



Verbouwing en aanbouw aan de Lagedijk 15 te Schalkwijk

Documentnummer: 23ZP0537-adv-01

Verbouwing en aanbouw aan de Lagedijk 15 te Schalkwijk

Opdrachtnummer: 23ZP0537

Rapport betreffende
Fundering

Documentnummer
23ZP0537-adv-01

Versie
1.0

Datum rapport
12 juni 2023

Opdrachtgever
[REDACTED]
Lagedijk 15
3998 KA Schalkwijk

INHOUDSOPGAVE

1. INLEIDING	1
2. PROJECTGEGEVENS	2
2.1 Projectlocatie	2
2.2 Historie projectlocatie	2
2.3 Omgeving	2
2.4 Onderzoek derden	2
2.5 Tot slot	2
3. BODEMOPBOUW EN GRONDWATER.....	3
3.1 Hoogteligging maaiveld	3
3.2 Beschrijving bodemopbouw.....	3
4. FUNDERING	4
4.1 Funderingswijze	4
4.2 Uitgangspunten.....	4
4.3 Beschrijving paalsysteem	5
4.3.1 Avegaarpalen	5
4.3.2 Schroefinjectiepalen (geschroefde stalen buispaal).....	5
4.4 Richtlijnen fundering nieuwbouw / fundering belending en bestaande bebouwing.....	6
4.4.1 Belending op staal.....	6
4.4.2 Belending op palen.....	6
4.5 Richtlijnen sloop bestaande bebouwing	7
4.6 Paalpuntniveau	7
4.7 Draagkracht op druk	7
4.8 Vervorming	8
4.9 Veercoëfficiënt	8
4.10 Richtlijnen uitvoering en kwaliteitszorg	9
4.10.1 Richtlijnen uitvoering en kwaliteitszorg avegaarpalen	9
4.10.2 Richtlijnen uitvoering en kwaliteitszorg schroefinjectiepalen	9

BIJLAGEN:

- A Gehanteerde sondeergrafieken uitgevoerd door derden
- B Berekening fundering
 - B1 Berekening fundering – avegaarpalen
 - B2 Berekening fundering – schroefinjectiepalen – lage alfa p
 - B3 Berekening fundering – schroefinjectiepalen – hoge alfa p
- C Algemene richtlijnen uitvoering
 - C1 Algemene richtlijnen uitvoering avegaarpalen
 - C2 Algemene richtlijnen uitvoering schroefinjectiepalen

VERZENDLIJST:

Per mail aan Ingenieursbureau Ulehake te Oss, t.a.v. dhr. K. Sanders (KaySanders@ulehake.nl)

1. INLEIDING

Ten behoeve van de “Verbouwing en aanbouw aan de Lagedijk 15 te Schalkwijk” wordt door ons bureau op verzoek van ██████████ uit Schalkwijk in voorliggend rapport een funderingsadvies gegeven.

Het advies is gebaseerd op de ons verstrekte gegevens en het geotechnisch onderzoek dat door derden op de projectlocatie is uitgevoerd.

2. PROJECTGEGEVENS

2.1 Projectlocatie

De projectlocatie is gelegen aan de Lagedijk 15 te Schalkwijk.

Het plan omvat de verbouwing van een bestaande schuur en een aanbouw/nieuwbouw.

Volgens opgave is ter plaatse van sonderingen 1 t/m 3 een nieuwbouw gepland en ter plaatse van sonderingen 4 en 5 is een in pandige verbouwing van een onderheide begane grondvloer in een bestaande schuur. In het ontwerp is geen kelder opgenomen.

Zowel de dragende constructie als de vloer zal op palen worden gefundeerd.

2.2 Historie projectlocatie

Omtrent de historie van de projectlocatie zijn ons geen gegevens bekend. Als er om enige reden aanleiding is om te veronderstellen dat sprake kan zijn van bijvoorbeeld geroerde grond of obstakels en verontreinigingen, dan dient te worden nagegaan in hoeverre dit mogelijk een knelpunt is voor het ontwerp of de uitvoering.

2.3 Omgeving

De verbouwing is binnen een bestaande bebouwing geprojecteerd.

Nadere gegevens omtrent de exacte afstand tot deze bebouwing, de aard, de conditie en funderingswijze van de bebouwing zijn ons niet bekend.

2.4 Onderzoek derden

Op de locatie is door derden (Konings grondboorbedrijf, opdrachtnummer 2386, ,meetdatum d.d. 31 maart 2023) een grondonderzoek verricht. Dit grondonderzoek heeft bestaan uit 5 sonderingen. De resultaten van het onderzoek zijn aan ons bureau verstrekt als GEF-bestanden voor verdere verwerking.

Opgemerkt wordt dat ons bureau voor wat betreft de verstrekte informatie geen verantwoordelijkheid kan nemen voor eventuele onjuistheden en/of onvolledigheden.

2.5 Tot slot

Geadviseerd wordt om genoemde gegevens alsmede de elders in dit rapport gehanteerde aannamen en uitgangspunten te verifiëren voordat met de resultaten uit dit rapport wordt verder gewerkt.

3. BODEMOPBOUW EN GRONDWATER

3.1 Hoogteligging maaiveld

De hoogte van het maaiveld ter plaatse van de sondeerpunten varieerde ten tijde van het onderzoek, uitgevoerd door derden, van 0,63 m + tot 1,05 m + NAP.

3.2 Beschrijving bodemopbouw

Vanaf het maaiveld worden tot ca. 6,0 m - NAP weinig vaste, samendrukbare klei- en veenafzettingen gevonden met een geringe conusweerstand. Hieronder wordt tot 12,0 m - à 15,0 m – NAP een matig vast tot vast zandpakket geregistreerd met een conusweerstand van 6 tot 10 à 20 MPa. Vervolgens worden tot 16,5 m - à 18,0 m - NAP weinig vaste zandhoudende kleiafzettingen gevonden met een geringe conusweerstand. Tenslotte wordt tot de maximaal verkende diepte (19,0 m - NAP) een vast zandpakket aangetroffen met een conusweerstand van 6 tot 10 à 25 MPa.

4. FUNDERING

4.1 Funderingswijze

De bodemopbouw in combinatie met de aard van de nieuwbouw geeft aanleiding uit te gaan van een fundering op palen. In dit rapport wordt op verzoek van de constructeur een fundering op avegaarpalen (ter plaatse van sonderingen 1 t/m 3) en schroefinjectiepalen (ter plaatse van sonderingen 4 en 5) nader uitgewerkt.

Tijdens de uitvoering worden bij dit paaltype nagenoeg geen trillingen opgewekt en is er vanuit dit oogpunt geen risico voor schade aan bebouwing in de omgeving.

De draagkracht van een schroefinjectiepaal is afhankelijk van of het schroefblad op en neer wordt bewogen in de zandlagen waaraan het draagvermogen wordt ontleend. Of het schroefblad op en neer moet worden bewogen is afhankelijk van het in te zetten materieel in relatie tot de bodemopbouw.

In dit rapport is voor beide situaties het draagvermogen bepaald. De leverancier dient aan te geven welke werkwijze wordt gehanteerd.

De aanwezigheid van slappe lagen beneden maaiveld legt beperkingen op aan de vervaardiging van met name de avegaarpalen. Van belang is dat de uitvoerende partij aantoonbare expertise heeft in vergelijkbare grondslag. De expertise dient eruit te bestaan dat men de betonsamenstelling en uitvoering (wijze van trekken, treksnelheid en betontoevoer) weet af te stemmen op de beperkte steundruk van de boorgatwand. Dit om 1) het beton omhoog te kunnen krijgen en het oververbruik te beperken, 2) te komen tot een schachtdoorsnede die zich laat controleren door middel van akoestisch doormeten en 3) te komen tot een paalschacht via welke de belasting op de diepere zandlagen kan worden overgedragen.

Van belang is dat de locatie toegankelijk en begaanbaar is voor het materieel waarmee de palen worden gemaakt en dat op de locatie voldoende werkruimte aanwezig is.

Dicht onder maaiveld komen bodemlagen voor met een geringe vastheid en een beperkte waterdoorlatendheid. Van belang is dat de locatie voldoende droog en begaanbaar is voor het materieel waarmee de palen worden gemaakt. Geadviseerd wordt om zo nodig in overleg met de palenleverancier maatregelen te treffen om de begaanbaarheid te verbeteren.

4.2 Uitgangspunten

- Projectgegevens zoals beschreven in hoofdstuk 2.
- Resultaten grondonderzoek van derden (Konings grondboorbedrijf, opdrachtnummer 2386, meetdatum d.d. 31 maart 2023).
- Het project is ingedeeld in Geotechnische Categorie 2.
- Fundering op avegaarpalen en schroefinjectiepalen.
- Funderingselementen worden verticaal centrisch belast.
- De berekening van het paal draagvermogen en de vervormingen is gebaseerd op NEN 9997-1:2017 (geotechnisch ontwerp van constructies).
- Voor de berekening van de draagkracht zijn de navolgende factoren aangehouden.

Avegaarpalen

- paalklasse punt	$\alpha_p = 0,56$
- paalvoetvorm	$\beta = 1,0$
- paalvoetdwarsdoorsnede	$s = 1,0$
- paalklasse schacht	$\alpha_s = 0,006$

Schroefinjectiepalen (geschroefde stalen buispalen)

- paalklasse punt $\alpha_p = 0,35$ of $0,63^1$
- paalvoetvorm $\beta = 1,0$
- paalvoetdwarsdoorsnede $s = 1,0$
- paalklasse schacht $\alpha_s = 0,008^2$

(Diameter paal over de volledige lengte gelijk aan de diameter van het schroefblad)

- Er wordt aangenomen dat de oorspronkelijke, op natuurlijke wijze gesedimenteerde bodemopbouw aanwezig is.
- Het terrein zal niet significant worden opgehoogd of ontgraven.
- Er is rekening gehouden met negatieve kleef op de palen.
- De in dit rapport berekende draagkracht betreft het geotechnisch draagvermogen dat wordt ontleend aan de ondergrond. Door de constructeur moeten constructieve aspecten van de funderingspalen, waaronder de sterkte, worden beoordeeld.

4.3 Beschrijving paalsysteem

4.3.1 Avegaarpalen

- Een avegaarpaal is een in de grond gevormde paal.
- De paal wordt gemaakt middels een avegaar die bestaat uit een holle as met daar omheen een doorgaand schroefblad.
- De avegaar die aan de onderzijde is voorzien van een losse afdichting (deksel), wordt op maaiveld geplaatst en vervolgens rechtsom draaiend en grondverwijderend op diepte geschroefd.
- De holle buis van de avegaar wordt vervolgens volgepompt met mortel- of betonspecie.
- Ten behoeve van het lossen van het deksel wordt de avegaar circa 0,1 m gelicht, waarna de avegaar stilstaand of langzaam rechtsom roterend uit de grond wordt getrokken en zodoende de paalschacht wordt gevormd. Gedurende dit proces moet het gehele systeem onder een voldoende speciedruk worden gehouden.
- Direct na het vervaardigen van de paalschacht wordt de wapening in de verse specie aangebracht. De paal wordt afgewerkt en de stelling kan worden verplaatst.
- In beginsel dienen de palen gemaakt te worden vanaf een zodanig werkniveau dat de stijghoogte van grondwater in de dieper gelegen watervoerende zandlagen niet hoger is dan de freatische grondwaterstand.
- Voor het opnemen van eventuele trekbelastingen dienen de palen over de volledige lengte te zijn gewapend.

4.3.2 Schroefinjectiepalen (geschroefde stalen buispaal)

- Een schroefinjectiepaal is een stalen buispaal die op diepte wordt geschroefd met gelijktijdige injectie van mortel- of groutspecie waarbij geen grond wordt verwijderd.
- Afhankelijk van de paallengte en de beschikbare werkruimte en werkhoogte wordt de paal opgebouwd uit aan elkaar te lassen stalen buiselementen.
- Het eerste element is voorzien van twee halve, tegengesteld geplaatste schroefbladen en een injectieopening,

¹ Draagkracht factoren voor schroefinjectiepalen op basis van NEN 9997-1: 2017. De hoge factor geldt onder de voorwaarde dat de paal schroevend op diepte wordt gebracht zonder dat het schroefblad op en neer wordt gehaald over de laatste 8 x de paaldiameter. Bovendien moet de paal na het op diepte komen onder verhoogde druk worden afgeperst en vastgedraaid. Indien om uitvoeringstechnische redenen niet aan deze voorwaarde kan worden voldaan dient rekening gehouden te worden met een lagere paalklasse factor α_p van 0,35 en dus een lager paal draagvermogen. In dit rapport is voor beide α_p -waarden de draagkracht berekend.

² Deze draagkrachtfactor is afgestemd op tabel 7.c van NEN 9997-1: 2017.

- De elementen worden door middel van een hydraulische boormotor ingedreven onder invloed van een boormoment en een axiale drukkracht.
- In de draagkrachtige lagen wordt het zand laagsgewijs afgeschraapt en vermengd met de uitkomende specie.
- Bij harde en/of moeilijk te doorboren lagen kan de paal schroevend op en neer worden bewogen ter bevordering van het inbrengproces. Als dit op en neer bewegen echter geschiedt in bodemlagen waaraan de paal zijn puntdraagvermogen ontleent, betekent dit dat moet worden uitgegaan van lagere paalklassefactoren en dus een lager draagvermogen dan in dit rapport berekend. Of het op en neer bewegen om uitvoeringstechnische redenen nodig is, is ter beoordeling van de leverancier.
- De specie in de buis wordt gedurende het boorproces onder een zekere overdruk gehouden.
- In de lagen waaraan de paal zijn draagkracht ontleent wordt de paaldiameter minimaal gelijk aan de diameter van het schroefblad.
- De hechting tussen het groutlichaam en de buis dient zodanig te zijn dat de belasting vanuit de constructie via de buis en het groutlichaam op de ondergrond kan worden overgedragen. Dit is met name van belang wanneer in de lagen waaraan geen draagkracht wordt ontleend, wordt uitgegaan van een geringere groutdiameter. Vanuit dit oogpunt wordt geadviseerd om het groutlichaam door te zetten tot de onderkant van de funderingsbalken.
- De stalen buis blijft achter en vormt een onderdeel van de paal.
- De paalkop wordt afgewerkt en de stelling kan worden verplaatst.
- Van belang is dat de locatie toegankelijk is voor het materieel waarmee de palen worden gemaakt en dat op de locatie voldoende werkruimte aanwezig is. Geadviseerd wordt hieromtrent tijdig te overleggen met de paalleverancier.

4.4 Richtlijnen fundering nieuwbouw / fundering belending en bestaande bebouwing

Ten aanzien van de fundering van bestaande bebouwing en belendingen zijn ons geen exacte gegevens bekend.

4.4.1 Belending op staal

De belending is gefundeerd op staal. Door het aanbrengen van de nieuwe palen mag het functioneren van de bestaande fundering niet worden geschaad.

Nabij een fundering op staal wordt in het algemeen geadviseerd om van het volgende uit te gaan:

- Bij de opzet van een palenplan er naar streven om zo weinig mogelijk palen dicht op de belending te plaatsen en een zo groot mogelijke afstand tot de belending aan te houden.
- Bij een geringe onderlinge afstand de palen niet aansluitend uitvoeren, maar bijvoorbeeld om en om.
- Palen maken vanaf een werkniveau dat minstens 0,50 m hoger ligt dan het aanlegniveau van de belendende fundering.

