



Posa di tubazioni a spinta mediante perforazioni orizzontali

La normativa di riferimento

Prof. Ing. Quintilio Napoleoni

01 Dicembre 2020



- **La Normativa Nazionale di riferimento:**

- DPR 207/2010 - Regolamento di esecuzione ed attuazione del DLgs 163/2006, Codice dei contratti pubblici: Introduce la categoria di opere specialistiche OS35 denominata «Tecnologie a basso impatto ambientale».
- DM 2445/1971 - Norme Tecniche per gli attraversamenti ed i parallelismi di condotte e canali convoglianti liquidi e gas con ferrovie ed altre linee di Trasporto
- DM 1° ottobre 2013, attuativo delle disposizioni dell'art. 14 del DL 179/2012 convertito, con modificazioni, in Legge 221/2012 - Ulteriori misure urgenti per la crescita del Paese: disciplina le specifiche tecniche delle operazioni di scavo e ripristino per la posa di infrastrutture digitali nelle infrastrutture stradali ricadenti sull'intero territorio nazionale, in ambito urbano ed extraurbano



- **La Normativa/linee guida internazionale di riferimento:**

- DIN EN 12889 - Trenchless Construction and Testing of Drains and Sewers (2009 - D)
- DWA-A 125E - Pipe Jacking and Related Techniques (2009 - D)
- Standard Design and Construction Guidelines for Microtunnelling. ASCE (2015 – USA)
- Pipe-Jacking Application. JMTA (2000 – J)
- Specification for Microtunnelling/Pipe Jacking Construction - Pr9787. UnityWater (2016 – AUS)
- An introduction to pipe jacking and microtunnelling, Pipe Jacking Association, (2017 – GB)
- Microtunnelling and Horizontal Drilling: French National Project “Microtunnels” Recommendations, FSTT (French Society for Trenchless Technology) (2010 –F)



- **UNI/PdR 26.2:2017**
 - Tecnologia di realizzazione delle infrastrutture interrato a basso impatto ambientale
 - Posa di tubazioni a spinta mediante perforazioni orizzontali
- Gruppo di lavoro (Tavolo):
 - IATT
 - UNI
 - Unindustria





- **Che cosa è una UNI/PdR (Prassi di Riferimento)?**

- Le PdR di riferimento sono documenti che introducono prescrizioni tecniche o modelli applicativi settoriali di norme tecniche, elaborati sulla base di un rapido processo di condivisione ristretta ai soli autori, sotto la conduzione operativa di UNI, e da esso emanati, verificata l'assenza di norme o progetti di norma allo studio (in ambito nazionale, europeo o internazionale).
- Non essendo documenti normativi, le prassi di riferimento non sono elaborate all'interno degli organi tecnici dell'UNI e degli Enti Federati (che hanno invece il compito di seguire la competente attività di normazione tecnica relativa all'elaborazione delle norme UNI, delle specifiche tecniche e dei rapporti tecnici) bensì in appositi "Tavoli" (esprimono, quindi, le esigenze di un settore industriale)
- Durata utile 5 anni per essere poi trasformate (eventualmente) in Norme UNI



- La PdR è elaborata secondo la sequenza logica della progettazione e della realizzazione dell'opera
- Essa fornisce in maniera organica le informazioni necessarie per una adeguata conoscenza e utilizzazione delle tecnologie per la posa a spinta:
 - Sono definite le diverse tecnologie disponibili;
 - Sono definite le indagini preliminari da eseguire per l'impiego delle tecnologie;
 - Sono sintetizzati i principali campi di applicazione;
 - Sono descritte in dettaglio le singole tecnologie trattate;
 - Sono approfonditi gli aspetti tecnici sui materiali da utilizzare;
 - Sono descritti gli aspetti specifici della progettazione;
 - Sono affrontati gli aspetti legati al cantiere con la descrizione degli spazi operativi.

