

# **NORME TECNICHE UNI SULLA TECNOLOGIA DI REALIZZAZIONE DELLE **INFRASTRUTTURE INTERRATE A BASSO IMPATTO AMBIENTALE****

PRESENTAZIONE DELLA NORMA UNI  
11990-2 «Posa di tubazioni a spinta  
mediante perforazioni orizzontali

Elena Albini – Impresa Ing. La Falce srl  
Lorenzo Vidus Rosin – Società del Gres S.p.A.

**7 ottobre 2026**

**Piacenza Expo - Geofluid**





# TRENCHLESS PERCHÉ

## Sostenibilità

- ✓ Basso impatto sociale → **-80% costi sociali**
- ✓ Basso impatto ambientale → **-45% consumi energetici**
- ✓ Alti livelli di sicurezza → **-70% infortuni**

## Prestazioni

- ✓ Elevato contenuto tecnologico
- ✓ Alta professionalità degli operatori
- ✓ Risolutive dove i metodi tradizionali non sono applicabili o risultano eccessivamente onerosi



# TRENCHLESS DOVE

- Contesto **urbano**
- Attraversamento di **strade e ferrovie**
- Attraversamento di **corsi d'acqua**
- Superamento di **rilievi** collinari e montuosi
- Attraversamento di **aree protette**
- Attraversamento della **fascia costiera**

# UNA, NESSUNA, CENTOMILA ... TRENCHLESS

PILOT SYSTEM



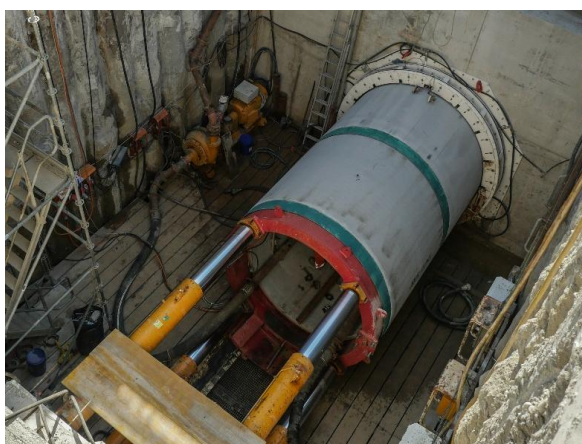
PIPE RAMMING



SCUDO APERTO



PRESSOTRIVELLA



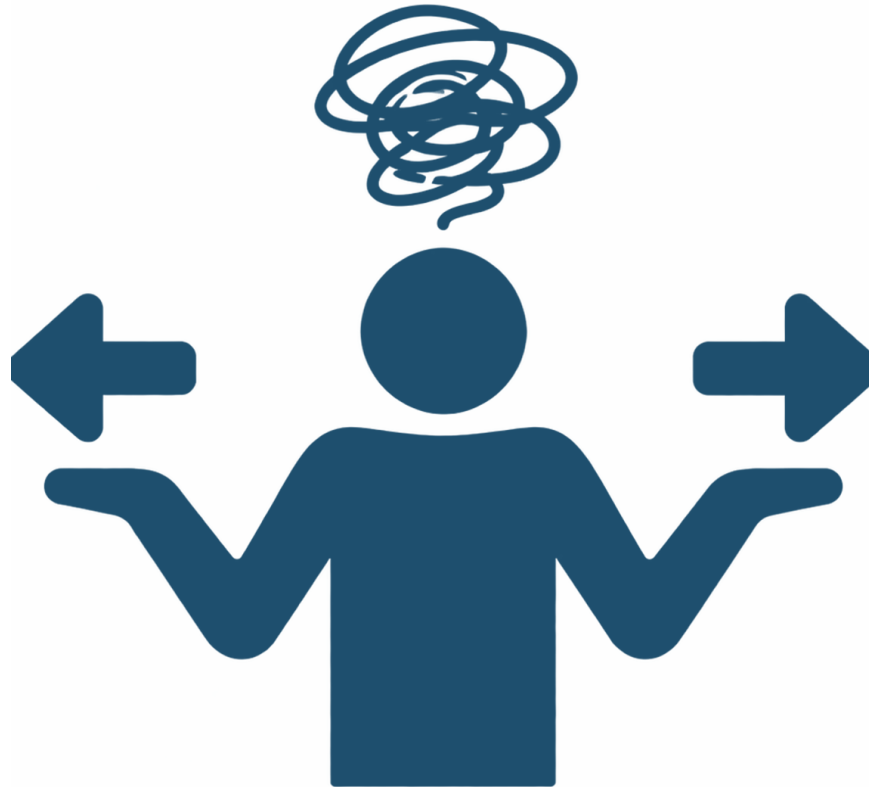
MICROTUNNELLING



DIRECT STEERABLE PIPE THRUSTING



TOC (HDD)



# TRENCHLESS COME

Scelta della tecnologia più appropriata dipende da molti fattori:

- Condizioni **geologiche** ed idrogeologiche
- Caratteristiche attraversamento:
  - Diametro del tubo
  - Lunghezza di posa
  - **Geometria** del tracciato
  - Tipologia di tubazione
- **Tolleranze** ammissibili
- Contesto ambientale:
  - accessibilità
  - spazi
  - logistica
- **Tempi e costi**

# OBIETTIVI DELLA NORMA

- Costituire un **riferimento tecnico** aggiornato e completo
  - Descrizione delle tecnologie di posa
  - Presentazione dei tubi impiegabili
  
- Fornire **linee guida** standardizzate
  - Progettazione
  - Esecuzione
  - Supervisione
  
- Favorire una **collaborazione** efficace tra gli attori del trenchless
  - Conoscenza condivisa
  - Criteri chiari
  - Parametri verificabili



NORMA ITALIANA  
**UNI 11990-2**

Febbraio 2026  
ICS 93.020; 93.080.10

**Tecnologia di realizzazione delle infrastrutture interrato a basso impatto ambientale - Parte 2: Posa di tubazioni a spinta mediante perforazioni orizzontali**

*Low environmental impact underground infrastructure technology – Part 2: Laying pipes by means of horizontal thrust boring*

Copia distribuita da  
**I.A.T.T. IMPRESA SOCIALE ETS**



Via Ruggero Fiore, 41 - 00136 Roma  
iatt@iatt.info - www.iatt.it

© UNI  
Riproduzione vietata. Legge 22 aprile 1941 n° 633 e successivi aggiornamenti.  
Tutti i diritti sono riservati. Nessuna parte del presente documento può essere riprodotta o diffusa con un mezzo qualsiasi, fotocopie, microfilm o altro, senza il consenso scritto dell'UNI.



# STRUTTURA

- **Indagini** preliminari
- Descrizione delle **principali tecnologie** di posa a spinta
  - Principio di funzionamento
  - Condizioni e limiti applicazione
- Descrizione delle diverse **tubazioni** per posa a spinta
- Definizione dei contenuti minimi di **progettazione**
- Approfondimento delle modalità di **esecuzione**
- **Sicurezza**

# AGGIORNAMENTI E NOVITÀ

La norma nasce dalla prassi UNI/PdR 26.2:2017 mantenendone la filosofia e la struttura principale con alcuni aggiornamenti e novità:

- Generale
  - Aggiornamento riferimenti normativi
- Ampliato il capitolo sulle indagini preliminari
  - Descrizioni estese
  - Indagini per approdi
  - Presenza gas
  - Topografia, archeologia, bonifica bellica
- Tecnologie
  - Aggiornamento descrizioni/immagini
  - Ampliamento Direct Steerable Pipe Thrusting (DSPT)
  - Introdotte applicazioni particolari per microtunnelling e DSPT

# AGGIORNAMENTI E NOVITÀ

La norma nasce dalla prassi UNI/PdR 26.2:2017 mantenendone la filosofia e la struttura principale con alcuni aggiornamenti e novità:

- Tubi
  - Tubi in c.a. autocompattante
  - Tubi in c.a. rivestiti
  - Aggiornamento tabelle e immagini
- Progettazione
  - Svincolata da livelli progettazione codice appalti per generalità
  - Focus su contenuti minimi e elaborati
- Esecuzione
  - Accantieramento Direct Steerable Pipe Thrusting (DSPT)
  - Superfici minime aree cantiere Microtunnelling e DSPT

# INDAGINI PRELIMINARI

**Obiettivo** primario elaborazione **modello geologico e geotecnico**

- Valutazione fattibilità
- Scelta tecnologia

Definizione **piano di indagine preliminare**

- Commisurato all'entità dell'intervento
- Concentrato sul volume di terreno significativo
- Stabilisce numero, tipo e ubicazione indagini
- Prescrive modalità esecuzione indagini
- Stabilisce i campioni da prelevare e le prove da eseguire

**Risultati** della campagna di indagine

- Stratigrafia
- Piezometria
- Caratterizzazione litologica, geologica e geotecnica
- Caratterizzazione ambientale



# PANORAMICA INDAGINI

Definizione obiettivi caratterizzazione

- Geotecnica
- Ambientale

Descrizione tipi di indagine e relativo campo di applicazione

- Indagini dirette
- Indagini geofisiche
- Prove di laboratorio

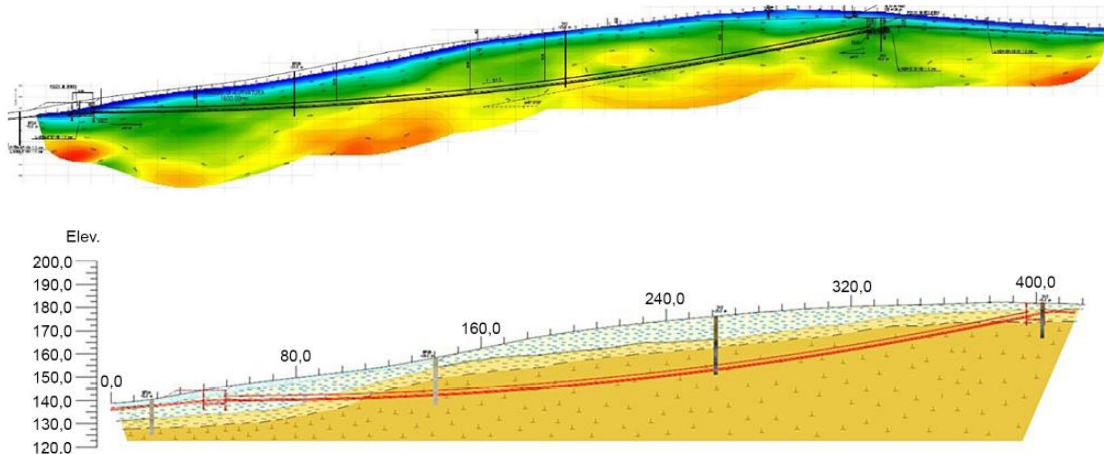
## Nuovo contenuto

- Focus su attraversamenti terra-mare (approdi)
- Presenza gas
- Topografia, bonifica bellica, archeologia

