizzazione della condotta di adduzione acquedottistica di Romagnano Sesia che collega il campo pozzi al serbatoio di Villa Caccia, seppur sviluppato per intero, è stato diviso in due lotti funzionali così definiti:

- Lotto 1: condotta di adduzione posata con tecnica tradizionale attraverso scavo a cielo aperto (importo soli lavori: 863 794,64 Euro)
- Lotto 2: attraversamento linea ferroviaria e roggia Mora con tecnica no-dig della TOC (importo soli lavori: 175 855,57 Euro)

Tale scelta è stata dettata dalla necessità di ovviare a eventuali problematiche o lungaggini che potrebbero incagliare il progetto intero e minacciare il rispetto delle tempistiche del PNRR.

Gli altri elementi del piano di riassetto strutturale del sistema acquedottistico si incentrano sulla necessità di meglio sfruttare la risorsa idrica disponibile e nel contempo di limitare i consumi energetici necessari per la gestione degli impianti di approvvigionamento e distribuzione. Per tale motivo si è optato, come meglio illustrato nel proseguo, di alimentare la rete esistente di Romagnano Sesia mediante due diverse modalità. Il principale punto di alimentazione rimane il serbatoio esistente di Villacaccia, ubicato ad una quota altimetrica elevata, tale da servire la porzione più alta del bacino urbano di Romagnano. Il secondo punto di approvvigionamento idrico è in previsione e consiste in una stazione di sollevamento equipaggiata con due gruppi di pompe. Più specificatamente la stazione di sollevamento è alimentata da una nuova vasca di disconnessione di circa 50 m<sup>3</sup>, a sua volta alimentata dalle pompe dei tre pozzi. Il primo gruppo di pompaggio, a numeri di giri fissi, approvvigiona direttamente, tramite la condotta di adduzione oggetto del presente progetto, il serbatoio di Villacaccia. Il secondo gruppo di pompaggio, a numeri di giri

variabile, alimenta direttamente la rete di distribuzione bassa. Tale configurazione acquedottistica consente di servire, mediante il serbatoio alto (serbatoio esistente), la parte di nucleo urbano posizionata a quota altimetrica superiore e, mediante il pompaggio in previsione, la maggior parte del centro abitato ubicato a quota altimetrica inferiore, riducendo la prevalenza dell'impianto di pompaggio e conseguentemente i costi energetici di gestione. La riduzione di pressione, mediante distrettualizzazione, consente inoltre di ridurre le perdite in rete di distribuzione.

Le opere in progetto consistono nella sola realizzazione della condotta di adduzione che collega il campo pozzi con il serbatoio di Villacaccia.

Nei successivi capitoli si descrivono le opere in progetto ed in previsione, illustrando i criteri che verranno sviluppati nel corso del successivo livello di progettazione esecutiva.

Nei successivi paragrafi si riporta la normativa di riferimento

### **1.1 Normative e raccomandazioni opere civili**

- DM 17/01/2018. Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni
- Circolare 21/01/2019 n. 7 C.S.LL.PP. Istruzioni per l'applicazione dell'“Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni” di cui al DM 17/01/2018.
- Decreto Ministeriale LL.PP. 09/01/1996 – Norme tecniche per il calcolo, l'esecuzione e il collaudo delle strutture in cemento armato, normale e precompresso e per le strutture metalliche.
- Decreto Ministeriale LL.PP. 16/01/1996 – Criteri generali per la verifica della sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi.
- Circolare 15/10/1996 Ministero LL.PP. – Istruzioni per l'applicazione delle Norme tecniche di cui al decreto ministeriale 09/01/1996.
- Circolare 04/07/1996 Ministero LL.PP. – Istruzioni per l'applicazione delle Norme tecniche di cui al decreto ministeriale 16/01/1996.
- Decreto Ministeriale LL.PP. 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, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione.
- Circolare LL.PP. 24/09/1988 n.30483 – L.2.2.1974, n.64 - art.1 – Istruzioni per l'applicazione del D.M. 11/03/1988.
- Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 marzo 2003: “Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica” e successive modifiche e integrazioni.

### **1.2 Normative idrauliche**

- Decreto ministeriale 08 gennaio 1997, n. 99 "Regolamento sui criteri e sul metodo in base ai quali valutare le perdite degli acquedotti e delle fognature"
- Decreto Ministeriale n. 2445 23 febbraio 1971 - "Norme tecniche per gli attraversamenti e per i parallelismi di condotte e canali convoglianti liquidi e gas con ferrovie e altre linee di trasporto";

- Decreto Ministero Dei Lavori Pubblici 12 Dicembre 1985 - "Norme Tecniche Relative Alle Tubazioni";
- Circolare Ministero dei Lavori Pubblici n. 27291 - "Istruzioni relative alla normativa per le tubazioni";
- Circolare Min. LL.PP. 05/05/66, n. 2136 - "Istruzioni sull'impiego delle tubazioni in acciaio saldate nella costruzione degli acquedotti";
- Circolare Ministero LL.PP. -. Servizio Tecnico Centrale -7 gennaio 1974, n. 11633. "Istruzioni per la progettazione delle fognature e degli impianti di trattamento delle acque di rifiuto";
- Decreto 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."

### **1.3 Leggi e circolari impianti**

- D.lgs. n° 264 del 5/10/2006 di attuazione della Direttiva europea 2004/54/CE (non cogente, ma ivi riportato quale utile riferimento).
- D.P.R. n.151 del 1° agosto 2011. Regolamento recante semplificazioni della disciplina dei procedimenti relativi alla prevenzione incendi, a norma dell'articolo 49, comma 4-quater, del decreto-legge 31 maggio 2010, n.78, convertito, con modificazioni, dalla legge 30 luglio 2010, n.122.
- D.M. 20 dicembre 2012 Regola tecnica per la progettazione degli impianti antincendio di protezione attiva nelle attività soggette.
- Circolare ANAS n. 179431/09 “Linee guida per la progettazione della sicurezza nelle gallerie stradali” – Seconda edizione 2009 (nel seguito indicata brevemente con Linee Guida Anas 2009).

### **1.4 Normative ambientali**

- D.lgs. n° 152/06 e s. m. i. - Norme in materia ambientale.
- D. Lgs. n. 42 del 22 gennaio 2004; Codice dei beni culturali e del paesaggio, ai sensi dell'articolo 10 della legge 6 luglio 2002, n. 137.
- DPCM del 12 dicembre 2005. Individuazione della documentazione necessaria alla verifica della compatibilità paesaggistica degli interventi proposti, ai sensi dell'articolo 146, comma 3, del Codice dei beni culturali e del paesaggio di cui al decreto legislativo 22 gennaio 2004, n. 42.
- DM 161/12; Regolamento recante la disciplina dell'utilizzazione delle terre e rocce da scavo.
- D. Lgs. 121 del 03 settembre 2020. Attuazione della direttiva (UE) 2018/850, che modifica la direttiva 1999/31/CE relativa alle discariche di rifiuti.
- L. 447 del 26 ottobre 1995. Legge quadro sull'inquinamento acustico.

## **2 Organizzazione del lavoro di indagine, di studio e di progettazione degli interventi**

Si ritiene necessario, per una corretta pianificazione e progettazione delle opere, analizzare nel dettaglio lo stato attuale dei luoghi studiando le caratteristiche del sito oggetto di intervento.

Si è provveduto alla raccolta di informazioni sullo stato dei luoghi mediante una serie di incontri e sopralluoghi con i tecnici di Acqua Novara VCO e del comune di Romagnano Sesia. In base a tali informazioni, a partire dalla cartografia disponibile, sulla base dei parametri ottimali di predimensionamento e della buona pratica progettuale, sono stati fissati i requisiti funzionali dell'opera in progetto.

In base ai criteri di dimensionamento standard, confrontati con alcune misure effettuate dal gestore Acqua Novara VCO, si è determinata con buona precisione le caratteristiche funzionali delle opere necessarie: le caratteristiche del sistema di pompaggio, il dimensionamento dei sistemi di collegamento.

In base ai colloqui con tecnici Acqua Novara VCO, ad oggi sono disponibili i seguenti dati:

- Planimetria della rete acquedottistica di Romagnano Sesia e frazioni, incompleta nella parte di definizione della tipologia di condotte (diametro e materiali), con ubicazione dei 3 pozzi esistenti e funzionanti, con ubicazione dell'unico serbatoio di compenso esistente (500 mc di volume utile), dell'unico riduttore di pressione esistente;
- Dati dei consumi dei tre pozzi funzionanti ed alcune letture dei rispettivi contatori in alcuni periodi dell'anno;
- Quota media della rete di distribuzione di Romagnano: 270 m.s.l.m (min 254 e max. 305 m.s.l.m. circa);
- Quota della frazione Piano Rosa: 330 m.s.l.m.;
- Quota della frazione Mauletta: 305 m.s.l.m.;
- Quota del Serbatoio di compenso attuale: 335 m.s.l.m.;
- Il consumo relativo al 2007 delle utenze industriali, pari a circa 27.000 mc;
- La dotazione complessiva pro-capite (compresi gli usi industriali), pari a circa 550 l/ab g;
- studio per la realizzazione di un collegamento con l'acquedotto di Prato Sesia; sono previsti in arrivo al serbatoio di Romagnano dai 10 ai 20 l/s;
- Studio Idrogeologico degli acquiferi sotterranei, che riporta per i tre pozzi di Romagnano una portata presunta di circa 20, 10 e 2.5 l/s, e la possibilità di sostituire il pozzo più superficiale (Boschetto) con altri pozzi fino a profondità di almeno 150-180 m. Nel citato studio si esprime anche la possibilità di creare un nuovo campo pozzi nella zona tra il confine di Romagnano e Ghemme, a valle della rete autostradale, raggiungendo profondità di circa 80-90 m, con portate massime di 8-10 l/s a pozzo;
- Non sono state segnalate particolari criticità alla rete, tranne localizzate carenze dovute a mancanza di acqua nelle frazioni più lontane, nei periodi di punta o in corrispondenza dei black-out della rete elettrica (le pompe che servono le frazioni alte di Romagnano non sono dotate di gruppo elettrogeno).
- Piano regolatore di Romagnano Sesia

## **2.1 Acquisizione delle informazioni**

Si è provveduto alla raccolta di informazioni sullo stato dei luoghi tramite sopralluogo diretto sul sito di intervento e tramite confronto con i tecnici di Acqua Novara VCO.

## **2.2 Acquisizione dei dati**

Si è provveduto alla raccolta dati effettuando una scrupolosa selezione di tutti i dati disponibili sulla rete acquedottistica in oggetto.

In particolare si è provveduto, con il supporto del gestore, ad individuare la soluzione impiantistica da perseguire, in funzione dello schema acquedottistico.

## **2.3 Esecuzione dei sopralluoghi**

Sono stati effettuati alcuni sopralluoghi sui luoghi di intervento. In tali occasioni si è provveduto all'acquisizione delle immagini e delle prime misure, arrivando ad un inquadramento definitivo dell'intervento.

## **2.4 Rilievi topografici**

Acqua Novara VCO ha provveduto ad effettuare un dettagliato rilievo topografico delle aree oggetto di intervento. Oltre allo stato dei luoghi sono stati rilevati i sotto servizi interferenti con i collegamenti acquedottistici in progetto.

L'intervento in progetto deve attuarsi mantenendo in perfetto funzionamento l'impianto acquedottistico. È per questo necessario disporre di un dettagliato rilievo sia del territorio che delle infrastrutture da sostituire per programmare correttamente gli interventi in progetto.

