



Posa di tubazioni a spinta mediante perforazioni direzionabili

- *Elementi di progettazione e modalità di esecuzione delle tecnologie di perforazione a spinta guidate:*
 - ❖ *Scudo direzionale aperto*
 - ❖ *Microtunnelling*
 - ❖ *Pilot System*

Marcello Viti



Le tecniche di posa tubazioni con perforazione orizzontale a spinta:

- Tecnologie di spinta:

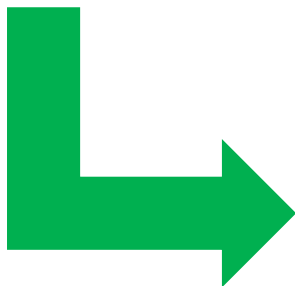
- **non guidate:** →

L'avanzamento non può essere direzionato ma si sfrutta la rigidità del tubo per il mantenimento della traiettoria di progetto. Lo scavo può avvenire per *dislocamento* o per *asportazione* del terreno.

- **guidate:** →

L'avanzamento può essere direzionato ed utile a seguire una traiettoria rettilinea o anche a seguire una traiettoria curvilinea ed articolata definita in progetto. Lo scavo avviene *con asportazione* del materiale ed il suo trasporto all'esterno del tunnel.

Definizione del quadro geologico ed idrogeologico del progetto



- Analisi geomorfologica e geologica di campagna
- Sondaggi con prelievo campioni indisturbati/ Test penetrometrici
- Investigazione geofisica
- Test di laboratorio
- Relazione geologica e geotecnica



Valutazione della fattibilità



Scelta della tecnica



Riduzione al minimo dei rischi



- **Sopralluogo**



- Rilevamento geologico, analisi degli affioramenti,
- valutazione di idrografia superficiale
- condizioni idrogeologiche visibili

- **Bibliografia**



- Carte geologiche, geomorfologiche
- Documenti da opere già costruite nella zona

- **Sondaggi**



- Carotaggi e prelievo campioni indisturbati
- Prove SPT in foro
- Livello della falda
- Prove di permeabilità Lefranc (terreno) o Lugeon (roccia)

- **Penetrometrie**



- Prove penetrometriche statiche CPT
- Prove penetrometriche statiche CPTU (per terreni saturi danno info anche sulla pressione interstiziale)
- Livello della falda



- **Indagini geofisiche**



- Indagini GPR o radar
- Indagini sismiche attive con metodologia a rifrazione e riflessione e restituzione tomografica
- Indagini elettriche di tipo ERT a restituzione tomografica eseguite/restituite in 2D o 3D

- **Test di laboratorio sui campioni prelevati**



- Prova granulometrica
- Limiti di Atterberg sui campioni coesivi
- Prove uniassiali, edometriche e di taglio
- Prove di abrasività Cerchar

- **Relazione geologico/geotecnica**



- Confronto, correlazione delle informazioni recuperate direttamente o meno.
- Restituzione delle informazioni dirette risultanti dalle prove eseguite e loro correlazione/integrazione



I tubi di spinta:

Tubi in calcestruzzo:



Tubi in PRFV:



Tubi in GRES:





Le tecniche di perforazione a spinta guidate:

Le tecnologie di spinta guidate che andremo ad analizzare presentano molti punti in comune in quanto tutte derivanti dalla tecnica principe di scavo automatizzato delle gallerie quella della **TBM (Tunnel Boring Machine)**

Sistema di scavo:



- Testa fresante a tutta sezione
- Utensili a benna o fresa puntuale
- A mano con utensili e/o esplosivi

Sistema di smarino:



- Meccanico
- Idraulico

Postazione operativa:



- All'interno del tunnel con controllo diretto
- All'esterno del tunnel con controllo remoto



Punti comuni alle diverse tecniche di spinta direzionata:

Le tecniche di spinta direzionate viste, hanno alcuni aspetti operativi in comune mentre si differenziano in modo sostanziale in altri

Pozzi di spinta ed arrivo:



- Tecniche costruttive differenti legate alla composizione idrogeologica presente
- Dimensioni e forme variabili a seconda del diametro di spinta, della tipologia di macchina utilizzata, del progetto da realizzare

Pistoni di spinta:



- Rappresentano il più comune sistema utilizzato per la spinta; possono essere utilizzati in numero di 2, 3 o 4.

Sistema di guida:



- Di tipo laser, i più comunemente utilizzati
- Di tipo giroscopico, soprattutto utilizzati nelle traiettorie curvilinee

Stazioni di spinta intermedia:



- Utilizzate per aumentare le lunghezze di posa eseguibili (utilizzabili soltanto per tubazioni DN>1200 mm)



Il pozzo di spinta

Il pozzo di spinta deve essere progettato per:

- rimanere in asciutto
- poter assicurare il contrasto alla forza di spinta
- garantire la sicurezza degli operatori





