



TRM Sistemi per pali

Semplici. Sicuri. Rapidi.

www.trm.at/it

TRM Sistemi per pali

Il sistema per pali TRM 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. Il materiale della ghisa sferoidale conferisce al sistema per pali la sua elevata duttilità e resistenza meccanica, che consente così di infiggere i tubi per pali nel terreno per mezzo di efficienti martelli idraulici, fino a raggiungere la profondità finale necessaria.

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 tra 6 e 13 mm. 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.
- + Nessun lavoro di saldatura richiesto
- + Adattamento flessibile al terreno.

Sistema autorizzato e certificato:

Il sistema per pali TRM dispone delle seguenti certificazioni:

- + Valutazione tecnica europea ETA-07/0169 (marcatura CE)
 - + Omologazione generale per l'edilizia Z-34.25-230/DIBt / 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 Accessori per pali

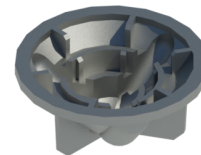
Sviluppati e brevettati



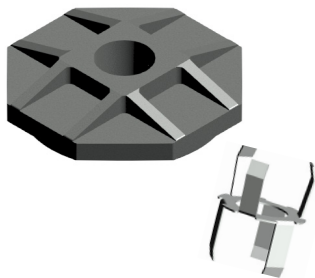
Punta TRM per pali non iniettati piatta: idonea per pali con carico di punta su roccia o terreni molto costipati. I traversini di irrigidimento assicurano un'elevata rigidità della punta per pali piatti.



Punta TRM per pali non iniettati con punta: idonea per pali con carico a punta su roccia e terreni molto costipati. In particolare con strati di roccia leggermente inclinate. Punta per pali: lunghezza 15 cm / inclinazione 60°.



Punta TRM per pali iniettati conica e piatta: idonea per pali battuti in ghisa sferoidale iniettati. La punta per pali ingrandita permette di produrre un "bulbo iniettato di malta cementizia", che avvolge il tubo e può attivare l'attrito laterale del bulbo iniettato.



Piastra testapalo TRM ottagonale: Una piastra testapalo universale per tutti i tipi di pali TRM 118 e TRM 170, per la trasmissione dei carichi dal corpo di fondazione al palo. Foro idoneo per l'inserimento degli elementi portanti in acciaio (palo a trazione).

La protezione antiribaltamento è necessaria in caso di utilizzo di pali TRM 118 con piastre testapalo TRM ottagonali 275 e 330 come ausilio di centratura.



Manicotto di giunzione TRM: elemento di giunzione per cantieri con altezza di lavoro limitata. Il manicotto di giunzione funge da doppio bicchiere che ricongiunge i tubi per palo tagliati.



Anello di posa TRM: in un terreno molto morbido, in aggiunta alla punta TRM per pali iniettati può essere utilizzato un anello di posa per migliorare il flusso di cemento.



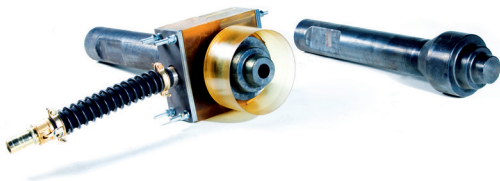
MAGGIORI INFORMAZIONI sugli accessori sono disponibili nel nostro depliant "Elenco prodotti pali ed accessori per pali".

Fondazioni su pali

Il sistema per pali TRM come elemento di fondazione universale

Dal 1986 il palo battuto in ghisa sferoidale si è affermato nel campo dei sistemi di fondazione e da allora è stato continuamente perfezionato. Gli oltre 13 milioni di metri di pali posati in 3 anni testimoniano la grande esperienza con il sistema per pali TRM nelle diverse condizioni del terreno.

L'utilizzo di attrezzature relativamente leggere e di uso comune (escavatore con martello idraulico) permette di realizzare fondazioni economiche, efficienti e sicure.



Massa battente TRM per pali iniettati / non iniettati:

Speciali masse battenti per l'infissione dei pali.
Disponibile per le più differenti tipologie di martello idraulico.

Il sistema di giunzione **Plug&Drive®** consente una giunzione rapida e senza problemi dei tubi per pali. Le lunghezze dei pali possono quindi essere adattate

senza grandi difficoltà alle mutevoli condizioni del terreno.

Distinguiamo tra:

- + Palo infisso non iniettato (carico a punta)
- + Palo infisso iniettato (attrito laterale)
in funzione del terreno
- + Palo per carichi alternati
(compressione/trazione)

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.

