

PSRN 2014-2020 - Mis. 4.3.1 - Misure per Investimenti Infrastrutture Irrigue

OGGETTO: Progetto per il ripristino ed adeguamento funzionale della condotta principale ubicata tra c.da "Sigona", nel comune di Lentini e c.da "Grotta S.Giorgio" nel comune di Catania

PROGETTO ESECUTIVO 1° STRALCIO FUNZIONALE

0	0	1	1	7	C	T	S	R	1
Codice Lavoro		Anno		Provincia				N° ALLEGATO	

RELAZIONE TECNICA ILLUSTRATIVA

il Progettista:



Vittorio Angelo Longo
Dott. Ing. Vittorio Angelo Longo

II R.U.P.



Vito D'Angelo
Dott. Ing. Vito D'Angelo

Visto: Il Dirigente Tecnico:



Massimo Paterna
Dott. Ing. Massimo Paterna

REV.	DATA	REDATTO	CONTROLLATO	APPROVATO	ANNOTAZIONI
0	01 Giugno 2017	LNG	DNG	DNG	
1	27 Luglio 2017	LNG	DNG	DNG	Adeguamento prescrizioni del Provveditorato e Organ. Verifica
2	27 Maggio 2019	LNG	DNG	DNG	Aggiornamento al prezzario 2019

REGIONE SICILIANA

**CONSORZIO DI BONIFICA 9
CATANIA**

**PROGETTO PER IL RIPRISTINO ED ADEGUAMENTO FUNZIONALE DELLA
CONDOTTA PRINCIPALE UBICATA TRA C.DA SIGONA NEL COMUNE DI LENTINI
E C.DA GROTTA S. GIORGIO NEL COMUNE DI CATANIA – 1° STRALCIO
FUNZIONALE**

RELAZIONE ILLUSTRATIVA



Sommario

1.	STATO DI FATTO.....	3
2.	PROGETTO.....	4
3.	OBIETTIVI DELL'INTERVENTO	7
4.	CONDIZIONI GEOLOGICHE	7
5.	CONDIZIONI GEOTECNICHE	7
6.	OPERE DI ATTRAVERSAMENTO: Il Microtunneling	10
7.	CARATTERISTICHE AGRONOMICHE E COLTURALI.....	21
8.	SCHEMA DI CALCOLO ADOTTATO	22
9.	SCELTA DELLA TUBAZIONE: LA GHISA SFEROIDALE	22
10.	TUBAZIONI IN C.A.P.....	23
11.	TUBAZIONI IN POLIETILENE AD ALTA DENSITÀ (PEAD)	25
12.	TUBI DI POLIESTERE RINFORZATO CON FIBRE DI VETRO (PRFV)	27
13.	TUBAZIONI IN ACCIAIO	28
14.	TUBAZIONI IN GHISA SFEROIDALE	29
15.	RIUTILIZZO DELLE ACQUE REFLUE.....	32
16.	DESCRIZIONE E CATEGORIE DEGLI INTERVENTI.....	32

1. STATO DI FATTO

Il tratto della infrastruttura irrigua oggetto del presente intervento progettuale, fa parte dello schema irriguo consortile denominato “*Gerbini 1*” e d è uno dei più importanti schemi del sistema Salso-Simeto a servizio del comprensorio irriguo del Consorzio di Bonifica 9 Catania.

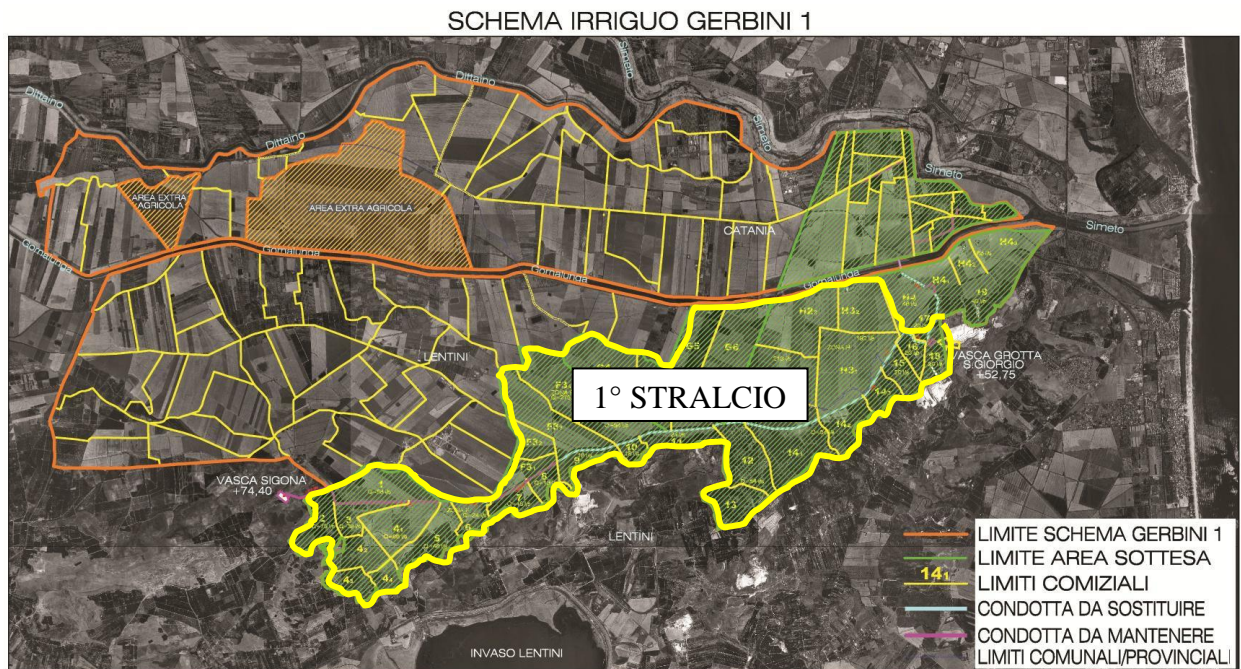


Fig. 1

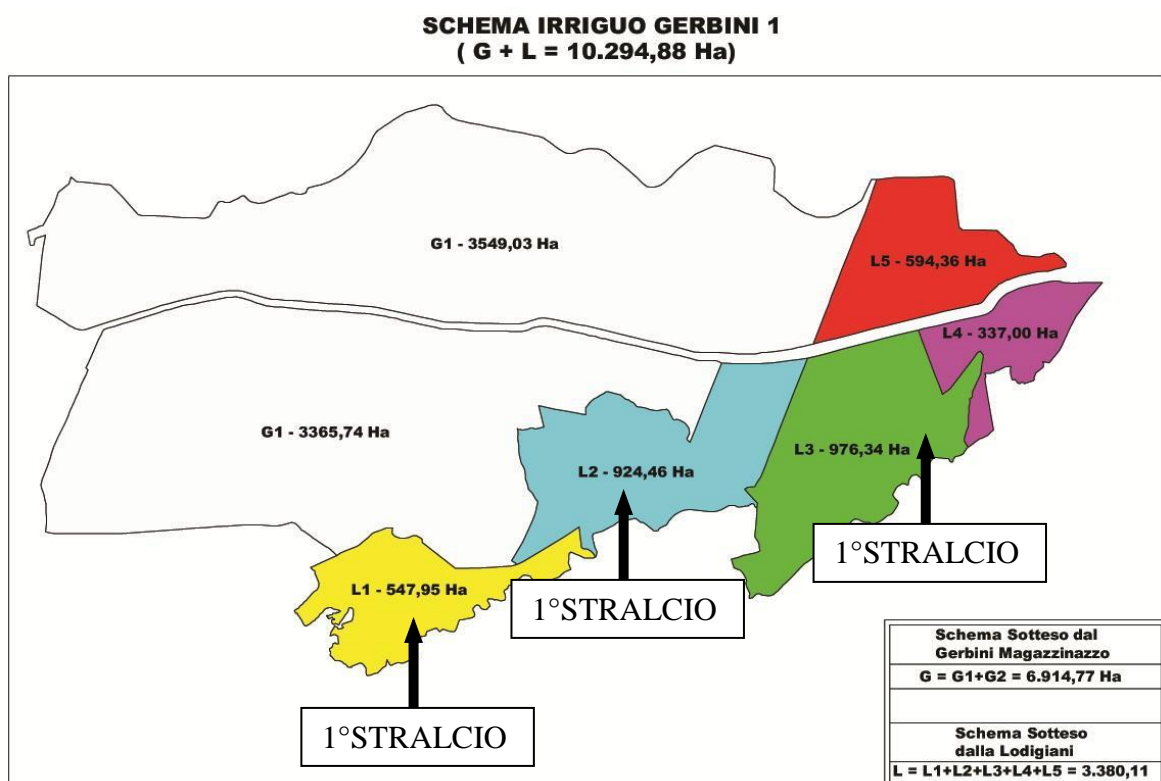


fig. 2

La condotta esistente, alimentata dal serbatoio di Lentini, collega la vasca di Alimentazione di C.da Sigona, posta alla quota di m 74,40 nel territorio di Lentini (SR), alla Vasca di c.da Grotta S. Giorgio a quota s.l.m. di m 52,75 nel territorio del comune di Catania.

Lo sviluppo lineare del sopradetto tratto della condotta “lodigiani” è di m 13.135,00 come appresso articolato:

- 1° Tratto fino alla progressiva 1.159,00 (nodo 10) – Condotta in CAP DN 2000;
- 2° Tratto dalla prog. 1.159,00 alla prog. 5.373,00 (sec. F3) – Condotta Aerea in CAP DN 1600 con selle su Pali;
- 3° Tratto dalla prog. 5.373,00 alla prog. 7.242,00 (sec. G) – Condotta Parzialmente tombata in CAP DN 1600;
- 4° Tratto dalla prog. 7.242,00 (sec. G) alla prog. 9.889,00 (nodo 14) - Condotta Interrata in PRFV DN 800;
- 5° Tratto dalla prog. 9.889,00 (nodo 14) alla prog. 13.135,00 (Vasca di Grotta S.Giorgio) - Condotta Interrata in PRFV DN 700.

Nel sopradetto tratto di sviluppo, la condotta principale attraversa il torrente benante in due distinti punti.

Dalla vasca di Grotta S. Giorgio la condotta principale “Lodigiani” prosegue verso valle, attraversando il Fiume Gornalunga, fino ad alimentare la parte terminale dello schema irriguo sotteso dalla predetta condotta.

Lo sviluppo lineare di quest’ultimo tratto è di m 1.785,70 come appresso articolato:

- 6° Tratto dalla prog. 13.135,00 (Vasca di Grotta S.Giorgio) alla prog. 14.414,70 (Sec. H4) - Condotta Interrata in PRFV DN 800;
- 7° ed ultimo Tratto dalla prog. 14.414,70 ,00 (Sec. H4) alla prog. 14.920,70 (Prima del Fiume Gornalunga) - Condotta Interrata in PRFV DN 600.

2. PROGETTO

L’intervento progettuale prevede interventi sostitutivi dei tratti di condotta ammalorate e soggette a continui interventi manutentivi.