# LINEE GUIDA METODI DI INDAGINE

## Approccio pragmatico e pratico

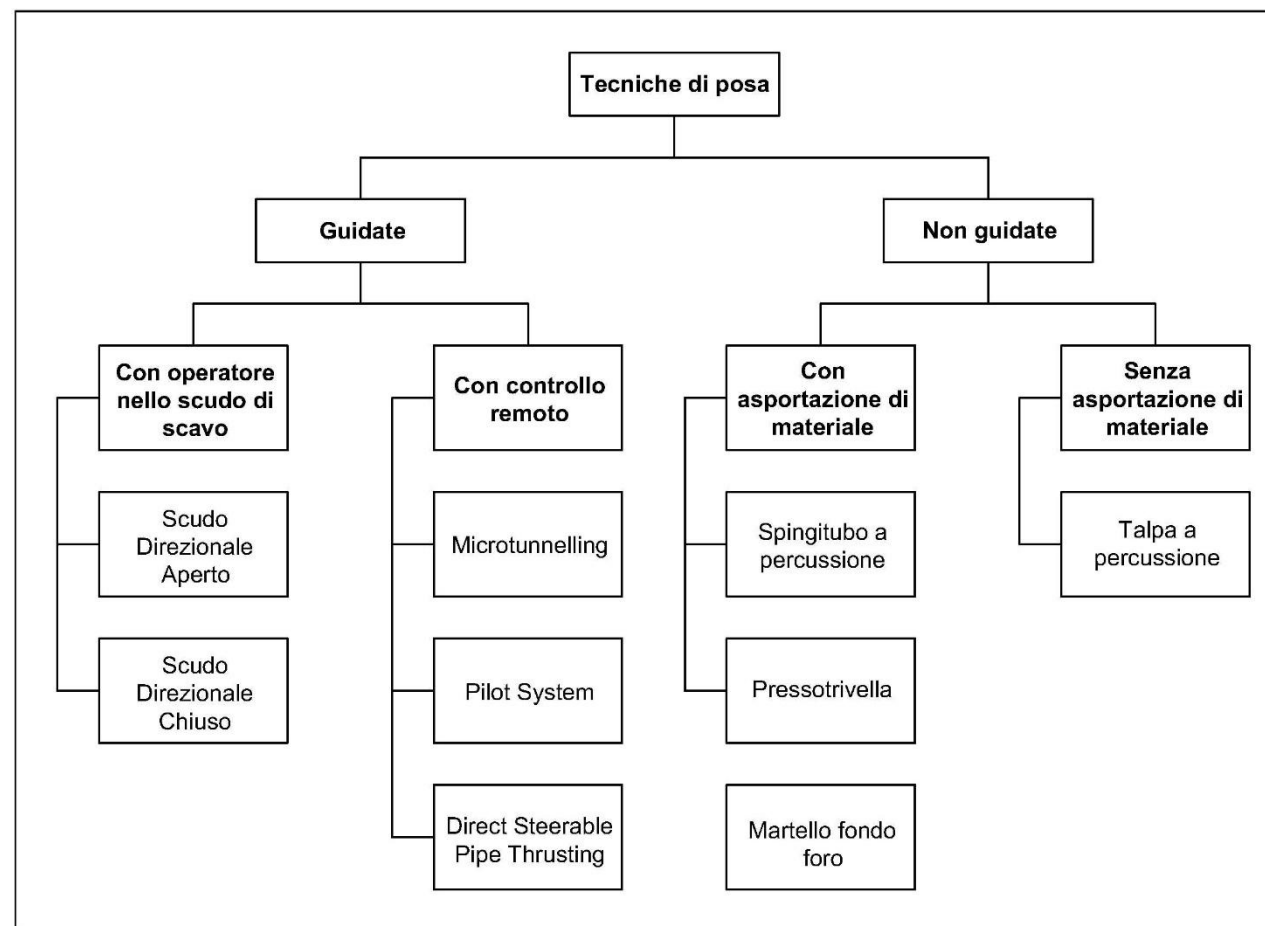
- Criteri per l'elaborazione del piano di indagini
- Requisiti minimi
- Definizione degli elaborati da produrre
- Tabelle di sintesi su applicabilità
- Tabelle di confronto tra le metodiche



prospetto 1 - Applicabilità delle principali tipologie di indagine

| Tipo di indagine           | Varie           |              |                                |                    | Informazioni geotecniche        |                                 |                                           |                            |                                        |                                  |                                      |                                    |                                      |                               | Condizioni di terreno     |             |                             |        |        |      |         |                         |
|----------------------------|-----------------|--------------|--------------------------------|--------------------|---------------------------------|---------------------------------|-------------------------------------------|----------------------------|----------------------------------------|----------------------------------|--------------------------------------|------------------------------------|--------------------------------------|-------------------------------|---------------------------|-------------|-----------------------------|--------|--------|------|---------|-------------------------|
|                            | Tipo di terreno | Stratigrafia | Sottoservizi, anomalie terreno | Quota piezometrica | Pressione idrostatica ( $U_0$ ) | Angolo di attrito ( $\varphi$ ) | Resistenza a taglio non drenata ( $S_u$ ) | Densità relativa ( $D_R$ ) | Compressibilità ( $m_v$ , $C_\alpha$ ) | Consolidazione ( $C_v$ , $C_h$ ) | Coefficiente di permeabilità ( $k$ ) | Modulo di taglio e di Young (G, E) | Sforzo orizzontale in sito ( $K_0$ ) | Storia stato tensionale (OCR) | Curva sforzo deformazione | Roccia dura | Roccia tenera, morene, ecc. | Ghiaia | Sabbia | Limo | Argilla | Torba - Terre organiche |
| Scissometrica (FV)         | C               | C            | *                              | *                  | *                               | *                               | A                                         | *                          | *                                      | *                                | *                                    | *                                  | C                                    | B                             | *                         | *           | *                           | *      | *      | B    | A       | B                       |
| Dilatometrica (DMT)        | B               | A            | *                              | *                  | B                               | B                               | B                                         | C                          | B                                      | B                                | B                                    | B                                  | B                                    | B                             | C                         | *           | C                           | *      | A      | A    | A       | A                       |
| Penetrometrica             |                 |              |                                |                    |                                 |                                 |                                           |                            |                                        |                                  |                                      |                                    |                                      |                               |                           |             |                             |        |        |      |         |                         |
| statica meccanica          | B               | A            | *                              | *                  | *                               | B                               | C                                         | B                          | C                                      | *                                | *                                    | C                                  | C                                    | C                             | *                         | *           | C                           | *      | A      | A    | A       | A                       |
| elettrica (CPT)            | B               | A            | *                              | *                  | *                               | B                               | C                                         | B                          | C                                      | *                                | *                                    | B                                  | C                                    | C                             | *                         | *           | C                           | *      | A      | A    | A       | A                       |
| piezocono (CPTU)           | A               | A            | *                              | *                  | A                               | B                               | B                                         | B                          | C                                      | A                                | B                                    | B                                  | C                                    | B                             | C                         | *           | C                           | *      | A      | A    | A       | A                       |
| piezocono sismico (SCPTU)  | A               | A            | *                              | *                  | A                               | B                               | B                                         | B                          | C                                      | A                                | A                                    | B                                  | B                                    | B                             | B                         | *           | C                           | *      | A      | A    | A       | A                       |
| dinamica (OP)              | C               | B            | *                              | *                  | *                               | C                               | C                                         | B                          | *                                      | *                                | *                                    | C                                  | *                                    | *                             | C                         | *           | C                           | B      | A      | B    | B       | B                       |
| standard penetration test  | A               | B            | *                              | *                  | *                               | B                               | C                                         | B                          | *                                      | *                                | *                                    | B                                  | *                                    | C                             | *                         | *           | C                           | B      | A      | B    | C       | C                       |
| Pressiometrica             |                 |              |                                |                    |                                 |                                 |                                           |                            |                                        |                                  |                                      |                                    |                                      |                               |                           |             |                             |        |        |      |         |                         |
| con preforo (MPM)          | B               | B            | *                              | *                  | *                               | C                               | B                                         | C                          | C                                      | C                                | *                                    | A                                  | C                                    | C                             | C                         | A           | A                           | B      | B      | B    | A       | B                       |
| con autop perforante (SBP) | B               | B            | *                              | *                  | B                               | B                               | B                                         | B                          | C                                      | A                                | B                                    | A                                  | A                                    | A                             | A                         | *           | C                           | *      | B      | A    | A       | A                       |
| Carico su piastra          |                 |              |                                |                    |                                 |                                 |                                           |                            |                                        |                                  |                                      |                                    |                                      |                               |                           |             |                             |        |        |      |         |                         |
| tradizionale (PLT)         | C               | C            | *                              | *                  | *                               | C                               | B                                         | B                          | B                                      | C                                | C                                    | A                                  | C                                    | B                             | B                         | B           | A                           | B      | B      | A    | A       | A                       |
| ad elica (SPLT)            | C               | C            | *                              | *                  | *                               | C                               | B                                         | C                          | B                                      | C                                | C                                    | A                                  | C                                    | B                             | C                         | *           | *                           | *      | A      | A    | A       | A                       |
| Cella di pressione totale  | *               | *            | *                              | *                  | *                               | *                               | *                                         | *                          | *                                      | *                                | *                                    | *                                  | B                                    | B                             | *                         | *           | *                           | *      | *      | C    | A       | A                       |
| Fratturazione idraulica    | *               | *            | *                              | *                  | A                               | *                               | *                                         | *                          | *                                      | C                                | C                                    | *                                  | B                                    | B                             | *                         | B           | B                           | C      | C      | B    | A       | C                       |
| Sismica                    |                 |              |                                |                    |                                 |                                 |                                           |                            |                                        |                                  |                                      |                                    |                                      |                               |                           |             |                             |        |        |      |         |                         |
| a rifrazione               | C               | B            | C                              | *                  | *                               | *                               | *                                         | *                          | *                                      | *                                | *                                    | *                                  | *                                    | *                             | *                         | A           | A                           | A      | A      | A    | A       | A                       |
| a riflessione              | C               | B            | B                              | *                  | *                               | *                               | *                                         | *                          | *                                      | *                                | *                                    | *                                  | *                                    | *                             | *                         | A           | A                           | A      | A      | A    | A       | A                       |

# CLASSIFICAZIONE TECNICHE POSA A SPINTA



# TECNICHE NON GUIDATE

- Spingitubo a percussione pneumatica
- Pressotrivella
- Talpa a percussione
- Martello fondo foro



# PIPE RAMMING

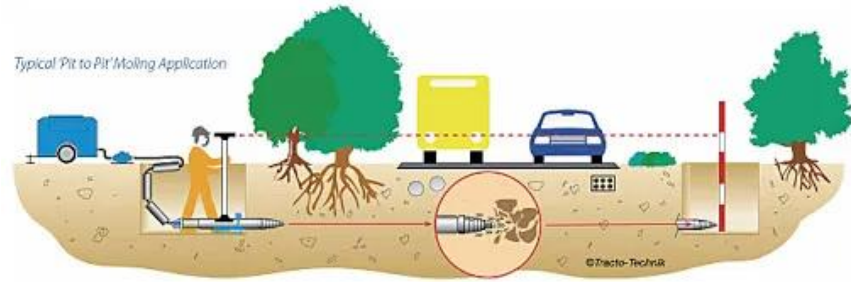
- Tubi, tipicamente in acciaio, avanzano a spinta nel terreno
- Spinta impartita da martello pneumatico
- Fronte aperto senza testa di perforazione
- Asportazione del terreno dall'interno del tubo con acqua o aria in pressione o mediante trivella
- Non direzionabile
  
