

|  |  |                     |
|--|--|---------------------|
|  Schweizerische Eidgenossenschaft<br>Confédération suisse<br>Confederazione Svizzera<br>Confederaziun svizra | Manuale tecnico Gallerie e geotecnica<br><b>Scheda tecnica Elementi costruttivi</b><br>Fondazioni, opere di sostegno | <b>24 001-15800</b> |
| Dipartimento federale dell'ambiente, dei trasporti, dell'energia e delle comunicazioni<br>DATEC<br><b>Ufficio federale delle strade USTRA</b>  | <b>Micropali</b>   | V2.04<br>01.01.2023 |
| Divisione Infrastruttura stradale I  |  | Pagina 1 di 4       |

## 1. Riferimenti

SIA 267 Geotechnik (con integrazioni del 9.11.2004)

SIA 267/1 Geotechnik – Ergänzende Festlegungen

SN EN 14199 (SIA 267.102) Ausführung von besonderen geotechnischen Arbeiten (Spezial-tiefbau) – Pfähle mit kleinen Durchmessern (Mikropfähle)

Richtlinie ASTRA 12001 Projektierung und Ausführung von Kunstbauten der Nationalstrassen

Direttiva ASTRA 12005 Boden - und Felsanker

Scheda 24 001-15700 Pali di fondazione

Scheda 20 001-00001 Introduzione generale

Quaderno tecnico SIA 2029 Nichtrostender Betonstahl

## 2. Aspetti generali

Il termine **micropali** designa in generale i pali di piccolo calibro aventi un diametro inferiore a 300 mm. Esistono diverse tipologie:

- micropali con rivestimento (perforazione ad acqua o aria),
- micropali senza rivestimento (perforazione ad acqua, aria o sospensione di cemento),
- micropali autoperforanti (pali autoperforanti a iniezione con getto ad alto dosaggio di cemento e punta di perforazione a perdere).

Non essendo considerati micropali ai sensi della norma SN EN 14199, i pali eseguiti con spostamento del terreno non sono oggetto della presente scheda. I suddetti pali sono trattati nella norma SN EN 12699.

## 3. Indicazioni particolari

### Concezione e dimensionamento dei pali

- Per motivi di robustezza (cfr. direttiva ASTRA 12001, cap. 3.4 e 5.4), le soluzioni con pali di fondazione vanno privilegiate rispetto a quelle che prevedono micropali.
- La durata di utilizzo dei micropali deve equivalere a quella dell'elemento strutturale o dell'opera.
- L'impiego di micropali richiede un'attenta verifica preliminare della capacità portante. Di regola, è necessario eseguire preventivamente il numero richiesto di prove di carico come da norma SIA 267.
- Il dimensionamento dei micropali deve essere affidato a ingegneri in possesso di adeguate conoscenze specialistiche.
- Non è consentito utilizzare micropali per la messa in sicurezza di strutture portanti in relazione allo stato limite tipo 1 (stabilità globale).

|  |  |                     |
|--|--|---------------------|
|  Schweizerische Eidgenossenschaft<br>Confédération suisse<br>Confederazione Svizzera<br>Confederaziun svizra | Manuale tecnico Gallerie e geotecnica<br><b>Scheda tecnica Elementi costruttivi</b><br>Fondazioni, opere di sostegno | <b>24 001-15800</b> |
| Dipartimento federale dell'ambiente, dei trasporti, dell'energia e delle comunicazioni DATEC<br><b>Ufficio federale delle strade USTRA</b>   | <b>Micropali</b>   | V2.04<br>01.01.2023 |
| Divisione Infrastruttura stradale I  |  | Pagina 2 di 4       |