- La struttura delle «Prassi...»: Il documento è articolato in capitoli che seguono concettualmente il percorso logico della realizzazione dell'opera

Conosco (il contesto)



Scelgo (la tecnologia)



Progetto (indirizzi progettuali)



Eseguo (cantiere)



- **Conosco:**

- **Cap. 1 .. 4:** Termini e definizioni, ambiti di applicazione e normative di riferimento;
- **Cap. 5:** Le indagini preliminari consentono di conoscere con precisione l'ambiente in cui si andrà ad eseguire l'opera. Esse sono necessarie per la corretta esecuzione della posa in opera e per eliminare gli imprevisti tipici di quando si lavora nel sottosuolo;
- **Cap. 6:** Le tecnologie di posa a spinta. Questo capitolo approfondisce le varie tecnologie e guida nell'individuazione di quella più adatta alle esigenze dell'opera da realizzare. Permette di riconoscere le caratteristiche distintive che differenziano nettamente le tecniche di posa a spinta delle tubazioni da quelle che prevedono il tiro delle stesse.



• Conosco:

TIPO DI INDAGINE	VARIE		INFORMAZIONI GEOTECNICHE												CONDIZIONI DI TERRENO							
	Tipo di terreno	Stratigrafia	* Sottoservi, anomalie terr.	* Quota piezometrica	* Pressione idrostatica (U ₀)	* Angolo di attrito (ϕ)	Res. taglio non drenata (S _u)	Densità relativa (D _r)	* Compressibilità (m _v , C _c)	* Consolidazione (C _v , C _u)	* Coef. Permeabilità (k)	* Mod. taglio e di Young (G, E)	Sforzo orizzontale in sito (K ₀)	Storia stato tensionale (OCR)	* Curva sforzo deformazione	* Roccia dura	* Roccia tenera, morene, etc.	* Ghiaia	* Sabbia	Limbo	Argilla	Torba - Ter. Organiche
Scissometrica (FV)	C	C	*	*	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Dilatometrica (DMT)	B	A	*	*	B	B	C	B	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	A
elettrica (CPT)	B	A	*	*	B	C	B	C	*	*	B	C	C	*	*	C	*	A	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 (DP)	C	B	*	*	C	C	B	*	*	*	C	*	*	C	*	*	C	B	A	B	B	B
standard Penetr. Test (SPT)	A	B	*	*	B	C	B	*	*	*	B	*	C	*	C	*	C	B	A	B	C	C
Pressiometrica																						
con preforo (MPM)	B	B	*	*	C	B	C	C	C	A	B	A	C	C	C	A	A	B	B	B	A	B
con autoporforante (SBP)	B	B	*	*	B	B	B	C	A	B	A	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	A
ad elica (SPLT)	C	C	*	*	C	B	C	B	C	C	A	C	B	C	*	*	*	A	A	A	A	A
Cella di pressione totale	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	B	B	*	*	*	*	C	A	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
cross hole, down hole, etc.	C	B	B	*	*	*	C	*	*	*	A	C	C	C	A	A	A	A	A	A	A	A
Geoelettrica	C	B	C	B	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	A	A	A	A	A	A	A
Georadar																						
di superficie	C	B	A	B	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	A	A	A	A	A	C	A
in foro	C	A	A	A	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	A	A	A	A	A	B	A
Sond. a carotaggio continuo	A	A	*	A	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	A	A	A	A	A	A	A
Misure piezometriche	*	*	*	A	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	A	A	A	A	A	A	A
Prove di pompaggio	*	*	*	A	*	*	*	*	*	*	A	*	*	*	*	A	A	A	A	B	C	B
Prove di laboratorio	A	*	*	C	A	A	A	A	A	B	A	*	B	A	A	A	B	B	A	A	A	A

Tabella 1 - Applicabilità delle principali tipologie di indagine

Legenda

A: elevata applicabilità - B: moderata applicabilità - C: limitata applicabilità - *: nessuna applicabilità.