- Diametri 0,1÷4,5m
- Lunghezze fino 80m (dipende dal diametro)
- Terreni: sabbie, ghiaie, argille soffici
- Non applicabile sotto falda
  
- Idoneo per basse coperture





# PRESSOTRIVELLA

- Tubi, tipicamente in acciaio, avanzano a spinta nel terreno
- Spinta impartita da martinetti idraulici
- Fronte aperto con testa di perforazione rotante
- Asportazione del terreno dall'interno del tubo tramite coclea
- Non direzionabile
  
- Diametri fino 1,6m
- Lunghezze fino ca. 80m (dipende dal diametro)
- Terreni: sabbie, argille, limitatamente ghiaie
- Non applicabile sotto falda
  
- Idoneo per basse coperture



# TALPA A PERCUSSIONE

- Perforatore a percussione (talpa) scava il terreno
  - Tubi trainati dalla talpa o varati dopo esecuzione foro
  - Fronte chiuso
  - Dislocazione del terreno
  - Non direzionabile
- 
- Diametri fino 0,18m
  - Terreni: argille, sabbie, ghiaia
  - Non applicabile sotto falda
  - Copertura minima 10 volte diametro esterno

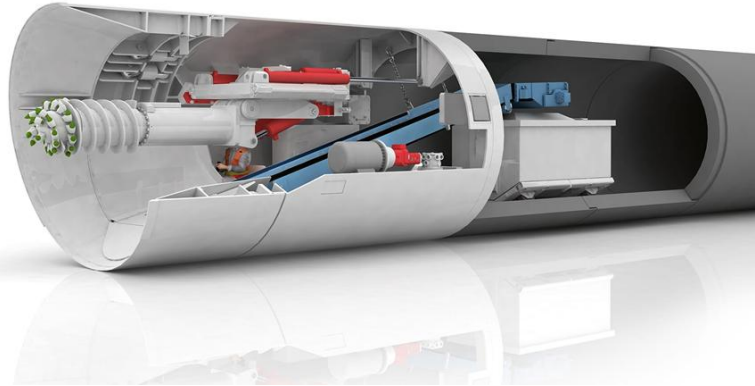


# MARTELLO FONDO FORO

- Perforazione per roto-percussione
- Punta pilota guida la batteria di perforazione
- Tubi saldati a una corona circolare esterna alla punta pilota che avanzano con la perforazione
- Non direzionabile
  
- Diametri fino 1,2m circa
- Terreni: roccia, ghiaia
- Non applicabile sotto falda
  
- Idoneo per basse coperture

# TECNICHE GUIDATE

- Scudo direzionale aperto
- Scudo direzionale chiuso
- Microtunnelling
- Direct Steerable Pipe Thrustung
- Pilot System



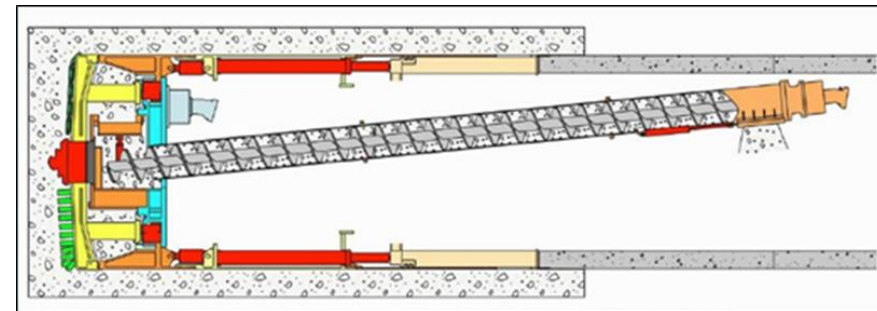
## SCUDO APERTO

- Fronte aperto (no sostegno)
    - Braccio escavatore per terreni granulari
    - Fresa puntuale per terreni rocciosi
  - Tubi spinti da martinetti idraulici in un pozzo di spinta
  - Estrazione terreno tramite nastro trasportatore
  - Guida con raggio laser o giroscopio
- 
- Diametri interni 0,4÷3,0m
  - Lunghezze oltre 400m (dipende dal diametro)
  - Terreni: roccia, argilla, sabbia
  - Limitatamente applicabile sotto falda



# SCUDO CHIUSO

- Testa fresante (sostegno meccanico fronte)
  - Tubi spinti da martinetti idraulici in un pozzo di spinta
  - Estrazione terreno tramite coclea, nastri trasportatori, vagoni
  - Guida con raggio laser o giroscopio
- 
- Terreni: roccia, argilla, sabbia, ghiaia
  - Applicabile sotto falda con limitazioni

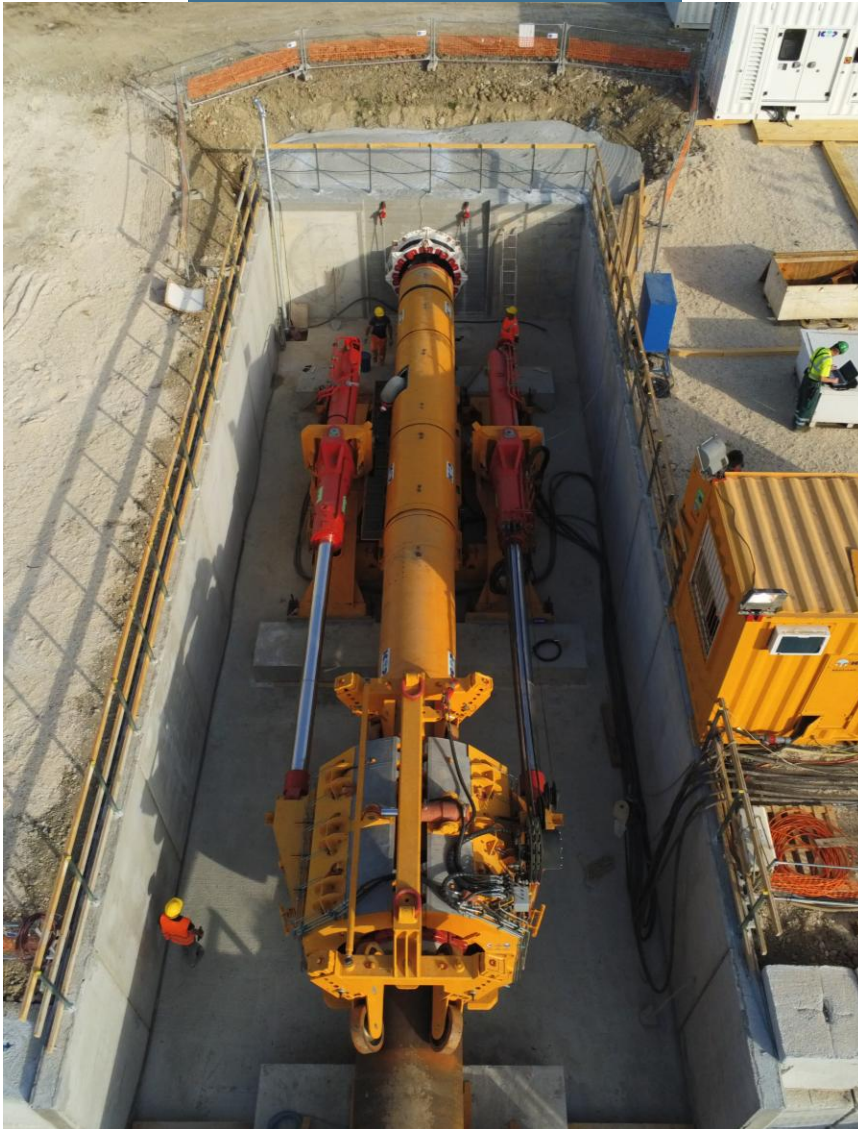




# MICROTUNNELLING

- Scudo chiuso con testa fresante a piena sezione
- Tubi spinti da martinetti idraulici in un pozzo di spinta
- Estrazione terreno sottoforma di fango
- Guida con raggio laser, stazione totale o giroscopio
- Diametri interni 0,4÷3,0m
- Lunghezze oltre 400m (dipende da diametro e terreno)
- Terreni: roccia, argilla, sabbia, ghiaia
- Applicabile sotto falda
- Tubi: calcestruzzo, gres, PRFV, acciaio

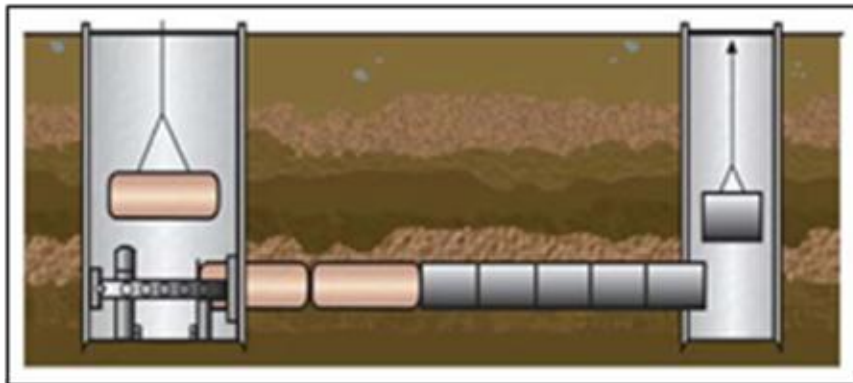
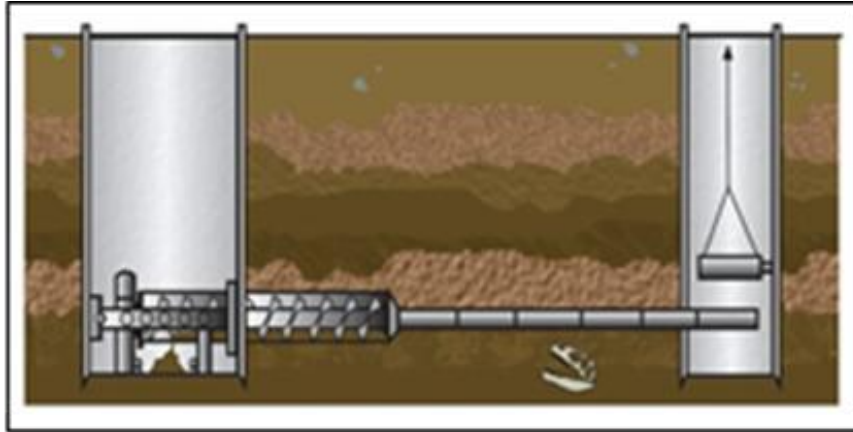
**Nuovi contenuti su applicazioni speciali: push module, uscite a mare, macchina retraibile**



# DIRECT STEERABLE PIPE THRUSTING

- Scudo chiuso con testa fresante a piena sezione
- Tubazione in acciaio preparata su rampa di varo
- Spinta impartita da una morsa idraulica sulla tubazione
- Estrazione terreno sottoforma di fango
- Guida con giroscopio
- Diametri interni 26''÷60''m
- Lunghezze oltre 400m (dipende da diametro e terreno)
- Terreni: roccia tenera, argilla, sabbia, ghiaia
- Applicabile sotto falda