SCHEMA IRRIGUO SOTTESO DALLA CONDOTTA OGGETTO DI INTERVENTO

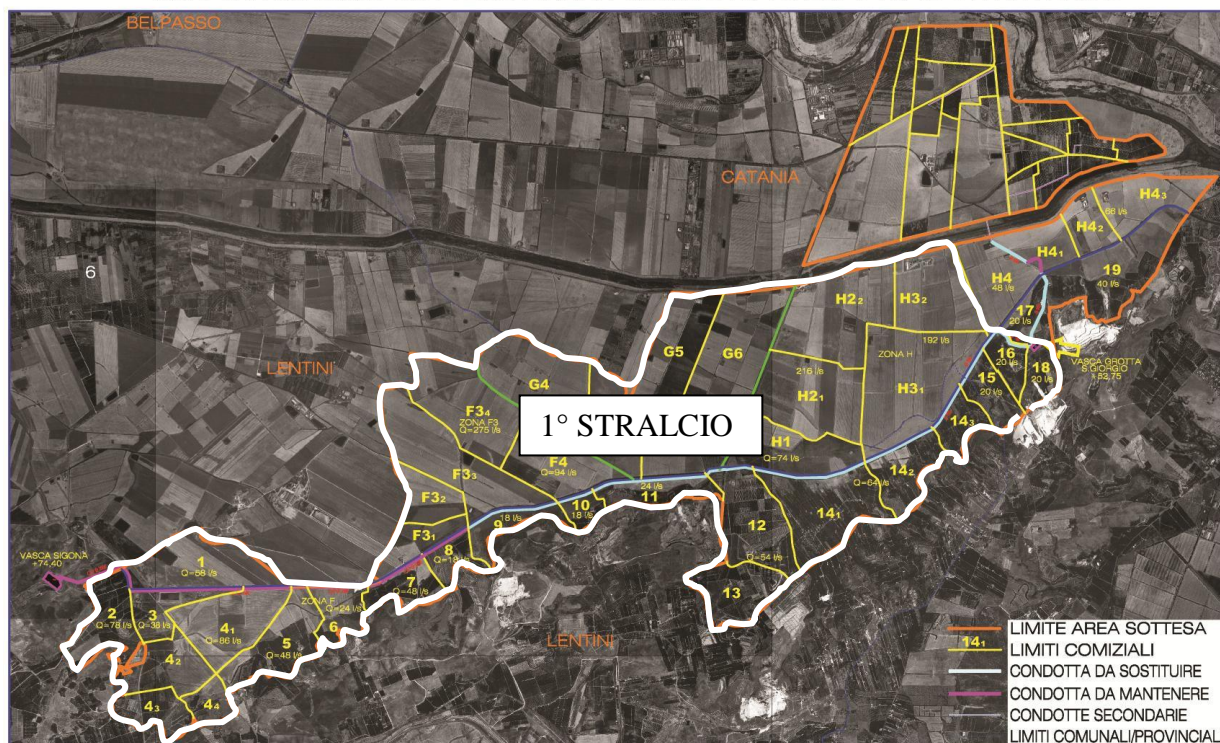


fig. 3

Nello specifico i tratti di condotta oggetto di intervento, sono i seguenti:

1. *Tratto interessato dalla sostituzione della condotta in CAP DN 1600 con tubazione in ghisa sferoidale DN 1000, dalla progr. 5373,00 alla progr. 7242,00:*

Nel suddetto tratto di sviluppo della condotta di circa 1.869,00 mt, occorre procedere alla sostituzione dell'esistente tubazione parzialmente tombata in CAP (DN 1600) con altra tubazione in ghisa sferoidale e diametro inferiore (DN 1000).

In fase progettuale, la previsione di posa della tubazione su platea in c.a. è stata effettuata a seguito della comparazione tra le seguenti soluzioni:

- a) **Tubazione aerea con selle su pali:** tale soluzione è stata scartata in ragione del notevole impatto ambientale correlato e alla non conformità paesaggistica di cui al DPCM 12/12/2005;
- b) **Tubazione interrata:** le caratteristiche dell'acquifero caratterizzante l'area di intervento connesso alla presenza di falda libera, suggerisce di non ripetere la scelta progettuale iniziale causante continui movimenti della condotta attuale e conseguenti "cedimenti" in corrispondenza dei giunti che comportano oneri manutentivi continui;
- c) **Tubazione interrata con selle su pali** – da un'analisi costi-benefici rende anti economica tale scelta (ulteriori movimenti di materia, costi di realizzazione delle fondazioni indirette – considerata la presenza di falda etc.);

d) **Tubazione parzialmente interrata con letto in calcestruzzo (soluzione**

adottata) Tale soluzione consente l'eliminazione dei cedimenti differenziali in ragione dell'incremento della superficie di appoggio della fondazione e una più omogenea ripartizione dei carichi determinati in ragione dell'elevata rigidità del letto in cls (così come da calcolo della capacità portante di cui all'All.15.3).

Tale scelta si ritiene tecnicamente la migliore anche per la previsione di giunti tecnici della piastra di fondazione in corrispondenza della mezzeria del tubo che permette una rotazione dei giunti fino a 3° e dunque un'interazione struttura - terreno che minimizza gli effetti dei cedimenti differenziali.

Altresì, tale predetta soluzione di posa consente un agevole manutenzione e gestione dell'infrastruttura in argomento, con notevoli riduzione dei correlati costi manutentivi.

Infine, la interruzione dei deflussi idrici superficiali di monte in dx idraulica, è stata superata con la previsione di una canaletta drenante, opportunamente dimensionata (All.14.1) contigua alla sezione di posa, che oltre a salvaguardare la condotta stessa bonifica le aree adiacenti poiché ridotti a veri e propri pantani durante la stagione invernale.

Sulla scelta della tipologia di tubazione si rimanda a quanto espressamente riportato al punto 7 dell'All. 1 – Relazione Tecnica illustrativa.

Si precisa altresì, che la scelta progettuale della ghisa sferoidale è ulteriormente supportata dalla presenza di un giunto a bicchiere con rotazione max di 3° ed elevata resistenza meccanica della tubazione.

Infine tale scelta è ulteriormente suffragata dal notevole beneficio ambientale derivante dal completo riutilizzo della ghisa a fine vita dell'opera.

Il dimensionamento idraulico della condotta è avvenuto per iterazioni successive con la scelta di diametri decrescenti imponendo velocità di progetto comprese tra 1 e 2 m/s, in modo da garantire il minimo carico in corrispondenza della vasca Grotta s. Giorgio. Questo metodo, seppure empirico, consente di approssimarsi alla soluzione di minimo costo.

Come detto l'intervento realizzato consiste in una condotta che si diparte dalla vasca Sigona con una tubazione in CAP del 2000 che progressivamente si riduce di diametro fino ad avere un Diametro del 600.

A seguito di una revisione delle portate di punta nell'esercizio irriguo degli ultimi 30 anni di servizio della rete sono state assunte le portate di progetto come da schema allegato che ha consentito la riduzione dei diametri di progetto, ottenendo un beneficio economico notevole sia a livello progettuale che gestionale.

A maggior sicurezza è stata eseguita comunque la verifica del colpo d'ariete

(vedi All.to 14.3)

3. OBIETTIVI DELL'INTERVENTO

Attualmente le produzioni agricole sono condizionate dalla vetustà e conseguentemente dall'inefficienza della condotta in oggetto, la quale richiede una manutenzione straordinaria sempre crescente.

Di conseguenza gli impianti sotesi creano spesso disservizi e, non garantiscono il necessario approvvigionamento idrico nei vari periodi dell'anno, nè la flessibilità richiesta, condizionano l'efficienza del processo produttivo ed aggravano i costi di gestione.

4. CONDIZIONI GEOLOGICHE

Dalle indagini in situ e dal rilievo di campagna è emerso che il tracciato d'interesse progettuale ricade prevalentemente sui depositi di natura alluvionale (Olocene) e, solo per un limitato tratto, sulle calcareniti e sabbie pleistoceniche.

Così come si evince dalle risultanze dei sondaggi geognostici effettuati, il piano di posa delle tubazioni e delle opere d'arte ad esse connesse (pozzetti, sfiati etc.) risulta essere caratterizzato dalla presenza di "limi argillosi coesivi di colore bruno grigiastro a media consistenza".

Nel tratto, ove la tubazione risale verso la vasca di rilancio consortile di Grotta S. Giorgio, il piano di posa della condotta risulta essere caratterizzato dalle "calcareniti sabbiose di colore bianco giallastro pleistoceniche".

Per ulteriori approfondimenti di rimanda alla All.to 16 – Relazione Geologica e All.to 16.2 Carta Geologica.

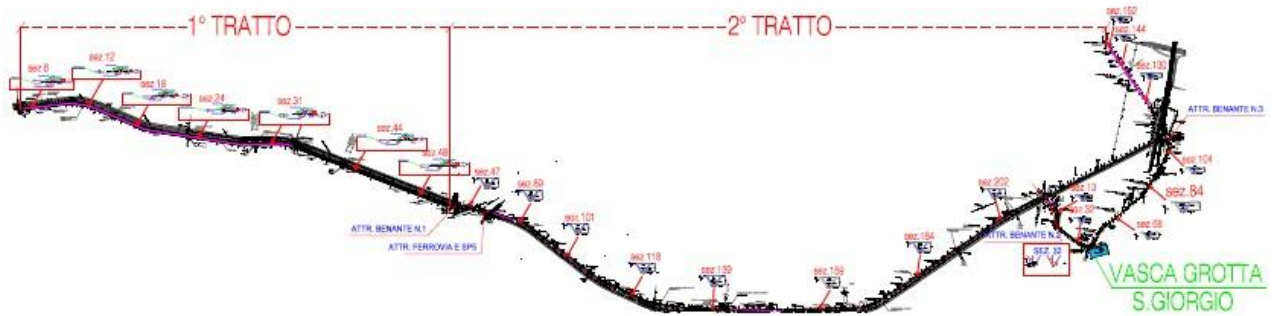
5. CONDIZIONI GEOTECNICHE

L'analisi di tipo geotecnico è stata indirizzata a verificare:

Posa Tubazione

- 1° Tratto - la stabilità tubazione ricoperta da terreno vegetale (tombatura) e posata su opportuno massetto armato previa stabilizzazione e drenaggio del terreno sottostante;
- 2° Tratto - la stabilità dello scavo (verifica di stabilità globale) in condizioni idrauliche critiche

PLANIMETRIA GENERALE



Manufatti Strutturali in c.a.

- l'interazione terreno – manufatti in c.a. quali: pozzetti di scarico, di derivazione e di regolazione;
- Massetto Armato e Selle d'appoggio della tubazione ubicato nel 1° Tratto di posa;

Opere Provvisionali Camera di Spinta

- Palancole tipo Larsen.

Dalle correlazione dell'assetto stratigrafico rilevato nell'area di progetto e i dati desunti dalle prove geotecniche eseguite è possibile distinguere fondamentalmente 3 unità litotecniche principali:

- **Argille Limose – Limi Argillosi:**
- **Marne – Calcari Marnosi:**
- **Calcareniti – Sabbie limose:**

In conclusione, dal punto di vista geotecnico, si può senz'altro affermare che il substrato di fondazione risulta prevalentemente costituito da depositi limoso - argillosi di origine alluvionale assimilabili, dal punto di vista geomeccanico, a materiali di tipo "pseudocoerenti" a medio valore dell'angolo di attrito.

Stante la natura dei terreni ivi presenti si consiglia di adagiare la condotta su apposito letto di posa da predisporre sul fondo del cavo opportunamente spianato e livellato.

Tale letto dovrà essere costituito da sabbia idoneamente compattata dello spessore minimo, misurato sulla generatrice inferiore della tubazione, pari ad almeno venti centimetri ed abbracciare la tubazione stessa per almeno un quarto del suo perimetro.

Per maggiori dettagli si faccia riferimento alla Relazione Geologica (All. 16.2) e Geotecnica (All. 17).

Per quanto riguarda le opere provvisionali da utilizzare in alcune particolari lavorazioni, merita un particolare cenno La palancola.

La palancola è una struttura in acciaio composta da componenti maschio e femmina

che collegati tra loro, grazie a degli incastri chiamati “gargami”, formano una struttura continua chiamata palancolato. Questo ha la principale caratteristica di essere molto resistente ed impermeabile. La palanca può essere rivestita per migliorare la resistenza o per un fattore estetico.

Oggi, i palancolati sono diventati la scelta migliore per la creazione di opere provvisorie, poiché come caratteristica principale hanno la flessibilità ed il loro ampio raggio di utilizzo. Risultano strutture interessanti poiché permettono vantaggi economici. Le palanche di tipo Larssen, unite al vantaggio di avere una struttura che si può spostare o rimuovere. Si possono così realizzare opere provvisorie come strutture di contenimento per scavi, opere di sostegno per viadotti etc e opere permanenti come opere marittime (banchine) e opere fluviali come la protezione degli argini.

La scelta dell'uso di una palanca metallica a protezione dello scavo, piuttosto che la semplice realizzazione di uno scavo a sezione inclinata, nasce dal fatto di voler garantire la sicurezza del lavoratore durante le lavorazioni che saranno svolte al suo interno.

Queste palanche, infatti, saranno posizionate a protezione dello scavo dove verrà realizzato il muro di contrasto per spinta con microtunnelling necessario per realizzare un attraversamento ferroviario, vedasi tavola 7.7.2.

Dopo le lavorazioni prima per la realizzazione del muro di contrasto e successivamente per la messa in opera del macchinario spingitubo e della posa della tubazione stessa mediante la tecnica no-dig, come si evince dal cronoprogramma in cui sono stati previsti per queste lavorazioni almeno 20-30 giorni lavorativi, si è scelto quindi di dare una maggior sicurezza sia al macchinario che verrà posto all'interno dello scavo ma soprattutto ai lavoratori che potrà lavorare in sicurezza all'interno dello scavo eliminando eventuali smottamenti del terreno e risalite di acqua dalla falda.