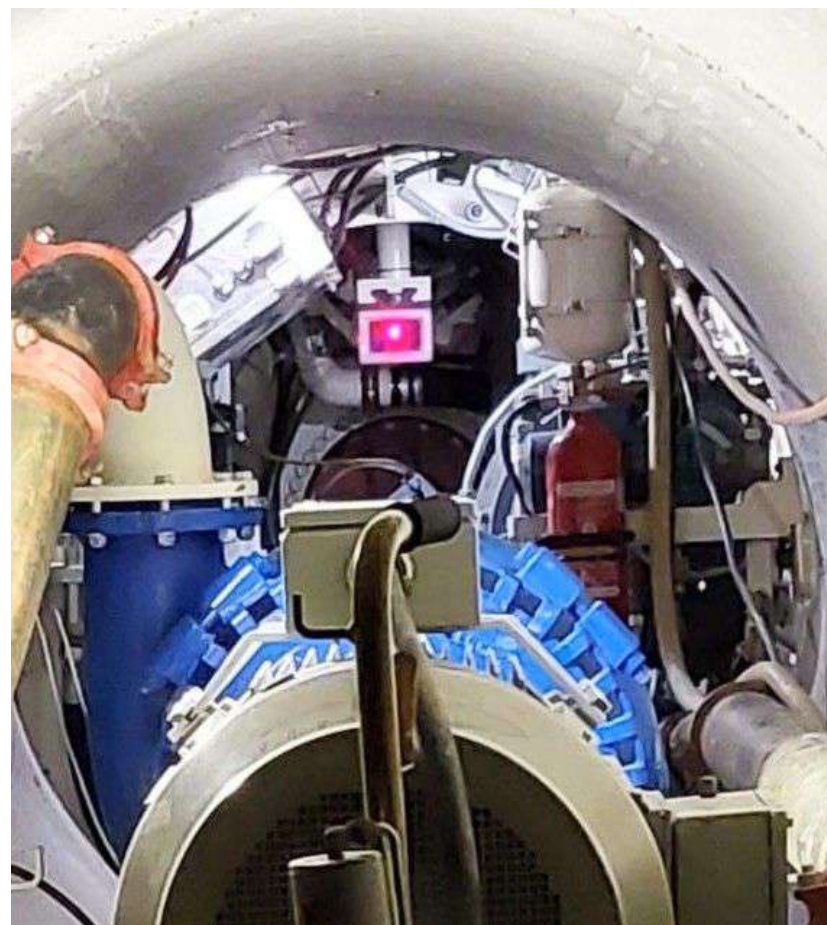
Pistoni di spinta

I pistoni di spinta in numero adeguato dipendente dalla MTBM utilizzata e dalle forze di spinta ipotizzate, sono generalmente di tipo oliodinamico con escursioni comprese tra i 2 ed i 3,5 metri



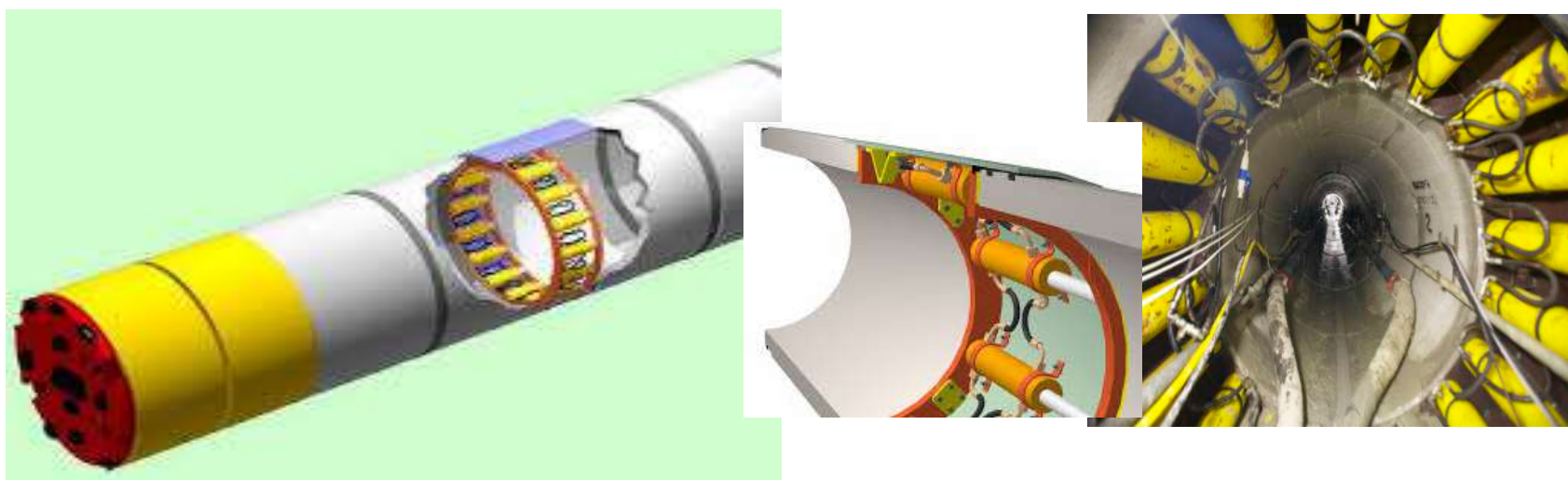
Sistema di guida laser

Il laser è posizionato saldamente all'interno del pozzo ed emette il suo segnale che percorre la galleria realizzata fino al recettore del raggio posizionato in testa di scavo



Le stazioni di spinta intermedia

Le stazioni intermedie consistono in un dispositivo tubolare in acciaio, telescopico, dello stesso diametro dei tubi da spingere. All'interno della stazione intermedia sono alloggiati una serie di martinetti idraulici di piccole dimensioni, che costituiscono di fatto una stazione di spinta secondaria, che consente al dispositivo di allungarsi e di ritirarsi.

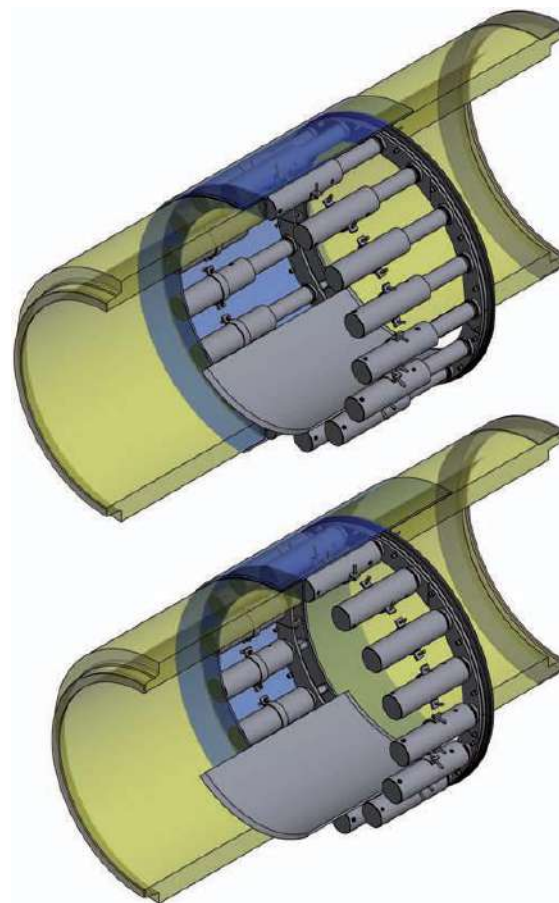


Le stazioni intermedie vengono installate per realizzare tratte lunghe quando la sola forza di spinta espressa nel pozzo non è ritenuta sufficiente. Possono essere installate diverse stazioni normalmente ogni 100 - 140 m ma questo è strettamente legato al DN del tubo, alla geologia presente e alla traiettoria da eseguire

Stazione di spinta intermedia – Il funzionamento

Ipotizziamo di avere un sistema con 2 stazioni di spinta intermedia che chiameremo, partendo dal pozzo andando verso il fronte di scavo, (**Sa**) e (**Sb**)

Fase di spinta: In fase di avanzamento del tunnel la stazione intermedia (**Sb**), vincolata nella parte posteriore dalla porzione di tunnel retrostante, spingerà il fronte di scavo del tunnel allungando i pistoni. Poi toccherà alla stazione (**Sa**) posta dietro e anch'essa vincolata nella porzione retrostante dal resto del tunnel, di spingere in avanti, il tratto tra essa e la stazione (**Sb**) causando la chiusura dei pistoni della stazione (**Sb**); ultima fase la stazione principale nel pozzo spingerà i tubi tra esso e la stazione (**Sa**) causando la chiusura dei pistoni di (**Sa**). E così nuovamente per ogni successivo avanzamento.