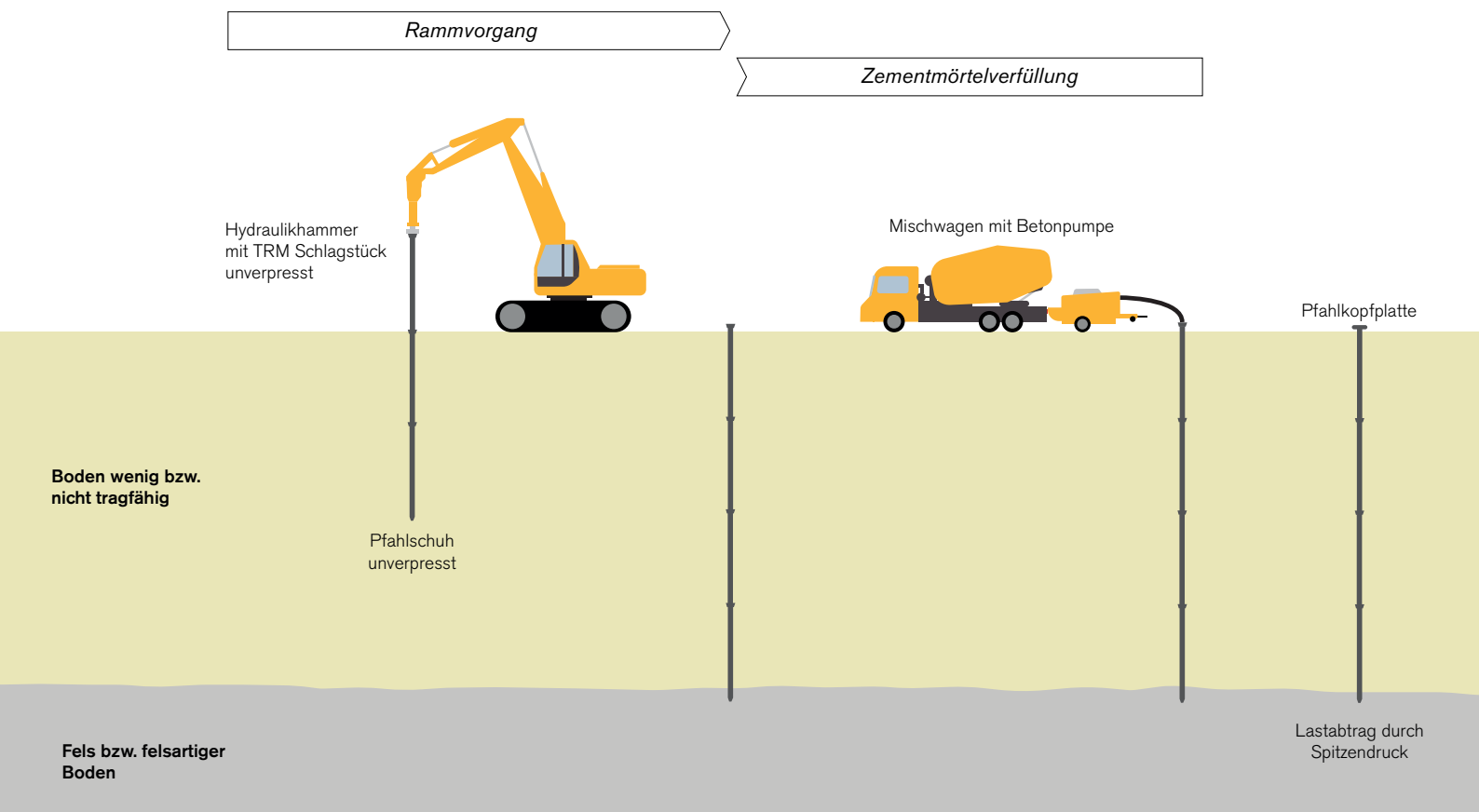
Realizzazione con vibrazioni ridotte

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.

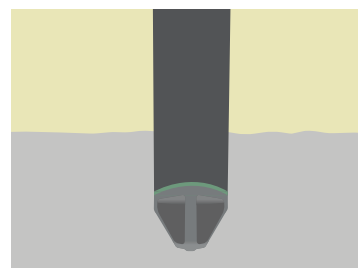




Palo infisso non iniettato (carico a punta)

Palo con carico a punta

La realizzazione dei pali portanti a carico non iniettati presuppone la presenza di una roccia solida (roccia o fondo roccioso) a una profondità realizzabile, idonea per accogliere i carichi necessari esclusivamente attraverso il carico di punta.



Punta per palo non iniettato

Produzione

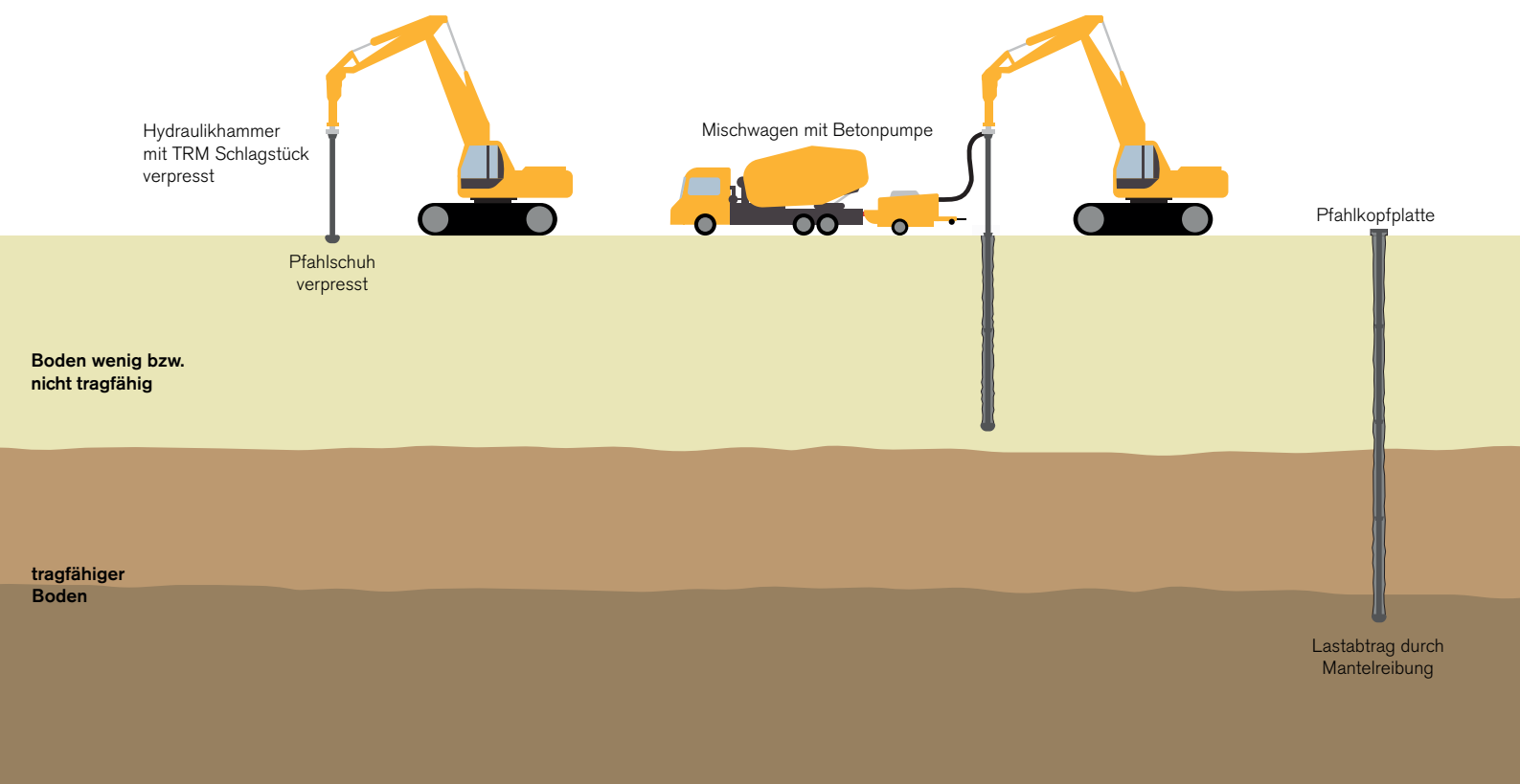
Infissione

- + Il primo tubo per palo, provvisto di una punta specifica, viene posizionato sul piano di campagna ed infisso nel terreno attraverso un escavatore dotato di un efficiente martello idraulico con massa battente TRM. La punta per palo ha lo stesso diametro del tubo in ghisa. A seconda del tipo di terreno, può essere utilizzata una punta per pali TRM 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.

Riempimento con malta cementizia

- + 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) per aumentare ulteriormente la capacità portante del sistema. In seguito la piastra testapalo TRM ottagonale viene collocata per l'ancoraggio sulla fondazione.

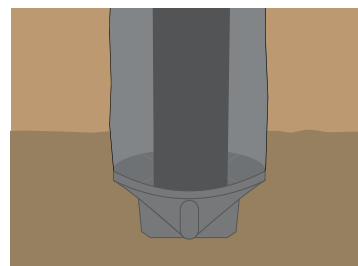
Nella versione non iniettato il diametro della punta per pali corrisponde al diametro esterno del tubo per pali.