Dalla tavola 7.7.2 si può vedere perché sia necessario realizzare uno scavo profondo 6 metri, esso si rende necessario per poter passare al di sotto sia del fosso che si estende accanto al rilevato della ferrovia che del fosso di guardia accanto la strada.

La scelta di non inserire eventuali tiranti nella modellazione della palanca nasce dal voler considerare la situazione peggiore nel modello di calcolo anche perché trattandosi di opere provvisorie e quindi temporanee non si è ritenuto necessario in fase progettuale l'inserimento di eventuali puntelli o travi di testata, infatti i primi renderebbero maggiormente complicata la movimentazione del macchinario spingitubo nella sua fase di posizionamento ed anche la movimentazione delle tubazioni da inserire nel terreno, ciononostante in fase realizzativa di concerto con la ditta appaltatrice si valuterà una soluzione di questo tipo se si renderà necessaria.

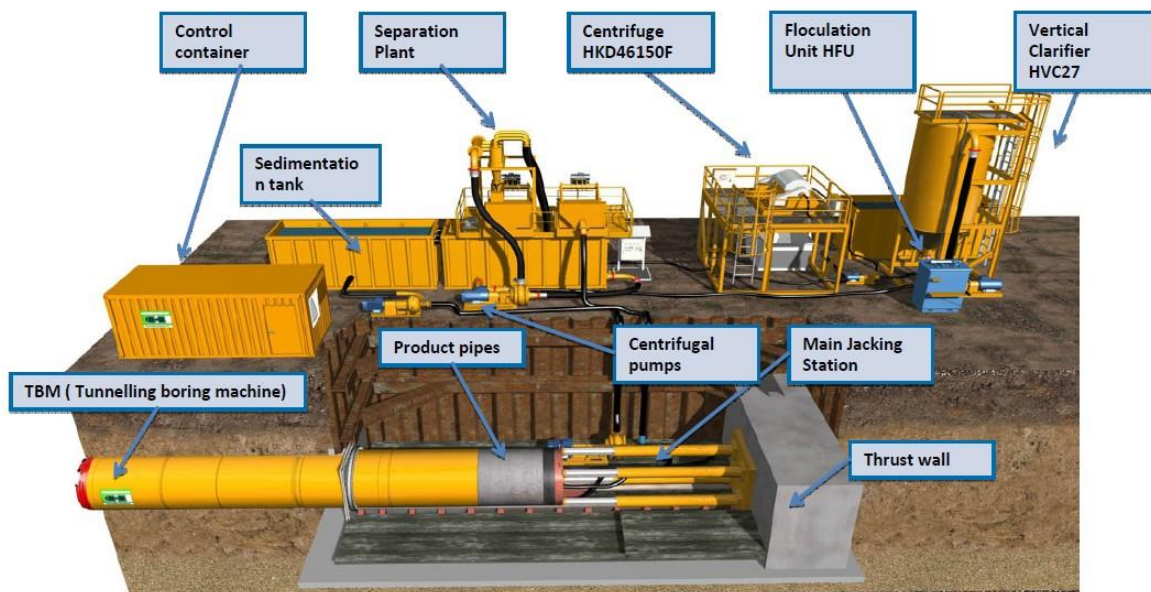
6. OPERE DI ATTRAVERSAMENTO: Il Microtunneling

Descrizione del metodo di scavo

La tecnica del micro – tunneling consiste nel far avanzare a spinta delle tubazioni rigide tra il pozzo di spinta ed il pozzo di arrivo all'interno di una micro galleria, che è realizzata con scavo a piena sezione tramite fresa MTBM (Micro Tunnel Boring Machine).

La Fig. seguente riporta uno schema del cantiere tipo in micro – tunneling, dove è possibile vedere le principali strumentazioni:

1. MTBM;
2. container di comando della MTBM;
3. stazione di spinta principale e muro di spinta;
4. vascone di sedimentazione ed impianto di separazione;
5. impianto di flocculazione e filtro pressa;
6. pompe per il sistema idraulico di scavo e di smarino.



Schema di cantiere di micro – tunneling (da Herrenknecht website)

I tubi sono calati all'interno del pozzo di spinta, dove sono alloggiati su di slitta che ne consente la spinta ad opera del sistema principale di spinta, costituito da un anello metallico di pari diametro delle tubazioni e dai pistoni di spinta. La reazione è data dal muro di spinta, dove sono ancorati i pistoni di spinta.

Il muro di ingresso della MTBM è di fatto una dima ed è caratterizzata dalla presenza di un anello metallico con guarnizione in gomma che evita la fuoriuscita del fluido bentonitico iniettato a tergo dei conchi, si veda Fig. seguente



Immagine di una stazione intermedia di spinta (da Herrenknecht website)

L'azione del sistema principale di spinta è coadiuvata da delle stazioni di spinta intermedie, che vengono inserite all'interno del tracciato tra un tubo e l'altro. Queste stazioni sono costituite da un anello metallico

sul quale sono montati i martinetti di spinta, si veda Fig. seguente, che alla fine dello scavo vengono smontati per poter essere utilizzati in altri progetti.

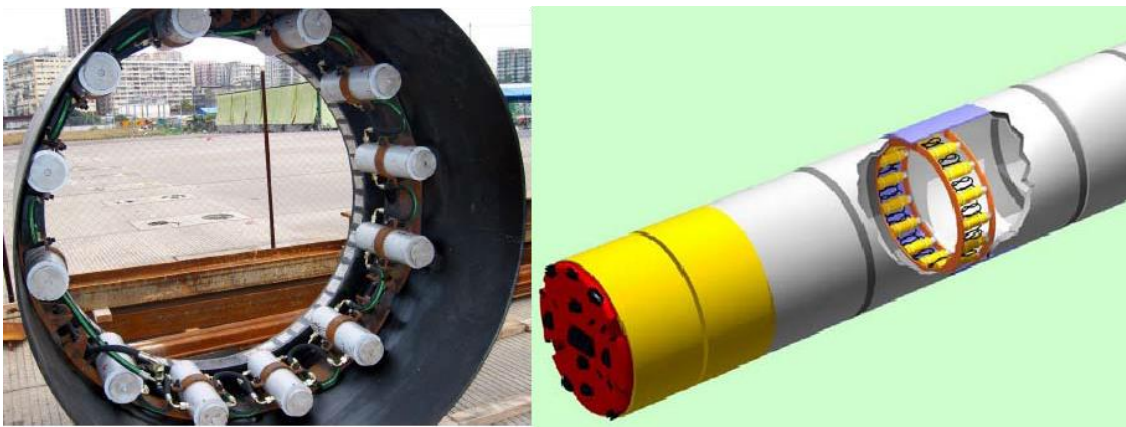


Immagine di una stazione intermedia di spinta (da Herrenknecht website)

La MTBM che si è deciso di adottare ha uno scudo chiuso con sistema idraulico di scavo e di evacuazione dello smarino (“slurry shield”).

La tecnica del micro – tunneling dovrà prevedere che la MTBM sia guidata dall'esterno tramite un sistema computerizzato, che ne controlla la traiettoria con sistema laser.

Le correzioni della traiettoria vengono realizzate agendo su dei martinetti idraulici, azionabili singolarmente, che agiscono sulla testa fresante.

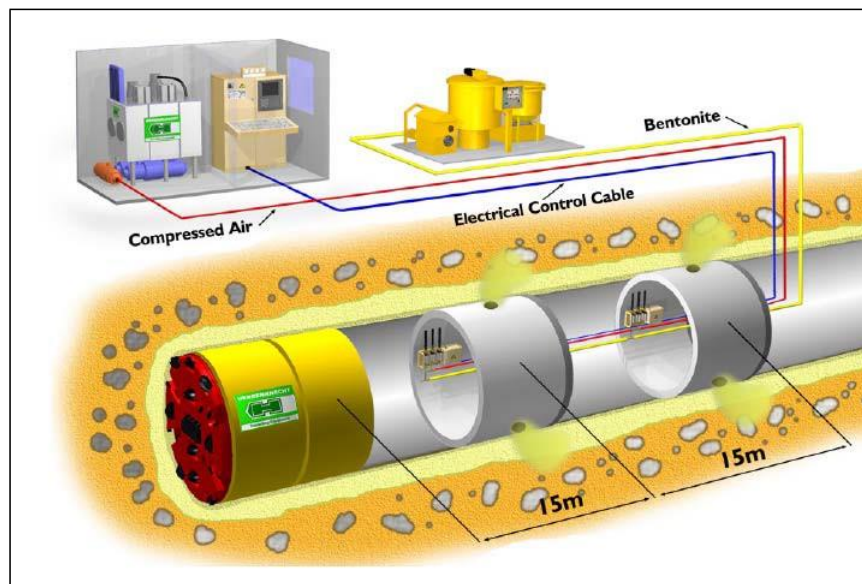
Il fluido bentonitico di perforazione viene iniettato nella camera di scavo, al fine di sostenere

il fronte con una adeguata pressione in rapporto allo stato tensionale esistente.

Una volta nella camera di scavo, il fluido bentonitico si arricchisce del materiale di scavo, la cui granulometria è opportunamente ridotta dalla particolare geometria a cono della camera di scavo, al fine di consentirne il trasporto in sospensione. La fuoriuscita di questo fluido dalla camera di scavo avviene attraverso un filtro costituito da aperture a sezione circolare di diametro prestabilito.

Il sistema idraulico di smarino manda il fluido all'interno di vasconi per la sedimentazione, il fluido qui stoccato viene aspirato da delle pompe che lo mandano al sistema di separazione, dove è separata la frazione granulare da quella fine, che viene mandata ad una filtro pressa. Il fluido alleggerito dalle particelle di terreno scavato viene nuovamente iniettato all'interno della camera di scavo dal sistema di mandata o alimentazione.

Al fine di ridurre le resistenze di attrito tra tubazioni e terreno viene iniettato con sistema automatico un fluido bentonitico a tergo dei conci, si veda Fig. seguente, tramite le predisposizioni presenti nei tubi.



Sistema di iniezione a tergo dei conci (da Herrenknecht website)

Scelta del tipo di fresa

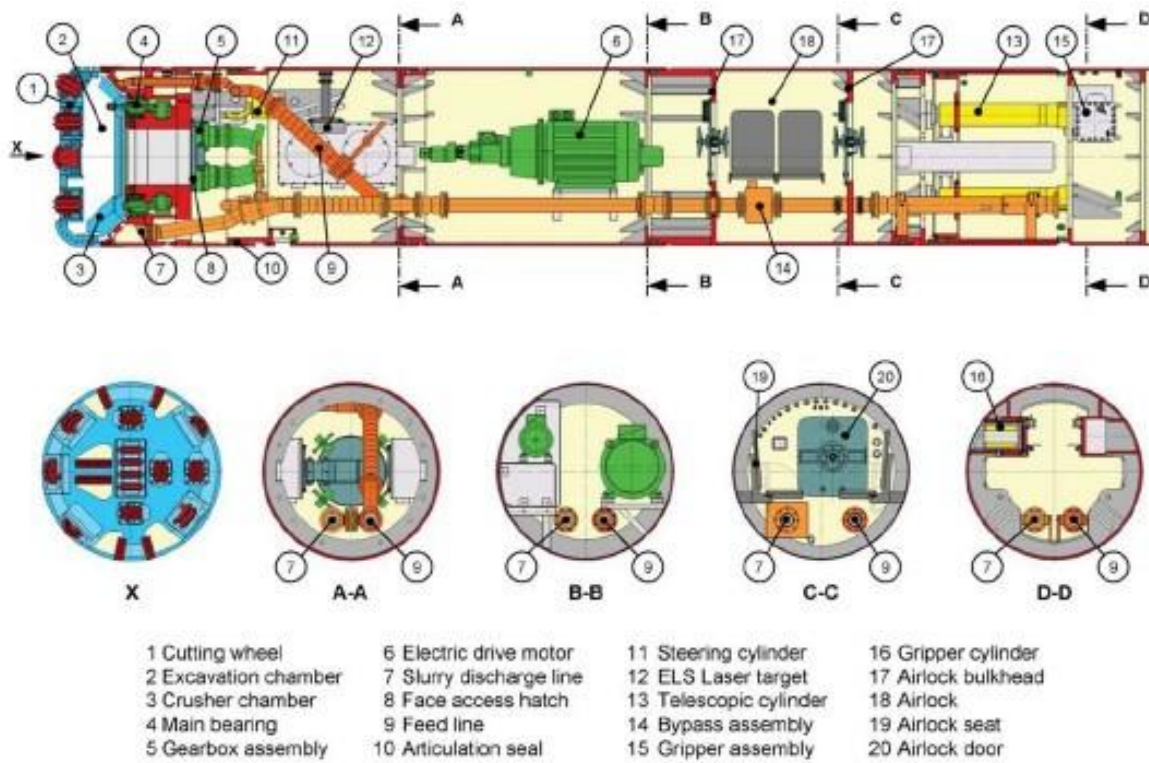
Scelta del tipo di scudo e del sistema di smarino

Sulla base delle caratteristiche dei terreni che si andranno a scavare e considerando lo stato dell'arte della tecnologia normalmente utilizzata nei cantieri di micro – tunneling, si prescrive di adottare uno scudo chiuso a smarino idraulico tipo serie AVN della Herren-knecht, si veda Fig seguente, che dovrà avere la possibilità di:

controllare la pressione del fluido di scavo al fronte;

accedere al fronte per interventi di manutenzione/sostituzione degli utensili si scavo. La

presenza del fluido in pressione nella camera di scavo consente di controllare la stabilità del fronte di scavo, andando così a minimizzare i cedimenti indotti in superficie e quindi le deformazioni delle strutture presenti.