Sistema a scudo direzionato aperto

Definito anche comunemente come ***microtunnelling a scudo aperto***, è costituito da una testa articolata tridimensionalmente, direzionabile secondo le traiettorie di progetto. La precisione che si ottiene è centimetrica e possono essere realizzate anche livellette dell'ordine del "per mille"

Condizioni di utilizzo:



- Terreni granulari da mediamente a molto addensati; terreni
- Terreni coesivi anche molto consolidati
- Roccia fino a resistenze alla compressione di 60-70 Mpa

Vantaggi del sistema:



- Aree cantiere limitate
- Non utilizzo di fluidi di perforazione e di fanghi di risulta
- Possibilità di intervento diretto sul fronte di scavo

Svantaggi del sistema:



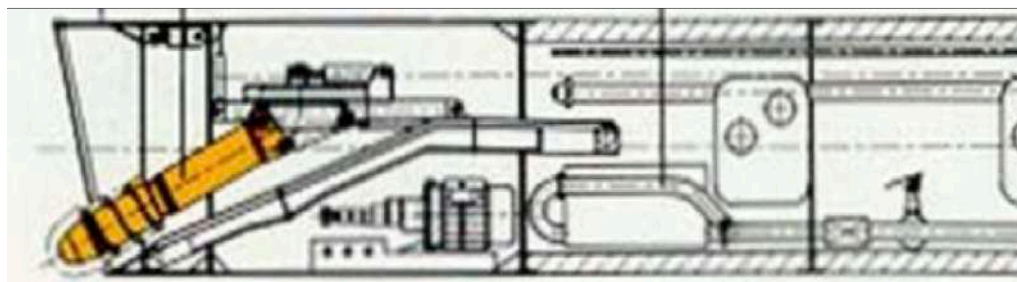
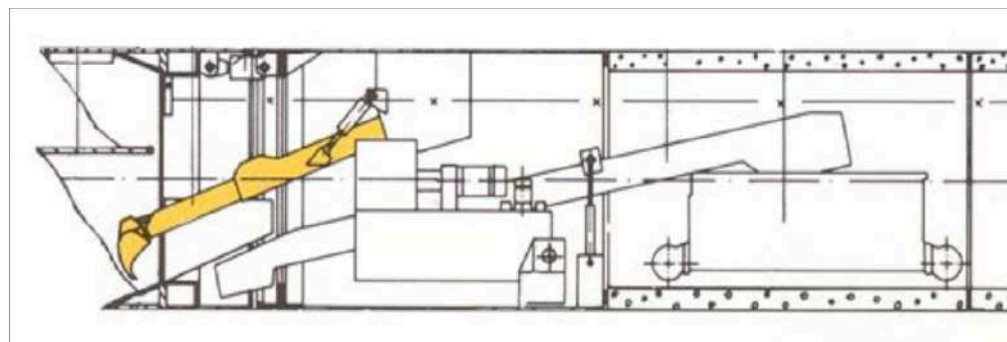
- Impossibilità di utilizzo sotto battente idraulico superiore ad $\frac{1}{4}$ del diametro
- Presenza dell'operatore nella zona prossima al fronte di scavo
- Avanzamenti ridotti rispetto ai sistemi a smarino idraulico



Scudo direzionale aperto

Terreni granulari e coesivi: Il fronte di scavo viene fatto franare all'interno della camera utilizzando la benna meccanica.

Roccia: la fresa puntuale rotante aggredisce la parete rocciosa disgregandola



Sistema a scudo direzionato aperto:

Sistema di smarino:

- Trasporto con carrelli su rotaia



- Trasporto su nastro





Sistema a scudo direzionato chiuso:

Definito anche comunemente come ***microtunnelling a scudo chiuso o semplicemente Microtunnelling***, è costituito da una testa con scudo a tutta sezione articolata tridimensionalmente, direzionabile secondo le traiettorie di progetto da remoto ossia senza la presenza di operatore nel tunnel. La precisione che si ottiene è centimetrica e possono essere realizzate anche livellette dell'ordine del "per mille"

Sistema con smarino idraulico (slurry system):



- Possibilità di operare con battenti di falda di decine di metri
- Alta produttività in avanzamento
- Assenza di personale in tunnel

Sistema con smarino meccanico o a coclea:

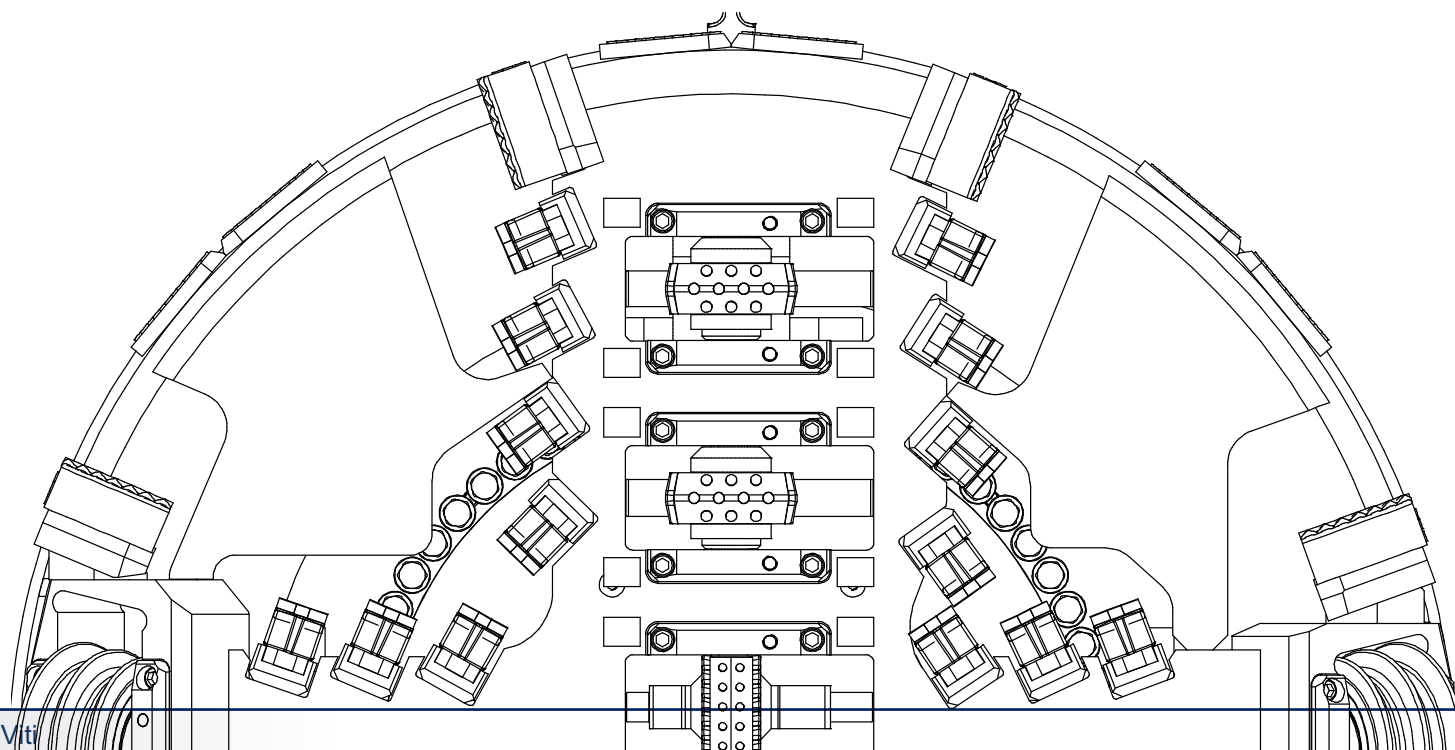


- Aree cantiere limitate
- Non utilizzo di fluidi di perforazione e di fanghi di risulta

Sistema microtunnelling:

La Tecnologia:

Il Microtunnelling è una metodologia di perforazione per mezzo della quale, con una macchina per scavo di gallerie, vengono posate in opera tubazioni a spinta, tra due pozzi, con un controllo da remoto eseguito attraverso una centrale di comando posta in superficie.



Marcello Viti

Posa di tubazioni con perforazione a spinta guidata



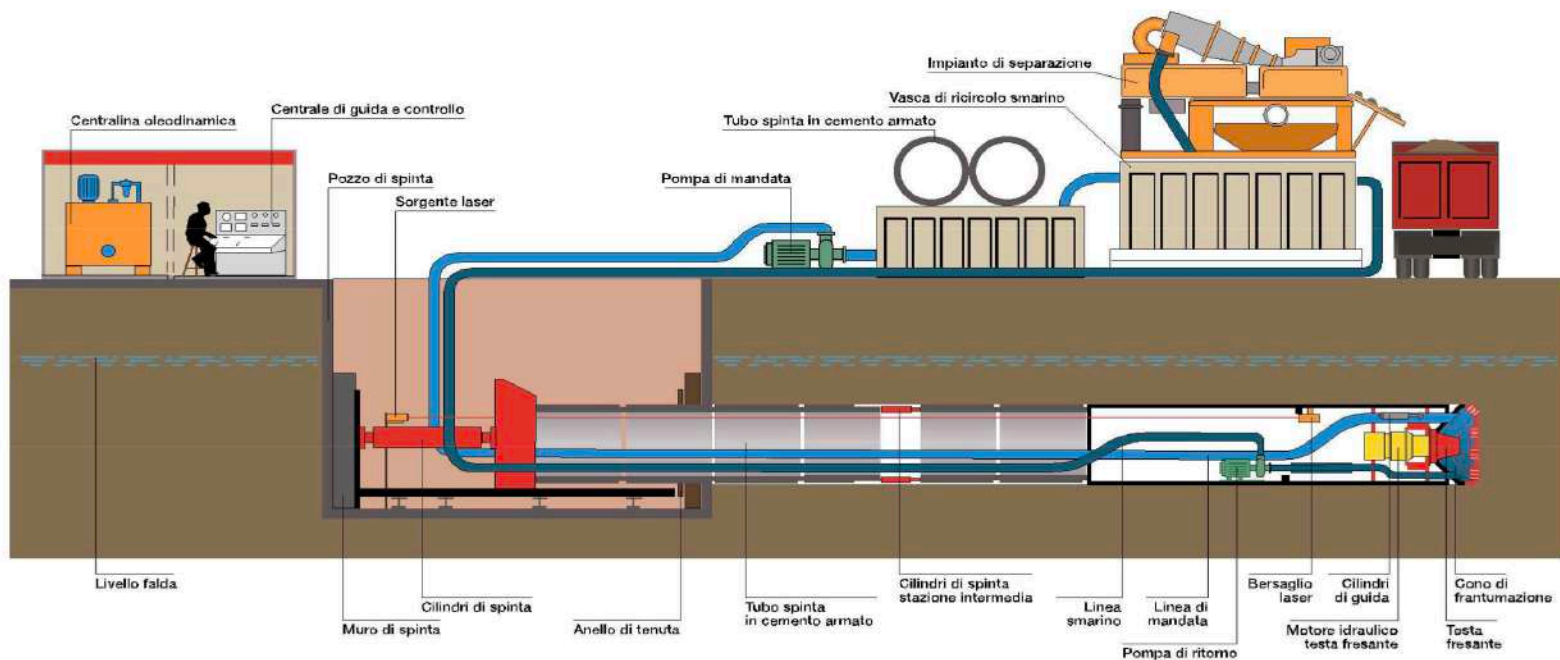
La Tecnologia

Il sistema è costituito da una **testa fresante** che disgrega il terreno e che attraverso il proprio movimento di rotazione lo indirizza verso la linea di smarino che può avere un trasporto idraulico o meccanico. La testa è munita di adeguati utensili di scavo, diversi a seconda dei terreni da affrontare. La parte retrostante della testa è inoltre dotata di uno snodo orientabile che, attraverso opportuni pistoni idraulici azionati da remoto, consente di “guidare” l’avanzamento durante la perforazione.



