RAPPORT

PAALDRUKWEERSTAND (NEN 9997–1: 2012)

Project:

Amsterdam

Jan Luijkenstraat 48

Funderingsherstel

Projectnummer : *W2021.131*

Volgnummer : 1

Datum : 16 februari 2021

Opdrachtgever : *SondeerMeester Geotechniek*
Kabelweg 86
1014 BC Amsterdam
Tel. 020 - 2441090

Opgesteld door :

1 Inleiding

Voor de berekening(en) wordt gebruik gemaakt van de volgende voorschriften, aanbevelingen, richtlijnen en software.

1.1 Normen (indien toegepast)

- NEN–EN 206: Beton – Specificatie, eigenschappen, vervaardiging en conformiteit;
- NEN – EN 1536: 2010 +A1: 2015 "Uitvoering van bijzonder geotechnisch werk – Boorpalen";
- NEN–EN 1990+A1+A1/C2 Eurocode,
  - Grondslagen van het constructief ontwerp;
  - Nationale bijlage;
- NEN–EN 1991–1–1+C1 Eurocode 1: Belastingen op constructies,
  - Deel 1–1: Algemene belastingen – Volumieke gewichten, eigen gewicht en opgelegde belastingen voor gebouwen;
  - Nationale bijlage;
- NEN–EN 1992–2–1+C2 Eurocode 2: Ontwerp en berekening van betonconstructies,
  - Deel 1.1: Algemene regels en regels voor gebouwen;
  - Nationale bijlage;
- NEN–EN 1993 Eurocode 3: Ontwerp en berekening van staalconstructies,
  - Deel 1: Algemene regels en regels voor gebouwen;
  - Deel 5: Palen en damwanden;
  - Deel 8: Ontwerp en berekening van verbindingen;
- NEN–EN 1994–1–1+C1 Eurocode 4: Ontwerp en berekening van staal–betonconstructies,
  - Deel 1.1: Algemene regels en regels voor gebouwen;
  - NB Nationale bijlage;
- NEN 9997–1+C1: Geotechnisch ontwerp van constructies – Deel 1: Algemene regels;
- NEN–EN 12063: Uitvoering van bijzonder geotechnisch werk – Damwanden;
- NEN–EN 12699: Uitvoering van bijzonder geotechnisch werk – Verdringingspalen;
- NEN–EN 14199: Uitvoering van bijzonder geotechnisch werk – Micropalen;
- NPR 2053: Nationale praktijkrichtlijn NPR 2053 Lasverbindingen met betonstaal en stalen strippen;
- NVN 6724: Voorschriften beton – In de grond gevormde funderingselementen van beton of mortel – maart 2001;
- NEN–6741: Het uitvoeren van houten paalfunderingen;
- NEN–6742: Het uitvoeren van funderingen met geprefabriceerde betonnen palen;
- NEN–EN 8700: Beoordeling van de constructieve veiligheid van een bestaand bouwwerk bij verbouw en afkeuren – Grondslagen;
- NEN–EN 8701: Beoordeling van de constructieve veiligheid van een bestaand bouwwerk bij verbouwen en afkeuren – Belastingen
- NEN–EN 8707: Beoordeling van de constructieve veiligheid van een bestaand bouwwerk bij verbouw en afkeuren – Geotechnische constructies;
- NEN–EN 10025: Koudvervaardigde gelaste buisprofielen voor constructiedoeleinden, deel 1 tot en met deel 5;
- NEN–EN 10080: Staal voor het wapenen van beton, Lasbaar betonstaal – Algemeen;
- NEN–EN 10219: Koudvervaardigde gelaste buisprofielen voor constructiedoeleinden, deel 1 tot en met deel 3.

1.2 Richtlijnen/ aanbevelingen (indien toegepast)

- CUR 109: Akoestisch doormeten funderingspalen;
- CUR 114: Toezicht op realisatie van paalfunderingen;
- CUR 162: Construeren met grond;
- CUR 166: Damwandconstructies;
- CUR 223: Meten–monitoren–bouwputten;
- CUR 228: Ontwerprichtlijn door grond horizontaal belaste palen;
- CUR 229 Axiaal draagvermogen van palen;
- CUR 231: Handboek Diepwanden ontwerp en uitvoering;
- CUR 236: Ankerpalen;
- CUR 2004–1: Beoordelingssysteem voor de begaanbaarheid van bouwterreinen;
- Nationale Beoordelingsrichtlijn BRL 0501: Betonstaal;
- Nationale Beoordelingsrichtlijn BRL 1710: Het aanbrengen van stalen buissegmentpalen;
- Nationale Beoordelingsrichtlijn BRL 1721: Betonnen oplangers;
- Nationale Beoordelingsrichtlijn BRL 2302: Houten heipalen;
- Nationale Beoordelingsrichtlijn BRL 2352/02: Betonnen heipalen;
- Nationale Beoordelingsrichtlijn BRL 2356,
  - Algemeen: In de grond gevormde palen;
  - Bijlage A: Werkwijze bij het vervaardigen van schroefpalen, type Avegaarpalen;
  - Bijlage B: Werkwijze bij het vervaardigen van buisschroefpalen;
  - Bijlage C: Werkwijze bij het vervaardigen van ingeheide en schokkend of trillend getrokken palen;
  - Bijlage D: Werkwijze bij het vervaardigen van ingeheide palen met uitgeheide voet;
  - Bijlage E: Werkwijze bij het vervaardigen van trillingsvrij in de grond gevormde ingebrachte palen;
- Nationale Beoordelingsrichtlijn BRL 2357: Heien van geprefabriceerde betonpalen;
- Richtlijnen constructie gemeente Almere, geldigheid vanaf d.d. 01–01–2017;
- Dienst Stadsontwikkeling Gemeente Utrecht, nummer wr 05: Uitvoering van schroefpalen; type Avegaar;
- Gemeente Breda, Richtlijn in de grond gevormde palen 'type avegaarpalen (vervaardiging van in de grond gevormde palen), status 'definitief', uitgave 'augustus 2004';

1.3 Software (indien toegepast)

- Microsoft Office,
  - Excel;
  - Word;
- Deltares Systems,
  - D–Sheet Piling;
  - D–Foundations;
  - D–Settlement;
  - D–Stability;
- Technosoft,
  - Paalfunderingen;
  - Funderingen op staal;
  - Construct;
  - Construct Liggers
  - Construct Raamwerken;
- MatrixFrame® Toolbox.

PAAL*DRUK*WEERSTANDEN

Bepaling van de rekenwaarde van de maximum weerstand van de paalfundering

Om aan te tonen dat de paalfundering de rekenwaarde van de belasting met voldoende veiligheid tegen bezwijken op druk kan weerstaan, moet voor alle belastingsgevallen en belastingscombinaties in de uiterste grenstoestand aan onderstaande ongelijkheid zijn voldaan

Bij de verificatie van de uiterste grenstoestand met betrekking tot de vervorming en de bruikbaarheids-grenstoestand moet het effect van de negatieve kleef wel zijn meegenomen in het analyseren van de verwachte vervormingen.

In geval van negatieve kleef langs de paalschacht is:

$$F_{c;d} = F_{s;d} + F_{nk;d} \le R_{c;d}$$

De constructeur bepaalt gewoonlijk de rekenwaarde van de maximale paaldrukbelasting op paalkopniveau, F_d. De geotechnisch adviseur bepaalt zowel de rekenwaarde van de maximum paal*druk*weerstand van de drukpalen, $R_{c;d}$, als de rekenwaarde van de maximale negatieve kleefbelasting langs de paalschacht, $F_{nk;d}$. Het is daarom gebruikelijk dat de geotechnisch adviseur de rekenwaarde van de paalweerstand die op paalkopniveau aan de paal kan worden ontleend opgeeft; we noemen dit de rekenwaarde van de netto paal*druk*weerstand. De toetsing om aan te tonen dat de paalfundering de rekenwaarde van de belasting met voldoende veiligheid tegen bezwijken op druk kan weerstaan $\left(F_{c;d} \le R_{c;d}\right)$ verandert daardoor in:

$$F_d \le F_{r;net;d} = R_{c;d} - F_{nk;d}$$

De rekenwaarde van de paal*druk*weerstand ($R_{c;d}$), op basis van beproeving van grond (sonderingen), moet zijn bepaald uit:

$$R_{c;d} = R_{b;d} + R_{s;d}$$

$$R_{b;d} = \frac{R_{b;k}}{\gamma_b} \text{ en } R_{s;d} = \frac{R_{s;k}}{\gamma_s}$$

Opmerking: Voor de waarden van γ_b en γ_s (en γ_t) wordt verwezen naar NEN 9997-1, tabel A.6 voor geheide palen, tabel A.7 voor geboorde palen en tabel A.8 voor schroefpalen van het type avegaar (indien berekend uit sonderingen is $\gamma_b = \gamma_s = \gamma_t = 1{,}2$).

De karakteristieke waarden van de maximum*druk*weerstand, de maximumpuntweerstand en de maximumwrijvingskracht mogen zijn berekend uit:

$$R_{c;k} = \left(R_{b;k} + R_{s;k}\right) = \frac{R_{b;cal} + R_{s;cal}}{\xi} = \frac{R_{c;cal}}{\xi} = Min\left\{\frac{\left(R_{c;cal}\right)_{gem}}{\xi_3}; \frac{\left(R_{c;cal}\right)_{\min}}{\xi_4}\right\}$$

waarbij: $R_{b;k} = A_b \cdot q_{b;k}$ en $R_{s;k} = \sum_i A_{s;i} \cdot q_{s;i;k}$

en waarin ξ_3 en ξ_4 correlatiefactoren zijn die afhankelijk is van het aantal proeven, *n*, en de herverdelingscapaciteit van de constructie, c.q. het constructiedeel (het vermogen om belastingen van 'zwakke' naar 'sterke' palen over te dragen), en die zijn toegepast op respectievelijk:

- de gemiddelde waarden $R_{c;cal;gem} = \left(R_{b;cal} + R_{s;cal}\right)_{gem} = \left(R_{b;cal}\right)_{gem} + \left(R_{s;cal}\right)_{gem}$
- de laagste waarden $R_{c;cal;\min} = \left(R_{b;cal} + R_{s;cal}\right)_{\min}$

Opmerking: Voor de waarden van ξ_3 en ξ_4 wordt in geval van een niet-stijf bouwwerk verwezen naar NEN 9997-1, tabel A.10a, en in geval van een stijf bouwwerk naar NEN 9997-1, tabel A.10b.

Maximumpaaldrukweerstand van een alleenstaande paal op basis van een sondering

De maximumpaaldraagkracht van de paal bij sondering *i* moet als volgt zijn bepaald:

$$R_{c;cal;max;i} = R_{b;cal;max;i} + R_{s;cal;max;i}$$

waarbij :

$$R_{b;max;i} = A_{punt} \quad q_{b;max;i}$$

en

$$R_{s;cal;max;i} = O_{s;\ l;gem} \times \int_{l} \alpha_s \times q_{c;z;a} \times d_z$$

waarin :

$R_{c;cal;max;i}$ = de maximumdraagkracht van de paal bij sondering *i*, in kN;
$R_{b;cal;max;i}$ = de maximumdraagkracht van de paalpunt bij sondering *i* in kN;
$R_{s;cal;max;i}$ = de maximumschachtwrijvingskracht bij sondering *i*, in kN;
A_{punt} = de oppervlakte van de paalpunt, in m²;
$q_{b;max;\ i}$ = de maximale puntweerstand bij sondering *i* in kN/m²;
$O_{s;\Delta L;gem}$ = de gemiddelde omtrek van het gedeelte van de paalschacht in de laag, waarin de paalvoet is geplaatst, in m;
ΔL = de lengte van het deel van de paal, waarvoor geldt dat de schachtwrijving mag zijn meegenomen in de berekening van de maximumdraagkracht, in m, waarbij:
- in het geval dat zich in de grondlagen boven het paalpunt overwegend zand en verder alleen klei– en leemlagen met sondeerwaarden groter dan 2 MPa, bevinden, gelden dat ΔL gelijk is aan de gehele paallengte;
- in het geval dat de geprefabriceerde palen met verbrede voet zijn toegepast, die meer dan 10 mm buiten de paalschacht uitsteekt, geldt dat ΔL niet groter mag zijn dan de lengte van de verbreding van de voet;

$q_{r;c;z;a}$ = de conusweerstand bepaald volgens NEN 9997–1, art. 7.6.2.3 (i .. k) in zand en/of grind – waarbij pieken in het qc–diagram hoger dan 12 MPa moeten zijn afgesnoten. Als de laag waarin pieken >12 MPa zijn gemeten ten minste 1 m dik is. In dat geval mag worden afgesnoten bij de laagste in die laag gemeten qc–waarde met een maximum van 15 MPa (zie figuur 7.j);
z = aanduiding van de verticale richting.

