

**Rapport betreffende  
fundering nieuwbouw gymzaal  
aan de Hoogvlietstraat  
te Rotterdam**

Opdracht nummer	AA14014-1
Datum rapport	26 maart 2014

**Rapport betreffende  
fundering nieuwbouw gymzaal  
aan de Hoogvlietstraat  
te Rotterdam**

Opdracht nr.	AA14014-1
Datum rapport	26 maart 2014
Opdrachtgever	CAE Nederland bv Postbus 9358 3007 AJ Rotterdam tel: 010 4471744

**Bijlagen**

- |                             |            |
|-----------------------------|------------|
| - tabel paalpuntniveaus     | 1          |
| - bepaling negatieve kleeft | 2.1 en 2.2 |
| - berekening draagvermogen  | 3.1 en 3.2 |
| - bepaling paalkopzakking   | 4.1 en 4.2 |

rapportcontrole: P. Schoppen

dd.

opgesteld door: J.J.A. Geertse

## **INLEIDING**

Op 20 maart 2014 ontving Geomet van CAE Nederland de opdracht voor het uitbrengen van een funderingsadvies betreffende de nieuwbouw van een gymzaal aan de Hoogvlietstraat te Rotterdam. Het advies is gebaseerd op een door de Gemeente Rotterdam onder dossiernummer MVJ13215 uitgevoerd grondonderzoek, welke door de opdrachtgever beschikbaar is gesteld.

## **GRONDONDERZOEK en BODEMGESTELDHEID**

Voor dit project zijn in januari 2014 de sonderingen S01 t/m S04 uitgevoerd. De diepte op de sondeergrafieken is gegeven in meters ten opzichte van NAP. De sonderingen zijn voorgeboord.

Het project ligt aan de Hoogvlietstraat, de Zwartewaalstraat en de Blankenburgstraat te Rotterdam. Het maaiveldpeil ter plaatse van de sondeerpunten varieerde tijdens het grondonderzoek van 0,45 m- NAP tot 0,03 m+ NAP.

Uit de resultaten van het grondonderzoek kan de navolgende bodemopbouw worden afgeleid:

<u>Diepte in m- NAP</u>		<u>Bodembeschrijving</u>
m.v.	- 1,5 à 3,0	<u>ZAND en KLEI</u> , deels uitgedroogde maaiveldlaag
1,5 à 3,0	- 8,0 à 10,5	<u>VEEN</u> , slap, met toenemende diepte sterk kleihoudend
8,0 à 10,5	- 14,5 à 15,0	<u>ZAND</u> , matig vast tot vast gepakt
14,5 à 15,0	- 15,0 à 17,0	<u>KLEI en ZAND</u> , afwisselende laagjes, weinig overgeconsolideerd
15,0 à 17,0	- 24,0 à 24,5	<u>ZAND</u> , vast tot zeer vast gepakt, Pleistoceen
24,0 à 24,5	- ca 27,0	<u>KLEI, LEEM en ZAND</u> , afwisselende overgeconsolideerde lagen, zogenaamde laag van Kedichem
ca 27,0		maximaal verkende diepte

De bodemopbouw betreft een zo goed mogelijke inschatting, welke is gebruikt voor de adviezen. Hieraan kunnen geen rechten worden ontleend ten aanzien van samenstelling en eventuele bijmengingen van de grond.

## **FUNDERINGSADVIES**

Gelet op de aangetroffen bodemopbouw komt alleen een fundering op palen in aanmerking. In overleg met de constructeur is besloten een fundering op trillingsvrij te installeren Fundexpalen en DPA-palen nader uit te werken.

Fundexpalen zijn grondverdringende in de grond gevormde betonpalen, vervaardigd met schroevend ingebrachte gladde stalen hulpbuis en verloren stalen schroefpunt.

DPA-palen zijn in de grond gevormde geschroefde palen, welke worden gemaakt met behulp van een speciale grondverdringende boorbuis.

De uit de constructie bepaalde rekenwaarden van de optredende belastingen volgens NEN-EN 1990 en NEN-EN 1991 zijn 300 kN, 500 kN en 700 kN. Als paalbelasting is gekozen voor de afmeting  $\varnothing 380/450$  mm (Fundex) en  $\varnothing 360$  mm (DPA).

Het per sondering aan te houden paalpuntniveau is gegeven in de overzichtstabel op bijlage 1. Voor geschroefde palen geldt dat er slechts in beperkte mate controle mogelijk is op de vastheid van de bodemopbouw tijdens de installatie van de paal. Daarom dient per deelgebied zoveel mogelijk een gelijk paalpuntniveau te worden aangehouden. In overgangsgebied tussen de sonderingen kan veelal een hoger paalpuntniveau worden gehanteerd dan noodzakelijk is op basis van de maatgevende sondering S02. Het betere sondeerbeeld met een hoger paalpuntniveau moet wel worden vastgesteld door deskundig toezicht. Zonder dat dient overal het maatgevende, eenduidige, diepere paalpuntniveau te worden aangehouden.

### berekeningen

De berekeningen zijn uitgevoerd volgens NEN 9997-1+ C1:2012. Hierin zijn NEN-EN 1997-1+ C1:2012+ NB:2012 opgenomen zodat berekeningen voldoen aan de eisen van het Bouwbesluit 2012. De constructie is als een niet-stijf bouwwerk beschouwd. Ten aanzien van het grondonderzoek wordt gesteld dat voor ieder deelgebied tenminste 3 representatieve sonderingen zijn uitgevoerd. Bij bepaling van de rekenwaarde van de maximale draagkracht zijn op basis van de bovengenoemde randvoorwaarden correlatiefactoren  $\xi_3 = 1,30$  en  $\xi_4 = 1,30$  vastgesteld.