**Nuovi contenuti su applicazioni speciali: uscite a mare**



## PILOT SYSTEM

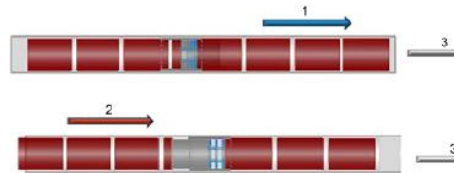
- Perforazione con asta pilota guidata
  - Alesatura del foro con testa fresante
  - Avanzamento tubi a spinta dietro la testa fresante
  - Estrazione terreno tramite coclee installate nei tubi
- 
- Diametri 0,25÷1,0m
  - Lunghezze fino 50m circa
  - Terreni: argilla (soffice), sabbia
  - Prevalentemente applicato fuori falda
- 
- Tubi: gres, calcestruzzo, acciaio, PRFV

# CONTENUTI

- Descrizione tecnologia
- Modalità sostegno scavo
- Tipi di terreno affrontabili e operatività sotto falda
- Modalità di scavo e smarino
- Sistemi di guida e controllo direzione
- Sistemi lubrificazione
- Lunghezze massime di spinta
- Descrizione fasi operative
- Applicazioni e attrezzature particolari
- Parametri di controllo

IAT ITALIAN ASSOCIATION FOR TRENCHLESS TECHNOLOGY - 2026 - 26V000233

Qualora vengano utilizzate più stazioni di spinta intermedie, il principio di funzionamento è il medesimo: è attivata la prima stazione, facendo avanzare i tubi tra essa e il fronte di scavo; successivamente, è attivata la seconda stazione, spingendo avanti i tubi tra le due stazioni e richiudendo i martinetti della prima; infine, l'ultimo tratto di tunnel è spinto dalla stazione principale nel pozzo, richiudendo i martinetti della seconda stazione. Il medesimo processo può essere applicato per un numero maggiore di stazioni intermedie, ripartendo così la spinta totale tra più punti di spinta. Al termine dei lavori di costruzione del microtunnel, i martinetti sono rimossi dalle stazioni intermedie mentre i tubi restano in opera a costituire il rivestimento del tunnel.



Legenda

- 1 Prima fase di spinta dalla stazione intermedia
- 2 Seconda fase di spinta dal pozzo
- 3 Direzione di avanzamento

figura 21 - Principio di funzionamento della stazione intermedia

prospetto 9 - Microtunneling: Diametri nominali teste fresanti e relativi diametri esterni e lunghezze perforabili

| Diametro interno <sup>1)</sup><br>[mm] | Diametro esterno<br>[mm] | Lunghezza di spinta<br>[m] |
|----------------------------------------|--------------------------|----------------------------|
| 420                                    | 556                      | 80                         |
| 500                                    | 661                      | 80                         |
| 600                                    | 766                      | 120÷150                    |
| 700                                    | 870                      | 120÷150                    |
| 800                                    | 1 100                    | 120÷150                    |
| 1 000                                  | 1 280                    | 200                        |
| 1 200                                  | 1 490                    | 200 <sup>1)</sup>          |
| 1 400                                  | 1 720                    | >250 <sup>1)</sup>         |
| 1 500                                  | 1 820                    | >250 <sup>1)</sup>         |
| 1 600                                  | 1 940                    | >250 <sup>1)</sup>         |
| 2 000                                  | 2 500                    | >400 <sup>1)</sup>         |
| 2 500                                  | 3 000                    | >400 <sup>1)</sup>         |
| 3 000                                  | 3 600                    | >400 <sup>1)</sup>         |

<sup>1)</sup> Riferimento al D delle tubazioni in c.a.v. Per le tubazioni in Gres e PRFV per i medesimi diametri esterni possono essere utilizzate tubazioni con diametri interni anche maggiori.  
<sup>2)</sup> Per distanze superiori ai 120 m si consiglia l'utilizzo di una o più stazioni intermedie così da parzializzare tratti di lunghezza ridotta. Il calcolo del numero di stazioni intermedie devono essere valutati per caso specifico.

UNI 11990-2:2026 © UNI

IAT ITALIAN ASSOCIATION FOR TRENCHLESS TECHNOLOGY - 2026 - 26V000233

L'attrezzatura di perforazione base utilizzata normalmente per il microtunneling (TBM) è implementata ad hoc per applicazioni DSPT. I giunti tra gli elementi consentono di trasferire sia le forze di spinta che quelle di tiro e, al tempo stesso, grazie alla loro flessibilità nei piani verticale ed orizzontale, permettono di direzionare efficacemente la macchina tramite i martinetti di guida.

L'immagine seguente rappresenta, in via esemplificativa, gli elementi che compongono una TBM per applicazioni DSPT. L'esatto allestimento della macchina dipende dalle caratteristiche dell'attraversamento da realizzare.



figura 37 - Tunnel Boring Machine per DSPT

L'unità di spinta e tiro (Pipe Thruster, PT) è l'elemento chiave per la realizzazione del Direct Steerable Pipe Thrusting.

Il PT trasferisce per attrito le forze di spinta e tiro sulla condotta mediante una clamp che agisce agendo attraverso singoli avanzamenti/arretramenti di estensione pari alla corsa dei martinetti che la muovono (tipicamente pari a 5 m). La clamp è dotata di inserti rivestiti in gomma in modo da proteggere la zona di contatto tra la clamp e la tubazione.



figura 38 - Pipe Thruster



figura 39 - Sistema di clampatura in fase di chiusura

UNI 11990-2:2026 © UNI Pagina 50

# CRITERI DI SCELTA

| Punto | Tecnologia                          | Diametro esterno min. e max. di riferimento [mm] | Valori empirici di applicazione                                                                                                        |                                                  |                           |                    |
|-------|-------------------------------------|--------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------|---------------------------|--------------------|
|       |                                     |                                                  | Distanza di spinta                                                                                                                     | Minimo ricoprimento lungo la tratta              | Posa di tratti curvilinei | Posa sotto falda   |
| 6.2.1 | Spingitubo a percussione pneumatica | $\geq 101,6$ (4")<br>$\leq 4\ 500$ (177")        | In funzione dei diametri e della natura del terreno e dei materiali impiegati consultare le tabelle specifiche delle varie tecnologie. | 1,00 m                                           | No                        | No                 |
| 6.2.2 | Pressotrivella                      | $\geq 250$<br>$\leq 1\ 400$                      |                                                                                                                                        | $1,5 \times D_e$<br>Min. 1,00 m                  | No                        | No                 |
| 6.2.3 | Talpa a percussione                 | $\geq 45$<br>$\leq 180$                          |                                                                                                                                        | $10 \times D_e$                                  | No                        | No                 |
| 6.2.4 | Martello fondo foro                 | $\geq 76$<br>$\leq 1\ 220$                       |                                                                                                                                        | $1,5 \times D_e$<br>Min. 1,00 m                  | No                        | No                 |
| 6.3.1 | Scudo direzionale aperto            | $\geq 1\ 200$<br>$\leq 3\ 600$                   |                                                                                                                                        | $2,0 \div 2,5 \times D_e^{*)}$                   | Sì                        | No <sup>**) </sup> |
| 6.3.2 | Scudo direzionale chiuso            | $\geq 1\ 800$<br>$\leq 3\ 600$                   |                                                                                                                                        | $2,0 \div 2,5 \times D_e^{*)}$                   | Sì                        | Possibile          |
| 6.3.3 | Microtunnelling                     | $\geq 300$<br>$\leq 3\ 600$                      |                                                                                                                                        | $2,0 \div 2,5 \times D_e^{*)}$<br>Min. 2,0÷3,0 m | Sì                        | Sì                 |
| 6.3.4 | Pilot System                        | $\geq 250$<br>$\leq 1\ 280$                      |                                                                                                                                        | $2,0 \div 2,5 \times D_e^{*)}$                   | Sì                        | No <sup>**) </sup> |
| 6.3.5 | Direct Steerable Pipe Thrusting     | $\geq 650$<br>$\leq 1\ 500$                      |                                                                                                                                        | $2,0 \div 2,5 \times D_e^{*)}$<br>Min. 2,0÷3,0 m | Sì                        | Sì                 |

\*) In funzione delle caratteristiche geologiche/geotecniche:  $2,0 \times D_e$ , in terreni coesivi;  $2,5 \times D_e$ , in terreni coerenti; sotto strade, ferrovie, fiumi, sono necessarie valutazioni puntuali per definire il minimo ricoprimento. Il minimo ricoprimento è riferito alla generatrice superiore.

\*\*) In taluni casi specifici da valutare in sede di progetto si può operare purché il livello di falda non superi la metà del diametro del tubo, la pendenza del tracciato di perforazione sia positiva (a salire) e, nelle situazioni geotecniche in cui la falda "trasporta" il terreno, in condizioni di emungimento della stessa con impianto well-point attivo o pozzi artesiani in grado di abbassare il livello piezometrico almeno al di sotto dell'estradosso inferiore dei tubi per tutta la lunghezza della prevista tratta di perforazione.

| Punto | Tecnologia                          | Tipologia di terreno |                     |                         |        |           |             |
|-------|-------------------------------------|----------------------|---------------------|-------------------------|--------|-----------|-------------|
|       |                                     | Roccia               | Argilla consistente | Argille Medie e Soffici | Sabbie | Ghiaie    | Sotto Falda |
| 6.2.1 | Spingitubo a percussione pneumatica | NO                   | Possibile           | Sì                      | Sì     | Sì        | NO          |
| 6.2.2 | Presso- trivella                    | NO                   | Sì                  | Sì                      | Sì     | Possibile | NO          |
| 6.2.3 | Talpa a percussione                 | NO                   | Sì                  | Sì                      | Sì     | Sì        | NO          |
| 6.2.4 | Martello fondo foro                 | Sì                   | NO                  | NO                      | NO     | Sì        | NO          |
| 6.3.1 | Scudo direzionale aperto            | Sì                   | Sì                  | Sì                      | Sì     | Possibile | NO          |
| 6.3.2 | Scudo direzionale chiuso            | Sì                   | Sì                  | Sì                      | Sì     | Sì        | Possibile   |
| 6.3.3 | Micro-tunnelling                    | Sì                   | Sì                  | Sì                      | Sì     | Sì        | Sì          |
| 6.3.4 | Pilot System                        | NO                   | Possibile           | Sì                      | Sì     | NO        | Possibile   |
| 6.3.5 | Direct Steerable Pipe Thrusting     | Sì                   | Sì                  | Sì                      | Sì     | Sì        | Sì          |

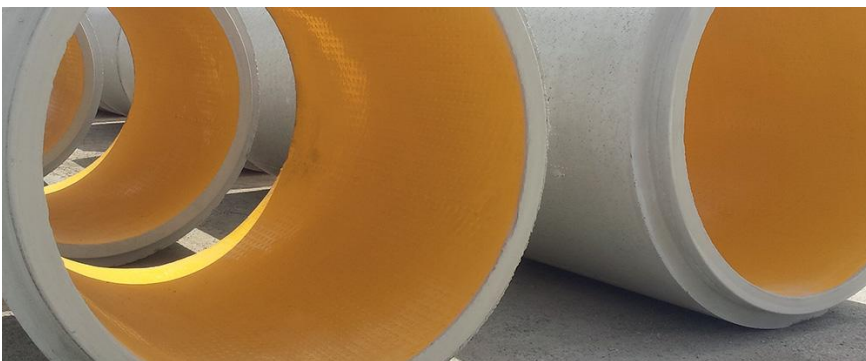
# TUBI PER POSA A SPINTA

Sono una componente fondamentale dei sistemi di posa a spinta e richiedono un'attenta e accurata