## **2.5 Elaborazioni preliminari**

Per un corretto dimensionamento delle opere occorre determinare il numero di abitanti equivalenti serviti dall'impianto. In particolare occorre conoscere oltre al numero di abitanti attualmente serviti, dato definibile tramite consultazione del censimento anagrafico. Nel caso di Romagnano si dispongono di tre censimenti. Il primo risale all'anno 2001 e segna 4216 abitanti residenti, il secondo risale al 2011 e segna 4049 abitanti residenti ed il terzo risale al 2021 e segna 3677 abitanti residenti. È necessario definire anche il potenziale insediativo a medio termine.

Per tale motivo si è effettuato il dimensionamento delle opere tenendo conto della densità abitativa prevista dal Piano Regolatore Generale di Romagnano Sesia, operante nel centro abitato, per varie zone. Infatti il PRGC, pur non indicando la densità abitativa delle varie zone individuate nel centro abitato, risulta comunque il mezzo principale per capire quali sono le potenzialità di sviluppo di un abitato. Attraverso le indicazioni riportate nel “regolamento di attuazione” del piano è stato possibile reperire le percentuali di espansione previste per le aree che attualmente risultano già edificate (quali ad esempio il centro storico, le aree residenziali, etc.), gli indici di fabbricabilità, espressi in  $m^3/m^2$ , per le zone d'espansione previste dal piano (quali le aree di completamento ad uso residenziale, produttivo, etc.) e le cubature massime previste per i S.U.E.

Dai parametri reperiti è stato quindi possibile risalire alle cubature massime d'espansione previste per le varie zone del PRGC, e da queste alla densità abitativa prevista secondo i seguenti criteri:

- Per le aree già edificate sono state fatte delle valutazioni in funzione delle percentuali d'espansione ammesse dal piano, dell'incremento della popolazione per centri abitati simili e delle valutazioni di tipo urbanistico reperibili da letteratura.
- Per le zone d'espansione ad uso commerciale, produttivo e direzionali si è applicata la relazione indicata in tabella 1.2 del testo “Acquedotti” (V. Milano; HOEPLI, Milano 2000)

$$N^{\circ} \text{ abitanti} = \frac{0,05 \cdot \text{Area [m}^2\text{]}}{4}$$

- Per le Aree d’espansione ad uso residenziale, infine, è stato utilizzato l’indice urbanistico consigliato da letteratura, che indica un volume pro capite medio pari a 90 m<sup>3</sup>/ab.

Le valutazioni riportate hanno permesso quindi di stimare il numero di abitanti residenti previsti in funzione delle aree e degli strumenti messi a disposizione dal PRGC vigente. I risultati di queste elaborazioni sono riassunti nella tabella seguente:

TABELLA RIASSUNTIVA DEGLI ABITANTI RESIDENTI IN PREVISIONE IN FUNZIONE DELLA PROGRAMMAZIONE PREVISTA DAL PRGC VIGENTE			
	Sup Tot m²	Volume edificabile stimato	abitanti stimati
Aree totalmente edificate con limitate possibilità di espansione previste dal PRGC vigente			
Aree edificate ad uso prevalentemente residenziale (art.21)	480955		450
Centro storico (art.33)	77421		
Aree per servizi sociali ed attrezzature pubbliche e di uso pubblico (ART.19) - TIPO A	12398		
Aree con impianti esistenti ad uso prevalentemente produttivo industriale ed artigianale da confermare (art.24)	212189		
Aree per servizi privati di interesse pubblico e collettivo (art.26)	22334		
Aree d'espansione totalmente o parzialmente NON edificate			
Aree con attività commerciali e direzionali (art.31)	66352		70
Aree di completamento ad uso prevalentemente residenziale in regime di concessione semplice (art.22)	72871	46457	500
Aree di nuova edificazione ad uso prevalentemente residenziale sottoposte a S.U.E. (art.23)		45000	500
Aree con impianti produttivi di nuovo insediamento (art.28)	725002		70
n° ToT abitanti stimati in previsione			1590
n° ToT abitanti residenti censiti (fonte ISTAT 2001)			4216
n° ToT abitanti residenti stimati in previsione in funzione delle aree messe a disposizione dal PRGC vigente			5806

### 3 Sintetico inquadramento del sistema acquedottistico esistente

Il campo pozzi di Romagnano è costituito dai seguenti tre pozzi:

- Pozzo Boschetto 1 con portata emunta pari a  $Q = 16.4$  l/s;
- Pozzo Boschetto 3 con portata emunta pari a  $Q = 2.8$  l/s;
- Pozzo lungo sesia con portata emunta pari a  $Q = 10.4$  l/s

La portata globalmente emunta dal campo pozzi è pari a  $Q_{\text{totale}} = 29.6$  l/s, approssimato a:

$$Q_{\text{totale}} = 30 \text{ l/s}$$

Tenuto conto che l'attuale numero di utenti serviti dall'acquedotto è pari a circa 4500 abitanti equivalenti, la dotazione idrica, con portata erogata in rete pari a 29.6 l/s, risulta pari a circa 550 l \* a.e. Si tratta evidentemente di una dotazione pro-capite assolutamente rilevante, soprattutto in relazione alle modeste dimensioni dell'abitato servito. L'elevata dotazione idrica può essere spiegata solamente con rilevanti perdite nella rete di distribuzione.

Il campo pozzi di Romagnano Sesia, allo stato attuale, consente, mediante pompaggio direttamente in rete di distribuzione, l'alimentazione dell'abitato e, conseguentemente, di un serbatoio di compenso mediante una condotta adduttrice esistente.

Il serbatoio esistente è posto in località Villa Caccia a quota 335 m.s.l.m. ed è costituito da due vasche circolari in C.A. per una capacità complessiva di 500 m<sup>3</sup>.

La posizione elevata del serbatoio rispetto alla quota media dell'abitato, che può essere individuata a circa 270 m.s.m., permette di servire, a gravità o per mezzo di pompaggi a bassa prevalenza, tutti i punti dell'abitato stesso, caratterizzato da una morfologia collinare caratterizzata da ampie differenze altimetriche (30-40 m.). Tuttavia l'attuale configurazione strutturale dell'impianto, che prevede l'alimentazione del serbatoio esistente tramite un campo pozzi, ubicato nella zona altimetricamente più bassa del nucleo urbano, comporta, come precedentemente accennato, un notevole dispendio energetico. La globalità della portata necessaria per l'esercizio dell'impianto viene pompata ad una quota altimetrica superiore rispetto alla quota piezometrica mediamente necessaria. Più specificatamente la prevalenza delle pompe dei pozzi è pari a circa 10 atmosfere, ovvero pari alla pressione necessaria per alimentare il serbatoio esistente. Tale circostanza implica la necessità di utilizzare, per la parte altimetricamente più bassa della rete distribuzione (che serve la maggior parte delle utenze), valvole di riduzione di pressione senza le quali si avrebbe, presso l'utenza, una pressione eccessiva. Oltre allo spreco energetico che tale logica funzionale impone, si aumentano considerevolmente le perdite in rete, a causa dell'elevate pressioni d'esercizio. Le forti perdite giustificano la dotazione idrica media molto alta (550 l.ab/g) per un centro abitato di tali dimensioni.

A tali considerazioni bisogna aggiungere il fatto che in ogni caso il serbatoio esistente non è in grado di fornire un adeguato compenso alle fluttuazioni giornaliere della richiesta idrica.

### 4 Interventi a breve termine mirati ad una razionalizzazione del sistema acquedottistico

Al fine di valutare una possibile ottimizzazione del sistema di adduzione - distribuzione, nell'ambito dello *studio di fattibilità*, si sono analizzate le seguenti tre alternative progettuali:

1. Aumento del volume del serbatoio esistente o nuova realizzazione di un serbatoio nei pressi di quello esistente e ad esso collegato, di tipo seminterrato;
2. Realizzazione del nuovo serbatoio di compenso in posizione opposta del serbatoio esistente, rispetto al centro abitato, ad esempio nei pressi della salita da Romagnano per il Piano Rosa, seminterrato, a quota altimetrica di circa 300 m.s.l.m;
3. Realizzazione del nuovo serbatoio nei pressi dei pozzi esistenti, seminterrato, dotato di stazione di pompaggio a numero di giri variabile di rilancio in rete, e comparto per l'eventuale pompaggio futuro verso Ghemme, nel caso si dovesse rendere disponibile un surplus di portata emunta dai pozzi di Romagnano Sesia, rispetto ai fabbisogni dell'abitato.

La prima soluzione proposta presenta minor costi di realizzazione ma maggior costi di gestione, preservando l'attuale assetto funzionale della rete. Non si prevedono, in tale caso, particolari interventi sulla rete di distribuzione

La seconda soluzione mira a suddividere la rete di distribuzione in una zona alta, servita dal serbatoio esistente, a sua volta alimentato dalla adduttrice in corso di ultimazione proveniente da Prato Sesia (porta addotta pari a 20 l/s a regime) ed una zona bassa servita dal nuovo serbatoio in progetto a sua volta alimentato dai pozzi. Tale soluzione mira ad ottimizzare i consumi energetici, a fronte tuttavia di considerevoli interventi sulla rete di distribuzione. Potrebbero inoltre sussistere problemi di compatibilità urbanistica.

La terza soluzione, a fronte di un maggior costo di realizzazione, pur limitando al massimo interventi strutturali sulla rete di distribuzione, consente di minimizzare i consumi energetici e nel contempo razionalizzare lo sfruttamento della risorsa idrica. In tale assetto, il serbatoio esistente, alimentato dalla nuova adduttrice proveniente da Prato Sesia, serve la parte alta della rete, mentre il nuovo serbatoio in progetto, alimentato dai pozzi, tramite un impianto di pompaggio a numeri di giri variabili, serve, ad idonea pressione, la parte bassa della rete (che rappresenta la maggior parte dell'utenza).

In seguito ad un'attenta analisi delle possibili soluzioni progettuali effettuata con la Committenza, sulla base delle risultanze dello studio di fattibilità, si è optato per la terza opzione d'intervento.

Questa terza soluzione può essere attuata tramite tre stralci attuativi.

Il primo stralcio attuativo, oggetto della presente progettazione definitiva, prevede la realizzazione della sola condotta di adduzione che collega il campo pozzi con il serbatoio di Villa Caccia. La condotta è dotata di uno stacco, presidiato da valvola riduttrice di pressione, per alimentare la parte bassa della rete di distribuzione, con finalità di realizzare una prima distrettualizzazione della rete di distribuzione mirata alla riduzione delle perdite.

Il secondo stralcio prevede la realizzazione della stazione di pompaggio con annessa piccola vasca di disconnessione. Più specificatamente la stazione di sollevamento è alimentata da una nuova vasca

di disconnessione di circa 50 m<sup>3</sup>, a sua volta alimentata dalle pompe dei tre pozzi. Il primo gruppo di pompaggio, a numeri di giri fissi, approvvigiona direttamente, tramite la condotta di adduzione oggetto del presente progetto, il serbatoio di Villacaccia. Il secondo gruppo di pompaggio, a numeri di giri variabile, alimenta direttamente la rete di distribuzione bassa. Tale configurazione acquedottistica consente di servire, mediante il serbatoio alto (serbatoio esistente), la parte di nucleo urbano posizionata a quota altimetrica superiore e, mediante il pompaggio in previsione, la maggior parte del centro abitato ubicato a quota altimetrica inferiore, riducendo la prevalenza dell'impianto di pompaggio e conseguentemente i costi energetici di gestione. La riduzione di pressione, mediante distrettualizzazione, consente inoltre di ridurre le perdite in rete di distribuzione.

Questo stralcio non è oggetto della presente progettazione.

Il terzo stralcio prevede la realizzazione del serbatoio.