4.4.2 Belending op palen

Bij een belending op palen is het wenselijk om een zekere afstand aan te houden tussen de palen onder de nieuwbouw en de belending. Voor wat betreft de minimaal te hanteren afstand zijn geen landelijke normen of officiële richtlijnen voorhanden. Door ons bureau wordt over het algemeen aanbevolen om van de navolgende minimumafstanden uit te gaan.

- Paalpuntniveau onder de nieuwbouw hoger dan of gelijk aan puntniveau van bestaande palen: hart op hartafstand minimaal $4 D_{eq}$
- Paalpuntniveau tot maximaal 2 m beneden het puntniveau van de bestaande palen: hart op hart afstand $5 D_{eq}$ met een minimum van 2 m.
- Paalpuntniveau dieper dan 2 meter beneden puntniveau van bestaande palen: hart op hart afstand $4,5 D_{eq} + 1,0$ m. Het is nodig deze situatie te detailleren en hieromtrent te overleggen met ons bureau.

D_{eq} betreft in dit geval de grootste equivalente doorsnede van de bestaande dan wel de nieuwe palen.

4.5 Richtlijnen sloop bestaande bebouwing

Met de sloop van de bestaande bebouwing dient de ondergrond zo min mogelijk te worden geroerd. Eventuele ontgravingen dienen deugdelijk te worden aangevuld. Palen mogen niet zonder meer worden getrokken.

Het trekken kan aanleiding geven tot gaten en ontspanning in de ondergrond. Als de palen bovendien niet geheel worden verwijderd kunnen ongezien resten achter blijven in de bodem.

Deze aspecten kunnen van invloed zijn op de uitvoering en daarmee op de kwaliteit van de nieuwe palen. Te denken valt aan verloop van de nieuwe palen, beïnvloeding van het draagvermogen en van de gesteldheid van de palen.

Op dit moment zijn ten aanzien van de bestaande fundering geen volledige gegevens bekend. Geadviseerd wordt om gegevens betreffende de fundering zo veel mogelijk te achterhalen (funderingswijze; indien op palen: paaltype, -afmeting, -puntniveaus, palenplan en gegevens betreffende misstanden en/of andere afwijkingen van het palenplan).

Indien bestaande palenplannen beschikbaar zijn wordt geadviseerd om deze op één tekening te combineren met het nieuwe palenplan, zodat eventuele knelpunten tijdig kunnen worden gesignaleerd.

Indien geen bestaande palenplannen beschikbaar zijn wordt geadviseerd om voorafgaand aan de sloop zo veel mogelijk te achterhalen waar de palen zullen zijn gesitueerd. Met de sloop van de bestaande bouw wordt aanbevolen om de locatie van de bestaande palen in te meten. De aangetroffen situatie moet uiteraard worden getoetst aan de tekening.

Na dient te worden gegaan in hoeverre de gegevens van invloed zijn op de inhoud van dit rapport (met name paalpuntniveaus en paal draagvermogens).

4.6 Paalpuntniveau

In de tabel worden per sondering de paalpuntniveaus gegeven waarvoor de draagkracht is berekend.

Tabel 1. Paalpuntniveau.

Sondering nr.	Hoogte maaiveld ¹⁾ [m t.o.v. NAP]	Paalpuntniveau [m t.o.v. NAP]	
		avegaarpalen	Schroefinjectiepalen
DKM-1	0,63 m +	7,5 m - tot 9,0 m -	---
DKM-2	0,74 m +	7,5 m - tot 9,0 m -	---
DKM-3	1,05 m +	7,5 m - tot 9,0 m -	---
DKM-4	0,92 m +	---	7,0 m - tot 8,0 m -
DKM-5	1,00 m +	---	7,0 m - tot 8,0 m -

1) Niveau ten tijde van onderzoek uitgevoerd door derden

Bij vermelding “--- tot ---” komen ook de tussenliggende niveaus in aanmerking.

4.7 Draagkracht op druk

Het draagvermogen van een paal bestaat uit de som van het puntdraagvermogen en het schachtdraagvermogen. Voor de berekening van het puntdraagvermogen is onder meer de paalklassefactor α_p benodigd.

Uit onderzoek van Delft Cluster en CUR blijkt dat een verlaging met 30% van de α_p -waarde nodig is om te voldoen aan het in Nederland overeengekomen veiligheidsniveau. De verlaagde α_p -waarden zijn inmiddels opgenomen in NEN 9997-1:2017.

Voor een voldoende draagkracht dient de centrisch aangrijpende maximale paalbelasting kleiner te zijn dan de netto draagkracht van de palen: $F_{c;d} \leq R_{c;d} - F_{nk;d}$ of te wel $F_{c;d} \leq R_{c;d;netto}$. Het draagvermogen is bepaald voor avegaarpalen met een schachtdiameter van 0,30 m, 0,35 m en 0,40 m en voor schroefinjectiepalen met een schachtdiameter van 0,20 m, 0,25 m en 0,30 m.

Voor een overzicht van de paalpuntniveaus en de berekende draagvermogens per sondering, paalafmeting en puntniveau wordt verwezen naar bijlage B1 (Berekening fundering – avegaarpalen) op pagina 1 t/m 3 en naar bijlage B2 (Berekening fundering – schroefinjectiepalen – lage alfa p) en naar bijlage B3 (Berekening fundering – schroefinjectiepalen – hoge alfa p) op pagina 1 en 2.

Op pagina 10 en 11 van bijlage B1 (Berekening fundering – avegaarpalen) en op pagina 6 en 7 van bijlage B2 (Berekening fundering – schroefinjectiepalen – lage alfa p) en bijlage B3 (Berekening fundering – schroefinjectiepalen – hoge alfa p) is voor een sondering een voorbeeldberekening gegeven met verwijzing naar de van toepassing zijnde artikelen uit de norm.

Bij de opzet van een palenplan dient het draagvermogen dat voor een bepaald puntniveau aan een paal wordt toegekend, in beginsel te zijn afgestemd op het maatgevende laagste draagvermogen dat op dit niveau voor de relevante omliggende sonderingen is berekend.

De vermelde draagkracht betreft het geotechnisch draagvermogen dat wordt ontleend aan de ondergrond. Door de constructeur moeten constructieve aspecten van de funderingspalen, waaronder de sterkte, worden beoordeeld.

4.8 Vervorming

De vervormingen binnen de funderingsconstructie dienen zodanig te zijn dat in de bouwconstructie geen uiterste grenstoestand of bruikbaarheidsgrenstoestand wordt overschreden.

Tenzij specifieke vervormingseisen zijn gesteld wordt voor de uiterste grenstoestand veelal een relatieve rotatie β van maximaal 1:100 aangehouden. Voor de bruikbaarheidstoestand wordt in het algemeen aangenomen dat de scheefstand ω en/of de relatieve rotatie β de waarde van 1:300 niet mag overschrijden.

Uiterste Grenstoestand:	-Rotatiecriterium:	$\Delta s/\ell \leq 1:100$
Bruikbaarheidstoestand:	-Rotatiecriterium:	$\Delta s/\ell \leq 1:300$

Bij overschrijding van de bruikbaarheidstoestand zijn de vervormingen van dien aard dat binnen de bouwconstructie ongewenst verlies aan bruikbaarheid optreedt. In de regel zal deze toestand maatgevend zijn.

Vervormingen binnen de funderingsconstructie kunnen indicatief worden bepaald aan de hand van de last-zakkingsresultaten die zijn toegevoegd aan bijlage B1 (Berekening fundering – avegaarpalen) op pagina 4 t/m 9 (enkele sonderingen en paalpuntniveaus) en aan bijlage B2 (Berekening fundering – schroefinjectiepalen – lage alfa p) en aan bijlage B3 (Berekening fundering – schroefinjectiepalen – hoge alfa p) op pagina 3 t/m 5 (sondering 4 op 7,5 m - NAP).

Voor het zakkingsverschil kan in eerste instantie tenminste een derde van de berekende maximale paalkopzакking worden aangehouden tussen twee palen of meerpaalspoeren met een onderlinge afstand ℓ . Indien bijvoorbeeld door belastingvariaties of verschillen in paalpuntniveau lokaal een groter zakkingsverschil optreedt, dan moet deze grotere waarde in rekening worden gebracht.

4.9 Veercoëfficiënt

Voor de statische secant veercoëfficiënt van de kop van een vrijstaande op druk belaste paal geldt $k_{v;rep} = F_{c;rep} / s_{1;bgt}$ waarbij s_1 de paalkopzакking betreft als zijnde de som van s_{el} , de elastische verkorting van de paal en s_b , de zакking van de paalpunt nodig voor het mobiliseren van het paal draagvermogen. De rekenwaarde van de veercoëfficiënt is bepaald als $k_{v;d} = k_{v;rep} / \gamma_{m;k}$ waarbij $\gamma_{m;k} = 1,3$.

Bij concentraties van palen waarbij de hart-op-hart-afstand kleiner is dan tien maal de kleinste paalvoetdoorsnede, dient in principe in de paalkopzakking, de zakking te worden verdisconteerd in de lagen beneden het niveau van vier maal de kleinste dwarsafmeting van de paalpunt.

Voor de veercoëfficiënt geldt in dat geval $k_{v,rep} = F_{c,rep} / (s_{1;bgt.} + s_{2;bgt.})$ waarbij s_2 de extra zakking is als gevolg van het groepseffect in de dieper gelegen lagen.

Uitgaande van de last-zakkingsgrafiek voor de bruikbaarheidstoestand is sprake van een niet lineaire veer karakteristiek. In dit rapport is ter indicatie voor enkele sonderingen en paalpuntniveaus, met intervallen van 10% de statische veerstijfheid berekend voor een belasting variërend van 10 tot 100 % van de paalcapaciteit.

Voor de veercoëfficiënten wordt verwezen naar bijlage B1 (Berekening fundering – avegaarpalen) op pagina 4 t/m 9 (enkele sonderingen en paalpuntniveaus) en aan bijlage B2 (Berekening fundering – schroefinjectiepalen – lage alfa p) en aan bijlage B3 (Berekening fundering – schroefinjectiepalen – hoge alfa p) op pagina 3 t/m 5 (sondering 4 op 7,5 m - NAP). Opgemerkt wordt dat de gepresenteerde veerstijfheden zijn berekend voor een vrijstaande paal waarbij het hiervoor genoemde groepseffect niet is meegenomen.

4.10 Richtlijnen uitvoering en kwaliteitszorg

4.10.1 Richtlijnen uitvoering en kwaliteitszorg avegaarpalen

Onder bijlage C1 zijn met betrekking tot de toepassing van een fundering op avegaarpalen algemene richtlijnen gegeven. Onder meer wordt ingegaan op het belang van de controle van uitgangspunten en aannamen en op aspecten die van toepassing zijn op het werkterrein, de uitvoering en controle van de paalkwaliteit. Geadviseerd wordt hiervan kennis te nemen.

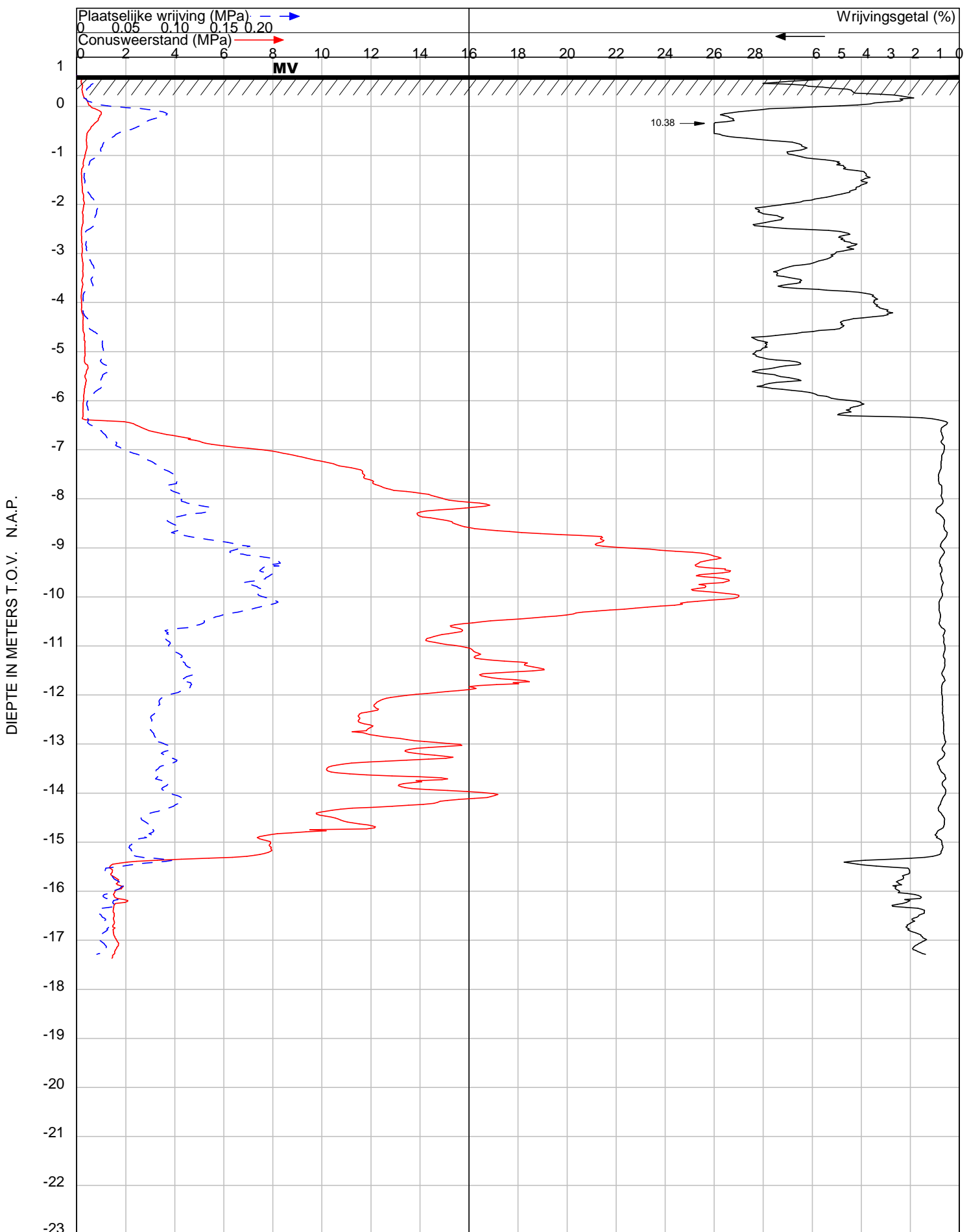
Bij toepassing van avegaarpalen vindt normaliter vijf dagen na het aanbrengen van de palen een kwaliteitscontrole plaats die onder meer inhoudt dat de palen akoestisch worden doorgemeten. Deze controle kan desgewenst door ons bureau worden verzorgd.

