



TRM Sistemi per pali

Semplice. Sicura. Rapidi.

TRM Sistemi per pali

La soluzione completa Il palo battuto in ghisa sferoidale si compone solitamente di uno o più tubi per pali (in base alla lunghezza necessaria), di una punta (per pali non iniettati/iniettati) e di una piastra testapalo.

Tubo per palo di lunghezza 5 m

I tubi per pali in ghisa sferoidale vengono realizzati in pezzi di lunghezza di 5 m con diametri esterni di 98 mm, 118 mm e 170 mm, di spessori differenti. Il terminale conico ed il bicchiere ad esso perfettamente adatto permettono una giunzione rapida e sicura dei tubi per pali a formare un palo continuo della lunghezza desiderata (Plug&Drive®). La lunghezza di palo in eccesso viene recisa alla quota di progetto e lo spezzone viene riutilizzato come elemento d'inizio del palo successivo (senza sfridi).



Incastro conico M-F a bicchiere "Plug&Drive®":

Grazie all'elevata energia di battitura durante l'infissione, tra gli spezzoni di tubo si forma una giunzione rigida ad incastro, resistente a flessione (Plug&Drive®) con i seguenti vantaggi:

- + Giunzione veloce degli spezzoni infilando semplicemente un elemento nell'altro.
- + Infissione senza attrezzature speciali o saldature.
- + Adattamento flessibile al terreno.

Sistema autorizzato e certificato:

Il sistema per pali TRM dispone delle seguenti certificazioni:

- + Valutazione tecnica europea ETA-07/0169 (marchio CE)
- + Omologazione generale per l'edilizia Z-34.25-230 / DIBt
- + Omologazione BMK (Ministero Federale per l'Azione per il Clima, l'Ambiente, l'Energia, la Mobilità, l'Innovazione e la Tecnologia) GZ:2020-0.094.414

In base a tali certificazioni e secondo ÖNORM B2567, la qualità e l'idoneità vengono verificate in maniera continua durante il processo di produzione (verifiche interne e da parte di terzi).

Schema delle tipologie di tubi per pali

Tipo	Spessore della parete [mm]	Massa [kg/m]	Modulo di resistenza della sezione [cm³]	Momento flettente M_{Rd} [kNm]
TRM 98	6,0	14,4	38	-
	7,5	17,2	45	-
TRM 118	7,5	21,0	68	21,7
	9,0	24,4	78	25,0
	10,6	28,0	88	28,2
TRM 170	7,5	33,8	149	47,7
	9,0	37,1	174	55,7
	10,6	42,5	199	63,7
	13,0	50,4	234	74,9

TRM Condotte forzate

Accessori

Siamo il fornitore unico di tutti gli accessori.



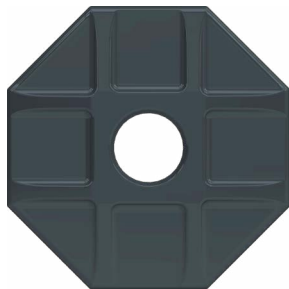
Punta TRM piatta per pali non iniettati: per pali non iniettati, adatta per roccia e terreni molto costipati



Punta TRM per pali non iniettati con punta: per pali non iniettati, adatta per roccia e terreni molto costipati contenenti ostacoli



Punta TRM per pali iniettati conica e piatta: per pali iniettati, una punta più larga permette di realizzare un rivestimento di malta cementizia iniettata che avvolge il tubo. In caso di terreni molto morbidi, è possibile utilizzare un anello di posa aggiuntivo.



Piastra testapalo TRM: per la trasmissione dei carichi dal corpo di fondazione al palo, con foro per l'inserimento dell'acciaio d'armatura (palo a trazione)



Manicotto di giunzione TRM: elemento di giunzione per cantieri con altezza di lavoro limitata.



Massa battente TRM per pali iniettati / non iniettati: disponibile per le più differenti tipologie di martello idraulico.



Maggiori informazioni sugli accessori sono disponibili nel nostro depliant "Elenco prodotti pali ed accessori per pali".

Fondazioni su pali

Le possibilità su
diversi tipi di suolo

Dal 1986 produciamo pali in ghisa sferoidale per la realizzazione di fondazioni profonde. Gli oltre 12 milioni di metri di pali posati testimoniano la grande esperienza con il sistema per pali di fondazione TRM.

L'utilizzo di attrezzature relativamente leggere e di uso comune (escavatore con martellone idraulico) permette di realizzare fondazioni economiche, efficienti e sicure. Il sistema di giunzione Plug&Drive® consente una giunzione rapida e senza problemi dei tubi per pali, per adeguare le lunghezze dei pali alle mutevoli condizioni del terreno senza grandi difficoltà. Con valori di progetto fino a 2.400 kN, il sistema per pali di fondazione TRM offre un'alternativa economica a una vasta gamma di tipologie di fondazioni profonde.

Pali non iniettati con carico di punta

Palo battuto prefabbricato

I pali non iniettati con carico di punta vengono realizzati quando è disponibile un terreno d'appoggio solido (es. roccia) a profondità non eccessive, adatto ad assorbire i carichi trasmessi esclusivamente attraverso carico di punta.