Il nuovo serbatoio disporrà di un volume di 1200 mc; tale valore è stato determinato in funzione della popolazione residente stimata in previsione (determinata al punto precedente), della dotazione idrica di progetto pari a 400 l•abitante/giorno e della fluttuazione giornaliera dei consumi.

Il serbatoio presenta una pianta quadrata con lati interni della vasca di 14 mt e con altezza media interna di 7,5 mt, comprensiva di 1 mt di franco idraulico rispetto all'intradosso del solaio di copertura. Su un lato del serbatoio vi è la stazione di pompaggio, di cui allo stralcio 2, studiata in modo tale da permettere l'eventuale raddoppio del serbatoio e dei relativi collegamenti, in caso di localizzazione del serbatoio di compenso anche per l'abitato di Ghemme. La condotta di presa si immetterà nella camera pompe, ove sarà allacciata al nuovo sistema di rilancio.

Questo stralcio non è oggetto della presente progettazione.

## **5 Opere in progetto**

L'opera in progetto riguarda la realizzazione della condotta di adduzione che collega il campo pozzi con il serbatoio di Villa Caccia.

L'intervento in oggetto, ovvero la realizzazione della condotta di adduzione acquedottistica di Romagnano Sesia che collega il campo pozzi al serbatoio di Villa Caccia, seppur sviluppato per intero, è stato diviso in due lotti funzionali così definiti:

- Lotto 1: condotta di adduzione posata con tecnica tradizionale attraverso scavo a cielo aperto (importo soli lavori: 863 794,64 Euro)
- Lotto 2: attraversamento linea ferroviaria e roggia Mora con tecnica no-dig della TOC (importo soli lavori: 175 855,57 Euro)

Tale scelta è stata dettata dalla necessità di ovviare a eventuali problematiche o lungaggini che potrebbero incagliare il progetto intero e minacciare il rispetto delle tempistiche del PNRR.

La condotta in progetto, partendo da monte verso valle, inizia a monte dell'attraversamento ferroviario, all'esterno del centro abitato di Romagnano Sesia.

Il progetto prevede l'attraversamento della ferrovia e della roggia Mora mediante la tecnica della perforazione teleguidato, T.O.C., (lotto2) illustrata nel successivo paragrafo 5.1. Si prevede di sotto

passare le due infrastrutture mediante un singolo tiro. Tale lavorazione necessita di sondaggi geognostici da effettuare nella successiva fase di progettazione esecutiva.

Analogamente risulterebbe problematico attraversare la roggia Mora usufruendo del ponte esistente sempre a causa della presenza di altri sotto servizi.

L'intervento (lotto1) prosegue poi in via Incastrore, immediatamente a valle del ponte sulla roggia Mora.

In corrispondenza di P.zza Matteotti la condotta svolta verso nord ovest in via Gramsci e la percorre fino alla rotonda.

Al fondo di via Gramsci, in corrispondenza di p.zza del Mercato, la condotta viene posata lungo via Parco 4 Novembre.

Al fondo di via Parco 4 Novembre, la condotta viene posata lungo via Spiana Fiera.

Corso Giuseppe Garibaldi viene sotto passato attraverso l'arcata posta a sud, libera da sotto servizi.

Al termine di via Spiana Fiera, la condotta viene posta lungo via Ludovico il Moro

Al termine di via Ludovico il Moro la condotta svolta a nord est e la condotta è posata in via fra Dolcino.

Dopo pochi metri la condotta svolta a est ed è posata lungo Corso Roma, che viene percorso fino a viale Antonelli. La condotta è posata su viale Antonelli fino al serbatoio di Villa Caccia.

Nella planimetria sotto riportata è indicato lo schema planimetrico della condotta, con valori indicativi delle lunghezze.



*Figura 1 schema planimetrico dell'intervento*

All'incrocio tra via Gramsci e via Balconi è inserito uno stacco per alimentare la rete di distribuzione bassa.

Sullo stacco è inserita una valvola per la regolazione di pressione.

La condotta in progetto ha diametro nominale DN 250 ed è in ghisa sferoidale. Nella relazione idraulica allegata al progetto è illustrato il criterio di dimensionamento della condotta.

Nell'immagine sottostante è rappresentato l'impianto acquedottistico in progetto.

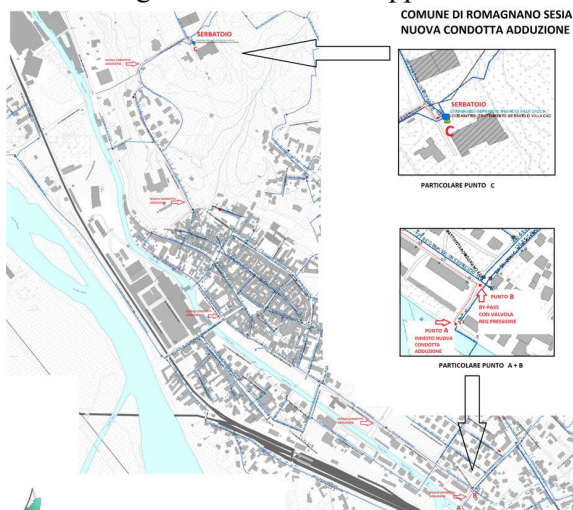


Figura 2 schema acquedottistico in progetto

### 5.1 Intervento di posa tubazione con tecnica No Dig

Si è deciso con il R.U.P. di risolvere l'attraversamento della linea ferroviaria e della roggia Mora con un unico intervento mediante la tecnica della T.O.C. (detta anche **Horizontal Directional Drilling** – H.D.D.). Limitatamente al tratto di condotta posata con tecnica NO DIG è previsto l'utilizzo di tubazioni in polietilene. Nel dettaglio:

- il tubo camicia è in polietilene con diametro nominale interno di 450mm, PN 10,
- la tubazione interna è in polietilene con diametro nominale interno di 250mm, PN 16.

Si tratta di un sistema di perforazione mutuato dall'industria petrolifera per la realizzazione di pozzi deviati rispetto alla verticale. Da una postazione di partenza ove è posizionata l'unità di perforazione (detta Rig, Figura a fianco), si realizza un foro pilota di piccolo diametro lungo un profilo di progetto predeterminato, che prevede il passaggio al di sotto dell'ostacolo da superare, raggiungendo la superficie al lato opposto rispetto al Rig stesso. Il foro viene successivamente allargato fino al diametro richiesto per il contenimento della condotta, preassemblata e precolaudata, all'interno del foro.

I lavori sono agevolati dall'uso di fluidi di perforazione che garantiscono il sostegno del foro, il trasporto a giorno del materiale di scavo, il raffreddamento e la lubrificazione. Il controllo direzionale della perforazione, altimetrico e planimetrico, è verificato in continuo mediante strumentazione elettronica.

Questa tecnologia, utilizzata principalmente nell'attraversamento in subalveo di corsi d'acqua e nel superamento di infrastrutture, quali strade e ferrovie, è caratterizzata dai ridotti tempi di esecuzione e dall'assenza di pozzi di partenza e di arrivo. Gli svantaggi sono costituiti essenzialmente dai rischi connessi al collasso del foro in fase di tiro-posa con conseguente blocco totale (rischi, peraltro,

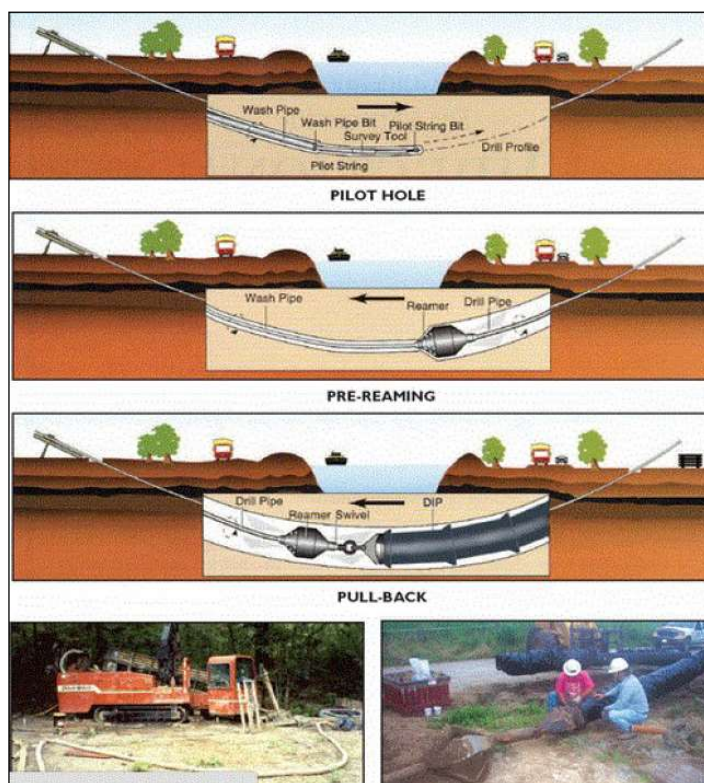


Figura 3 esempio di cantiere di TOC

evitati dall’attento esame del materiale costituente gli orizzonti da attraversare) e dalle difficoltà connesse al superamento di eventuali ostacoli non evidenziate dalle indagini geognostiche (come trovanti, palizzate, discariche, ecc.), che, pertanto, devono essere sufficientemente dettagliate.

I diametri installabili mediante la tecnologia H.D.D. variano da 25,4 mm a circa 1500 mm con lunghezze che possono raggiungere e superare anche i 1000 m. In applicazioni particolari, tali limiti sono stati superati, realizzando veri e propri record, per raggiungere i quali sono state realizzate macchine speciali espressamente costruite per quei particolari progetti.

La tecnica T.O.C. permette di limitare grandemente, fino quasi ad escludere, l’occupazione e lo scasso del terreno nel tratto compreso tra ingresso ed uscita della perforazione, evitando eventuali ostacoli presenti al livello del piano campagna, mediante l’escavazione di una minigalleria in sotterraneo. È possibile inoltre il controllo del percorso e la realizzazione di una traiettoria curvilinea compatibile con il raggio di curvatura delle tubazioni da posare e con il profilo plano-altimetrico del tracciato. Nell’immagine di Fig. 4 si possono distinguere le fasi di lavoro principali della T.O.C.



*Figura 4 Fasi di lavoro della trivellazione teleguidata*

Prima della redazione del progetto esecutivo andranno effettuati due sondaggi geognostici spinti fino a 10 m di profondità, finalizzati alla perfetta caratterizzazione geologica dell’area interessata dai lavori.

#### Procedura operativa di trivellazione

Si tratta di un attraversamento eseguito mediante una tubazione DN400 (diametro nominale interno) con all’interno una tubazione DN250 (diametro nominale interno).

Con riferimento alla precedente Figura, le operazioni di trivellazione prevedono la realizzazione di un foro pilota, seguito da una serie di alesature (l'ultima pari ad almeno il diametro del tubo+30%), quindi le fasi di pulizia del foro e di tiro della tubazione.

All'atto pratico, una volta avuta piena contezza delle situazioni locali relative alla reale natura del sottosuolo, si procederà al calcolo delle forze presunte necessarie all'esecuzione del tiro delle tubazioni, in modo da poter valutare in sede preventiva il dimensionamento delle attrezzature di perforazione necessarie.

La stima dei valori di tiro al rig saranno calcolati in via teorica utilizzando formule di calcolo secondo la normativa API “*Recommended Practice 2° - WSD*” per le parametrizzazioni degli attriti su tubazioni in terreno con traiettorie curve e in presenza di fanghi circolanti in pressione. Queste formule di calcolo derivanti da studi eseguiti nelle perforazioni direzionate Offshore sono le più realistiche ed avanzate teorie di calcolo per la progettazione delle trivellazioni direzionate e per il calcolo degli stress di una tubazione in presenza di flusso di fango.