Palo infisso iniettato (attrito laterale)

Palo battuto in ghisa sferoidale iniettato

I pali battuti in ghisa sferoidale iniettati sono adatti a terreni coesi e non coesi nei quali l'attrito laterale del bulbo iniettato di malta cementizia risulti sufficiente per la trasmissione dei carichi. Una parte del carico viene trasmessa anche attraverso il carico di punta.



Punta per palo iniettato

Produzione

- + Il primo tubo per palo, provvisto di una punta specifica con un diametro più grande rispetto al tubo per palo, viene posizionato sul piano di campagna e infisso nel terreno attraverso un escavatore dotato di un efficiente martello idraulico con massa battente TRM. La punta TRM per pali viene iniettata in una variante conica o piatta.
- + Contemporaneamente all'infissione, una pompa per calcestruzzo continua a pompare all'interno del tubo malta cementizia (solitamente uniforme C20/25 oppure C25/30 e "grana da 4 mm") con un richiamo unico che fuoriesce dalla punta e penetra di nuovo nello spazio perimetrale sul bordo superiore del terreno. Apposite aperture nella punta permettono la fuoriuscita della malta cementizia. Nel terreno molto morbido può essere iniettato, in aggiunta alla punta TRM per pali, un anello di posa per migliorare il flusso di cemento.
- + 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.
- + Si forma quindi un corpo cementizio passante che attraverso la dentatura genera con il terreno elevati valori di attrito laterale del bulbo iniettato.
- + Dopo il taglio della lunghezza in eccesso (esattamente alla quota di progetto), la piastra testapalo TRM ottagonale viene collocata per l'ancoraggio sulla fondazione.

Palo per carichi alternati (compressione/trazione)

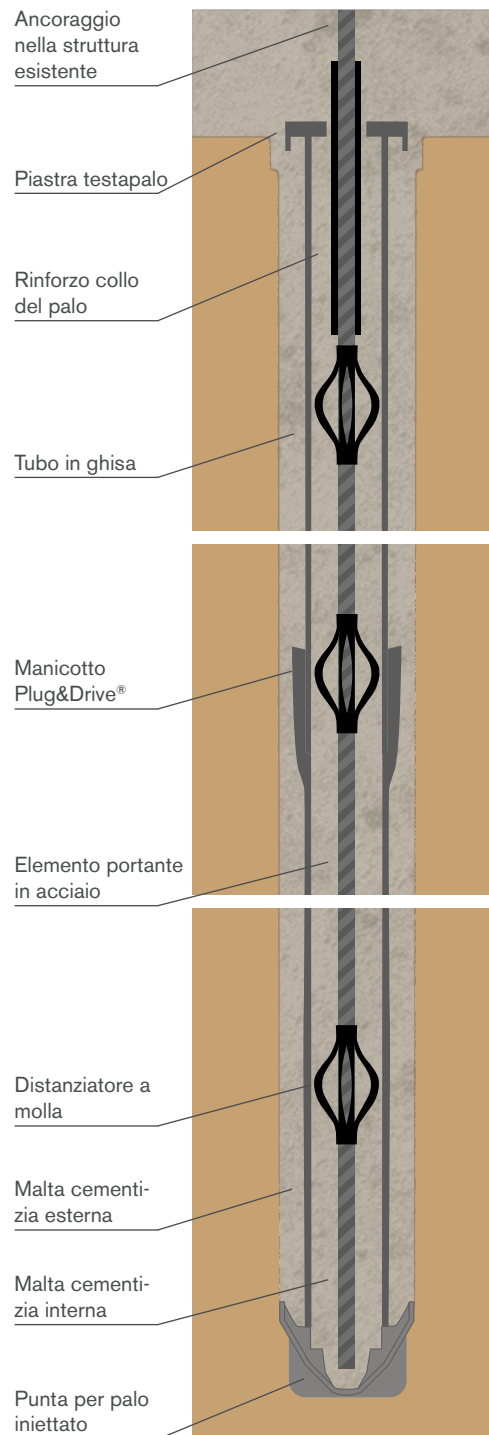
Palo battuto in ghisa sferoidale iniettato

Se oltre alle forze di compressione devono essere trasmesse anche forze di trazione, si consiglia di realizzare pali battuti in ghisa sferoidale iniettati. Il palo per carichi alternati (compressione/trazione) è un componente composto dall'elemento portante in acciaio, la malta cementizia all'interno, il tubo in ghisa e la malta cementizia all'esterno. In tal caso il trasferimento del carico viene realizzato per la maggior parte attivando l'attrito laterale del bulbo iniettato in funzione del terreno.

Produzione

secondo l'omologazione generale per l'edilizia Z-34.25-230/DIBt

- + Dapprima viene prodotto un palo battuto in ghisa sferoidale iniettato
- + Per introdurre forze di trazione nel palo un elemento portante in acciaio viene installato nella malta cementizia e viene cementato nel corpo di fondazione con la lunghezza di ancoraggio necessaria per la statica o con elementi di ancoraggio ammessi. Si garantisce così per lo scarico delle forze di trazione l'accoppiamento di forza necessario tra palo e fondazione soprastante.
- + L'elemento portante in acciaio va centrato all'interno dei tubi in ghisa duttili mediante distanziatori a molla
- + Sul collo del palo, che è la zona di passaggio dal palo al corpo di fondazione, l'elemento portante in acciaio viene protetto per mezzo di un tubo scanalato in plastica disposto concentrico.
- + È importante riempire con attenzione lo spazio perimetrale tra l'elemento portante in acciaio e il tubo scanalato in plastica per mezzo di malta cementizia scorrevole.
- + La piastra testapalo TRM ottagonale ha una apertura idonea per il passaggio del tubo scanalato in plastica.