De maximale draagkracht van de paalpunt is berekend met de 4D/8D methode van Koppejan. Voor de berekening van het puntdraagvermogen van de Fundexpalen geldt een paalklassefactor  $\alpha_p$  van 0,9 en verder zijn  $\beta$  en  $s$  gelijk aan 1,0, uitgaande van een verhouding tussen de oppervlakten van paalpunt en paalschacht kleiner dan 1,5 en volledige betondruk op de grond tijdens het trekken van de buis. De maximale schachtwrijvingskracht is bepaald aan de hand van een percentage van de gemiddelde conusweerstand. De aan te houden paalklassefactor  $\alpha_s$  is 0,009.

Voor berekening van het puntdraagvermogen van DPA-palen geldt een paalklassefactor  $\alpha_p$  van 0,8 zonder reducties en verder zijn  $\beta$  en  $s$  gelijk aan 1,0. De aan te houden paalklassefactor  $\alpha_s$  is 0,010.

De betrouwbaarheidsklasse RC1 t/m RC3 volgens NEN-EN 1990/NB heeft geen invloed op de berekende draagkracht van de paalfundering, maar bepaalt wel de rekenwaarde van de optredende belasting uit de constructie.

Iedere sondering is in principe als een afzonderlijk rekenelement te beschouwen, maar bij de bepaling van het paalpuntniveau wordt ook rekening gehouden met de resultaten van omliggende sonderingen. In bijlage 1 zijn de geadviseerde puntniveaus vermeld en op bijlage 3.1 en 3.2 de berekeningsresultaten. Voor de tabellen geldt dat de berekening plaatsvindt op basis van de door de adviseur geïnterpreteerde waarden vanuit de sonderingen. Praktische aspecten van paalinstallatie zijn deels meegewogen bij bepaling van het draagvermogen.

Bij een uniforme bodemopbouw mag het draagvermogen worden gelijkgesteld aan de gemiddelde waarde op basis van  $\xi_3$ , waarbij tevens geldt dat deze niet hoger mag zijn dan de laagste waarde met  $\xi_4$  in de betreffende groep. Bij toepassing van een gemiddelde waarde van de draagkracht mag de variatiecoëfficiënt maximaal 12% zijn. Bij dit project is niet gerekend met een draagvermogen op basis van een gemiddelde.

Bij het bepalen van de benodigde paalpuntniveaus is rekening gehouden met het ontstaan van negatieve kleef langs de paalschacht. De samendrukbare lagen boven de vaste zandlaag kunnen hierdoor een zetting ondergaan die groter is dan de paalverplaatsing welke nodig is voor het ontwikkelen van het draagvermogen. Een berekening van de negatieve kleefbelasting volgens NEN 9997-1 is op bijlage 2.1 en 2.2 gepresenteerd (methode omslagpunt).

#### paalwapening en betonkwaliteit

De wapening en betonkwaliteit moeten door de constructeur of leverancier worden bepaald op basis van optredende belastingen in gebruiksfase en uitvoeringsfase. Bij de dimensionering moet rekening worden gehouden met horizontale grondverplaatsingen en trekbelastingen ten gevolge van ontgravingen na paalinstallatie, het gewicht van de boorstelling en grondverdringing door installatie van omliggende palen. In verband hiermee wordt geadviseerd alle palen te voorzien van een wapeningskorf tot in de funderingszandlaag. Bij ophogingen of aanvullingen boven het oorspronkelijk maaiveldniveau kunnen palen worden belast door horizontale grondverplaatsingen. In voorkomende gevallen kan hiervoor een aanvullend grondmechanisch advies worden opgesteld.

#### vervormingen

De zakking voor het ontwikkelen van het grondmechanisch draagvermogen is bepaald op ca 14 mm voor een paalafmeting  $\varnothing 380/450$  mm (Fundex) en ca 11 mm voor de afmeting  $\varnothing 360$  mm (DPA). Het betreft de paalkopzakking  $s$  van een alleenstaande paal volgens NEN 9997-1 in de bruikbaarheidsgrenstoestand. De berekening is gepresenteerd op bijlage 4.1 en 4.2. De maximale waarde van de representatieve paalkopbelasting  $F_{c;rep}$  is bepaald voor een partiële factor  $\gamma_F = 1,25$  uit de constructieve berekening. De berekende zakking is inclusief de elastische verkorting van de paal, waarbij een E-modulus van  $20.000 \text{ N/mm}^2$  is aangehouden.

Op bijlage 4.1 en 4.2 is op basis van bovengenoemde uitgangspunten de relatie tussen de representatieve waarde van de paalbelasting en de paalpuntzakking  $s_b$  gegeven. De grafiek geeft de mogelijk optredende waarde van de paalpuntzakking voor statische belasting, rekening houdend met enige variatie in de vastheid van het zandpakket. Op bijlage 4.1 en 4.2 is tevens de veerstijfheid van de paal vermeld. Voor kortdurende belastingen zoals wind zijn hogere veerstijfheden toepasbaar. Bij de bepaling van de veerstijfheid in de uiterste grenstoestand is een partiële factor voor vervormingen  $\gamma_{m;k} = 1,30$  gehanteerd.

Voor paalgroepen kan een geringe toename  $s_2$  van de maximale paalzakking optreden ten gevolge van samendrukking in dieper gelegen lagen. Bij de onderhavige bodemopbouw en paalopzet is de invloed van deze zetting niet significant of nagenoeg uniform. De extra zakking bij paalgroepen is derhalve niet of nauwelijks van belang bij de toetsing van de grenstoestanen.

## **INSTALLATIE PALEN**

### **Fundexpalen**

De Fundexpalen dienen te worden geïnstalleerd door een hierin gespecialiseerd en gerenommeerd bedrijf.