Questa stessa procedura di calcolo è quella utilizzata all'interno del manuale per la posa di condotte con tecnologia trenchless (HDD, Pipe jacking, Microtunnelling) dal consiglio americano PRCI (Pipeline Research Council International).

Saranno, inoltre, verificati gli sforzi applicati sulla tubazione.

La verifica della stress-analysis sulla condotta in fase di catenaria di varo, in fase di sforzo transitorio (durante il varo), in fase di collaudo (considerando le pressioni massime di collaudo) e in fase di esercizio (considerando le pressioni massime di esercizio), verrà eseguita con procedura di calcolo secondo le specifiche ASME B.31.8/4 riguardanti le tensioni ammissibili (Criterio di Tresca).

Nella verifica finale in considerazione della geometria As-built, verranno considerati anche i parametri di variazione della temperatura ( $\Delta T/P$ ).

Stanti le dimensioni delle tubazioni previste a progetto le alesature dovranno essere pari ad almeno 500 mm per la condotta DN 400 (diametro nominale interno).

#### Foro pilota

Le punte adatte a perforare in una varietà di terreni che va dai terreni coesivi consolidati fino a quelli sciolti risultano essere la *jet head*, o l'*italian claw*. L'esecuzione del foro pilota è sicuramente una parte complicata della perforazione, poiché è la fase in cui si prende contatto con il sottosuolo, confrontandosi con le problematiche reali, talvolta imbattendosi in situazioni puntuali non previste; si perfora attraverso una successione di strati semi-orizzontali di diversa consistenza, si riesce o meno a mantenere il ritorno dei fanghi, in corrispondenza di determinate azioni poste in essere, spesso si rendono necessarie immediate correzioni.

Il sistema di guida della perforazione dovrà assicurare un'elevata precisione, sia in senso verticale che in senso orizzontale; a questo proposito è previsto l'utilizzo del sistema tipo MGS (Magnetic Guidance System), che è costituito da una sonda alloggiata nella punta di perforazione e collegata mediante un cavo elettrico attraverso il quale trasmette i seguenti dati:

- pendenza rilevata con un inclinometro;
- orientamento rispetto all'asse di rotazione, al fine di conoscere, l'orientamento della punta e quindi la direzione verso la quale avverrà, in spinta, la deviazione planimetrica;

- la deviazione della direzione di perforazione in corrispondenza della sonda rispetto al Nord magnetico, al fine di determinare la direzione in senso planimetrico.

Il sistema prevede una serie di misurazioni successive, che permettono di tracciare la traiettoria e decidere le variazioni di direzione desiderate.

Per diminuire le eventuali interferenze magnetiche che potrebbero influire negativamente sulla rilevazione dei dati, sarà predisposto un circuito elettrico in superficie (Paratrack 2), con una parte lungo la proiezione a piano campagna della traiettoria di perforazione, e la chiusura del circuito a lato della stessa.

Alimentando con corrente continua tale circuito, si induce un campo magnetico di intensità nota, superiore a quella dei campi magnetici esistenti. L'impiego di un software dedicato consente l'interpretazione e la elaborazione dei dati raccolti, superando il problema delle interferenze magnetiche.

Il sistema di guida della perforazione prevede la posa di un circuito elettrico in superficie sopra la zona della perforazione stessa. Esso consiste in un cavo elettrico di 6 mm<sup>2</sup> di sezione, posizionato sul piano campagna, teso tra diversi picchetti lungo l'asse di perforazione e con il ritorno per chiudere il circuito ad una distanza dall'asse che deve essere maggiore della profondità di perforazione in quel punto. Quando non vi fosse la possibilità di stendere tale cavo si utilizzeranno sorgenti puntuali di campi magnetici, quali l'*AC beacon*, il cui campo di irraggiamento è però limitato a 70/80 metri.

#### Tolleranze di realizzazione

Le tolleranze di realizzazione prendono in considerazione i seguenti fattori:

- La precisione del sistema di guida utilizzato di tipo MGS, Paratrack2 della Vector Magnetics:
  - precisione strumentale del sistema di rilevamento dentro foro (sonda alloggiata all'interno della testa di perforazione):
    - Inclination: +/- 0.15°;
    - Azimuth: +/- 0.4°;
    - Toolface: +/- 0.5°;
  - precisione e tipologia del sistema di rilievo generato dal segnale di superficie (campo magnetico artificiale generato in superficie):
    - Guidance Unit Input: 85 – 265 VAC 50 – 60 Hz;
    - Guidance Unit Output: 43 VRMS, 6 Amps p-p max;
    - Position Accuracy: +/- 2% della distanza tra la posizione della sonda in testa di perforazione e il cavo superficiale di generazione del campo magnetico artificiale;
- Tipo di terreno che permette o meno di mantenere la traiettoria desiderata;
- alesature e tiro delle tubazioni successive alla realizzazione del foro pilota che possono variare la posizione dell'asse della tubazione posata rispetto alla perforazione pilota.

Questi fattori influiranno sulla posizione finale della tubazione, che potrà essere posizionata con le seguenti tolleranze rispetto al progetto:

- +/- 0.5 m in elevazione;
- 0.5 m a destra e/o a sinistra.

Durante la realizzazione del foro pilota si deve avere costantemente ritorno di fango di perforazione nel foro di entrata come riprova del fatto che il foro si sostiene e che il materiale viene asportato dallo stesso. In mancanza di ritorno di fango si deve fermare l'avanzamento della perforazione fino a quando non si riesce a ripristinare la circolazione del fango con eventuali variazioni di portata o di miscela dei prodotti per la creazione del fango, con la possibilità anche di procedere a ritroso ed effettuare un re-drill.

### Prealesatura del foro

Una volta terminata la realizzazione del foro pilota, viene sostituita la punta di perforazione con un alesatore delle dimensioni e della tipologia opportuna, e si inizia la fase di alesatura mediante rotazione e tiro di detto alesatore, che, in caso di roccia o di terreni comunque consolidati e compatti prende il nome di *rock reamer* o *hole opener*. Altri tipi di alesatori sono detti *fly cutter* o *barrel reamer* e sono adatti a terreni sciolti. Nel caso in esame si ritiene che l'utensile più adeguato sia il tipo *barrel* (Figura sopra), eventualmente per i diametri maggiori in combinazione con un *fly cutter*.



### **Alesatore barrel**

La funzione dell'alesatore è quella di tagliare il terreno in modo che il fango di perforazione, immesso attraverso ugelli presenti nell'alesatore, possa portare lo smarino fuori dal foro. Dietro l'alesatore vengono avvitate le aste di perforazione, così da avere sempre aste nel foro.

Le aste di perforazione dovranno quindi essere trasportate continuamente dal cantiere lato macchina, dove vengono estratte dal foro, al cantiere lato tubazione dove vengono inserite in coda.

La scelta del tipo di alesatore potrà essere cambiata durante le lavorazioni in funzione della risposta del terreno agli attrezzi utilizzati. I fanghi di perforazione hanno la funzione di portare fuori il materiale di smarino. In fase di foro pilota i fanghi di perforazione riemergono a piano campagna a lato ingresso. Dopo l'uscita del foro stesso con l'inizio delle alesature, i fanghi vengono a giorno in exit. Occorre, pertanto, riportare i fanghi dall'exit all'entry per le operazioni di dissabbiatura, controllo e reimmissione nel circuito. Abitualmente, ciò si può fare per mezzo di pompe e manichette quando è possibile senza intralciare la viabilità, altrimenti con l'utilizzo di auto spurghi o di cisterne stradali.

### Utilizzo di fanghi bentonitici di perforazione

I fanghi di perforazione sono indispensabili per la posa di tubazioni con la tecnologia della trivellazione teleguidata; essi servono per:

- Trasportare all'esterno del foro il materiale di risulta della perforazione. Per questo, il fango di perforazione deve avere una capacità di trasporto che è funzione del terreno da trasportare, della quantità d'acqua utilizzata per la miscelazione e della velocità del fango all'interno del foro;
- Consolidare le pareti del foro. Per questo, il fango deve poter esercitare azione di inibizione / controllo della filtrazione attraverso le pareti del foro in funzione del tipo di materiale presente e della grandezza del foro da realizzare;
- Raffreddare la sonda di perforazione. Per assolvere a tale funzione deve esserci sempre circolazione di fango di perforazione durante il foro pilota;

- Diminuire l'attrito delle tubazioni lungo le pareti del foro. Per questo motivo, ai fanghi bentonitici vengono addizionati additivi particolari durante la fase di tiro.

I fanghi bentonitici vengono pompati all'interno delle aste di perforazione e spruzzati tramite ugelli, o dalla punta, o dagli alesatori. Fino a quando il foro pilota non è ultimato, è abituale che il fango immesso nel terreno segua il foro e riemerge a lato ingresso. In fase di alesatura, invece, è abitualmente maggioritaria la quota di fango che emerge a lato uscita. La quantità di fango da pompare è proporzionale con la quantità di terreno da asportare e, quindi, vi è una progressione geometrica al crescere dei diametri dell'alesatore. Il problema logistico di riportare i fanghi da lato uscita fino all'impianto di vibrovagliatura viene risolto utilizzando la detta batteria di aste per il rilancio.

I fanghi utilizzati sono costituiti da bentonite sodica di base, a cui vengono addizionate resine polimeriche di tipo organico per il controllo della filtrazione e per l'inertizzazione delle argille.

Durante le lavorazioni i fanghi vengono immessi nel terreno mediante pompaggio ad alta pressione attraverso le aste di perforazione; vicino alla punta si mescolano con il materiale perforato e tornano in superficie seguendo il foro trivellato. Da qui, pervengono alla vasca di raccolta, da dove vengono nuovamente aspirati e trasferiti all'impianto di vibrovagliatura, trattati e reimmessi in circolo dopo la valutazione delle corrette proprietà reologiche. Una volta ultimato il foro, ossia una volta raggiunga l'uscita della perforazione, i fanghi tendono ad uscire in corrispondenza di quest'ultima e, pertanto, occorre trasportarli fino all'impianto di trattamento. Per tutta la durata del suo utilizzo, il fango bentonitico non viene classificato come rifiuto, ma come materia prima. Dopo il tiro della tubazione diventa rifiuto e, pertanto, occorrerà procedere al suo smaltimento secondo i criteri di legge. A questo proposito, ci si affiderà ad un trasportatore e ad uno smaltitore autorizzati a trattare i corretti codici CER, in grado di fornire analisi merceologiche del fango ed i formulari di presa in carico del rifiuto e del corretto smaltimento avvenuto, manlevando il produttore dalle responsabilità di legge.

## **6 Materiale della condotta**

Il materiale della condotta di adduzione è stato concordato con il R.U.P. sulla base delle considerazioni espresse nel presente capitolo.

### **6.1 Considerazioni di ordine generale**

La scelta della tipologia delle tubazioni deriva da un'approfondita analisi economica la cui conclusione individua nell'acciaio il materiale economicamente più conveniente.

Si riporta l'analisi economica comparativa delle diverse tipologie di tubazioni.

Confrontando i prezzi della fornitura e posa in opera dei vari tubi si ha:

tubo (diametro)	Acciaio (euro)	Ghisa sferoidale (euro)	Polietilene 100 RC (euro)
DN 125 / De 160	47,06	61,56	41,97 – 43,88
DN 150 / De 200	56,84	66,39	59,42 - 62,22
DN 200 / De 250	74,12	80,13	83,93 - 88,56

**Si desume che il tubo in acciaio è quello economicamente più vantaggioso.**

Per quanto l’analisi effettuata si basi su prezzi generici, si ritiene che le differenze di costo tra le varie tipologie di tubazioni sia confermabili anche utilizzando il prezziario regionale.