Ambiti di applicazione Vantaggi delle fondazioni su pali



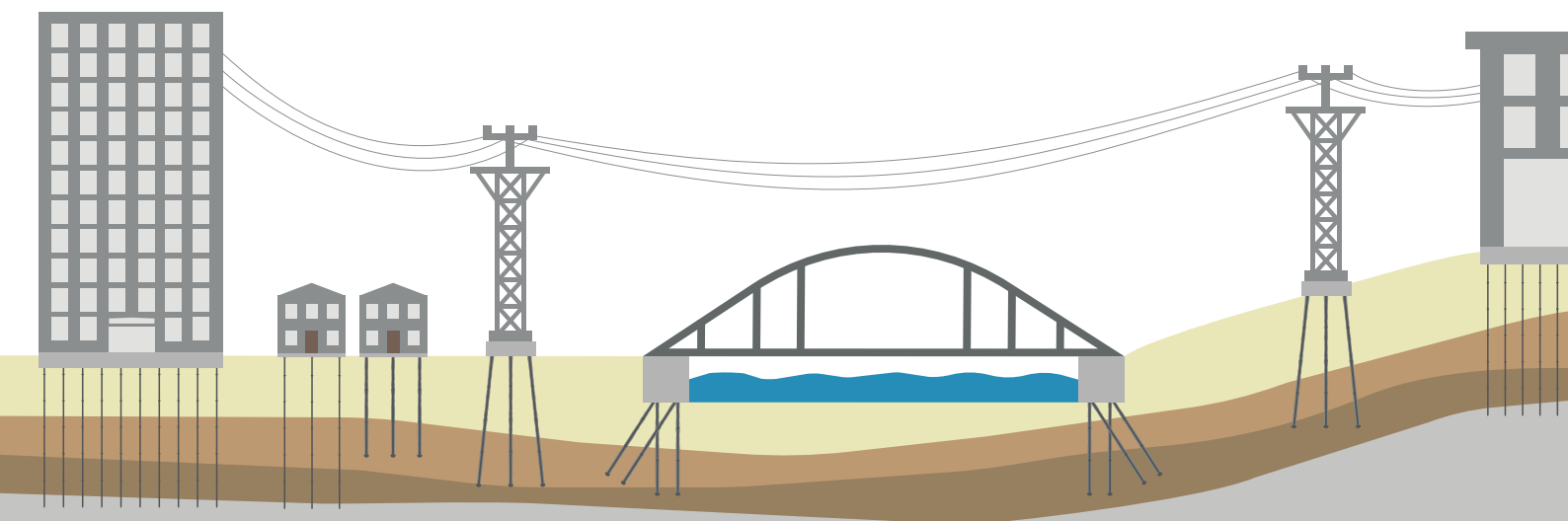
Edilizia

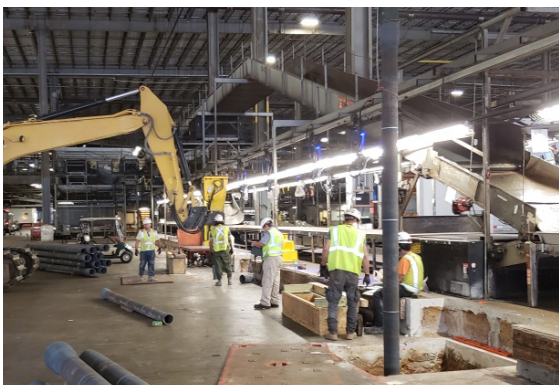
I pali battuti in ghisa sferoidale TRM possono essere utilizzati come fondazione di case monofamiliari fino a grandi condomini o edifici a uso ufficio. Attraverso le apparecchiature leggere e versatili e i brevi tempi di esecuzione il sistema per pali TRM offre in modo specifico nelle zone interne della città o per piccoli progetti edilizi un vantaggio notevole.



Edilizia industriale

Le costruzioni leggere, quali i padiglioni prefabbricati o i magazzini verticali, sono molto sensibili agli assestamenti e in particolare alle differenze di assestamento. Il palo battuto in ghisa sferoidale TRM offre qui un trasferimento sicuro dei carichi attraverso pali inglobati in plinti di fondazione a bicchiere di dimensioni ridotte. Tutti i carichi di vento e le azioni costruttive vengono riprese e riportate negli strati portanti profondi del terreno.





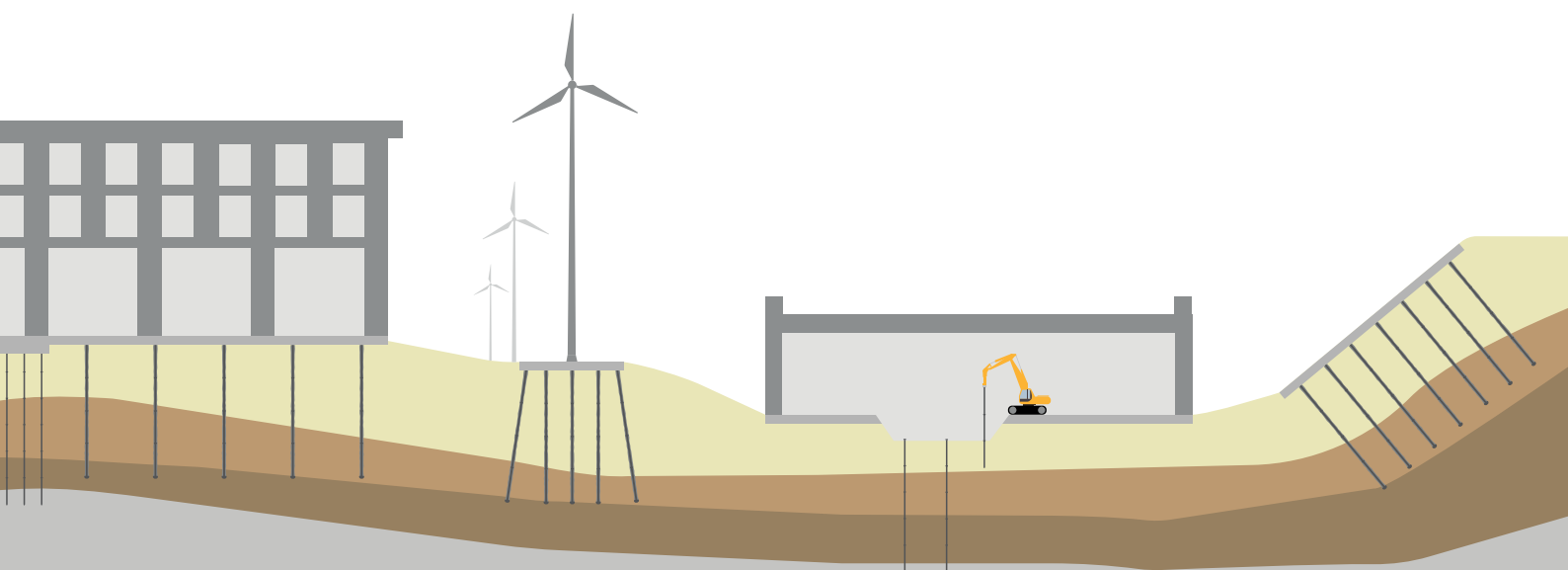
Ripresa di fondazioni esistenti

All'interno di capannoni industriali o di edifici, al fine di sostenere carichi costruttivi aggiuntivi, vengono rinforzate tutte le fondazioni esistenti o integrate successivamente nuove fondazioni. La sfida dell'altezza di lavoro limitata viene risolta utilizzando il manicotto di giunzione.



Ponti e viadotti

Le forze di compressione e trazione che si formano nelle spalle e pile possono essere assorbite dal nostro palo a carico variabile. I momenti vengono ripresi attraverso la costruzione di pali in gruppo e le forze orizzontali attraverso pali inclinati. Grazie al rapido e semplice spostamento delle attrezzature di cantiere il sistema per pali TRM offre un vero vantaggio.