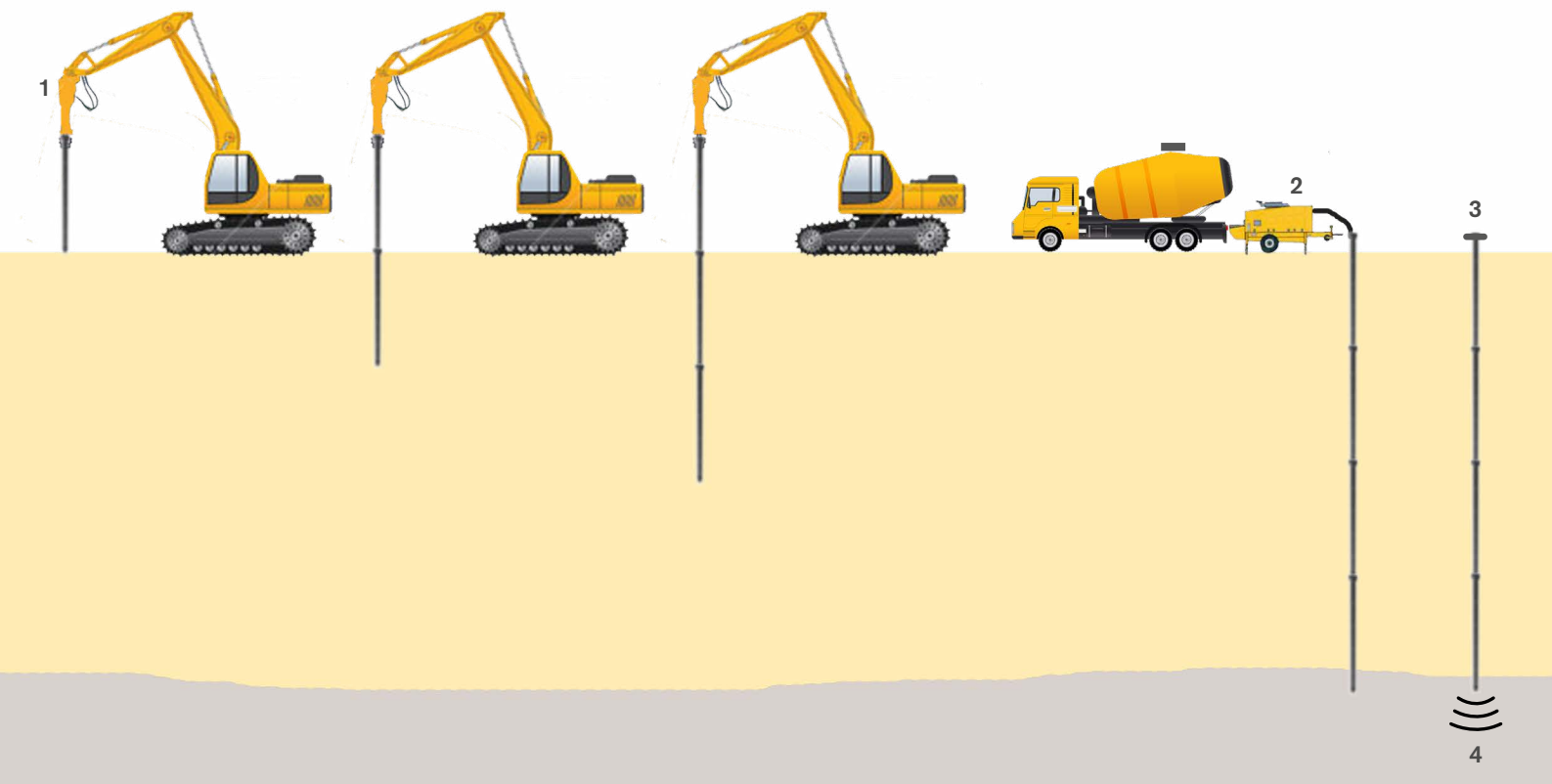
- + Il primo tubo per palo, provvisto di una punta specifica ("punta per pali non iniettati"), viene posizionato sul piano di campagna ed infisso nel terreno attraverso un escavatore dotato di un efficiente martello idraulico. La punta di infissione ha lo stesso diametro del tubo in ghisa. A seconda del tipo di terreno, può essere utilizzata una "punta per pali non iniettati" appuntita oppure piatta.
- + Il tubo per pali successivo (e tutti i seguenti) viene inserito nel giunto a bicchiere ad incastro (Plug&Drive®) ed infisso fino alla profondità finale del palo necessaria.
- + Dopo il taglio della lunghezza in eccesso (esattamente alla quota di progetto) il palo viene riempito con malta cementizia (solitamente di classe C20/25 oppure C25/30) e provvisto di una piastra testapalo per l'ancoraggio alla fondazione.



Giunto a bicchiere ad incastro Plug&Drive®



Punta per palo non iniettato



1 Martello idraulico 2 Pompa per calcestruzzo 3 Piastra testapalo 4 Trasmissione del carico attraverso carico di punta
 ■ Terreno poco o per nulla resistente ■ terreno molto resistente, ad es. roccia