Considerato che per il diametro di progetto DN 250, le differenze di costo sono comunque limitate e che soprattutto la scelta non può non entrare nel merito delle caratteristiche prestazionali e dei conseguenti oneri gestionali dei vari tipi di tubazione, si è optato di considerare la convenienza tecnico ed economica di utilizzo di condotte realizzate con diverso materiale.

In alternativa all’acciaio si è valutata la possibilità di utilizzare condotte in polietilene, avente *comportamento flessibile* e condotte in ghisa sferoidale, caratterizzate, come l’acciaio, da un *comportamento semi rigido*.

Prima di analizzare il comportamento statico delle diverse tipologie di tubazioni, si specifica che tutte le tubazioni sono pienamente compatibili con la natura geologica dei terreni attraversati.

Più specificatamente si è voluto accertare che non vi fossero condizioni che precludessero l’utilizzo della ghisa sferoidale. La ghisa sferoidale, il cui impiego è notoriamente sconsigliato in terreni con bassa resistività, presenta infatti la sola possibilità di una protezione alla corrosione mediante sistema passivo, ovvero rivestimento esterno della tubazione. Nel caso delle tubazioni in ghisa, un sistema di protezione attiva, ovvero la protezione catodica della condotta, risulta incompatibile con le continue sconnessioni elettriche dovute alle guarnizioni di tenuta, con effetto dielettrico, che si hanno lungo le tubazioni, in corrispondenza di ciascuna giunzioni a bicchiere.

In un contesto di terreno particolarmente aggressivo, qualora si volesse erroneamente perseverare nell’utilizzo della ghisa, si sarebbe obbligati a ricorrere a rivestimenti speciali, tipo rivestimento in polietilene coestruso, che, oltre ad avere un costo esorbitante, assolutamente incompatibile con i prezzi previsti nel DPP, risulta molto delicato e facilmente deteriorabile in fase movimentazione in cantiere e successiva posa.

Viceversa nel caso dell’acciaio, la possibilità di abbinare un sistema di protezione passiva della condotta ad un ulteriore sistema di protezione attiva, basato su impianto di protezione catodica, da mettere in atto già in fase di cantierizzazione delle tubazioni, da assoluta garanzia di affidabilità e durabilità delle opere.

Nel caso in esame, tuttavia, il problema corrosivo non si pone.

Sulla base dei dati disponibili, da integrare nelle successiva fase progettuale, con prove di resistività, si ritiene quindi che l’utilizzo della ghisa sferoidale sia assolutamente compatibile con la natura geologica dei terreni attraversati.

Un'ulteriore valutazione tecnica deve essere condotta in merito alla stabilità delle tubazioni relativamente all'ambiente di posa.

*Le tubazioni come la ghisa che, a differenza dell'acciaio e del polietilene, presentano un collegamento a biccchiere, senza saldatura, necessitano, a fronte di una maggior facilità e velocità di posa, in corrispondenza di ogni curva, di un blocco di ancoraggio che contrasti le forze di sbicchieramento.* Qualora poi la condotta sia posata su versanti con rilevante pendenza superiore al 15 – 20 %, o in terreni instabili, caratterizzati anche solo da limitati cedimenti locali, il semplice giunto a biccchiere non è sufficiente a garantire un affidabile sistema di collegamento. Si rende, in questi casi, indispensabile ricorrere al così detto giunto anti sfilamento. Si precisa che, nel caso della ghisa, il giunto anti sfilamento prevede una modifica del solo biccchiere. Il giunto anti sfilamento è consigliato anche nei tratti rettilinei, in presenza di altri sotto servizi. In questo caso, il giunto anti sfilamento elimina il rischio, che nell'ambito di eventuali lavori sulle condotte parallele, operazioni di scavo possano creare lo sbicchieramento involontario della tubazione. È evidente che il ricorso al giunto anti sfilamento presuppone un notevole incremento dei costi di fornitura e posa in opera delle tubazioni. Le indagini integrative, condotte sul territorio in oggetto, hanno evidenziato un moderato rischio di cedimenti locali; sebbene tale problematica interessi solo una parte limitata dello sviluppo piano altimetrico delle condotte, nell'ambito della presente analisi si è ritenuto importante non trascurare del tutto questo fattore.

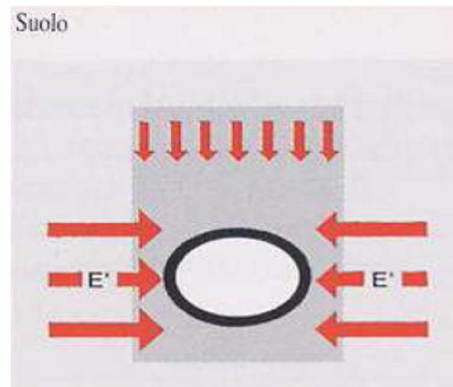
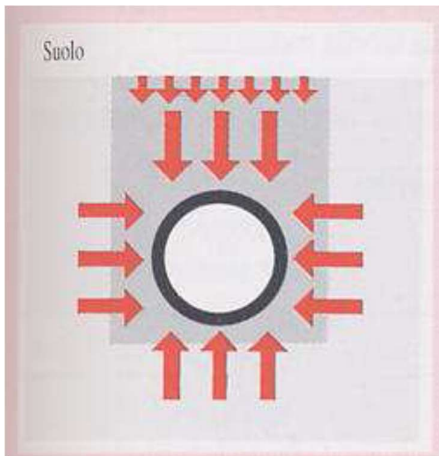
In conclusione, nel caso dell'impiego di tubazioni con giunzione a biccchiere, in un contesto geomorfologico di questo tipo, si ritiene consigliabile il ricorso al giunto anti sfilamento. Il mancato utilizzo di tale sistema di giunzione espone la condotta al costante rischio di rottura per effetto dello sbicchieramento dei giunti delle tubazioni.

Si riportano nel proseguo, considerazioni di carattere generale sulle diverse tipologie di condotte.

#### 6.1.1 Resistenza ai carichi

**TUBI FLESSIBILI (PEAD):** i tubi flessibili subiscono, prima di rompersi, una grande deformazione. Il carico verticale dei terreni è quindi bilanciato solamente dalle reazioni d'appoggio laterale del tubo sul rinterro circostante.

**Criterio di dimensionamento:** Ovalizzazione massima ammissibile, sforzo di flessione ammissibile e stabilità dell'equilibrio elastico.



**Conseguenze:** La stabilità del sistema

suolo tubo flessibile dipende direttamente dalla capacità del rinterro a generare una reazione passiva d'appoggio, cioè dal suo modulo di reazione ( $E'$ ) e di conseguenza dalla qualità del rinterro stesso e dal grado della sua compattazione/costipamento (Importanza qualità della posa).

**TUBI SEMI-RIGIDI (Acciaio e Ghisa sferoidale) :** i tubi semi-rigidi si ovalizzano sufficientemente perché una parte

del carico verticale dei terreni mobiliti l'appoggio laterale sul rinterro. Gli sforzi messi in gioco, così, sono le reazioni passive di appoggio da parte del rinterro e gli sforzi di flessione interna nella parete del tubo. La resistenza al carico verticale è quindi ripartita fra la resistenza propria del tubo e quella del rinterro circostante, in quanto il contributo di ognuno di questi è funzione del rapporto delle rigidità fra il tubo e il suolo.

Criterio di dimensionamento: sforzo massimo di flessione ammissibile (caso di piccoli diametri) oppure ovalizzazione massima ammissibile (caso di grandi diametri).

Conseguenze: ripartendo gli sforzi fra tubo e rinterro, il sistema suolo-tubo semi rigido offre una sicurezza in caso di cambiamento nel tempo delle sollecitazioni meccaniche o delle condizioni di appoggio.

Per i diametri considerati dal presente confronto tecnico, risulta indispensabile considerare un SN 10 KN/m<sup>2</sup> (PEAD). Ricordiamo che gli stessi produttori e la buona norma consigliano una preparazione del fondo assolutamente continua e un riempimento dello scavo con una corretta compattazione a strati successivi non superiori a 30 cm fino ad un metro dall'estradosso della tubazione.

La compattazione ideale per questi materiali (flessibili in genere) è di 90-92% Proctor. In sede di posa particolare attenzione dovrà essere fatta alle dilatazioni dovute alle escursioni termiche (allungamento circa 50% dei plastici a parete piena). Nel caso di posa con manicotti potrebbero verificarsi sfilamenti, occorre quindi bloccare con un riempimento parziale il tubo ogni 30/40 metri e previo controllo degli eventuali movimenti, completare il riempimento dello scavo nelle ore più fresche della giornata.

Particolare attenzione bisogna prestare alla posa di condotte in PEAD in presenza di falda: queste tubazioni, infatti, favoriscono il galleggiamento e rendono necessari idonei ancoraggi oltre che a pose particolarmente curate e costose. Non si ritiene tuttavia che tale caratteristica abbia particolari effetti nel caso specifico, non interagendo le tubazioni con la falda freatica.

In conclusione, le tubazioni con comportamento semi rigido, nel caso in oggetto, risultano più performanti.

### **6.1.2 Capacità idraulica**

Per le condotte in generale un termine di “discussione” è sempre il valore della scabrezza assoluta “k” in mm (o dei coefficienti applicabili nelle altre formule idrauliche) utilizzabile nella formula di Colebrook. Nei vari testi troviamo valori molto diversi per i vari materiali che molto spesso non tengono conto del naturale invecchiamento e deterioramento delle tubazioni in esercizio.

A prescindere dalla suddetta considerazione, notoriamente, le condotte in polietilene presentano una minor scabrezza rispetto alle condotte in ghisa sferoidale e alle condotte in acciaio, e risultano, per questo, più performanti da un punto di vista idraulico.

Le condotte in ghisa presentano un rivestimento interno in malta cementizia, che pur avendo un coefficiente di scabrezza superiore al polietilene, garantisce un'ottima protezione della superficie interna della condotta. Le tubazioni in acciaio, presentano, normalmente un rivestimento interno in resina epossidica, che probabilmente, rispetto agli altri materiali, è maggiormente soggetta a processi di deterioramento per usura (è comunque possibile prevedere un rivestimento interno più performante, che, tuttavia incide significativamente sui costi).

La capacità idraulica, nel caso specifico, disponendo di notevoli dislivelli geodetici, nettamente superiori al carico idraulico necessario per superare le perdite di carico, continue e localizzate, costituisce una caratteristica marginale, che si ritiene non determinante nella scelta della tipologia di condotta.

#### **6.1.3 Resistenza agli eventi sismici e/o cedimenti terreni di posa**

Nel complesso la tubazione viene a comportarsi ed a disporsi in forma di una catenaria capace di seguire, grazie alla sua deformabilità, i movimenti del terreno senza che i suoi elementi siano soggetti ad alcuno stato apprezzabile di deformazione e di sollecitazione a patto naturalmente che i parametri delle sollecitazioni siano compresi negli elevati limiti delle caratteristiche meccaniche del materiale.

Il PEAD proprio in virtù della sua forte ovalizzazione, presenta rischi di deformabilità molto alti subendo le sollecitazioni ed i conseguenti stati di deformazione indotti dai movimenti del terreno, con inevitabili ed istantanee rotture della tubazione.

Le giunzioni di tipo “a manicotto” presentano grandi difficoltà a mantenere la perfetta tenuta in caso di assestamenti, cedimenti del terreno di posa a causa delle bassissime deviazioni angolari ammesse.