La Tecnologia

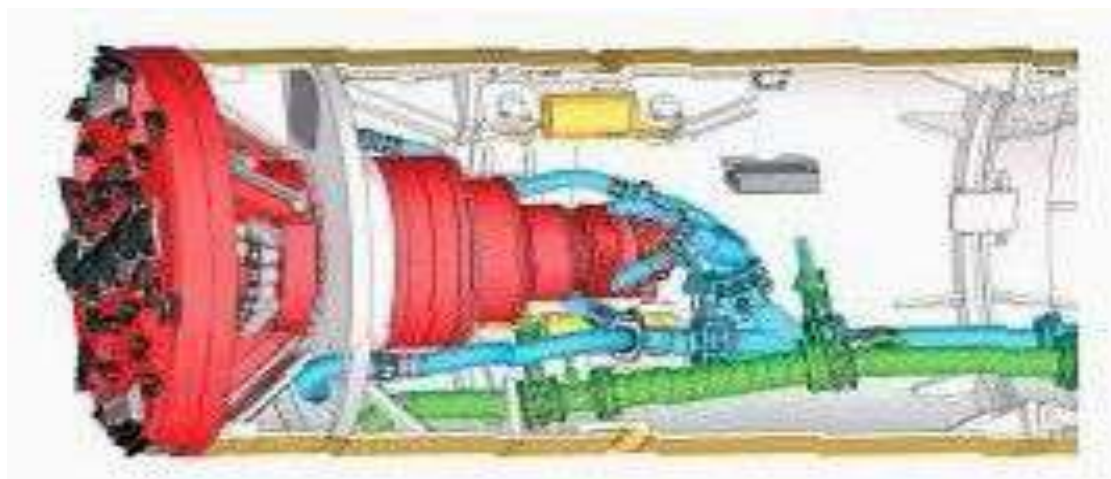
Il secondo componente fondamentale del Microtunnelling è costituito dall'unità di spinta alloggiata nel pozzo (detto per questo di spinta) che consente l'inserimento delle tubazioni nella galleria scavata dalla testa fresante. L'inserimento dei tubi avviene grazie alla pressione esercitata su di essi dai pistoni principali che trovano contrasto sulla parete del pozzo di spinta che per questo motivo dovrà essere adeguatamente dimensionata. La spinta sulla testa fresante viene trasferita dalle tubazioni sulle quali agisce la forza esercitata dall'unità di spinta stessa.





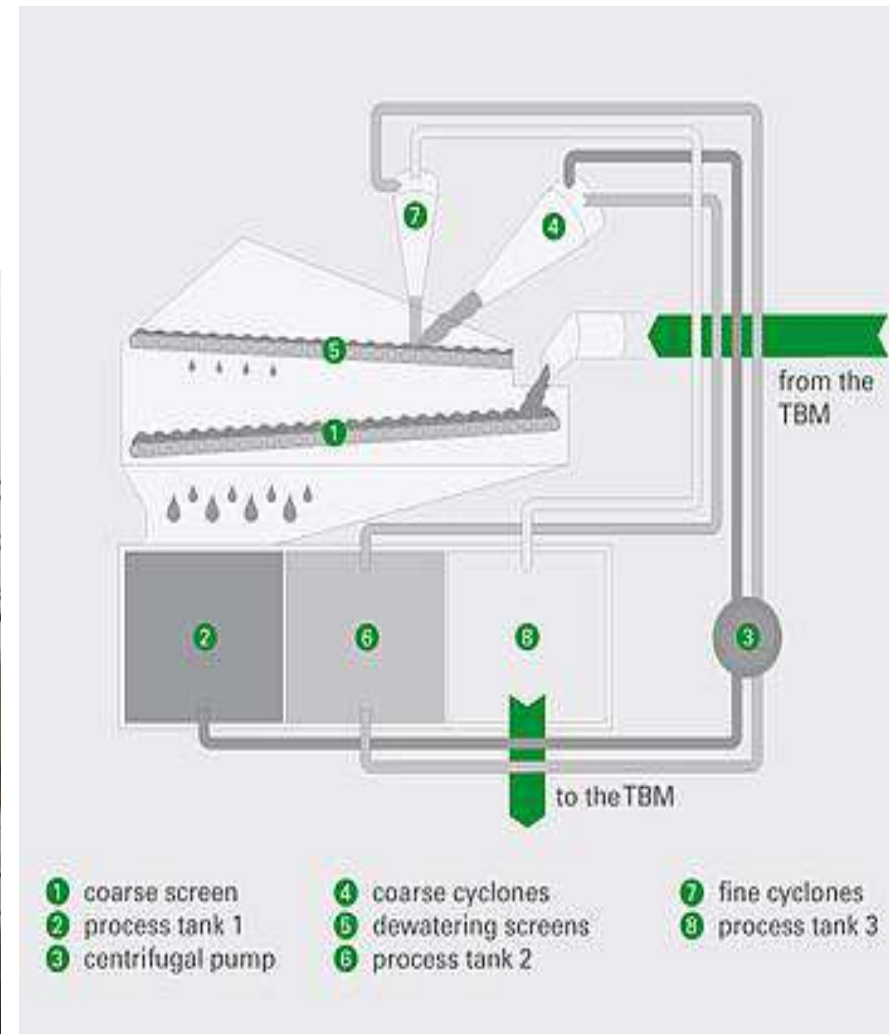
La Tecnologia a smarino idraulico

Per il Microtunnelling si utilizzano macchine a **smarino idraulico** (slurry machines), dotate di un frantoio di forma conica, grazie al quale il materiale di scavo viene frantumato e convogliato in una camera posta alle spalle della testa fresante (camera di smarino). Il fluido immesso nella camera di smarino si mescola con il terreno scavato ed il fango che si ottiene viene pompato all'esterno attraverso tubazione e convogliato nell'impianto di separazione posto in superficie.



L'impianto di separazione

Il dissabbiatore riceve lo slurry dalla linea di ritorno della macchina e separa la parte grossolana composta da ghiaia, sabbia e limi.





L'impianto di disidratazione

La **filtropressa** riceve lo slurry depurato dalla parte grossolana proveniente dal dissabbiatore e procede alla disidratazione del fango **per compressione** rendendolo compatto e asciutto. L'acqua estratta viene reinserita nel processo produttivo di miscelazione dei fanghi



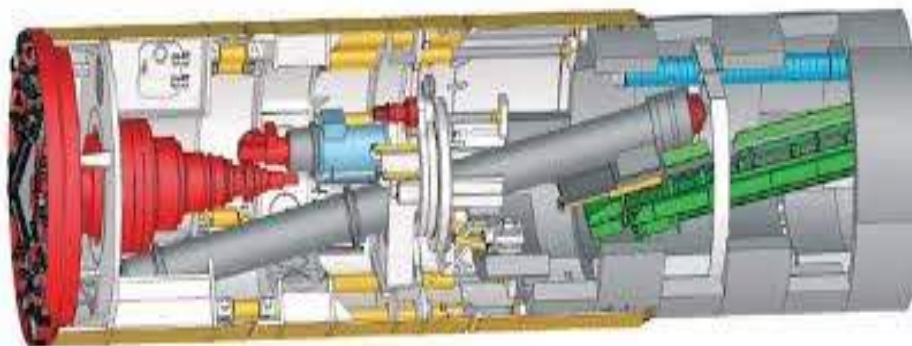
La **centrifuga** riceve lo slurry depurato dalla parte grossolana proveniente dal dissabbiatore e procede alla disidratazione del fango **per centrifugazione** rendendolo abbastanza compatto e palabile. L'acqua estratta viene reinserita nel processo produttivo di miscelazione dei fanghi





La Tecnologia a smarino meccanico

I microtunnelling a **smarino meccanico** sono sempre dotati di un frantoio di forma conica, grazie al quale il materiale di scavo viene frantumato e convogliato in una camera posta alle spalle della testa fresante (camera di smarino). Da qui il materiale viene estratto meccanicamente tramite sistemi a coclea e a nastro e convogliato su un sistema di trasporto con vagoni su rotaia o ad una condotta munita di coclee che allontanerà il cutting fino all'esterno.