Bepaling van de maximum puntweerstand

De maximale puntweerstand $q_{b;max;i}$ wordt bepaald met de in NEN 9997–1 gestelde formule:

$$q_{b;max;i} = {}^{1}/_{2} \quad \alpha_p \quad \beta \quad s \quad \left(\frac{q_{c;I;gem} + q_{c;II;gem}}{2} + q_{c;III;gem}\right) \leq 15\ MPa$$

waarin:

$q_{b;max;i}$	=	de maximale puntweerstand in MPa, met een maximum van 15 MPa;
$q_{c;I;gem}$	=	de gemiddelde waarde van de conusweerstanden over traject I, dat loopt vanaf het paalpuntniveau dat tenminste 0,7 maal D_{eq} en ten hoogste 4 maal D_{eq} dieper ligt, in MPa;
$q_{c;II;gem}$	=	gemiddelde waarde van de minimale conusweerstanden over het traject II, dat loopt van de onderkant van traject I naar het paalpuntniveau, in MPa;
$q_{c;III;gem}$	=	de gemiddelde waarde van de minimale conusweerstanden over het traject III, dat van beneden naar boven wordt doorlopen van paalpuntniveau tot een niveau dat 8 maal D_{eq} hoger ligt, in MPa;
α_p	=	de paalklassefactor, bepaald volgens *Tabel 7.c*, NEN 9997–1;
β	=	de factor voor de paalvoetvorm, conform NEN 9997–1 art. 7.6.2.3 (g), figuur 7.h;
s	=	de factor voor de vorm van de dwarsdoorsnede van de paalvoetvorm, conform NEN 9997–1 art. 7.6.2.3 (h). Ronde en vierkante palen s = 1.

Bepaling van de maximum schachtwrijving

De maximale paalschachtwrijving $q_{s;max;z}$ wordt bepaald met behulp van de formule:

$$q_{s;max;z} = \alpha_s \quad q_{c;z;\alpha}$$

waarin:

$q_{s;max;z}$	=	de maximale paalschachtwrijving in MPa;
α_s	=	de factor volgens *Tabel 7.c*, NEN 9997–1die de invloed van de uitvoering of paaltype in rekening brengt;
$q_{r;c;z;\alpha}$	=	de conusweerstand bepaald volgens NEN 9997–1, art. 7.6.2.3 (i .. k) in zand en/of grind – waarbij pieken in het q_c–diagram hoger dan 12 MPa moeten zijn afgesnoten. Als de laag waarin pieken >12 MPa zijn gemeten ten minste 1 m dik is. In dat geval mag worden afgesnoten bij de laagste in die laag gemeten qc–waarde met een maximum van 15 MPa (zie figuur 7.j).

Bepaling van de representatieve waarde van de maximale negatieve kleef

De berekening van de representatieve waarde van de maximale negatieve kleefbelasting geschiedt volgens de methode van een alleenstaande paal. Voor alleenstaande palen, palen geplaatst in een rij of wanneer de onderlinge afstand tussen de palen gelijk is aan 5 meter of meer moet de representatieve waarde van de totale neerwaarts gerichte wrijvingskracht ten gevolge van negatieve kleef, $F_{s;nk;rep}$ zijn bepaald met de formule:

$$F_{nk;rep} = O_{s;gem} \sum_{j=1}^{j=n} {}_{j} \; K_{0,j;rep} \; tan\, \delta_{j;rep} \left(\frac{\sigma'_{v;j-1;rep} + \sigma'_{v;j;rep}}{2} \right)$$

Met $K_{o;j;k} = (1 - \sin \varphi_{j;k})$,

waarin:

$F_{s;nk;rep}$ = de representatieve waarde van de belasting ten gevolge van de negatieve kleef, in kN;

$O_{s;gem}$ = gemiddelde omtrek van de paalschacht, in m;
- Voor houten palen de gemiddelde omtrek van de paalschacht;
- Voor in de grond gemaakte palen de omtrek van de buitenonderrand van de buis, of de omtrek van de avegaar;

h_{ij} = de dikte van de grondlaag *j*, in m;

n = aantal grondlagen waarin de negatieve kleef werkt;

$K_{o;j;k}$ = de karakteristieke waarde van de neutrale gronddrukfactor in laag *j* bij een horizontaal grondoppervlak en OCR = 1;

$\varphi'_{j;k}$ = de karakteristieke waarde van de effectieve hoek van inwendige wrijving van de grond naast de palen in laag *j*, bepaald volgens 3.1 van NEN 9997–1;

$\delta_{j;k}$ = de karakteristieke waarde van de wrijvingshoek tussen paalschacht en grond in laag *j* met:
- voor in de grond gevormde betonpalen: $\delta_{j;k} = \varphi_{j;k}$;
- voor geprefabriceerde betonpalen, houten palen en palen met een stalen omhulling: $\delta_{i;k} = 0{,}75\ \varphi_{i;k}$ de omtrek van de buitenonderrand van de buis, of de omtrek van de avegaar;
  Waarbij de waarde van ($K_{o;j;rep} \tan \delta_{j;rep}$) ten minste 0,25 moet zijn;

$\sigma'_{v;j;rep}$ = de representatieve waarde van de verticale effectieve verticale spanning onderin de laag *j* (j telt van boven naar beneden); deze waarde moet voor de lagen boven de freatische grondwaterstand zijn bepaald met de representatieve waarden van het volumiek gewicht ($\gamma_{j;rep}$) van de grond van die lagen en voor de lagen onder de freatische grondwaterstand met het volumiek gewicht van de grond van de desbetreffende lagen ($\gamma'_{j;rep}$) onder water.

Tot laag *j* = *k*, waarbij *k* het nummer van de laag is waarin zich de grondwaterstand bevindt:

$$\sigma'_{v;j<k;rep} = \rho_{sur;rep} + \sum_{j=1}^{j<k} {}_{j} \; \gamma'_{j;rep}$$

Voor laag *j* = *k*:

$$\sigma'_{v;j=k;rep} = \sigma'_{v;j=(k-1);rep} + \left(z_{gw} \sum_{j=i}^{j=(k-1)} {}_{j} \right) \gamma'_{j;rep} + \left(\sum_{j=1}^{j=k} {}_{j} \; z_{gw} \right) \gamma'_{j;rep}$$

Onder laag *j* = *k*:

$$\sigma'_{v;j>k;rep} = \sigma'_{v;k;rep} + \sum_{j=1}^{j=(k-1)} {}_{j}\ \gamma'_{j;rep}$$

waarin:

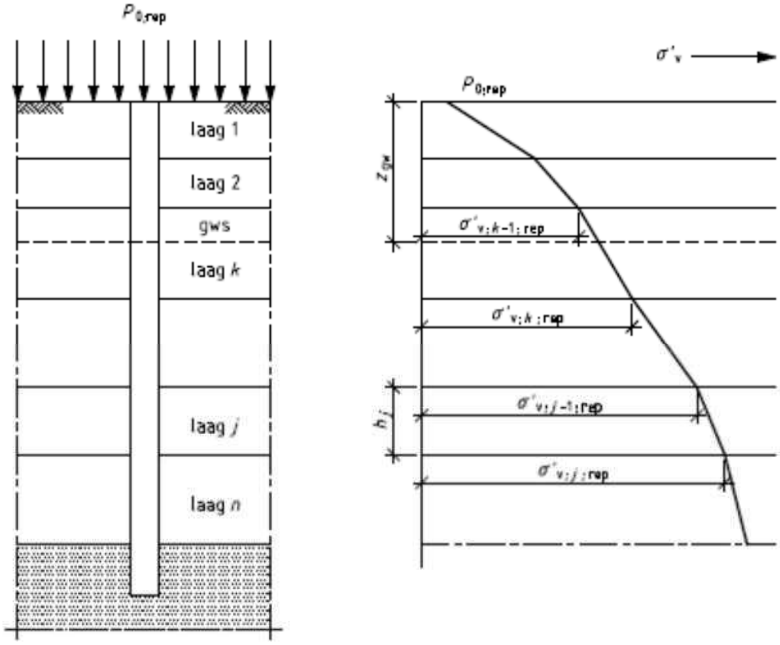
$\gamma'_{j;rep}$ = de karakteristieke waarde van het effectief volumiek gewicht van de grond van laag *j* bepaald volgens 3.1 van NEN 9997–1:
- boven de grondwaterstand is $\gamma'_{j;k} = \gamma_{j;k}$;
- onder de grondwaterstand is $\gamma'_{j;k} = \gamma_{j;sat;k} - \gamma_w$
  waarbij γ_w is het volumiek gewicht van het grondwater, in kN/m³

$\gamma_{j;sat;k}$ = de karakteristieke waarde van het verzadigd volumiek gewicht van de grond van laag *j* bepaald volgens 3.1 van NEN 9997–1, in kN/m³;

$\gamma_{j;k}$ = de karakteristieke waarde van het volumiek gewicht van de grond van laag *j* bepaald volgens 3.1 van NEN 9997–1, in kN/m³;

$\rho_{sur;rep}$ = de representatieve waarde van de belasting door een grondophoging of ten gevolge van opslag van goederen op het maaiveld, in kN/m²;

z_{gw} = de diepte van de freatische grondwaterstand onder het maaiveld, m.



Figuur 7.a — Bepaling van σ'_v bij alleenstaande paal

De waarde van moet tenminste 0,25 zijn, tenzij de paalschacht een speciale gladheidsbehandeling heeft ondergaan, waarbij dan mag zijn gerekend met:

$$F_{s;nk;rep} = O_{sgem} \sum_{j=1}^{j=n} {}_{j} \quad a_{j;rep}$$

waarin:

$F_{s;nk;rep}$ = de representatieve waarde van de belasting ten gevolge van de negatieve kleef, in kN;

$O_{s;gem}$ = gemiddelde omtrek van de paalschacht, in m;
- voor houten palen de gemiddelde omtrek van de paalschacht;
- voor in de grond gemaakte palen de omtrek van de buitenonderrand van de buis, of de omtrek van de avegaar;

h_{ij} = de dikte van de grondlaag *j*, in m;

$a_{j;rep}$ = de representatieve waarde van de adhesie van laag *j*, in kN/m², met;
- $a_{j;rep} = 20 \times 10^3$ N/m² voor bentoniet;
- $a_{j;rep} = 10 \times 10^3$ N/m² voor asfaltmastiek.

H.o.h–afstanden

Bij het in de grond brengen van funderingspalen zijn voor de omgeving van de vervormingen, welke tijdens het inbrengen optreden in de ondergrond van belang. Het risico van schade blijft beperkt, indien voldoende afstand tussen de nieuw te installeren palen en de palen onder de dragende bestaande bebouwing wordt gehandhaafd. Indien onvoldoende afstand wordt aangehouden tot bestaande dragende palen en bij een onzorgvuldige uitvoering kan dit leiden tot ongewenste vervormingen, met als mogelijk gevolg bouwkundige schade. In de vigerende landelijke en Europese regelgeving zijn geen afstanden aangegeven die aangehouden dienen te worden, waardoor dit een zaak is van ervaring en deskundigheid. Hierbij wordt kortheidshalve verwezen naar de deskundigheid van de constructeur om dusdanige afstanden aan te houden, dat het schaderisico binnen de normaal geaccepteerde grenzen valt.

Als indicatie ter bepaling van de minimale hart–op–hart–paalafstanden ten opzichte van de bestaande funderingen kunnen de, in onderstaande tabellen, aangegeven praktische waarden worden aangehouden.

In te brengen paal naar hetzelfde paalpuntniveau of hoger dan de belending			
Bestaand Paaltype	In te brengen paaltype		
	Houten paal	Grondverdringende paal	Grondverwijderende paal
Houten paal	$2{,}25 \times D_b + 2{,}25 \times D_n$	$2{,}0 \times D_b + 2{,}0 \times D_n$	$4{,}5 \times D_b + 4{,}5 \times D_n$
Overige palen	$2{,}0 \times D_b + 2{,}0 \times D_n$	$2{,}0 \times D_b + 2{,}0 \times D_n$	$4{,}5 \times D_b + 4{,}5 \times D_n$
In te brengen paal naar een dieper paalpuntniveau of dieper gelegen zandlaag dan de belending			
Bestaand Paaltype	In te brengen paaltype		
	Houten paal	Grondverdringende paal	Grondverwijderende paal
Houten paal	$3{,}5 \times D_b + 3{,}5 \times D_n$	$3{,}5 \times D_b + 3{,}5 \times D_n$	$6{,}0 \times D_b + 1{,}5 \times D_n$
Overige palen	$3{,}0 \times D_b + 3{,}0 \times D_n$	$3{,}0 \times D_b + 3{,}0 \times D_n$	$6{,}0 \times D_b + 1{,}5 \times D_n$

Toelichting bij de tabellen:

- Dieper gelegen zandlaag: indien q_c van de tussenlaag < 2.0 MPa c.q. andere geologische formatie;
- D_b = equivalente paalpuntdiameter van de bestaande paal;
- D_n = equivalente paalpuntdiameter van de in te brengen paal;
- Grondverdringende palen zijn palen waarbij de puntdiameter ≤ 110 % van de schachtdiameter
- Grondverwijderende palen zijn avegaarpalen, boorpalen en pulspalen.
- Indien de plaats van de palen onder de belending niet bekend is, moet worden gerekend vanaf buitenkant bouwmuur van de belending

Bij het in de grond brengen van funderingspalen zijn voor de omgeving van de vervormingen, welke optreden in de ondergrond van belang. Deze kunnen leiden tot vervorming van de bestaande fundering met als mogelijk gevolg schade aan de belending. Het risico van schade blijft beperkt, indien voldoende afstand tussen de nieuw te installeren palen en de palen onder de bestaande bebouwing wordt gehandhaafd. Bovendien verdient het de voorkeur met de nieuw te installeren palen het basisniveau van de palen onder de belending niet te passeren.