De keuze van het boormoment is bij Fundexpalen erg belangrijk. Door toepassing van een voldoende zwaar boormoment wordt voorkomen dat de maximale capaciteit wordt bereikt en de boorbuis vastslaat, voordat de noodzakelijke diepte is gehaald.

Als het basisniveau is bereikt moet bij iedere paal een controle plaatsvinden op waterindringing in de buis. De wapeningskorf moet voldoende sterkte en stijfheid hebben zodat hij zonder blijvende vervorming kan worden getransporteerd en ingehangen. De buis dient tot boven het maaiveld te worden gevuld met plastische beton. Tijdens het trekken maakt de boorbuis een oscillerende beweging. Vooral bij langere wapeningslengtes moet rekening worden gehouden met een afname van de betondruk aan de onderzijde van de buis. Tijdens het trekken is een voldoende uitstroomdruk in de funderingszandlaag belangrijk om te voldoen aan de uitgangspunten van het grondmechanisch draagvermogen. Maatregelen om de uitstroomdruk te verhogen zijn toepassing van een zeer plastisch betonmengsel met fijn toeslagmateriaal, het ophangen van de wapeningskorf op minimaal 0,5 meter boven de punt en het in aanvang aanbrengen van overhoogte van het beton in de buis. Tijdens het trekken van de buis moet worden gecontroleerd of het nettendraad strak blijft staan. Het bijvullen van het beton mag alleen plaatsvinden zolang onderkant buis nog in de funderingszandlaag hangt. Het is van belang dat de treksnelheid is afgestemd op de uitstroomsnelheid van het beton, teneinde de kans op insnoeringen te beperken. Het lager afstorten dan tot het werkniveau is niet toegestaan.

Bij het lossen van de voetplaat en het trekken van de buis mogen geen stagnaties optreden in de betondoorstroming. De controle hierop wordt uitgevoerd door middel van het waarnemen van het betonniveau en de wapening in de boorbuis. In het geval dat het betonniveau en de wapening mee omhoog komt zal het noodzakelijk zijn de paal op dezelfde locatie opnieuw te maken.

### DPA-palen

De DPA-palen dienen te worden geïnstalleerd door een hierin gespecialiseerd en gerenommeerd bedrijf.

De keuze van het boormoment is bij het DPA-systeem erg belangrijk. Het horizontaal verdringen van de grond ter plaatse van en onder het verdikte deel van de boorbuis zorgt voor een toenemende grondweerstand. Door toepassing van een voldoende zwaar boormoment wordt voorkomen dat de maximale capaciteit wordt bereikt en de boorbuis vastslaat voordat de noodzakelijke diepte is gehaald.

Als het basisniveau is bereikt moet bij iedere paal een controle plaatsvinden op waterindringing in de buis. De wapeningskorf moet voldoende sterkte en stijfheid hebben zodat hij zonder blijvende vervorming kan worden getransporteerd en ingehangen. De buis dient tot boven het maaiveld te worden gevuld met plastische beton. Tijdens het trekken maakt de boorbuis een langzame rechtsomdraaiende beweging, in dezelfde richting als tijdens het inboren. Vooral bij langere wapeningslengtes moet rekening worden gehouden met een afname van de betondruk aan de onderzijde van de buis. Tijdens het trekken is een voldoende uitstroomdruk in de funderingszandlaag belangrijk om te voldoen aan de uitgangspunten van het grondmechanisch draagvermogen. Maatregelen om de uitstroomdruk te verhogen zijn toepassing van een zeer plastisch betonmengsel met fijn toeslagmateriaal, het ophangen van de wapeningskorf op minimaal 0,5 meter boven de punt en het in aanvang aanbrengen van overhoogte van het beton in de buis. Tijdens het trekken van de buis moet worden gecontroleerd of het nettendraad strak blijft staan. Het bijvullen van het beton mag alleen plaatsvinden zolang onderkant buis nog in de funderingszandlaag hangt. Het is van belang dat de treksnelheid is afgestemd op de uitstroomsnelheid van het beton, teneinde de kans op insnoeringen te beperken. Het lager afstorten dan tot het werkniveau is niet toegestaan.

Bij het lossen van het deksel en het trekken van de buis mogen geen stagnaties optreden in de betondoorstroming. De controle hierop wordt uitgevoerd door middel van het waarnemen van het betonniveau en de wapening in de boorbuis. In het geval dat het betonniveau of de wapening mee omhoog komt zal het noodzakelijk zijn de paal op dezelfde locatie opnieuw te maken, waarbij een dieper paalpuntniveau wordt gehanteerd.

### algemeen

Als beperkte referentie voor de controle van het draagvermogen van de paal geldt het optredende boormoment voor het bereiken van het basisniveau. De gegevens verkregen op de sonderingen vormen de mogelijke leidraad voor de beoordeling van het draagvermogen van de tussen sonderingen geïnstalleerde palen. In gebieden met overgangen in paalpuntniveau kan het inboren op het hogere niveau worden gestopt, indien een voldoende hoog boormoment wordt bereikt dat correspondeert met de betere sonderingsopbouw. Indien de oploop van het boormoment duidelijk afwijkt van het sondeerbeeld, kan een controle van de grondslag door middel van sonderingen noodzakelijk zijn.

Tijdens het maken van nieuwe palen en het manoeuvreren met de heistelling moet het betonniveau van nog niet uitgeharde palen in de omgeving goed worden bewaakt. Beïnvloeding tijdens het maken van nieuwe palen kan in het algemeen worden voorkomen door het handhaven van een afstand van 4 maal de paalvoetdiameter, maar in specifieke gevallen kan een grotere afstand nodig zijn. Indien nazakking of oppersing wordt vastgesteld dan dient een uitgebreidere controle van de paalschacht plaats te vinden en moet de onderlinge afstand bij de paalvervaardiging worden vergroot.

