




TECNOLOGIA

# CAP / CSP

Pali ad elica continua rivestiti

**TREVI**  
↓





Scavo in assenza di fanghi bentonitici

Diametri realizzabili  
da 600 mm a 1.200 mm

Profondità massima rivestita  
21 m

Profondità massima palo  
ca. 30 m

Scavo in roccia  
fino a resistenze di 25/30 MPa  
(compressione semplice UCS)

La tecnica **CAP (Cased Auger Piles)** consiste nell'eseguire pali trivellati isolati mediante un'elica continua coassiale ad un rivestimento esterno. La stessa tecnica può essere utilizzata per realizzare pali secanti, e in questo caso viene denominata **CSP (Cased Secant Piles)**. Elica e rivestimento sono azionati da due rotary indipendenti e reciprocamente controrotanti, che scorrono lungo l'antenna della perforatrice.

Con questa tecnica è possibile **eseguire pali aventi diametro nominale da 600 a 1200 mm**.

La massima profondità raggiungibile dal rivestimento è pari a 21 metri, mentre la massima profondità tecnicamente consentita dall'elica è pari a circa 30 metri (a seconda del diametro e dell'attrezzatura di perforazione).

Le due rotary possono scorrere in maniera indipendente lungo l'antenna, consentendo quindi l'avanzamento relativo dell'una rispetto all'altra a seconda del tipo di terreno da scavare. In generale, in materiali coesivi ed in presenza di materiali incoerenti fini, la punta dell'elica e del rivestimento sono mantenuti alla stessa quota, mentre in materiali incoerenti grossolani l'elica viene tenuta leggermente in avanzamento rispetto alla scarpa per alleggerire il terreno e facilitare il suo trasporto all'interno del rivestimento. In roccia si procede con il rivestimento in avanzamento che funge da carotiere mentre la punta dell'elica, attrezzata con idonei denti da roccia, frattura la "carota" creata dal rivestimento. La punta dell'elica e la corona del rivestimento sono equipaggiati con idonei denti, a seconda del tipo di materiale da scavare.