Van invloed zijn ook de staat van het betreffende pand en/of de kwaliteit van de uitvoering.

Het advies is om de hierboven gegeven minimumafstanden ruim aan te houden. Het toepassen van de in de tabellen genoemde paalafstanden vormen geen garantie voor het uitblijven van schade.

Afhankelijk van de situatie ter plaatse en afhankelijk van het materieel waarmee de palen worden geïnstalleerd kan het noodzakelijk zijn afstand tussen de nieuw in te brengen palen en de bestaande belending/bebouwing groter te kiezen.

Technosoft Paalfunderingen release 6.60a 16 feb 2021

ALGEMENE GEGEVENS

Project : W2021.131 Amsterdam - Jan Luijkenstraat 48 - Funderingsherstel
Onderdeel : Schroefinjectiepalen - Paaldrukweerstanden
Datum : 16-02-2021
Berekeningstype : Verticaal belaste paal
Alle niveaus/hoogtes/peilmaten zijn t.o.v.: N.A.P.

Toegepaste normen volgens Eurocode met Nederlandse NB

Geotechniek	EN 1997-1:2004	AC:2009	
	NEN-EN 1997-1:2005	C1+A1:2013	NB:2016
	NEN 9997-1:2016	C2:2017	

Uitgangspunten

Gelet op de projectgegevens en de opbouw en samenstelling van de ondergrond is een fundering op trillingvrij, grondverdringend ingeschroefde stalen buispaal met in de grond gevormde groutschil rond de buis, type Schroefinjectiepaal (SIP) of gelijkwaardig, een goede mogelijkheid.

Uitgegaan is van een trillingsvrij paalsysteem, type schroefinjectiepalen of gelijkwaardig. Deze palen zijn in tabel 7c van NEN 9997–1: 2012 (i.v.m. funderingsherstel) en de tabellen 6.3 en 6.5 uit CUR–rapport 236 (paaltype D) ingedeeld onder micropalen, met de volgende uitvoeringsspecificaties:

- In de grond gevormd met ankerbuizen en schroefbladen, waarbij het grout direct tegen de grond drukt;
- Wijze van installeren: geschroefd, waarbij menging van de grond met grout plaatsvindt

Schroefinjectiepalen zijn schroevend ingebrachte stalen buispalen met aangelaste schroefbladen bij de punt. Tijdens het schroevend inbrengen van de paal wordt via de schroefbladen continu groutspecie geïnjecteerd aan de onderzijde. Hierdoor wordt de inbrengweerstand beperkt en wordt in de funderingszandlaag een paalschacht geformeerd ter grootte van de schroefbladen. Het is bij schroefinjectiepalen gebruikelijk om een op– en neerwaartse beweging van de boorbuis te maken om de inbrengweerstand te verminderen.

De palen dienen uitgevoerd te worden met een voldoend zwaar boormoment. Hierdoor wordt voorkomen dat, in dit funderingsadvies aangegeven paalpuntniveaus, niet worden behaald. Bij het op en neer bewegen van de boorbuis moet ontspanning onder boorpunt, zoveel mogelijk worden beperkt. De mate van ontspanning is afhankelijk van de hoogte en snelheid, waarmee de boorbuis wordt opgetrokken en de wijze van injecteren. Tijdens het inboren in de funderingszandlaag mogen geen onderbrekingen van de groutinjectie plaatsvinden. De penetratiesnelheid en de hoeveelheid injectievloeistof dienen met elkaar in overeenstemming te zijn. De palen over de laatste 8× $Ø_{voet}$ **niet** meer op en neer bewegen ("jutteren") en onder verhoogde druk vastdraaien.

De schroefinjectiepalen worden in de zandlaag, waarin de palen de palen worden gefundeerd, voorzien van een constructieve groutschil ter grootte van de schroefbladdiameter. Het geïnjecteerde cementgrout moet voldoen aan de eisen, zoals gesteld in NEN–EN 12699 (Uitvoering van bijzonder geotechnisch werk – Verdringingspalen) en NEN–EN 14199 (Uitvoering van bijzonder geotechnisch werk – Micropalen). De water–cementfactor moet zijn afgestemd op de grondgesteldheid en mag volgens NEN–EN 14199 (Micropalen) niet hoger zijn dan 0,55. Om uitvoeringstechnische redenen wordt soms een hogere waarde toegepast. Dit is alleen toegestaan, indien vooraf wordt aangetoond, dat het toegepaste groutmengsel vereiste sterkte behaald. Het uitgeharde grout dient een sterkte C25/30 of hoger te hebben. Cement –Bentoniet mengsels zijn voor dit paaltype niet toegestaan. Verder dient bij dit paaltype altijd extra aandacht te worden besteed aan de segmentlengtes, wanddiktes van de buizen, alsmede een goede kwaliteit van het lassen van de verbindingen en de kwaliteit van de stalen buizen.

Geadviseerd wordt daarom om dit vooraf met de (beoogde) paalleverancier te bespreken, evenals de mogelijkheden voor een probleemloze installatie waarbij rekening dient te worden gehouden met de lokale omstandigheden (zoals toegang en werkruimte e.d.).

De berekening van de paal*druk*weerstand is op de volgende uitgangspunten gebaseerd:
- het project valt in de geotechnische categorie 2;
- er wordt uitgegaan van een niet–stijf bouwwerk;
- de correlatiefactoren ξ_3 en ξ_4 zijn afhankelijk van het aantal proeven *n*, en de herverdelingscapaciteit van de constructie, c.q. het constructiedeel (het vermogen om belastingen van 'zwakke' naar 'sterke' palen over te dragen) zijn ξ_3 en ξ_4. Voor de waarden van ξ_3 en ξ_4 wordt in geval van een niet–stijf bouwwerk verwezen naar NEN 9997–1: 2012 (i.v.m. funderingsherstel), tabel A.10a, en in geval van een stijf bouwwerk naar NEN 9997–1, tabel A.10b;
- de palen worden verticaal, centrisch, op druk belast. Momenten, trekbelastingen en horizontale belastingen zijn niet beschouwd;
- in de berekening van de paaldrukweerstand is geen rekeningen gehouden met eventuele verdichting door het groepseffect;
- de toetsing, om aan te tonen dat de paalfundering de rekenwaarde van de belasting met voldoende veiligheid tegen bezwijken op druk kan weerstaan, $F_{c;d}$ (=F_d + $F_{nk;d}$) $\leq R_{c;d}$, hiermee is tevens voldaan aan grenstoestand 1A.
- de vervormingsgrenstoestanden zijn, gezien de zeer geringe zakking van de palen onder invloed van de belasting, niet maatgevend.

In het ontwerpstadium zijn in het algemeen geen gedetailleerde gegevens beschikbaar met betrekking tot het palenplan, de exacte paalbelastingen, de gebouwstijfheid en de vervormingseisen. Derhalve wordt in dit stadium van het project volstaan met de toetsing van de uiterste grenstoestand (UGT) type B op sterkte. Voor de meeste paaltypen, zoals grondverdringende palen en Avegaarpalen met relatief kleine diameter, is deze grenstoestand veelal maatgevend, zodat hiermee ook de andere grenstoestanden worden ondervangen.

Gezien de bodemopbouw, is de verwachting dat de maaiveldzakking, na installatie van de palen meer dan 0,1 m kan bedragen, daarom is in de berekening paaldrukweerstand van de funderingspalen, rekening gehouden met het optreden van negatieve kleef. Bij de verificatie van de grenstoestanden moet bij op druk belaste palen, de maximumwaarde van de negatieve kleef F_{nk} zijn beschouwd als een belasting op de paal. Als gevolg van de aanwezigheid van samendrukbare lagen worden de palen met negatieve kleef belast en wordt de paaldrukweerstand en het last–zakkinggedrag van de palen ongunstig beïnvloed.

De representatieve waarde van de negatieve kleef $F_{nk;rep}$ is berekend volgens hoofdstuk § 7.3.2.2 van NEN 9997–1. Op deze representatieve waarde van de negatieve kleef moeten voor de bepaling van de rekenwaarde de volgende partiële factoren voor de belasting zijn toegepast:
- uiterste grenstoestanden : $\gamma_{f;nk}$ = 1,4;
- bruikbaarheidstoestanden: $\gamma_{f;nk}$ = 1,0;

De berekening van de representatieve waarde van de negatieve kleef $F_{nk;rep}$ is berekend volgens § 7.3.2.2 van NEN 9997–1 (slipmethode). Voor de partiële belastingsfactor $\gamma_{f;nk}$ is, conform § 7.3.2.2 (b) van NEN 9997–1, de waarde 1,4 aangehouden.

Voor de berekening van de negatieve kleef is de grondwaterstand aangenomen op een niveau van 1,25 m – NAP. De negatieve kleef $F_{nk;d}$ is berekend voor een bodemprofiel, waarbij vanaf maaiveld tot 8,90 m – NAP, een samendrukbaar pakket is aangehouden.

De rekensoftware berekent het aandeel van de maximumpaalschachtwrijving ($R_{s;cal}$) in de draagkracht ($R_{c;cal}$) aan de hand van de schachtdiameter ($D_{schacht}$). Bij trillingvrij en grondverdringend ingeschroefde palen, type Schroefinjectiepaal of gelijkwaardig, wordt de paalschacht ($D_{schacht}$) in het zandpakket door het grouten vergroot naar een paalschachtdiameter (= D_{reken}) die gelijk is aan de schroefbladdiameter (= $D_{schroefblad}$ = D_{voet}). Voor trillingvrij en grondverdringend ingeschroefde palen, type Schroefinjectiepaal of gelijkwaardig, wordt een factor gehanteerd van α_s = 0,008[1)]. Omdat niet wordt gerekend met de voetdiameter (= $D_{schroefblad}$ = D_{voet}) in het zandpakket, maar met de schachtdiameter ($D_{schacht}$), wordt de te kleine diameter gecompenseerd door een gecorrigeerde schachtwrijvingsfactor α_s = 0,008[1)] × (D_{voet}/$D_{schacht}$).

Voor Schroefinjectiepaal wordt in de berekening van de maximumpaalschachtwrijving ($R_{s;cal}$) gerekend met een gecorrigeerde schachtwrijvingsfactor:

– Ø 180/300 mm : $\alpha_{s;gecorr.}$ = 0,008 × 300/180 = 0,0133, in de berekening aangehouden α_s = 0,013;

De maximumpuntweerstanden zijn voor de trillingvrij en grondverdringend ingeschroefde palen, type Schroefinjectiepaal of gelijkwaardig, berekend met een paalklassefactor α_p = 0,63[2)]; voor de overige paalfactoren geldt: β = s = 1,0.

Verder is in de draagkrachtberekening van de Schroefinjectiepalen (type micropalen) zijn de paalfactoren volgens tabel 7.c van NEN 9997–1: 2012 (i.v.m. funderingsherstel) en de tabellen 6.3 en 6.5 uit CUR–rapport 236 (paaltype D), aangehouden en is uitgegaan dat de paalschachtdiameter (= D_{reken}) in het zandpakket gelijk aan de schroefbladdiameter (= $D_{schroefblad}$).

Opmerkingen:

1) Volgens tabel 7c van NEN 9997–1: 2012 (i.v.m. funderingsherstel) en de tabellen 6.3 en 6.5 uit CUR–rapport 236 (paaltype D), dient in principe zonder het uitvoeren van paalbelastingproeven een waarde van 0,008 te worden gehanteerd. Indien geen op– en neergaande beweging van de boorbuis wordt toegepast, kunnen afhankelijk van de juiste wijze van uitvoering hogere waarden (α_s = 0,009 tot α_s = 0,012) worden gerealiseerd. Een en ander dient door de leverancier te worden aangetoond en gegarandeerd.
2) De boorbuis mag over de laatste 8× paaldiameter (= $D_{schroefblad}$) **niet** meer op en neer worden gehaald ("jutteren") en dient, na het op diepte komen van de paal, de punt onder verhoogde druk te worden afgeperst en de palen te worden vastgedraaid. Als de paal niet zodanig wordt uitgevoerd, zijn lagere paalklassefactoren van toepassing en dient de draagkracht te worden gereduceerd: α_p = 0,50 in plaats van α_p = 0,90.

De paal*druk*weerstanden van een axiaal belaste paal of axiaal belaste palen, zijn berekend volgens NEN 9997–1: 2012 (i.v.m. funderingsherstel) “Geotechnisch ontwerp van constructies – Deel 1 Algemene regels”, waarbij de volgende factoren zijn gehanteerd:

– ξ_3 = ξ_4 = 1,39 (o.b.v. 1 sondering, niet–stijf bouwwerk);
– materiaalfactoren γ_s = γ_t = γ_b = 1,20.

De resultaten van de berekening van de paal*druk*weerstanden worden tabellarisch gepresenteerd. In de berekening zijn per sondering de negatieve kleef, de maximumpaalschachtwrijving en de maximumpunt– weerstand, de rekenwaarden van de netto paal*druk*weerstand $R_{c;net;d}$ (op paalkopniveau) berekend.