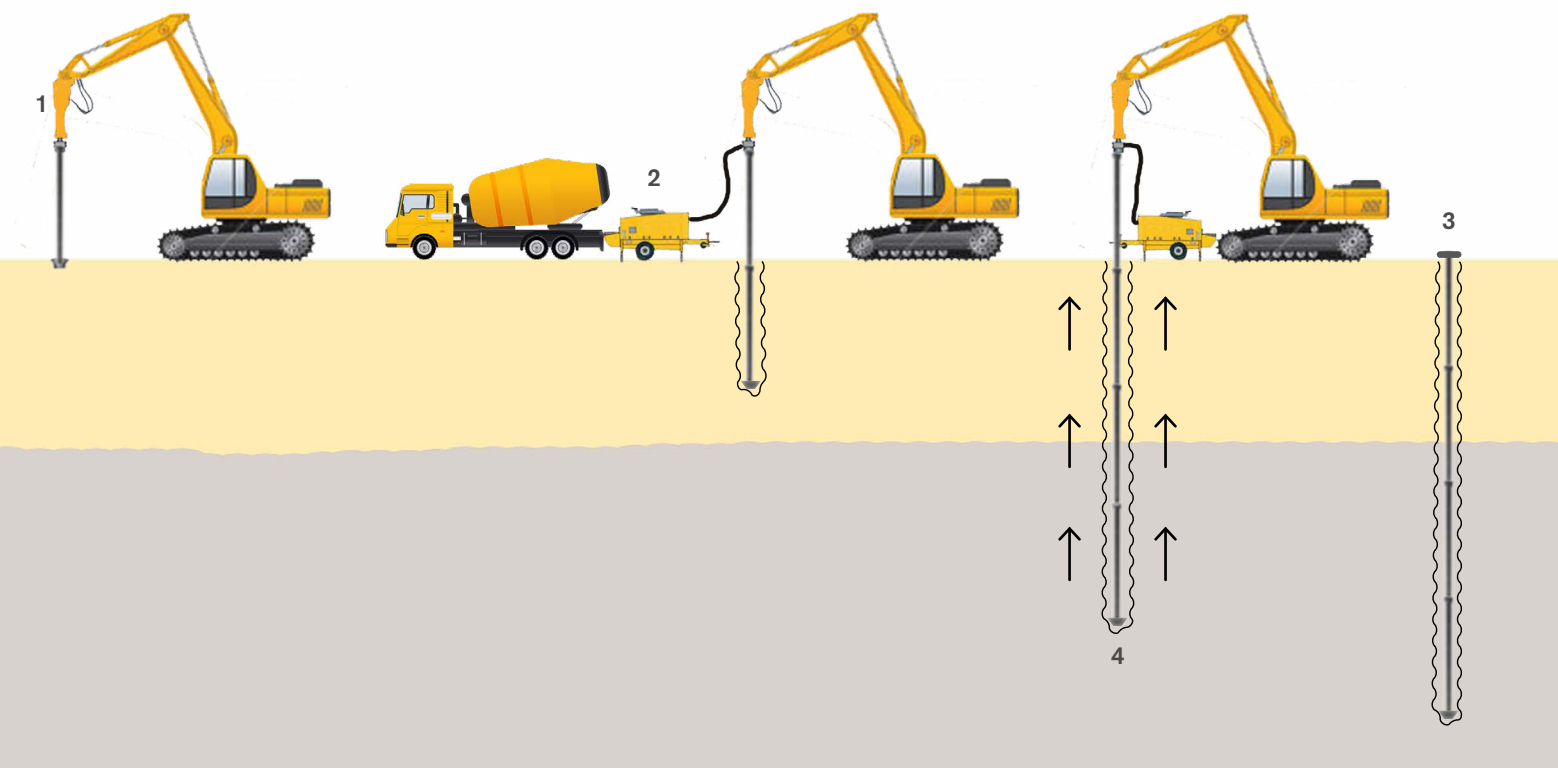
Realizzazione con vibrazioni ridotte

Le misurazioni effettuate in cantieri presso insediamenti abitati hanno ripetutamente dimostrato il ridotto impatto dell'installazione. I valori di vibrazione misurati ≤ 2 mm/sec si collocano sensibilmente al di sotto dei valori ammissibili.

Sicurezza in cantiere

L'infissione laterale del terreno consente di lavorare senza spurghi. Le attività manuali si limitano a poche azioni fisiche da eseguirsi facilmente in sicurezza.





- 1 Martello idraulico 2 Pompa per calcestruzzo 3 Piastra testapalo 4 Trasmissione del carico attraverso attrito laterale del rivestimento
 Terreno poco o per nulla resistente Terreno molto resistente, ad es. roccia

Pali iniettati

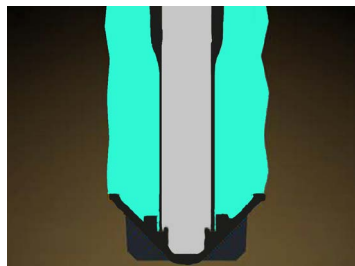
Palo con rivestimento iniettato in malta cementizia

I pali iniettati sono adatti a terreni coesi e a quelli non coesivi quali l'attrito laterale del rivestimento iniettato di malta cementizia risulti sufficiente per la trasmissione dei carichi. Una parte del carico viene trasmessa anche attraverso carico di punta.

- + Il primo tubo per palo provvisto di una punta specifica ("punta per pali iniettati") di diametro maggiore rispetto al fusto del palo stesso viene posizionato sul piano di campagna ed infisso nel terreno attraverso un escavatore dotato di un efficiente martello idraulico.
- + Contemporaneamente all'infissione, una pompa per calcestruzzo pompa costantemente malta cementizia (solitamente C20/25 oppure C25/30) attraverso l'interno del tubo verso la punta del palo. Apposite aperture nella punta permettono la fuoriuscita della malta cementizia che riempie così lo spazio perimetrale creato dalla sporgenza della punta rispetto al tubo.
- + Il tubo per pali successivi (e tutti i seguenti) viene inserito nel giunto a bicchiere ad incastro (Plug&Drive®) ed infisso fino alla profondità finale del palo necessaria.
- + Dopo il taglio della lunghezza in eccesso (esattamente alla quota di progetto), il palo viene provvisto di una piastra testapalo per l'ancoraggio alla fondazione.



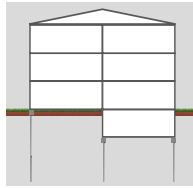
Punta per palo iniettato



Punta per palo iniettato, rivestimento di calcestruzzo iniettato

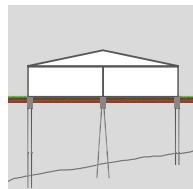
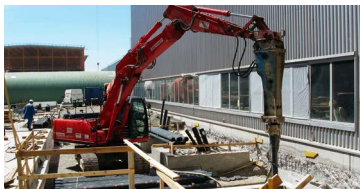
Ambiti di applicazione Vantaggi delle fondazioni su pali

Edilizia



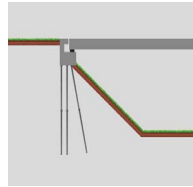
Fondazione di edifici: vantaggi in ambito urbano grazie ad attrezzature compatte e maneggevoli, con tempi di esecuzione ridotti. L'utilizzo dei pali in ghisa duttile allineati al di sotto delle travi di fondazione consente un elevato risparmio di calcestruzzo.