4.10.2 Richtlijnen uitvoering en kwaliteitszorg schroefinjectiepalen

Onder bijlage C2 zijn met betrekking tot de toepassing van een fundering op schroefinjectiepalen algemene richtlijnen gegeven. Onder meer wordt ingegaan op de uitvoering in relatie tot de omgeving, het belang van de controle van uitgangspunten en aannamen en op aspecten die van toepassing zijn op het werkterrein en de uitvoering. Geadviseerd wordt hiervan kennis te nemen.

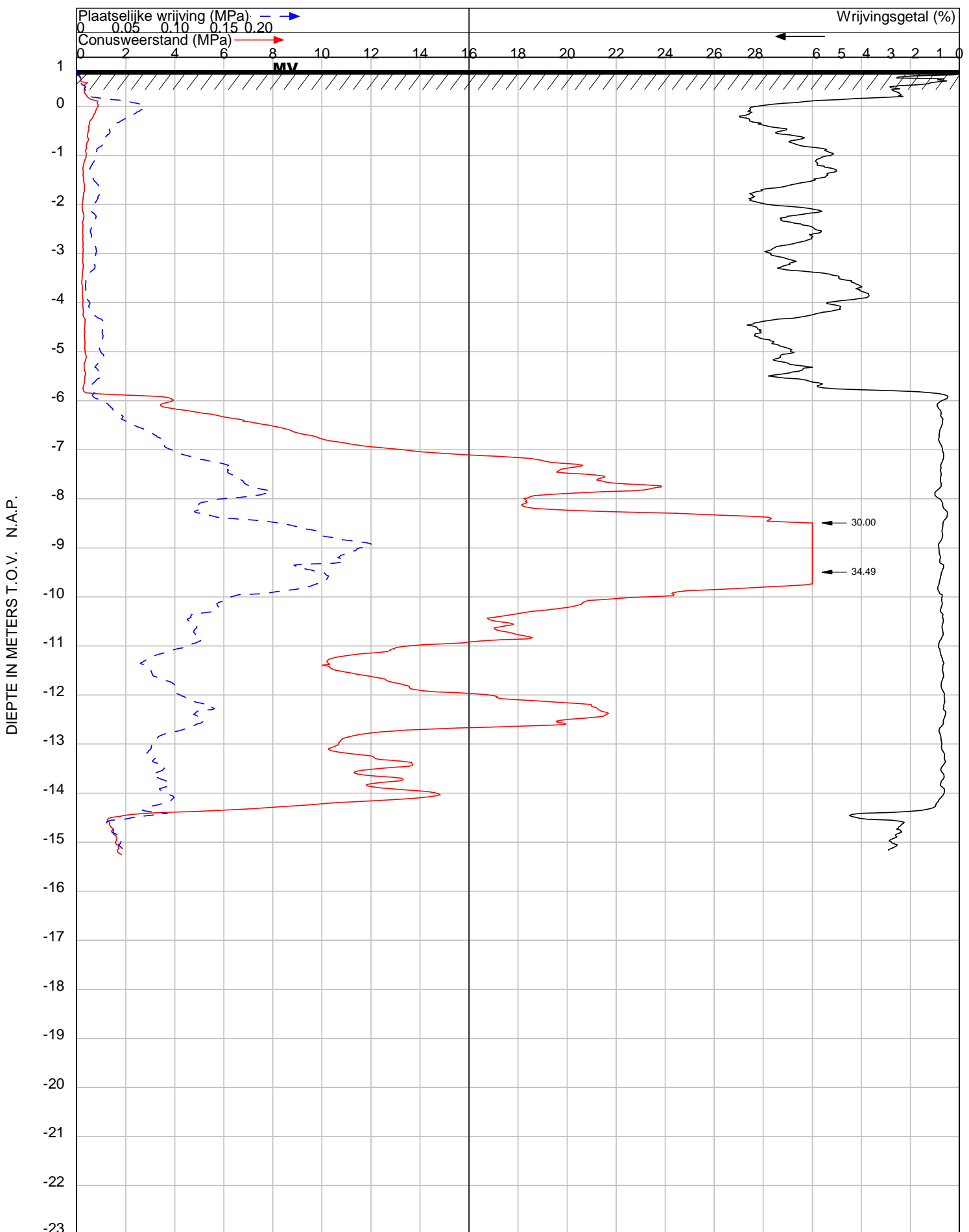
BIJLAGE A

Gehanteerde sondeergrafieken uitgevoerd door
derden



OPDRACHT NR : 2386	SONDEERMEESTER : ██████████
SONDERING : 1	REFERENTIE NIVO : 0.63 m.t.o.v. N.A.P.
DATUM : 31-3-2023 TIJD : 8:51	CONUS TYPE : I-CFY-15 Nr. : 230133
OPDRACHTGEVER : ██████████	HELLINGOPNEMER : ██████████ Nr. :
OMSCHRIJVING : Schalkwijk : Lagedijk 15	EINDWAARDE HELLING : 1.022306
	OPMERKING : Grondwaterstand=0.60m mv.-

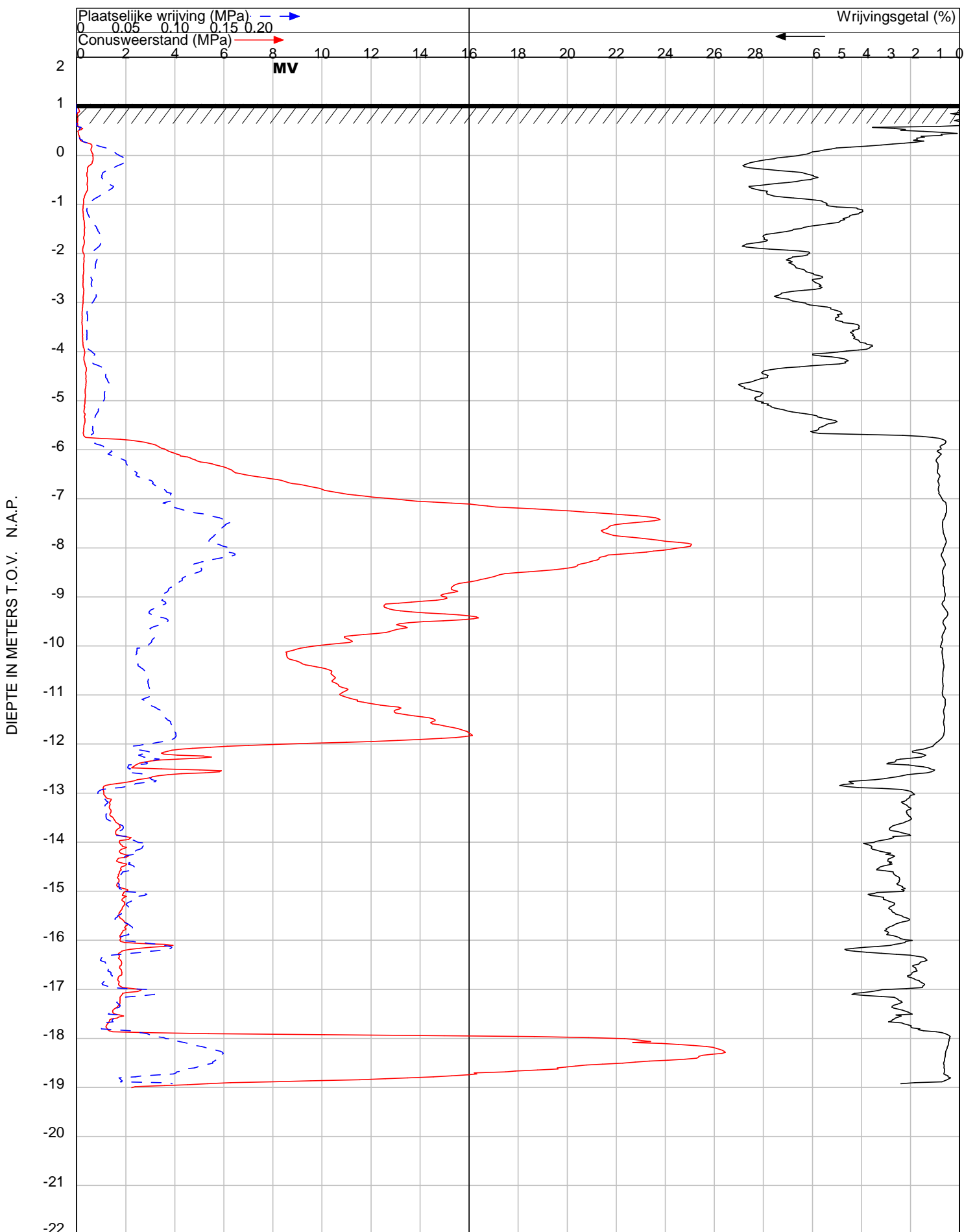
Konings Grondboorbedrijf BV tel 06 54330346 mail: info@sonderingen.nl



DIEPTE IN METERS T.O.V. N.A.P.

OPDRACHT NR : 2386	SONDEERMEESTER : [REDACTED]
SONDERING : 2	REFERENTIE NIVO : 0.74 m.t.o.v. N.A.P.
DATUM : 31-3-2023 TIJD : 10:01	CONUS TYPE : I-CFXY-15 Nr. : 230133
OPDRACHTGEVER : [REDACTED]	HELLINGOPNEMER : Nr. :
OMSCHRIJVING : Schalkwijk : Lagedijk 15	EINDWAARDE HELLING : 1.116784
	OPMERKING :

Konings Grondboorbedrijf BV tel 06 54330346 mail: info@sonderingen.nl



OPDRACHT NR : 2386

SONDERING : 3

DATUM : 31-3-2023 TIJD : 11:05

OPDRACHTGEVER : [REDACTED]

OMSCHRIJVING : Schalkwijk : Lagedijk 15

SONDEERMEESTER : [REDACTED]

REFERENTIE NIVO : 1.05 m.t.o.v. N.A.P.

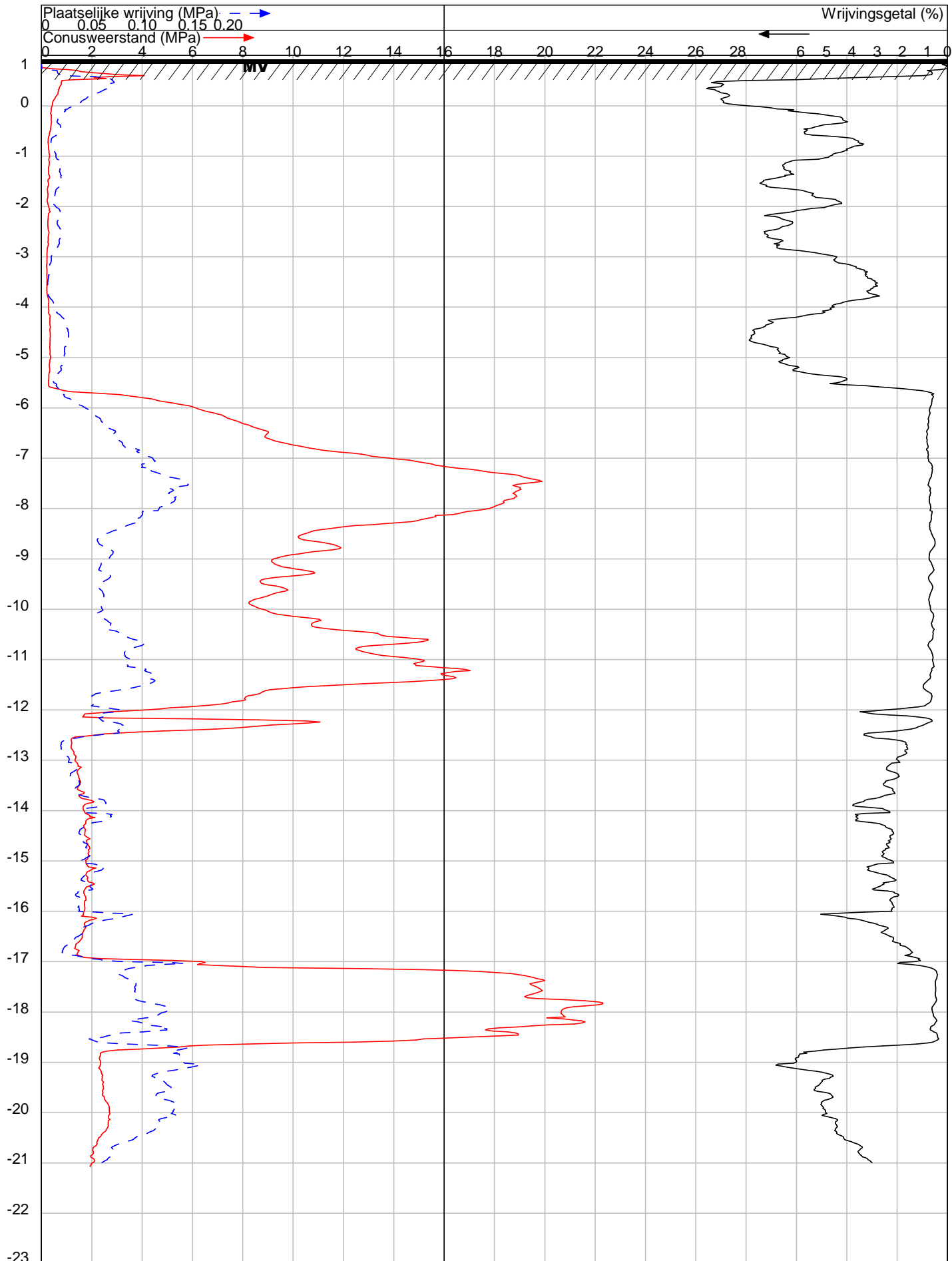
CONUS TYPE : I-CFY-15 Nr. : 230133

HELLINGOPNEMER : Nr. :

EINDWAARDE HELLING : 1.345787

OPMERKING :

DIEPTE IN METERS T.O.V. N.A.P.