La caratteristica di “catenaria” continua della tubazione in acciaio permette di evitare il ricorso ai blocchi d’ancoraggio od ai sistemi anti-sfilamento necessari in corrispondenza delle deviazioni angolari significative e dei sezionamenti e pezzi speciali in generale.

La ghisa sferoidale con giunto anti sfilamento, grazie alla intrinseca mobilità del giunto, è il materiale più performante in relazione ad eventuali sforzi provocati dal sisma

#### **6.1.4 Resistenza all'aggressione chimica degli effluenti**

Per quanto concerne i tubi in PEAD, non si pongono le problematiche di corrosione, proprie dei materiali metallici, tuttavia esistono fenomeni documentati, che attestano un rilevante decadimento delle caratteristiche meccaniche del materiale nel tempo, preso in conto anche dalle norme vigenti, tale da far incrementare nel tempo le problematiche di deformabilità e di elevata ovalizzazione.

La durabilità per la tubazione in acciaio è garantita mediante il progetto di un adeguato spessore delle pareti e dello spessore del ricoprimento epossidico (interno) e polietilenico (esterno); oltre che all’abbinamento di un adeguato sistema di protezione passiva, con un ulteriore sistema di protezione attiva, basato su impianto di protezione catodica, da mettere in atto già in fase di cantierizzazione delle tubazioni.

La ghisa sferoidale presenta un sistema di protezione passiva che, nel gaso in oggetto, garantisce totalmente la protezione della condotta da fenomeni corrosivi. Il sistema di protezione passiva della ghisa che va dal classico rivestimento standard da 200 g/mq al più sicuro rivestimento da 400 g/mq.

#### **6.1.5 Pezzi speciali**

Per quanto riguarda il PEAD, esiste una gamma molto ampia di raccordi, la cui estensione varia da fabbricante a fabbricante, e la cui realizzazione più o meno artigianale può dar adito a caratteristiche qualitative e di affidabilità non omogenee.

L’utilizzo di una condotta in acciaio esclude il ricorso a pezzi speciali, con conseguente aumento della facilità e del risparmio economico della messa in opera. In tutti i casi in cui si manifesterebbe

la necessità di ricorrere ad un pezzo speciale, caso tipico per le deviazioni angolari significanti, riduzioni di diametro, confluenze etc. nel caso dell'acciaio è possibile produrre l'elemento necessario direttamente in officina, in funzione delle caratteristiche peculiari dello specifico punto d'installazione.

Dal punto di vista dei pezzi speciali, sicuramente la ghisa sferoidale è il materiale più complicato. Le condotte in ghisa sferoidale sono dotate di pochi pezzi speciali (solo 4 variazioni di curva) e molto costosi. L'impiego della ghisa necessita di una progettazione costruttiva di dettaglio, mirata alla riduzione dell'impiego di curve e pezzi speciali

#### **6.1.6 Semplicità ed economicità di posa**

La condotta che offre maggior semplicità e velocità di posa è la condotta in ghisa sferoidale, in quanto non richiede particolari lavorazioni sul sottofondo e soprattutto, presentando un giunto a bicchiere ad innesto rapido, non richiede i tempi lunghi di saldatura.

Le condotte in acciaio ed in polietilene richiedono tempi più lunghi per la connessione delle verghe. Nei tubi in acciaio un vantaggio è costituito dalla deviazione angolare offerta dai giunti a “bicchiere sferico”, che varia dai 5 gradi dei diametri più piccoli, fino ad 2.5 gradi per i diametri più elevati. Tali deviazioni angolari, da eseguire dopo l'esecuzione del giunto stesso, permettono così di evitare l'uso di raccordi in caso di curve ad ampio raggio, adattandosi al meglio ai diversi tracciati.

Le condotte in PEAD presentano la possibilità di effettuare il collegamento delle tubazioni mediante saldatura testa a testa oppure mediante manicotto elettrosaldato. Quest'ultima soluzione a fronte di una maggior rapidità d'esecuzione, oltre ad essere più costosa è meno affidabile.

Per quanto riguarda il sistema in PEAD invece in merito a questo specifico punto, si evidenzia quanto la valutazione come “sistema per eccellenza” di giunzione nel procedimento di saldatura testa-testa delle tubazioni in polietilene, sia in realtà un sistema decisamente complesso in fase di realizzazione e che la “monoliticità” come requisito di garanzia di durata nel tempo sia invece un elemento particolarmente critico proprio perché come è noto nel tempo avvengono nel terreno dei cedimenti differenziali che vanno a scaricarsi sulla condotta ed in particolare sulle saldature. Più in generale questo è un aspetto critico per le tubazioni in plastica a comportamento flessibile. Lo stato tensionale dell'intera condotta è infatti notevolmente modificato, rispetto alla posa, durante la vita della tubazione. Queste variazioni dello stato tensionale comportano inoltre un aumento della pressione equivalente precedentemente descritta nella valutazione del PN. Sono argomentazioni note che hanno portato negli anni notevoli danni alle tubazioni che proprio nei primi anni di vita hanno presentato rotture.

#### **6.1.7 Protezione dalla corrosione.**

Ovviamente, da questo punto di vista, il materiale meno problematico è il polietilene in quanto, essendo plastico, non è soggetto a fenomeni corrosivi che invece interessano le condotte metalliche. La ghisa sferoidale presenta un sistema di protezione passiva adeguato, in grado di preservarla da processi corrosivi.

Le tubazioni metalliche risultano le più problematiche in quanto necessitano di un sistema di protezione attivo, consistente generalmente nella protezione catodica a corrente impressa. Tale

sistema di protezione, per quanto assolutamente affidabile, necessita, rispetto agli altri materiali un maggior attenzione di manutenzione e controllo.

#### **6.1.8 Elementi di costo**

A livello di costo, la tubazione più economica, a livello di acquisto, è sicuramente la condotta in polietilene. Occorre tuttavia evidenziare che gli elevati costi di posa, dovuti alla formazione di un adeguato sottofondo e rinfilanco oltre che ai tempi di saldatura, spesso porta il costo di fornitura e posa a valori prossimi a quelli della ghisa sferoidale, soprattutto sui piccoli diametri come quelli in oggetto. In linea generale, comunque, la ghisa sferoidale è il materiale globalmente più costoso. L'acciaio costituisce una soluzione intermedia.

Mentre sui grandi diametri il costo diviene una importante discriminante, per piccoli diametri, generalmente, le differenze di costo tendono a livellarsi.

#### **6.1.9 Conclusioni**

Alla luce delle considerazioni esposte, pur non ravvedendo particolari vantaggi tecnico ed economici sull'utilizzo di un particolare tipo di tubazione, si ritiene che la tubazione più adatta sia la ghisa sferoidale.

In sintesi si ricordano i pregi delle tubazioni in ghisa sferoidale:

- Rigidità diametrale maggiore;
- Comportamento semi-rigido, assenza di deformazione sezione idraulica;
- Cadenze di posa elevate;
- Giunzione sicura con possibilità di deviazioni angolari;
- Letto di posa minimizzato;
- Possibilità di raggiungere altezze di ricoprimento imponenti;
- Risparmio sul rinterro, per assenza di una calottatura completa in sabbia necessaria invece con il PEAD;
- Miglior comportamento statico a fronte soprattutto dei transitori idraulici;
- Maggiore durabilità, se associate a sistemi di protezione opportuni;
- Assenza di blocchi d'ancoraggio in caso di utilizzo di tratti anti-sfilamento.
- Buon comportamento sismico
- Basso impatto ambientale in termini di produzione e smaltimento dei tubi

La sintesi delle considerazioni tecniche esposte nei punti precedenti evidenzia un carattere di affidabilità delle condotte in ghisa sferoidale leggermente più elevato rispetto ai sistemi di condotte in PEAD o acciaio, in primo luogo per la maggiore semplicità di posa in opera, in secondo luogo per la capacità di resistere alle condizioni di esercizio più gravose garantendo sempre la tenuta idraulica e la durata nel tempo.

Risulta pertanto evidente che il sistema in ghisa presenta intrinsecamente un livello elevato di qualità, che difficilmente può essere vanificato da una posa scadente o da mutamenti delle condizioni di posa al contorno, mentre per il sistema di tubazioni in PEAD ed acciaio la qualità e l'affidabilità finale dell'opera è fortemente subordinata alla cura con cui tutte le fasi dell'opera vengono realizzate e che anche qualora siano correttamente sviluppate dall'Impresa realizzatrice,

possono nel tempo subire mutamenti o variazioni delle condizioni al contorno per tutti i motivi sopra espressi.

Per le sopra esposte ragioni si è optato per l'utilizzo di una condotta in ghisa sferoidale

Il tratto di condotta da realizzarsi mediante T.O.C. è invece in polietilene.

## 6.2 Ghisa sferoidale

### 6.2.1 Durabilità

Per quanto riguarda la Ghisa Sferoidale, viene spesso criticato il fatto che “*si utilizzano guarnizioni in gomma la cui durata non è la medesima di quella delle condotte in ghisa*” e che “*la vita utile delle condotte dotate di giunto a bicchiere con guarnizione deve essere valutata su tale componente di minore durabilità (guarnizione di gomma)*”.

In realtà il sistema di condotte in Ghisa Sferoidale è concepito e progettato per una durata di vita attesa superiore ai 100 anni in ogni suo componente e quindi: tubazioni, raccordi, e guarnizioni.

In particolare, gli elastomeri utilizzati nei sistemi di giunzione sono scelti per garantire la tenuta dei giunti per tutto il tempo che la condotta resta in servizio.

L'esperienza acquisita in più di 70 anni di impiego di questo sistema di giunzione ha consentito di comprendere e valutare l'evoluzione nel tempo delle proprietà dei diversi tipi di elastomeri, al fine di selezionare quelli che risultano più efficaci.

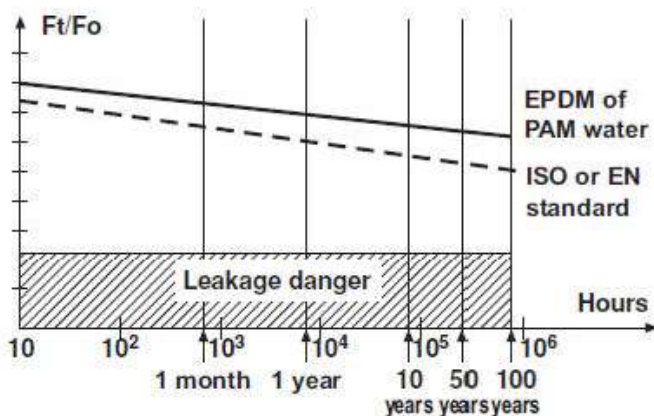
L'evoluzione nel tempo delle caratteristiche meccaniche degli elastomeri può essere caratterizzata da due fenomeni:

- la deformazione permanente (aumento della deformazione sotto un carico costante)
- il rilassamento (rilascio della pressione di contatto a deformazione costante)

La tenuta idraulica è garantita dalla pressione di contatto tra la guarnizione del giunto e le pareti metalliche dell'estremità liscia e del bicchiere. La deformazione dell'elastomero, che avviene all'atto dell'imbicchieramento, rimane costante. Pertanto, in questo caso è rilevante solo il fenomeno del rilassamento.

Il rilassamento degli elastomeri è determinato da un metodo consistente nel misurare l'evoluzione nel tempo della forza necessaria per mantenere un campione compresso a deformazione costante.