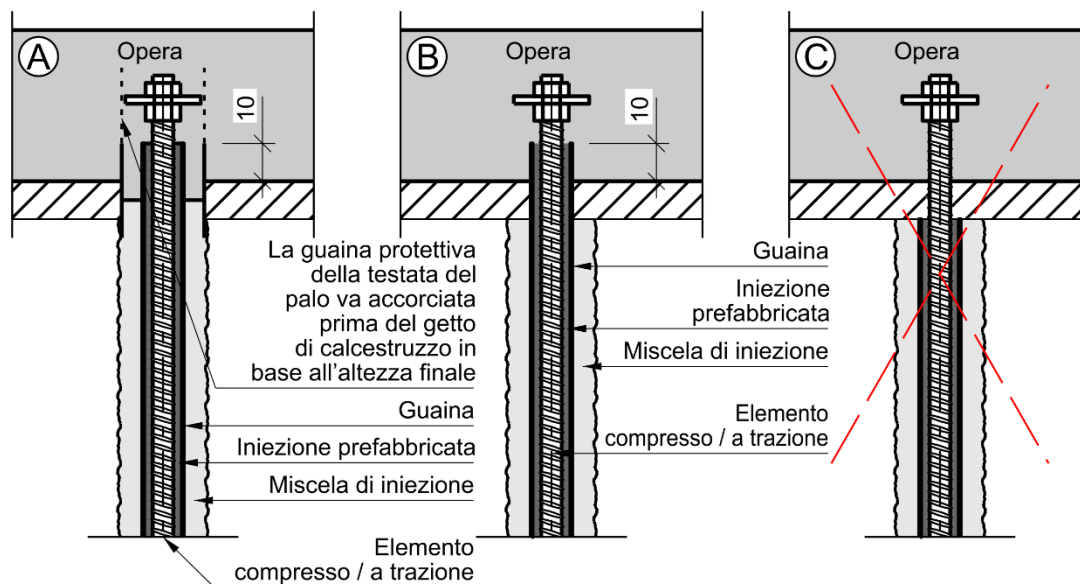
- Di norma, il contributo dell'effetto tagliante (resistenza a taglio) dei micropali non può essere preso in considerazione al fine di aumentare la stabilità del terreno nel caso di salti di quota, scarpate e pendii (stato limite tipo 3).
- In caso di ricorso a micropali con durata d'utilizzo prolungata (più di 5 anni), è necessario condurre uno studio comparativo rispetto a una soluzione con pali di fondazione. Tale studio dovrà illustrare i vantaggi nei confronti di una soluzione con pali di fondazione e gli effetti di un eventuale cedimento di uno o più micropali.
- L'uso di micropali soggetti a trazione e con durata di utilizzo prolungata va limitato a casi eccezionali. Occorre valutare gli effetti di un eventuale malfunzionamento.
- I micropali autoperforanti dei livelli di protezione 0 e 1 sono utilizzabili soltanto in sede di messa in sicurezza di opere provvisorie. Sono ammessi i sistemi riconosciuti dotati di una protezione anticorrosione di livello 2 o superiore. In caso di applicazione in materiale sciolto è necessario stabilizzare il foro di perforazione, soprattutto in presenza di inclinazioni poco pronunciate.
- Per guaine corrugate in materiale plastico (tubi di rivestimento scanalati) non può essere utilizzato il PVC.
- Per i micropali con rivestimento e portata per attrito deve sempre essere prevista la possibilità di eseguire almeno un'iniezione successiva.
- Non è consentito l'impiego di micropali in legno per durate di utilizzo superiori ai 2 anni.
- Per la fondazione o l'ancoraggio di reti paramassi e altre strutture in zone di difficile accesso, osservare le indicazioni della Scheda tecnica 24 001-18300.

### Protezione anticorrosione

- Per la realizzazione dei giunti vedi norma SIA 267, articoli 9.6.1.3 e (giunzioni tra gli elementi dei pali) e 9.6.1.5 (protezione anticorrosione).
- Per garantire la protezione anticorrosione nella zona di transizione tra micropalo e opera, la testata va realizzata secondo la figura 1, schema A).
- Per garantire la protezione anticorrosione va evitato il contatto tra l'elemento portante del micropalo e l'armatura della fondazione (SIA 267, art. 9.6.6.3).
- Le classi di protezione anticorrosione 2b e 3b sono equiparate alle classi 2a e 3a, purché non vi sia presenza di correnti vaganti. Per l'impiego di acciai inossidabili delle classi di protezione 2b e 3b si applica il quaderno tecnico SIA 2029.
- In presenza di correnti vaganti non è consentito utilizzare micropali delle classi di protezione 2b e 3b.
- I micropali delle classi di protezione 2b e 3b possono anche essere realizzati come micropali autoperforanti. In tal caso, è necessario garantire una sufficiente copertura dell'elemento a trazione mediante: distanziatori, mandata continua di materiale iniettato durante la perforazione, sufficiente diametro della punta di perforazione (almeno equivalente alla somma del diametro dell'elemento a trazione / giunto e del copriferro richiesto).

|  |  |                     |
|--|--|---------------------|
|  Schweizerische Eidgenossenschaft<br>Confédération suisse<br>Confederazione Svizzera<br>Confederaziun svizra | Manuale tecnico Gallerie e geotecnica<br><b>Scheda tecnica Elementi costruttivi</b><br>Fondazioni, opere di sostegno | <b>24 001-15800</b> |
| Dipartimento federale dell'ambiente, dei trasporti, dell'energia e delle comunicazioni DATEC<br><b>Ufficio federale delle strade USTRA</b>   | <b>Micropali</b>   | V2.04<br>01.01.2023 |
| Divisione Infrastruttura stradale I  |  | Pagina 3 di 4       |

#### Schema



**Figura 1:** Protezione anticorrosione nella zona di transizione micropalo – opera

(A) Variante migliore: a) attuabile anche con perforazione senza rivestimento; b) iniettabile fin sopra il calcestruzzo magro anche in caso di pali realizzati successivamente allo scavo

(B) Pericolo di danneggiamento in fase di scavo finale e getto del calcestruzzo magro della protezione anticorrosione realizzata in fabbrica.

