



TECNOLOGIA

# Pali trivellati

**TREVI**  
↓




TREVII

TREVII

TREVII Group

SCAVI



Diametri di scavo  
fino a 4.000 mm

Profondità di scavo  
oltre 100 m

La metodologia di esecuzione dei pali trivellati risale agli inizi del secolo scorso. Oggi, l'impiego di attrezzature sempre più potenti e la capacità di sostenere le pareti di scavo mediante fanghi bentonitici o polimerici consente di realizzare con tale tecnologia **pali di fondazione fino a 4 m di diametro e 100 m di profondità.**

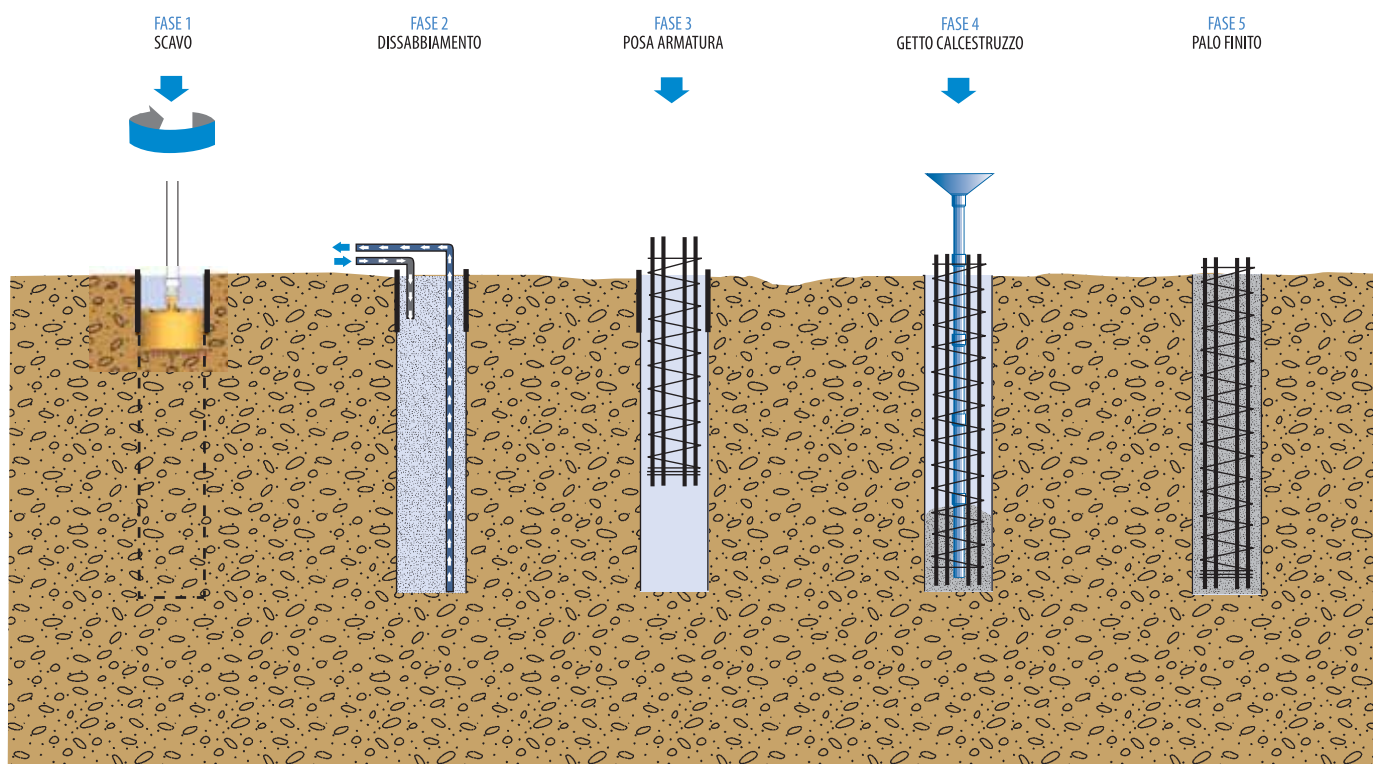
# Tecnologia

La tipica sequenza esecutiva di un palo trivellato prevede:

- la rimozione del terreno mediante utensili di scavo adatti alla natura del terreno stesso;
- la “rigenerazione” dal fango di perforazione tramite asportazione della frazione più grossolane di terreno in esso contenuta (operazione denominata “dissabbiamento”);
- l’inserimento all’interno del foro della gabbia di armatura;
- il riempimento del foro con calcestruzzo.