Schema dello scudo chiuso a smarino idraulico tipo serie AVN (da Herrenknecht website)

Scelta della testa di scavo

Si dovrà utilizzare una testa di scavo per terreni misti ovvero gli utensili di scavo saranno sia denti e picchi. A titolo di esempio si riporta in Fig seguente una immagine di testa di scavo per terreni misti, dove è possibile vedere le tre classi di utensili di scavo suddetti. Le aperture presenti nella testa dovranno essere compatibili con le dimensioni del circuito idraulico di smarino, inoltre dovrà essere presente un cono frantumatore all'interno della camera di scavo, al fine di garantire la riduzione del terreno scavato ad una granulometria che potrà essere trasportata in sospensione dal sistema idraulico di smarino. L'usura degli utensili di scavo sarà nella norma in rapporto alla natura dei terreni da scavare.



Esempio di testa di scavo per terreni misti (da Herrenknecht website)

Sovrascavo

L'entità del sovrascavo per tracciati rettilinei è in generale pari a 15 – 25 mm e la finalità è quella di permettere una migliore distribuzione del fluido bentonitico di lubrificazione, che è iniettato a tergo dei concetti, ottenendo una più efficace azione di confinamento del terreno al contorno di scavo con conseguente riduzione degli spostamenti alla superficie. Tuttavia nel caso di tracciati in curva può essere utile aumentare il sovrascavo, al fine di avere a disposizione uno spazio maggiore che faciliti la posa delle tubazioni.

In questo caso il sovrascavo è generalmente compreso tra 40 – 50 mm.

Comportamento dei Terreni allo Scavo

Queste problematiche sono state risolte dall'anello ripartitore della spinta tipo Jackcontrol, che permette di realizzare tracciati in micro – tunneling di elevata lunghezza e con raggi di curvatura stretti.

Il nuovo anello è di fatto un giunto idraulico in quanto è costituito da un tubo di materiale plastico riempito di acqua, che viene fissato sulla superficie delle tubazioni tramite appositi sostegni in polistirolo, si veda Fig seguente.

La presenza di acqua all'interno del giunto garantisce una migliore distribuzione delle forze di spinta sull'intera superficie del tubo, andando così a ridurre l'eccentricità ed i momenti B.



Anello ripartitore della spinta – Immagine del giunto idraulico Jackcontrol

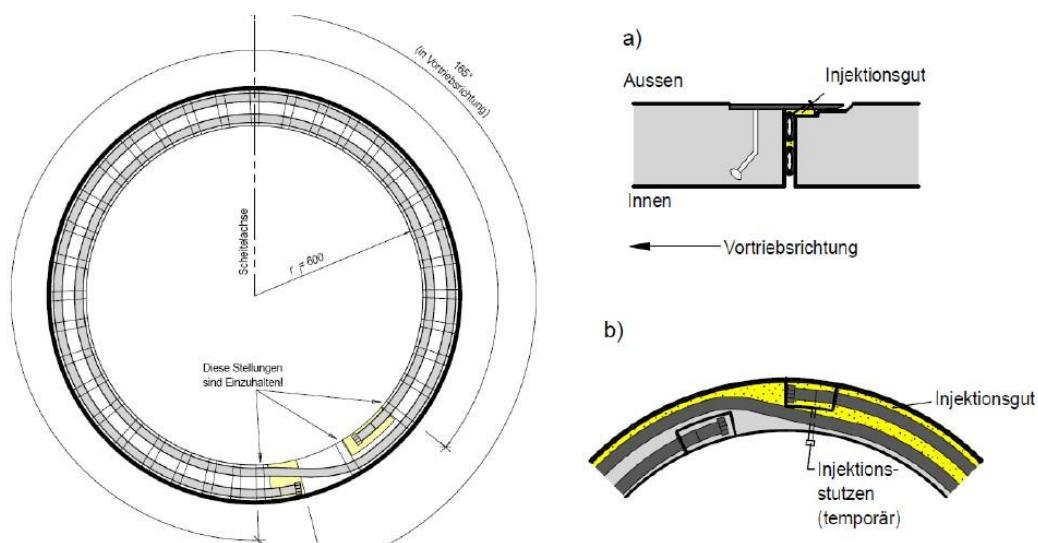
Il risultato finale è una minore sollecitazione dei tubi, garantendo così una prestazione superiore dell'opera.

Questi giunti nel caso di elevati battenti idraulici interno o esterni, che determinano la filtrazione di fluidi dall'esterno verso l'esterno e viceversa, possono essere iniettati con malte cementizie, che assicurano una completa impermeabilizzazione dell'opera.

Si è deciso di non iniettare i giunti nel caso del progetto del by – pass del Noce in rapporto all'assetto idraulico ed idrogeologico dell'opera, ovvero considerando l'assenza di importanti gradienti idraulici e quindi di moti di filtrazione.

Si è deciso di adottare per l'opera in progetto un giunto idraulico tipo JC250 a doppio giro, che è capace di supportare una spinta massima di 16000 (KN).

La Fig seguente riporta lo schema della installazione del giunto idraulico e della sua possibile installazione.



Anello ripartitore della spinta – Schema della installazione del giunto idraulico tipo Jackcontrol

Fluido bentonitico da impiegare nello scavo

Fluido da iniettare al fronte

Il fluido iniettato nella camera di scavo ha la funzione di mantenere in sospensione le particelle di terreno scavato, garantendone il trasporto e la rimozione, di ridurre gli attriti all'interno della camera di scavo, di raffreddare gli utensili di scavo e di garantire la stabilità del fronte di scavo.

In merito a questo ultimo punto, il fluido dovrà avere caratteristiche tali da favorire la formazione di un cake ovvero di una membrana sulla superficie del fronte, che ha la finalità di:

evitare l'infiltrazione del fluido all'interno del terreno che comporterebbe la riduzione della stabilità del fronte sia per la riduzione della pressione di sostegno che la formazione di

sovrappressioni neutre nel terreno del fronte con riduzione di quelle efficaci;

garantire la micro-stabilità delle particelle di terreno o comunque di piccoli volumi di terreno sulla superficie del fronte, la cui instabilità progressiva comporterebbe una instabilità dell'intero fronte.

I suddetti fenomeni sono ovviamente in dipendenza dalla natura dei terreni e dalla loro permeabilità e sono risolti adottando una opportuna percentuale di bentonite, che assicura la formazione della membrana sulla superficie del fronte di scavo.

In particolare la percentuale di bentonite aumenta all'aumentare della permeabilità, perchè si necessita di una maggiore quantità di particelle fini per chiudere alla superficie le vie di filtrazione.

Le proprietà del fluido bentonitico diminuiscono durante lo scavo a causa del suo arricchimento in particelle fini provenienti dal terreno scavato e dalla diminuzione della percentuale di bentonite a causa della sua filtrazione nel terreno. Ne deriva che per mantenere efficace il fluido di scavo l'Impresa sulla base della sua esperienza dovrà adottare non solo un efficace impianto di trattamento (vasca di sedimentazione, vagli vibranti, idrocycloni, filtropressa) del fango di scavo per la separazione delle particelle di terreno scavato dalla bentonite, ma anche dovrà decidere se aggiungere nuova bentonite o speciali additivi, che dovranno avere comunque caratteristiche compatibili con l'ambiente.

Fluido da iniettare a tergo delle tubazioni

Le forze di attrito che si sviluppano tra la superficie esterna delle tubazioni ed il terreno circostante sono in funzione della lunghezza del micro – tunnel, del diametro delle tubazioni, della natura granulometrica dei terreni e del loro comportamento allo scavo, nonché della presenza o meno di una iniezione di fluido bentonitico a tergo delle tubazioni stesse.

In particolare il Progetto di Ricerca Francese sul Micro – tunneling, basato sul monitoraggio di numerosi casi reali, sottolinea che l'attrito diminuisce se diminuisce la granulometria del terreno;

aumenta la capacità di autoportanza del cavo (il terreno non si appoggia sulle tubazioni);

esiste un sistema di iniezione in continuo con controllo dei volumi e delle pressioni.

Nel caso in cui l'iniezione sia eseguita in modo sistematico e continuo con adeguati volumi di miscela si raggiunge la condizione limite per la quale l'attrito risulta indipendente dalla granulometria del terreno attraversato.

Inoltre se l'iniezione è effettuata continuamente si ottiene anche una azione che contrasta la convergenza del terreno durante i fermi cantiere tra una spinta e l'altra.

A valle delle suddette considerazioni, si prescrive per il progetto in essere di fare uso di un

sistema di iniezione automatico ed in continuo che permetta di misurare i volumi e le pressioni di iniezione della miscela bentonitica (2% di bentonite).

Saranno quindi adottate delle stazioni automatiche di iniezione, che verranno installate lungo il micro – tunnel.

L'iniezione avverrà attraverso le apposite predisposizioni.

I volumi di iniezione non dovranno essere in funzione delle caratteristiche geotecniche del sovrascavo.

La pressione di iniezione sarà pari a 2 bar e dovrà essere mantenuta costante durante tutta la durata dello scavo tramite iniezioni successive, se necessarie.

Al termine dello scavo verrà iniettata una miscela di acqua e cemento lungo l'intera lunghezza del micro – tunnel, al fine di ottenere la presa del fluido bentonitico iniettato durante lo scavo, evitando così deformazioni a lungo termine sia di tale anello sia del terreno sovrastante.

Monitoraggio

Il monitoraggio dovrà essere effettuato secondo le linee guida definite dalla Normativa Europea EN 12889:2000 “Trenchless Construction and testing of drains and sewes”.

Parametri di scavo

Si dovranno monitorare i seguenti parametri:

velocità di spinta;

momento torcente della testa di scavo;

la portata del fluido di scavo in ingresso ed in uscita della camera di scavo.

Questi parametri infatti regolano la pressione del fluido di scavo al fronte, che dovrà restare all'interno degli intervalli definiti per ciascuna unità stratigrafica, al fine di garantire la stabilità del fronte di scavo.

Traiettoria

La traiettoria della MTBM verrà controllata e monitorata tramite il sistema automatico di controllo tipo SLS – RV o tipo SLS – LT, che sono stati messi a punto per tracciati in curva.

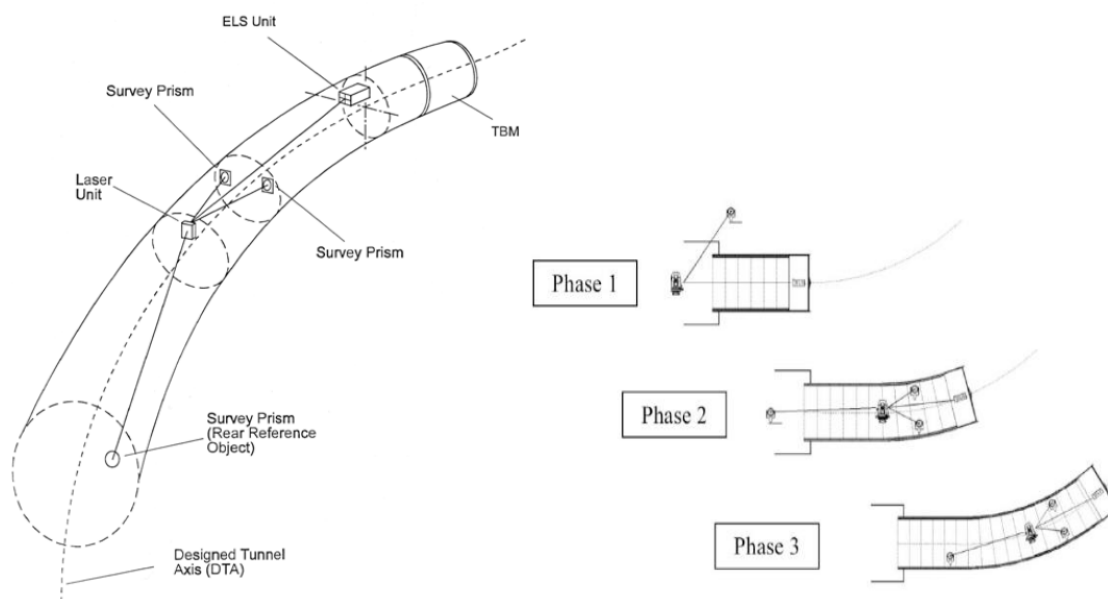
Si tratta di sistemi che controllano la reale posizione della MTBM tramite un raggio laser, che colpisce l'unità ELS (Electronic Laser System), che è montata sul retro dello scudo della MTBM.