Edilizia industriale



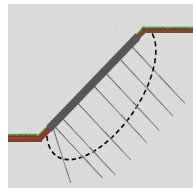
Fondazioni di prefabbricati: trasmissione sicura dei carichi attraverso pali inglobati in plinti di fondazione a bicchiere di dimensioni ridotte. Si adatta perfettamente a strutture leggere per le quali vanno tenuti sotto controllo assestamenti e differenze di assestamento. Tutti i carichi di vento e le azioni costruttive vengono riprese e riportate negli strati portanti profondi del terreno.

Ponti e viadotti



Fondazione di spalle e pile: rapido e semplice spostamento delle attrezzature di cantiere. I momenti vengono ripresi attraverso la costruzione di pali in gruppo, e le forze orizzontali attraverso pali inclinati.

Ancoraggio controllo sottospinta idrostatica

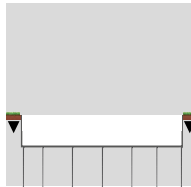
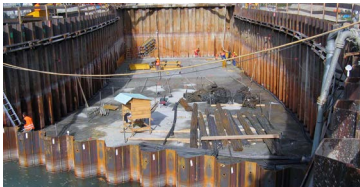


Messa in sicurezza di versanti franosi: I pali vengono messi in opera come opera provvisionale o di urgenza per il raggiungimento della stabilità della scarpata.



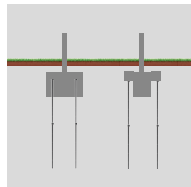
Ambiti di applicazione Vantaggi delle fondazioni su pali

Ancoraggio
per sottospinta
idrostatica



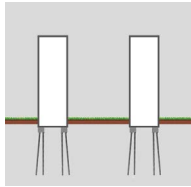
Fondazione di vasche di depurazione, sottovia stradali e scavi in zona di oscillazione della falda freatica: la soletta in calcestruzzo viene assicurata rispetto alla sottospinta idrostatica attraverso pali che lavorano a trazione.

Ripresa di
fondazioni
esistenti



Sottofondazione di edifici esistenti: all'interno di capannoni industriali o di edifici, al fine di sostenere carichi costruttivi aggiuntivi, vengono rinforzate fondazioni esistenti o integrate successivamente nuove fondazioni (talvolta con la difficoltà generata da un'altezza di lavoro ridotta).

Manufatti
snelli



Fondazioni per silos, gru a torre, pale eoliche, tralicci elettrici e di telecomunicazione: ripresa dei carichi a compressione e a trazione. Gli edifici di altezza elevata e sottoposti a carichi ciclici da vento vengono fondati su gruppi di pali dotati di armatura aggiuntiva a trazione.



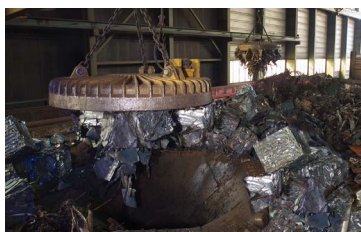


Ghisa sferoidale

GJS 450-10

Abbiamo oltre 75 anni di esperienza nella fabbricazione di prodotti in ghisa sferoidale. Il palo TRM viene prodotto secondo i più alti standard qualitativi. Contestualmente alla produzione vengono condotti costanti controlli di qualità secondo le prescrizioni normative vigenti. Le verifiche riguardano le caratteristiche meccaniche, le dimensioni e la composizione chimica.

- + Qualità verificata secondo le norme europee e certificata ISO 9001.
- + Qualità verificata secondo ETA-07/0169 (marcatura CE).
- + Qualità verificata secondo ÖNORM B2567



100% materiale riciclato



Riempimento della centrifuga



Ricerca e sviluppo costante del materiale

Resistenza alla corrosione

L'elevato contenuto di carbonio e silicio, oltre allo strato superficiale protettivo derivato dal sistema produttivo, conferiscono alla ghisa sferoidale una maggiore resistenza alla corrosione rispetto all'acciaio.

Elevata resistenza all'urto

L'aggiunta di magnesio alla fusione ed il trattamento termico dei pali nel forno di ricottura conferiscono alla ghisa sferoidale le sue elevate caratteristiche di duttilità e resistenza meccanica, rendendo possibile anche l'infissione dei pali per mezzo di martelli idraulici efficienti, senza rischio di sovraccarico del materiale.

Un materiale sostenibile

Produciamo pali da materiale al 100% riciclato. Per la produzione del ferro grezzo attingiamo esclusivamente a materie prime provenienti dall'industria del riciclo come pacchi di lamiera, rottami d'acciaio selezionati e materiali da riciclo.

Ghisa a grafite sferoidale	
Resistenza a trazione	≥ 450 N/mm ²
0,2% Limite di elasticità	≥ 320 N/mm ²
Modulo di elasticità	170000 N/mm ²
Resistenza a compressione	700 N/mm ²
Allungamento a rottura	≥ 10%
Massa volumica	7050 kg/m ³

Verifiche della capacità portante

Misurazione del carico di rottura

Verifica della capacità portante interna

I tubi per pali sono disponibili nei diametri 98 mm, 118 mm e 170 mm, con differenti spessori di parete. Il riempimento, ovvero l'iniezione con calcestruzzo o boiaccia, avviene solitamente con malta cementizia di classe C20/25 o C25/30.