TIPO DI INDAGINE	CAMPO DI APPLICAZIONE	VANTAGGI/SVANTAGGI
Georadar	Rilevamento di discontinuità nel terreno di qualsiasi natura (sottoservizi, manufatti, strutture interraste, cavità).	Rapido ed economico, profili continui ad alta risoluzione. Non applicabile in terreni argillosi o in falda, prof. max 5-10 m. Penetrazione < 2 m per la detenzione di anomalie Ø 20 mm
RMT (radio-magnetotelurico)	Identificazione geologica del terreno mediante profilo di resistività.	Profili continui, molto rapido, economico, buona risoluzione laterale. Scarso controllo della profondità investigata. Disturbi connessi alla presenza di reti metalliche. Poco idoneo nelle aree urbane (forti interferenze per i segnali)
Elettromagnetometro	Limitata identificazione geologica del terreno. Rilevamento di manufatti interrati.	Profondità di penetrazione: 3- 10 m. Profili discontinui, interferenze frequenti nelle aree urbane.
Geoelettrica	Identificazione geologica del terreno, individuazione di falde idriche, individuazione di anomalie nel terreno (cavità, opere murarie etc.)	Basso costo e buon controllo della profondità. Buona risoluzione laterale e verticale. Idoneo per tutti i tipi di terreno. Profili discontinui. Difficoltà di garantire il corretto contatto elettrico con il terreno nelle aree urbane.
Rifrazione sismica	Ricostruzione stratigrafica, valutazione delle caratteristiche meccaniche degli strati	Eseguibile su profili poco articolati e con pendenza limitata. Risoluzione orizzontale scarsa.
Riflessione sismica	Ricostruzione stratigrafica, valutazione delle caratteristiche meccaniche dei terreni.	Eseguibile in qualsiasi tipo di terreno ed in acqua. Buona risoluzione del dato. Risente di disturbi antropici legati a traffico veicolare.

Tabella 2 – Principali metodi di indagine geofisica e relativi campi di applicazione