Il sistema ELS è dotato di due inclinometri interni al fine di definire la corretta posizione dello scudo in termini sia di deviazione verticale ed orizzontale che di rotazione e di deviazione angolare dalla traiettoria di progetto.

Al fine di garantire che il laser di guida continui a raggiungere l'unità ELS anche in presenza di curve, il sistema di guida è dotato di una stazione automatica totale che colpisce l'unità ELS della MTBM e due prismi posti tra la fresa e la stessa stazione totale, andando così a misurare la traiettoria reale.

La posizione della stazione totale è ancorata a dei caposaldi, posti a tergo della stazione stessa, che sono stati definiti tramite precedenti misurazioni. La stazione totale deve essere installata su di una base di appoggio autolivellante, capace di correggere le eventuali rotazioni del tubo, dove la stazione è installata.

La Fig seguente riporta uno schema del sistema di guida appena descritto.



Sistema di guida della MTBM tipo SLS – RV o SLS – LT (da Niemeier W., 2006)

Il laser di guida ha il suo punto di inizio in corrispondenza del pozzo di spinta, dove deve essere posizionato in un punto fermo non soggetto a spostamenti indotti dal terreno o dall'anello di spinta.

Ne deriva che il laser non dovrà essere fissato in corrispondenza delle pareti del pozzo, ma dovrà essere installato sul solettone di base oppure dovrà essere sistemato in superficie all'esterno dell'area di influenza del pozzo.

In questo modo si eviteranno deviazioni della MTBM dalla traiettoria di progetto a causa di piccoli spostamenti del laser di guida.

Il monitoraggio della traiettoria reale della MTBM rispetto alla traiettoria di progetto dovrà avvenire tramite la misura dei seguenti parametri:

deviazione verticale;

deviazione orizzontale;

angolo di deviazione;

azimuth di deviazione.

Ogni deviazione dalla traiettoria di progetto dovrà essere tempestivamente corretta dall'operatore alla guida della MTBM, che dovrà azionare i pistoni di guida della testa di scavo. La correzione tuttavia non dovrà essere improvvisa e brusca in quanto si avrebbero forti disallineamenti tra tubi contigui con raggi di curvatura molto stretti, che potrebbero comportare concentrazioni delle forze di spinta.

Si dovrà inoltre avere cura che il sistema di spinta, posizionato nel pozzo iniziale, sia correttamente posizionato ed orientato in accordo con la traiettoria di progetto, al fine di non arrecare un errore sistematico di direzione.

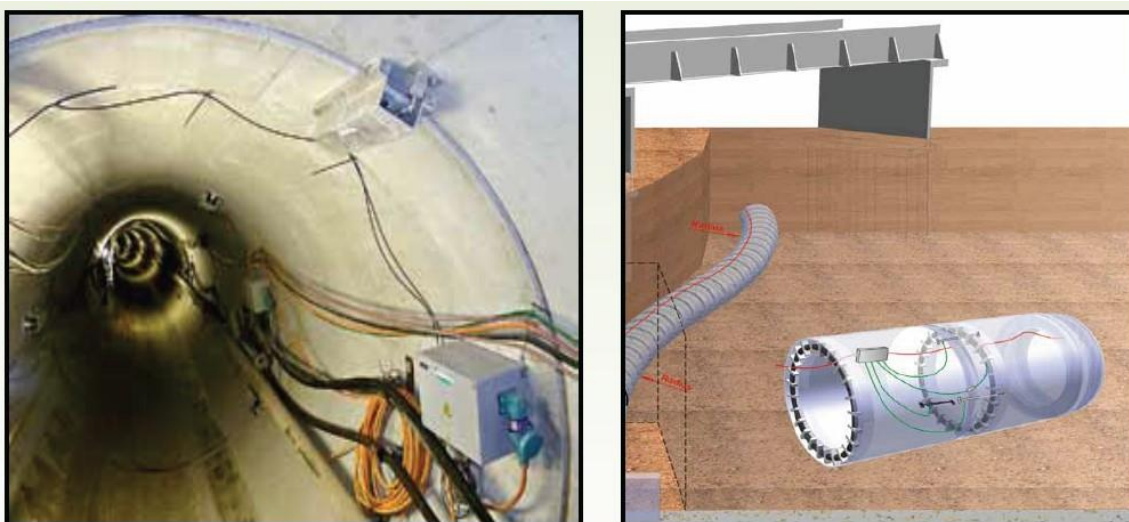
Anello ripartitore della spinta

Il sistema di monitoraggio che si dovrà adottare è quello fornito dalla società Jackcontrol. Tale sistema misura in corrispondenza di ciascuna interfaccia tra due tubi contigui i seguenti parametri:

pressione del liquido all'interno del giunto idraulico (una unità di misura per ogni giunto);

variazione della distanza con la spinta (tre unità di misura per ogni giunto)

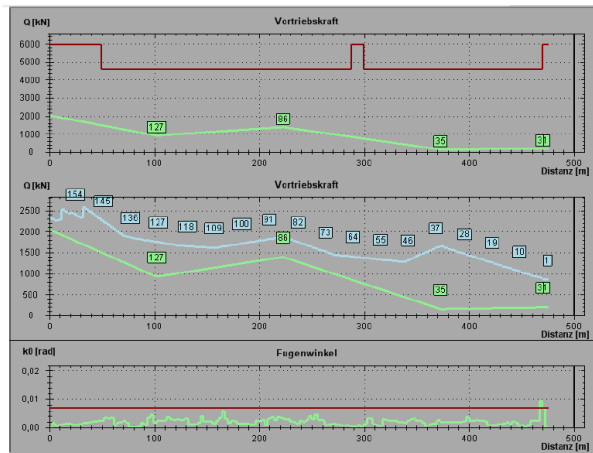
In questo modo è possibile misurare non solo la pressione reale di spinta in corrispondenza di ogni tubo, ma anche le sollecitazioni indotte. La Fig seguente riporta una immagine della strumentazione suddetta e della sua installazione in corrispondenza dei giunti.



Sistema di monitoraggio Jackcontrol della spinta - Strumentazione

Il monitoraggio avverrà in automatico e sarà installato un video all'interno del container di comando della MTBM, dove l'operatore che guida la fresa potrà verificare in tempo reale su appositi grafici il rispetto dei valori di progetto, si veda Fig 10-3.

Il programma avverte in automatico con segnale sonoro l'avvicinamento dei valori soglia.



Sistema di monitoraggio Jackcontrol della spinta - Restituzione grafica dei parametri letti

Questo sistema di monitoraggio è collegato in remoto alla casa madre svizzera della società Jackcontrol, dove un operatore controllerà l'andamento dei lavori e fornirà supporto tecnico al cantiere nel caso di raggiungimento di situazioni critiche in termini di tensioni trasferite ai tubi.

Questo sistema permetterà di ottenere alla fine della esecuzione del micro – tunneling lo stato di sollecitazione di ciascun tubo, certificando la corretta esecuzione dei lavori e quindi i requisiti prestazionali attesi.

Fluido di perforazione

Il decadimento delle caratteristiche del fluido bentonitico iniettato al fronte di scavo a seguito del suo arricchimento in particelle fini di terreno scavato dovrà essere adeguatamente controllato durante l'esecuzione dei lavori.

In particolare durante l'esecuzione dei lavori si dovranno controllare i seguenti parametri del fluido di perforazione:

peso dell'unità di volume che non dovrà essere superiore a 12 (KN/m³);

viscosità misurata al cono di Marsch che dovrà essere mediamente compresa tra 30 – 40 secondi in terreni fini;

contenuto in sabbia con valori inferiori a 4 – 5%;

pH tra 8 e 10.

I valori suddetti devono essere intesi come ordine di grandezza in quanto i valori reali dipenderanno dalle caratteristiche del fluido di perforazione adottato e dalla sua interazione con i terreni scavati.

Iniezione a tergo delle tubazioni

Il sistema di iniezione del fluido bentonitico all'interno del sovrascavo durante la perforazione

dovrà garantire il monitoraggio in automatico ed in continuo dei volumi e delle pressioni di iniezione.

I volumi di iniezione saranno funzione del sovrascavo.

La pressione di iniezione sarà pari a 2 bar e dovrà essere mantenuta costante durante tutta la durata dello scavo tramite iniezioni successive, se necessarie.

L'iniezione non sarà effettuata solamente a tergo dello scudo, ma dovrà essere eseguita tramite idonee stazioni di iniezione, che saranno installate lungo le tubazioni.

7. CARATTERISTICHE AGRONOMICHE E COLTURALI

Il clima del comprensorio Gerbini¹ è tipico della Piana di Catania con temperature invernali miti, anche se con pericolo di gelate tardive (marzo), e temperature estive molto alte, anche superiori ai 40°C.

La piovosità annuale è molto bassa - intorno ai 500 mm - e con maggiori concentrazioni nei mesi autunnali e vernini nei quali vengono a cadere il 75% delle precipitazioni.

I venti sono dominanti da est nei mesi primaverili-estivi e da ovest nei mesi invernali.

Sotto il profilo pedologico il comprensorio è costituito prevalentemente da alluvioni recenti, individuabili nella fascia compresa tra il fiume Dittaino ed il canale di q. 100, a tessitura franco e franco-sabbiosa, diffusamente investiti ad agrumeti, ed in piccola

parte da alluvioni terrazzate, oasisticamente interessate anche da cerealicoltura estensiva.

Il regime fondiario è caratterizzato dalla prevalenza di aziende medio-piccole considerando che nello schema Gerbini 1, di cui il lotto in esame è parte integrante, dette aziende hanno dimensioni inferiori ai 5 ha.

La forma di conduzione più diffusa è quella diretta del proprietario imprenditore, non sempre però occupato a tempo pieno nell'azienda.

L'utilizzazione attuale del suolo, risulta incentrata prevalentemente sull'agrumicoltura (22%) e sulla cerealicoltura.

Nel futuro assetto irriguo, a seguito della realizzazione delle opere in progetto e sulla base delle indicazioni fornite in sede di Piano di riordino irriguo, anche in questo comprensorio è possibile ipotizzare ci saranno medie variazioni percentuali delle superfici destinate alle legnose agrarie, mentre il seminativo, ora in irriguo, potrà coprire le restanti zone.

8. SCHEMA DI CALCOLO ADOTTATO

Il dimensionamento degli schemi irrigui in oggetto è stato svolto sulla base delle soluzioni progettuali individuate e scelte in sede di elaborazione del Piano Generale approvato.

Lo schema definitivo in tale sede ha subito alcuni adeguamenti a situazioni individuate nella verifica di dettaglio. Il criterio progettuale previsto per un esercizio irriguo alla domanda ristretta consentirà una buona elasticità a disposizione del Consorzio per riduzione del turno orario o per il recupero di brevi orari di dispensa o per la contemporanea adozione di vari sistemi irrigui.

Il dimensionamento delle condotte, come esposto nella “Relazione Idraulica” a cui si rimanda, è stato svolto utilizzando la programmazione lineare, con lo scopo di ricercare fra l'insieme delle soluzioni che garantissero un regolare funzionamento idraulico, quella che fosse anche di minimo costo globale della rete (ottimizzazione).

In tale fase di progettazione il dimensionamento è stato elaborato per la rete di distribuzione principale, sino alla consegna alle unità irrigue (Gruppo di consegna).

L'esperienza maturata per aree analoghe consente di definire con sufficiente idoneità i carichi da garantire alle consegne irrigue ed al peso economico della rete terziaria di distribuzione.