Verifica di stabilità a carico di punta

Per pali parzialmente liberi è necessario eseguire una verifica di stabilità a carico di punta. Inoltre, ai sensi della EN 1997-1, la verifica di stabilità a carico di punta è necessaria quando i pali vengono avvolti da terreni con resistenza caratteristica a taglio allo stato non drenato di $c_u \leq 10$ KPa (KN/m²). In aggiunta, è necessario rispettare eventuali prescrizioni nazionali (ad es. "Omologazione generale per l'edilizia" in Germania). Per le verifiche di stabilità a carico di punta è necessario considerare un fattore parziale di sicurezza maggiore. I valori sopra riportati in tabella vanno ridotti di conseguenza.

Corrosione

Nel caso dei pali iniettati, la malta cementizia che avvolge il palo in ghisa sferoidale esercita un'ampia protezione contro la corrosione. Per i pali non iniettati, durante la progettazione è necessario tenere conto di una perdita di spessore della parete dovuta a corrosione. I valori secondo ETA-07/0169 possono essere desunti dalla EN 1993-5 punto 4.4. I valori di progetto devono essere adeguati di conseguenza (vedi ETA-07/0169). In aggiunta, è necessario rispettare eventuali prescrizioni nazionali (ad es. "Omologazione generale per l'edilizia" in Germania).

Verifica della capacità portante esterna

Generalità:

L'identificazione completa e significativa del terreno (prova penetrometrica ecc.) è fondamentale per il dimensionamento economico dei pali. Per verificare la capacità portante esterna si devono eseguire prove di carico oppure procedere alla sua determinazione sulla base di valori dedotti dall'esperienza (valori secondo "Empfehlungen des Arbeitskreises "Pfähle" (raccomandazioni del gruppo di lavoro "pali").

Il sistema per pali TRM permette di acquisire ulteriori informazioni durante la realizzazione:

- + grazie alla resistenza alla penetrazione misurata (avanzamento della penetrazione in sec/m) si possono formulare deduzioni sulla "reale" capacità portante del terreno.
- + In questo modo, durante la realizzazione è possibile adeguare le lunghezze dei pali alle condizioni del terreno realmente riscontrate.

Tabella dei valori di progetto della capacità portante interna secondo Valutazione Tecnica Europea ETA-07/0169:

Tipo	Spessore nominale della parete	Valore di progetto della capacità portante N_{sd}		
		Palo	Palo + calcestruzzo (C20/25)	Palo + calcestruzzo (C25/30)
	mm	kN		
TRM 98	6,0	555	632	652
	7,5	682	754	773
TRM 118	7,5	833	944	972
	9,0	986	1091	1117
	10,6	1144	1243	1267
TRM 170	7,5	1225	1477	1540
	9,0	1457	1699	1759
	10,6	1699	1930	1988
	13,0	2052	2269	2323

I valori di progetto sopra elencati valgono per pali con carico di punta non iniettati per i quali non deve essere ipotizzata una perdita di spessore della parete dovuta a corrosione e per pali iniettati. In aggiunta, è necessario rispettare eventuali prescrizioni nazionali (ad es. "Omologazione generale per l'edilizia" in Germania). Qualità di cemento maggiori o differenti sono ammissibili.

Pali non iniettati

Palo battuto prefabbricato

L'identificazione completa del terreno con ricognizione della quota dello strato portante costituisce un requisito necessario. Al raggiungimento dello strato portante e con avanzamento della penetrazione

$\leq 3\text{ cm /min}$, un geotecnico dovrà indicare i carichi ammissibili sulla base di valori dedotti dalla sua esperienza in terreni simili, oppure, solitamente, determinati attraverso una prova di carico.

Pali iniettati

Palo con rivestimento iniettato in malta cementizia

Nell'ambito di un progetto di ricerca condotto in collaborazione con la facoltà di geotecnica dell'Università di Kassel nel periodo dal 2015 al 2020, sono stati raccolti i dati di 121 progetti con un totale di 338 prove di carico dei pali ed è stata analizzata secondo criteri scientifici la dipendenza dell'attrito laterale del rivestimento caratteristico $q_{s,k}$ e del carico di punta caratteristico $q_{b,k}$ dai risultati dell'identificazione del terreno. Inoltre, su 2 campi di prova (1 per terreni coesi, 1 per terreni non coesi) sono state eseguite numerose prove di carico con relative misurazioni e test per indagare nei dettagli la capacità portante dei pali battuti in ghisa sferoidale.