- Progettazione: norme tecniche di riferimento
- Esecuzione: tolleranze di realizzazione

## **Requisiti generali:**

- Resistere ai carichi inclusa la forza di spinta
- Trasmettere la forza di spinta
- Assicurare un'uniforme distribuzione delle pressioni
- Garantire la tenuta idraulica di progetto



# TUBI PER POSA A SPINTA

Tipologie di tubazioni trattate:

- Tubi in calcestruzzo armato
  - Autocompattante (SCC)
  - Vibrato
  - Non rivestiti
  - Rivestiti
- Tubi in acciaio
- Tubi in gres ceramico vetrificato
- Tubi in PRFV

# TUBI PER POSA A SPINTA

Per ciascuna tipologia di tubazione sono fornite:

- Norme tecniche di riferimento
- Caratteristiche dimensionali
- Caratteristiche giunzioni
- Altre informazioni peculiari

prospetto 16 - Tubi in PRFV: dimensioni e forze massime di spinta ammesse<sup>1)</sup>

| $D_e$<br>(mm) | SN 50 000 (N/m <sup>2</sup> ) |                                |                           | SN 100 000 (N/m <sup>2</sup> ) |                                |                           | SN 640 000 (N/m <sup>2</sup> ) |                                |                           | PN<br>bar | Lunghezza<br>(m) |
|---------------|-------------------------------|--------------------------------|---------------------------|--------------------------------|--------------------------------|---------------------------|--------------------------------|--------------------------------|---------------------------|-----------|------------------|
|               | $D_i^{2)}$<br>(mm)            | Spessore <sup>2)</sup><br>(mm) | $F_{max}^{1) 2)}$<br>(kN) | $D_i^{2)}$<br>(mm)             | Spessore <sup>2)</sup><br>(mm) | $F_{max}^{1) 2)}$<br>(kN) | $D_i^{2)}$<br>(mm)             | Spessore <sup>2)</sup><br>(mm) | $F_{max}^{1) 2)}$<br>(kN) |           |                  |
| 272           | -                             | -                              | -                         | -                              | -                              | -                         | 224                            | 24                             | 297                       | 1-10      | 1, 2, 3, 6       |
| 376           | -                             | -                              | -                         | -                              | -                              | -                         | 312                            | 32                             | 638                       | 1-10      | 1, 2, 3, 6       |
| 478           | -                             | -                              | -                         | 432                            | 23                             | 519                       | 396                            | 41                             | 1 120                     | 1-10      | 1, 2, 3, 6       |
| 550           | -                             | -                              | -                         | 498                            | 26                             | 728                       | 456                            | 47                             | 1 537                     | 1-10      | 1, 2, 3, 6       |
| 650           | 608                           | 21                             | 613                       | 590                            | 30                             | 1 049                     | 542                            | 54                             | 2 146                     | 1-10      | 1, 2, 3, 6       |
| 752           | 704                           | 24                             | 800                       | 680                            | 36                             | 1 470                     | 628                            | 62                             | 2 583                     | 1-10      | 1, 2, 3, 6       |
| 860           | 806                           | 27                             | 1 140                     | 780                            | 40                             | 1 972                     | 716                            | 72                             | 3 905                     | 1-10      | 1, 2, 3, 6       |
| 960           | 898                           | 31                             | 1 497                     | 872                            | 44                             | 2 425                     | 800                            | 80                             | 4 470                     | 1-10      | 1, 2, 3, 6       |
| 1 099         | 1 029                         | 35                             | 2 040                     | 997                            | 51                             | 3 348                     | -                              | -                              | -                         | 1-10      | 1, 2, 3, 6       |
| 1 280         | 1 198                         | 41                             | 2 968                     | 1 162                          | 59                             | 4 682                     | -                              | -                              | -                         | 1-10      | 1, 2, 3, 6       |
| 1 499         | 1 186                         | 47                             | 3 545                     | 1 363                          | 68                             | 5 705                     | -                              | -                              | -                         | 1-10      | 1, 2, 3, 6       |
| 1 720         | 1 387                         | 56                             | 5 137                     | 1 564                          | 78                             | 7 322                     | -                              | -                              | -                         | 1-6       | 1, 2, 3, 6       |
| 1 937         | 1 592                         | 64                             | 6 227                     | 1 765                          | 86                             | 8 793                     | -                              | -                              | -                         | 1-6       | 1, 2, 3, 6       |
| 2 160         | 2 002                         | 79                             | 10 450                    | -                              | -                              | -                         | -                              | -                              | -                         | 1-6       | 1, 2, 3, 6       |
| 2 400         | 2 228                         | 86                             | 11 053                    | -                              | -                              | -                         | -                              | -                              | -                         | 1-6       | 1, 2, 3, 6       |

prospetto 15 - Tubi in gres ceramico: Dimensioni e forze massime di spinta ammesse

| DN<br>[mm] | $D_i$<br>[mm] | $D_e$<br>[mm] | S<br>[mm] | FN<br>kN/m | Spinta max. <sup>(1)</sup><br>[kN] | L<br>[mm]   |
|------------|---------------|---------------|-----------|------------|------------------------------------|-------------|
| 150        | 149 +0/-2,5   | 213 +0/-4     | 32        | 64         | 210                                | 1 000       |
| 200        | 199 +0/-3     | 276 +0/-6     | 38,5      | 80         | 350                                | 1 000       |
| 250        | 250 +0/-3     | 360 +0/-6     | 55        | 130        | 810                                | 1 000/2 000 |
| 300        | 299 +0/-5     | 406 +0/-10    | 53        | 120        | 1 000                              | 1 000/2 000 |
| 400        | 400 +0/-6     | 556 +0/-12    | 78        | 160        | 2 350                              | 1 000/2 000 |
| 500        | 498 +0/-7,5   | 661 +0/-15    | 81,5      | 140        | 3 000                              | 2 000       |
| 600        | 599 +0/-9     | 766 +0/-18    | 83,5      | 120        | 3 100                              | 2 000       |
| 700        | 695 +0/-12    | 870 +0/-24    | 87,5      | 140        | 3 300                              | 2 000       |
| 800        | 792 +0/-12    | 970 +0/-24    | 89        | 128        | 3 700                              | 2 000       |

1) Le forze di spinta massime ammissibili  $F_{max}$  sono da intendersi per spinta rettilinea in condizioni di spinta perfettamente centrata con la superficie di contatto dei giunti completamente aderente.

prospetto 13 - Dimensioni standard tubi in calcestruzzo vibrato

| DN    | $D_i$<br>[mm] | $D_e$<br>[mm] | s<br>[mm] | L<br>[mm]     |
|-------|---------------|---------------|-----------|---------------|
| 1 000 | 1 000         | 1 280         | 142       | 2 000 - 3 000 |
| 1 200 | 1 200         | 1 490         | 145       | 2 000 - 3 000 |
| 1 400 | 1 400         | 1 760         | 175       | 3 000 - 4 000 |
| 1 600 | 1 600         | 1 960         | 175       | 3 000 - 4 000 |
| 1 800 | 1 800         | 2 160         | 175       | 3 000 - 4 000 |
| 2 000 | 2 000         | 2 400         | 200       | 3 000 - 4 000 |
| 2 000 | 2 000         | 2 500         | 250       | 3 000 - 4 000 |
| 2 200 | 2 200         | 2 630         | 215       | 3 000 - 4 000 |
| 2 400 | 2 400         | 3 000         | 300       | 2 000 - 3 000 |
| 2 500 | 2 500         | 3 000         | 250       | 2 000 - 3 000 |

# TUBI PER LA POSA A SPINTA: CARATTERISTICHE E DIMENSIONI

La scelta del materiale per i tubi destinati alla posa a spinta è il risultato di una valutazione integrata che tiene conto del campo di applicazione, della tecnologia di installazione adottata e delle specifiche esigenze tecniche e prestazionali richieste dal progetto.



# TUBI IN GRES CERAMICO

ARGILLA



CHAMOTTE



ACQUA

# TUBAZIONI IN GRES: GAMMA

| DN<br>[mm]                                                                                                                                                                                                   | $D_i$<br>[mm] | $D_e$<br>[mm] | $S$<br>[mm] | $FN$<br>kN/m | Spinta max. <sup>(1)</sup><br>[kN] | $L$<br>[mm] |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|---------------|-------------|--------------|------------------------------------|-------------|
| 150                                                                                                                                                                                                          | 149 +0/-2,5   | 213 +0/-4     | 32          | 64           | 210                                | 1 000       |
| 200                                                                                                                                                                                                          | 199 +0/-3     | 276 +0/-6     | 38,5        | 80           | 350                                | 1 000       |
| 250                                                                                                                                                                                                          | 250 +0/-3     | 360 +0/-6     | 55          | 130          | 810                                | 1 000/2 000 |
| 300                                                                                                                                                                                                          | 299 +0/-5     | 406 +0/-10    | 53          | 120          | 1 000                              | 1 000/2 000 |
| 400                                                                                                                                                                                                          | 400 +0/-6     | 556 +0/-12    | 78          | 160          | 2 350                              | 1 000/2 000 |
| 500                                                                                                                                                                                                          | 498 +0/-7,5   | 661 +0/-15    | 81,5        | 140          | 3 000                              | 2 000       |
| 600                                                                                                                                                                                                          | 599 +0/-9     | 766 +0/-18    | 83,5        | 120          | 3 100                              | 2 000       |
| 700                                                                                                                                                                                                          | 695 +0/-12    | 870 +0/-24    | 87,5        | 140          | 3 300                              | 2 000       |
| 800                                                                                                                                                                                                          | 792 +0/-12    | 970 +0/-24    | 89          | 128          | 3 700                              | 2 000       |
| 1) Le forze di spinta massime ammissibili $F_{max}$ sono da intendersi per spinta rettilinea in condizioni di spinta perfettamente centrata con la superficie di contatto dei giunti completamente aderente. |               |               |             |              |                                    |             |

# TUBAZIONI IN GRES: GAMMA

- ✓ **Elevate caratteristiche di resistenza meccanica**
- ✓ **Bassa deformabilità assiale**
- ✓ **Geometria adeguata alla spinta**
- ✓ **Sistema di giunzione adatto alla spinta**

+

- ✓ Resistenza all'aggressione chimica
- ✓ Tenuta idraulica
- ✓ Resistenza all'abrasione