La tecnologia del Pilot System

Il Pilot System a volte chiamato ***microtunnelling leggero***, è un sistema di posa a spinta eseguito con guida laser e precisioni estremamente elevate. In sequenza le fasi operative sono:

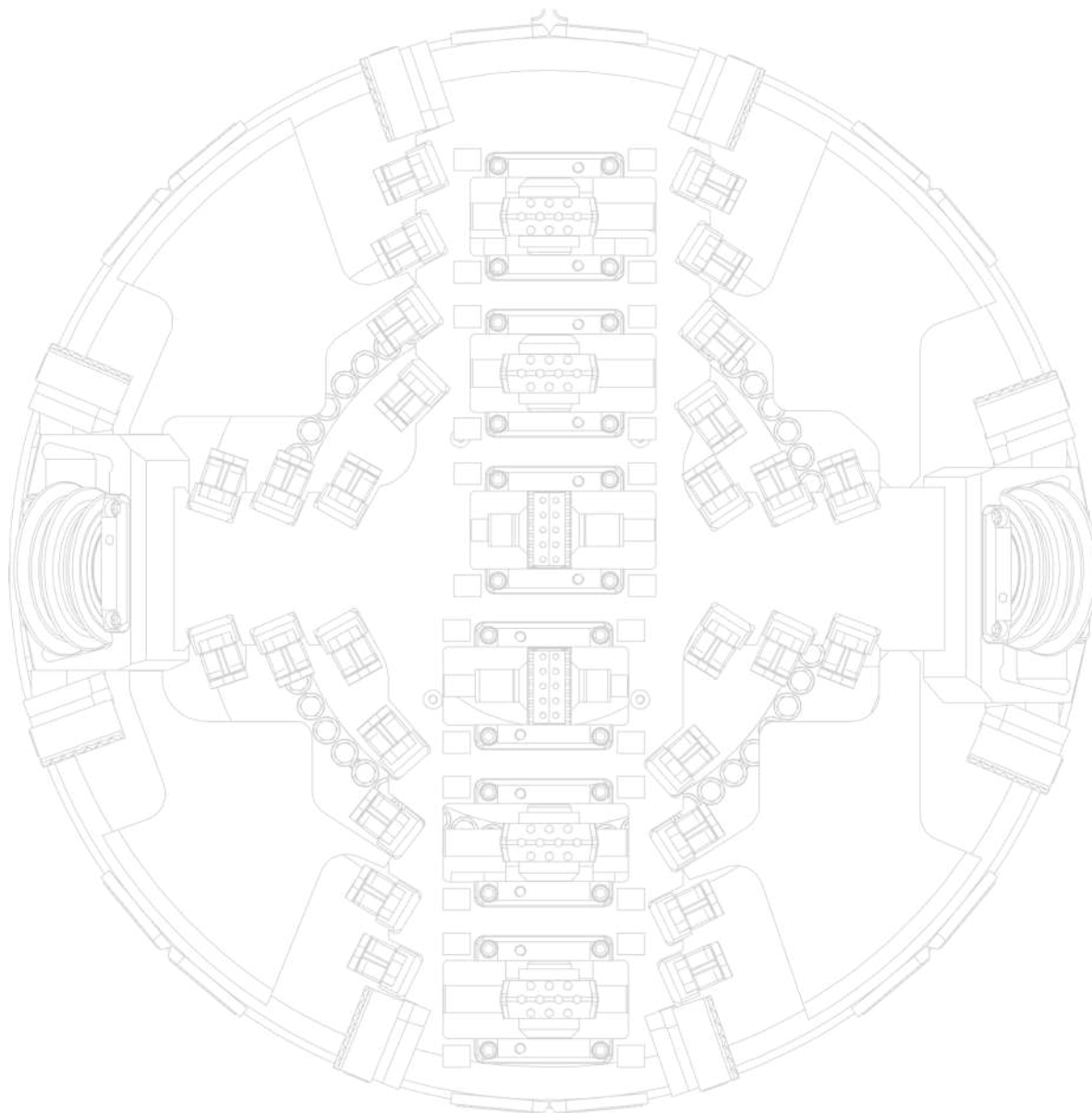
- Realizzazione di foro pilota con guida laser e procedura simile a quella utilizzata nelle TOC
- Alesaggio del foro pilota con diametro pari a quello del tubo da posare, con la posa di “astoni” muniti internamente da coclee per lo smaltimento del materiale
- Posa della tubazione con la contemporanea estrazione dal pozzo di arrivo, degli astoni con coclee

Nel caso di posa di tubi di grosso diametro, alla prima fase di alesaggio ne segue una seconda con alesatore ad azionamento idraulico, con diametro pari a quello del tubo da installare.