# Tecnologia

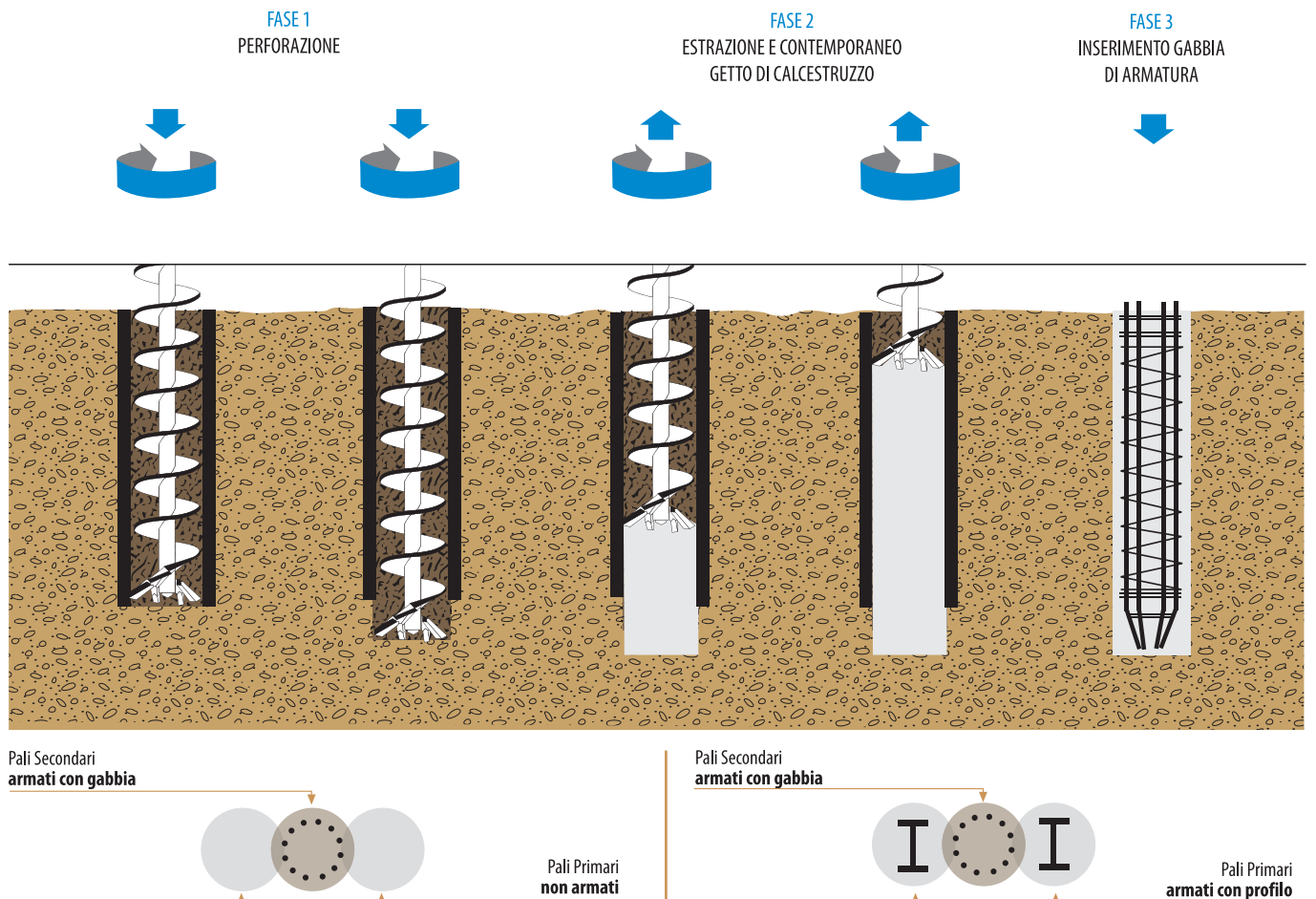
La sequenza operativa prevede l'infissione contemporanea dell'elica e del rivestimento. Una volta raggiunta la profondità massima di infissione del rivestimento, è possibile proseguire la perforazione con la sola elica continua fino alla quota di progetto.

Successivamente l'elica carica di terreno viene estratta, mentre contemporaneamente si pompa calcestruzzo attraverso l'asta centrale dell'elica, rimpiazzando in tal modo il volume di terreno scavato fino al piano di lavoro. Il rivestimento viene solitamente estratto quando l'elica è già risalita al suo interno di alcuni metri. Ultimata la completa estrazione di elica e tubo, si procede alla posa in opera della gabbia di armatura nel calcestruzzo fresco.

Il getto del palo viene eseguito utilizzando una pompa cingolata da calcestruzzo di capacità variabile da 80 a 120 mc/ora.

Per consentire la veloce installazione della gabbia nel calcestruzzo fresco, occorre prevedere alcuni accorgimenti per la fornitura di quest'ultimo: gli inerti da utilizzare per il confezionamento del calcestruzzo dovranno avere un diametro massimo di 18 mm, e le classi di fluidità del calcestruzzo dovranno essere del tipo S5 o SCC.

Le profondità massime di infissione della gabbia, con un calcestruzzo S5 e slump superiore a 220 mm, arrivano in genere a 12-15 m, mentre con un calcestruzzo tipo SCC, è possibile armare pali di lunghezza maggiore.





Prima dell'inizio dei cantieri, i tecnologi Trevi sono a disposizione per ottimizzare il mix design del calcestruzzo, cooperando con il cliente per garantire la corretta esecuzione della tecnologia in accordo con le esigenze progettuali.

Così come per i pali Trelicon CFA, le gabbie di armatura per i pali tipo CAP/CSP devono essere assemblate osservando alcuni accorgimenti specifici: la parte terminale della gabbia presenta un profilo conico, per facilitare l'infissione ed il centraggio nel foro, mentre il corpo dell'armatura deve essere irrigidito con barre di idoneo diametro. Il copriferro minimo deve essere di circa 7,5 cm.

Il sistema elica/rivestimento consente una elevata rigidità e garantisce deviazioni dall'asse teorico del palo significativamente inferiori rispetto a quelle dei sistemi con kelly o con elica continua libera. Generalmente la deviazione misurata con il sistema CAP-CSP è inferiore all'1%, e con l'uso di particolari accorgimenti si può arrivare allo 0.5%.



Sulle attrezzature Trevi è presente un sistema computerizzato di controllo dei parametri di perforazione e getto. **Trevi utilizza il DMS Soilmec nella versione CAP, che consente di visualizzare tutti i parametri esecutivi in cabina e di registrarli, a richiesta del cliente, su supporto informatico.**

**L'alta precisione di tale tecnologia la rende particolarmente idonea alla realizzazione di diaframmi di pali.**



# Il sistema CSP

A partire dalla tecnologia CAP, il Gruppo Trevi ha sviluppato un sistema di realizzazione di paratie di pali secanti, denominato **CSP (Cased Secant Piles)**, alternativo ai diaframmi tradizionali.

I pali CSP sono di gran lunga più vantaggiosi laddove le tecnologie basate sull'utilizzo di benna o di idrofresa risultano inadatte a causa della stratigrafia, delle vibrazioni indotte o della logistica, in generale, del cantiere.

**La sequenza di costruzione dei pali secanti con il sistema CSP, prevede l'esecuzione di pali primari e secondari; durante lo scavo di questi ultimi si procede alla parziale demolizione dei pali primari adiacenti.** Variando il diametro dei pali ed il loro interasse si ottiene un migliore compromesso tra l'effettivo spessore risultante della parete (*sezione dei pali*) ed il calcestruzzo da tagliare durante l'esecuzione dei pali secondari.

Per garantire la perfetta disposizione planimetrica dei pali è buona norma realizzare una correa di guida che identifichi in modo inequivocabile la posizione di tutti i pali e consenta una guida verticale idonea all'inizio della perforazione.

I pali costituenti le paratie di pali secanti possono essere armati con tecniche e modalità diverse: generalmente il palo primario non viene armato, oppure, se necessario può essere armato con un profilo che non impedisca la parziale demolizione del palo durante lo scavo del secondario.

Il calcestruzzo utilizzato per l'esecuzione dei pali primari e secondari può non avere le medesime caratteristiche. Si può decidere, per esempio, di eseguire i pali primari in miscela plastica, demandando la funzione statica della paratia ai soli pali secondari armati, mentre i primari garantiscono la sola funzione di contenimento idraulico.



# Attrezzature utilizzate e vantaggi della tecnologia



Un cantiere per la realizzazione di pali CAP-CSP consta di una perforatrice, di una pompa idraulica cingolata compatta, di un escavatore a braccio rovescio per la movimentazione del materiale di risulta e, se necessario, di una gru di servizio per l'infissione dell'armatura.

Per l'esecuzione di questa tecnologia Trevi utilizza perforatrici cingolate idrauliche automontanti di elevata potenza.

I principali vantaggi delle tecnologie CAP e CSP sono:

- **Utilizzo in tutti i tipi di terreni ed in rocce tenere** con valori massimi di resistenza a compressione semplice (UCS) di 25-30 MPa.
- **Scavo in assenza di fanghi:** il materiale di risulta ha le stesse caratteristiche del terreno in posto.
- **Capacità di attraversare strutture preesistenti** in muratura o calcestruzzo.
- **Assenza di vibrazioni o impulsi** tipici dei sistemi a percussione.
- **Assenza di trincee o scavi aperti** che comportino la decompressione del terreno, rendendo la tecnologia particolarmente idonea per la realizzazione di diaframmi in adiacenza a fabbricati e manufatti esistenti.
- **Assenza di ingombranti impianti di miscelazione e dissabbiamento** necessari nei cantieri di diaframmi tradizionali o con idrofresa.
- **Velocità di esecuzione doppia**, a parità di condizioni geologiche, rispetto alla realizzazione dei pali con un sistema tradizionale con kelly rivestito.
- **Economicità del cantiere** rispetto ad un cantiere di pali tradizionali.





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)