9. SCELTA DELLA TUBAZIONE: LA GHISA SFEROIDALE

Si premette che la scelta della tubazione possibile su condotte di grande diametro in pressione normalmente si orienta sulle seguenti quattro tipologie:

- Cemento Armato Precompresso (CAP)
- Polietilene ad Alta Densità (PEAD)
- Poliestere Rinforzato con Fibra di Vetro (PRFV)
- Acciaio
- Ghisa Sferoidale

La scelta è ricaduta sull'ultima tipologia (Ghisa Sferoidale) in quanto essa:

- ha una limitata resistenza alla corrosione, c o m u n q u e in ambienti di posa particolarmente aggressivi le tubazioni vengono interrato avvolte con guaine di polietilene.
- La resistenza all'urto ed all'abrasione è condizionata dalla resistenza del rivestimento interno dei tubi di ghisa sferoidale realizzato con malta cementizia.
- Le caratteristiche idrauliche delle tubazioni di ghisa sferoidale, legate al rivestimento cementizio interno, sono buone. Il giunto è a bicchiere con tenuta garantita da guarnizione di gomma.
- La posa in opera è condizionata dal peso elevato delle tubazioni. Il tubo, rigido, non richiede particolari prescrizioni per il letto di posa e per il rinfianco.

Appresso si riportano le principali caratteristiche di ogni tipologia:

10. TUBAZIONI IN C.A.P.

Il conglomerato cementizio è un materiale con bassa resistenza a sollecitazioni di trazione e caratteristiche di materiale fragile.

Pertanto è necessario introdurre nel materiale armature metalliche, che elevando la resistenza a trazione, riescono a contenere le deformazioni al disotto del limite di fessurazione.

Nel tempo, miglioramenti dei sistemi di controllo dei materiali adottati, la scelta di inerti opportunamente dosati, la riduzione degli spessori con l'affermarsi della tecnica della pre-compressione, procedimenti di fabbricazione tecnologicamente avanzati ed infine un maggiore controllo sulla qualità hanno consentito l'utilizzo di questi tipi di tubazioni. La scelta degli inerti, delle armature e le modalità di costruzione variano a seconda del campo di utilizzazione della tubazione.

I tubi in cemento armato precompresso sono dotati di armature di precompressione longitudinale e radiale. La prima ha la funzione di conferire resistenza alla flessione al tubo sia nel trasporto, nella posa in opera e per eventuali cedimenti del piano di posa; la seconda assolve al compito di eliminare sforzi di trazione del calcestruzzo per effetto della pressione interna e dei carichi esterni.

A seconda del procedimento di precompressione si possono avere due soluzioni: viene realizzata la precompressione radiale con eliche di filo d'acciaio armonico avvolte sotto tensione su un tubo-nucleo, precedentemente fabbricato con armature longitudinali pretese.

L'elica di precompressione, bloccata sul tubo, viene ricoperta con intonaco di protezione a sua volta ricoperto con uno strato di mastice bituminoso armato con tessuto di fibre di vetro. La precompressione longitudinale è importante anche in fase di realizzazione della precompressione radiale per evitare fessurazioni tra la zona cerchiata e quella ancora libera (effetto salciccia).

Una gabbia realizzata da un'elica di filo di acciaio sostenuta, non in tensione, su ferri piatti scanalati, integrata da un'armatura di precompressione longitudinale viene predisposta all'interno di due forme cilindriche verticali e coassiali, distanziate dello spessore previsto del tubo.

La sagoma esterna, realizzata in metallo, è suddivisa in settori metallici trattenuti da un sistema di molle tarate; la forma interna, realizzata in gomma, è libera di espandere.

Le due forme riproducono, in basso, la sagoma del bicchiere. Posta in tensione l'armatura longitudinale, viene realizzato il getto, opportunamente costipato con vibratorii. Durante la maturazione con vapore viene dilatata la cassaforma interna la quale trascinando il getto di cls e l'armatura elicoidale la mette in tensione.

La deformazione è controllata dai settori cilindri esterni. Raggiunta la maturazione, viene tolta pressione alla cassaforma interna e liberata l'armatura longitudinale.

Secondo la vigente Normativa Italiana, il passaggio da c.a.o a c.a.p. è condizionato da valori maggiori di 600 kg/cm del prodotto $p \cdot D$, con p [kg/cm^2], pressione massima di esercizio e D [cm], diametro della tubazione. I diametri dei tubi di calcestruzzo variano da 500 mm a 3500 mm. Dato il notevole peso, la lunghezza è limitata e, per i diametri maggiori, non supera i 3 m.

Il tipo di giunto caratteristico delle tubazioni di calcestruzzo è il giunto a bicchiere, ottenuto durante la fase di costruzione del tubo, con guarnizione di gomma sintetica.

L'estremo interessato dal bicchiere viene opportunamente rinforzata sia con aumento dello spessore e sia con rinforzo dell'armatura.

I pezzi speciali delle tubazioni c.a.o e c.a.p., di norma in acciaio, sono realizzati per saldatura di elementi ottenuti da canne dritte o da fogli di lamiera opportunamente tagliati, sagomati e saldati.

APPLICAZIONI IN CAMPO CONSORTILE E CONSIDERAZIONI FINALI

I tubi di calcestruzzo prefabbricati a sezione policentrica ovoidale e mistilinea vengono realizzati con getto di calcestruzzo entro forme verticali vibranti. Per i tubi realizzati con getto in opera, si utilizzano casseforme metalliche sagomate secondo le sezioni tipiche adottate nelle reti di fognatura.

I cementi impiegati sono di vario tipo, portland, ferrici, pozzolanici, d'alto forno, con resistenza caratteristica a 28 giorni pari a 325 kg/cm^2 . Per ambienti di posa molto aggressivi è necessario prescrivere cementi idonei.

La resistenza dei calcestruzzi all'aggressione da parte di sostanze acide ed alcaline è modesta così come la resistenza all'urto ed all'abrasione. Per tale ragione le canalizzazioni di calcestruzzo di regola sono realizzate con tubi rivestiti nella zona inferiore a contatto con i liquami con fondello e mattonelle di gres.

L'utilizzo diffuso dei tubi di calcestruzzo nel campo delle fognature è dovuto, oltre al basso costo, al fatto che gli effetti dell'aggressività da parte dell'ambiente di posa si manifestano a tempi lunghi, dato il notevole spessore delle tubazioni, malgrado l'elevato peso che, associato alla limitata lunghezza dei tubi, 1.0-2.0 m, ne rendono lente le operazioni di posa.

L'adozione di tubazioni di **Cemento Armato Precompresso (CAP)**, nel comprensorio irriguo consortile, di solito, hanno dato buona prova in quasi tutte le zone dove le stesse hanno avuto applicazione.

Purtroppo però tale impiego non ha trovato le stesse condizioni nel primo tratto oggetto di intervento (dalla sez. 1 alla 36 - sviluppo della condotta di circa 1.839,00 mt).

Infatti le continue venute idriche con conseguenti fenomeni di ruscellamento

superficiale e di infiltrazione meteorica associate alla natura plastica dei terreni (Limi Argillosi) e alla pesantezza della tubazione sono state una combinazione "esplosiva".

Tale mix ha avuto come effetto il perpetrarsi di continui cedimenti differenziali dei giunti della tubazione con conseguenti perdite.

Inoltre le consequenziali riparazioni sono molto onerose e mai risolutive.

Infine tale tubazioni è oggi di difficile reperimento sul mercato.

Per tali ragioni una riproposizione dello stessa tipologia di tubazione non si ritiene consigliabile.

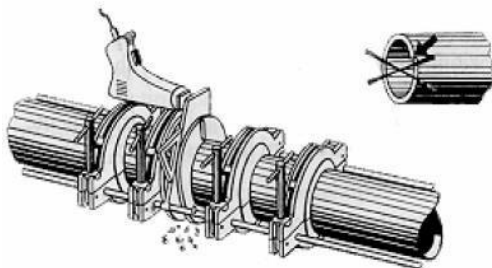
11. TUBAZIONI IN POLIETILENE AD ALTA DENSITÀ (PEAD)

Il polietilene ad alta densità è una resina termoplastica prodotta dalla polimerizzazione dell'etilene a bassa pressione. La protezione richiesta contro le alterazioni del prodotto causate dalla luce e dal calore è ottenuta aggiungendo sostanze stabilizzatrici e nerofumo. I tubi vengono prodotti per estrusione a caldo.

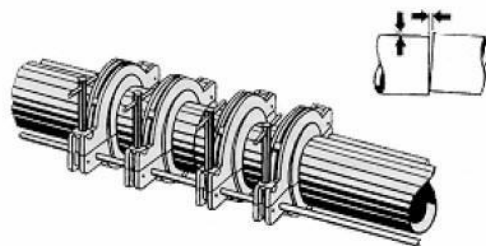
Per i tubi di grande diametro, i tubi possono essere giuntati con due sistemi:

- per saldatura testa-testa (Norma UNI 10520)
 - per elettrofusione (Norma UNI 10521)
- Saldatura testa-testa o a piatto caldo

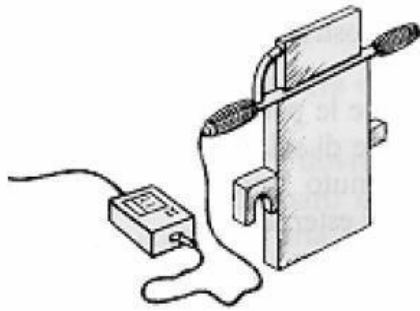
Le superfici da saldare vengono opportunamente regolarizzate e pulite e dovendo presentare le facce parallele ed un disassamento contenuto entro il 10% dello spessore del tubo, gli estremi delle condotte vengono allineati e bloccati con appositi posizionatori. Tra le testate viene inserita la termo-piastra; trascorso il tempo di riscaldamento delle testate, funzione dello spessore del tubo, le superfici da saldare, estratto rapidamente il piatto caldo, vengono accostate e compresse tra loro per un tempo anch'esso funzione dello spessore del tubo. Il tempo di saldatura è lento, variabile dai 10 minuti per DN 110 mm ai 28 min per DN 160. Per evitare discontinuità nel cordone di saldatura anche la fase di raffreddamento è lenta, di durata simile al tempo di saldatura; trascorso tale tempo è possibile liberare il tubo dalle ganasce del posizionatore.



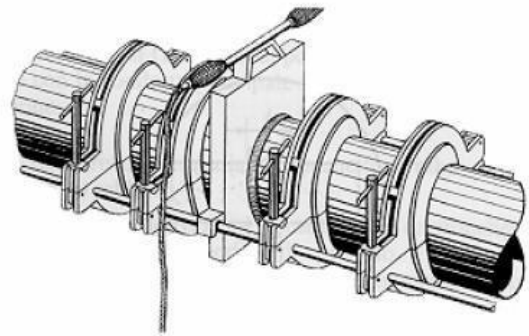
spianatura delle testate



controllo disassamento e complanarità



Termo-piastra

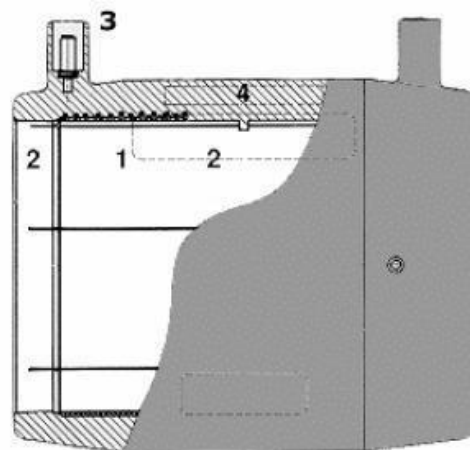


preriscaldamento delle testate

- Saldatura per termofusione

Questo tipo di saldatura consente collegamenti mediante un elemento a manicotto con resistenza incorporata (1). Nella parte superiore del manicotto sono ubicati due spinotti

(3) da collegare ad una saldatrice che, previa lettura di un codice a barre stampato sul manicotto, imposta automaticamente i tempi di saldatura, funzione del diametro e dello spessore del tubo. Anche in questo caso occorrerà preliminarmente preparare da collegare controllandone le testate che dovranno essere piane e ed ortogonali al proprio asse.



Le zone da saldare, sia dei tubi che dei raccordi, immediatamente prima della saldatura, dovranno essere privati di eventuali strati di ossidazione superficiali.

Durante la saldatura le resistenze (1) vengono portate ad una temperatura di circa 235°C; il tubo riscaldato tende ad espandere contro il raccordo mentre le zone fredde (2) tendono a solidificare il polietilene fuso che tende ad uscire.

Raggiunto il tempo necessario per la fusione letto automaticamente sul codice a barre incollato sul raccordo, funzione del diametro e dello spessore del tubo, la saldatrice si

spegne.