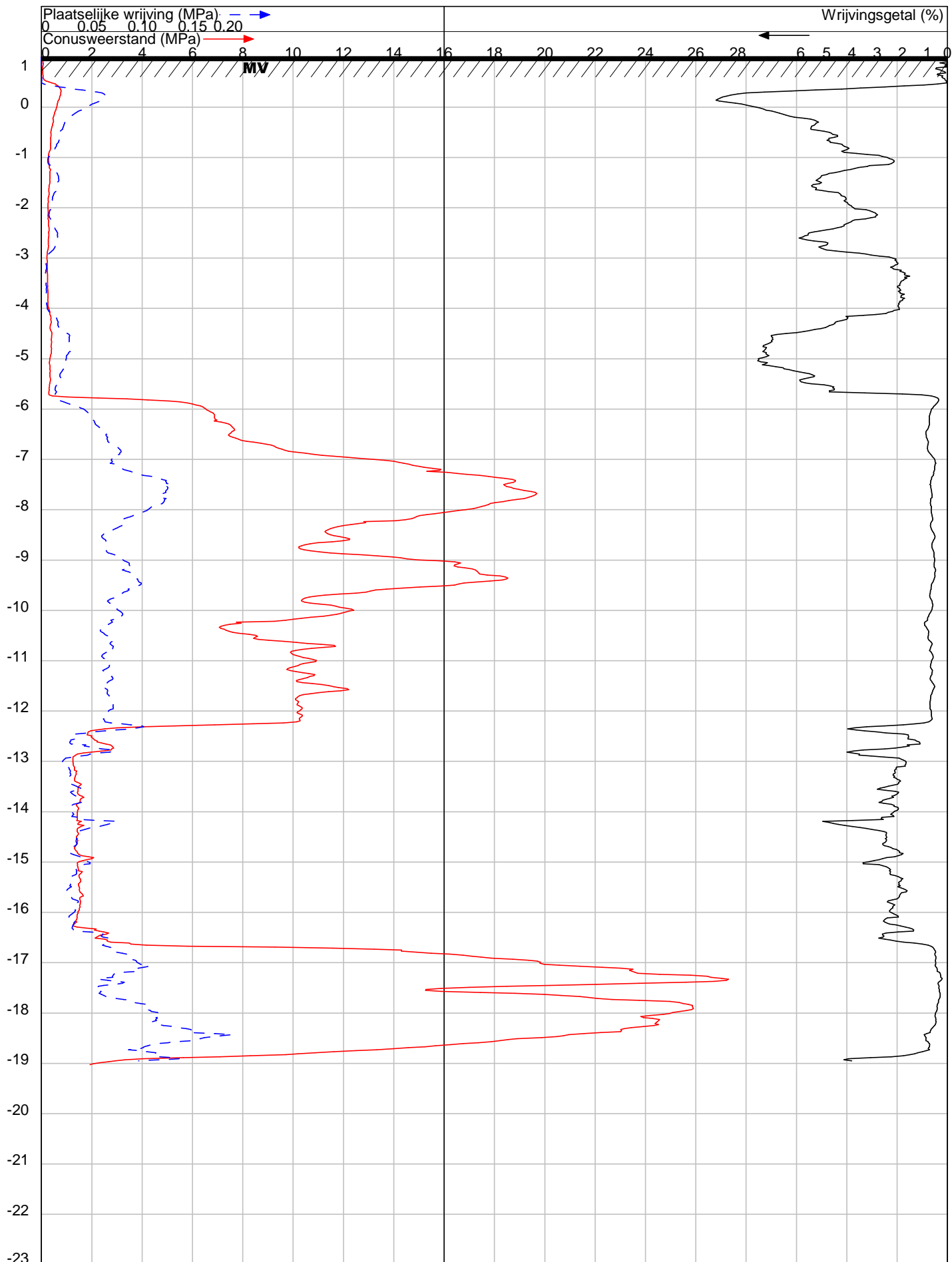


OPDRACHT NR : 2386
SONDERING : 4
DATUM : 31-3-2023 TIJD : 11:37
OPDRACHTGEVER : Dhr van Schip
OMSCHRIJVING : Schalkwijk : Lagedijk 15

SONDEERMEESTER : Ferry van Peer
REFERENTIE NIVO : 0.92 m t.o.v. N.A.P.
CONUS TYPE : I-CFY-15 Nr. : 230133
HELLINGOPNEMER : Nr. :
EINDWAARDE HELLING : 1.286371
OPMERKING :

Konings Grondboorbedrijf BV tel 06 54330346 mail: info@sonderingen.nl

DIEPTE IN METERS T.O.V. N.A.P.



OPDRACHT NR : 2386
SONDERING : 5
DATUM : 31-3-2023 TIJD : 12:010
OPDRACHTGEVER :
OMSCHRIJVING : Schalkwijk : Lagedijk 15

SONDEERMEESTER :
REFERENTIE NIVO : 1.0 m t.o.v. N.A.P.
CONUS TYPE : I-CFXY-15 Nr. : 230133
HELLINGOPNEMER : Nr. :
EINDWAARDE HELLING : 2.855906
OPMERKING :

Konings Grondboorbedrijf BV tel 06 54330346 mail: info@sonderingen.nl

BIJLAGE B

Berekening fundering

BIJLAGE B1

Berekening fundering - avegaarpalen

Paalpuntniveau

In de tabel worden per sondering de paalpuntniveaus gegeven waarvoor de draagkracht is berekend.

Tabel 1. Paalpuntniveau

Sondering nr.	Hoogte maaiveld ¹⁾ [m tov NAP]	Paalpuntniveau [m tov NAP]
DKM-1	0,63	-7,5 tot -9,0
DKM-2	0,74	-7,5 tot -9,0
DKM-3	1,05	-7,5 tot -9,0

1) Niveau ten tijde van onderzoek

Rekenwaarde maximum draagkracht in kN per sondering
Berekening volgens Eurocode 7-1 (NEN 9997 - 1 + C2 : 2017)

Paaltype : **Avegearpaal**

Paalklassefactor punt	: $\alpha_p = 0,56$	Bouwwerk	: niet stijf
Paalvoetvormfactor	: $\beta = 1,0$	Aantal sonderingen	: N = 1
Paalvoetdwarsdoorsnedefactor	: s = 1,0	ξ -factor	: $\xi_3 = 1,39$; $\xi_4 = 1,39$
Paalklassefactor schacht	: $\alpha_s = 0,006$	Materiaalfactor	: $\gamma_b = \gamma_s = 1,20$
		Belastingsfactor neg.kleef	: $\gamma_{f, nk} = 1,0$

Paalafmeting : **0,300 m**

Sonderingen	Hoogte m.v. [m tov NAP]	Paalpunt [m tov NAP]	$R_{c;d, netto}$ [kN]	$q_{b; max}$ [MPa]	$R_{b; cal}$ [kN]	$R_{s; cal}$ [kN]	$R_{c; d}$ [kN]	$F_{nk; d}^*$ [kN]
DKM-1	0,63	-7,50	121	3,6	256	40	178	56
		-8,00	178	4,5	316	76	235	56
		-8,50	231	5,1	364	116	287	56
		-9,00	348	7,3	516	158	404	56
DKM-2	0,74	-7,50	251	5,8	411	84	297	46
		-8,00	268	5,6	397	127	314	46
		-8,50	457	9,5	672	169	504	46
		-9,00	402	7,6	537	212	449	46
DKM-3	1,05	-7,50	244	5,7	400	83	289	45
		-8,00	233	4,8	339	124	278	45
		-8,50	243	4,4	312	167	287	45
		-9,00	229	3,5	248	209	274	45

Paalafmeting : **0,350 m**

Sonderingen	Hoogte m.v. [m tov NAP]	Paalpunt [m tov NAP]	$R_{c;d, netto}$ [kN]	$q_{b; max}$ [MPa]	$R_{b; cal}$ [kN]	$R_{s; cal}$ [kN]	$R_{c; d}$ [kN]	$F_{nk; d}^*$ [kN]
DKM-1	0,63	-7,50	170	3,6	347	47	236	66
		-8,00	242	4,4	425	89	308	66
		-8,50	309	5,1	491	135	375	66
		-9,00	425	6,6	635	184	491	66
DKM-2	0,74	-7,50	337	5,8	555	98	392	54
		-8,00	359	5,6	541	148	413	54
		-8,50	562	8,6	831	197	616	54
		-9,00	495	7,0	670	247	549	54
DKM-3	1,05	-7,50	316	5,4	517	96	368	52
		-8,00	304	4,7	449	145	356	52
		-8,50	301	4,1	394	195	353	52
		-9,00	293	3,4	331	244	345	52

Paalafmeting : **0,400 m**

Sonderingen	Hoogte m.v. [m tov NAP]	Paalpunt [m tov NAP]	$R_{c;d, netto}$ [kN]	$q_{b; max}$ [MPa]	$R_{b; cal}$ [kN]	$R_{s; cal}$ [kN]	$R_{c; d}$ [kN]	$F_{nk; d}^*$ [kN]
DKM-1	0,63	-7,50	228	3,6	452	54	303	75
		-8,00	316	4,4	551	101	391	75
		-8,50	402	5,1	641	154	477	75
		-9,00	500	6,0	749	211	575	75

* Negatieve kleef bepaald voor alleenstaande paal, aan de rand van groep, in één rij en in groep met $D > \sqrt{(10 \times d \times h)}$

Toelichting

Maximum puntweerstand	: $q_{b; max} = 0,5 \cdot \alpha_p \cdot \beta \cdot s \cdot (0,5[q_{c; I; gem} + q_{c; II; gem}] + q_{c; III; gem})$	[par. 7.6.2.3(e)]
Maximum draagkracht punt	: $R_{b; cal} = A_b \cdot q_{b; max}$	[par. 7.6.2.3(e)]
Maximum schachtwrijvingskracht	: $R_{s; cal} = O_p \cdot \Delta L \cdot \alpha_s \cdot q_{c; z; a}$	[par. 7.6.2.3]
Rekenwaarde maximum draagkracht	: $R_{c; d} = (R_{b; cal} / \xi) / \gamma_b + (R_{s; cal} / \xi) / \gamma_s$	[par. 7.6.2.3]
Rekenwaarde negatieve kleef	: $F_{nk; d} = F_{nk} \cdot \gamma_{f; nk}$	[par. 7.3.2.2]
Rekenwaarde netto draagkracht	: $R_{c; d, netto} = R_{c; d} - F_{nk; d}$	[par. 7.6.2.3]

Rekenwaarde maximum draagkracht in kN per sondering
Berekening volgens Eurocode 7-1 (NEN 9997 - 1 + C2 : 2017)

Paaltype : **Avegaarpaal**

Paalklassefactor punt	: $\alpha_p = 0,56$	Bouwwerk	: niet stijf
Paalvoetvormfactor	: $\beta = 1,0$	Aantal sonderingen	: $N = 1$
Paalvoetdwarsdoorsnedefactor	: $s = 1,0$	ξ -factor	: $\xi_3 = 1,39 ; \xi_4 = 1,39$
Paalklassefactor schacht	: $\alpha_s = 0,006$	Materiaalfactor	: $\gamma_b = \gamma_s = 1,20$
		Belastingsfactor neg.kleef	: $\gamma_{f, \text{nk}} = 1,0$

Paalafmeting : **0,400 m**

Sonderingen	Hoogte m.v. [m tov NAP]	Paalpunt [m tov NAP]	$R_{c:d, \text{netto}}$ [kN]	$q_{b: \text{max}}$ [MPa]	$R_{b: \text{cal}}$ [kN]	$R_{s: \text{cal}}$ [kN]	$R_{c: d}$ [kN]	$F_{nk: d}^*$ [kN]
DKM-2	0,74	-7,50	437	5,7	721	112	499	62
		-8,00	464	5,6	708	169	526	62
		-8,50	666	7,9	989	225	728	62
		-9,00	611	6,7	840	282	673	62
DKM-3	1,05	-7,50	390	5,1	639	110	449	60
		-8,00	384	4,6	574	166	444	60
		-8,50	350	3,7	461	223	410	60
		-9,00	366	3,4	432	279	426	60

Berekening volgens Eurocode 7-1 (NEN 9997 - 1 + C2 : 2017)

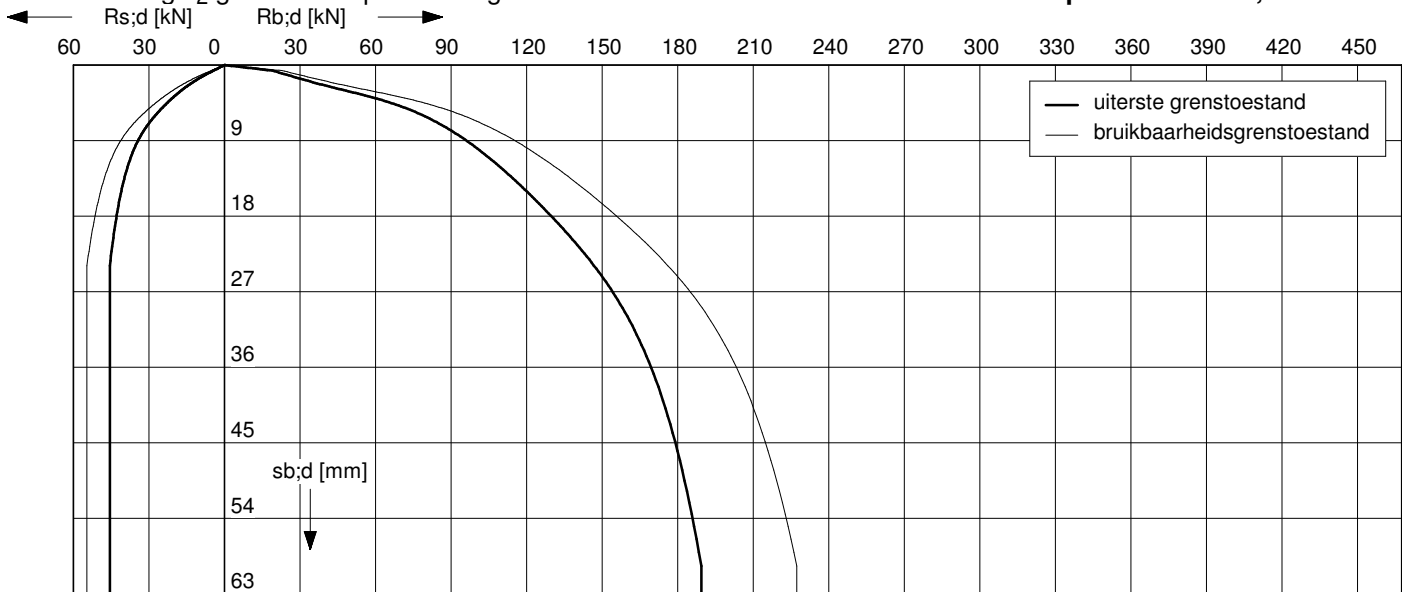
Paaltype : Avegearpaal

Sonderingen: DKM-1

Berekening s_2 gebaseerd op sondering DKM-1

Paalafmeting : 0,300 m

Paalpuntniveau : -8,00 m tov NAP



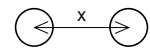
Uiterste grenstoestand

$F_{c;d,netto}$ [kN]	$F_{nk;d}$ [kN]	$F_{c;d}$ [kN]	$s_{b;d}$ [mm]	$s_{el;d}$ [mm]	$s_{1;d}$ [mm]	$s_{2;d}$ [mm]	s_d [mm]	$k_{v;d}$ paal vrijstaand [kN/mm]
178	56	235	58,0	1,6	59,6	1,3	60,9	9
160	56	217	36,8	1,5	38,2	1,2	39,4	10
143	56	199	26,2	1,3	27,6	1,1	28,7	11
125	56	181	20,1	1,2	21,4	1,0	22,4	13
107	56	163	15,4	1,1	16,5	0,9	17,4	14
89	56	145	11,5	1,0	12,5	0,8	13,3	15
71	56	127	8,4	0,9	9,3	0,7	10,0	16
53	56	110	6,2	0,7	7,0	0,6	7,6	17
35	56	92	4,6	0,6	5,2	0,5	5,8	17
18	56	74	3,5	0,5	4,0	0,4	4,4	18