Case history





PALMANOVA

- Scudo aperto smarino meccanico
- DN 2500
- Lunghezza attraversamento: 110 ml
- Ghiaie con sabbia poco addensate
- Attraversamento dell'autostrada con bassi ricoprimenti (3-5 metri)





PALMANOVA –SCUDO APERTO





PALMANOVA – STAZIONE INTERMEDIA DI SPINTA



Marcello Viti

Posa di tubazioni con perforazione a spinta guidata

01 / 12 / 2020

pag. 29



PALMANOVA – POZZO DI SPINTA





PALMANOVA – POZZO DI USCITA





PALMANOVA – USCITA



ANGOLO TERME

- Scudo chiuso smarino idraulico
- DN 2100
- Lunghezza attraversamento: 132 ml
- Roccia metamorfica cataclasata
- Bassi ricoprimenti laterali del versante
- Livelletta inferiore allo 0,3%



ANGOLO TERME – STAZIONE DI SPINTA PRINCIPALE



Marcello Viti

Posa di tubazioni con perforazione a spinta guidata



ANGOLO TERME – ACCESSO ALLA TESTA DI SCAVO PER CAMBIO UTENSILI USURATI

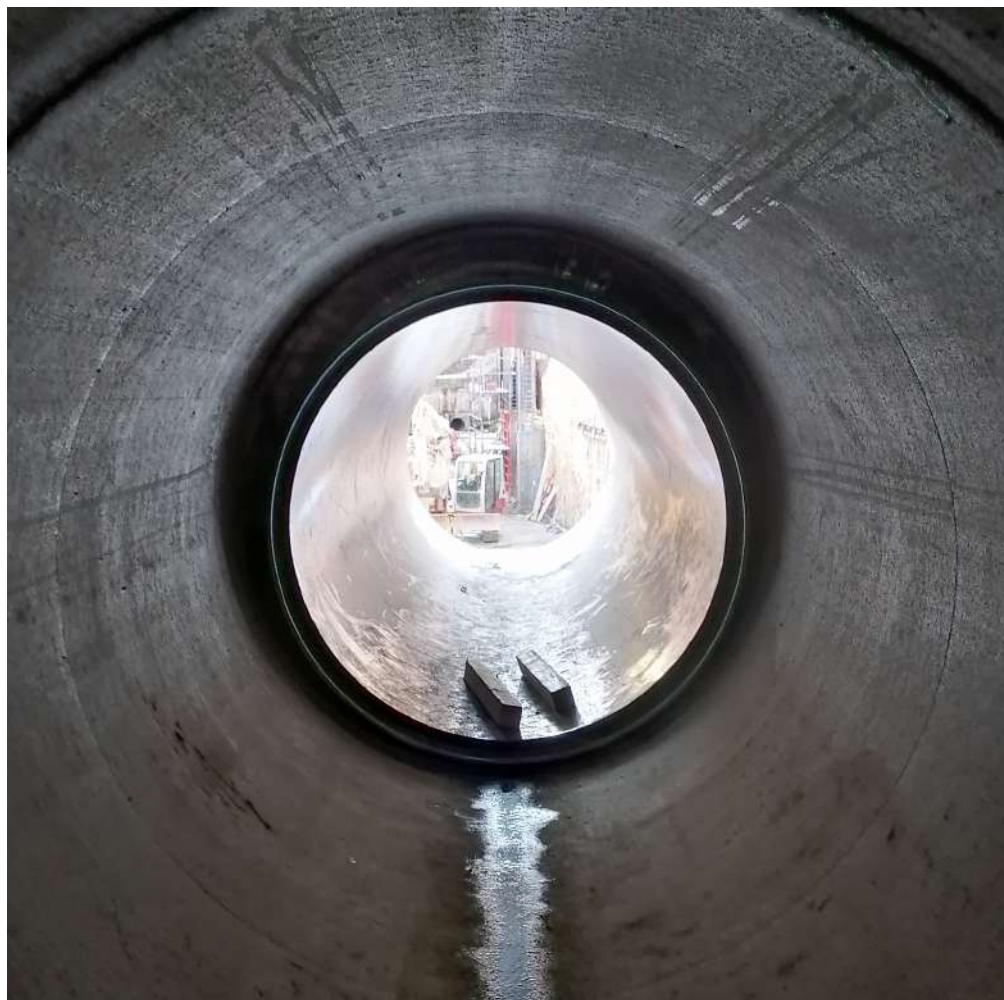




ANGOLO TERME – USCITA E RECUPERO MACCHINA



ANGOLO TERME – PARTICOLARE DELL'INSERIMENTO DEL TUBO PRFV DN1800 NEL TUBO IN CLS 2100



Marcello Viti

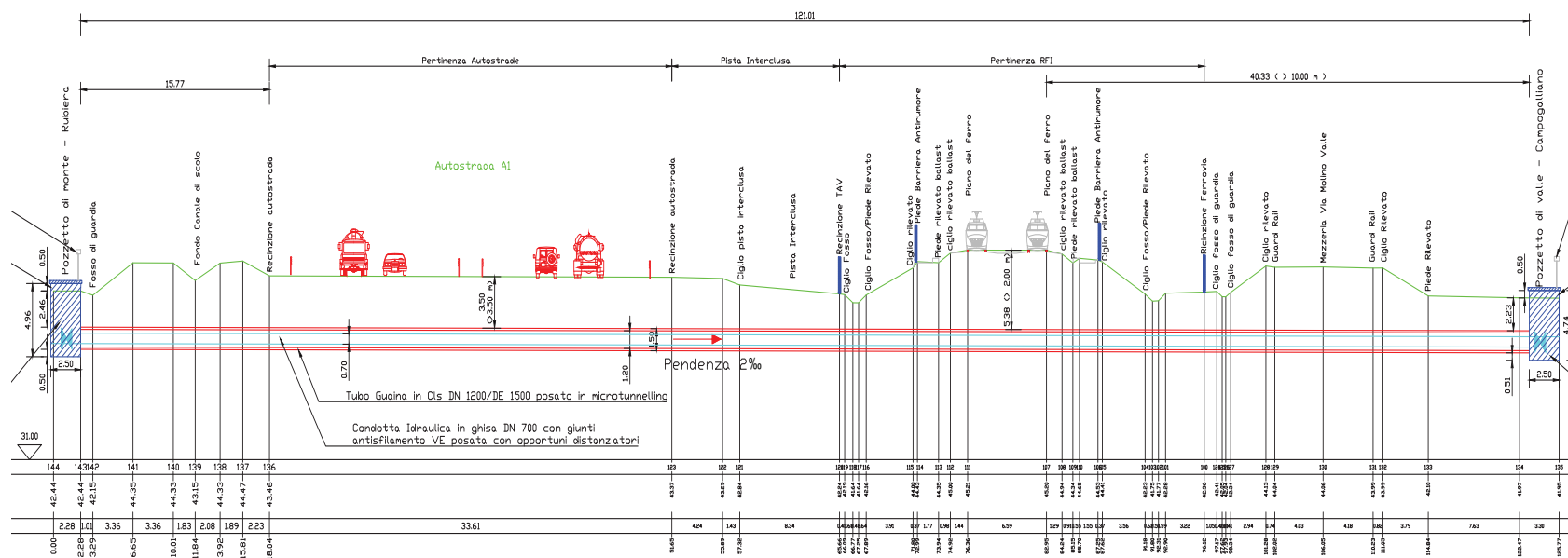
Posa di tubazioni con perforazione a spinta guidata