Ambiti di applicazione Vantaggi delle fondazioni su pali



Manufatti snelli

Silos, gru a torre, pale eoliche, tralicci elettrici e di telecomunicazione vengono sollecitati a compressione e 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. Il palo per carichi alternati TRM (compressione/trazione) è qui pensato per assorbire in sicurezza i carichi ciclici da vento.



Stabilizzazione di versanti

In caso di pendii con rischio di scivolamento il palo battuto in ghisa sferoidale TRM può essere gettato in opera quasi in orizzontale - come opera provvisoria o di urgenza - per raggiungere la stabilità della scarpata.



Ancoraggio per sottospinta idrostatica

Le solette in calcestruzzo di vasche di depurazione, sottovia stradali e scavi in zona di oscillazione della falda freatica vengono messe in sicurezza con pali a trazione rispetto alla sottospinta idrostatica.

Applicazioni speciali



CSP – Centrali termiche solari

Le centrali termiche solari sono in genere costruzioni leggere esposte a forti carichi da vento. Il palo battuto in ghisa sferoidale TRM permette ridotte tolleranze di costruzione dei bocchettoni di fondazione e offre la sicurezza necessaria per la costruzione.



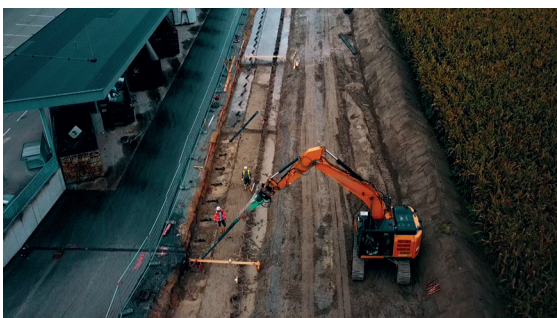
Protezione antirumore

Le barriere antirumore sono opere estese in lunghezza. Il carico viene trasferito tramite singole fondazioni (gruppi di pali) collegate attraverso trave di collegamento.



Geotermia

I pali di fondazione possono essere utilizzati installando sonde geotermiche per sfruttare il calore terrestre. Il calore proveniente dal sottosuolo viene utilizzato per ottenere energia di raffreddamento e riscaldamento.



Messa in sicurezza da piena fluviale

I dispositivi per la messa in sicurezza da piena fluviale sono sempre più importanti considerando la frequenza dei fenomeni di maltempo. Pali inclinati contrastano le forze orizzontali.



Ghisa sferoidale GJS 450-10

Abbiamo più di 75 anni di esperienza nella fabbricazione di prodotti in ghisa sferoidale. Il tubo TRM per pali viene prodotto secondo i massimi standard qualitativi. In fase di produzione vengono svolti continui 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



Materiale riciclato



Stabilimento di fusione



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.

Prodotto di riciclo

Per la produzione del ferro grezzo attingiamo esclusivamente a materie prime provenienti dall'industria del riciclo, quali pacchi di lamiere, rottami d'acciaio selezionati e materiali da riciclo. Il palo battuto in ghisa sferoidale TRM è un classico prodotto di riciclo e quindi ha un impatto particolarmente basso sulle risorse.

Elevata resistenza all'urto

L'aggiunta di magnesio alla fusione e 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 sovrassollecitazione del materiale.

Ghisa a grafite sferoidale	
Resistenza a trazione	$\geq 450 \text{ N/mm}^2$
0,2% Limite di elasticità	$\geq 320 \text{ N/mm}^2$
Modulo di elasticità	170.000 N/mm^2
Resistenza a compressione	700 N/mm^2
Allungamento a rottura	$\geq 10\%$
Massa volumica	7.050 kg/m^3

Capacità portante dei pali battuti in ghisa sferoidale

Verifica della capacità portante interna

La misurazione della capacità portante interna dei pali deve avvenire secondo EUROCODE 3 ed EUROCODE 4 e gli allegati nazionali. **In aggiunta è necessario rispettare le seguenti prescrizioni nazionali:**

- + Valutazione tecnica europea ETA-07/0169 (marchio CE)
- + Germania: Omologazione generale per l'edilizia Z-34.25-230 (DIBt)
- + Austria: Omologazione per l'edilizia austriaca GZ: 2020-0.094.414 (BMK)

Capacità della sezione

La capacità della sezione dipende dal tipo di palo, dal diametro del palo, dallo spessore della parete e dalla malta cementizia utilizzata. I valori di progetto dei pali iniettati / non iniettati in presenza di carico secondo ETA sono riportati nella tabella che segue.

Verifica di stabilità a carico (piegatura)

Per i pali parzialmente liberi è necessario eseguire una verifica di stabilità a carico. Inoltre, ai sensi della EN 1997-1, la verifica è necessaria quando i pali sono circondati da terreni con resistenza caratteristica a taglio allo stato non drenato di $c_u \leq 10 \text{ KPa}$ (KN/m²). Per le verifiche di stabilità a carico è necessario considerare un maggiore fattore parziale di sicurezza. I valori riportati in tabella devono essere ridotti di conseguenza.

Giunto di ripresa di getto

Il giunto di ripresa di getto deve essere dimostrato per il progetto in Germania secondo la "Omologazione generale per l'edilizia Z-34.25-230". Questo valore di progetto indica la capacità di carico del giunto di ripresa di getto tra tubo in ghisa e iniezione alla battuta.

Velocità di corrosione per la misurazione

- + Per pali portanti a carico iniettati la malta cementizia offre una protezione completa dalla corrosione.
- + Per i pali portanti a carico non iniettati durante il progetto è necessario tenere conto di una perdita di spessore della parete dovuta alla 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.

Tabella dei valori di progetto della capacità portante interna secondo 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 sono validi per pali con carico a punta per i quali non viene ipotizzata una perdita di spessore della parete dovuta a corrosione e per pali battuti in ghisa sferoidale iniettati. In aggiunta, è necessario rispettare le prescrizioni nazionali. Qualità di cemento maggiori o differenti sono ammissibili.

Verifica della capacità portante esterna

L'identificazione completa e significativa del terreno (prova penetrometrica ecc.) è fondamentale per il dimensionamento economico dei pali. Per verificare la capacità portante esterna occorre eseguire prove di carico oppure procedere alla sua determinazione sulla base di valori empirici (valori secondo Recommendations on Piling (EA-Pfähle) – 3a edizione o valori empirici aziendali)

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.

Palo infisso iniettato (attrito laterale)

Nell'ambito di un progetto di ricerca comune con l'Università di Kassel, svolto tra il 2015 e il 2020, sono state analizzate 338 prove di carico secondo criteri scientifici. Nelle immagini seguenti i risultati sono stati illustrati graficamente solo come valori empirici per calcolare il carico di punta del palo e l'attrito laterale del bulbo iniettato nello stato limite della capacità portante per pali battuti in ghisa sferoidale iniettati alla battitura e sono riportati in forma di tabella nelle Recommendations on Piling (EA-Pfähle) – 3a edizione (punto 5.4.9.6).