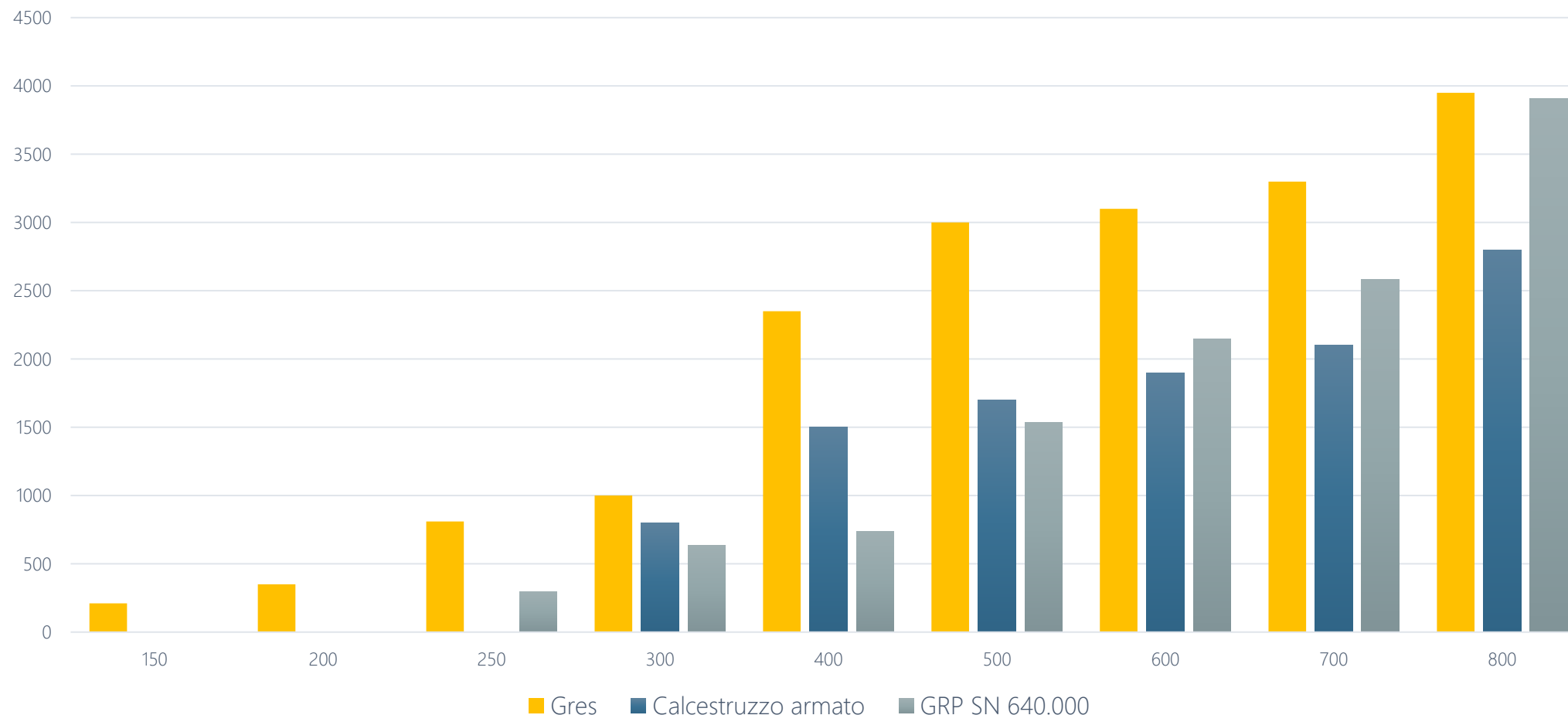
# TUBAZIONI IN GRES: GAMMA

| DN<br>[mm] | $D_i$<br>[mm] | $D_e$<br>[mm] | $S$<br>[mm] | $FN$<br>kN/m | Spinta max. <sup>(1)</sup><br>[kN] | $L$<br>[mm] |
|------------|---------------|---------------|-------------|--------------|------------------------------------|-------------|
| 150        | 149 +0/-2,5   | 213 +0/-4     | 32          | 64           | 210                                | 1 000       |
| 200        | 199 +0/-3     | 276 +0/-6     | 38,5        | 80           | 350                                | 1 000       |
| 250        | 250 +0/-3     | 360 +0/-6     | 55          | 130          | 810                                | 1 000/2 000 |
| 300        | 299 +0/-5     | 406 +0/-10    | 53          | 120          | 1 000                              | 1 000/2 000 |
| 400        | 400 +0/-6     | 556 +0/-12    | 78          | 160          | 2 350                              | 1 000/2 000 |
| 500        | 498 +0/-7,5   | 661 +0/-15    | 81,5        | 140          | 3 000                              | 2 000       |
| 600        | 599 +0/-9     | 766 +0/-18    | 83,5        | 120          | 3 100                              | 2 000       |
| 700        | 695 +0/-12    | 870 +0/-24    | 87,5        | 140          | 3 300                              | 2 000       |
| 800        | 792 +0/-12    | 970 +0/-24    | 89          | 128          | 3 700                              | 2 000       |

1) Le forze di spinta massime ammissibili  $F_{max}$  sono da intendersi per spinta rettilinea in condizioni di spinta perfettamente centrata con la superficie di contatto dei giunti completamente aderente.

# TUBAZIONI IN GRES: FORZA DI SPINTA

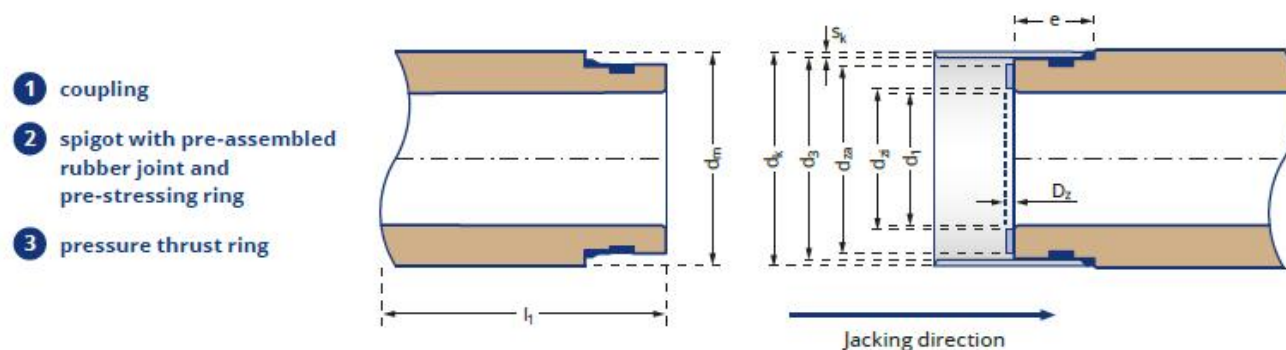
Forza di spinta Max [kN]



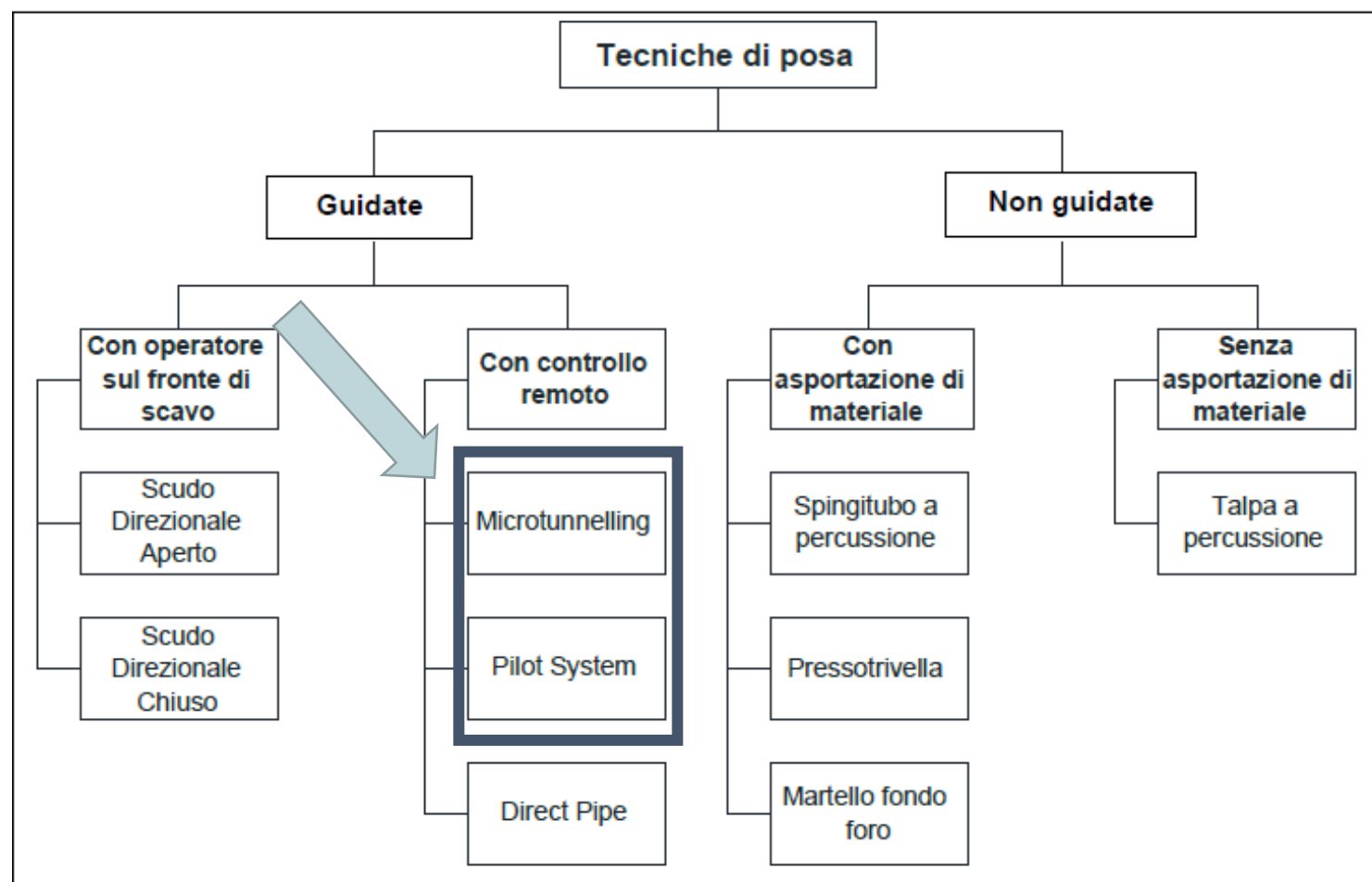
# TUBAZIONI IN GRES: GIUNTO



Tenuta bidirezionale 2,5 bar



# TUBAZIONI IN GRES: APPLICAZIONE



# TUBAZIONI IN GRES: APPLICAZIONE

## PILOT SYSTEM

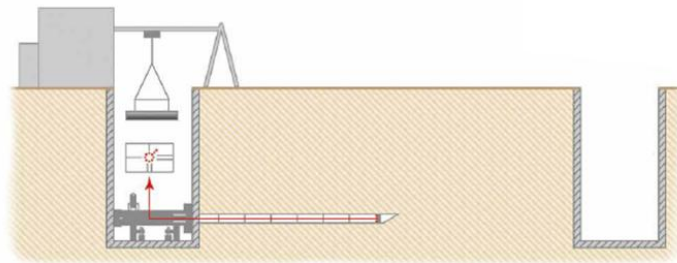
Sistema di perforazione guidato che prevede l'esecuzione di un pre-foro con una sonda e una alesatura successiva per ottenere il diametro definitivo.