De hoeveelheid gebruikte beton dient te worden bijgehouden. Afwijkingen hierin kunnen optreden als gevolg van het ontstaan van insnoeringen en verdikkingen tijdens dan wel na het trekken van de buis. In verband hiermee verdient het aanbeveling de kwaliteit van alle palen na de verhardingstijd te controleren door middel van akoestisch doormeten, uitgevoerd volgens CUR aanbeveling 109. In geval van twijfel over de kwaliteit van de paalkop dient het bovenste deel van de paal te worden blootgegraven. Als na de akoestische meting nog ontgravingen of horizontale belastingen optreden kan het wenselijk zijn om een nieuwe meting uit te voeren.

De betonsamenstelling dient zodanig gekozen te worden dat rekening wordt gehouden met de specifieke bodemomstandigheden alsook de paalconfiguratie wat betreft diameter en wapening. Na het maken van de paal mag niet worden gepord of getrild in de verse paalkop. Na uitharding moet de paalkop worden gesneld over een lengte die tenminste zodanig is dat de vereiste betonsterkte en betondoorsnede worden bereikt. Het snellen van paalkoppen dient op een zodanige wijze te worden uitgevoerd dat geen bezwijken van wapeningsstaven of scheurvorming mogelijk is. De betonkwaliteit in het bovenste deel van de palen moet worden gecontroleerd door middel van het boren en beproeven van betoncilinders bij tenminste 5% van de palen.

Alle verzamelde gegevens moeten worden vastgelegd. Dit geldt niet alleen voor het uiteindelijk bereikte puntniveau en betonverbruik, maar ook het boormoment, boortijd, eventuele onregelmatigheden, installatievolgorde, wapening en overige bijzonderheden.



Een deskundig toezicht tijdens de uitvoering is een vereiste, teneinde de kwaliteit van de fundering en de uiteindelijke bebouwing te waarborgen. Richtlijnen hiervoor zijn vastgelegd in CUR Aanbeveling 114 "Toezicht op de realisatie van paalfunderingen".

Alphen a/d Rijn, 26 maart 2014

GEOMET B.V.

Opgesteld door:

ir. J.J.A. Geertse  
Projectleider Geotechniek

ing. P. Schoppen  
Senior Projectleider

**OVERZICHTSTABEL PAALDRAAGVERMOGEN**

sond nr	maaiveld in m-/± NAP	Paalpuntniveau in m- NAP Fundexpalen		
		ø380/450 mm F <sub>c;d</sub> = 300 kN	ø380/450 mm F <sub>c;d</sub> = 500 kN	ø380/450 mm F <sub>c;d</sub> = 700 kN
S01	0,01-	17,0-18,0	18,0	18,5
S02	0,03+	18,0	18,0	18,5
S03	0,40-	17,0-18,0	17,0-18,0	17,5-18,5
S04	0,45-	16,0-18,0	16,0-18,0	16,0-18,5

sond nr	maaiveld in m-/± NAP	Paalpuntniveau in m- NAP DPA-palen		
		ø360 mm F <sub>c;d</sub> =300 kN	ø360 mm F <sub>c;d</sub> =500 kN	ø360 mm F <sub>c;d</sub> =700 kN
S01	0,01-	18,5-19,5	18,5-19,5	19,5-20,0
S02	0,03+	19,5	19,5	20,0
S03	0,40-	18,5-19,5	18,5-19,5	18,5-20,0
S04	0,45-	17,5-19,5	17,5-19,5	17,5-20,0

ND = niet dieper inbrengen  
 ↓ = dieper inbrengen toegestaan  
 19,5-20,0 = **Traject van mogelijke paalpuntniveaus. Uitgaan van het diepere paalpuntniveau. Bij vaststelling van toenemende weerstand tijdens het inbrengen van de paal tussen de sonderingen mag, conform het betere sondeerbeeld, het hogere niveau worden aangehouden. Deskundig toezicht is daarbij noodzakelijk. Anders dient overal het diepere, eenduidige paalpuntniveau toegepast te worden.**

### **BEPALING REKENWAARDE MAXIMALE NEGATIEVE KLEEFBELASTING**

Basis: Rekenmethode volgens NEN 9997-1+ C1:2012, waarin NEN-EN 1997-1:2012 is opgenomen  
Berekening wrijving tussen paal en grond is gebaseerd op verticale korrelspanningen.  
De ingevoerde volumegewichten van de grond zijn effectieve waarden.

Maaiveld: 0,00 m NAP  
Grondwaterstand: -1,50 m NAP  
Bovenbelasting: 0,00 kN/m<sup>2</sup>  
Paaltype: 8 Fundex paal  
Schachtdiameter  $d_s$ : 380 mm  
Paaloppervlak: 2 in de grond gevormd  
Grondoppervlak A: 0,00 m<sup>2</sup> (alleenstaande paal)  
Paalomtrek  $O_{s,gem}$ : 1,19 meter  
Partiële belastingsfactor  $\gamma_{f,nk}$ : 1,40 (-)

laag	o.k. laag m NAP	$\gamma'_{j,rep}$ kN/m <sup>3</sup>	$\phi'_{j,rep}$ (°)	$K_0 \cdot \tan \delta_j$ (-)	$m_j$ (-)	$\sigma'_{v,j,rep}$ kN/m <sup>2</sup>	$\sigma'_{v,j,sur,rep}$ kN/m <sup>2</sup>	$\sigma'_{v,j,m,rep}$ kN/m <sup>2</sup>	$F_{nk,rep}$ kN
0	0,00					0,00	0,00	0,00	0,00
1	-1,50	17,00	32,50	0,295	0,000	25,50	25,50	25,50	6,73
2	-10,50	3,50	20,00	0,250	0,000	57,00	57,00	57,00	117,53
3									
4									
5									
6									
7									
8									
9									
10									
11									
12									