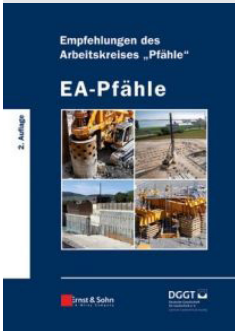
Va precisato che:

- + il carico di punta del palo e l'attrito laterale del bulbo iniettato devono essere stabiliti, secondo le Recommendations on Piling (EA-Pfähle), 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.


Palo infisso non iniettato (carico a punta)

Un requisito essenziale è l'identificazione completa del terreno con ricognizione della quota dello strato portante. Dopo aver raggiunto lo strato portante e un avanzamento di infissione $\leq 3\text{cm/min}$ un geotecnico dovrà stabilire i carichi ammissibili sulla base dei suoi valori empirici in terreni simili, oppure rilevarli, di norma per mezzo di una prova di carico.



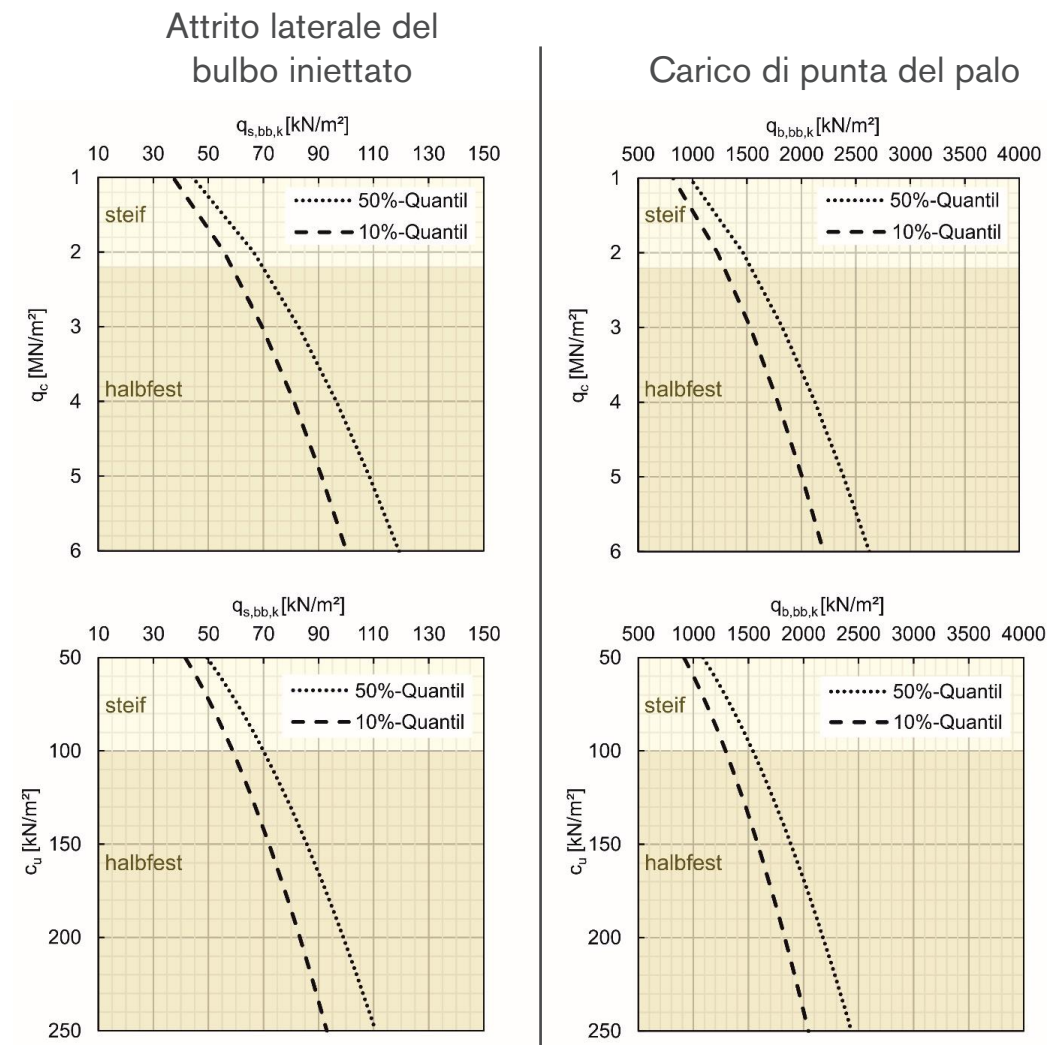
Recommendations on Piling (EA-Pfähle) – 3a edizione

Secondo lo stato attuale la 3a edizione di “EA Pfähle” doveva uscire nel 2024. Rispetto alla 2a edizione è stata effettuata una sostanziale revisione redazionale. In futuro verranno trattati nella **sezione 2.2.5.3** “Pali battuti in ghisa sferoidale iniettati”. Oltre ai dati sulla produzione dei pali, le nuove regole includono le avvertenze per la garanzia della qualità nello svolgimento dei lavori e i **valori empirici** per determinare il **carico di punta del palo** e l'**attrito laterale del bulbo iniettato** nello stato limite della capacità portante. I valori empirici rielaborati dall'Università di Kassel nell'ambito del progetto di ricerca (vedere pagine 18-19) sono stati integrati. Le nuove regole sono state incluse con la relazione annuale 2022 del gruppo di lavoro “Pali” della Deutsche Gesellschaft für Geotechnik (DGGT) nelle Recommendations on Piling (EA-Pfähle) e sono disponibili nella sezione 4.2.

La relazione annuale 2022 è disponibile nella nostra sezione Secure Download: 

Capacità portante esterna dei pali battuti in ghisa sferoidale

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



Valori empirici in forma di tabella secondo Recommendations on Piling (EA-Pfähle) – 3a edizione

Resistenza a taglio $c_{u,k}$ del terreno non drenato [kN/m²]	Carico di rottura $q_{s,k}$ dell'attrito laterale del bulbo iniettato [kN/m²]
60	45-55
150	75-85
≥ 250	95-110

I valori intermedi possono essere interpolati in modo lineare.

Tabella 5.35 Intervalli dei valori empirici per il carico di punta del palo caratteristico $q_{s,k}$ per pali battuti in ghisa sferoidale iniettati in terreni coesi.