- lunghezza di spinta < 60 m
- terreno senza trovanti e comprimibile
- utilizzabile in presenza di falda con particolari accorgimenti
- DN 150 - 800
- 0,2/0,4%

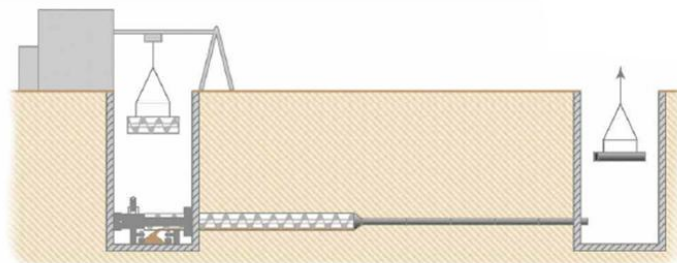
# TUBAZIONI IN GRES: APPLICAZIONE

## PILOT SYSTEM



### FASE 1

- Spinta nel terreno del tubo pilota (internamente cavo) fino al pozzetto di arrivo
- Direzione e inclinazione costantemente monitorate grazie al sistema di puntatura ottico

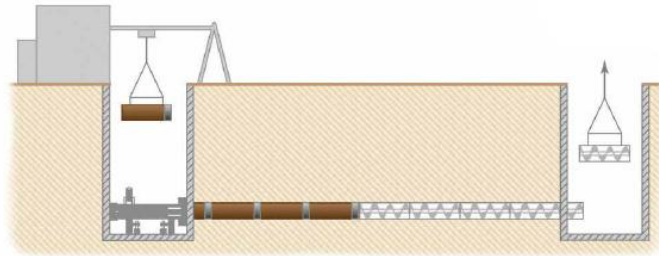


### FASE 2

- Aggancio dei tubi di perforazione (con coclea di trasporto all'interno) all'ultimo tubo pilota
- Trasporto nel terreno
- Estrazione dei tubi pilota nel pozzetto di arrivo

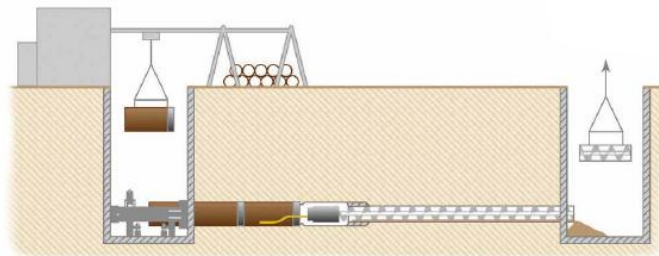
# TUBAZIONI IN GRES: APPLICAZIONE

## PILOT SYSTEM



### FASE 3

- Estrazione dei tubi perforanti nel pozzetto di arrivo
- Avanzamento dei tubi a spinta in gres



### FASE PER DIAMETRI SUPERIORI A DN 400

- Eventuale fase ulteriore di allargamento del foro
- Montaggio dell'alesatore a smarino in avanti sul tubo guida; successiva estrazione del terreno nel pozzetto di arrivo
- Avanzamento dei tubi a spinta in gres dietro l'alesatore

# TUBAZIONI IN GRES: APPLICAZIONE

## PILOT SYSTEM



# TUBAZIONI IN GRES: APPLICAZIONE

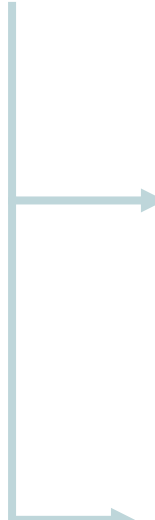
## PILOT SYSTEM



# TUBAZIONI IN GRES: APPLICAZIONE

## MICROTUNNELING

Posa a spinta di tubazioni rigide all'interno di una microgalleria realizzata da una testa di perforazione a direzione controllata.



TECNOLOGIA A SMARINO MECCANICO

TECNOLOGIA A SMARINO IDRAULICO

# TUBAZIONI IN GRES: APPLICAZIONE

## MICROTUNNELING

Posa a spinta di tubazioni rigide all'interno di una microgalleria realizzata da una testa di perforazione a direzione controllata.

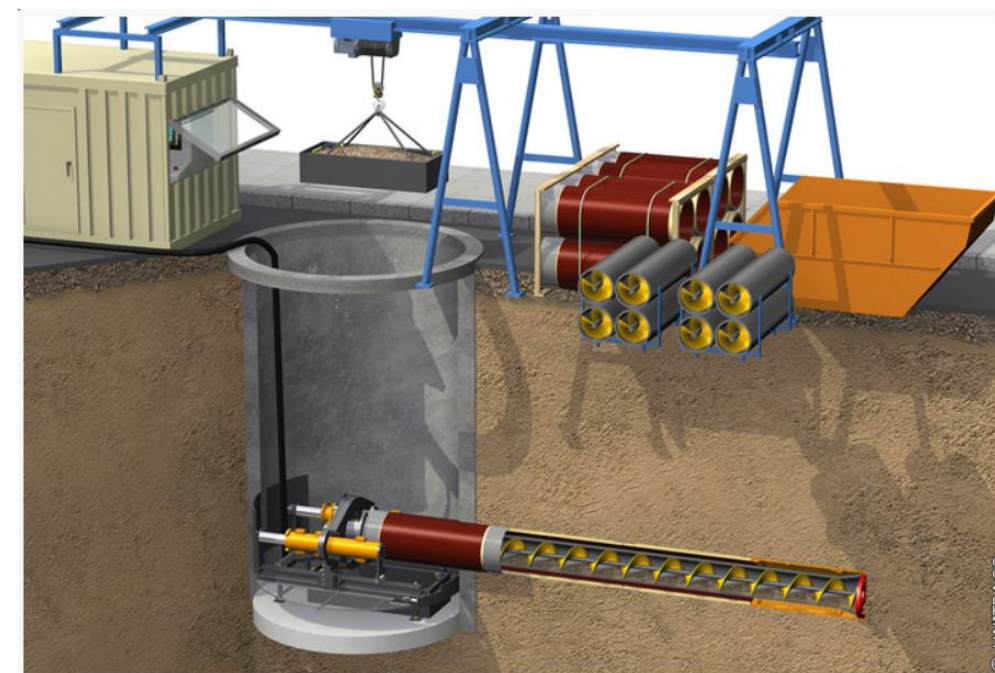
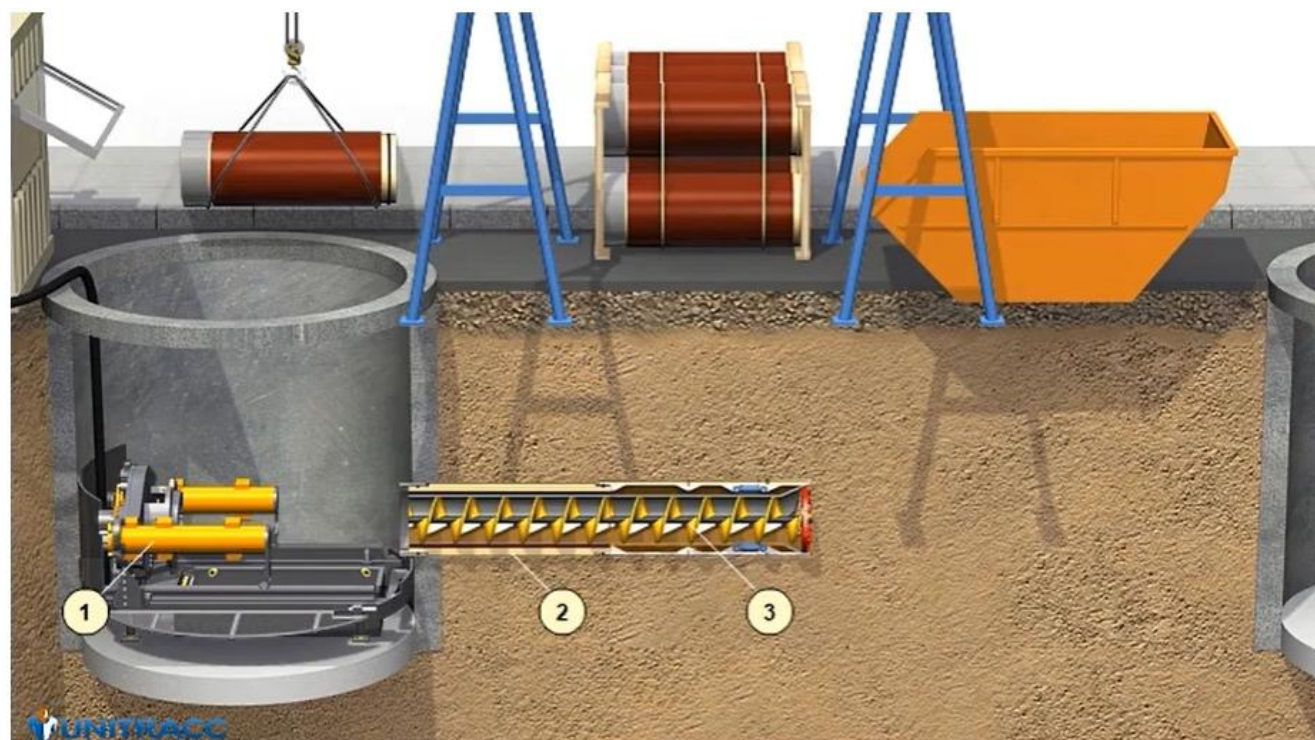


### TECNOLOGIA A SMARINO MECCANICO

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.

# TUBAZIONI IN GRES: APPLICAZIONE

## MICROTUNNELING - TECNOLOGIA A SMARINO MECCANICO

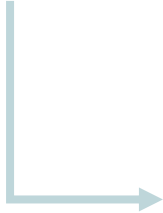


Technical components for microtunnelling with auger spoil removal in single phase jacking [Image: S&P GmbH]

# TUBAZIONI IN GRES: APPLICAZIONE

## MICROTUNNELING

Posa a spinta di tubazioni rigide all'interno di una microgalleria realizzata da una testa di perforazione a direzione controllata.



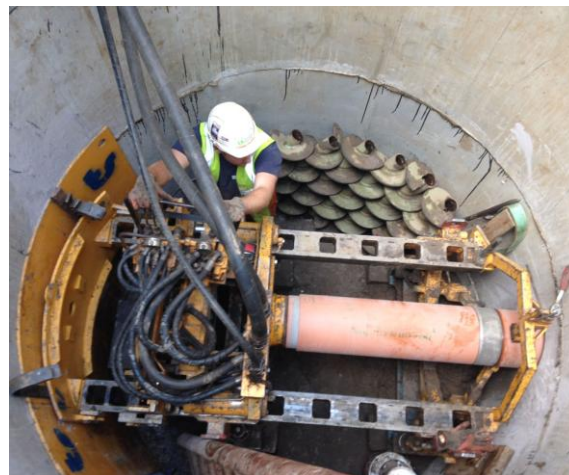
### TECNOLOGIA A SMARINO IDRAULICO

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 (acqua o bentonite) 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.

# TUBAZIONI IN GRES: APPLICAZIONE

## PILOT TUBE JACKING

DN 150 – 600 mm



## MICROTUNNELLING

DN > 400 mm



## LUNGHEZZE OTTIMALI DI SPINTA:

|        |             |
|--------|-------------|
| DN 200 | 50 – 60 m   |
| DN 250 | 60 – 80 m   |
| DN 300 | 60 – 90 m   |
| DN 400 | 70 – 100 m  |
| DN 500 | 80 – 120 m  |
| DN 600 | 80 – 120 m  |
| DN 700 | 100 – 140 m |
| DN 800 | 100 – 190 m |



## TUBI IN CLS VIBRATO E SCC

Le **tubazioni in calcestruzzo autocompattante** e le **tubazioni in calcestruzzo vibrato** sono due tipi di tubazioni realizzate con calcestruzzo, ma differiscono per il tipo di processo di produzione e le caratteristiche del materiale stesso.