Allo scopo di evitare possibili franamenti del terreno più superficiale, è pratica consolidata la preliminare infissione, in asse al palo da realizzare, di un tubo di rivestimento di diametro leggermente superiore al diametro dell’utensile. L’effettiva lunghezza di tale rivestimento dovrà essere definita in relazione alla natura dei terreni da attraversare nei primi metri di scavo.

Tale avanzazzo è generalmente infisso nel terreno per mezzo della testa di rotazione della perforatrice o di un vibro-infissore idraulico agganciato alla gru di servizio.





# Sequenza operativa

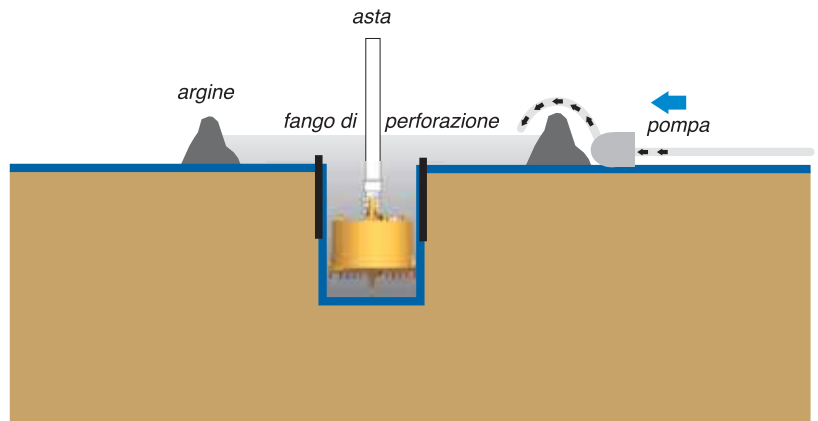
## Fasi di scavo

Lo scavo di un palo trivellato prevede operazioni cicliche da parte dell'operatore:

- l'**abbassamento dell'asta di perforazione** ("kelly") alla cui base è collegato l'utensile di scavo e l'allineamento di quest'ultimo sull'asse del palo da realizzare;
- lo **scavo vero e proprio**, mediante azione di rotazione e spinta;
- la **risalita alla superficie dell'utensile**;
- la **rotazione della torretta della perforatrice fino alla posizione di scarico del terreno**;
- lo **scarico** (direttamente a terra o su camion) del terreno contenuto nell'utensile;
- la rotazione della torretta e il **riallineamento dell'utensile sull'asse del palo**.

## Scavo in presenza di fluido

Quando lo scavo è eseguito in terreni sciolti o argille molto soffici sotto falda, è necessario stabilizzare le pareti del foro mediante l'utilizzo di specifici fanghi di perforazione a base di bentonite o polimeri. Grazie al maggior peso specifico dei fanghi bentonitici rispetto all'acqua ed alla loro capacità di formare uno strato impermeabile sulle pareti del foro, tali fanghi, quando mantenuti ad un livello superiore a quello della falda di almeno 1 m, sono in grado di contrastare efficacemente l'ingresso dell'acqua all'interno dello scavo, evitando così possibili franamenti delle pareti del foro. Nei cantieri di limitata estensione, il mantenimento del fango di perforazione a livello costante, può essere assicurato realizzando un semplice bacino di contenimento con argini in terra attorno al foro ed immettendo nuove quantità di fango di perforazione a mano a mano che il foro si approfondisce.



# Sequenza operativa



Per evitare un eccessivo consumo di fango e mantenere in buone condizioni il piano di lavoro, è buona regola lasciar scolare l'utensile al momento della sua uscita dal foro di tutto il fango in esso contenuto prima dello scarico del terreno.

Il fango di perforazione, sia esso a base di bentonite o polimeri, è prodotto in cantiere mediante specifici impianti di mescolazione ad alta turbolenza.

Tipici dosaggi di bentonite o polimero per la preparazione di un fango di perforazione sono i seguenti:

- **bentonite:** 30-70 kg ogni 1.000 l di acqua
- **polimero:** 0,5-3 kg ogni 1.000 l di acqua

È importante che in cantiere sia sempre disponibile una quantità di fango tale da compensare eventuali improvvisi abbassamenti del livello del fango dovuti all'intercettazione di terreni incoerenti particolarmente sciolti o cavità sotterranee.