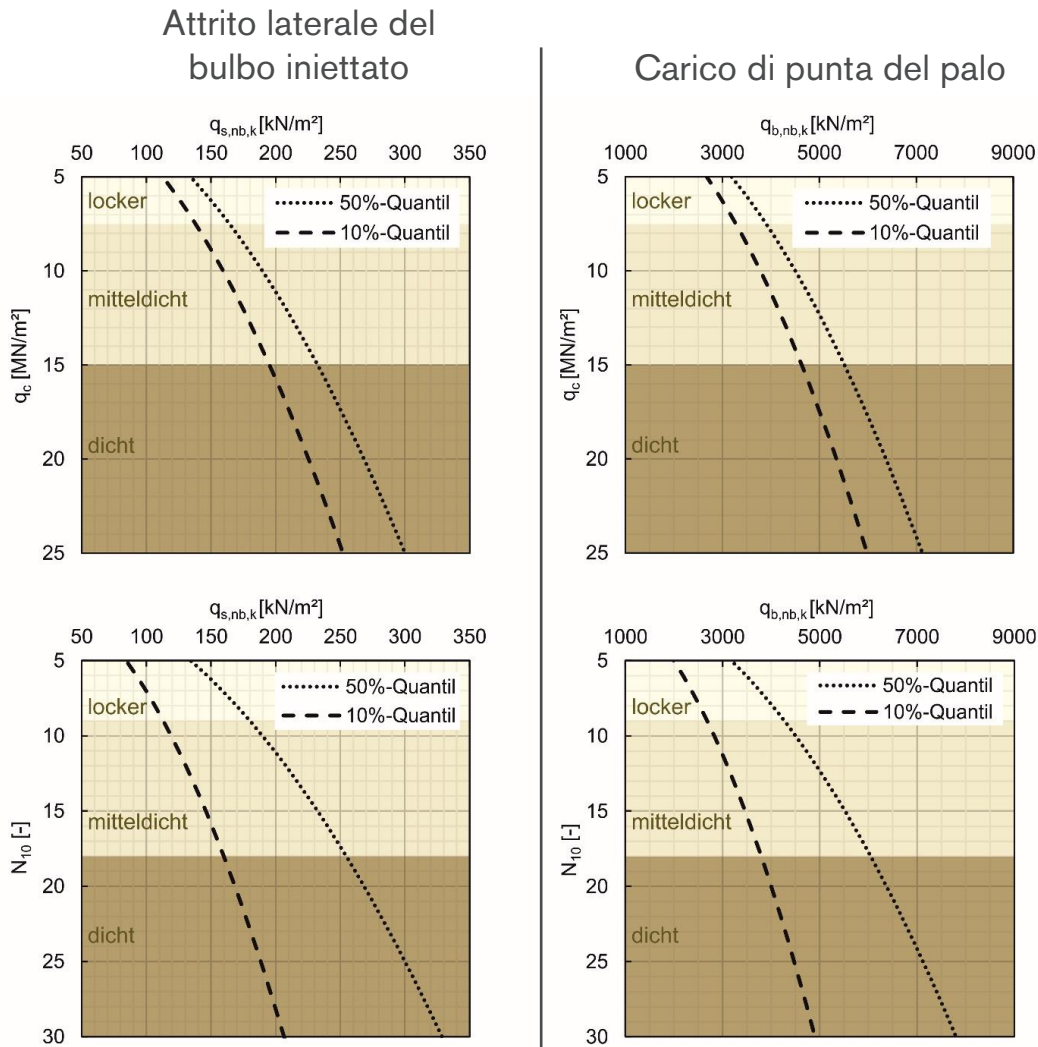
Assestamento testa del palo s/D_b	Carico di punta dei pali $q_{b,k}$ [kN/m²]		
	Resistenza a taglio $c_{u,k}$ del terreno non drenato [kN/m²]		
	7,5	15	≥ 25
0,10 (Sg)	1300-1500	1600-1900	2000-2400

I valori intermedi possono essere interpolati in modo lineare.

Tabella 5.36 Intervalli dei valori empirici per l'attrito laterale caratteristico del bulbo iniettato $q_{s,k}$ per pali battuti in ghisa sferoidale iniettati in 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 bulbo iniettato $q_{s,k}$ con le resistenze alla penetrazione in terreni non coesi



Valori empirici in forma di tabella secondo Recommendations on Piling (EA-Pfähle) – 3a edizione

Con una resistenza di punta media q_c della sonda di pressione [MN/m²]	Carico di rottura $q_{s,k}$ dell'attrito laterale del bulbo iniettato [kN/m²]
7,5	135-165
15	195-230
≥ 25	250-300

I valori intermedi possono essere interpolati in modo lineare.

Tabella 5.34 Intervalli dei valori empirici per il carico di punta del palo caratteristico $q_{s,k}$ per pali battuti in ghisa sferoidale iniettati in terreni non coesi.

Assestamento testa del palo s/D_b	Carico di punta dei pali $q_{b,k}$ [kN/m²]		
	Con una resistenza di punta media q_c della sonda di pressione [MN/m²]		
	7,5	15	≥ 25
0,10 (Sg)	3300-3900	4600-5500	6000-7100

I valori intermedi possono essere interpolati in modo lineare.

Tabella 5.33 Intervalli dei valori empirici per l'attrito laterale caratteristico del bulbo iniettato $q_{s,k}$ per pali battuti in ghisa sferoidale iniettati in terreni non coesi.

I sistemi per pali TRM e la sostenibilità

Il tema della sostenibilità ha una grande valenza in TRM. Il ferro grezzo necessario per produrre la ghisa viene ottenuto esclusivamente da materie prime provenienti dall'industria del riciclo. Il palo battuto in ghisa sferoidale TRM è un classico prodotto di riciclo.

Creazione di valore in Austria

Il palo battuto in ghisa sferoidale TRM viene prodotto nel nostro stabilimento di Hall in Tirol. La fornitura della maggior parte delle materie prime avviene su rotaia. Anche per la consegna si fa attenzione a utilizzare le risorse nel modo più ecologico possibile.

Energia rinnovabile

Con un'area di 9.000 m² la Tiroler Rohre GmbH dispone del più grande impianto fotovoltaico del Tirolo, con il quale viene prodotta una resa di 851 kWp. La corrente immessa nella rete viene utilizzata per l'alimentazione di 300 case nella regione. In aggiunta acquistiamo la corrente esclusivamente da fonti energetiche rinnovabili.

Opere con una lunga vita nominale

Il nostro sistema per pali TRM viene progettato in modo che per le opere possa essere calcolata una vita nominale di 100 anni. È possibile anche un utilizzo successivo di questa fondazione.

Processi ottimizzati dal punto di vista digitale

Consumi energetici e cifre chiave vengono monitorati e sottoposti a continui controlli con uno dei sistemi più moderni. Il calore generato durante la produzione viene sfruttato per alimentare la locale rete di teleriscaldamento, che alimenta 650 case. Con l'ausilio di una tecnica di filtrazione intelligente, che è sempre all'avanguardia, la Tiroler Rohre GmbH assicura che non penetrino sostanze nocive nell'atmosfera o nell'ambiente.