SONDERINGSGEGEVENS ALGEMEEN: 1

Alle niveaus/hoogtes/peilmaten zijn t.o.v.: N.A.P.
Hoogte maaiveld [m] : -0.02 Bodemprofiel: 1
Traject negatieve kleef : -0.02 tot -8.90 [m]
Traject positieve kleef : -15.50 tot -26.09 [m]

SONDERINGSGEGEVENS ALGEMEEN: 2

Alle niveaus/hoogtes/peilmaten zijn t.o.v.: N.A.P.
Hoogte maaiveld [m] : -0.04 Bodemprofiel: 2
Traject negatieve kleef : -0.04 tot -8.90 [m]
Traject positieve kleef : -15.50 tot -25.92 [m]

PAALGEGEVENS Schroefinjectiepaal Ø 180/300 mm

Type		: Eigen paal
Basispaaltype		: Geprefabriceerde ingeschroefde paal; groutinjectie
Wijze van installeren		: Schroeven
Wijze van terugwinnen		: n.v.t.
Diameter	[m]	: 0.180
Elasticiteitsmodulus	[N/mm²]	: 20000
Factor α_s (tabel 7.c EC 7.1)		: 0.013 (zandlagen; voor kleilagen zie tabel 7.d)
Factor α_t (tabel 7.c EC 7.1)		: 0.0133 (zandlagen; voor kleilagen zie tabel 7.d)
Paalklassefactor α_p		: 0.90
Paalvoetvormfactor β		: 1.00
Type lastzakkingsdiagram		: Grondverdringende paal
Verm.factor * $\varphi'_{j;k}$		: 1.00
Groutomhulling		: JA
Verzwaarde voet - Vorm		: Rond
Hoogte	[m]	: 0.010
Diameter	[m]	: 0.300
Verm.factor * $\varphi'_{j;k}$		: 1.00

REKENGEGEVENS Ø 180/300

Berekening : Ontwerpend
Rekenmethode : Drukpalen volgens NEN-EN 1997-1, art. 7.6.2
Sondering(en) : 1, 2

Stijf bouwwerk : NEE
Paalgroep : NEE
Aantal sonderingen : 2
Factor $\xi_{3\ (n=1)}$: 1.39 (handmatig)
Factor $\xi_{3\ (gem)}$: 1.39 (handmatig)
Factor $\xi_{4\ (min)}$: 1.39 (handmatig)
Weerstandsfactor γ_R : 1.20
$\gamma_{f;nk}$: 1.4
$R_{s;cal;max;i}$ begrenzen op 0.75 * $R_{b;cal;max;i}$: NEE
UGT draagvermogen zonder negatieve kleef : NEE

Paal : Schroefinjectiepaal Ø 180/300 mm
Niveau paalkop [m] : N.A.P. -1.05
Bovenbel. [kN/m²] : 0.00

PAALPUNTNIVEAUS Schroefinjectiepaal Ø 180/300 mm

Alle niveaus/hoogtes/peilmaten zijn t.o.v. : N.A.P.

Nr	Beginniveau [m]	Eindniveau [m]	Stapgrootte [m]
1	-18.00	-20.00	0.25

SAMENVATTINGSTABEL Ø 180/300 (n=1)

Uitgangspunten

- paal : Schroefinjectiepaal Ø 180/300 mm
- paaltype : Eigen paal
- schachtafmeting : 180 mm

Paalklassefactor α_p : 0.90

Factor α_s (tabel 7.c EC 7.1) : 0.013 (zandlagen; voor kleilagen zie tabel 7.d)

Correlatiefactor $\xi_{3(n=1)}$: 1.39

Alle niveaus/hoogtes/peilmaten zijn t.o.v.: N.A.P.

sondering	maaiveld niveau	paalpunt niveau	Bezwijkdraagvermogen $R_{b;cal}$ [kN]	$R_{s;cal}$ [kN]	$R_{c;cal}$ [kN]	Rekenwaarden $R_{c;d}$ [kN]	$F_{nk;d}$ [kN]	$R_{c;netto;d}$ [kN]
1	-0.02	-18.00	795.1	150.9	946.0	567.2	-77.8	489.4
		-18.25	981.4	179.1	1160.5	695.7	-77.8	617.9
		-18.50	1060.3	207.3	1267.6	760.0	-77.8	682.2
		-18.75	1060.3	235.5	1295.8	776.9	-77.8	699.1
		-19.00	934.3	263.7	1198.0	718.2	-77.8	640.4
		-19.25	838.9	291.9	1130.9	678.0	-77.8	600.2
		-19.50	743.6	320.1	1063.8	637.7	-77.8	560.0
		-19.75	658.2	348.3	1006.5	603.4	-77.8	525.6
		-20.00	568.0	376.5	944.5	566.3	-77.8	488.5
2	-0.04	-18.00	325.6	131.9	457.5	274.3	-84.1	190.1
		-18.25	792.8	149.2	942.0	564.7	-84.1	480.6
		-18.50	951.8	177.4	1129.2	677.0	-84.1	592.8
		-18.75	994.2	205.6	1199.9	719.3	-84.1	635.2
		-19.00	852.5	233.8	1086.3	651.3	-84.1	567.1
		-19.25	885.7	262.0	1147.7	688.1	-84.1	604.0
		-19.50	920.7	290.2	1210.9	726.0	-84.1	641.8
		-19.75	914.1	318.4	1232.5	738.9	-84.1	654.8
		-20.00	879.6	346.6	1226.3	735.2	-84.1	651.0

OVERZICHT NETTO DRAAGVERMOGEN DRUKPALEN

Alle niveaus/hoogtes/peilmaten zijn t.o.v.: N.A.P.

sondering	maaiveld niveau	paalpunt niveau	$R_{c;netto;d}$ Ø 180/300 [kN]
1	-0.02	-18.00	489.4
		-18.25	617.9
		-18.50	682.2
		-18.75	699.1
		-19.00	640.4
		-19.25	600.2
		-19.50	560.0
		-19.75	525.6
		-20.00	488.5
2	-0.04	-18.00	190.1
		-18.25	480.6
		-18.50	592.8
		-18.75	635.2
		-19.00	567.1
		-19.25	604.0
		-19.50	641.8
		-19.75	654.8
		-20.00	651.0

VOORBEELDBEREKENING PAAL*DRUK*WEERSTAND

Technosoft Paalfunderingen release 6.60a **16 feb 2021**

ALGEMENE GEGEVENS

Project : W2021.131 Amsterdam - Jan Luijkenstraat 48 - Funderingsherstel
Onderdeel : Schroefinjectiepalen - Voorbeeldberekening
Datum : 16-02-2021
Berekeningstype : Verticaal belaste paal
Alle niveaus/hoogtes/peilmaten zijn t.o.v.: N.A.P.

Toegepaste normen volgens Eurocode met Nederlandse NB

Geotechniek	EN 1997-1:2004	AC:2009	
	NEN-EN 1997-1:2005	C1+A1:2013	NB:2016
	NEN 9997-1:2016	C2:2017	

BODEMPROFIELGEGEVENS: 1

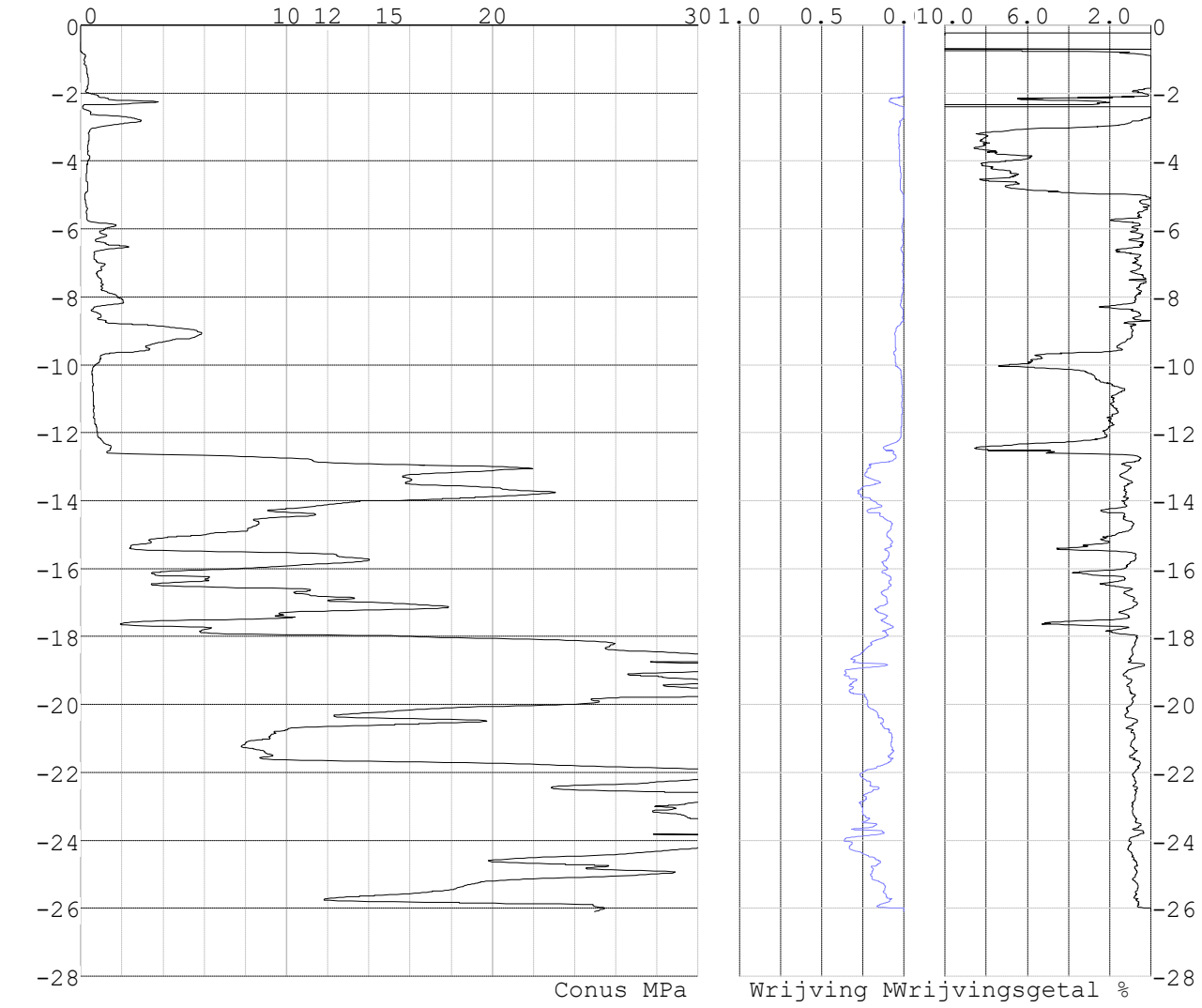
Alle niveaus/hoogtes/peilmaten zijn t.o.v.: N.A.P.
d50-reductie is meegenomen overeenkomstig NEN-EN 9997 art. 7.6.2.3 (i)
Hoogte maaiveld [m] : -0.02 Grondwaterstand [m] : -1.25

Laag	Van [m]	Tot [m]	Omschrijving	OCR	Aandeel pos. kleef [%]	α_s	d_{50} [mm]
1	-0.02	-2.94	Zand - Schoon - Los	1.0	0.0		
2	-2.94	-4.93	Veen - Niet voorbelast - Slap	1.0	0.0		
3	-4.93	-5.76	Klei - Schoon - Slap	1.0	0.0		
4	-5.76	-8.68	Klei - Zwak zandig - Slap	1.0	0.0		
5	-8.68	-9.62	Zand - Sterk siltig - Kleiig	1.0	0.0		
6	-9.62	-10.07	Klei - Organisch - Slap	1.0	0.0		
7	-10.07	-12.18	Klei - Zwak zandig - Slap	1.0	0.0		
8	-12.18	-12.73	Veen - Matig voorbelast - Matig	1.0	0.0		
9	-12.73	-12.86	Zand - Sterk siltig - Kleiig	1.0	0.0		
10	-12.86	-14.22	Zand - Schoon - Matig	1.0	0.0		
11	-14.22	-15.52	Klei - Zwak zandig - Matig	1.0	0.0		
12	-15.52	-17.91	Zand - Sterk siltig - Kleiig	1.0	100.0		
13	-17.91	-18.04	Zand - Schoon - Los	1.0	100.0		
14	-18.04	-20.02	Zand - Schoon - Matig	1.0	100.0		
15	-20.02	-21.77	Zand - Zwak siltig - Kleiig	1.0	100.0		
16	-21.77	-25.04	Zand - Schoon - Matig	1.0	100.0		
17	-25.04	-26.09	Zand - Zwak siltig - Kleiig	1.0	100.0		

SONDERINGSGEGEVENS ALGEMEEN: 1

Alle niveaus/hoogtes/peilmaten zijn t.o.v.: N.A.P.
Hoogte maaiveld [m] : -0.02 Bodemprofiel: 1
Traject negatieve kleef : -0.02 tot -8.90 [m]
Traject positieve kleef : -15.50 tot -26.09 [m]

SONDERINGSGEGEVENS GRAFIEK: 1



PAALGEGEVENS Schroefinjectiepaal Ø 180/300 mm

Type		: Eigen paal
Basispaaltype		: Geprefabriceerde ingeschroefde paal; groutinjectie
Wijze van installeren		: Schroeven
Wijze van terugwinnen		: n.v.t.
Diameter	[m]	: 0.180
Elasticiteitsmodulus	[N/mm²]	: 20000
Factor α_s (tabel 7.c EC 7.1)		: 0.013 (zandlagen; voor kleilagen zie tabel 7.d)
Factor α_t (tabel 7.c EC 7.1)		: 0.0133 (zandlagen; voor kleilagen zie tabel 7.d)
Paalklassefactor α_p		: 0.90
Paalvoetvormfactor β		: 1.00
Type lastzakkingsdiagram		: Grondverdringende paal
Verm.factor * $\varphi'_{j;k}$		: 1.00
Groutomhulling		: JA
Verzwaarde voet - Vorm		: Rond
Hoogte	[m]	: 0.010
Diameter	[m]	: 0.300
Verm.factor * $\varphi'_{j;k}$		: 1.00

REKENGEGEVENS Ø 180/300

Berekening	: Controlerend
Rekenmethode	: Drukpalen volgens NEN-EN 1997-1, art. 7.6.2
Sondering(en)	: 1
Stijf bouwwerk	: NEE
Paalgroep	: NEE
Aantal sonderingen	: 1
Factor $\xi_{3\ (n=1)}$	: 1.39 (handmatig)
Factor $\xi_{3\ (gem)}$	: 1.39 (handmatig)
Factor $\xi_{4\ (min)}$	: 1.39 (handmatig)
Weerstandsfactor γ_R	: 1.20
$\gamma_{f;nk}$	: 1.4
$R_{s;cal;max;i}$ begrenzen op 0.75 * $R_{b;cal;max;i}$	: NEE
UGT draagvermogen zonder negatieve kleef	: NEE
Paal	: Schroefinjectiepaal Ø 180/300 mm
Niveau paalkop [m]	: N.A.P. -1.05
Paalpuntniveau	: N.A.P. -19.25
$E_{d;1}$ [kN]	: -600.00
$E_{d;2}$ [kN]	: -461.54
$s_{req;1}$ [m]	: 0.15
$s_{req;2}$ [m]	: 0.05
Bovenbel. [kN/m²]	: 0.00

RESULTATEN Ø 180/300 (n=1)

Sondering : 1

Alle niveaus/hoogtes/peilmaten zijn t.o.v.: N.A.P.