Configuratie paalgroep

voor bepaling s_2

2-paalspoer



hoh-afstand x : 3D

Bruikbaarheidsgrenstoestand

$F_{c;netto}$ [kN]	F_{nk} [kN]	$F_{c;rep}$ [kN]	s_b [mm]	s_{el} [mm]	s_1 [mm]	s_2 [mm]	s [mm]	$k_{v;rep}$ paal vrijstaand [kN/mm]
137	56	194	14,8	1,1	15,9	1,1	17,0	12
123	56	180	12,2	1,0	13,2	1,0	14,3	14
110	56	166	10,2	0,9	11,1	0,9	12,1	15
96	56	152	8,3	0,9	9,2	0,9	10,0	17
82	56	139	6,9	0,8	7,6	0,8	8,4	18
69	56	125	5,7	0,7	6,4	0,7	7,1	19
55	56	111	4,7	0,6	5,3	0,6	6,0	21
41	56	97	3,9	0,5	4,5	0,5	5,0	22
27	56	84	3,2	0,5	3,7	0,5	4,2	23
14	56	70	2,6	0,4	3,0	0,4	3,4	23

Toelichting

Paalbelasting	: F_c	[par. 7.7.1]
Rekenwaarde negatieve kleef	: $F_{nk;d}$	[par. 7.3.2.2]
Netto paalbelasting	: $F_{c;netto} = F_c - F_{nk}$	[par. 7.3.2.2]
Rekenwaarde zakking boveinde paal	: $s_{1;d} = s_{punt;d} + s_{el;d}$	[par. 7.6.4.2]
Rekenwaarde samendrukking diepere lagen	: $s_{2;d}$	[par. 7.6.4.2]
Rekenwaarde paalkopzakking	: $s_d = s_{1;d} + s_{2;d}$	[par. 7.6.4.2]
Representatieve statische secant veercoëfficiënt	: $k_{v;rep}$ paal vrijstaand = $F_{c;rep} / s_1$	
	: $k_{v;rep}$ paal in groep = $F_{c;rep} / (s_1 + s_2)$	

Berekening volgens Eurocode 7-1 (NEN 9997 - 1 + C2 : 2017)

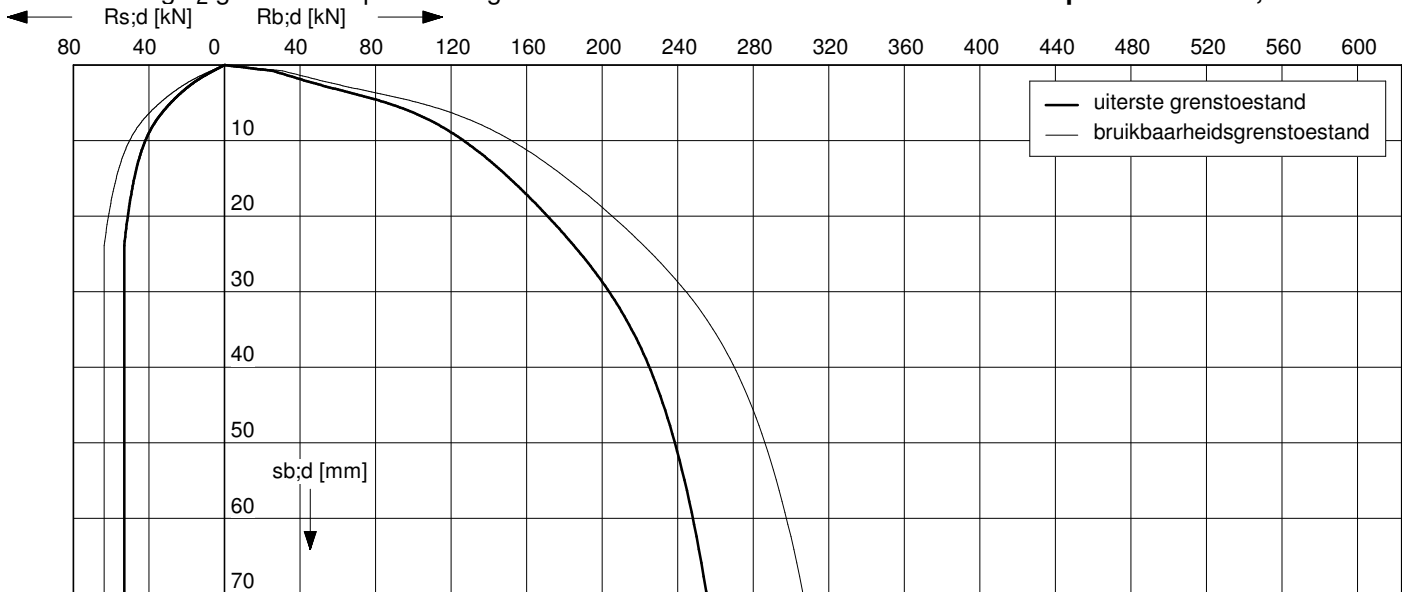
Paaltype : Avegearpaal

Sonderingen: DKM-1

Berekening s_2 gebaseerd op sondering DKM-1

Paalafmeting : 0,350 m

Paalpuntniveau : -8,00 m tov NAP

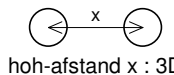


Uiterste grenstoestand

$F_{c;d,netto}$ [kN]	$F_{nk;d}$ [kN]	$F_{c;d}$ [kN]	$S_{b;d}$ [mm]	$S_{el;d}$ [mm]	$S_{1;d}$ [mm]	$S_{2;d}$ [mm]	S_d [mm]	$k_{v;d}$ paal vrijstaand [kN/mm]
242	66	308	67,7	1,5	69,2	1,6	70,8	11
218	66	284	42,9	1,4	44,3	1,5	45,8	12
194	66	259	30,6	1,3	31,9	1,4	33,3	14
170	66	235	23,1	1,2	24,3	1,2	25,5	15
145	66	211	17,3	1,0	18,4	1,1	19,5	17
121	66	187	12,6	0,9	13,5	1,0	14,5	18
97	66	163	9,1	0,8	9,9	0,9	10,8	19
73	66	139	6,7	0,7	7,3	0,7	8,1	20
49	66	114	5,0	0,6	5,5	0,6	6,2	21
24	66	90	3,7	0,4	4,1	0,5	4,6	22

Configuratie paalgroep

voor bepaling s_2
2-paalspoer



hoh-afstand x : 3D

Bruikbaarheidsgrenstoestand

$F_{c;netto}$ [kN]	F_{nk} [kN]	$F_{c;rep}$ [kN]	S_b [mm]	S_{el} [mm]	S_1 [mm]	S_2 [mm]	S [mm]	$k_{v;rep}$ paal vrijstaand [kN/mm]
186	66	252	17,0	1,0	18,0	1,3	19,4	14
168	66	233	14,0	1,0	15,0	1,2	16,2	16
149	66	215	11,3	0,9	12,2	1,1	13,4	18
130	66	196	9,3	0,8	10,1	1,0	11,1	19
112	66	177	7,5	0,7	8,3	0,9	9,2	21
93	66	159	6,1	0,7	6,8	0,8	7,6	23
75	66	140	5,1	0,6	5,7	0,7	6,4	25
56	66	122	4,2	0,5	4,7	0,6	5,4	26
37	66	103	3,4	0,4	3,8	0,5	4,4	27
19	66	84	2,7	0,3	3,0	0,4	3,5	28

Toelichting

Paalbelasting	: F_c	[par. 7.7.1]
Rekenwaarde negatieve kleef	: $F_{nk;d}$	[par. 7.3.2.2]
Netto paalbelasting	: $F_{c;netto} = F_c - F_{nk}$	[par. 7.3.2.2]
Rekenwaarde zakking boveinde paal	: $S_{1;d} = S_{punt;d} + S_{el;d}$	[par. 7.6.4.2]
Rekenwaarde samendrukking diepere lagen	: $S_{2;d}$	[par. 7.6.4.2]
Rekenwaarde paalkopzakking	: $S_d = S_{1;d} + S_{2;d}$	[par. 7.6.4.2]
Representatieve statische secant veercoëfficiënt	: $k_{v;rep}$ paal vrijstaand = $F_{c;rep} / S_1$	
	: $k_{v;rep}$ paal in groep = $F_{c;rep} / (S_1 + S_2)$	

Berekening volgens Eurocode 7-1 (NEN 9997 - 1 + C2 : 2017)

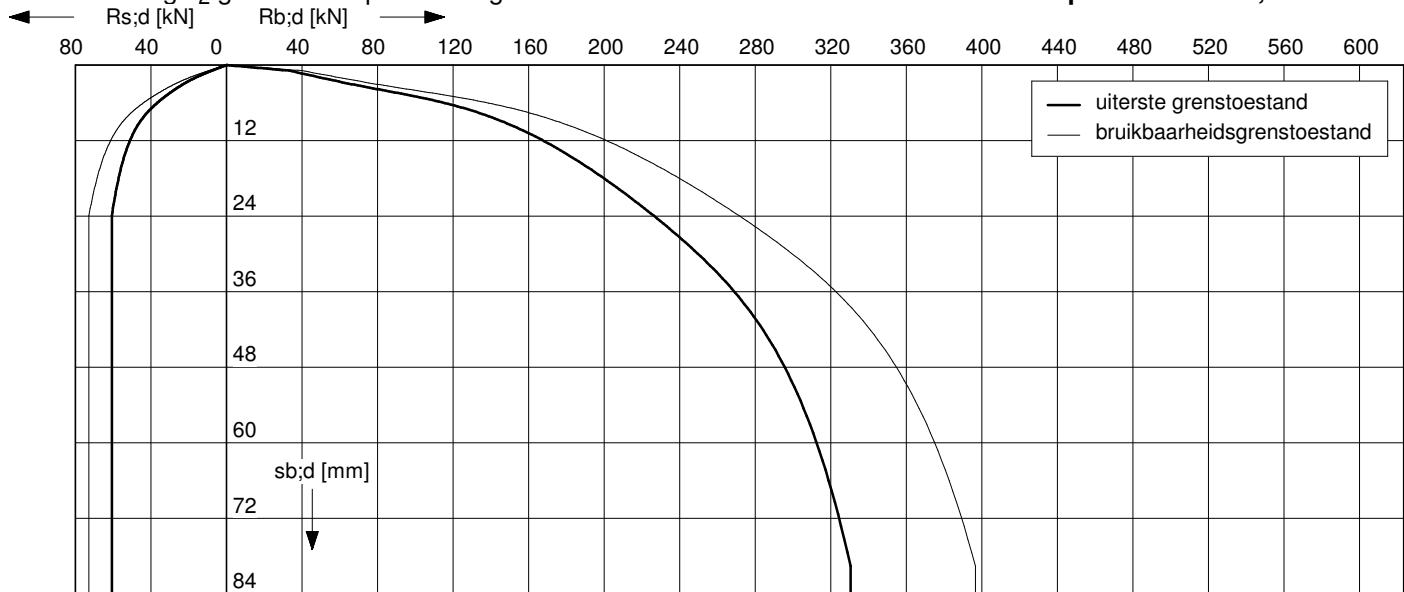
Paaltype : Avegearpaal

Sonderingen: DKM-1

Berekening s_2 gebaseerd op sondering DKM-1

Paalafmeting : 0,400 m

Paalpuntniveau : -8,00 m tov NAP

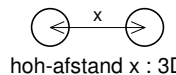


Uiterste grenstoestand

$F_{c;d,netto}$ [kN]	$F_{nk;d}$ [kN]	$F_{c;d}$ [kN]	$s_{b;d}$ [mm]	$s_{el;d}$ [mm]	$s_{1;d}$ [mm]	$s_{2;d}$ [mm]	s_d [mm]	$k_{v;d}$ paal vrijstaand [kN/mm]
316	75	391	77,3	1,5	78,8	1,9	80,8	12
284	75	359	49,0	1,4	50,4	1,8	52,2	14
253	75	328	35,0	1,3	36,2	1,6	37,9	15
221	75	296	26,0	1,1	27,1	1,5	28,6	17
189	75	264	19,1	1,0	20,1	1,3	21,4	19
158	75	233	13,8	0,9	14,7	1,2	15,9	21
126	75	201	9,7	0,8	10,5	1,0	11,5	22
95	75	170	7,0	0,6	7,6	0,8	8,5	23
63	75	138	5,2	0,5	5,8	0,7	6,5	24
32	75	107	3,8	0,4	4,2	0,5	4,7	25

Configuratie paalgroep

voor bepaling s_2
2-paalspoer



hoh-afstand x : 3D

Bruikbaarheidsgrenstoestand

$F_{c;netto}$ [kN]	F_{nk} [kN]	$F_{c;rep}$ [kN]	s_b [mm]	s_{el} [mm]	s_1 [mm]	s_2 [mm]	s [mm]	$k_{v;rep}$ paal vrijstaand [kN/mm]
243	75	318	19,1	1,0	20,1	1,6	21,6	16
219	75	294	15,7	0,9	16,6	1,5	18,1	18
194	75	269	12,7	0,9	13,5	1,3	14,9	20
170	75	245	10,2	0,8	10,9	1,2	12,2	22
146	75	221	8,1	0,7	8,8	1,1	9,9	25
121	75	197	6,7	0,6	7,3	1,0	8,3	27
97	75	172	5,5	0,5	6,0	0,9	6,9	29
73	75	148	4,5	0,5	4,9	0,7	5,7	30
49	75	124	3,6	0,4	4,0	0,6	4,6	31
24	75	99	2,7	0,3	3,0	0,5	3,5	33

Toelichting

Paalbelasting	:	F_c	[par. 7.7.1]
Rekenwaarde negatieve kleef	:	$F_{nk;d}$	[par. 7.3.2.2]
Netto paalbelasting	:	$F_{c;netto} = F_c - F_{nk}$	[par. 7.3.2.2]
Rekenwaarde zakking boveinde paal	:	$s_{1;d} = s_{punt;d} + s_{el;d}$	[par. 7.6.4.2]
Rekenwaarde samendrukking diepere lagen	:	$s_{2;d}$	[par. 7.6.4.2]
Rekenwaarde paalkopzakking	:	$s_d = s_{1;d} + s_{2;d}$	[par. 7.6.4.2]
Representatieve statische secant veercoëfficiënt	:	$k_{v;rep}$ paal vrijstaand = $F_{c;rep} / s_1$	
	:	$k_{v;rep}$ paal in groep = $F_{c;rep} / (s_1 + s_2)$	

Berekening volgens Eurocode 7-1 (NEN 9997 - 1 + C2 : 2017)