De representatieve waarde van de maximale negatieve kleeft bedraagt:

$$F_{nk,rep} = 118 \text{ kN}$$

De rekenwaarde voor de maximale negatieve kleeft wordt dan  $F_{nk,d} = F_{nk,rep} / \gamma_{f,nk}$ :

$$F_{nk,d} = 165 \text{ kN}$$

Negatieve kleeft bij overige paalafmetingen:

$$F_{nk,d} = 138 \text{ kN/m}^1 \text{ paalomtrek}$$

### **BEPALING REKENWAARDE MAXIMALE NEGATIEVE KLEEFBELASTING**

Basis: Rekenmethode volgens NEN 9997-1+ C1:2012, waarin NEN-EN 1997-1:2012 is opgenomen  
Berekening wrijving tussen paal en grond is gebaseerd op verticale korrelspanningen.  
De ingevoerde volumegewichten van de grond zijn effectieve waarden.

Maaiveld: 0,00 m NAP  
Grondwaterstand: -1,50 m NAP  
Bovenbelasting: 0,00 kN/m<sup>2</sup>  
Paaltype: 8 Fundex paal  
Schachtdiameter  $d_s$ : 380 mm  
Paaloppervlak: 2 in de grond gevormd  
Grondoppervlak A: 0,00 m<sup>2</sup> (alleenstaande paal)  
Paalomtrek  $O_{s;gem}$ : 1,19 meter  
Partiële belastingsfactor  $\gamma_{f,nk}$ : 1,40 (-)

laag	o.k. laag m NAP	$\gamma'_{j;rep}$ kN/m <sup>3</sup>	$\phi'_{j;rep}$ (°)	$K_0 \cdot \tan \delta_j$ (-)	$m_j$ (-)	$\sigma'_{vj;rep}$ kN/m <sup>2</sup>	$\sigma'_{vj;sur;rep}$ kN/m <sup>2</sup>	$\sigma'_{vj;m;rep}$ kN/m <sup>2</sup>	$F_{nk;rep}$ kN
0	0,00					0,00	0,00	0,00	0,00
1	-1,50	17,00	32,50	0,295	0,000	25,50	25,50	25,50	6,73
2	-8,50	3,50	20,00	0,250	0,000	50,00	50,00	50,00	85,60
3									
4									
5									
6									
7									
8									
9									
10									
11									
12									

De representatieve waarde van de maximale negatieve kleeft bedraagt:

$$F_{nk;rep} = 86 \text{ kN}$$

De rekenwaarde voor de maximale negatieve kleeft wordt dan  $F_{nk;d} = F_{nk;rep} / \gamma_{f,nk}$ :

$$F_{nk;d} = 120 \text{ kN}$$

Negatieve kleeft bij overige paalafmetingen:

$$F_{nk;d} = 100 \text{ kN/m}^1 \text{ paalomtrek}$$

## BEPALING REKENWAARDE MAXIMALE DRAAGKRACHT

Rekenmethode volgens NEN 9997-1+ C1:2012, waarin NEN-EN 1997-1:2012 is opgenomen

Netto rekenwaarde maximale draagkracht	$R_{c,netto,d} = R_{c,d} - F_{nk,d}$
Rekenwaarde maximale draagkracht	$R_{c,d} = R_{b,k}/\gamma_b + R_{s,k}/\gamma_s$
Karakteristieke draagkracht alleenstaande paal	$R_{c,k} = \text{Min} \{ (R_{b,cal} + R_{s,cal})_{gem}/\xi_3; (R_{b,cal} + R_{s,cal})_{min}/\xi_4 \}$
Maximale draagkracht paalpunt	$R_{b,cal,max,i} = A_{punt} * q_{b,max,i}$
Maximale schachtwrijvingskracht	$R_{s,cal,max,i} = O_{s,\Delta L,gem} * \Delta L * \alpha_s * q_{c,z,a}$
Maximale puntweerstand	$q_{b,max,i} = 1/2 * \alpha_p * \beta * s * (1/2 * (q_{c,l,gem} + q_{c,ll,gem}) + q_{c,ill,gem})$

Paaltype	: Fundex paal		
Schachtafmeting	$d_s$ : Ø 380 mm		
Puntafmeting	$D_p$ : Ø 450 mm		
Paalklassefactor punt	$\alpha_p$ : 0,90	grondsoort	: zand
Paalklassefactor schacht	$\alpha_s$ : 0,009	OCR	: 1,00
Paalvoetvormfactor	$\beta$ : 1,00	$D_{eq}^2 / d_{eq}^2$	: 1,40
Vormfactor paalvoetdwarsdoorsnede	$s$ : 1,00	$H_v/D_{eq}$	: 0,00
		Stijf bouwwerk	: nee
Correctiefactor ontgraving $q_b$	: 1,00	Aantal sonderingen	$n$ : 3
Correctiefactor ontgraving $q_{c,z,a}$	: 1,00	Correlatiefactor $R_{c,cal,gem}$	$\xi_3$ : 1,30
Correctiefactor grof zand of grind $q_{c,z,a}$	: 1,00	Correlatiefactor $R_{c,cal,min}$	$\xi_4$ : 1,30
Negatieve kleef $F_{nk,d}$	Waarde 1 : 138 kN/m <sup>1</sup>	Materiaalfactoren	$\gamma_b, \gamma_s$ : 1,20
	Waarde 2 : 100 kN/m <sup>1</sup>	Belastingvariëfactiefactor	$\gamma_{m,var,qc}$ : 1,00