Niveau [m]	R_b [kN]	R_s [kN]	$R_{c;cal}$ [kN]	$R_{c;k}$ [kN]	$R_{c;d}$ [kN]	$F_{nk;d}$ [kN]	R_{cnd} [kN]	$F_{c;tot;1}$ [kN]	U.C.	$s_{1;1}$ [mm]	$s_{1;2}$ [mm]
-19.25	838.9	291.9	1131	813.6	678.0	-77.8	600.2	-677.8	1.00	-55.2	-23.2

DETAIL BER. DRAAGVERMOGEN Ø 180/300; 1; N.A.P.-19.25

Uitgangspunten

- gehanteerde sondering : 1
- gehanteerde paal : Schroefinjectiepaal Ø 180/300 mm
- paalpuntniveau : N.A.P.-19.25 m
- traject positieve kleef : N.A.P.-15.50 m

tot: N.A.P.-19.25 m

Maximale draagkracht van de paalpunt

De maximale puntweerstand volgens art. 7.6.2.3 (e) bedraagt :

$q_{b;max} = 0.5 * \alpha_p * \beta * s * ((q_{c;I;gem} + q_{c;II;gem})/2 + q_{c;III;gem})$
$= 11.869$ MPa

waarin :		in dit geval :
$q_{c;I;gem}$	= de gemiddelde waarde van de conusweerstanden over traject I	= 24.24 MPa
$q_{c;II;gem}$	= de gemiddelde waarde van de conusweerstanden over traject II	= 12.49 MPa
$q_{c;III;gem}$	= de gemiddelde waarde van de conusweerstanden over traject III	= 8.01 MPa
α_p	= paalklassefactor	= 0.90 -
β	= factor voor de paalvoetvorm	= 1.00 -
φ	= hoek van de inwendige wrijving	= 32.5 -
r	= verhouding b/a	= 1.00 -
s	= factor voor de vorm van de voet	= 1.00 -

Voor een uitgebreide beschrijving van het bepalen van de gemiddelde conusweerstanden in de gebieden I, II en III wordt verwezen naar art. 7.6.2.3 (e) in de norm.

De maximale draagkracht van de paalpunt volgens art. 7.6.2.3 (c) bedraagt:

$R_{b;cal;max;i} = A_b * q_{b;max;i}$
$= 839$ kN

waarin :		in dit geval :
A_b	= oppervlak van de paalvoet	= 0.0707 m^2

Maximale paalschachtwrijving

De maximale paalschachtwrijving volgens art. 7.6.2.3 (i) bedraagt:

$q_{s;max;z} = \alpha_s * q_{c;z;a}$

De maximale schachtwrijvingskracht volgens art. 7.6.2.3 (c) bedraagt:

$R_{s;cal;max;i} = O_{s;\Delta l;gem} * \Sigma\, q_{s;max;z;i} * d_z$
$= 292$ kN

Per laag

Alle niveaus/hoogtes/peilmaten zijn t.o.v.: N.A.P.

Nr	Laag	Nivo [m]	$O_{s;gem}$ [m¹]	α_s	Perc. [%]	$q_{c;z;a}$ [MPa]	$q_{s;max}$ [MPa]	d_z [m]	$R_{c;cal}$ [kN]
--	----	-15.50	--	--	--	--	--	--	--
1	Klei - Zwak zandig - Matig	-15.52	0.57	0.0000	0	7.58	0.000	0.02	0.0
2	Zand - Sterk siltig - Kleiig	-17.91	0.57	0.0133	100	7.95	0.106	2.39	143.0
3	Zand - Schoon - Los	-18.04	0.57	0.0133	100	11.95	0.159	0.13	11.7
4	Zand - Schoon - Matig	-19.24	0.57	0.0133	100	15.00	0.199	1.20	135.4
5	Zand - Schoon - Matig	-19.25	0.94	0.0133	100	15.00	0.199	0.01	1.9
totaal			0.57	0.0132		10.36	0.137	3.75	291.9

Maximale draagkracht

De maximale draagkracht van de paal volgens art. 7.6.2.3 (c) bedraagt:

$R_{c;cal;i} = R_{b;cal;max;i} + R_{s;cal;max;i}$
= 1131 kN (= 839 + 292)

De karakteristieke waarde van de maximale draagkracht van de paal volgens art. 7.6.2.3 (b) bedraagt:

$R_{c;k} = R_{c;cal} / \xi_{3\ (n=1)}$
= 814 kN

waarin : in dit geval :

$\xi_{3\ (n=1)}$ = factor volgens art. A.3.3.3 bij 1 sondering = 1.39 -

Voor de rekenwaarde van de maximale draagkracht van de paal kan volgens art. 2.4.7.3.3 worden aangehouden :

$R_{c;d} = R_{c;k} / \gamma_R$
= 678 kN

waarin : in dit geval :

γ_R = partiële weerstandsfactor volgens art. A.3.3.2 tabel A.6, A.7 of A.8 = 1.20 -

DETAIL BER. NEGATIEVE KLEEF Ø 180/300; 1; N.A.P.-19.25

Uitgangspunten

- gehanteerde sondering : 1
- gehanteerde paal : Schroefinjectiepaal Ø 180/300 mm
- paalpuntniveau : N.A.P.-19.25 m
- paalkopniveau : N.A.P. -1.05 m
- traject negatieve kleef : N.A.P. -0.02 m
  tot : N.A.P. -8.90 m
- $p_{sur;k}$: 18.54 kN/m^2

Berekening negatieve kleef

De karakteristieke waarde van de maximale negatieve kleefbelasting v.e. alleenstaande paal volgens art. 7.3.2.2 (d) bedraagt:

$F_{nk;k} = O_{s;gem} * \sum d_j * K_{0;j;k} * \tan \delta_{j;k} * (\sigma'_{v;j-1;k} + \sigma'_{v;j;k})/2.0$
$= -55.6$ kN

waarin :

O_s;gem = omtrek van de dwarsdoorsnede van de paalschacht
d_j = de dikte van de grondlaag i
$K_{0;j;k}$ = de karakteristieke waarde van de neutrale gronddrukfactor in laag i
$\delta_{j;k}$ = de karakteristieke waarde van de wrijvingshoek
$\sigma'_{v;j;k}$ = de karakteristieke waarde van de effectieve verticale spanning onder in laag j

Per laag

Alle niveaus/hoogtes/peilmaten zijn t.o.v.: N.A.P.

Nr	Laag	Nivo [m]	Hoogte [m]	$O_{s;gem}$ [m^1]	$K_{0;j} * \tan(\delta_i)$	$\sigma'_{v;j;k}$ [kN/m^2]
--	----	-1.05	--	--	--	18.54
1	Zand - Schoon - Los	-1.25	0.20	0.57	0.32	22.14
2	Zand - Schoon - Los	-2.94	1.69	0.57	0.32	39.04
3	Veen - Niet voorbelast - Slap	-4.93	1.99	0.57	0.25	43.02
4	Klei - Schoon - Slap	-5.76	0.83	0.57	0.25	48.83
5	Klei - Zwak zandig - Slap	-8.68	2.92	0.57	0.26	72.19
6	Zand - Sterk siltig - Kleiig	-8.90	0.22	0.57	0.33	74.61

Rekenwaarde

De rekenwaarde van de maximale negatieve kleefbelasting van een alleenstaande paal bedraagt :

$F_{nk;d} = F_{nk;k} * \gamma_{f;nk} = -77.8$ kN

waarin : in dit geval :

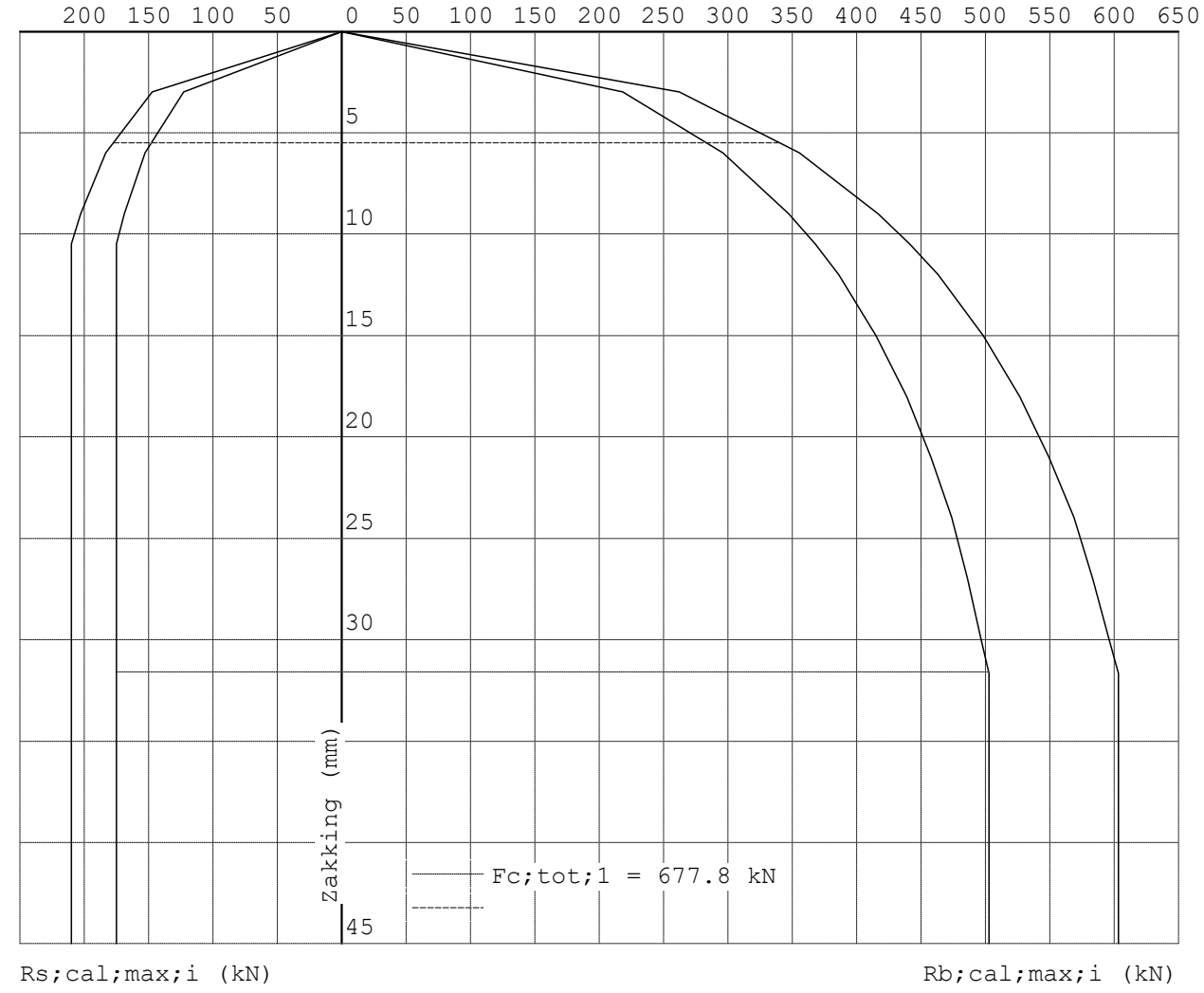
$\gamma_{f;nk}$ = belastingfactor voor de negatieve kleef (art. 7.3.2.2 (b)) 1.4 -