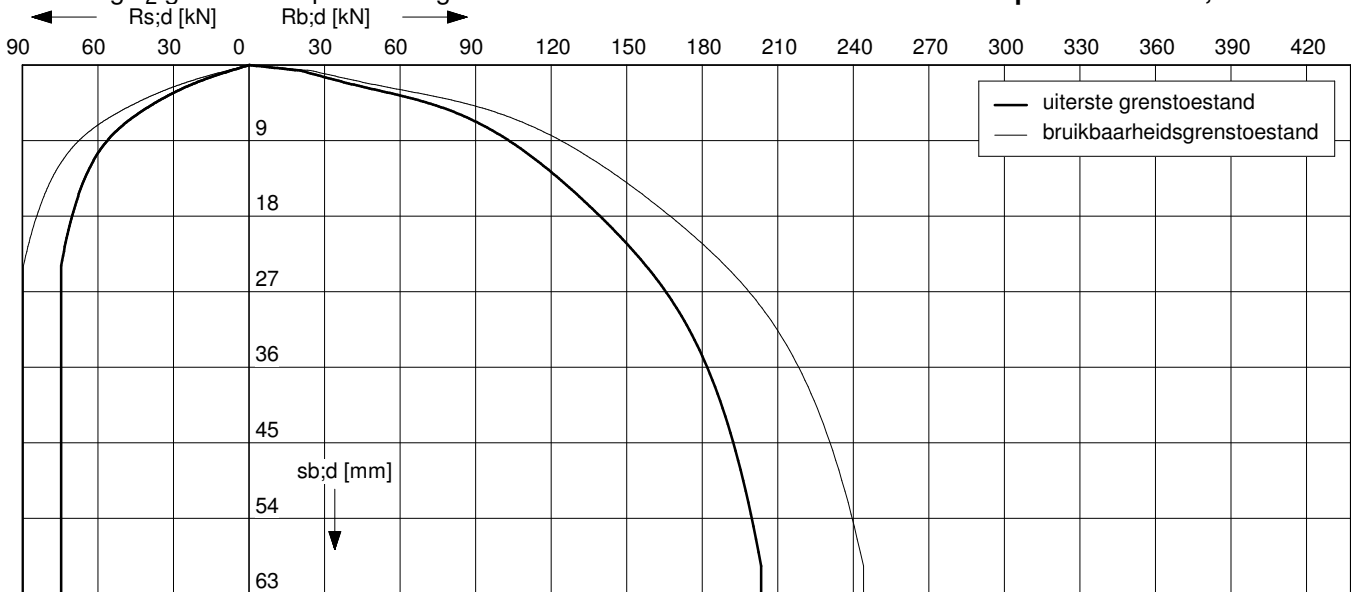
Paaltype : Avegearpaal

Sonderingen: DKM-3

Berekening s_2 gebaseerd op sondering DKM-3

Paalafmeting : 0,300 m

Paalpuntniveau : -8,00 m tov NAP

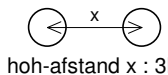


Uiterste grenstoestand

$F_{c;d,netto}$ [kN]	$F_{nk;d}$ [kN]	$F_{c;d}$ [kN]	$s_{b;d}$ [mm]	$s_{el;d}$ [mm]	$s_{1;d}$ [mm]	$s_{2;d}$ [mm]	s_d [mm]	$k_{v;d}$ paal vrijstaand [kN/mm]
233	45	278	58,0	1,9	59,9	2,6	62,5	12
210	45	254	34,0	1,7	35,7	2,4	38,1	14
186	45	231	23,3	1,5	24,8	2,2	27,0	15
163	45	208	17,4	1,4	18,8	2,0	20,7	17
140	45	185	12,6	1,2	13,8	1,8	15,5	18
117	45	161	9,1	1,1	10,2	1,5	11,7	19
93	45	138	6,7	0,9	7,6	1,3	8,9	20
70	45	115	4,8	0,8	5,6	1,1	6,7	21
47	45	92	3,6	0,6	4,2	0,9	5,0	22
24	45	68	2,5	0,5	3,0	0,6	3,6	23

Configuratie paalgroep

voor bepaling s_2
2-paalspoer



hoh-afstand x : 3D

Bruikbaarheidsgrenstoestand

$F_{c;netto}$ [kN]	F_{nk} [kN]	$F_{c;rep}$ [kN]	s_b [mm]	s_{el} [mm]	s_1 [mm]	s_2 [mm]	s [mm]	$k_{v;rep}$ paal vrijstaand [kN/mm]
179	45	224	13,0	1,2	14,2	2,1	16,4	16
161	45	206	10,6	1,1	11,7	2,0	13,7	18
143	45	188	8,5	1,0	9,6	1,8	11,3	20
125	45	170	7,0	0,9	7,9	1,6	9,5	22
108	45	152	5,7	0,8	6,5	1,4	8,0	23
90	45	134	4,7	0,7	5,5	1,3	6,7	25
72	45	116	3,9	0,6	4,5	1,1	5,6	26
54	45	98	3,1	0,5	3,7	0,9	4,6	27
36	45	81	2,4	0,4	2,9	0,8	3,6	28
18	45	63	1,7	0,3	2,1	0,6	2,7	30

Toelichting

Paalbelasting	: F_c	[par. 7.7.1]
Rekenwaarde negatieve kleef	: $F_{nk;d}$	[par. 7.3.2.2]
Netto paalbelasting	: $F_{c;netto} = F_c - F_{nk}$	[par. 7.3.2.2]
Rekenwaarde zakking boveinde paal	: $s_{1;d} = s_{punt;d} + s_{el;d}$	[par. 7.6.4.2]
Rekenwaarde samendrukking diepere lagen	: $s_{2;d}$	[par. 7.6.4.2]
Rekenwaarde paalkopzakking	: $s_d = s_{1;d} + s_{2;d}$	[par. 7.6.4.2]
Representatieve statische secant veercoëfficiënt	: $k_{v;rep}$ paal vrijstaand = $F_{c;rep} / s_1$	
	: $k_{v;rep}$ paal in groep = $F_{c;rep} / (s_1 + s_2)$	

Berekening volgens Eurocode 7-1 (NEN 9997 - 1 + C2 : 2017)

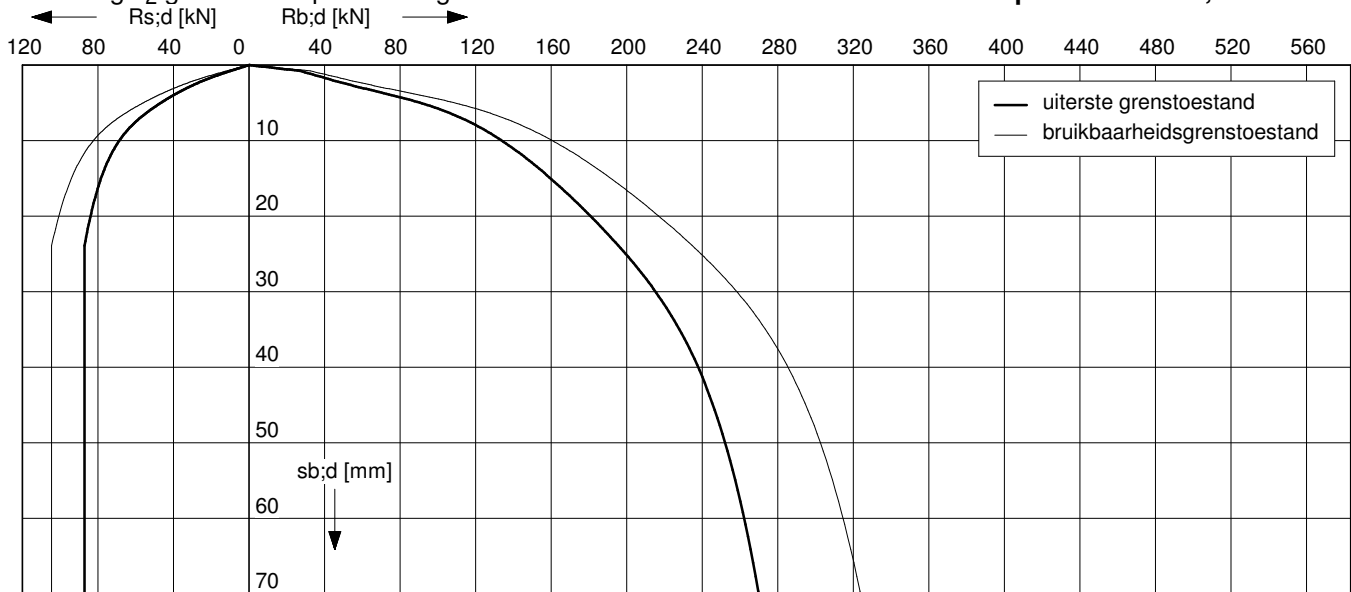
Paaltype : Avegearpaal

Sonderingen: DKM-3

Berekening s_2 gebaseerd op sondering DKM-3

Paalafmeting : 0,350 m

Paalpuntniveau : -8,00 m tov NAP

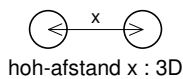


Uiterste grenstoestand

$F_{c;d,netto}$ [kN]	$F_{nk;d}$ [kN]	$F_{c;d}$ [kN]	$s_{b;d}$ [mm]	$s_{el;d}$ [mm]	$s_{1;d}$ [mm]	$s_{2;d}$ [mm]	s_d [mm]	$k_{v;d}$ paal vrijstaand [kN/mm]
304	52	356	67,7	1,8	69,4	3,5	72,9	14
274	52	326	39,6	1,6	41,2	3,2	44,4	16
243	52	295	27,4	1,4	28,9	2,9	31,8	18
213	52	265	19,9	1,3	21,2	2,6	23,8	20
182	52	235	14,3	1,1	15,4	2,3	17,7	21
152	52	204	10,2	1,0	11,2	2,0	13,1	22
122	52	174	7,1	0,8	8,0	1,7	9,7	23
91	52	143	5,3	0,7	6,0	1,4	7,4	24
61	52	113	3,8	0,5	4,4	1,1	5,5	26
30	52	82	2,6	0,4	3,0	0,8	3,8	28

Configuratie paalgroep

voor bepaling s_2
2-paalspoer



hoh-afstand x : 3D

Bruikbaarheidsgrenstoestand

$F_{c;netto}$ [kN]	F_{nk} [kN]	$F_{c;rep}$ [kN]	s_b [mm]	s_{el} [mm]	s_1 [mm]	s_2 [mm]	s [mm]	$k_{v;rep}$ paal vrijstaand [kN/mm]
234	52	286	14,9	1,2	16,0	2,8	18,8	18
211	52	263	11,8	1,1	12,9	2,6	15,5	20
187	52	239	9,5	1,0	10,5	2,3	12,8	23
164	52	216	7,6	0,9	8,5	2,1	10,6	25
140	52	193	6,2	0,8	7,0	1,9	8,9	27
117	52	169	5,2	0,7	5,9	1,6	7,5	29
94	52	146	4,2	0,6	4,8	1,4	6,2	30
70	52	122	3,4	0,5	3,9	1,2	5,1	31
47	52	99	2,6	0,4	3,0	1,0	3,9	33
23	52	76	1,7	0,3	2,0	0,7	2,8	37

Toelichting

Paalbelasting	: F_c	[par. 7.7.1]
Rekenwaarde negatieve kleef	: $F_{nk;d}$	[par. 7.3.2.2]
Netto paalbelasting	: $F_{c;netto} = F_c - F_{nk}$	[par. 7.3.2.2]
Rekenwaarde zakking boveinde paal	: $s_{1;d} = s_{punt;d} + s_{el;d}$	[par. 7.6.4.2]
Rekenwaarde samendrukking diepere lagen	: $s_{2;d}$	[par. 7.6.4.2]
Rekenwaarde paalkopzakking	: $s_d = s_{1;d} + s_{2;d}$	[par. 7.6.4.2]
Representatieve statische secant veercoëfficiënt	: $k_{v;rep}$ paal vrijstaand = $F_{c;rep} / s_1$	
	: $k_{v;rep}$ paal in groep = $F_{c;rep} / (s_1 + s_2)$	

Berekening volgens Eurocode 7-1 (NEN 9997 - 1 + C2 : 2017)

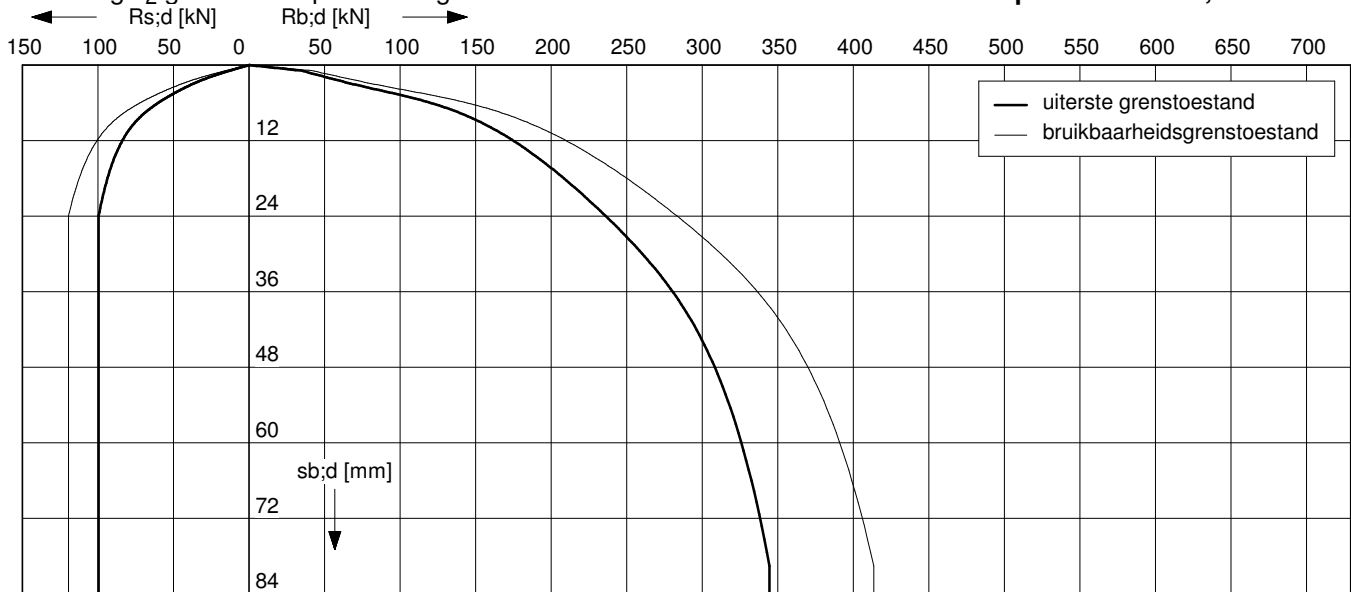
Paaltype : Avegearpaal

Sonderingen: DKM-3

Berekening s_2 gebaseerd op sondering DKM-3

Paalafmeting : 0,400 m

Paalpuntniveau : -8,00 m tov NAP

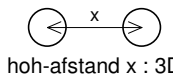


Uiterste grenstoestand

$F_{c;d,netto}$ [kN]	$F_{nk;d}$ [kN]	$F_{c;d}$ [kN]	$s_{b;d}$ [mm]	$s_{el;d}$ [mm]	$s_{1;d}$ [mm]	$s_{2;d}$ [mm]	s_d [mm]	$k_{v;d}$ paal vrijstaand [kN/mm]
384	60	444	77,3	1,7	79,0	4,6	83,6	15
346	60	405	46,2	1,5	47,7	4,2	51,9	17
307	60	367	31,4	1,4	32,7	3,8	36,5	20
269	60	329	22,4	1,2	23,6	3,4	27,0	22
231	60	290	16,0	1,1	17,1	3,0	20,1	24
192	60	252	11,1	0,9	12,1	2,6	14,6	26
154	60	213	7,8	0,8	8,6	2,2	10,8	27
115	60	175	5,7	0,7	6,3	1,8	8,1	28
77	60	137	4,1	0,5	4,6	1,4	6,0	30
39	60	98	2,7	0,4	3,0	1,0	4,0	34

Configuratie paalgroep

voor bepaling s_2
2-paalspoer



hoh-afstand x : 3D

Bruikbaarheidsgrenstoestand

$F_{c;netto}$ [kN]	F_{nk} [kN]	$F_{c;rep}$ [kN]	s_b [mm]	s_{el} [mm]	s_1 [mm]	s_2 [mm]	s [mm]	$k_{v;rep}$ paal vrijstaand [kN/mm]
295	60	355	17,0	1,1	18,1	3,7	21,7	20
266	60	326	13,3	1,0	14,3	3,4	17,7	23
236	60	296	10,6	0,9	11,5	3,1	14,6	26
207	60	266	8,5	0,8	9,3	2,7	12,1	29
177	60	237	6,8	0,7	7,6	2,4	10,0	31
148	60	207	5,6	0,6	6,2	2,1	8,4	33
118	60	178	4,5	0,5	5,1	1,8	6,9	35
89	60	148	3,6	0,5	4,1	1,5	5,6	36
59	60	119	2,7	0,4	3,1	1,2	4,3	39
30	60	89	1,8	0,3	2,0	0,9	3,0	44

Toelichting

Paalbelasting	:	F_c	[par. 7.7.1]
Rekenwaarde negatieve kleef	:	$F_{nk;d}$	[par. 7.3.2.2]
Netto paalbelasting	:	$F_{c;netto} = F_c - F_{nk}$	[par. 7.3.2.2]
Rekenwaarde zakking boveinde paal	:	$s_{1;d} = s_{punt;d} + s_{el;d}$	[par. 7.6.4.2]
Rekenwaarde samendrukking diepere lagen	:	$s_{2;d}$	[par. 7.6.4.2]
Rekenwaarde paalkopzakking	:	$s_d = s_{1;d} + s_{2;d}$	[par. 7.6.4.2]
Representatieve statische secant veercoëfficiënt	:	$k_{v;rep}$ paal vrijstaand = $F_{c;rep} / s_1$	
	:	$k_{v;rep}$ paal in groep = $F_{c;rep} / (s_1 + s_2)$	

Voorbeeldberekening gebaseerd op sondering DKM-1
Berekening volgens Eurocode 7-1 (NEN 9997 - 1 + C2 : 2017)

Paaltype : **Avegaarpaal**
Paalpuntniveau : -8 meter tov NAP

paalafmeting : 0,300 m

Correctie conusweerstand bij ontgraving

Geen ontgraving, geen correctie van de conusweerstand.