Nello schema sottostante viene riportato il rilassamento a temperatura ambiente dell'elastomero utilizzato nei giunti di tipo STANDARD delle condotte in Ghisa Sferoidale:



#### Relaxations at ambient temperature

$\frac{F_t}{F_0}$  : relaxation rate at instant t for a 25 % relaxation rate

$F_t$  : elastomer reaction force at instant t

$F_0$  : initial elastomer reaction force

Ne risulta che:

- l’elastomero utilizzato per le condotte in Ghisa Sferoidale deve invecchiare in conformità alle prescrizioni delle norme EN 681-1 e ISO 4633
- nel corso del tempo, la pressione di contatto resta ampiamente superiore alla soglia al di sotto della quale vi è rischio di mancata tenuta idraulica e quindi di perdita.

Quella sopra riportata è la curva di invecchiamento dell’elastomero impiegato per condotte in Ghisa Sferoidale derivante da prove di laboratorio appoggiate da esperimenti empirici monitorati nel tempo e si evince come, qualora gli elastomeri impiegati siano conformi alle norme EN 681-1 e ISO 4633, la durata preconizzata delle guarnizioni sia superiore ai 100 anni, quindi in linea con la durata per la quale le tubazioni ed i raccordi sono progettati.

Tali studi sono stati e continuano ad essere confermati da dati empirici legati all’impiego dei giunti con guarnizioni in elastomero sulle condotte in Ghisa Sferoidale: infatti tale utilizzo risale a circa 70 anni fa per le guarnizioni in elastomero EPDM per l’acquedotto e circa 60 anni fa per le guarnizioni in elastomero NBR per la fognatura ed in tutti questi anni non si è mai riscontrato nemmeno un problema di tenuta idraulica, che altrimenti sarebbe stato messo in gran risalto per demolire un sistema di convogliamento di acqua potabile e di fognatura che invece ha sempre riscosso e continua a riscuotere un larghissimo consenso testimoniato anche da dati di letteratura scientifica.

La norma europea EN545 di riferimento per tubazioni e raccordi in Ghisa Sferoidale per acquedotto, in qualità di norma costruttiva e prestazionale, prescrive ben tre prove di prestazione con le relative metodologie di prova relative al rivestimento interno in malta cementizia, che ne caratterizzano in modo oggettivo e generalizzabile la resistenza alle sollecitazioni chimiche e meccaniche cui solitamente è sottoposta:

- - Resistenza chimica agli effluenti,
- - Resistenza all’abrasione
- - Resistenza a compressione

Per tutti e tre i requisiti di prestazione i produttori devono essere in possesso delle attestazioni di prestazione emesse da organismo terzo accreditato. Al riguardo del pericolo di distacco o deterioramento dello strato di rivestimento interno, le ultime due prove sono particolarmente significative: la prima perché consiste in una prova molto severa con 100000 movimenti su uno spezzone riempito con acqua e ghiaia silicea e la seconda perché è correlata con parametri quali densità ed aderenza dai quali discende la resistenza anche in caso di sollecitazioni dinamiche quali urti accidentali.

Sulla durabilità delle tubazioni in Ghisa Sferoidale inoltre va approfondito il discorso sull’efficacia del rivestimento esterno dei prodotti offerti, che prevedono:

- tubazioni con rivestimento esterno ZINALIUM in lega di zinco ed alluminio (85%- 15%) 400 gr/m2 più vernice epossidica di finitura in conformità alla norma EN545
- raccordi con rivestimento epossidico di spessore 250  $\mu$  a norma EN 14901.

### **6.2.2 Inerzia chimica**

La Ghisa Sferoidale ha una resistenza chimica che in termini generali non è inferiore a quella del polietilene.

Se è vero che le tubazioni in PEad sono generalmente inerti, per le tubazioni in ghisa sferoidale occorre fare un distinguo tra aggressioni interne ed esterne.

Per il rivestimento interno in malta cementizia, la norma europea EN545 prescrive una severissima prova di prestazione di resistenza chimica agli effluenti per la quale i produttori devono essere certificati da organismo di parte terza e tale prova mette al riparo da ogni pericolo inerente la maggior parte dei liquidi che generalmente vengono convogliati in una condotta come quella in progetto.

Per le aggressioni esterne, in base al tipo di terreno incontrato esistono diversi tipi di rivestimenti esterni tra cui poter scegliere, anche per ottimizzare i costi. Il rivestimento esterno è idoneo a coprire la maggior parte delle casistiche di terreno che si possono incontrare.

### **6.2.3 Inerzia elettrica**

Il rischio di forature generate da correnti vaganti su condotte in Ghisa Sferoidale può essere tranquillamente evitato o gestito rispettando le metodologie e prescrizioni di posa che i fornitori forniscono.

Anche in questo comunque il rivestimento esterno è idoneo a coprire la maggior parte delle casistiche di terreno che si possono incontrare secondo la norma EN545 in relazione alla resistività specifica del terreno.

A questo proposito, sono state eseguite indagini geoelettriche in situ in alcuni punti del tracciato dove si ravvedeva il maggior rischio di incontrare terreni con basse resistività e dove tali isurazioni erano realizzabili.

Le prove effettuate hanno denotato una resistività assolutamente compatibile con l'impiego della ghisa sferoidale

### **6.2.4 Sicurezza giunzioni**

Sulle caratteristiche di perfetta tenuta idraulica sia dall'interno che dall'esterno delle tubazioni in Ghisa Sferoidale si è già argomentato in precedenza.

Si specifica soltanto in più che, al riguardo dell'impiego eventuale di sistemi antisfilamento, da calcoli oggettivi eseguiti con il metodo di Alabama riconosciuto internazionalmente risulta che per rendere antisfilamento la condotta per il DN e la pressione di esercizio previsti a progetto, sarebbe necessaria l'adozione di guarnizioni antisfilamento da installare al posto di quelle “normali” solo nei bicchieri dei pezzi speciali o al massimo anche su una tubazione prima ed una tubazione dopo i pezzi speciali stessi, con un'incidenza minima sui costi di fornitura e l'eliminazione totale dell'esigenza di ricorrere a blocchi di ancoraggio.

### **6.2.5 Meccanismo di protezione**

La metallizzazione allo zinco è una protezione attiva dovuta all'azione galvanica della pila ferrozinco.

Il rivestimento esterno a base di zinco funziona secondo due meccanismi complementari per proteggere uniformemente la superficie del tubo: il primo meccanismo si traduce in una corrosione regolare dello zinco metallico che crea così su tutta la superficie del tubo uno strato di protezione stabile formato da sali di zinco; nel secondo meccanismo (che in effetti si produce solo in caso di

lesioni dello strato di zinco) un'azione galvanica dell'elemento elettrochimico zinco-ferro origina una cicatrizzazione delle lesioni del rivestimento esterno.

### **Formazione di uno strato stabile di protezione**

A contatto del terreno intorno, lo zinco metallico si trasforma lentamente in uno strato denso, aderente, impermeabile e continuo di sali di zinco insolubili. Questo costituisce uno schermo protettore.

La vernice, la quale permette la protezione galvanica e la cicatrizzazione, favorisce la formazione di uno strato stabile e insolubile di prodotti di conversione dello zinco.

Quando un tubo rivestito di zinco è interrato, lo zinco metallizzato, in contatto con un suolo corrosivo, si trasforma lentamente in un strato di prodotti di corrosione dello zinco quali gli ossidi di zinco, i carbonati di zinco, degli ossi-cloruri di zinco, .... Un certo numero di altri prodotti di minerale ed insolubile: il risultato è uno strato stabile, denso, impermeabile ed aderente che occupa quasi esattamente lo stesso volume dello strato iniziale poroso di zinco metallico e ricopre in modo regolare tutta la superficie del tubo.

Un'altra particolarità importante dello strato iniziale di zinco è la sua porosità che permette la formazione di prodotti di corrosione dello zinco il cui volume è maggiore rispetto a quello dello zinco metallico; questo si produce senza che ci sia rottura dello strato di protezione poiché i sali di zinco recentemente formati riempiono semplicemente i pori esistenti.

Il ruolo dello strato di superficie semi-impermeabile è molto importante poiché esso limita gli scambi con il suolo umido circostante e permette una lenta trasformazione dello zinco in sali di zinco insolubili; queste trasformazioni passano spesso per uno stadio intermedio in cui sono presenti degli idrossidi di zinco solubili che potrebbero essere eliminati dall'acqua se non esistesse lo strato di superficie bituminoso. In effetti la trasformazione dello zinco metallico in uno strato molto coerente di sali di zinco stabili può durare molti anni in funzione delle condizioni del suolo, della temperatura, .....; è questo strato che assicura la protezione reale dei tubi molto tempo dopo che la totalità dello zinco metallico è stato trasformato.

### **Auto – cicatrizzazione delle fessure**

Questo meccanismo si produce cronologicamente per primo.

Gli ioni  $Zn^{++}$  migrano attraverso la vernice tura pori per riempire le fessure e trasformarsi in seguito in prodotti di corrosione dello zinco, stabili e insolubili.

Una delle principali particolarità del rivestimento esterno a base di zinco è la sua capacità di ristabilire la continuità dello strato protettivo nei punti in cui esistono delle lesioni locali; ciò è dovuto all'azione galvanica dello zinco metallico che diviene l'anodo di una pila elettrochimica.

Le lesioni tipiche sui tubi comprendono degli urti e delle raschiature; una cattiva movimentazione dei tubi può provocare degli urti contro altri tubi o contro le pareti dello scavo; i tubi possono subire dei segni di imbracatura od essere trascinati su suoli pietrosi; al momento della colmata delle pietre possono cadere sul tubo, ... Quando un tubo è protetto semplicemente da un sottile strato di vernice sintetica e/o bituminosa, il metallo nudo esposto nel punto della ferita diviene anodico e può essere oggetto di gravi forature di corrosione. Al contrario su di un tubo rivestito di zinco la zona danneggiata diviene catodica in rapporto al resto del tubo e si copre progressivamente di prodotti di corrosione dello zinco. Questo meccanismo di cicatrizzazione è abbastanza rapido poiché la coppia elettrochimica ferro/zinco ha un'attività elevata: piccolo catodo (la lesione), grande anodo di

corrosione (il rivestimento esterno di zinco sul resto del tubo), molte decine di millivolt di differenza di potenziale.

E' molto importante che lo strato di superficie sia di natura semi-impermeabile poiché esso non deve sopprimere la naturale differenza di potenziale tra il ferro e lo zinco, necessaria al funzionamento del meccanismo di cicatrizzazione; c'è bisogno tuttavia di uno spessore minimo per assicurare la formazione di sali di zinco insolubili con una debole velocità di trasformazione.

Il rivestimento esterno in zinco presenta quindi questa particolarità unica di agire dapprima come un rivestimento attivo, capace di ristabilire uno strato di protezione nei punti in cui è stato danneggiato e questo grazie alla sua protezione galvanica, poi di presentarsi come un rivestimento esterno passivo coerente formato in situ.

### **Protezione dei tubi rivestiti in lega di Zinco-Alluminio ZINALIUM**

Il meccanismo di protezione, sempre di tipo attivo, è simile a quello offerto da quello con Zinco metallico, ma i vantaggi in termini di vita utile sono quadruplicati.

Infatti anche con la lega ZINALIUM gli ioni  $Zn^{++}$  migrano attraverso la vernice per colmare eventuali fessure generate nel corso del trasporto e/o delle operazioni di posa, trasformandosi in seguito in prodotti di corrosione dello zinco stabili e insolubili ma, diversamente da quanto avviene con il solo Zinco, la lega ZINALIUM ha una velocità di trasformazione due volte inferiore (due volte più lenta in virtù della presenza dell'Alluminio che rallenta il fenomeno gradualizzandone la reazione di trasformazione nel tempo) rispetto a quanto avviene con il solo Zinco e la grammatura di 400 gr/m<sup>2</sup> aumenta di due volte (due volte più efficace) la resistenza a corrosione.