LAST_ZAKKINGSDIAGRAM Ø 180/300

Uitgangspunten

- gehanteerde sondering : 1
- gehanteerde paal : Schroefinjectiepaal Ø 180/300 mm
- paalpuntniveau : N.A.P.-19.25 m

Last-zakkingsdiagram grenstoestand 1B en 2



SAMENVATTINGSTABEL Ø 180/300 (n=1)

Uitgangspunten

- paal : Schroefinjectiepaal Ø 180/300 mm
- paaltype : Eigen paal
- schachtafmeting : 180 mm

Paalklassefactor α_p : 0.90

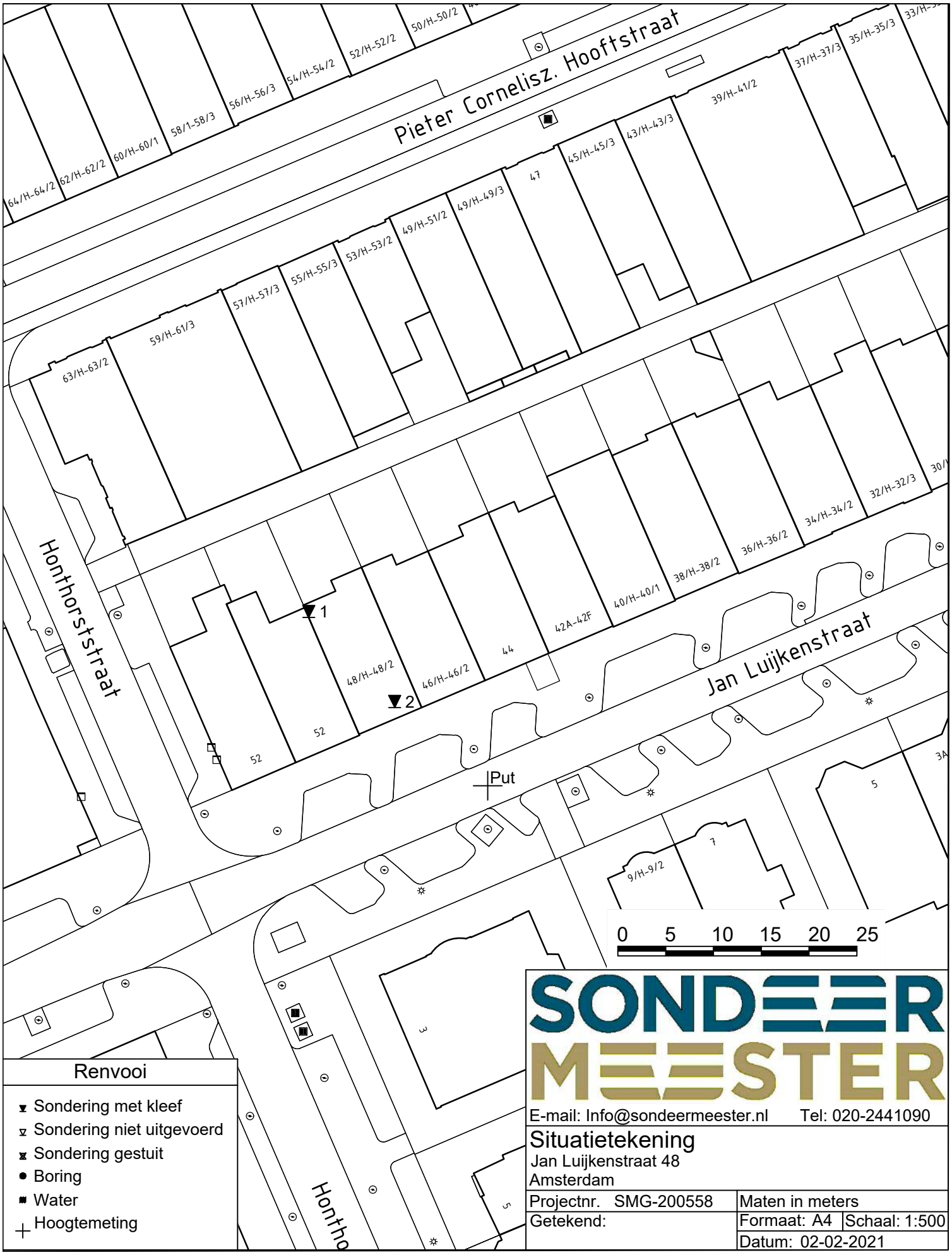
Factor α_s (tabel 7.c EC 7.1) : 0.013 (zandlagen; voor kleilagen zie tabel 7.d)

Correlatiefactor $\xi_{3\,(n=1)}$: 1.39

Alle niveaus/hoogtes/peilmaten zijn t.o.v.: N.A.P.

sondering	maaiveld niveau	paalpunt niveau	Bezwijkdraagvermogen $R_{b;cal}$ [kN]	$R_{s;cal}$ [kN]	$R_{c;cal}$ [kN]	Rekenwaarden $R_{c;d}$ [kN]	$F_{nk;d}$ [kN]	$R_{c;netto;d}$ [kN]
1	-0.02	-19.25	838.9	291.9	1130.9	678.0	-77.8	600.2

GRONDONDERZOEK



Renvooi

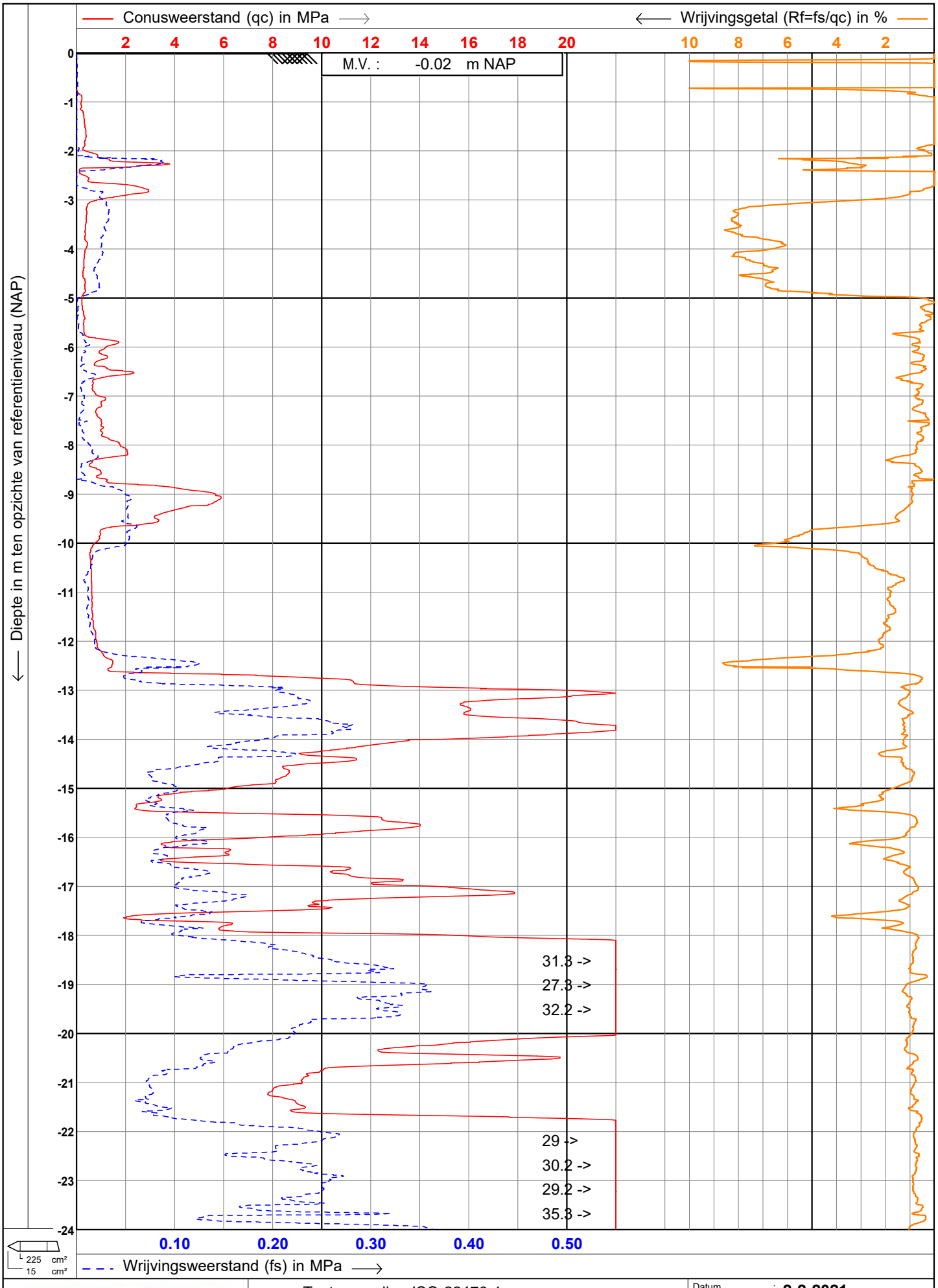
- Sondering met kleef
- Sondering niet uitgevoerd
- Sondering gestuit
- Boring
- Water
- Hoogtemeting

SONDEER MEESTER
E-mail: Info@sondeermeester.nl Tel: 020-2441090

Situatietekening

Jan Luijkenstraat 48
Amsterdam

Projectnr. SMG-200558	Maten in meters	
Getekend:	Formaat: A4	Schaal: 1:500
	Datum: 02-02-2021	

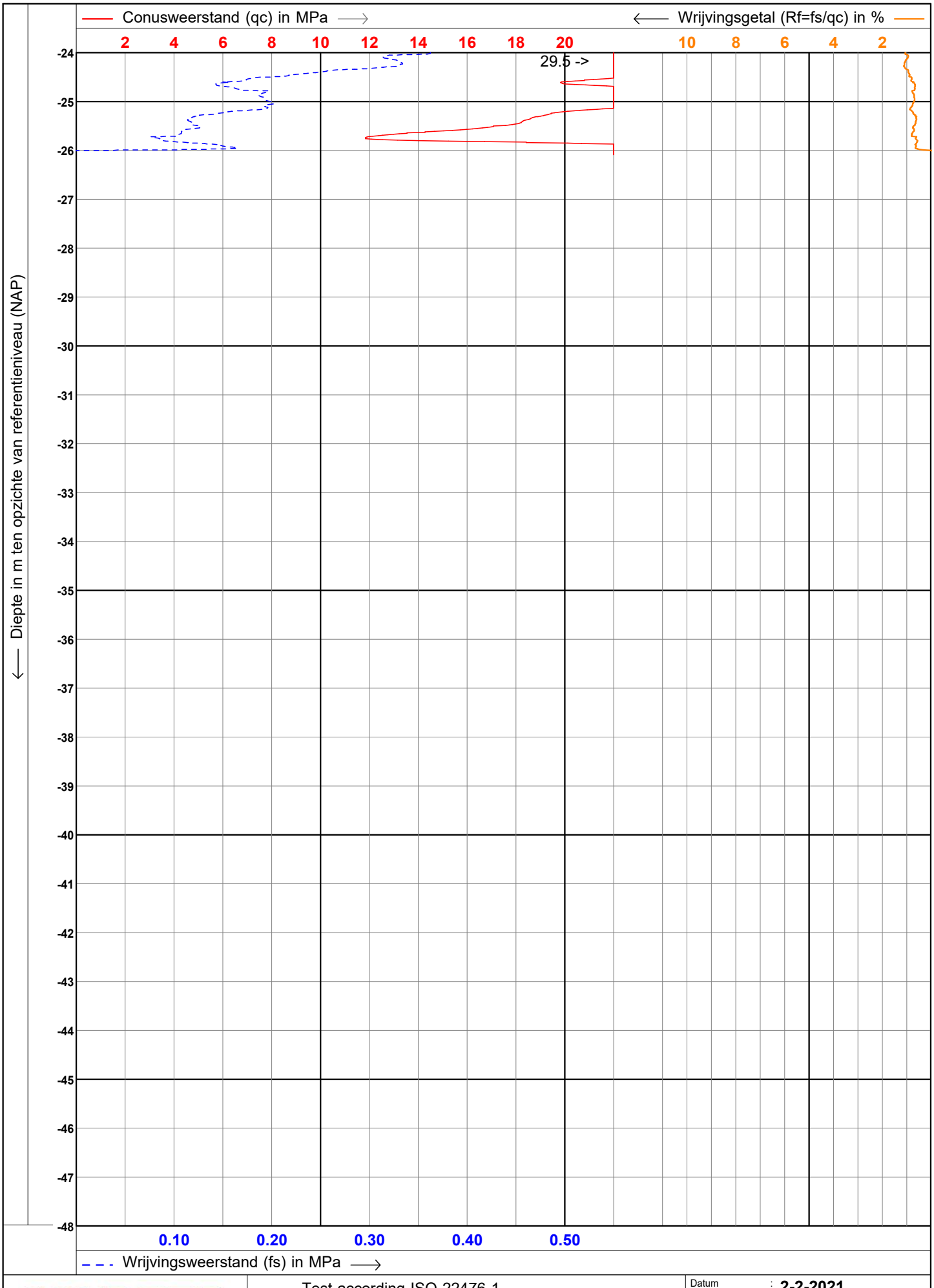


SONDEER MEESTER
Grondig bodemonderzoek voor elke situatie

Test according ISO 22476-1

Project	:	**Geotechnisch bodemonderzoek**
Lokatie	:	**Jan Luijkenstraat 48 Amsterdam**
Positie	:	**120561.289, 485920.009 RD**