ANGOLO TERME – SPECIALE CARRELLO REALIZZATO PER LA POSA DEL PRFV ALL'INTERNO DEL CLS





- Scudo chiuso smarino idraulico
- DN 1200
- Lunghezza attraversamento: 121 ml
- Terreni argillosi e limosi con livelli di sabbie sature
- Attraversamento contemporaneo di rete ferroviaria alta velocità e autostrada





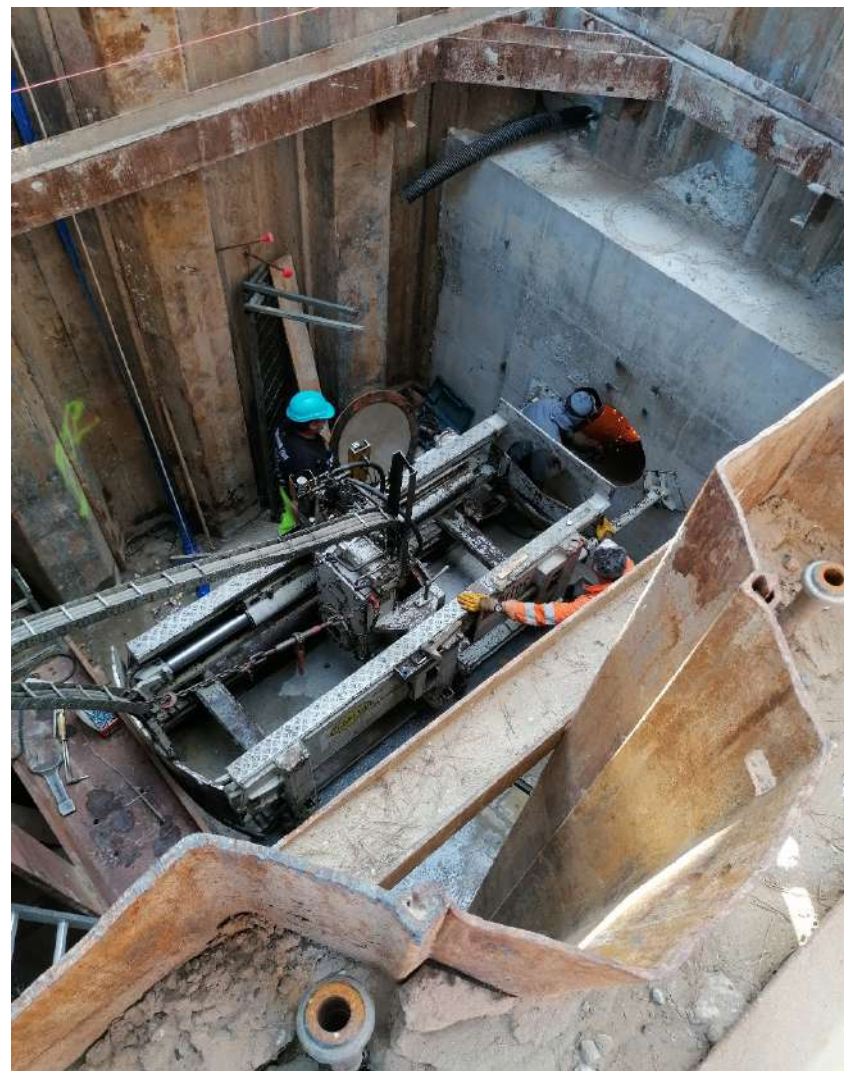
CAMPOGALLIANO: POZZO ENTRATA – POZZO DI USCITA





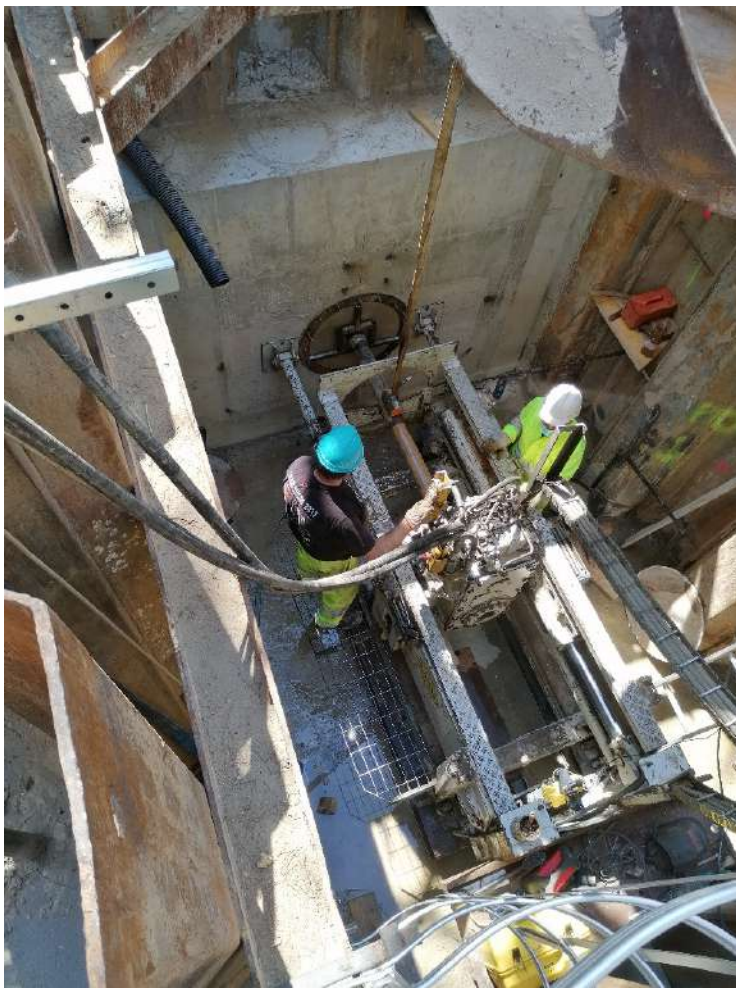
LIGNANO

- Pilot system
- DN 550 tubi in GRES
- Lunghezza attraversamento: 91 ml
- Sabbie limose sature





LIGNANO: FASE DI FORO PILOTA



LIGNANO: ALESATORE DN550



Marcello Viti

Posa di tubazioni con perforazione a spinta guidata

01 / 12 / 2020

pag. 43

LIGNANO: FASE DI SPINTA DEGLI ASTONI A COCLEA IN ALESAGGIO



Marcello Viti

Posa di tubazioni con perforazione a spinta guidata



Posa di tubazioni a spinta mediante perforazioni orizzontali

GRAZIE PER L'ATTENZIONE

Marcello Viti

01/12/2020