Il fango, per essere considerato idoneo alla stabilizzazione del foro, deve presentare alcune caratteristiche reologiche, quali densità, viscosità e contenuto di sabbia, che devono essere periodicamente controllate durante l'esecuzione dei lavori.

Ultimate le operazioni di scavo, si procede alla pulizia del fondo mediante specifico utensile "pulitore" ed al dissabbiamento del volume di fango presente nel foro. Tale operazione si esegue immergendo una pompa centrifuga al fondo del foro e pompando il fango ad una specifica attrezzatura denominata "dissabbiatore". Al dissabbiatore, il fango passa attraverso una serie di vagli vibranti e idro-cycloni che lo separano dai residui di terreno in esso contenuti prima di essere rinviato al foro. Il tutto avviene in un ciclo continuo che permette di mantenere inalterato il livello del fango all'interno dello scavo.

## Scavo in assenza di fluido

In caso non si possano utilizzare fluidi di perforazione, è possibile sostenere le pareti del foro mediante infissione di un tubo di rivestimento temporaneo. Così come per l'avanpozzo, il rivestimento temporaneo può essere infisso nel terreno per mezzo della testa di rotazione della perforatrice (fino a 15-20 m) o di un vibro-infissore idraulico agganciato alla gru di servizio.

Per profondità superiori ai 20 m, le tecniche precedentemente descritte non risultano in genere efficaci e l'infissione del tubo di rivestimento provvisorio può realizzarsi solo mediante una specifica attrezzatura idraulica denominata "giracolonna".

## Posa dell'armatura

Non appena completato il dissabbiamento del fango di perforazione ed il controllo finale delle sue proprietà reologiche, si procede all'inserimento nel foro della gabbia di armatura con l'ausilio di una gru di servizio di adeguata capacità. Nella fase di discesa, all'esterno della gabbia sono applicati appositi distanziali in calcestruzzo o materiale plastico per garantire il rispetto del copriferro laterale di progetto.

Al fine di garantire un sufficiente copriferro anche alla base del palo, la gabbia è sorretta e lasciata sospesa



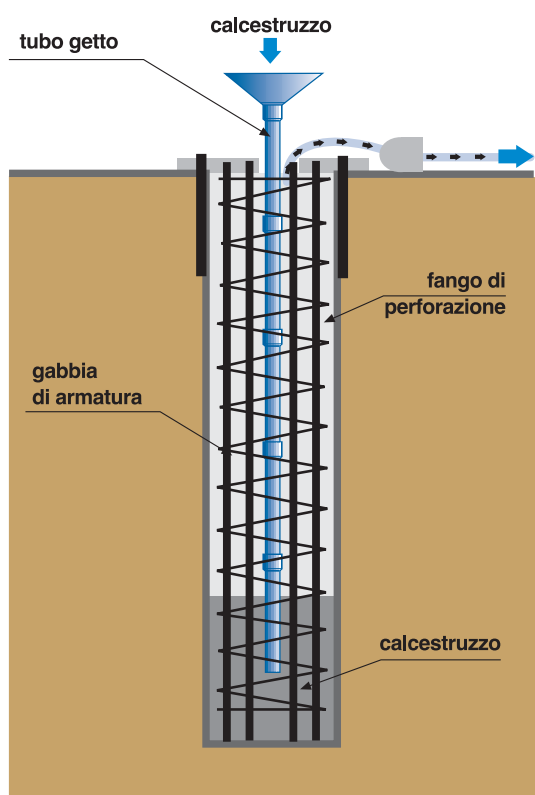
# Sequenza operativa

nel foro ad una distanza di 15-20 cm dal fondo.  
Quando richiesto, la gabbia è equipaggiata al suo interno con tubi in ferro da 2" per l'esecuzione di prove soniche non distruttive.

## Getto del calcestruzzo

Una volta inserita la gabbia, si procede al riempimento del foro con calcestruzzo.

A tale scopo, viene calata in asse del foro una colonna di tubi in ferro di diametro interno non inferiore a 250 mm. La colonna è in genere costituita da elementi di 2 o 3 m di lunghezza, connessi tra loro in successione sino a raggiungere il fondo del foro. Alla testa della colonna viene quindi posto un imbuto all'interno del quale si versa il calcestruzzo.