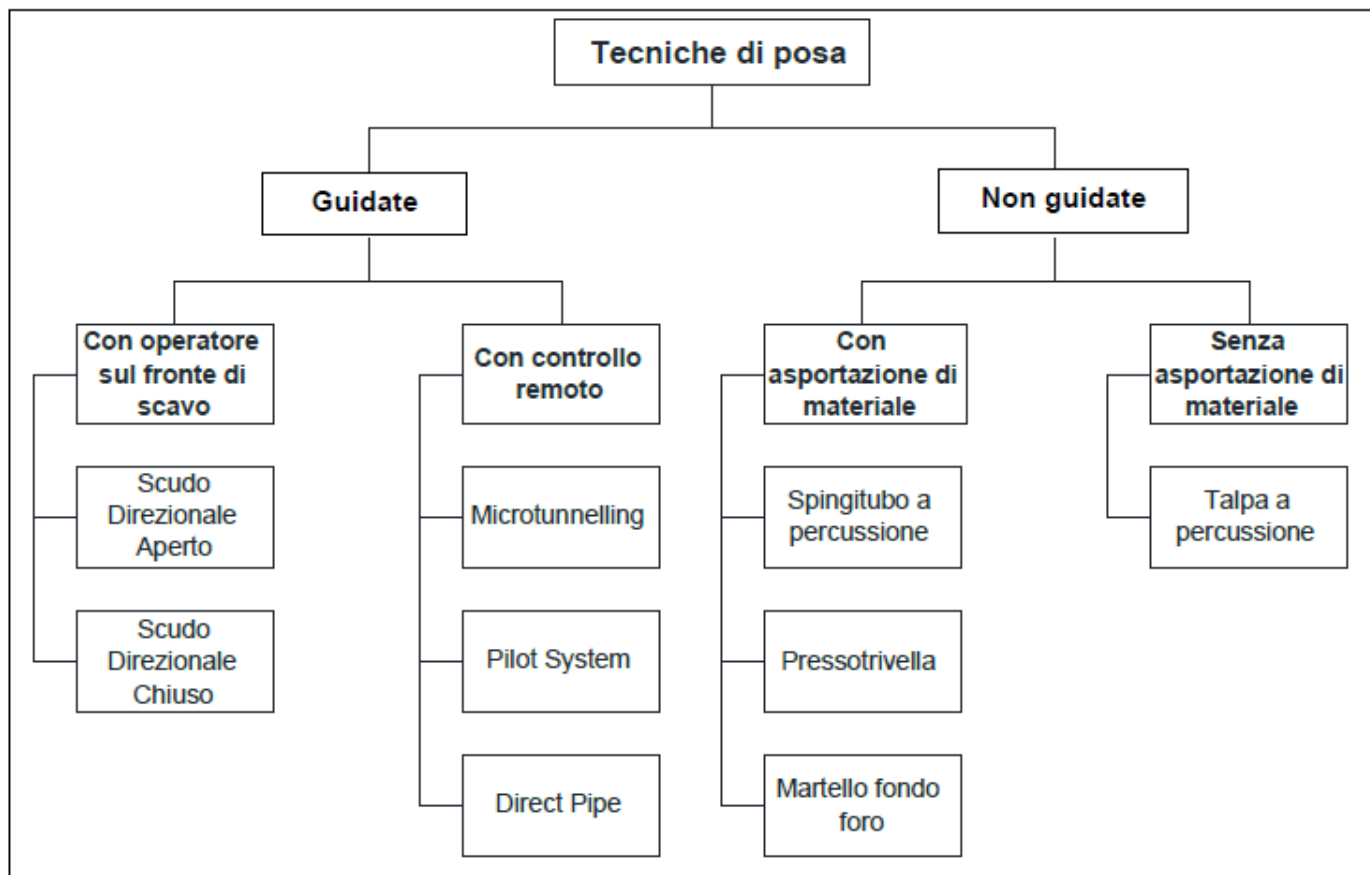
Caratterizzazione dei
terreni

Ricerca
sottoservizi

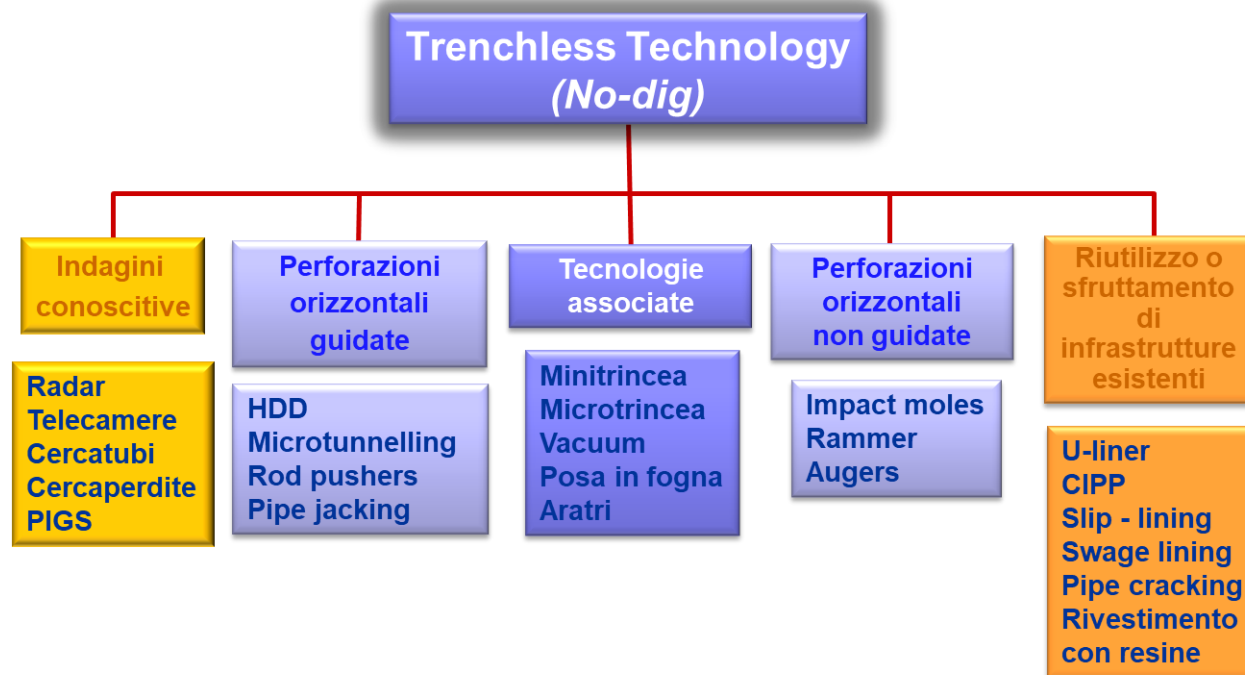


- **Conosco:**

- **Cap. 6:** All'interno delle tecniche a spinta vengono ben evidenziate i sistemi che possono essere guidati durante l'avanzamento della perforazione, da quelle che invece non sono «guidabili» descrivendo macchine ed ambienti di lavoro;
- **Cap. 7:** I materiali da impiegare: le tubazioni per la posa a spinta. Non tutti i tubi reperibili sul mercato sono adatti alla posa mediante tecniche a spinta. Nel capitolo 7 si descrivono i materiali utilizzabili e le principali caratteristiche meccaniche richieste dalle metodiche riportate nel cap. 6.



Classificazione prevista nella Prassi



Classificazione più estesa delle tecniche No-Dig



- **Conosco:**

- L'applicazione delle tecnologie No-DIG consente la realizzazione di opere tra le quali:
 - attraversamenti ferroviari e stradali;
 - attraversamenti di corsi d'acqua;
 - reti di drenaggio delle acque;
 - reti tecnologiche;
 - acquedotti;
 - allacci domestici;
 - ma anche molto altro.....



- **Conosco:**

- «Nuovi» campi di applicazione delle tecnologie NO-DIG:

- Ad esempio applicazioni tipiche delle tecnologie MT alle costruzioni in sotterraneo sono:

- Spostamento sottoservizi
- Gallerie di servizio
- Collegamenti orizzontali
- Consolidamenti preventivi/compensativi
- Drenaggi

Accessorie alla
costruzione

- Cunicolo pilota
- Arco cellulare
- Opere in sotterraneo in ambiente urbano
- Pozzi inclinati o verticali

Integrate alla
costruzione



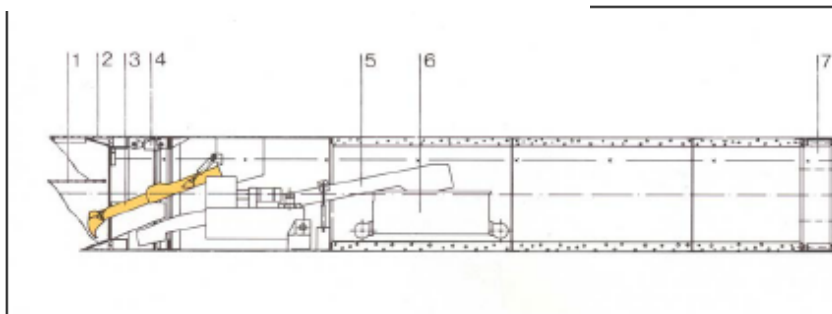
- **Scelgo: la tecnologia**



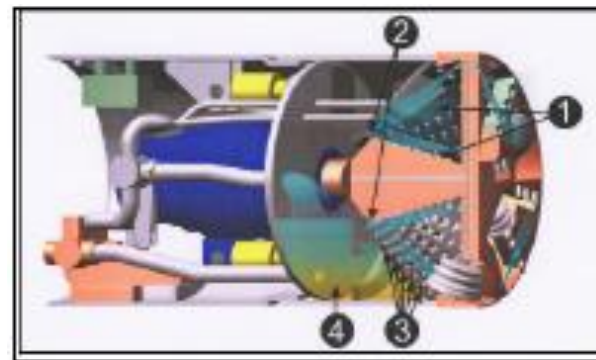
Talpa a
percussione



Pilot System



Scudo direzionale aperto



Microtunnelling



Testa fresante
microtunnelling



- **Scelgo: la tecnologia**

Tabella 4.a - Prospetto riepilogativo tecnologie di posa di tubazioni e valori di applicazione						
Punto	Tecnologia	Diametro esterno Min e Max di riferimento [mm]	Valori empirici di applicazione			
			Distanza di Spinta	Minimo ricoprimento*	Posa di tratti curvilinei	Posa sotto falda
6.2.1	Spingitubo a percussione pneumatica	$\geq 101,6$ (4") ≤ 4500 (177")	In funzione dei diametri e della natura del terreno e dei materiali impiegati consultare le tabelle specifiche delle varie tecnologie.	1.00m	No	No
6.2.2	Pressotrivella	≥ 250 ≤ 1400		1.5xDe Min. 1.00m	No	No
6.2.3	Talpa a percussione	≥ 45 ≤ 180		10xDe	No	No
6.2.4	Martello fondo foro	≥ 76 ≤ 1220		1.5xDe Min. 1.00m	No	No
6.3.1	Scudo direzionale aperto	≥ 1200 ≤ 3600		1.5+2.00xDe	Si	No**
6.3.2	Scudo direzionale chiuso	≥ 1800 ≤ 3600		1.5+2.00xDe	Si	Possibile
6.3.3	Microtunneling	≥ 300 ≤ 3600		1.5+2.00xDe	Si	Si
6.3.4	Pilot System	≥ 250 ≤ 1280		1.5+2.00xDe	Si	No**
6.3.5	Direct Pipe	≥ 800 ≤ 1500		1.5+2.00xDe	Si	Si

(*) In funzione delle caratteristiche geologiche/geotecniche.

(**) 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.



- **Scelgo: la tecnologia**

Tabella 4.b - Applicabilità in funzione delle caratteristiche geologiche dei terreni in sito

Parametro di riferimento	Spingitubo a percussione pneumatica	Presso-trivella	Talpa a percussione	Martello fondo foro	Scudo direzionale aperto	Scudo direzionale chiuso	Micro-tunnelling	Pilot Sistem	Direct Pipe
Roccia	NO	NO	NO	SI	SI	SI	SI	NO	SI
Argilla consistente	Possibile	SI	SI	NO	SI	SI	SI	Possibile	SI
Argille Medie e soffici	SI	SI	SI	NO	SI	SI	SI	SI	SI
Sabbie	SI	SI	SI	NO	SI	SI	SI	SI	SI
Ghiaie	SI	Possibile	SI	SI	Possibile	SI	SI	NO	SI
Sotto Falda	NO	NO	NO	NO	NO	Possibile	SI	Possibile	SI



- **Scelgo: la tecnologia**

Diametri e lunghezze di spinta indicative

Diametro interno [mm]*	Diametro esterno perforabile [mm]	Lunghezze di spinta [m]
400	non applicabile	non applicabile
500		
600		
700		
800		
1000		
1200	1480	100
1400	1720	250**
1500	1820	250**
1600	1940	350**
1800	2160	>400**
2000	2500	>400**
2500	3000	>400**
3000	3600	>400**

Valido per MT

(*) Riferimento al Di delle tubazioni in c.a.v.. Per le tubazioni in Gres e PRFV per i medesimi diametri esterni si potranno posare tubazioni con diametri interni anche maggiori.

(**) Per distanze superiori ai 120 m si consiglia l'utilizzo di una o più stazioni intermedie così da parzializzare la spinta in tratti di lunghezza ridotta. Il calcolo ed il numero di stazioni intermedie va valutato per ciascun caso specifico.



- **Scelgo: la tecnologia**

- **Cap. 1 .. 7:** Conosco la tecnica di posa, conosco l'ambiente di posa, conosco gli ambiti di applicazione: sono in grado di scegliere la tecnica più adatta;
 - In particolare, conosco i parametri ed i vincoli di progetto:
 - Obiettivo dell'intervento
 - Geologia e Geotecnica
 - Sottoservizi
 - Diametro Nominale (DN)
 - Lunghezza
 - Pendenze,
 - Tipo di fluido trasportato
 - Etc....



- **Scelgo: la tecnologia**

Tabella 4.a - Prospetto riepilogativo tecnologie di posa di tubazioni e valori di applicazione						
Punto	Tecnologia	Diametro esterno Min e Max di riferimento [mm]	Valori empirici di applicazione			
			Distanza di Spinta	Minimo ricoprimento*	Posa di tratti curvilinei	Posa sotto falda
6.2.1	Spingitubo a percuSSIONe pneumatica	$\geq 101,6$ (4") ≤ 4500 (177")	In funzione dei diametri e della natura del terreno e dei materiali impiegati consultare le tabelle specifiche delle varie tecnologie.	1.00m	No	No
6.2.2	Pressotrivella	≥ 250 ≤ 1400		1.5xDe Min. 1.00m	No	No
6.2.3	Talpa a percuSSIONe	≥ 45 ≤ 180		10xDe	No	No
6.2.4	Martello fondo foro	≥ 76 ≤ 1220		1.5xDe Min. 1.00m	No	No
6.3.1	Scudo direzionale aperto	≥ 1200 ≤ 3600		1.5+2.00xDe	Si	No**
6.3.2	Scudo direzionale chiuso	≥ 1800 ≤ 3600		1.5+2.00xDe	Si	Possibile
6.3.3	Microtunnelling	≥ 300 ≤ 3600		1.5+2.00xDe	Si	Si
6.3.4	Pilot System	≥ 250 ≤ 1280		1.5+2.00xDe	Si	No**
6.3.5	Direct Pipe	≥ 800 ≤ 1500		1.5+2.00xDe	Si	Si

(*) In funzione delle caratteristiche geologiche/geotecniche.

(**) 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.



- **Scelgo: la tecnologia**

Tabella 4.b - Applicabilità in funzione delle caratteristiche geologiche dei terreni in sito

Parametro di riferimento	Spingitubo a percussione pneumatica	Presso-trivella	Talpa a percussione	Martello fondo foro	Scudo direzionale aperto	Scudo direzionale chiuso	Micro-tunnelling	Pilot Sistem	Direct Pipe
Roccia	NO	NO	NO	SI	SI	SI	SI	NO	SI
Argilla consistente	Possibile	SI	SI	NO	SI	SI	SI	Possibile	SI
Argille Medie e soffici	SI	SI	SI	NO	SI	SI	SI	SI	SI
Sabbie	SI	SI	SI	NO	SI	SI	SI	SI	SI
Ghiaie	SI	Possibile	SI	SI	Possibile	SI	SI	NO	SI
Sotto Falda	NO	NO	NO	NO	NO	Possibile	SI	Possibile	SI

- **Scelgo: il materiale del tubo**

Table 7 – Vitrified clay Pipes: dimensions and maximum allowed jacking force

DN [mm]	Di [mm]	De [mm]	S. [mm]	FN kN/m	Force max (1) [kN]	L [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
900	891 +0/-12	1096 +0/-28	102,5	140	4.700	2.000
1.000	1056 +0/-15	1275 +0/-30	109,5	120	5.700	2.000
1.200	1249 +0/-18	1475 +0/-36	113	114	6.400	2.000
1.400	1400 +0/-30	1630 +0/-60	115		4.500	2.000

Tubi in Gres

Tabella 8 - Tubi in PRFV: dimensioni e forze massime di spinta ammesse*

DE (mm)	SN 32.000 (N/m ²)			SN 100.000 (N/m ²)			SN 640.000 (N/m ²)			PN	Lunghezza (m)
	DI ⁽²⁾ (mm)	Spess. ⁽²⁾ (mm)	F _{max} ⁽¹⁾⁽²⁾ (kN)	DI ⁽²⁾ (mm)	Spess. ⁽²⁾ (mm)	F _{max} ⁽¹⁾⁽²⁾ (kN)	DI ⁽²⁾ (mm)	Spess. ⁽²⁾ (mm)	F _{max} ⁽¹⁾⁽²⁾ (kN)		
272	-	-	-	-	-	-	224	24	297	1-10	1, 2, 3, 6
376	-	-	-	-	-	-	312	32	638	1-10	1, 2, 3, 6
401	-	-	-	363	19	315	333	34	736	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	1.403	48	3.476	1.363	68	5.705	-	-	-	1-10	1, 2, 3, 6
1.720	1.610	55	4.381	1.564	78	7.322	-	-	-	1-6	1, 2, 3, 6
1.937	1.813	62	5.325	1.765	86	8.793	-	-	-	1-6	1, 2, 3, 6
2.160	2.022	69	7.185	-	-	-	-	-	-	1-6	1, 2, 3, 6
2.400	2.248	76	9.251	-	-	-	-	-	-	1-6	1, 2, 3, 6
2.555	2.391	82	10.846	-	-	-	-	-	-	1-6	1, 2, 3, 6
3.000	2.812	94	13.068	-	-	-	-	-	-	1-6	1, 2, 3, 6
3.270	3.066	102	16.054	-	-	-	-	-	-	1-6	1, 2, 3, 6
3.600	3.376	112	20.033	-	-	-	-	-	-	1-6	1, 2, 3, 6