(C) Pericolo di corrosione non ammissibile in ottica esecutiva

#### Esecuzione e verifica della qualità

- Durante la procedura di posa dei pali, l'impresa incaricata deve stilare un verbale dettagliato per ciascun micropalo, in conformità alla norma SIA 118/267 Allgemeine Bedingungen für geotechnische Arbeiten.
- Prima dell'iniezione con malta cementizia occorre verificare l'integrità delle guaine in materiale plastico (classi di protezione 2a e 3a) nella parte visibile della testata.
- Prima dell'iniezione con malta cementizia occorre garantire l'isolamento elettrico dei micropali dall'armatura dell'opera portante controllando la separazione delle armature e mediante l'impiego di distanziatori costituiti da materiale non conduttivo.
- Per i micropali con classe di protezione 2a o 3a è necessario verificare l'efficacia della protezione anticorrosione mediante misurazione della resistività elettrica secondo la Direttiva ASTRA 12005.

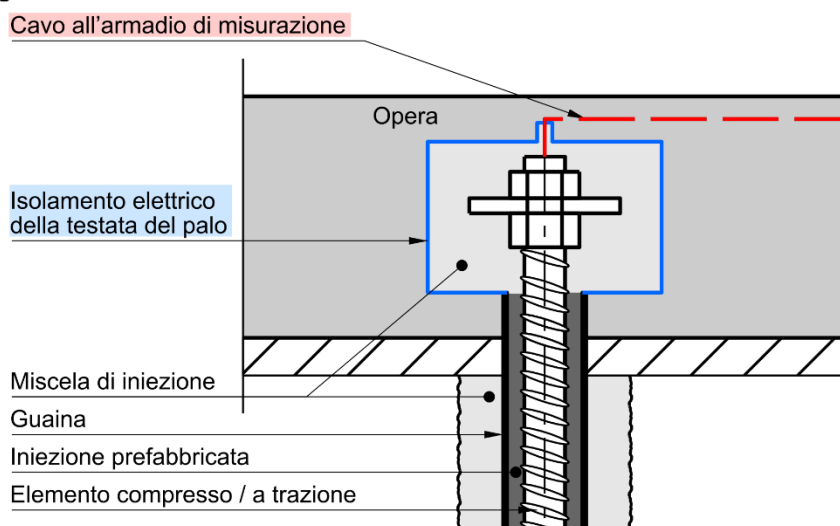
#### Monitoraggio

- Per garantire la funzionalità sul lungo periodo è necessario sottoporre i micropali a monitoraggio.
- Il monitoraggio dei micropali si svolge durante il periodo di utilizzo tramite misurazioni per il controllo di abbassamenti e spostamenti, l'osservazione di cambiamenti di stato (formazione di crepe ecc.) nonché mediante la misurazione elettronica della resistenza in caso di elevato rischio corrosivo.

|  |  |                     |
|--|--|---------------------|
|  Schweizerische Eidgenossenschaft<br>Confédération suisse<br>Confederazione Svizzera<br>Confederaziun svizra | Manuale tecnico Gallerie e geotecnica<br><b>Scheda tecnica Elementi costruttivi</b><br>Fondazioni, opere di sostegno | <b>24 001-15800</b> |
| Dipartimento federale dell'ambiente, dei trasporti, dell'energia e delle comunicazioni DATEC<br><b>Ufficio federale delle strade USTRA</b>   | <b>Micropali</b>   | V2.04<br>01.01.2023 |
| Divisione Infrastruttura stradale I  |  | Pagina 4 di 4       |

- La realizzazione accurata di micropali delle classi di protezione 2a o 3a non esclude del tutto i fenomeni di corrosione. In presenza di un rischio corrosivo considerevole (elevata esposizione, scarsa protezione costruttiva, correnti vaganti ecc.) e/o ripercussioni gravose a seguito del cedimento di un micropalo, può perciò rivelarsi opportuno predisporre micropali elettricamente isolati e monitorati con misurazione della resistenza (cfr. Figura 2 e Figura 3). È necessario riservare particolare attenzione alla ripartizione delle forze nella zona della testata del palo.
- Le operazioni di monitoraggio richieste devono essere definite in un apposito piano di sorveglianza.

#### Dettaglio



*Figura 2: Micropalo monitorato mediante misurazione della resistenza e dotato di testata elettricamente isolata.*



*Figura 3: Esempio di rinforzo delle fondamenta con micropalo monitorabile.*