Il **calcestruzzo vibrato** è un tipo di calcestruzzo che è compattato utilizzando vibrazioni meccaniche. La vibrazione aiuta a rimuovere l'aria intrappolata nel calcestruzzo e garantisce una maggiore compattazione. Nella produzione con calcestruzzo vibrato, o fabbricazione “a secco”, è utilizzato un calcestruzzo con bassissimo contenuto d'acqua, ciò consente di rimuovere il tubo dalla cassaforma quasi subito dopo il getto, ma comporta l'ottenimento di tubi con superficie tendenzialmente più scabra e porosa rispetto ai tubi gettati con calcestruzzo autocompattante.

Il **calcestruzzo autocompattante** (Self-Compacting Concrete, SCC) è una tipologia di calcestruzzo che ha la capacità di fluire e compattarsi autonomamente sotto il proprio peso, senza la necessità di vibrazione esterna, permettendo di ridurre drasticamente la possibilità di presenza di porosità e bolle d'aria. In questo caso, si parla anche di fabbricazione “a umido”; rispetto alla tipologia precedente, è necessario un maggiore tempo per la presa e l'indurimento del calcestruzzo prima di rimuovere le casseforme ma si ottengono tubi con una finitura superficiale più liscia e omogenea.

# TUBI IN CLS SCC

## Resistenza meccanica a compressione

**SCC posseggono maggiori resistenze a compressione rispetto ad un impasto convenzionale di pari rapporto a/c.** Questo miglioramento è il risultato di una zona di transizione meno porosa e priva di fessure.

## Modulo elastico

**I calcestruzzi SCC presentano una minore tendenza alla fessurazione di un conglomerato tradizionale** di pari classe di resistenza caratteristica a compressione.

## Durabilità

**L'assenza di vuoti negli elementi strutturali comportano un riscontro positivo relativamente alla durabilità** del materiale. La minore permeabilità della superficie, inoltre, implica una maggiore resistenza alla carbonatazione, ai cicli gelo-disgelo, ai cloruri, ai solfati. **La tubazione additivata di silicati garantisce classe di esposizione XA3.**



# TUBAZIONI IN CLS: GAMMA

| DN    | $D_i$<br>[mm] | $D_e$<br>[mm] | $s$<br>[mm] | $L$<br>[mm]   |
|-------|---------------|---------------|-------------|---------------|
| 1 000 | 1 000         | 1 280         | 142         | 2 000 - 3 000 |
| 1 200 | 1 200         | 1 490         | 145         | 2 000 - 3 000 |
| 1 400 | 1 400         | 1 760         | 175         | 3 000 - 4 000 |
| 1 600 | 1 600         | 1 960         | 175         | 3 000 - 4 000 |
| 1 800 | 1 800         | 2 160         | 175         | 3 000 - 4 000 |
| 2 000 | 2 000         | 2 400         | 200         | 3 000 - 4 000 |
| 2 000 | 2 000         | 2 500         | 250         | 3 000 - 4 000 |
| 2 200 | 2 200         | 2 630         | 215         | 3 000 - 4 000 |
| 2 400 | 2 400         | 3 000         | 300         | 2 000 - 3 000 |
| 2 500 | 2 500         | 3 000         | 250         | 2 000 - 3 000 |

# TUBAZIONI IN CLS: RIVESTITI O NON

## Tubi non rivestiti

Le tubazioni in calcestruzzo non rivestite utilizzate per la posa a spinta, prodotte in conformità alla UNI EN 1916, trovano applicazione come tubo nel trasporto di fluidi a gravità per acque di scarico e meteoriche.

## Tubi rivestiti

Le tubazioni in calcestruzzo rivestite internamente con polietilene ad alta densità (HDPE) utilizzate per la posa a spinta, prodotte in conformità alla UNI EN 1916, trovano applicazione come tubo nel trasporto di fluidi a gravità per acque di scarico aggressive.

I requisiti prestazionali minimi del liner di rivestimento (spessore, caratteristiche del sistema di ancoraggio al calcestruzzo con riferimento alla resistenza allo strappo, caratteristiche delle saldature, ecc.) sono definiti dal progettista in funzione delle condizioni progettuali.

# TUBAZIONI IN CLS: RIVESTITI

**Può essere necessaria la saldatura del liner nella maggioranza dei casi per i vibro compressi ma non in SCC**



|                               |                      |
|-------------------------------|----------------------|
| Gamma attuale                 | DN 900 – DN 1400     |
| Materiale                     | Calcestruzzo SCC     |
| Manicotto                     | Acciaio S235JR       |
| Classe di esposizione interna | XA3, XC4, XF3        |
| Classe di esposizione esterna | XA2, XC4, XF3        |
| Lunghezza condotte            | 2,00 m e 3,00 m      |
| Resistenza al traffico        | SLW 60 - ferroviario |

# PROGETTAZIONE

Identificazione contenuti minimi per i diversi stadi della progettazione di un intervento con metodologia No Dig:

1. Scelta della tecnologia
2. Sviluppo della soluzione progettuale
3. Progettazione esecutiva

**Livelli progettazione svincolati formalmente da definizioni Codice Appalti per generalità, ma declinabili come pre-fattibilità, PFTE e esecutivo**

# PROGETTAZIONE

## 1. Scelta della tecnologia

Valutazione necessita della definizione dei seguenti contenuti minimi:

- Contesto geomorfologico
- Contesto geologico
- Contesto idrogeologico
- Contesto ambientale
- Accessibilità delle aree di intervento e spazi disponibili
- Interferenze

La documentazione progettuale espressa da tale fase consiste di:

- Matrice di confronto tra le tecnologie alternative esaminate
- Relazione tecnica descrittiva, comprensiva dei contenuti precedentemente elencati
- Elaborati grafici utili a inquadrare l'intervento
- Specifica per l'esecuzione delle indagini geognostiche
- Cronoprogramma preliminare

# PROGETTAZIONE

## 2. Sviluppo soluzione progettuale con tecnologia prescelta

Contenuti minimi progettazione

- Contesto geomorfologico: rilievi topografici
- Contesto geologico, compresi i risultati di indagini e prove di laboratorio
- Contesto idrogeologico: dati piezometrici, prove di permeabilità, ...
- Contesto ambientale: mappe satellitari, rete Natura 2000, ...
- Accessibilità delle aree di intervento e spazi disponibili
- Descrizione delle interferenze e loro risoluzione e/o identificazione vincoli
  - Sottoservizi
  - Ostacoli
  - Edifici (sia per cedimenti che per rumore)
  - Ecc.

# PROGETTAZIONE

## 2. Sviluppo soluzione progettuale con tecnologia prescelta

Contenuti minimi progettazione

- Come fase precedente ma con maggiore livello di dettaglio

La documentazione progettuale espressa da tale fase consiste di:

- Relazione geologica
- Relazione tecnico-illustrativa dell'attraversamento
- Planimetria e profilo dell'attraversamento, comprensiva di identificazione dell'area di lavoro e degli ingombri delle postazioni di partenza/arrivo
- Stima dei volumi di scavo e indicazioni sulla loro gestione
- Approfondimenti finalizzati richiesta ed ottenimento dei necessari permessi
- Computo metrico
- Cronoprogramma

# PROGETTAZIONE

## 3. Progettazione esecutiva

Comprende la definizione di

- Contesto geomorfologico, geologico, idrogeologico, ambientale e identificazione dei relativi vincoli
- Accesso alle aree, interventi sulla viabilità, aree di occupazione
- Interferenze e loro risoluzione
- Descrizione tecnologia prescelta e raccomandazioni tecnico-esecutive
- Definizione dimensionale delle opere
- Progettazione pozzi di partenza e arrivo (se applicabile)
- Caratteristiche, verifica strutturale e requisiti prestazionali tubazioni
- Gestione terre e rocce da scavo
- Computo metrico e cronoprogramma

# PROGETTAZIONE

## 3. Progettazione esecutiva

La documentazione progettuale è la medesima della fase precedente ma con livello di dettaglio che ne consenta l'appaltabilità.

In relazione al contesto esecutivo e per particolari tipi di interferenze, possono essere sviluppate:

- Stima della forza di spinta attesa e, dove applicabile, identificazione del numero di stazioni di spinta intermedie
- Verifica cedimenti
- Verifica vibrazioni
- Valutazione interazione fluido di scavo/falda.



# ESECUZIONE

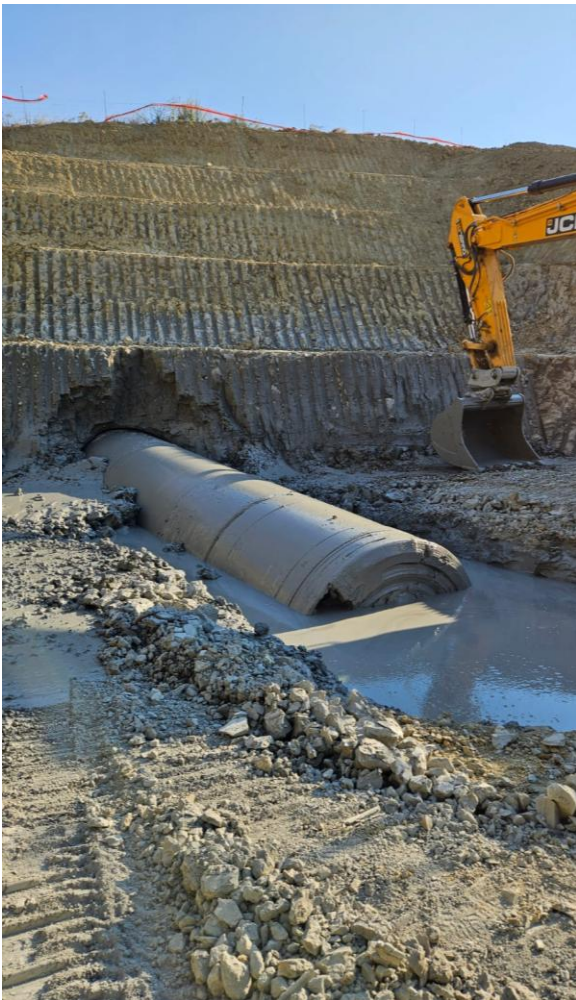
Approfondimento relativo a

- Accantieramento
  - Descrizione attrezzature
  - Individuazione requisiti: spazi, risorse, ecc.
- Pozzi di spinta e di arrivo
  - Dimensioni
  - Accorgimenti costruttivi
  - Principali tecnologie
- Dimensioni aree di cantiere
  - Microtunneling
  - Direct Steerable Pipe Thrusting

# SICUREZZA

Buone Prassi in riferimento a:

- Aree di lavoro
- Macchine ed attrezzature
- Procedure operative e gestione delle emergenze
- Personale



# GRAZIE

Elena Albini

[albini@lafalce.it](mailto:albini@lafalce.it)

[www.lafalce.it](http://www.lafalce.it)

Lorenzo Vidus Rosin

[l.vidus@gres.it](mailto:l.vidus@gres.it)

[www.steinzeug-keramo.com](http://www.steinzeug-keramo.com)

Sponsor tecnici dell'iniziativa:

