

**Fabbricato civile abitazione sito in Via XXX**  
**CARDITO (NA)**  
**Consolidamento strutturale**  
**Proposta Progettuale**

<b>Premessa .....</b>	<b>2</b>
<b>Vantaggi applicazione TFEG .....</b>	<b>10</b>
<b>Che cos'è il TFEG .....</b>	<b>11</b>
<b>Come funziona.....</b>	<b>13</b>
<b>L'installazione .....</b>	<b>14</b>
<b>Applicazioni .....</b>	<b>16</b>

## Premessa

Il presente report si pone l'obiettivo di effettuare una valutazione tecnico-economica, afferente la realizzazione di opere di sottofondazione, individuate in micropali infissi + sistema TFEG, riguardanti un edificio in muratura sito in via XXX presso il comune di Cardito.

Tutte le valutazioni, prendono spunto dai dati e dagli elaborati tecnici forniti.

Per eventuali informazioni tecniche aggiuntive relative al presente elaborato, o al sistema TFEG, del quale si propone l'utilizzo, è possibile contattare i ns. Uffici ai numeri :

**+39 (0)823797119 - 3357440991**

chiedendo dell' ing. G. Migliaro o del geol. N. Maione .

[info@jobsoil.it](mailto:info@jobsoil.it)

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

## Tipologia di intervento

Si è scelto di proporre per l'intervento di consolidamento l'applicazione dei micropali infissi in quanto questi ultimi rappresentano una soluzione molto vantaggiosa in special modo perché l'innovazione tecnologica Silent pile, da noi proposta, presenta innumerevoli vantaggi quali:

- La tecnologia Silent Pile è molto meno invasiva rispetto alla classica applicazione, in quanto, nella totalità dei casi non si interviene con la macchina perforatrice ma con un semplice pistone di spinta ed un opportuna struttura di contrasto per l'infissione del palo;
- Applicabilità sulla quasi totalità dei terreni ;
- Raggiungimento di elevate profondità;
- La nostra tecnologia inoltre permette di registrare in continuo le pressioni d'infissione consentendo di verificare se le caratteristiche meccaniche del terreno sono congruenti con i risultati ottenuti dalle indagini;
- La tecnologia in generale permette di irrigidire notevolmente le fondazioni esistenti garantendo il consolidamento delle fondazioni senza alcun problema

## Sezione stratigrafica di progetto

Sulla scorta dei documenti tecnici forniti, costituiti da:

- Successione stratigrafica dell'area in esame ;
- Caratteristiche meccaniche dei terreni mediante prove penetrometriche leggere;

si è proceduto alla valutazione definizione della seguente sezione stratigrafica di progetto:

Strato	Descrizione Terreno	$\gamma$ (KN/m <sup>3</sup> )	sp. strato(m)	qc(kPa)
1	Piroclastite torbosa	14	4.4	6
2	Piroclastite limo sabbiosa	14.5	3.2	36
3	Piroclastite in matrice sabbiosa	14.5	1.4	61
4	Piroclastite in matrice sabbiosa poco addensata	14.5	1.6	24
5	Piroclastite in matrice sabbiosa	16	3	380

Il valore di  $q_c$  è stato determinato in funzione dell'assortimento granulometrico del materiale, al fine di determinare il carico limite del palo, così come di seguito riportato..

## Calcolo della Capacità Portante del sistema micropalo + sistema TFEG

Sulla scorta dei documenti tecnici forniti, si è proceduto alla valutazione della capacità portante del singolo micropalo e poi del sistema micropalo + sistema TFEG.

Il carico limite del singolo micropalo, tipo Silent Pile, è fornita dalla somma di due aliquote la resistenza alla punta  $P$  e quella laterale  $S$ :

$$Q_{\text{lim}} = P + S$$

La resistenza alla punta del Silent Pile è fornita dalla relazione proposta da Bustamante e Gianneselli (1982):

$$P = k_c q_c A_{\text{palo}}$$

in cui:

- $k_c$  è un coefficiente variabile tra  $k_0$  e  $k_p$ ;

- $q_c$  rappresenta la resistenza alla punta del palo;

- $A_{\text{palo}}$  l'area della superficie d'impronta del palo;

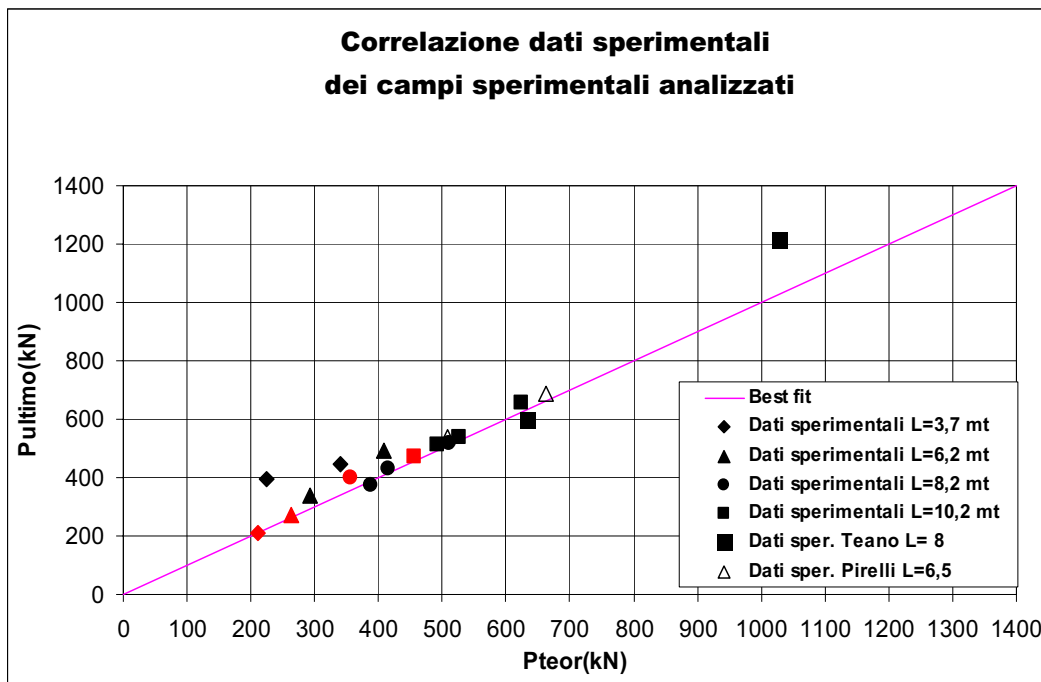
La resistenza laterale è anch'essa funzione di  $q_c$  ed è pari a :

$$S = q_c \alpha A_{\text{laterale}}$$

dove  $\alpha$  è un coefficiente funzione della tecnica di iniezione e della tipologia di terreno in esame.

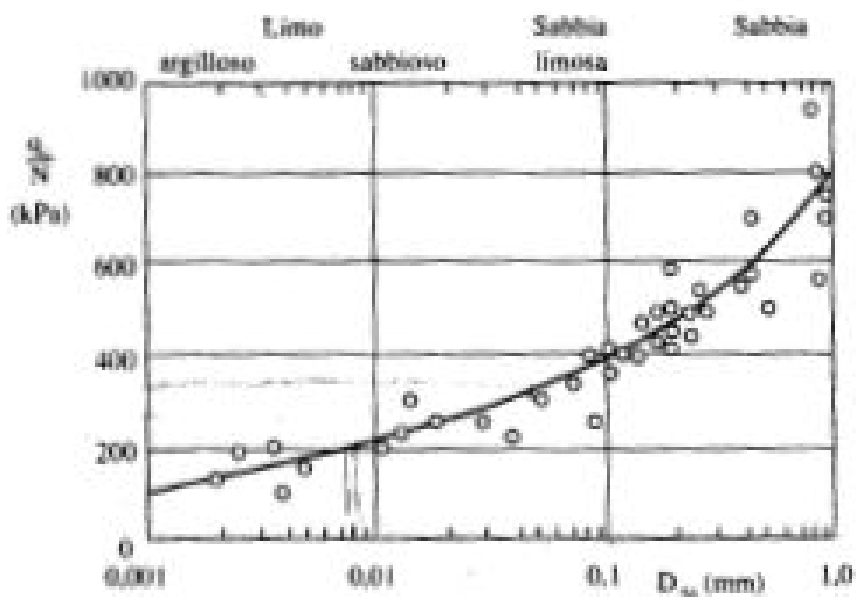
Per valutare l'incremento di portanza imputabile all'utilizzo del sistema TFEG si utilizza anche in questo caso l'approccio proposto da Bustamante e Gianneselli.

Tale schematizzazione assimila il manicotto TFEG alla punta di un micropalo infisso di area pari alla proiezione sul piano orizzontale dell'impronta del dispositivo. La validità di tale formulazione è stata verificata mediante la back analysis dei risultati del campo sperimentale di San Giovanni a Teduccio (NA), finanziato dal MIUR, oltre che di altri campi prova realizzati dalla JobSoil. La presente formulazione è stata anche oggetto di una tesi di laurea con relatore il prof. Q. Napoleoni, di cui si riporta il grafico seguente.



Correlazione tra i risultati sperimentali e quelli teorici con la formula di Bustamente e Gianceselli (Morelli 2006).

I valori della resistenza alla punta  $q_c$ , riportati in tabella sezione stratigrafica sono stati desunti dalla correlazione che lega il numero di colpi  $N$  della SPT con la  $q_c$  del CPT, come riportato nell' abaco qui di seguito:



Correlazione tra numero di colpi  $N$  della SPT e resistenza alla punta  $q_c$  del CPT

Nel seguito si riporta la soluzione progettuale proposta che prevede la realizzazione di micropali infissi con punta di diametro 220 mm e lunghezza pari ad 8 m in modo tale da attestare il micropalo all'interno della piroclastite in matrice sabbiosa addensata.

- **SOLUZIONE PROGETTUALE PROPOSTA**

La tipologia di micropali presa in esame è:

Tipologia	Ø (mm)	L (mt)	Armatura
Silent Pile	220	8	Tubo acciaio 139.7 spessore 10 mm

A tale tipologia di micropalo compete un carico limite/ammissibile pari a :

Carico limite micropalo	16.7 ton
Carico ammissibile micropalo	8.4 ton (*)

Il sistema TFEG che risulta essere più performante è :

Tipologia	Area (cmq)	Quota attestazione (m)
M-TFEG	310	8

Il carico ammissibile del solo sistema TFEG è pari a :

Carico limite sistema TFEG	10.3 ton
Carico ammissibile sistema TFEG	5.6ton (*)

Complessivamente il carico ammissibile del sistema micropalo + sistema TFEG è pari a:

Carico limite micropalo + sistema TFEG	27ton
Carico ammissibile micropalo + sistema TFEG	13.5ton (*)

Essendo il micropalo infisso sarà possibile registrare l'effettiva resistenza mostrata durante l'infissione; per tale motivo la lunghezza del palo potrà essere leggermente inferiore o superiore rispetto a quella indicata nei calcoli in alcuni punti della struttura; sarà comunque onere dell'installatore fornire micropali che abbiano resistenza minima pari a 25 ton limite.

(\*),(\*):La stima del carico ammissibile del palo con e senza sistema TFEG è stata ottenuta dividendo per l'opportuno coefficiente di sicurezza posto pari a 2,0 secondo normativa D.M.LLPP 88



## Analisi economica

Di seguito si riporta un'analisi economica dell'intervento non comprensiva della connessione con la sovrastruttura (realizzazione di cordoli in c.a. di bordo e fornitura di cemento di iniezione). Tale analisi viene svolta considerando un singolo micropalo di lunghezza pari a 8 m (con variazione di qualche metro in alcuni punti della struttura).

Installazione e fornitura di micropali con dispositivo TFEG con armatura tubolare pari 139.8 mm e spessore pari a 10mm per una lunghezza pari ad 8 m (nel prezzo si intende compresa la solidarizzazione con resine del micropalo ai cordoli, da realizzare a vs carico, eccetto la fornitura di cemento):

..... 1098,00 €

Come precedentemente indicato, secondo le prove da voi forniteci, la lunghezza dei micropali potrebbe variare di qualche metro in alcuni punti della struttura; nell'ambito di tale variazione il prezzo del micropalo rimarrà invariato..

**Distinti Saluti Ing. Giancarlo Migliaro**

**Tel: 0823/797119**

**Cell: 338/3893145**

**Email: [ufficiotecnico@jobsoil.it](mailto:ufficiotecnico@jobsoil.it)**

## SISTEMA TFEG

### Vantaggi applicazione TFEG

Prima di addentrarci nella descrizione dettagliata della tecnologia TFEG è opportuno sottolineare ed elencare gli effettivi vantaggi che possono trarsi in seguito all'applicazione di tale sistema; vantaggi legati principalmente ad aspetti tecnico-logistici di seguito riportati:

- **SICUREZZA**

- **Geotecnica**

- Collaudo Geotecnico

- Sorpresa Geologica

- **Lavoratori**

- Minor tempo = Meno uomini/giorno = + Sicurezza

- **DIFFICOLTA' OPERATIVE**

Diminuzione delle profondità e/o dei diametri

-Diminuzione profondità e/o diametri = Minori difficoltà esecutive

- **-)RISPETTO AMBIENTE**

- Meno CIs = Minor impatto ambientale

- Minor volumi a discarica

- **TEMPI**

- Minor profondità = Minor tempo di realizzazione

### **Che cos'è il TFEG**

La tecnica TFEG risponde all'esigenza che l'ingegnere geotecnico ha sempre avuto di aumentare l'efficienza del trasferimento dei carichi lungo il fusto e di **ridurre l'entità dei cedimenti** richiesti per la mobilitazione della resistenza alla punta del palo. In passato a tale necessità giungevano risposte consistenti in iniezioni di miscele più o meno in pressione, che creassero - oltre a un miglioramento delle caratteristiche meccaniche del terreno circostante e quindi un miglioramento dei parametri su cui confidare per la resistenza del palo - anche una sorta di propaggine del fusto del palo, lungo la sua lunghezza o alla base. Nacquero così, a partire dagli anni Cinquanta del secolo scorso, diversi brevetti, dal palo radice al tubfix, al prepacked e così via. Nel recente passato si sono affermati sistemi di presollecitazione alla base, finalizzati per lo più a semplificare ed economizzare le procedure di prove di carico di sito, soprattutto per pali di grande diametro.

Il sistema TFEG, viceversa, oltre a rispondere a tali esigenze si presta a migliorare effettivamente le prestazioni di risposta del palo o del tirante, mediante l'inserimento di propaggini metalliche all'interno del terreno, in direzione orizzontale o verticale.



Immagine rappresentativa del sistema TFEG su pali

La flessibilità del sistema ne consente l'applicazione a qualsiasi tipo di fondazione profonda, sia ai pali trivellati, sia a quelli con parziale asportazione di terreno (pali tipo CFA), che a quelli infissi staticamente (silent piles) o dinamicamente (driven piles). L'uso di tali dispositivi rientra, peraltro, nell'esigenza di rispondere alla necessità di migliorare le prestazioni delle fondazioni in ambiente urbano, a parità di dimensioni, riducendo l'impatto ambientale di opere, attrezzature e cantieri, limitando costi e tempi di lavorazione. L'applicazione del metodo è stata oggetto di diversi campi prova su micropali, con sperimentazioni dirette, consistite nell'esecuzione di prove di carico con diverse architetture di micropali e di TFEG.

L'analisi dei dati sperimentali ha consentito di validare un semplice metodo di previsione del contributo di resistenza dei manicotti all'insieme palo-terreno.



Applicazione reale del sistema TFEG su pali di grande diametro

## Come funziona

Il sistema TFEG si basa sull'estrusione, dopo il getto del fusto del palo, di manicotti telescopici articolati in due o più stadi, preventivamente disposti all'interno del palo e connessi all'armatura, che consentono un notevole aumento della superficie di contatto struttura/soilo e un netto miglioramento della capacità dei micropali o pali a sopportare carichi. Il sistema, pertanto, migliora il collegamento tra elemento di fondazione e terreno circostante con l'inserimento, appunto, di propaggini metalliche sia lungo lo sviluppo del palo che alla base, sostituendo la tradizionale azione delle sbulbature con iniezioni. La conseguenza è un miglioramento dell'efficienza dei sistemi di fondazione profonda, provocando l'aumento della capacità portante a parità di diametro o di lunghezza, riducendo gli spostamenti per mobilitare maggiore capacità portante.

Nella progettazione di opere attrezzate con TFEG è indispensabile una conoscenza dimensionale del manicotto che consenta di determinare l'elongazione e i diametri disponibili. L'adozione di tali dimensioni è legata al diametro dell'armatura e al numero di stadi. Si è cercato, nei limiti tecnologici, di fare in modo che il manicotto sia circoscritto da una circonferenza di diametro prossima a quella della perforazione, per evitare perforazioni elevate. Tale vincolo comporta due

differenti tipologie di manicotti per i pali e i micropali: infatti, per i primi si adatterà una distribuzione a stella o a croce dei TFEG, mentre per i pali di piccolo diametro si dispongono due TFEG per manicotto. L'elongazione è data dalla somma della lunghezza di ogni stadio tenendo presente di una aliquota persa per ogni cilindro a causa dei vincoli meccanici che ne garantiscono l'incastro e la tenuta.

Un altro vincolo è imposto al diametro degli stadi del TFEG: infatti, il primo deve essere tale da assicurare il passaggio della malta cementizia attraverso l'armatura, mentre gli altri si ricavano da questo decurtandolo dello spessore.

Le dimensioni dei manicotti e la conseguente elongazione è funzione delle geometrie degli elementi in cui sono inseriti.

L'apertura dei manicotti telescopici avviene, nel caso dei micropali, una volta realizzata la guaina esterna, mediante l'iniezione di miscela cementizia attraverso tubi di piccolo diametro connessi a una pompa ad alta pressione. Al termine dell'estrusione dell'ultimo stadio del manicotto è altresì possibile procedere all'iniezione di miscela attraverso appositi orifizi predisposti all'estremità del manicotto.

## L'installazione

Le attività di installazione e posa in opera seguono l'iter classico, salvo che nella fase di posa in opera dell'armatura si inserisce il manicotto TFEG alle quote geotecnicamente ritenute interessanti (ad esempio al fondo foro, in prossimità di interstrati dalle migliori caratteristiche geotecniche). Terminata l'installazione si effettua come di consueto il getto primario della miscela cementizia sia nel tubo di armatura che nell'intercapedine armatura/foro. Successivamente, tramite apposita pompa di iniezione, si inietta nei tubicini esterni un liquido incompressibile (acqua, miscela cementizia, miscele impermeabilizzanti) e ciò provoca lo sfilo del manicotto e l'infissione dello stesso nel terreno o nella roccia. I pistoni hanno una forza di penetrazione notevolissima, che consente l'elongazione in qualsiasi tipo di terreno: la versione base del TFEG MP (Medium Pressure) raggiunge 350 bar, mentre nella versione HP (High Pressure) è possibile raggiungere 700 bar, riuscendo quindi ad infiggere i rostri metallici anche in terreni pseudolapidei.

La particolare strutturazione degli interstizi all'interno di ciascuno stadio del manicotto telescopico fa sì che solo quando l'estrusione è completa avviene l'iniezione dall'orifizio terminale dell'ultimo stadio. Ciò rappresenta un controllo diretto dell'avvenuta completa estrusione del manicotto telescopico, evidenziata dal repentino abbattimento della pressione di iniezione: infatti, quando

l'intero sistema è completamente infisso nel terreno, grazie a opportuni cinematismi meccanici si registra al manometro di iniezione una brusca riduzione delle pressioni: a questo punto si è certi che il TFEG è perfettamente installato.



Sequenza fasi di installazione

Completata l'estrusione, si realizza la fase finale di saturazione del nucleo di armatura. Nel caso dei pali, l'apertura dei manicotti avviene dopo il getto del fusto se i pali sono gettati in opera o della loro infissione negli altri casi.

La fase di infissione dei pistoni TFEG è assimilabile all'infissione della punta Begemann in una prova penetrometrica CPT, pertanto è possibile individuare, palo per palo, eventuali anomalie geotecniche tra i valori attesi e quelli riscontrati in fase di infissione. La protezione dalla corrosione è ottenuta grazie a:

- realizzazione di adeguato copriferro: la presenza di fori opportunamente orientati fa sì che la miscela cementizia ricopra completamente i pistoni proteggendoli dalla corrosione;
- zincatura: in ambienti aggressivi, i pistoni metallici sono protetti con 12 micron di zinco.

## Applicazioni

Il manicotto può essere allocato a qualsiasi sistema di fondazione profonda o in generale interrato. Svareti sono i campi di applicazione: tra i più rilevanti, pali trivellati di medio e grande diametro, micropali, tiranti (attivi e passivi), ancoraggi, catene, topped excavation. Gli interventi tipo in cui il sistema può essere utilizzato rientrano nel campo delle opere geotecniche, e consistono in particolare in paratie, consolidamenti di strutture in muratura, consolidamenti di strutture in calcestruzzo armato, fondazioni su micropali e consolidamento briglie.

L'innovazione tecnologica, la comprovata convenienza, hanno fatto sì che molti progettisti abbiano preso in considerazione il TFEG come una seria proposta progettuale. In questa sede è opportuno mostrare queste proposte progettuali con l'auspicio che da esse ne possano scaturire delle altre.

Gli interventi tipo hanno riguardato opere geotecniche tra cui:

- ✓ *Paratie*
- ✓ *Consolidamenti strutture in muratura*
- ✓ *Consolidamenti strutture in C.A.*
- ✓ *Fondazioni su micropali*
- ✓ *Consolidamento Briglie*
- ✓ *Consolidamenti gabbioni metallici*