(1) Le forze di spinta massime ammissibili F_{max} sono da intendersi per spinta rettilinea e per tubazioni di classe di

**Tubi in
Vetroresina**



- **Progetto:**

- **Cap. 8:** la progettazione di una condotta posata mediante tecnica NO-DIG a spinta. Ripercorrendo le fasi di progettazione previste dalla norma, si individuano i documenti necessari da produrre quando si prevede la realizzazione con sistemi NO-DIG;
- Le problematiche di progetto possono essere molto differenti da caso a caso ma il processo logico di impostazione della progettazione è abbastanza ricorrente



- **Progetto:**

- **PROGETTO FTE (EX PRELIMINARE):**

- Inquadramento generale;
 - Descrizione delle indagini conoscitive;
 - Valutazioni economiche

- **PROGETTAZIONE DEFINITIVA**

- Relazione tecnica specifica
 - Relazione geologica, geotecnica, idrogeologica
 - Relazione di sostenibilità ambientale
 - Relazione sulla definizione dei vincoli
 - Relazione di calcolo
 - Elaborati grafici (principali caratteristiche opere in progetto)
 - Disciplinare descrittivo e prestazionale degli elementi tecnici
 - Computo Metrico Estimativo (Elenco Prezzi unitari IATT)



- **Progetto:**

- **PROGETTAZIONE ESECUTIVA**

- Calcoli strutturali
 - Verifica statica delle condotte utilizzate
 - stabilità strutturale per sollecitazioni derivanti da azioni permanenti e azioni dinamiche
 - condotte a prevalente comportamento rigido: verifica allo stato limite a rottura;
 - condotte a prevalente comportamento deformabile: verifica allo stato limite di esercizio (deformazione) and verifica allo stato limite a rottura
 - condotte a sezione composta (calcestruzzo armato): verifica allo stato limite di fessurazione and verifica allo stato limite a rottura
 - stabilità strutturale per sollecitazioni derivanti dalle fase di spinta
 - Calcoli strutturali dei pozzi o camere di spinta in base alle forze;
 - Calcoli dei cedimenti del terreno sollecitato dalle azioni sui pozzi derivanti dalla spinta delle condotte, al fine di verificarne la congruenza con la precisione di spinta
- Definizione dei particolari costruttivi



- **Eseguo (cantiere)**

- **Cap. 9:** Nel capitolo 9 viene illustrato il cantiere di MT nelle sue varie componenti. Vengono così descritti componenti necessari per l'esecuzione delle opere, indicando anche le dimensioni standard e le misure di ingombro che complessivamente definiscono l'area impegnata da un cantiere **NO-DIG**.



- **Eseguo (cantiere)**

- Le problematiche di cantierizzazione condizionano a volte tutte le scelte progettuali:
- Ingombri del cantiere
- Gestione dei materiali in arrivo (tubi) o in uscita (smarino)
- Viabilità provvisoria
- Deviazione sottoservizi
- Impatti ambientali delle lavorazioni (rumori, polveri, gestione delle acque, traffico etc.)





Prospettive

- **Trasformazione delle PdR in Norma UNI**
- **Aggiungere uno specifico capitolo sugli aspetti della sicurezza dei lavoratori**
- **Approfondimenti sul tema della gestione dei materiali scavati (soprattutto in presenza di fanghi)**
- **Aggiornamento della parti generali sulle nuove tecnologie ed applicazioni**
- **Aggiornamento sui nuovi materiali (tubi, giunti etc...)**
- **Aggiungere un capitolo sui protocolli di valutazione della sostenibilità ambientale**
- **Aggiornamento sulle tecnologie di guida**
- **Aggiornamento alle NTC2018**



GRAZIE PER L'ATTENZIONE