Dopo circa 20 minuti, a raffreddamento avvenuto, ha termine il procedimento. I diametri sono compresi tra 20 e 1200 mm; per diametri minori di 60 mm il prodotto viene commercializzato in rotoli.

Per diametri superiori il prodotto è fornito in barre lunghe da 6 a 18 m

CONSIDERAZIONI FINALI

Benché simili alle tubazioni di PVC sono raramente utilizzate nelle fognature. Il materiale ha un marcato comportamento viscoelastico e le deformazioni, sotto carico costante, aumentano

con il tempo. La resistenza chimica del PEAD, notevole a temperatura ambiente, dipende dallo stato di sollecitazione e diminuisce in presenza di elevati allungamenti (stress corrosion). L'effetto combinato dell'invecchiamento e della stress corrosion è la causa della

comparsa di fessurazioni sulla calotta e sul fondo delle tubazioni. Il PEAD, a volte, viene mangiato dai ratti.

L'adozione di tubi in **Polietilene ad Alta Densità** (PEAD), per tali diametri, rappresentano invece due ordini di problemi:

- fenomeni di ovalizzazione sotto l'effetto dei carichi soprastanti
- difficoltà nelle operazioni di saldatura con il metodo "testa-testa" (notevole spessore della tubazione)

Al secondo punto si potrebbe ovviare mediante saldatura ad "elettrofusione" ma tale applicazione diventa antieconomica per tubazioni di tali dimensioni.

Per tali ragioni proporre tale tipologia di tubazione non si ritiene consigliabile.

12. TUBI DI POLIESTERE RINFORZATO CON FIBRE DI VETRO (PRFV)

Le tubazioni di PRFV sono costituite da una matrice di resine termoindurenti del tipo poliestere insaturo (isofalica, bisfenolica, ortofalica) inglobante fibra di vetro. Le tubazioni di PRFV sono prodotte o per avvolgimento delle fibre di vetro su mandrino rotante e contemporaneo colaggio di resina, o per centrifugazione entro cassaforma rotante di resina e scaglie di fibre di vetro.

Le tubazioni sono costituite da non meno di tre strati dalle differenti distinte funzioni. L'interno, a contatto con il fluido, garantisce elevate prestazioni idrauliche, elevata resistenza chimica ed impermeabilità.

Lo strato intermedio ha funzione meccanico resistente. Lo strato esterno protegge le fibre dall'attacco ambientale.

Analogamente ai materiali termoplastici esaminati, anche il PRFV denuncia comportamento visco-elastico, ma molto meno accentuato. Infatti le caratteristiche

meccaniche decadono significativamente solo in presenza di temperature molto elevate ($t > 80^{\circ}\text{C}$). La durata tecnica del materiale risulta, pertanto, molto lunga.

La resistenza del materiale alla corrosione ed all'attacco di agenti chimici è elevata come sono ottime le caratteristiche idrauliche.

Le notevoli caratteristiche meccaniche ne consentono l'impiego anche nel campo delle pressioni medio alte, con limitazioni poste dall'elevato valore del coefficiente di Poisson. I diametri in produzione sono compresi tra 50 mm e 4000 mm.

Il prodotto è fornito in barre lunghe 6-12 m. I tubi vengono forniti con estremità a bicchiere sia per giunzione mediante saldatura chimica sia per giunzione con uno o due anelli di tenuta di gomma elastomerica.

I pezzi speciali sono ottenuti per avvolgimento delle fibre di vetro e colata di resina su anime metalliche poste in lenta rotazione. Si ricorre peraltro spesso all'adozione di pezzi speciali ottenuti da lamiere di acciaio saldate.

APPLICAZIONI IN CAMPO CONSORTILE E CONSIDERAZIONI FINALI

La resistenza chimica del PRFV è notevole anche ad elevate temperature. La resistenza all'urto ed all'abrasione è molto elevata. Le caratteristiche idrauliche del tubo di PRFV sono quelle di tubo liscio.

Nel campo delle fognature il giunto usuale è a bicchiere con tenuta assicurata da guarnizioni elastomeriche. Anche per queste tubazioni, vista la flessibilità, si raccomanda la posa su letto e con rinfianco realizzati con materiale arido compattato. Dato il contenuto peso, la movimentazione e posa delle tubazioni risulta agevole.

Le tubazioni in **P.R.F.V.**, qualora costruite e poste in opera in modo ineccepibile e con modalità tecnologicamente avanzate, di spessore adeguato e con filamento winding ad elevata resistenza, non hanno problemi sia in ordine alla deformabilità del piano di posa che in ordine alle caratteristiche meccaniche e chimico-fisiche dei terreni.

Purtroppo però quando questi criteri non sono rispettati in pieno, come nel nostro caso, tale tubazione subisce un repentino decadimento dei materiali costituenti la tubazione.

Innumerevoli sono stati e continuano ad essere le riparazioni effettuate dalle nostre maestranze a seguito delle continue perdite sia in corrispondenza dei giunti sia per le continue rotture delle tubazioni stesse.

Pertanto una riproposizione delle stesse non si ritiene consigliabile.

13. TUBAZIONI IN ACCIAIO

L'**acciaio** ha caratteristiche meccaniche migliori della ghisa sferoidale, ma è più soggetto alla corrosione elettrochimica e richiede adeguati rivestimenti interni ed esterni e protezioni catodiche. Adatto all'impiego con grandi pressioni.

Produzione:

- Tubi estrusi: solo per impieghi particolari.
 - Tubi senza saldatura (caratteristiche meccaniche e costi superiori ai tubi saldati) sono prodotti per laminazione da lingotti riscaldati a 1200° C.
 - Tubi saldati di piccolo diametro sono ottenuti da nastri di lamiera di larghezza pari alla circonferenza del tubo: vengono curvati sino ad assumere una forma cilindrica e saldati longitudinalmente all'interno ed all'esterno.
 - Tubi saldati di grande diametro: il nastro di lamiera viene calandrato avvolgendolo a spirale e saldato elicoidalmente all'interno ed all'esterno.
 - Saldature: a gas d'acqua, per induzione, ad arco con apporto materiale;
 - Finitura: asportazione del cordone di saldatura, calibratura e taglio del tubo, controllo radiografico e ad ultrasuoni della saldatura.
- DN 40-600 mm, PN 40-100 atm, Lunghezza può superare i 12 metri.

APPLICAZIONI IN CAMPO CONSORTILE E CONSIDERAZIONI FINALI

L'adozione di tubazioni in **Acciaio** in ambienti aggressivi ed in presenza di correnti vaganti comporta provvedimenti per la protezione catodica, che rappresenta comunque problemi di pratica ingestibilità per reti irrigue molto estese come quella in oggetto.

Pertanto un'applicazione di tale non si ritiene consigliabile.

14. TUBAZIONI IN GHISA SFEROIDALE

La ghisa è un materiale ferroso con elevato contenuto di carbonio. Nella fase di raffreddamento dallo stato fuso si ha la separazione di grafite sotto forma lamellare distribuita nella massa metallica. La presenza di grafite consente la lavorabilità della ghisa ma la rende, nel contempo, fragile e poco resistente.

Nel 1950, ricercatori americani, aggiungendo alla ghisa fusa alla temperatura di circa 1350 C, piccole quantità di magnesio, ottennero la ghisa sferoidale, caratterizzata dalla presenza di grafite libera in forma di noduli. Le caratteristiche meccaniche del nuovo materiale risultano confrontabili con quelle dell'acciaio per tubazioni, con perdita della fragilità e resistenza a trazione pari a 40-50 kg/mm².

La ghisa sferoidale è ottenuta per fusione, al cubilotto, di ghisa in pani, rottami di ghisa, acciaio e ferro leghe. Dal cubilotto la ghisa passa ad un forno elettrico il quale assicura uniformità di composizione e di temperatura. Il successivo trattamento di sferoidizzazione si raggiunge aggiungendo piccole quantità di magnesio ($\approx 0,06\%$).

I tubi di ghisa sferoidale vengono prodotti per centrifugazione entro conchiglia metallica (metodo De Lavaud-Arens) o entro cassaforma rivestita con terra da fonderia (metodo Moore).

Terminato il processo di fabbricazione i tubi sono avviati alla zincatura e collaudati idraulicamente. A questo punto viene applicato, internamente e per centrifugazione, un rivestimento realizzato con malta di cemento alluminoso che conferisce al tubo un miglior coefficiente di scabrezza.

Al termine della stagionatura del rivestimento interno le tubazioni vengono verniciate, esternamente, con vernici bituminose applicate a spruzzo.

I tubi di ghisa sferoidale sono prodotti in barre lunghe 6 m con diametri variabili da 40 mm a 2600 mm. Il giunto è a bicchiere con tenuta assicurata da guarnizione di gomma. Per terreni aggressivi si adotta un rivestimento esterno multistrato zinco + alluminio dove l'alluminio ha la funzione di prolungare, nel tempo, l'azione protettiva dello zinco e quindi la durata del tubo.

Un'ulteriore protezione è data da un ulteriore rivestimento di finitura con vernice epossidica di azzurro che sostituisce la tradizionale vernice bituminosa.

Fasi di montaggio dei tubi di ghisa con giunto Rapido:

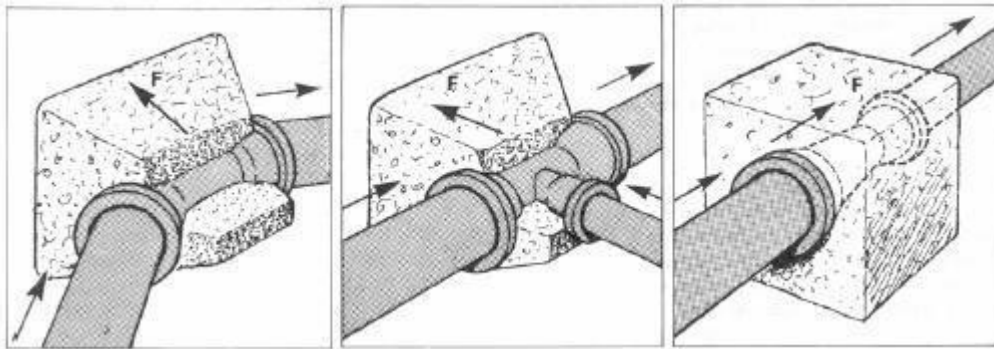
1. pulizia accurata dell'interno del bicchiere, sede della guarnizione, e dell'estremità liscia del tubo da imboccare;
2. tracciamento della linea di fede di lunghezza inferiore di 10 mm rispetto alla profondità del bicchiere; questo giuoco, all'interno del bicchiere, ha lo scopo di assicurare la discontinuità elettrica e meccanica della condotta;
3. introduzione della guarnizione con la coda di rondine rivolta verso il fondo del bicchiere;
4. verificata la coassialità delle tubazioni , avviene la messa in tiro fino a quando la linea di fede raggiunge il lembo del bicchiere.

Nelle tubazioni unite con giunti a bicchiere la pressione interna P agisce perpendicolarmente a qualsiasi piano generando una forza $f=P*\omega$ (ω area della sezione).

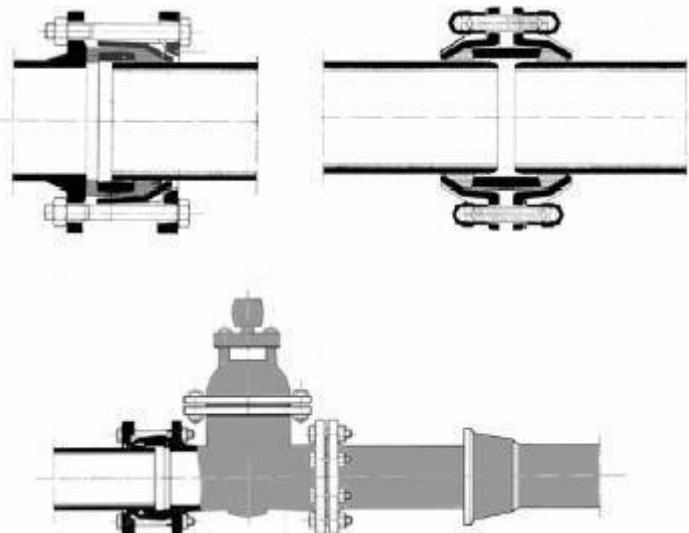
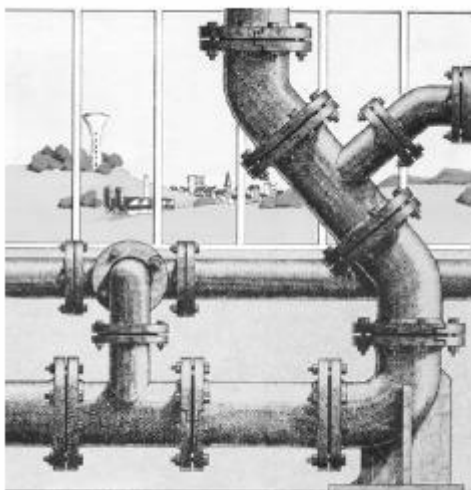
Tutte le componenti radiali sono contenute dallo spessore della parete del tubo; le componenti assiali agiscono su di un piano perpendicolare all'asse del tubo. Nel caso di un cambio di direzione le forze $P*\omega$ si compongono in una forza risultante F .