Scorrendo all'interno dei tubi, il calcestruzzo raggiunge il fondo del foro e comincia a risalire al suo interno. Grazie alla notevole differenza di densità tra i due fluidi, il fango di perforazione non si mescola al calcestruzzo, ma viene spostato verso l'alto risalendo alla superficie, dove viene raccolto in apposite vasche di stoccaggio in attesa di un successivo utilizzo. A mano a mano che il calcestruzzo risale all'interno del foro, la colonna di tubi di getto viene accorciata in modo tale da limitare a non più di 3-4 m il suo immersione nel calcestruzzo fresco.

Una volta che il calcestruzzo ha raggiunto il livello di progetto, il getto viene sospeso e la colonna estratta completamente dal calcestruzzo.



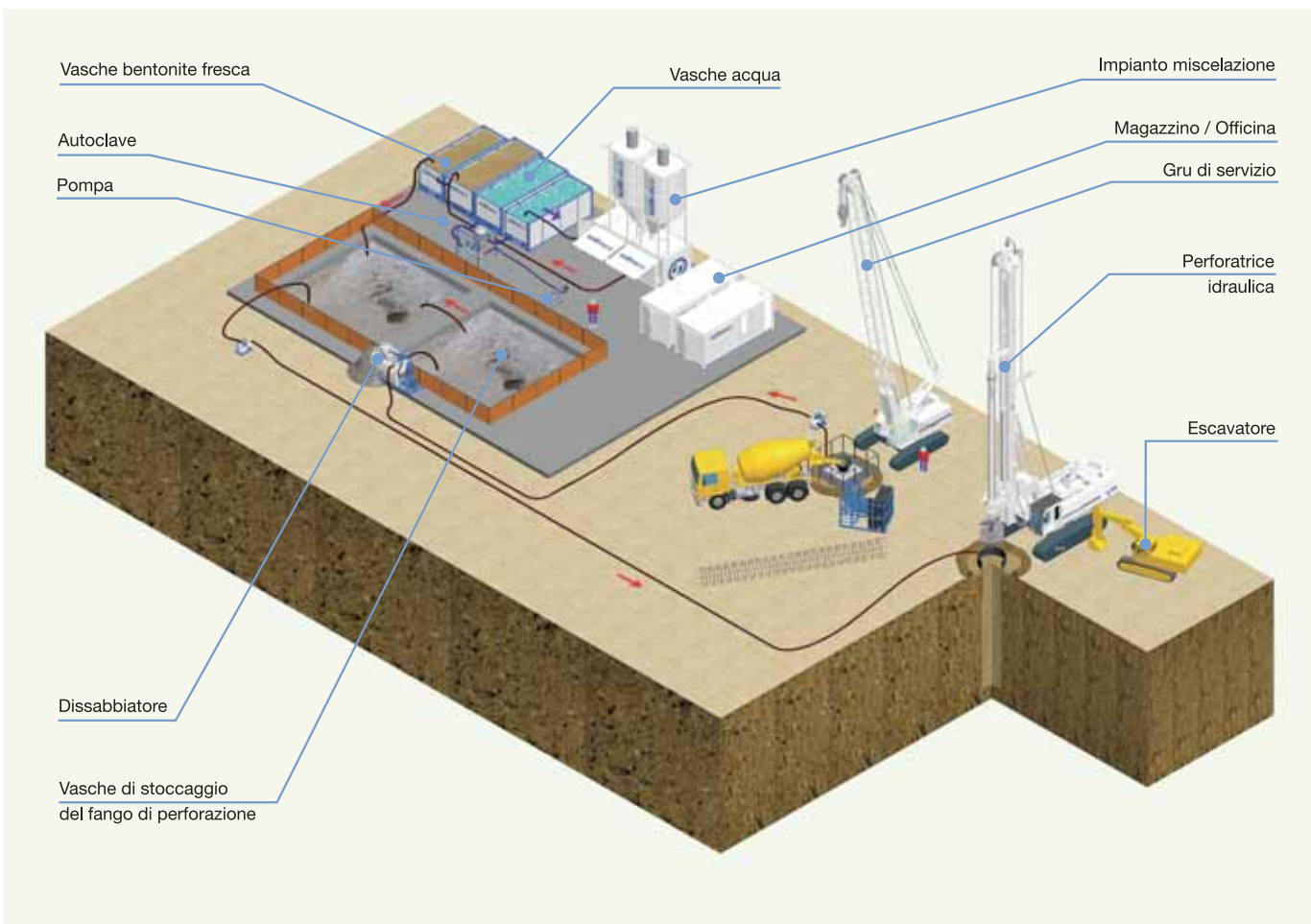


# Logistica di cantiere



Un tipico cantiere per l'esecuzione di pali trivellati con l'utilizzo di fanghi di perforazione prevede l'impiego delle seguenti attrezzature principali:

- una **perforatrice idraulica** di scavo;
- una **pala** o un **escavatore** a braccio rovescio per l'allontanamento del terreno di risulta dall'area di lavoro;
- un **impianto per la produzione del fango di perforazione**;
- un **impianto per il dissabbiamento del fango di perforazione**;
- una **gru di servizio** per l'inserimento della gabbia di armatura all'interno del foro e per la movimentazione della colonna di tubi di getto del calcestruzzo.



# Utensili di scavo

La tipologia e configurazione degli utensili di scavo da impiegarsi è selezionata in relazione alla natura ed alle caratteristiche geomeccaniche dei terreni da attraversare.

Per l'attraversamento di terreni incoerenti o di argille mediamente compatte, può essere utilizzata una trivella o un "bucket".

La trivella è costituita da un elemento tubolare centrale attorno al quale è saldata una piastra sagomata a spirale. Lungo il perimetro della piastra elicoidale sono applicati dei denti di taglio di forma cuneiforme. In generale, le trivelle sono adatte allo scavo di terreni argillosi o incoerenti asciutti. La presenza di acqua di falda, infatti, provoca frequentemente la ricaduta nel foro del terreno scavato durante la fase di risalita dell'utensile.

Il bucket è costituito da un elemento cilindrico cavo munito al fondo di uno sportello con feritoia incernierato ad una delle estremità del cilindro. Dei denti di taglio saldati sul bordo della feritoia agevolano l'ingresso del terreno all'interno del corpo cilindrico del bucket, impedendone al contempo la fuoriuscita nella fase di risalita. Una volta che l'utensile è in superficie, lo sportello è sganciato dal corpo del bucket ed è così possibile scaricare il terreno presente al suo interno. Essendo un utensile di scavo chiuso, il bucket è adatto allo scavo di terreni incoerenti sciolti o argille soffici sotto falda.

Per l'attraversamento di argille molto compatte o terreni rocciosi, può essere utilizzata una trivella da roccia o un carotiere.

Una trivella da roccia si differenzia da una trivella tradizionale per la differente tipologia dei denti di taglio impiegati. I denti di una trivella da roccia, infatti, non presentano una configurazione cuneiforme ma conica (detta anche "balistica" per similitudine con l'ogiva di un proiettile), con un elemento di metallo duro inserito nell'estremità superiore. I denti sono altresì alloggiati in supporti che ne consentono la rotazione attorno all'asse, assicurando così un consumo pressoché uniforme della punta tagliente. Grazie a tale configurazione, una trivella da roccia è adatta allo scavo di argille molto compatte e rocce tenere o molto degradate.

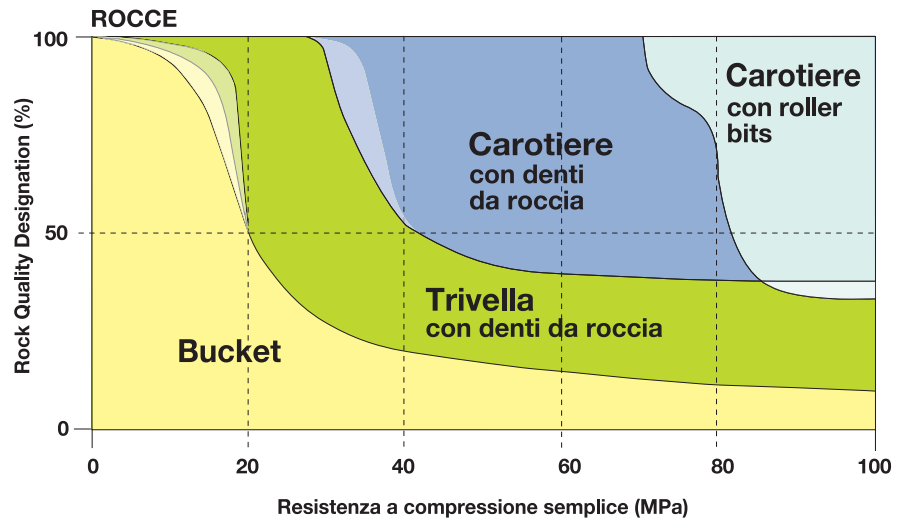
Quando si devono attraversare formazioni rocciose molto dure, l'utensile di scavo più adatto è il carotiere. Un carotiere è essenzialmente un bucket privo di sportello al fondo e munito di denti di taglio lungo l'intero suo perimetro inferiore. La particolare disposizione e configurazione dei denti, la cui tipologia può variare a seconda della durezza del terreno da attraversare, fa sì che, una volta penetrata all'interno del corpo cilindrico, la carota di roccia non possa fuoriuscire durante la fase di risalita.