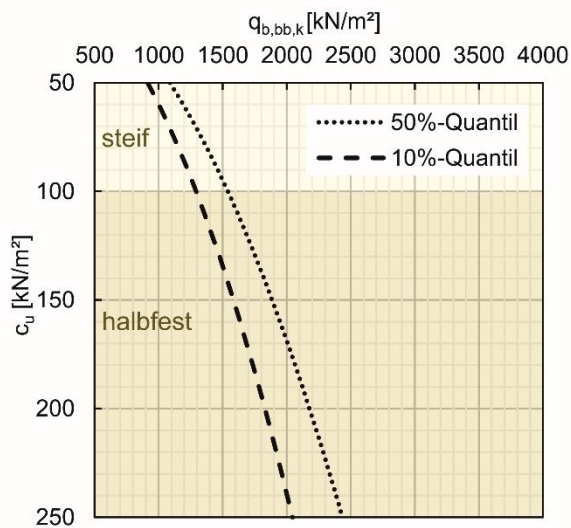
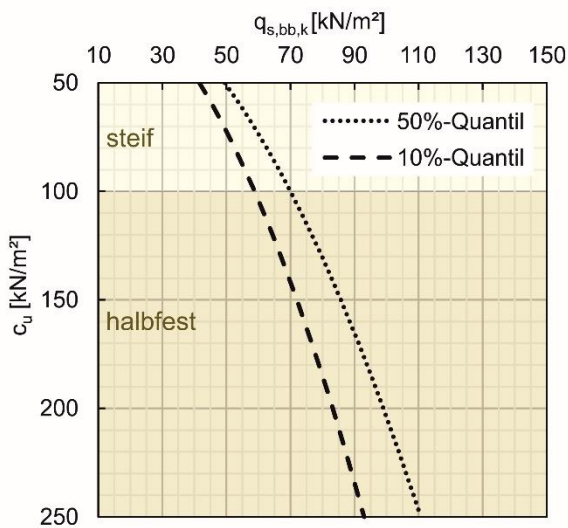
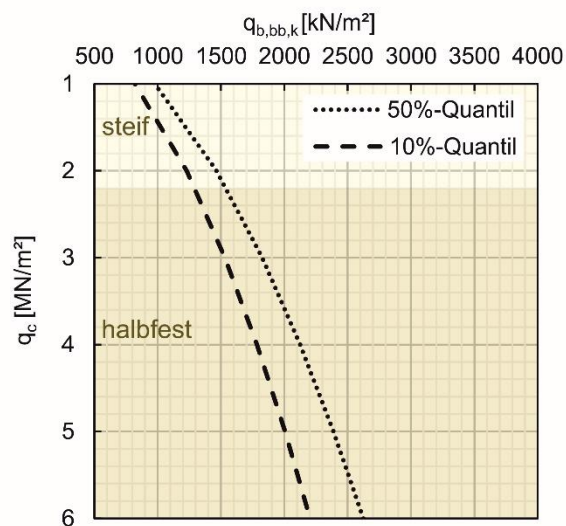
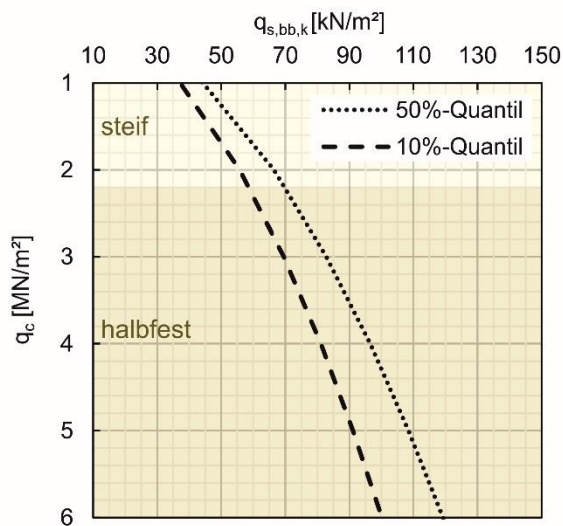
I risultati del progetto di ricerca sono illustrati graficamente nelle seguenti immagini.

Da queste si può notare che:

- + il carico di punta del palo e l'attrito laterale del rivestimento devono essere stabiliti, secondo le raccomandazioni del gruppo di lavoro "pali", fondamentalmente con il quantile al 10%.
- + I valori che superano questi valori di resistenza dei pali (al massimo fino al quantile al 50%) devono essere scelti solo dopo conferma da parte di un esperto di geotecnica.

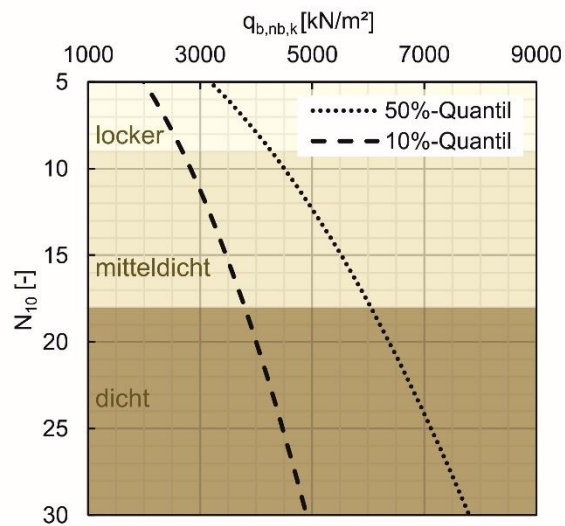
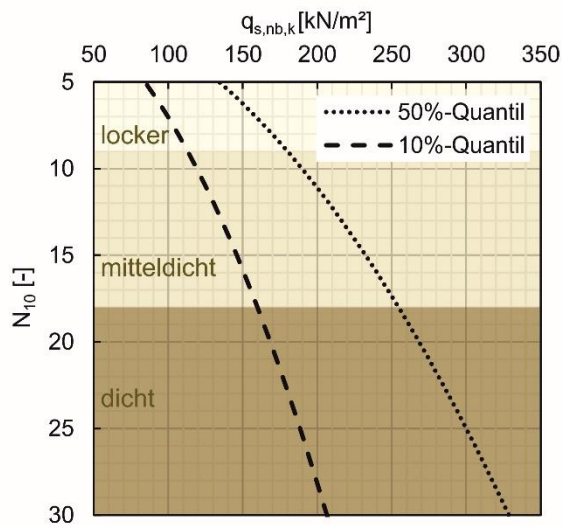
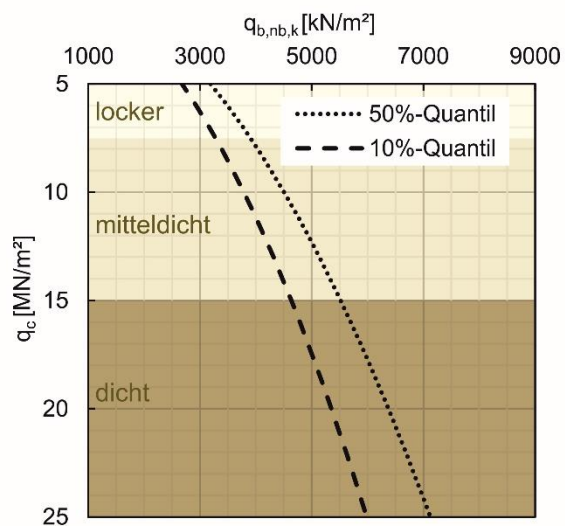
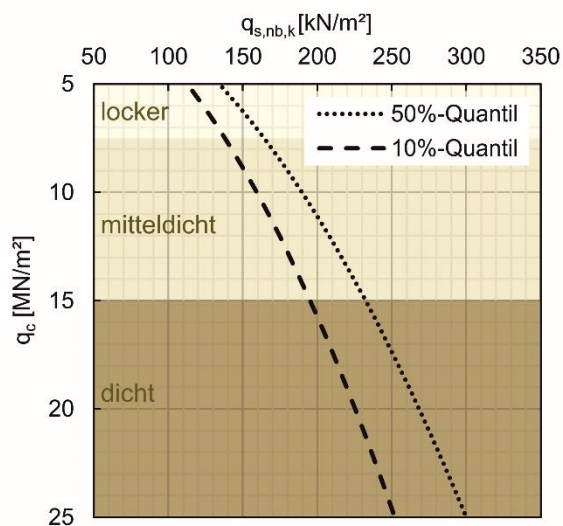
Capacità portante esterna dei pali battuti in ghisa sferoidale