Datum	:	**2-2-2021**
Conusnr.	:	**DP15-CFPTxy.71123**
Projectnr.	:	**SMG 200558**
Sondeernr.	:	**1**

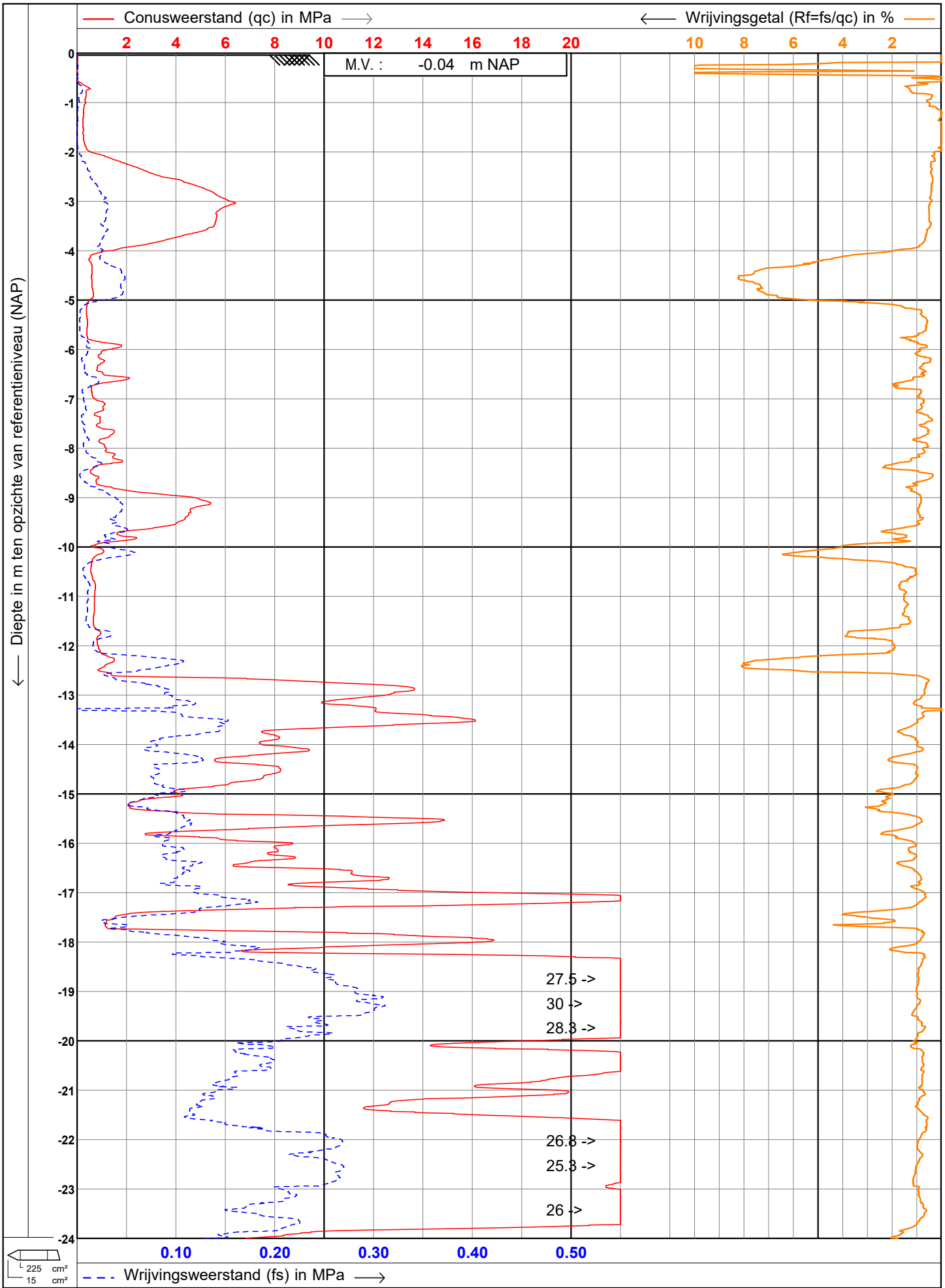


SONDEER MEESTER
Grondig bodemonderzoek voor elke situatie

Test according ISO 22476-1

Project	:	**Geotechnisch bodemonderzoek**
Lokatie	:	**Jan Luijkenstraat 48 Amsterdam**
Positie	:	**120561.289, 485920.009 RD**

Datum	:	**2-2-2021**
Conusnr.	:	**DP15-CFPTxy.71123**
Projectnr.	:	**SMG 200558**
Sondeernr.	:	**1**

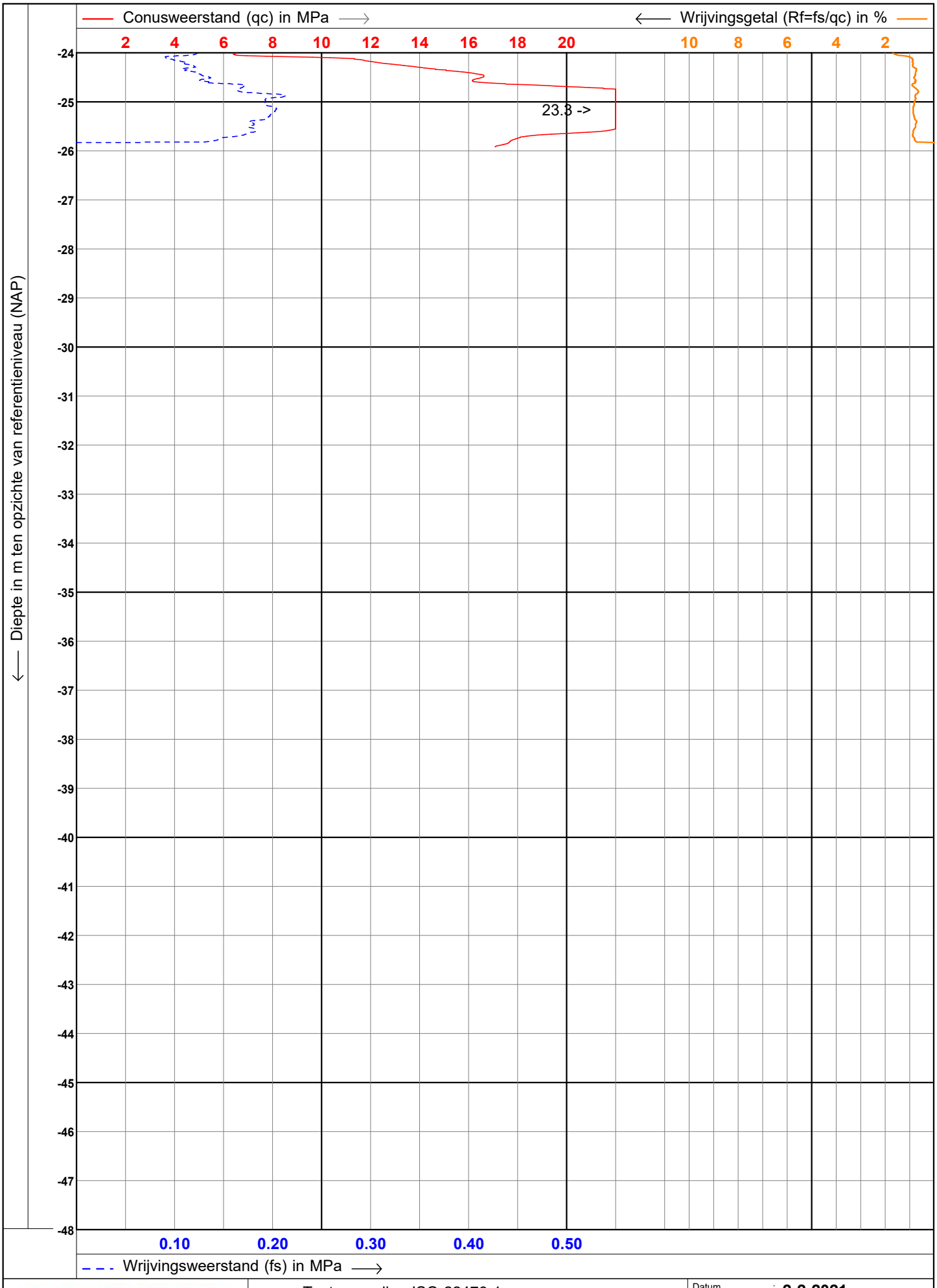


SONDEER MEESTER
Grondig bodemonderzoek voor elke situatie

Test according ISO 22476-1

Project	:	**Geotechnisch bodemonderzoek**
Lokatie	:	**Jan Luijkenstraat 48 Amsterdam**
Positie	:	**120570.294, 485910.587 RD**

Datum	:	**2-2-2021**
Conusnr.	:	**DP15-CFPTxy.71123**
Projectnr.	:	**SMG 200558**
Sondeernr.	:	**2**



SONDEER MEESTER
Grondig bodemonderzoek voor elke situatie

Test according ISO 22476-1

Project	:	**Geotechnisch bodemonderzoek**
Lokatie	:	**Jan Luijkenstraat 48 Amsterdam**
Positie	:	**120570.294, 485910.587 RD**

Datum	:	**2-2-2021**
Conusnr.	:	**DP15-CFPTxy.71123**
Projectnr.	:	**SMG 200558**
Sondeernr.	:	**2** **2/2**

UITVOERINGSRICHTLIJNEN

Algemene richtlijnen voor de uitvoering van trillingsvrij en grondverdringend ingeschroefde stalen buispalen met schroefbladen, waarbij de waarbij het grout direct tegen de grond drukt, type Schroefinjectiepalen of gelijkwaardig

Inleiding

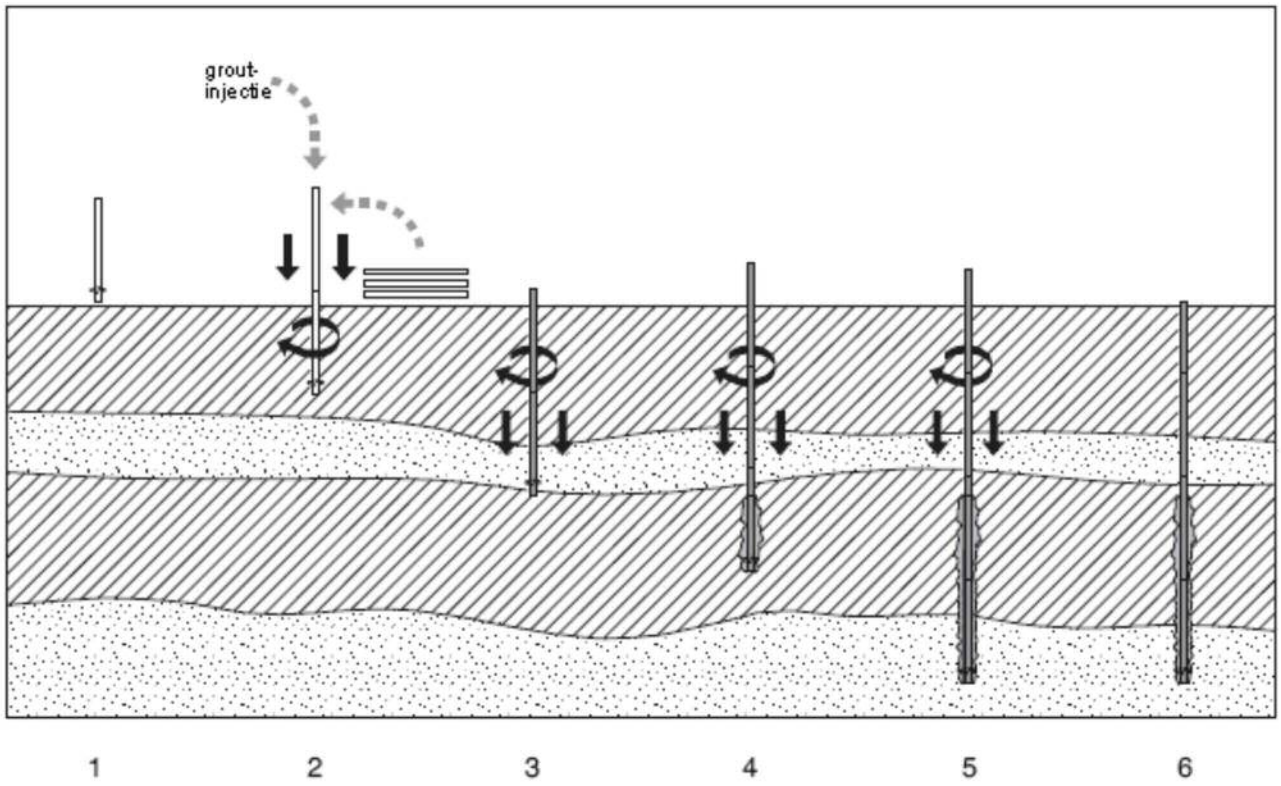
Voor algemene richtlijnen betreffende de installatie van de trillingsvrij en grondverdringend ingeschroefde stalen buispalen met schroefbladen, waarbij de waarbij het grout direct tegen de grond drukt, type Schroefinjectiepalen of gelijkwaardig, wordt verwezen naar:

- NEN–EN 206: Beton – Specificatie, eigenschappen, vervaardiging en conformiteit;
- NEN–EN 1536: 2010 +A1: 2015 "Uitvoering van bijzonder geotechnisch werk – Boorpalen";
- NEN–EN 1992–2–1+C2 Eurocode 2: Ontwerp en berekening van betonconstructies,
  - Deel 1.1: Algemene regels en regels voor gebouwen;
  - Nationale bijlage;
- NEN–EN 1993 Eurocode 3: Ontwerp en berekening van staalconstructies,
  - Deel 1: Algemene regels en regels voor gebouwen;
  - Deel 5: Palen en damwanden;
- NEN–EN 1994–1–1+C1 Eurocode 4: Ontwerp en berekening van staal–betonconstructies,
  - Deel 1.1: Algemene regels en regels voor gebouwen;
  - NB Nationale bijlage;
- NEN 9997–1+C1: Geotechnisch ontwerp van constructies – Deel 1: Algemene regels;
- NEN–EN 12699: Uitvoering van bijzonder geotechnisch werk – Verdringingspalen;
- NEN–EN 14199: Uitvoering van bijzonder geotechnisch werk – Micropalen;
- NPR 2053: Nationale praktijkrichtlijn NPR 2053 Lasverbindingen met betonstaal en stalen strippen;
- NVN 6724: Voorschriften beton – In de grond gevormde funderingselementen van beton of mortel – maart 2001;
- CUR 114: Toezicht op realisatie van paalfunderingen;
- CUR 236: Ankerpalen;
- CUR 2004–1: Beoordelingssysteem voor de begaanbaarheid van bouwterreinen;
- Nationale Beoordelingsrichtlijn BRL 0501: Betonstaal;
- Nationale Beoordelingsrichtlijn BRL 2356,
  - Algemeen: In de grond gevormde palen;
  - Bijlage E: Werkwijze bij het vervaardigen van trillingsvrij in de grond gevormde ingebrachte palen;

Omschrijving paalsysteem Schroefinjectiepaal of gelijkwaardig

Een Schroefinjectiepaal is een schroevend ingebrachte stalen buispaal met aangelaste twee half–cirkelvormige schroefbladen en een injectie-opening bij de punt, omhuld met verhard cementgrout.

Uitvoering trillingsvrij en grondverdringend ingeschroefde stalen buispalen met schroefbladen, waarbij de waarbij het grout direct tegen de grond drukt, type Schroefinjectiepalen of gelijkwaardig



Omschrijving:

1. Een stalen buis, aan de onderzijde voorzien van twee halve, tegengesteld geplaatste schroefbladen en een injectie-opening, wordt op het maaiveld geplaatst;
2. De buis wordt continu vol gehouden met mortel- of groutspecie en in de grond geschroefd. Hierbij vloeit de specie onder enige overdruk aan de onderzijde uit. In de cohesieve bovenlagen is de penetratiesnelheid relatief groot;
3. In de draagkrachtige lagen wordt het zand laagsgewijs afgeschraapt en vermengd met de uitkomende groutspecie,
4. In harde en/of moeilijk te doorboren lagen kan de paal schroevend op en neer worden bewogen ter bevordering van het inbrengproces. In het zandpakket wordt de paaldiameter minimaal gelijk aan de diameter van het schroefblad;
5. De stalen buis blijft achter en vormt een onderdeel van de paal;
6. De paalkop wordt afgewerkt en de stelling kan worden verplaatst;
7. Direct na het vervaardigen van de paalschacht de korfwapening aanbrengen en de paalkop afwerken.

Voor aanvang van het heiwerk

De installatie van de palen moet zijn gebaseerd op een palenplan. Het plan behoort de volgende informatie te bevatten en dient voor aanvang van het installeren van de palen bekend te zijn:

- Het palenplan daarop aangegeven paaltype, paalafmetingen, paallengte, paalkop- en paalpuntniveaus ten opzichte van een vast peil, paalnummering en vereiste paaldrukweerstand van de paal. Op het palenplan dienen de sondeerlocaties en de gedachte installatievolgorde tevens te zijn aangegeven, locatie en helling van iedere paal, inbegrepen de plaatsing toleranties;
- De relatie tussen maaiveldhoogte, werkhoogte, paalkop – en paalpuntniveaus t.o.v. een vast peil zoals Ref., NAP, etc.;
- Het grondonderzoek en het bijbehorende funderingsadvies;
- In te zetten materieel, vermogen boormotor, pull-down, etc.;

- De maaiveldhoogten ter plaatse van de te installeren palen en van de sondeerlocaties;
- Gegevens over de wapening: aantal staven, staaflengte, etc.;
- Gegevens over de kopplaat: diameter, plaatdikte, staalkwaliteit, etc.;
- Gegevens over grout/beton: kwaliteit (C–waarde), consistentiegebied, milieuklasse, betondekking, etc.;
- Mogelijke stijghoogtes van het grondwater in het watervoerende pakket(ten);
- De aanwezigheid van (mogelijke) obstructies in de ondergrond;
- De (mogelijke) aanwezigheid van archeologische restanten;
- Mogelijke aanwezige vervuiling in de ondergrond;
- Afwerking van de paalkop.

Installatievolgorde

De eerste paal dient zo dicht mogelijk bij een sondering te worden geïnstalleerd. Het waargenomen installatiegedrag kan, in combinatie met het sondeerbeeld, een indicatie geven voor de tussen de sonderingen te installeren palen. Het beïnvloeden van een onvoldoend verharde paalschacht door het boren van een naastliggende paal, kan over het algemeen worden vermeden door een hart–op–hart afstand van minimaal 4 maal de paalvoetdiameter aan te houden. Indien desondanks blijkt dat door het boren van een volgende paal, het specieniveau van de nog niet verharde paal wijzigt (nazakking of oppersing), dan dient een andere werkvolgorde te worden gekozen waardoor een grotere tussenafstand ontstaat of dient een verhardingstijd langer dan 20 uur te worden aangehouden, mede afhankelijk van de toegepaste hulpstoffen. Aan de paal waar nazakking of oppersing is geconstateerd, dient bij de kwaliteitscontrole bijzondere aandacht te worden besteed.

Uitvoering van de palen

Bij de uitvoering van de palen dienen de volgende punten in acht te worden genomen:

- De palen dienen uitgevoerd te worden met een voldoend zwaar boormoment. Hierdoor wordt voorkomen dat, in dit funderingsadvies aangegeven paalpuntniveaus, niet worden behaald. De buis kan gevuld zijn met cementgrout of beton. Bij het installeren wordt de grond geheel verdrongen. Tijdens het schroevend inbrengen van de paal wordt via de injectie-opening continu groutspecie geïnjecteerd aan de onderzijde. Tijdens het installeren fungeert dit grout als smeermiddel, waardoor de te overwinnen weerstand tijdelijk praktisch geheel wordt gereduceerd. Bij dit geschroefde systeem is in slappe lagen de penetratiesnelheid groot, waardoor om de stalen buis een groutschil ontstaat ter dikte van 30 tot 40 millimeter. In draagkrachtige zandlagen neemt de penetratiesnelheid sterk af. Hier wordt het zandlaagje voor laagje afgeschraapt en intensief vermengd met een overmaat aan cementgrout, waardoor de paaldiameter tenminste gelijk wordt aan die van het schroefblad. Deze als het ware verbrede paalvoet zorgt voor de grondmechanische draagkracht van de paal. Na verharding levert het cementgrout een bijdrage aan de sterkte en stijfheid van de paal, draagt een gedeelte van de kracht over naar de grond en beschermt de stalen buis tegen corrosie;
- De boorbuis, inclusief schroefbladen dienen de krachten ten gevolge van het boren op te kunnen nemen;
- Voor het inschroeven dient de boorbuis te worden gecontroleerd op imperfecties, rechtheid en rechtstand, dan wel juiste schoorstand;
- De aangelaste twee half–cirkelvormige schroefbladen en het functioneren van de injectie-opening(en) voor de toevoer van de injectiespecie dient vooraf gecontroleerd te worden;
- De volgorde van uitvoering dient zodanig te zijn dat door het installeren van de schroefinjectiepaal, de positie, de draagkracht en de integriteit van nabij gesitueerde (bestaande) palen niet negatief worden beïnvloed;

- Bij het op en neer bewegen van de boorbuis moet ontspanning onder boorpunt, zoveel mogelijk worden beperkt. De mate van ontspanning is afhankelijk van de hoogte en snelheid, waarmee de boorbuis wordt opgetrokken en de wijze van injecteren;
- Tijdens het inboren in de funderingszandlaag mogen geen onderbrekingen van de groutinjectie plaatsvinden. De penetratiesnelheid en de hoeveelheid injectievloeistof dienen met elkaar in overeenstemming te zijn;
- Bij het op diepte brengen van de paal, mag de boorbuis over de laatste 8× de paalpuntdiameter niet op en neer worden gehaald. Na het op diepte komen van de paal dient de punt onder verhoogde druk te worden afgeperst en de paal worden vastgedraaid. Als de paal niet zodanig wordt uitgevoerd, zijn lagere paalklassefactoren van toepassing en dient de draagkracht te worden gereduceerd. Een en ander dient door de leverancier te worden aangetoond en gegarandeerd;
- Het geïnjecteerde cementgrout moet voldoen aan de eisen, zoals gesteld in NEN–EN 1536 "Uitvoering van bijzonder geotechnisch werk – Boorpalen" en NEN–EN 14199 "Uitvoering van bijzonder geotechnisch werk – Micropalen". De water–cementfactor moet zijn afgestemd op de grondgesteldheid en mag volgens NEN–EN 14199 niet hoger zijn dan 0,55. Om uitvoeringstechnische redenen wordt soms een hogere waarde toegepast. Dit is alleen toegestaan, indien vooraf wordt aangetoond, dat het toegepaste groutmengsel vereiste sterkte behaald. Het uitgeharde grout dient een minimale sterkte C25/30 of hoger te hebben.
- Cement –Bentoniet mengsels zijn voor dit paaltype niet toegestaan;
- Van de eerste paal en alle overige dichtst nabij sondeerlocatie gesitueerde palen en dient indien mogelijk een volledig boordiagram gemaakt te worden;
- Bij een verschil in inschroefniveau tussen sonderingen dient bij voorkeur van "laag naar hoog" te worden gewerkt. Hiermee wordt voor de palen tussen deze sonderingen, een zo betrouwbaar mogelijk inheiniveau bereikt
- Opslag, transport en het onder de stelling brengen van de stalen buizen, grout, kopplaten, etc., dient te geschieden conform de verwerkingsrichtlijnen van de leverancier;
- Tijdens het inboren van de palen dient gelet te worden op het in verticale zin verlopen en/of in horizontale vlak weglopen van de paal;
- Om nodeloos zwaar boorwerk te vermijden dient bij bouwputten, paalgroepen, e.d. bij voorkeur van binnen naar buiten worden geboord.

Heitoezicht

Gezien de vele factoren die het heiwerk kunnen beïnvloeden, is deskundig toezicht een vereiste. Toezicht dient plaats te vinden op basis van CUR Aanbeveling 114 'Toezicht op de realisatie van paalfunderingen'.

Bijzondere uitvoering

Bij de installatie van de palen dienen de volgende punten in acht te worden genomen:

- Horizontale belastingen op de palen, door b.v. het verplaatsen van boorstelling, transport van beton en/of wapening, etc., in de bouwput, alsmede het ontgraven van de bouwput, dienen te worden vermeden in verband met de kans op het ontstaan van schade aan de palen;
- Bij het nabij belendingen inschroeven van palen verdient het (veelal) de voorkeur het installeren van de palen te starten op de kleinste afstand van de belendingen en/of belendende funderingen en vervolgens een installatievolgorde te hanteren met, ten opzichte van de belendingen en/of belendende funderingen, toenemende afstand;
- De groutinjectie van de palen tijdens de installatie van de palen heien naast belendingen, kan leiden tot het tijdelijk afnemen van het draagvermogen van de bestaande (paal–) fundering. Het tijdelijk afnemen van het draagvermogen

kan leiden tot mogelijke paalpuntverzakking van de bestaande palen onder de belendingen met het risico van bouwkundige schade van de bestaande belendingen.

Controle

De installatie van alle palen moet door metingen zijn gemonitord en de meetresultaten moeten zijn vastgelegd. Het rapport voor iedere paal behoort de uitvoeringsaspecten te bevatten, zoals die zijn aangegeven in de uitvoeringsnorm NEN–EN 1536: 2010 +A1: 2015 "Uitvoering van bijzonder geotechnisch werk – Boorpalen", NEN–EN 12699 "Uitvoering van bijzonder geotechnische werken – verdringingspalen, NEN–EN 14199 "Uitvoering van bijzonder geotechnisch werk – Micropalen" en CUR 236 "Ankerpalen".

Tot slot

Bij twijfel omtrent de kwaliteit c.q. het draagvermogen, dient contact te worden opgenomen met de constructeur en/of Bouw– en woningtoezicht en/of grondmechanisch adviseur. In onderling overleg kan dan tot één of meer maatregelen worden besloten:

- Uitvoering van aanvullende en/of controlesonderingen, om te onderzoeken of er sprake is van een afwijkende bodemopbouw;
- Uitvoering van dynamische en/of statische proefbelasting om het werkelijk draagvermogen van de paal vast te kunnen stellen;
- Het installeren van één of meer extra palen.