sond nr	punt m NAP	$q_{c,l,gem}$	$q_{c,ll,gem}$ MPa	$q_{c,ill,gem}$	$\Delta L$ m	$q_{c,z,a}$ MPa	$q_{b,max}$ MPa	$R_{b,cal,max}$	$R_{s,cal,max}$	$R_{c,d}$ kN	$F_{nk,d}$ kN	$R_{c,netto,d}$ $\xi_3$ kN	$R_{c,netto,d}$ $\xi_4$ kN
1	-17,00	10,0	6,0	3,0	1,50	7,0	4,95	787	113	577	165	412	412
	-17,50	10,0	10,0	4,0	2,00	8,0	6,30	1002	172	752	165	588	588
	-18,00	14,0	11,0	5,2	2,50	9,0	7,97	1267	242	967	165	802	802
	-18,50	14,0	11,0	6,7	3,00	10,0	8,64	1374	322	1087	165	923	923
	-19,00	14,0	11,0	8,1	3,50	10,5	9,27	1474	395	1198	165	1034	1034
	-19,50	16,5	11,0	9,1	4,00	11,0	10,28	1635	473	1351	165	1187	1187
	-20,00	15,0	11,0	9,8	4,50	12,0	10,26	1632	580	1418	165	1253	1253
2	-18,00	13,0	11,0	3,5	1,00	10,0	6,98	1109	107	780	165	615	615
	-18,50	12,0	11,0	4,9	1,50	11,0	7,38	1174	177	866	165	701	701
	-19,00	16,5	11,0	6,3	2,00	11,5	9,02	1435	247	1078	165	914	914
	-19,50	14,5	11,0	7,7	2,50	12,5	9,20	1464	336	1153	165	989	989
	-20,00	14,0	11,0	9,0	3,00	13,0	9,68	1539	419	1255	165	1090	1090
3	-17,00	12,0	12,0	4,2	1,00	14,0	7,29	1159	150	840	120	720	720
	-17,50	18,5	14,0	6,0	1,50	14,0	10,01	1592	226	1165	120	1046	1046
	-18,00	18,5	14,0	7,8	2,00	14,5	10,82	1721	312	1303	120	1183	1183
	-18,50	17,0	14,0	9,7	2,50	14,5	11,34	1804	389	1406	120	1286	1286
	-19,00	19,0	14,0	11,5	3,00	14,5	12,60	2004	467	1584	120	1464	1464
	-19,50	19,5	16,0	13,5	3,50	14,5	14,06	2237	545	1783	120	1663	1663
	-20,00	17,5	16,0	14,1	4,00	14,5	13,88	2208	623	1815	120	1695	1695
4	-16,00	14,0	12,5	3,9	1,00	12,0	7,72	1227	129	869	120	750	750
	-17,00	16,0	12,5	7,2	2,00	13,5	9,65	1535	290	1170	120	1050	1050
	-17,50	15,0	12,5	8,8	2,50	14,0	10,15	1614	376	1276	120	1156	1156
	-18,00	16,0	13,0	10,5	3,00	14,0	11,25	1789	451	1436	120	1316	1316
	-18,50	18,0	18,0	12,7	3,50	14,5	13,82	2197	545	1758	120	1638	1638
	-20,00	22,0	16,0	14,5	5,00	14,5	>15,0	2386	779	2029	120	1909	1909

## BEPALING REKENWAARDE MAXIMALE DRAAGKRACHT

Rekenmethode volgens NEN 9997-1+ C1:2012, waarin NEN-EN 1997-1:2012 is opgenomen

Netto rekenwaarde maximale draagkracht	$R_{c,netto,d} = R_{c,d} - F_{nk,d}$
Rekenwaarde maximale draagkracht	$R_{c,d} = R_{b,k}/\gamma_b + R_{s,k}/\gamma_s$
Karakteristieke draagkracht alleenstaande paal	$R_{c,k} = \text{Min} \{ (R_{b,cal} + R_{s,cal})_{gem}/\xi_3; (R_{b,cal} + R_{s,cal})_{min}/\xi_4 \}$
Maximale draagkracht paalpunt	$R_{b,cal,max,i} = A_{punt} * q_{b,max,i}$
Maximale schachtwrijvingskracht	$R_{s,cal,max,i} = O_{s,\Delta L,gem} * \Delta L * \alpha_s * q_{c,z;a}$
Maximale puntweerstand	$q_{b,max,i} = 1/2 * \alpha_p * \beta * s * (1/2 * (q_{c,l,gem} + q_{c,il,gem}) + q_{c,ill,gem})$

Paaltype (*)	: DPA paal			
Schachtafmeting	$d_s$ : Ø 360	mm		
Puntafmeting	$D_p$ : Ø 360	mm	$H_{voet}$ :	0 mm
Paalklassefactor punt	$\alpha_p$ :	0,80	grondsoort :	zand
Paalklassefactor schacht	$\alpha_s$ :	0,010	OCR :	1,00
Paalvoetvormfactor	$\beta$ :	1,00	$D_{eq}^2 / d_{eq}^2$ :	1,00
Vormfactor paalvoetdwarsdoorsnede	$s$ :	1,00	$H_v/D_{eq}$ :	0,00
			Stijf bouwwerk	: nee
Correctiefactor ontgraving $q_b$	:	1,00	Aantal sonderingen	$n$ : 3
Correctiefactor ontgraving $q_{c,z;a}$	:	1,00	Correlatiefactor $R_{c,cal,gem}$	$\xi_3$ : 1,30
Correctiefactor grof zand of grind $q_{c,z;a}$	:	1,00	Correlatiefactor $R_{c,cal,min}$	$\xi_4$ : 1,30
Negatieve kleef $F_{nk,d}$	Waarde 1 :	138 kN/m <sup>1</sup>	Materiaalfactoren	$\gamma_b, \gamma_s$ : 1,20
	Waarde 2 :	100 kN/m <sup>1</sup>	Belastingvariatiefactor	$\gamma_{m,var,qc}$ : 1,00