Berekening maximum puntweerstand

$$q_{b,max} = 0,5 * \alpha_p * \beta * s * (0,5[q_{c,I;gem} + q_{c,II;gem}] + q_{c,III;gem}) \quad [\text{par. 7.6.2.3(e)}]$$

Paalklassefactor : $\alpha_p = 0,56$ (f)
Paalvoetvormfactor : $\beta = 1,0$ (g)
Paalvoetdwarsdoorsnedefactor : $s = 1,0$ (h)
Traject I / II / III : 15,1 / 13,9 / 1,4 MPa

$$q_{b,max} = 4,5 \text{ MPa}$$

Berekening maximum schachtwrijving

$$R_{s;cal} = O_p * \Delta L * \alpha_s * q_{c;z;a} \quad [\text{par. 7.6.2.3(e)}]$$

Startdiepte schachtwrijving : -6,5 m tov NAP
paalklassefactor : $\alpha_s = 0,006$ [tabel 7.d]
 O_p : omtrek dwarsdoorsnede paalschacht
 ΔL : traject schachtwrijving

diepte [m tov NAP]	$q_{c;z;a}$ [MPa]	O_p [m]	ΔL [m]	$R_{s;cal}$ [kN]	$\Sigma R_{s;cal}$ [kN]
-7,00	4,3	0,94	0,5	12	12
-7,50	10,0	0,94	0,5	28	40
-8,00	12,7	0,94	0,5	36	76

Berekening maximum draagkracht

$$R_{c;cal} = A_b * q_{b,max} + R_{s;cal} \quad [\text{par. 7.6.2.3(e)}]$$

Oppervlakte paalpunt : $A_b = 0,0707 \text{ m}^2$

$$R_{c;cal} = 316 + 76 = 391 \text{ kN}$$

Voorbeeldberekening gebaseerd op sondering DKM-1
Berekening volgens Eurocode 7-1 (NEN 9997 - 1 + C2 : 2017)

Paaltype : **Avegaarpaal**
 Paalpuntniveau : -8 meter tov NAP

paalafmeting : 0,300 m

Berekening negatieve kleef, geen groepswerking

De representatieve waarde van de totale belasting ten gevolge van negatieve kleef ($F_{nk;rep}$) moet zijn bepaald met de formule:

$$F_{nk;rep} = O_s * \sum h_j * K_{0;j;rep} * \tan \delta_j * \frac{\sigma'_{v;j-1;rep} + \sigma'_{v;j;rep}}{2}$$

[par. 7.3.2.2(d)]

Dit geldt voor:

- alleenstaande palen;
- palen in één rij of aan de rand van een paalgroep;
- palen binnen een paalgroep waarbij de hart-op-hart afstand van de palen (D) voldoet aan:

$$D > \sqrt{10 \times d \times h}$$

waarin:

d is de middellijn van de paalschacht, of de equivalente middellijn van de paalschachten van de groep, in m.

h is de dikte van de laag of lagen waarin de negatieve kleef werkt, in m.

Uitgangspunten

Toekomstig maaiveld	:	1,00 m tov NAP
Huidig maaiveld	:	0,63 m tov NAP
Grondwater	:	-0,50 m tov NAP
Bovenbelasting	:	0 kN/m ²
Voorbeeldsondering	:	DKM-1
O_s	:	omtrek dwarsdoorsnede paalschacht
$K_{v;j;rep}$:	representatieve waarde van de neutrale gronddruk in laag j
$\tan \delta_j$:	representatieve waarde van de wrijvingshoek tussen paalschacht en grond in laag j
$\sigma'_{0;j;rep}$:	representatieve waarde van de effectieve verticale spanning onderin laag j

diepte [m tov NAP]	h_j [m]	O_s [m]	γ [kN/m ³]	γ_{sat} [kN/m ³]	ϕ [graden]	$K_0 * \tan \delta_j$	$\sigma'_{v;j}$ [kN/m ²]	$F_{nk;j;rep}$ [kN]	$\Sigma F_{nk;rep}$ [kN]
0,63	0,37	0,94	18,0	20,0	32,5	0,295	7	0,3	0,3
-1,00	1,63	0,94	14,0	14,0	17,5	0,250	24	7	7
-4,00	3,00	0,94	15,0	15,0	22,5	0,256	39	23	30
-6,50	2,50	0,94	14,0	14,0	17,5	0,250	49	26	56

BIJLAGE B2

Berekening fundering – Schroefinjectiepalen –
lage alfa p

Paalpuntniveau

In de tabel worden per sondering de paalpuntniveaus gegeven waarvoor de draagkracht is berekend.

Tabel 1. Paalpuntniveau

Sondering nr.	Hoogte maaiveld ¹⁾ [m tov NAP]	Paalpuntniveau [m tov NAP]
DKM-4	0,92	-7,0 tot -8,0
DKM-5	1,00	-7,0 tot -8,0

1) Niveau ten tijde van onderzoek

Rekenwaarde maximum draagkracht in kN per sondering
Berekening volgens Eurocode 7-1 (NEN 9997 - 1 + C2 : 2017)

Paaltype : **Schroefinjectiepaal**

Paalklassefactor punt	: $\alpha_p = 0,35$	Bouwwerk	: niet stijf
Paalvoetvormfactor	: $\beta = 1,0$	Aantal sonderingen	: $N = 1$
Paalvoetdwarsdoorsnedefactor	: $s = 1,0$	ξ -factor	: $\xi_3 = 1,39$; $\xi_4 = 1,39$
Paalklassefactor schacht	: $\alpha_s = 0,008$	Materiaalfactor	: $\gamma_b = \gamma_s = 1,20$
		Belastingsfactor neg.kleef	: $\gamma_{f, nk} = 1,0$

Paalafmeting : **0,200/0,200/0,200 m**

Sonderingen	Hoogte m.v. [m tov NAP]	Paalpunt [m tov NAP]	$R_{c;dnetto}$ [kN]	$q_{b,max}$ [MPa]	$R_{b;cal}$ [kN]	$R_{s;cal}$ [kN]	$R_{c;d}$ [kN]	$F_{nk;d}$ * [kN]
DKM-4	0,92	-7,00	69	3,8	118	50	101	32
		-7,50	98	4,1	129	88	130	32
		-8,00	113	3,7	116	126	145	32
DKM-5	1,00	-7,00	66	3,5	111	47	95	29
		-7,50	98	4,1	129	84	127	29
		-8,00	113	3,7	116	121	142	29

Paalafmeting : **0,250/0,250/0,250 m**

Sonderingen	Hoogte m.v. [m tov NAP]	Paalpunt [m tov NAP]	$R_{c;dnetto}$ [kN]	$q_{b,max}$ [MPa]	$R_{b;cal}$ [kN]	$R_{s;cal}$ [kN]	$R_{c;d}$ [kN]	$F_{nk;d}$ * [kN]
DKM-4	0,92	-7,00	103	3,6	175	63	143	40
		-7,50	135	3,7	182	110	175	40
		-8,00	156	3,4	169	157	195	40
DKM-5	1,00	-7,00	98	3,4	165	59	134	36
		-7,50	136	3,7	182	105	172	36
		-8,00	160	3,6	176	152	197	36

Paalafmeting : **0,300/0,300/0,300 m**

Sonderingen	Hoogte m.v. [m tov NAP]	Paalpunt [m tov NAP]	$R_{c;dnetto}$ [kN]	$q_{b,max}$ [MPa]	$R_{b;cal}$ [kN]	$R_{s;cal}$ [kN]	$R_{c;d}$ [kN]	$F_{nk;d}$ * [kN]
DKM-4	0,92	-7,00	144	3,5	245	76	192	48
		-7,50	174	3,4	238	132	222	48
		-8,00	202	3,2	228	188	250	48
DKM-5	1,00	-7,00	137	3,3	231	70	181	44
		-7,50	174	3,4	238	126	218	44
		-8,00	210	3,4	242	182	254	44

* Negatieve kleef bepaald voor alleenstaande paal, aan de rand van groep, in één rij en in groep met $D > \sqrt{(10 \times d \times h)}$

Toelichting

Maximum puntweerstand	: $q_{b,max} = 0,5 * \alpha_p * \beta * s * (0,5[q_{c,I;gem} + q_{c,II;gem}] + q_{c,III;gem})$	[par. 7.6.2.3(e)]
Maximum draagkracht punt	: $R_{b;cal} = A_b * q_{b,max}$	[par. 7.6.2.3(e)]
Maximum schachtwrijvingskracht	: $R_{s;cal} = O_p * \Delta L * \alpha_s * q_{c;z;a}$	[par. 7.6.2.3]
Rekenwaarde maximum draagkracht	: $R_{c;d} = (R_{b;cal} / \xi) / \gamma_b + (R_{s;cal} / \xi) / \gamma_s$	[par. 7.6.2.3]
Rekenwaarde negatieve kleef	: $F_{nk;d} = F_{nk} * \gamma_{f, nk}$	[par. 7.3.2.2]
Rekenwaarde netto draagkracht	: $R_{c;dnetto} = R_{c;d} - F_{nk;d}$	[par. 7.6.2.3]

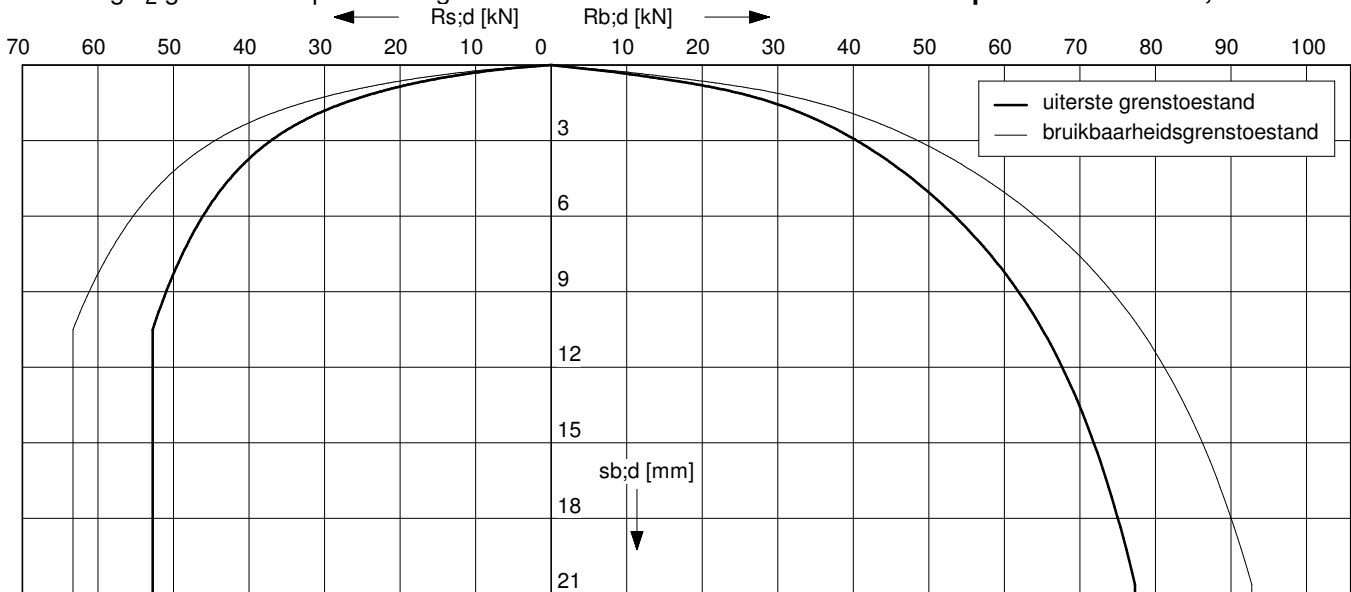
Berekening volgens Eurocode 7-1 (NEN 9997 - 1 + C2 : 2017)

Paaltype : Schroefinjectiepaal

Sonderingen: DKM-4

Berekening s_2 gebaseerd op sondering DKM-4

Paalafmeting : 0,200/0,200/0,200 m
 Paalpuntniveau : -7,50 m tov NAP

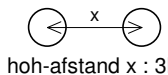


Uiterste grenstoestand

$F_{c;d,netto}$ [kN]	$F_{nk;d}$ [kN]	$F_{c;d}$ [kN]	$S_{b;d}$ [mm]	$S_{el;d}$ [mm]	$S_{1;d}$ [mm]	$S_{2;d}$ [mm]	S_d [mm]	$k_{v;d}$ paal vrijstaand [kN/mm]
98	32	130	19,2	1,8	21,0	2,1	23,1	15
88	32	120	11,7	1,7	13,4	2,0	15,4	17
78	32	110	8,2	1,5	9,7	1,8	11,5	18
69	32	101	6,0	1,4	7,4	1,6	9,1	20
59	32	91	4,5	1,3	5,7	1,5	7,2	21
49	32	81	3,2	1,1	4,4	1,3	5,7	23
39	32	71	2,4	1,0	3,4	1,2	4,6	24
29	32	61	1,7	0,8	2,6	1,0	3,6	26
20	32	52	1,2	0,7	1,9	0,8	2,8	27
10	32	42	0,9	0,6	1,4	0,7	2,1	29