Correlazioni del carico di punta dei pali $q_{b,k}$ e dell'attrito laterale del rivestimento $q_{s,k}$ con le resistenze alla penetrazione nei terreni coesi



Capacità portante esterna dei pali battuti in ghisa sferoidale

Correlazioni del carico di punta dei pali $q_{b,k}$ e dell'attrito laterale del rivestimento $q_{s,k}$ con le resistenze alla penetrazione nei terreni non coesi



I sistemi per pali TRM e la sostenibilità

Efficienza nell'utilizzo delle risorse

TRM opera da sempre nel pieno rispetto dell'ambiente. Ad esempio, da molti anni il ferro necessario per la produzione della ghisa viene ricavato da rottame d'acciaio. Negli ultimi anni, siamo riusciti anche a sfruttare il calore generato durante la produzione per alimentare la locale rete di teleriscaldamento.

Perciò siamo particolarmente soddisfatti di aver conseguito, dopo lunghe ed intense preparazioni, una EPD (Environmental Product Declaration) per i sistemi per pali TRM.

Che cos'è una EPD?

Environmental Product Declaration

La EPD (Environmental Product Declaration) riassume informazioni riferite all'ambiente al fine di rendere prodotti simili comparabili per quanto riguarda l'ambiente e la sostenibilità. La procedura per la redazione di una EPD e i suoi contenuti sono regolati dalla ISO 14025 e dalla EN 15804. Tra gli aspetti trattati nella EPD rientra anche il GWP (Effetto serra potenziale – rappresentato in CO₂ equivalente).

La base di partenza è costituita dai dati e dai parametri derivanti dalla produzione forniti dai fabbricanti. Tali dati e l'EPD stessa sono stati verificati ed approvati da parte della Bau EPD (editore e "gestore" della EPD) e da un team di verificatori.

Qual è la finalità della EPD?

In seguito alle richieste ricevute da diversi paesi del mondo, abbiamo deciso di affrontare la tematica del consumo di CO₂ (CO₂-Footprint) su basi scientifiche fondate e di assumere un ruolo di precursore nei sistemi di fondazioni nell'ambito delle opere speciali.

Con la nostra dichiarazione EPD possiamo fornire informazioni dettagliate sulla rispettiva opera, ad esempio in relazione al consumo di CO₂ del nostro sistema per pali di fondazione, tenendo conto, oltre alla produzione del palo in stabilimento, anche delle attività in cantiere (analisi di tutti i cicli di vita "dalla culla alla tomba").

Numeri, dati, fatti

- + Ipotizzando una distanza di trasporto "media" e un cantiere "medio", se si considerano tutti i cicli di vita vengono prodotti ad esempio:
 - palo TRM 118/7,5: 26,7 kg CO₂ equivalente / m
 - palo (senza malta cementizia)
 - palo TRM 170/9,0: 45,8 kg CO₂ equivalente / m
 - palo (senza malta cementizia)
- + In uno studio a disposizione di TRM sono stati confrontati pali TRM e pali trivellati per due progetti (1 x edilizia industriale in Germania, 1 x ponte in Sudafrica). Grazie all'utilizzo dei pali TRM è stato possibile ridurre l'effetto serra potenziale del 30% ovvero l'emissione di CO₂ del 60%



PFAHLSYSTEME

PFAHLSYSTEME

PFAHLSYSTEME

Tipico esempio

Ristrutturazione stazione ferroviaria Lustenau

Austria

- + Fondazione di un nuovo sottopassaggio pedonale e di due spazi antistanti con pali TRM.
- + Realizzazione dei pali all'interno di uno spazio confinato da palancole con altezza di lavoro di soli 5 metri con trasporto ferroviario in corso.
- + Realizzazione dei pali tra i binari esistenti con trasporto ferroviario in corso.
- + Ca. 6500 m di pali in ghisa sferoidale TRM 118 / 170
- + Periodo di realizzazione: 2016



Stazione di Lustenau, Austria

Progetto immobiliare - Grand Angle Fréjus

Francia

- + Stabilizzazione degli scavi con pali TRM
- + Pali di lunghezza 10 m ad interasse 0,5 m, ancorati con GEWI 25 di lunghezza 15 m
- + Ca. 660m di pali in ghisa sferoidale TRM 170
- + Periodo di realizzazione: 2017