sond nr	punt m NAP	$q_{c,l,gem}$	$q_{c,il,gem}$ MPa	$q_{c,ill,gem}$	$\Delta L$ m	$q_{c,z;a}$ MPa	$q_{b,max}$ MPa	$R_{b,cal,max}$	$R_{s,cal,max}$	$R_{c,d}$ kN	$F_{nk,d}$ kN	$R_{c,netto,d}$ $\xi_3$ kN	$R_{c,netto,d}$ $\xi_4$ kN
1	-18,00	14,0	11,0	6,0	2,50	9,0	7,40	753	254	646	156	490	490
	-18,50	14,0	11,0	7,6	3,00	10,0	8,04	818	339	742	156	586	586
	-19,00	14,0	11,0	8,8	3,50	10,5	8,52	867	416	822	156	666	666
	-19,50	16,5	11,0	9,6	4,00	11,0	9,34	951	498	928	156	773	773
	-20,00	15,0	11,0	10,5	4,50	12,0	9,40	957	611	1005	156	849	849
2	-19,50	14,5	11,0	8,7	2,50	12,5	8,58	873	353	786	156	631	631
	-20,00	14,0	11,0	10,3	3,00	13,0	9,12	928	441	878	156	722	722
3	-18,50	17,0	14,0	11,0	2,50	14,5	10,60	1079	410	954	114	841	841
	-19,00	19,0	14,0	13,0	3,00	14,5	11,80	1201	492	1085	114	972	972
	-19,50	19,5	16,0	13,8	3,50	14,5	12,62	1285	574	1191	114	1078	1078
	-20,00	17,5	16,0	14,5	4,00	14,5	12,50	1272	656	1236	114	1123	1123
4	-17,50	15,0	12,5	10,0	2,50	14,0	9,50	967	396	874	114	760	760
	-18,00	16,0	13,0	12,0	3,00	14,0	10,60	1079	475	996	114	883	883
	-18,50	18,0	18,0	13,2	3,50	14,5	12,48	1270	574	1182	114	1069	1069
	-20,00	22,0	16,0	14,8	5,00	14,5	13,52	1376	820	1408	114	1294	1294

(\*) paalpunt minimaal 2,5 meter in zandlaag i.v.m. opspanning

# BEPALING PAALKOPZAKKING VOOR STATISCHE BELASTING

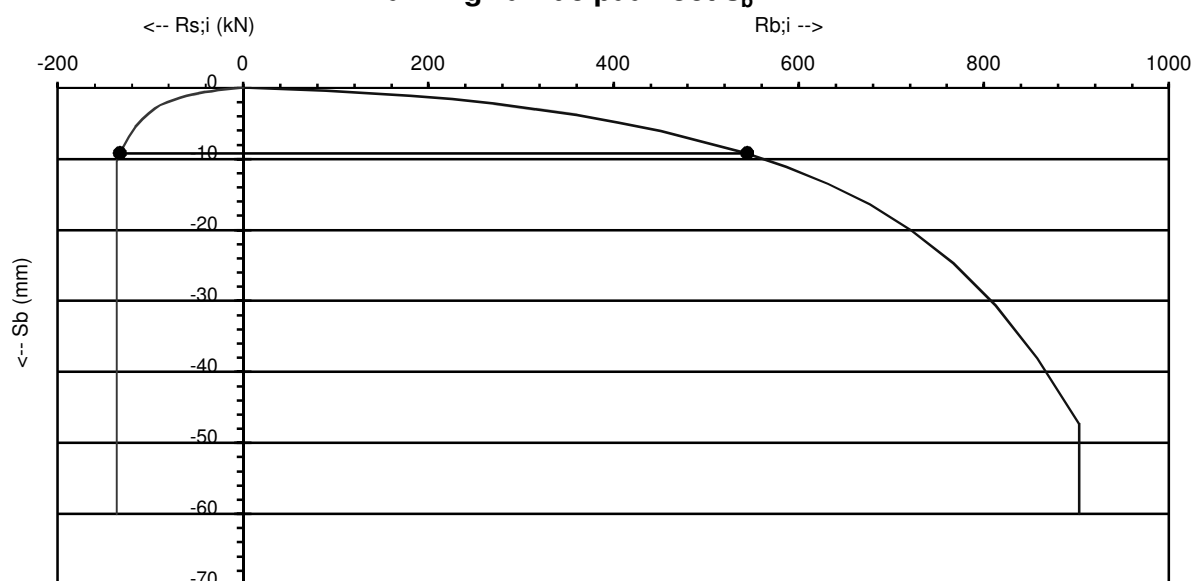
Rekenmethode volgens NEN 9997-1+ C1:2012, waarin NEN-EN 1997-1:2012 is opgenomen

Paalkopzakking  $s = s_1 + s_2$

$s_1 = s_b + s_{el}$

Paaltype	:	Fundex paal		
Schachtafmeting	$d_s$	: Ø 380 mm	$d_{eq}$	: 380 mm
Puntafmeting	$D_p$	: Ø 450 mm	$D_{eq}$	: 450 mm
Schachtdoorsnede	:	0,113 m <sup>2</sup>		
E-modulus paalschacht	:	20.000 N/mm <sup>2</sup>	alleenstaande paal	
Sondering	:	2	$m$	: 0,96 (-)
Paalkopniveau	:	-0,50 m NAP	$\sigma'_{v,4D}$	: 0 kPa
Paalpuntniveau	:	-18,50 m NAP	$A_{4D}$	: 0,0 m <sup>2</sup>
Begin afdracht positieve kleeft	:	-17,00 m NAP	$E_{ea,gem}$	: 60 MPa
Representatieve paalkopbelasting $F_{c,rep}$	:	560 kN		
Representatieve negatieve kleeft $F_{nk,rep}$	:	118 kN		
Maximale draagkracht paalpunt	$R_{b,cal,max}$	: 1174 kN	Correlatiefactor $\xi_3$	: 1,30 (-)
Maximale schachtwrijving statisch	$R_{s,cal,max}$	: 177 kN	Materiaalfactoren $\gamma_b, \gamma_s$	: 1,00 (-)
Extra schachtwrijving bij korte duur	$R_{s,cal,max}$	: 0 kN		