Generalmente queste forze risultanti sono bilanciate da blocchi di ancoraggio, opportunamente dimensionati, o solidarizzando le tubazioni in tratte sufficientemente lunghe per equilibrare queste forze con l'attrito che si genera tra condotta e terreno.

Nelle tubazioni di acciaio la solidarizzazione delle tubazioni è conseguente alla giunzione per saldatura mentre nella tubazioni di ghisa possono essere utilizzati giunti antisfilamento.



Ai tubi per condotta si unisce una vasta gamma di pezzi speciali, realizzati per colata entro forme fisse della ghisa fusa, con le estremità generalmente a bicchiere o a flangia, all'interno dei manufatti, o quando è necessario introdurre riduzioni, giunti di smontaggio e valvolismi.



CONSIDERAZIONI FINALI

Data la limitata resistenza della ghisa alla corrosione, in ambienti di posa particolarmente aggressivi le tubazioni vengono interrate avvolte con guaine di polietilene. La resistenza all'urto ed all'abrasione è condizionata dalla resistenza del rivestimento

interno dei tubi di ghisa sferoidale realizzato con malta cementizia.

Le caratteristiche idrauliche delle tubazioni di ghisa sferoidale, legate al rivestimento cementizio interno, sono buone. Il giunto è a bicchiere con tenuta garantita da guarnizione di gomma.

La posa in opera è condizionata dal peso elevato delle tubazioni. Il tubo, rigido, non richiede particolari prescrizioni per il letto di posa e per il rinfiacco.

Per tutto quanto sopra premesso tale tubazione è quella che più si adatta alle condizioni progettuali e di successiva gestione.

15. RIUTILIZZO DELLE ACQUE REFLUE

In virtù di passati programmi di pianificazione delle risorse idriche, anche nella considerazione di un progetto elaborato dal comune di Catania e dei consequenziali lavori (in corso di svolgimento) si è prevista la possibilità di riutilizzare le acque reflue depurate dal depuratore di Pantano d'Arce a servizio dell'agglomerato di Catania.

Così come concordato in sede di conferenza dei servizi con la Sidra (Ente Gestore) ed il comune stesso, nell'adduttrice da sostituire si è previsto un punto di innesto delle acque depurate (Vedi All. 15.8).

Non appena saranno ultimati i lavori, questo Consorzio avrà la possibilità di utilizzare, da tale punto di immissione e con carattere stagionale, le acque provenienti dal depuratore di Catania.

16. DESCRIZIONE E CATEGORIE DEGLI INTERVENTI

Le categorie delle lavorazioni previste nel progetto di che trattasi sono le seguenti:

- 1) *Dismissioni Trasporti e Conferimenti*
- 2) *Opere in C.A.*
- 3) *Opere di Attraversamento*
- 4) *Opere in Ferro*
- 5) *Apparecchiature*
- 6) *Impermeabilizzazioni*
- 7) *Pezzi Speciali*
- 8) *Scavo e posa tubazione*
- 9) *Stradella Adiacente alla Condotta*
- 10) *Lavori in economia per Derivazioni e Allacci*

1) *Dismissioni Trasporti e Conferimenti*.....€. 257.928,28

Considerata la natura del progetto in questione, che prevede la sostituzione di condotte già esistenti, occorre prevedere interventi di dismissione e/o demolizioni, con successivi fasi di trasporto e conferimenti ad impianti autorizzati delle tubazioni e/o manufatti esistenti.

In particolare, oltre alla rimozione delle condotte presenti nel cavo esistente, saranno demoliti i blocchi d'ancoraggio, i pozzetti di derivazione e regolazione esistenti etc. con produzione di ingenti volumi di rifiuti inerti da smaltire secondo le vigenti norme dettate dal D. Lgs. 152/06 e ss.mm.ii.

Tutti le varie tipologie di materiali demoliti e/o rimossi, saranno conferiti a discarica autorizzata, tranne la condotta in CAP, la quale sarà adeguatamente trasportata e stoccata nel centro periferico consortile di Sferro per poi essere utilizzata nei frequenti successivi interventi di manutenzione quali attraversamenti stradali, sostituzione di condotte a pelo libero etc.

2) *Opere in C.A.*€. 3.271.272,11

In particolare tali opere riguarderanno l'esecuzione di:

- manufatti per apparecchiature idrauliche:

In particolare si prevede la realizzazione di pozzetti in c.a. di idonee dimensioni atti ad allocare gli organi di regolazione e sezionamento presenti lungo la condotta oggetto di intervento.

- soletta tubazione:

In corrispondenza del tratto da bonificare, sarà previsto un massetto armato al di sotto della prevista condotta in ghisa sferoidale al fine di ripartire il carico della stessa evitando così i continui cedimenti differenziali del terreno sottostante.

- blocchi ancoraggio:

In corrispondenza delle variazioni angolari planimetriche ed altimetriche della condotta saranno, inoltre, previsti nuove opere di contrasto in cls debolmente armato (blocchi d'ancoraggio), al fine di bilanciare le pressioni interne a cui è soggetta la menzionata condotta di progetto.

- solette per attraversamento e per sfiati:

Ulteriori opere in c.a. dovranno essere previste in corrispondenza degli attraversamenti delle stradelle private esistenti al fine di ripartire i carichi accidentali soprastanti e non danneggiare così la condotta sottostante.

Altresì saranno realizzate delle piastre in c.a. come base dei “gabbionti” di protezione degli sfiati ubicati al di sopra della condotta.

- cunetta a sezione trapezia:

Come dettagliatamente detto in precedenza, tale cunetta in c.a. sarà ubicata a monte del tratto di condotta, presente dalla sez. 4 alla sez. 49a.

Tale cunetta, avrà il compito di raccogliere le continue infiltrazioni superficiali delle acque provenienti dalla zona a sud avente giacitura a quota più elevata e proteggere dunque la condotta da movimenti del terreno sottostante.

3) *Opere di Attraversamento*€. 793.077,68

Nel dettaglio tali opere riguardano l’attraversamento delle barriere naturali (torrenti e fossi di scolo) ed artificiali (strade e ferrovie) di seguito riepilogate:

- attraversamento Strada Provinciale ex Consortile n. 5 e Torrente Benante n. 1;
- attraversamento ferrovia Ct-Sr con microtunneling;
- attraversamento S.P. ex Consortile n. 4 con microtunneling;
- attraversamento Benante n. 2;
- attraversamenti di fossi minori;

Come facilmente intuibile, le opere di attraversamento dei torrenti e dei fossi di scolo saranno realizzate con tecniche di ingegneria naturalistica al fine di mitigare l’impatto ambientale.

Ed infatti a valle ed a protezione della condotta di attraversamento, verrà ubicata un filare di gabbionate metalliche dim, 2,00x1,00x1,00 opportunamente sagomato secondo la sezione dell’alveo dei rispettivi corsi d’acqua da attraversare.

Al di sopra della stessa condotta verrà altresì posto, per una fascia di rivestimento di m. 4.00, il materasso tipo “Reno” avente spessore di cm 30.

Invece nessun disservizio sarà reso alle due infrastrutture importanti da attraversare (la Ferrovia Ct-Sr e la S.P. ex cons. n.4).

Infatti i due attraversamenti saranno garantiti mediante la spinta, con microtunneling, di apposito tubo guaina avente diametro interno di 1600 mm (in acciaio per la tratta ferroviaria ed in acciaio per la S.P.) entro cui successivamente ubicare apposita condotta in acciaio Dn 1000.

4) *Opere in ferro*.....€. 97.770,54

In tale categoria di lavoro sono comprese tutte forniture e lavorazioni delle opere in ferro, opportunamente zincate, a corredo dei pozzetti più volte menzionati quali:

- profilati di sostegno di tali lamiere dei pianerottoli intermedi di copertura

- scale a pioli

Inoltre i citati pianerottoli intermedi saranno realizzati in grigliato elettrofuso autoportanti così come nonché i gabbioni di protezione degli sfiati lungo la condotta.

5) *Apparecchiature*.....€. 351.623,88

Verranno sostituiti nonché integrati tutti gli organi di regolazione e di sezionamento (Sfiati, Saracinesche, Valvole a Farfalla, Misuratori di portata e giunti dielettrici).

Ciò al fine di garantire la sicurezza della condotta, di rendere più versatile la gestione della stessa in condizioni di esercizio e di creare meno disservizi all'utenza in caso si presentasse la necessità di interventi di manutenzione.

6) *Impermeabilizzazioni*.....€. 74.894,02

Considerata la notevole presenza di acqua di infiltrazione meteorica, tutta la porzione interrata dei nuovi pozzetti previsti in progetto sarà opportunamente impermeabilizzata mediante la stesura di due mani a spatola o a spruzzo con intonacatrice, di malta bicomponente elastica a base cementizia, per uno spessore finale non inferiore a 2 mm con interposto, tra il primo ed il secondo strato, di apposita rete in fibra di vetro.

Tale intervento garantirà nel tempo l'incolumità delle onerose apparecchiature poste all'interno dei pozzetti.

7) *Pezzi Speciali*.....€. 1.004.317,51

In corrispondenza delle variazioni angolari planimetriche ed altimetriche, nonché delle derivazioni della condotta saranno previsti i pezzi speciali in ghisa all'interno dei pozzetti, dei blocchi d'ancoraggio e delle derivazioni, mentre si utilizzerà l'acciaio negli attraversamenti e negli allacci con le secondarie esistenti.

8) *Scavo e posa tubazione*€. 9.989.552,96

Tali categorie di lavorazioni, maggiormente incidenti dal punto di vista economico vengono di seguito suddivisi per singoli tratti funzionali:

- dalla sez. 4 alla sez. 36
- dalla sez. 36=1 alla sez. 120
- dalla sez. 120 alla sez. 217

La parte di condotta compresa tra l'inizio intervento ed il primo attraversamento benante (dalla sez. 4 alla sez. 49a) sarà posata, come detto, a quota di sedime, su apposito massetto armato.

Successivamente la stessa verrà ricoperta da un primo strato di rilevato costituito da

materiale arido, da un secondo di materiale vegetale proveniente dagli scavi ed infine, dopo aver opportunamente sagomato i due strati, detto rilevato sarà rivestito da apposita geogriglia a nido d'ape e successivamente ricoperta da terreno vegetale

La restante parte sarà invece interrata con la generatrice superiore del tubo sempre al di sotto di m. 1,00 dal piano di campagna.

All'interno del cavo, opportunamente predisposto al fine di garantire la sicurezza delle successive lavorazioni, sarà steso il letto di posa in pietrischetto a pezzatura fine avete spessore minimo pari a cm 20, opportunamente steso e costipato.

Successivamente verrà postata la condotta in ghisa di vario diametro e interamente ricoperta con sabbia fino al raggiungimento di uno spessore di cm 30 sopra la generatrice superiore della condotta posata.

9) *Lavori in economia per Derivazioni e Allacci*.....€. 54.137,62

Infine vengono quantificati, materiali, manodopera e mezzi necessari a tutte le opere di allaccio alle secondarie esistenti così come appresso elencati:

- U.I.9 - Dn 160;
- secondaria F4 - Dn 250;
- U.I. 10 - Dn 160;
- secondaria G - Dn 500;
- U.I. 11 - Dn 160;
- U.I. 12-13 - Dn 500 e Dn 200;
- secondaria H1 - Dn 250;
- U.I. 14 - Dn 500;
- secondaria H2 - Dn 500;
- secondaria H3 - Dn 500;
- U.I. 15 - Dn 125;
- U.I. 16 - Dn 160;
- U.I. 17 - Dn 180;
- U.I. 18 - Dn 225;
- U.I. 19 - Dn 250;
- secondaria H4 - Dn 350 (3° Attr. Benante);
- secondaria H4 - Dn 300 (V30);
- secondaria H4 - Dn 200 (sez. 142).

Catania, 27/05/2017

Il Progettista

(Dr. Ing. Vittorio Angelo Longo)