La grammatura di 400 gr/m<sup>2</sup> di un rivestimento costituito da solo zinco non è invece in grado di offrire le prestazioni del ZINALIUM poiché la velocità di trasformazione dello Zinco resta inalterata come da prove eseguite dalla nostra Società e come espresso nell'Appendice B della EN 598 ove il rivestimento ZINALIUM è in pratica quasi succedaneo dei rivestimenti speciali nella gamma di resistività indicate nella norma stessa.

Numerose prove sperimentali in laboratorio e in cantiere sono state compiute a supporto di quanto sopra espresso e citiamo ad esempio la seguente.

Due campioni di Ghisa Sferoidale rispettivamente rivestiti di Zinco (addirittura di grammatura pari a 600 gr/m<sup>2</sup>) e di Zinco-Alluminio (di grammatura pari a 400 gr/m<sup>2</sup>) ed entrambi rivestiti con vernice di finitura di tipo bituminoso, ovvero di qualità inferiore a quella della vernice epossidica utilizzata per il Natural, furono posti a contatto in un mezzo aggressivo costituito da sabbia e acqua marina aerata (Mont St. Michel) per due anni.

Dopo questo periodo la trasformazione intervenuta sui due campioni è sensibilmente differente come si può notare comparando le due fotografie seguenti ove a sinistra è il campione rappresentativo del solo Zinco e a destra quello rappresentativo della lega Zinco-Alluminio ZINALIUM.

La sezione della parete di un tubo in ghisa sferoidale con rivestimento esterno in lega di Zinco-Alluminio ZINALIUM più vernice epossidica dopo l'azione della protezione galvanica da parte dello strato di lega, risulta:

Ovvero confrontando le due micrografie eseguite su due campioni interrati in uno stesso terreno per uno stesso periodo di tempo di 10 anni, una relativa a un tubo rivestito con solo Zn metallico 200 gr/m<sup>2</sup> e l'altro relativa a un tubo rivestito con la lega Zn-Al 85-15%, si nota come nel primo caso il

tubo si trovi in condizione di protezione grazie alla trasformazione dello zinco in ossidi di zinco che passivano il mantello di ghisa sferoidale, mentre nel secondo caso il tubo si trova ancora allo stato iniziale con la quasi totalità di lega Zn-Al che ancora deve reagire.

Da tutto quanto sopra espresso, si evince la migliore prestazione nei suoli più svariati del rivestimento ZINALIUM, così come indicato nella norma EN 598 in Appendice B.

Tale miglioramento di prestazione si traduce ovviamente in un allungamento della vita utile delle tubazioni:

### **Il ruolo della vernice epossidica**

L'adozione di vernice epossidica anziché vernice bituminosa o sintetica rappresenta anch'essa una notevole miglioria in quanto comporta:

- migliore stabilità chimica
- migliore comportamento di invecchiamento nel suolo
- miglior controllo della conversione della lega Zn-Al
- migliore tenuta meccanica del rivestimento in fase di posa o movimentazione
- migliore resistenza ai solventi presenti nel suolo
- possibilità di colorare i tubi per una migliore identificazione

### **Raccordi**

In generale anche per i pezzi speciali si consiglia di adottare una protezione esterna equivalente a quella offerta dai tubi ovvero, per tubi con il solo Zinco se previsto il manicotto di polietilene non aderente ugualmente utilizzarlo su pezzi speciali aventi il solo rivestimento di tipo bituminoso, oppure per i tubi di tipo ZINALIUM adottare pezzi speciali con rivestimento epossidico di spessore 250  $\mu$  a norma EN 14901.

## **7 Accertamento in ordine alla disponibilità delle aree**

L'intervento risulta nella maggior parte della sua estensione ricadente su suolo pubblico e non presenta coinvolgimento di terreni privati, fatto salvo che nel tratto iniziale, a monte dell'intervento da realizzarsi mediante T.O.C.. Nel tratto iniziale viene interessata una proprietà privata. È necessario per questa area intraprendere la procedura per ottenere la servitù ed ottenere anche una acquisizione temporanea dell'area di cantiere. Le altre opere non pongono la necessità di acquisire aree in modo permanente né temporaneo.

## **8 Studio di inserimento**

L'opera che verrà realizzata è completamente interrata ed impegnerà sostanzialmente la sola sede stradale. Non si ravvisano incompatibilità per l'inserimento nel tessuto urbanistico esistente e/o previsto, tenuto anche conto del Piano Regolatore Generale Comunale.

## **9 Interferenze con reti aeree e sotterranee di servizi – accessibilità al cantiere**

Questo progetto è stato realizzato cercando di ridurre al minimo le interferenze con i sotto servizi ed infrastrutture, l'unica interferenza importante, costituita dall'attraversamento ferroviario e della roggia Mora, è risolto in no DIG tramite T.O.C.. Rimane comunque valido il fatto che le reti dei

servizi quali telefonia, energia elettrica, gas, illuminazione pubblica, fibra ottica, acqua potabile e fognatura, possano interferire con le lavorazioni in progetto. Per quanto sia già stata fatta, in fase di progettazione, un censimento dei sotto servizi con conseguente risoluzione delle interferenze, la posizione esatta di tali reti dovrà perciò essere nota prima dell’inizio dei lavori e pertanto come previsto dal Capitolato Speciale d’Appalto, *“Prima di dare inizio ai lavori l’Appaltatore è tenuto ad informarsi presso gli Enti proprietari delle infrastrutture presenti sotto le strade interessate dall’esecuzione delle opere se eventualmente esistono cavi sotterranei o condutture che possono in qualche modo intralciare le lavorazioni previste. In caso affermativo l’Appaltatore dovrà comunicare agli Enti proprietari di dette opere la data presumibile dell’esecuzione dei lavori, chiedendo altresì tutti quei dati necessari al fine di mettersi in grado di eseguire gli stessi con opportune cautele, onde evitare danneggiamenti e rotture”*.

L’accessibilità, e quindi la manutenzione delle opere previste, non presenta caratteristiche o problematiche particolari.

L’accesso al sito, da parte dei mezzi di cantiere, potrà avvenire dalle varie strade cittadine previo accordo col Comando Polizia Municipale e Assessorato Viabilità.

## **10 Aspetti geologici, ambientali ed archeologici**

In questa fase non sono stati effettuati rilievi e sondaggi geologici volti ad indagare le condizioni del sottosuolo interessato dalla posa della condotta.

Trattandosi di scavi poco profondi, inferiori mediamente ad un metro e mezzo, non si ritiene sussistano problematiche inerenti la stabilità dei fronti scavo. Si prevede, prima della redazione del progetto esecutivo, realizzare dei sondaggi geognostici, costituiti da carotaggi e MASW, in corrispondenza del tratto da realizzarsi tramite T.O.C.. Per quanto concerne i sondaggi relativi alla gestione delle terre e rocce da scavo, prima del progetto esecutivo verranno effettuate delle indagini finalizzate a verificare l’effettiva possibilità di riutilizzo. Il codice CER necessario per il conferimento in discarica del materiale non riutilizzabile, tra cui ovviamente il pacchetto stradale, verrà definito in base ad analisi da eseguirsi prima dell’esecuzione dei lavori.

## **11 Cave e discariche**

L’approvvigionamento delle materie prime (inerti, calcestruzzo, leganti ecc.) potrà avvenire invece nelle cave presenti nei territori limitrofi al Comune di Romagnano.

Lo smaltimento del materiale di risulta (demolizione asfalti, ecc.) dovrà avvenire nelle apposite cave, idonee a ricevere il materiale e nel rispetto delle normative vigenti di carattere igienico-ambientale.

In riferimento all’art.25 del DPR.207/2010 e ss.mm.ii., si riporta l’indicazione delle discariche autorizzate ed in esercizio presenti nella zona che possono essere utilizzate per il conferimento degli inerti (Cod.CER 170904) e della quota di terra da scavo non reimpiegata (Cod.CER 170504). L’elenco è stato compilato sulla base delle informazioni fornite dai tecnici del Settore Rifiuti della Provincia di Biella e Vercelli.

Cod.CER 170504 - terre e rocce da scavo:

- AZIENDA TERRITORIALE ENERGIA AMBIENTE S.P.A. [ATENA] - Localita' Cappuccini – VERCELLI
- B.F. srl Sede legale: Via Castelletto Cervo 7 - 13836 Cossato / Sede amministrativa: Via Piave 4/A - 13852 Cerreto Castello / Sede operativa: Strada alle Dighe s.n.- 13836 Cossato (BI)
- C.I.S. di Crivellaro Arch. Roberto & C. srl Sede legale: Via Trossi 149 - 13894 Gaglianico / Sede operativa Reg. Villanetto - 13875 Ponderano(BI)
- Cave MV srl Sede Legale e operativa: Via per Cerrione 3 - 13888 Mongrando (BI)
- ELIS snc Sede legale: Via Italia 5 - 13864 Crevacuore / Sede operativa : Località Burac- 13864 Caprile(BI)
- Escavazioni Bona Mauro Sede legale e operativa: Via per Camburzano 10/A - 13897 Occhieppo Inferiore(BI)
- Sacco Giovanni & C. snc Sede legale e operativa: Strada Trasversale del Rollino 7 - 13866 Masserano (BI)
- Sorema srl Sede legale: Via Rossi 2 - 13900 Biella / Sede operativa : Via F.lli Rosselli 110 ter - 13900 Biella
- Frattini Luigi S.P.A. - Via Cameri 200 – 28043 Bellinzago Novarese(NO)
- ITALHOUSING AMBIENTE OLEGGIO S.R.L.- Via Vallette – 28047 Oleggio(NO)
- Associazione di Ambito Territoriale Ottimale Novarese - Località Fornace Solarolo – 28010 Barengo (NO)
- Cerutti Lorenzo Srl -S.S. 229 - Via Novara – 28021 Borgomanero (NO)

## **12 Valutazioni conclusive**

Il sistema di approvvigionamento idrico del Comune di Romagnano Sesia necessita di un riassetto complessivo, il progetto si integra con il sistema di approvvigionamento idropotabile dei Comuni limitrofi, ed in particolare, dei Comuni di Ghemme e di Prato Sesia. è stato individuato un piano di intervento che mira ad ottimizzare l'esercizio, la qualità e l'affidabilità del servizio idrico.

Tale piano prevede alcuni interventi localizzati presso il campo pozzi esistente, dei quali alcuni saranno realizzati in questa prima fase ed altri sono in previsione. Gli interventi consisteranno in particolare nella realizzazione di una nuova condotta di adduzione. Il nuovo serbatoio di compenso, con annessa stazione di sollevamento e la possibilità di raddoppiare eventualmente sia il volume di compenso che la linea di pompaggio della stazione, e nella sostituzione delle pompe dei pozzi esistenti sono oggetto di interventi futuri.

I benefici per l'utenza di Romagnano Sesia, in termini di affidabilità e qualità del servizio saranno percepibili già al completamento del primo intervento, oggetto del presente progetto.

Gli ulteriori eventuali futuri interventi completeranno il processo di modernizzazione e razionalizzazione del servizio.

### **13 Costo delle opere in progetto**

Si è provveduto a quantificare l'importo economico delle opere in progetto mediante computo metrico estimativo, allegato al presente progetto definitivo. Per la redazione del computo metrico estimativo si sono utilizzati i prezzi unitari riportati nel Prezzario Ufficiale della Regione Piemonte 2023.

Si riporta, allegato al presente progetto definitivo, il Quadro Economico delle opere in progetto, con evidenziati gli importi dei lavori a base d'asta e le somme a disposizione della stazione appaltante necessarie per le tutte le attività complementare all'esecuzione dei lavori.