## zakking van de paalvoet $s_b$



$R_{b,max;i}$	:	903 kN
$R_{s,max;i}$	:	136 kN
$R_{b,i}$	:	545 kN
$R_{s,i}$	:	133 kN
$R_{s,korte\ duur;i}$	:	0 kN
$s_b$	:	9,3 mm
$s_{el}$	:	4,9 mm
$s_1$	:	14,2 mm
$s_2$	:	0,0 mm
$s$	:	14,2 mm
veerstijfheid paalkop $k_{v,rep}$	:	39.500 kN/m1
$\gamma_{m,kh}$	:	1,3 (-)
rekenwaarde veerstijfheid $k_{v,d}$	:	30.400 kN/m1

# BEPALING PAALKOPZAKKING VOOR STATISCHE BELASTING

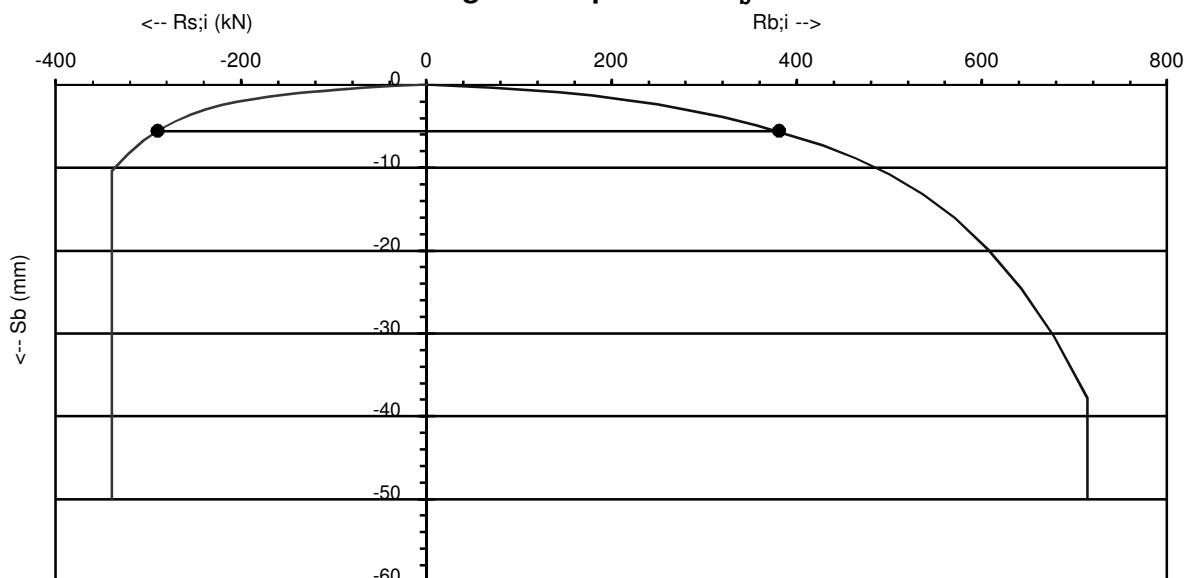
Rekenmethode volgens NEN 9997-1+ C1:2012, waarin NEN-EN 1997-1:2012 is opgenomen

Paalkopzакking  $s = s_1 + s_2$

$s_1 = s_b + s_{el}$

Paaltype	:	DPA paal		
Schachtafmeting	$d_s$	: Ø 360 mm	$d_{eq}$	: 360 mm
Puntafmeting	$D_p$	: Ø 360 mm	$D_{eq}$	: 360 mm
Schachtdoorsnede	:	0,102 m <sup>2</sup>		
E-modulus paalschacht	:	20.000 N/mm <sup>2</sup>	alleenstaande paal	
Sondering	:	2	$m$	: 0,96 (-)
Paalkopniveau	:	-0,50 m NAP	$\sigma'_{v;4D}$	: 0 kPa
Paalpuntniveau	:	-20,00 m NAP	$A_{4D}$	: 0,0 m <sup>2</sup>
Begin afdracht positieve kleeft	:	-17,00 m NAP	$E_{ea,gem}$	: 60 MPa
Representatieve paalkopbelasting $F_{c;rep}$	:	560 kN		
Representatieve negatieve kleeft $F_{nk;rep}$	:	111 kN		
Maximale draagkracht paalpunt	$R_{b;cal;max}$	: 928 kN	Correlatiefactor $\xi_3$	: 1,30 (-)
Maximale schachtwrijving statisch	$R_{s;cal;max}$	: 441 kN	Materiaalfactoren $\gamma_b, \gamma_s$	: 1,00 (-)
Extra schachtwrijving bij korte duur	$R_{s;cal;max}$	: 0 kN		

## zakking van de paalvoet $s_b$



$R_{b;max;i}$	:	714 kN
$R_{s;max;i}$	:	339 kN
$R_{b;i}$	:	382 kN
$R_{s;i}$	:	290 kN
$R_{s;korte\ duur;i}$	:	0 kN
$s_b$	:	5,6 mm
$s_{el}$	:	5,8 mm
$s_1$	:	11,4 mm
$s_2$	:	0,0 mm
$s$	:	11,4 mm
veerstijfheid paalkop $k_{v;rep}$	:	49.300 kN/m1
$\gamma_{m;kh}$	:	1,3 (-)
rekenwaarde veerstijfheid $k_{v;d}$	:	37.900 kN/m1