Qualsiasi sia la tipologia di utensile impiegato, il collegamento al kelly di perforazione avviene tramite un innesto maschio-femmina.

Il kelly è costituito un gruppo di aste telescopiche (da 3 a 5 in funzione della profondità da raggiungere) la più esterna delle quali è collegata alla testa di rotazione della perforatrice idraulica. Tale sistema permette di trasmettere la necessaria rotazione e spinta sull'utensile.



# Utensili di scavo



## TERRENI INCOERENTI

USCS (ASTM D-2487) Descrizione terreni					Utensili per perforazione		
					BUCKET	TRIVELLA	
Terreni a grana grossa	Ghiaie > 50% di frazione grossolana trattenuta da setaccio n° 4	Ghiaie pulite	GW	33°-45° 0 KPa	Ghiaie ben graduate e ghiaie sabbiose, fini scarsi o assenti	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
			GP	33°-45° 0 kPa	Ghiaie ben graduate e ghiaie sabbiose, fini scarsi o assenti	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		Ghiaie con fini	GM	30°-40° 0 KPa	Ghiaie sabbiose e limose, fini > 12%	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
			GC	30°-40° 0 KPa	Ghiaie argillose fini > 12% fini	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Sabbie >=50% di frazione grossolana passante al setaccio n° 4	Sabbie pulite	SW	30°-40° 0 KPa	Sabbie ben graduate da fini a grossolane	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
			SP	30°-40° 0 KPa	Sabbie poco graduate	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		Sabbie con fini	SM	28°-35° 0 KPa	Sabbia limose	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
			SC	28°-35° 0 KPa	Sabbie argillose	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Terreni a grana fine	Limi e Argille Limite liquido (LL) < 50	ML	0-200 KPa	Limi inorganici, sabbie molto fini, sabbie fini limose o argillose	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
		CL	0-300 KPa	Argille inorganiche con plasticità medio-bassa, argille limose e sabbiose	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
		OL	0-200 KPa	Limi organici e argille limose organiche di bassa plasticità	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
	Limi e Argille Limite liquido (LL) >= 50	MH	0-20 KPa	Limi di alta plasticità	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
		CH	0-200 KPa	Argille di alta plasticità	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
		OH	0-10 KPa	Argilla organica, limo organico	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
Terreni altamente organici	Pt	0-10 KPa	Terreni torbosi ed altri terreni ad alto tenore organico	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		

Prefisso:

**G** = Ghiaia    **M** = Limo    **O** = Organico  
**S** = Sabbia    **C** = Argilla    **H** = Argilla, LL > 50%

Suffisso:

**W** = Ben gradato    **M** = Limoso,  
**P** = Poco gradato    **L** = Argilloso, LL < 50 %



Protagonista mondiale nel settore dell'ingegneria nel sottosuolo, Trevi ha consolidato, in oltre 50 anni di attività in ogni angolo del mondo, la propria capacità di risolvere qualsiasi problema d'ingegneria nel sottosuolo.

Trevi opera nel settore della fondazioni speciali, nel consolidamento di terreni, nel ripristino delle dighe, nella costruzione e consolidamento delle gallerie, nei lavori marittimi, nella messa in sicurezza dei siti inquinati, nella costruzione di parcheggi interrati e automatizzati.

Trevi è votata all'innovazione continua e alla costante ricerca di soluzioni per le complesse problematiche che l'ingegneria civile deve affrontare in tutto il mondo. Sperimentazione della tecnologia più avanzata, tradizione imprenditoriale e volontà di investire in ricerca e nelle risorse umane sono i punti di forza di una realtà radicata in oltre 30 paesi.



[www.trevispa.com](http://www.trevispa.com)