Innovazione per la sostenibilità

La Tiroler Rohre GmbH ha contribuito già nel 2017 alla compilazione di una EPD (Environmental Product Declaration) per il palo battuto in ghisa sferoidale TRM, che è stata aggiornata ulteriormente nel 2022. Grazie all'impegno e ai miglioramenti in produzione è stato possibile risparmiare nella produzione circa il 9% di GWP (Global Warming Potential), in totale (kg CO₂ equivalenti) dalla prima EPD.



Environmental Product Declaration (EPD)

Nell'industria edile l'Environmental Product Declaration (EPD) svolge un ruolo sempre più importante nella valutazione dell'impatto ambientale di prodotti e materiali edili. Le EPD permettono agli appaltatori di prendere decisioni fondate, che si basano su criteri ecologici e contribuiscono alla sostenibilità in ambito edilizio.

Una EPD si basa su norme e direttive internazionali (ISO 14025 ed EN 15804), che definiscono i principi e le esigenze per l'esecuzione di valutazioni ambientali.

Nella compilazione delle EPD del palo battuto in ghisa sferoidale TRM è stato scelto un approccio olistico del prodotto. Vengono analizzati tutti i cicli di vita del prodotto. Si analizza pertanto non solo, ad esempio, il processo di produzione in fabbrica ma si considerano tutti i cicli di vita del prodotto. Si tratta quindi di un'analisi dalla A alla Z.

Tali dati e l'EPD stessa sono stati verificati e approvati da parte della Bau EPD (editore e "gestore" della EPD) e da un team di verificatori.

Ulteriori informazioni sono disponibili nella nostra sezione [Secure Download](#):



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 (senza malta cementizia):
26,4 kg CO₂ equiv/c palo
- + Palo TRM 170/9,0 (senza malta cementizia):
44,47 kg CO₂ equiv/c palo

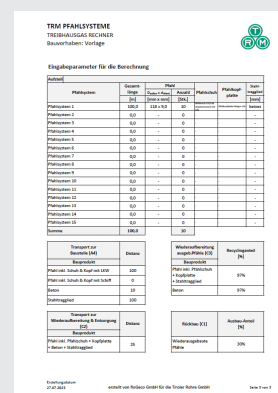
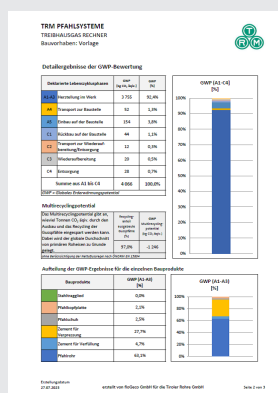
Studi del bilancio ecologico

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%

Calcolatore di gas serra TRM

Sulla base dei risultati delle EPD è stato sviluppato uno strumento di calcolo basato su foglio Excel, con cui in modo semplice e rapido è possibile calcolare per qualsiasi progetto edilizio un bilancio totale GWP*.

*(GWP = Potenziale di riscaldamento globale)



Tipico esempio

PONTI E VIADOTTI



Nuova costruzione Rheinbrücke Austria

- + Fondazione delle opere di ponti, viadotti e mura portanti
- + 36.260 m di pali battuti in ghisa sferoidale TRM 170 con spessore delle pareti 9,0 con punta per pali iniettati DN 320
- + Pali battuti in ghisa sferoidale iniettati per carichi alternati fino a un valore di progetto di 550 kN
- + Pali in parte inclinati fino a 45° gradi di pendenza
- + Periodo di realizzazione: 2021 - 2023

EDILIZIA INDUSTRIALE



Ampliamento centro logistico Italia

- + Fondazione centro logistico con magazzino verticale
- + 15.000 m pali battuti in ghisa sferoidale TRM 170 con spessore delle pareti 9,0/10,6/13,0 con punta per pali iniettati DN 270
- + Elevate esigenze nell'ambito del magazzino verticale
- + Strati di terreno portanti prima ai livelli più profondi
- + Periodo di realizzazione: 2022

EDILIZIA



Al-Madina Al-Shamaliya Bahrain

- + Fondazione di due complessi di edifici ciascuno da 20 piani e complessivamente 400 appartamenti
- + 43.000 m pali battuti in ghisa sferoidale TRM 118 con spessore delle pareti 7,5 con punta per pali iniettati DN 270
- + Fondazione nel deserto
- + Carico portante raggiunto dopo già dieci metri, trovandosi sotto l'argillite uno strato di acqua dolce sotto tensione
- + Periodo di realizzazione: 2021 - 2024



Tutti i vantaggi a colpo d'occhio

+ Allestimento del cantiere a costi vantaggiosi:

il sistema per pali TRM necessita solo di attrezzature relativamente leggere e di uso comune (escavatore con martello idraulico e speciale massa battente).

+ Adeguamento flessibile delle lunghezze del palo:

le lunghezze del palo possono essere adattate in loco al terreno, in base all'infissione. Le variazioni geologiche non costituiscono quindi alcun problema.

+ Breve tempo di realizzazione:

il sistema di giunzione Plug&Drive® permette un rapido accoppiamento dei singoli tubi per pali. Ciò consente un'elevata potenza di infissione di 200-500 m lineari al giorno, a seconda del diametro del palo e del terreno. *Nessun lavoro di saldatura richiesto.*

+ Nessuno sfrido di tubi:

la lunghezza di tubo in eccesso viene recisa alla quota di progetto e può essere riutilizzata come elemento iniziale del palo seguente.

+ Non è necessaria la scapitozzatura né la saldatura in opera

+ Spazi ristretti:

la produzione di pali è possibile anche in spazi molto ristretti grazie alle attrezzature leggere. Distanza minima da strutture esistenti a partire da 50 cm.

+ Altezza di lavoro ridotta:

utilizzando manicotti di giunzione si possono accorciare a piacere senza problemi pali battuti in ghisa sferoidale TRM e utilizzarli anche con altezze di lavoro ridotte.

+ Infissione con vibrazioni ridotte:

l'infissione nelle immediate vicinanze di sostanza edilizia più vecchia è possibile senza problemi grazie alla ridotta accelerazione.

+ Ampio capannone:

il capannone della Tiroler Rohre GmbH a Hall in Tirol offre abbastanza materiale per effettuare le consegne in cantiere in tempi brevi.

+ Requisiti minimi per il piano di lavoro e l'accesso

+ Possibile esecuzione come pali a trazione:

con l'infissione di un elemento portante in acciaio è possibile anche una esecuzione come palo per carichi alternati (compressione/trazione).

+ Senza costi aggiuntivi di trasporto del terreno di scavo.

+ Ridotti costi di investimento:

non occorre acquistare costosi apparecchi da infissione e attrezzature.

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/it

Versione 3.0 Gennaio 2026 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.
Fotografia: Dietmar Strauß
Editore: Tiroler Rohre GmbH
Stampa: Alpina Druck GmbH