Autostrada Lahore –Sialkot,

Pakistan

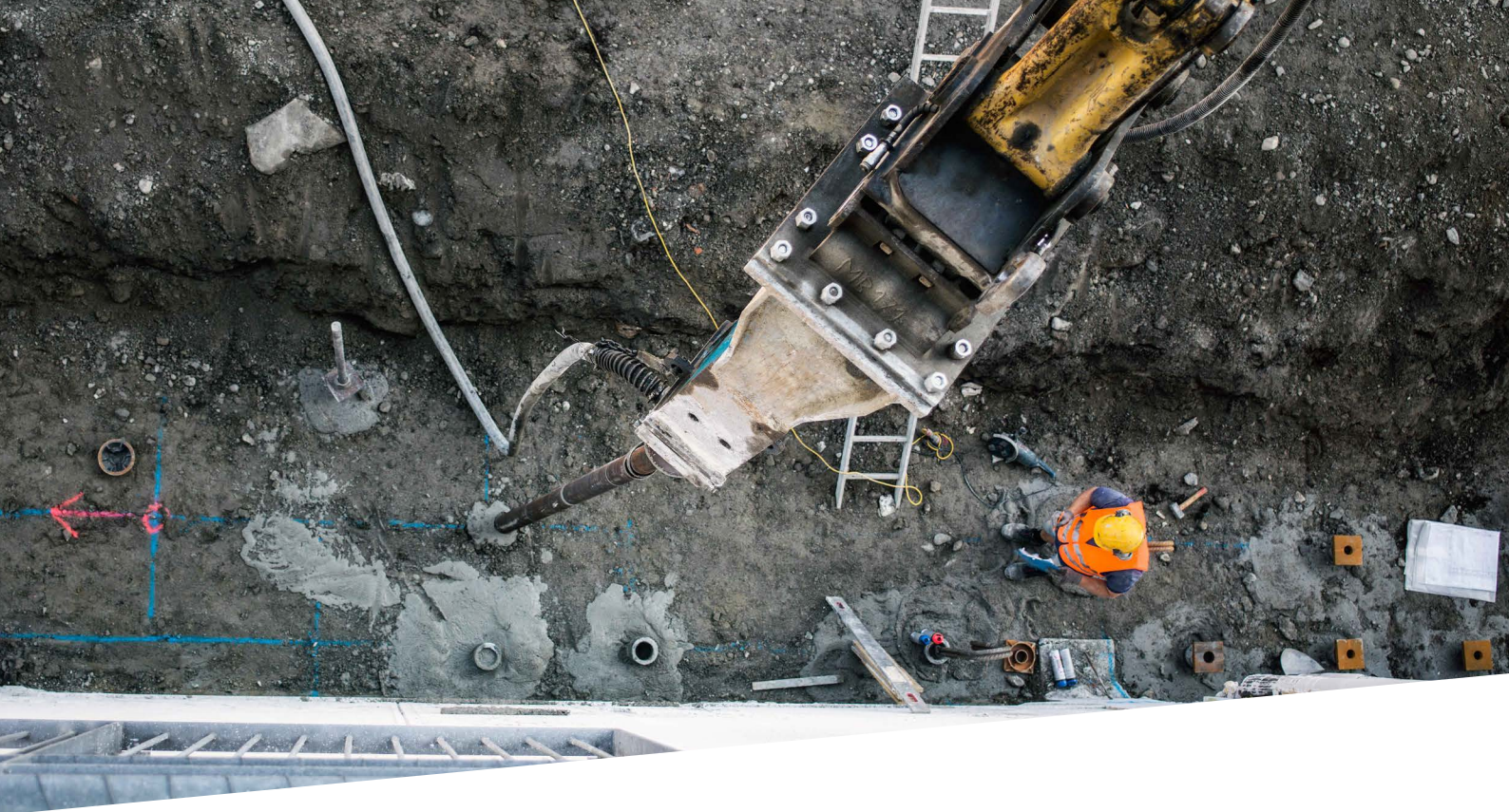
- + Fondazione di piedritti di 2 ponti con pali TRM.
- + Ca. 3600 m di pali in ghisa sferoidale TRM 170
- + Periodo di realizzazione: 2018



Stabilizzazione degli scavi a Fréjus, Francia



Fondazione piedritti, Pakistan



Tutti i vantaggi a colpo d'occhio

- + Costi ridotti dell'impianto di cantiere:
 - i pali lunghi 5 m permettono l'utilizzo di attrezzature relativamente leggere, versatili e di uso comune,
 - minori costi di manutenzione grazie alla minore usura.
- + Giunzione veloce ad incastro Plug&Drive®:
 - giunzione semplice dei singoli tubi per pali durante l'infissione senza attrezzature speciali o saldature.
- + Adattamento flessibile delle lunghezze dei pali al terreno riscontrato ed a condizioni del suolo variabili.
- + Infissione con vibrazioni ridotte:
 - distanza assiale da strutture esistenti a partire da 50 cm,
 - realizzazione dei pali possibile anche in spazi ristretti.
- + Elevata sostenibilità economica:
 - tempi di realizzazione brevi
 - e costi d'investimento ridotti.
- + Nessun costo aggiuntivo di smaltimento del terreno di scavo o lavorazione successiva alle teste dei pali.
- + Nessuno sfrido:
 - la lunghezza di tubo in eccesso viene recisa alla quota di progetto ed utilizzata come elemento iniziale del palo seguente.
- + Ampio magazzino presso TRM grazie al quale sono possibili forniture verso i cantieri in tempi brevi.
- + Elevata resistenza alla corrosione e minor corrosione rispetto all'acciaio.
- + Ridotta necessità di spazio e ridotte esigenze per il piano di infissione
- + Utilizzo senza problemi con altezze di lavoro ridotte grazie all'impiego di manicotti di giunzione.

Tiroler Rohre GmbH

Innsbrucker Str. 51

6060 Hall in Tirol

T +43 5223 503 0

F +43 5223 436 19

E pfahl@trm.at

www.trm.at

Versione 2.0 Settembre 2022 I dati sono forniti senza alcuna garanzia.

Con riserva di modifiche, inesattezze, errori di stampa e composizione.

Le immagini dei prodotti hanno carattere puramente indicativo;

colore ed esecuzione possono variare.

Editore: Tiroler Rohre GmbH

Stampa: Alpina Druck GmbH