Configuratie paalgroep

voor bepaling s_2
 2-paalspoer



hoh-afstand x : 3D

Bruikbaarheidsgrenstoestand

$F_{c,netto}$ [kN]	F_{nk} [kN]	$F_{c,rep}$ [kN]	S_b [mm]	S_{el} [mm]	S_1 [mm]	S_2 [mm]	S [mm]	$k_{v,rep}$ paal vrijstaand [kN/mm]
75	32	107	4,3	1,2	5,6	1,7	7,3	19
68	32	100	3,5	1,1	4,6	1,6	6,2	22
60	32	92	2,9	1,1	4,0	1,5	5,5	23
53	32	85	2,3	1,0	3,3	1,4	4,7	26
45	32	77	1,9	0,9	2,8	1,3	4,1	27
38	32	70	1,6	0,8	2,3	1,1	3,5	30
30	32	62	1,3	0,7	2,0	1,0	3,0	31
23	32	55	1,0	0,6	1,6	0,9	2,5	34
15	32	47	0,8	0,5	1,3	0,8	2,1	35
8	32	39	0,6	0,5	1,1	0,6	1,7	37

Toelichting

- Paalbelasting : F_c [par. 7.7.1]
- Rekenwaarde negatieve kleef : $F_{nk;d}$ [par. 7.3.2.2]
- Netto paalbelasting : $F_{c,netto} = F_c - F_{nk}$ [par. 7.3.2.2]
- Rekenwaarde zakking boveinde paal : $S_{1;d} = S_{punt;d} + S_{el;d}$ [par. 7.6.4.2]
- Rekenwaarde samendrukking diepere lagen : $S_{2;d}$ [par. 7.6.4.2]
- Rekenwaarde paalkopzakking : $S_d = S_{1;d} + S_{2;d}$ [par. 7.6.4.2]
- Representatieve statische secant veercoëfficiënt : $k_{v,rep}$ paal vrijstaand = $F_{c,rep} / S_1$
- : $k_{v,rep}$ paal in groep = $F_{c,rep} / (S_1 + S_2)$

Berekening volgens Eurocode 7-1 (NEN 9997 - 1 + C2 : 2017)

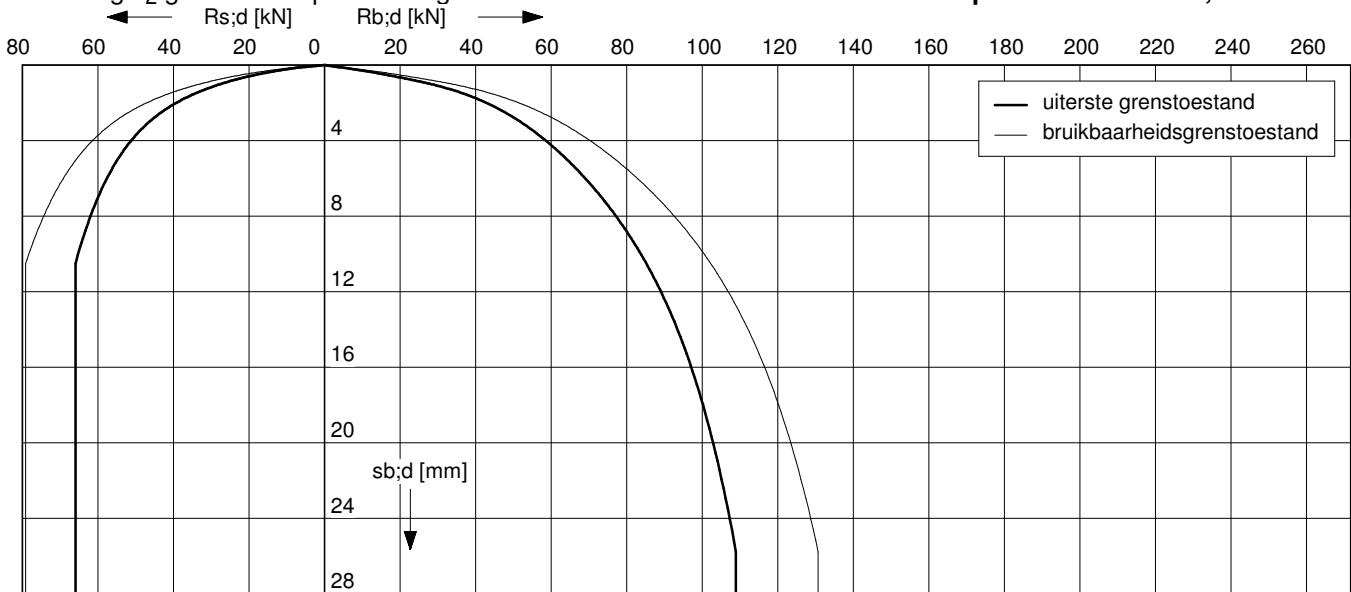
Paaltype : Schroefinjectiepaal

Sonderingen: DKM-4

Berekening s_2 gebaseerd op sondering DKM-4

Paalafmeting : 0,250/0,250/0,250 m

Paalpuntniveau : -7,50 m tov NAP

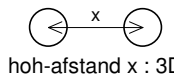


Uiterste grenstoestand

$F_{c;d,netto}$ [kN]	$F_{nk;d}$ [kN]	$F_{c;d}$ [kN]	$S_{b;d}$ [mm]	$S_{el;d}$ [mm]	$S_{1;d}$ [mm]	$S_{2;d}$ [mm]	S_d [mm]	$k_{v;d}$ paal vrijstaand [kN/mm]
135	40	175	24,6	1,6	26,2	2,1	28,2	18
121	40	161	14,7	1,4	16,1	1,9	18,0	20
108	40	148	9,5	1,3	10,8	1,8	12,6	23
94	40	134	7,1	1,2	8,3	1,6	9,9	25
81	40	121	5,1	1,1	6,2	1,4	7,6	27
67	40	107	3,7	1,0	4,7	1,3	5,9	30
54	40	94	2,6	0,8	3,4	1,1	4,6	32
41	40	80	1,9	0,7	2,6	1,0	3,6	33
27	40	67	1,3	0,6	1,9	0,8	2,7	36
14	40	53	0,9	0,5	1,4	0,6	2,0	37

Configuratie paalgroep

voor bepaling s_2
2-paalspoer



Bruikbaarheidsgrenstoestand

$F_{c;netto}$ [kN]	F_{nk} [kN]	$F_{c;rep}$ [kN]	S_b [mm]	S_{el} [mm]	S_1 [mm]	S_2 [mm]	S [mm]	$k_{v;rep}$ paal vrijstaand [kN/mm]
104	40	144	5,0	1,1	6,0	1,7	7,8	24
93	40	133	4,1	1,0	5,1	1,6	6,6	26
83	40	123	3,3	0,9	4,2	1,5	5,7	29
73	40	113	2,7	0,8	3,5	1,3	4,8	32
62	40	102	2,1	0,8	2,9	1,2	4,1	35
52	40	92	1,7	0,7	2,4	1,1	3,5	39
41	40	81	1,4	0,6	2,0	1,0	3,0	41
31	40	71	1,1	0,5	1,6	0,8	2,5	44
21	40	61	0,9	0,4	1,3	0,7	2,0	47
10	40	50	0,7	0,4	1,0	0,6	1,6	48

Toelichting

- Paalbelasting : F_c [par. 7.7.1]
- Rekenwaarde negatieve kleef : $F_{nk;d}$ [par. 7.3.2.2]
- Netto paalbelasting : $F_{c;netto} = F_c - F_{nk}$ [par. 7.3.2.2]
- Rekenwaarde zakking boveinde paal : $S_{1;d} = S_{punt;d} + S_{el;d}$ [par. 7.6.4.2]
- Rekenwaarde samendrukking diepere lagen : $S_{2;d}$ [par. 7.6.4.2]
- Rekenwaarde paalkopzakking : $S_d = S_{1;d} + S_{2;d}$ [par. 7.6.4.2]
- Representatieve statische secant veercoëfficiënt : $k_{v;rep}$ paal vrijstaand = $F_{c;rep} / S_1$
- : $k_{v;rep}$ paal in groep = $F_{c;rep} / (S_1 + S_2)$

Berekening volgens Eurocode 7-1 (NEN 9997 - 1 + C2 : 2017)

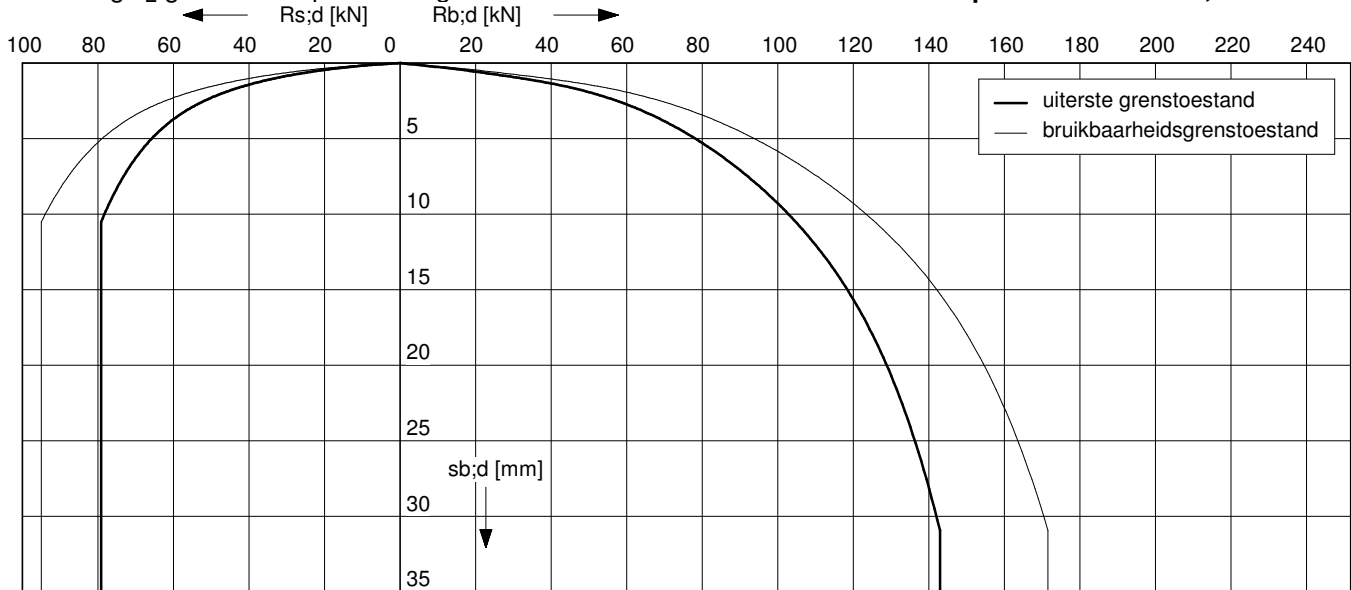
Paaltype : Schroefinjectiepaal

Sonderingen: DKM-4

Berekening s_2 gebaseerd op sondering DKM-4

Paalafmeting : 0,300/0,300/0,300 m

Paalpuntniveau : -7,50 m tov NAP

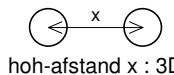


Uiterste grenstoestand

$F_{c;d,netto}$ [kN]	$F_{nk;d}$ [kN]	$F_{c;d}$ [kN]	$S_{b;d}$ [mm]	$S_{el;d}$ [mm]	$S_{1;d}$ [mm]	$S_{2;d}$ [mm]	S_d [mm]	$k_{v;d}$ paal vrijstaand [kN/mm]
174	48	222	29,5	1,4	30,9	2,1	33,0	21
157	48	205	17,6	1,3	18,9	2,0	20,8	24
139	48	187	11,4	1,2	12,6	1,8	14,4	27
122	48	170	8,0	1,0	9,0	1,6	10,7	29
104	48	152	5,8	0,9	6,7	1,5	8,2	33
87	48	135	4,1	0,8	4,9	1,3	6,2	36
70	48	118	2,9	0,7	3,6	1,1	4,7	38
52	48	100	2,1	0,6	2,7	1,0	3,7	41
35	48	83	1,4	0,5	1,9	0,8	2,7	44
17	48	65	1,0	0,4	1,4	0,6	2,0	46

Configuratie paalgroep

voor bepaling s_2
2-paalspoer



hoh-afstand x : 3D

Bruikbaarheidsgrenstoestand

$F_{c,netto}$ [kN]	F_{nk} [kN]	$F_{c,rep}$ [kN]	S_b [mm]	S_{el} [mm]	S_1 [mm]	S_2 [mm]	S [mm]	$k_{v,rep}$ paal vrijstaand [kN/mm]
134	48	182	5,7	0,9	6,6	1,7	8,3	28
120	48	168	4,6	0,9	5,5	1,6	7,1	31
107	48	155	3,7	0,8	4,5	1,5	6,0	35
94	48	142	3,0	0,7	3,7	1,4	5,0	38
80	48	128	2,4	0,7	3,0	1,2	4,2	42
67	48	115	1,9	0,6	2,5	1,1	3,6	47
54	48	101	1,5	0,5	2,0	1,0	3,0	50
40	48	88	1,2	0,4	1,6	0,8	2,5	53
27	48	75	0,9	0,4	1,3	0,7	2,0	57
13	48	61	0,7	0,3	1,0	0,6	1,6	60

Toelichting

Paalbelasting	:	F_c	[par. 7.7.1]
Rekenwaarde negatieve kleef	:	$F_{nk;d}$	[par. 7.3.2.2]
Netto paalbelasting	:	$F_{c,netto} = F_c - F_{nk}$	[par. 7.3.2.2]
Rekenwaarde zakking boveinde paal	:	$S_{1;d} = S_{punt;d} + S_{el;d}$	[par. 7.6.4.2]
Rekenwaarde samendrukking diepere lagen	:	$S_{2;d}$	[par. 7.6.4.2]
Rekenwaarde paalkopzakking	:	$S_d = S_{1;d} + S_{2;d}$	[par. 7.6.4.2]
Representatieve statische secant veercoëfficiënt	:	$k_{v,rep}$ paal vrijstaand = $F_{c,rep} / S_1$	
	:	$k_{v,rep}$ paal in groep = $F_{c,rep} / (S_1 + S_2)$	

Voorbeeldberekening gebaseerd op sondering DKM-4
Berekening volgens Eurocode 7-1 (NEN 9997 - 1 + C2 : 2017)

Paaltype : **Schroefinjectiepaal**
Paalpuntniveau : -7,5 meter tov NAP

paalafmeting : 0,200/0,200/0,200 m

Correctie conusweerstand bij ontgraving

Geen ontgraving, geen correctie van de conusweerstand.

Berekening maximum puntweerstand

$$q_{b,max} = 0,5 * \alpha_p * \beta * s * (0,5[q_{c,I;gem} + q_{c,II;gem}] + q_{c,III;gem}) \quad [\text{par. 7.6.2.3(e)}]$$

Paalklassefactor : $\alpha_p = 0,35$ (f)
Paalvoetvormfactor : $\beta = 1,0$ (g)
Paalvoetdwarsdoersnedefactor : $s = 1,0$ (h)

$$q_{b,max} = 4,1 \text{ MPa}$$

Berekening maximum schachtwrijving

$$R_{s;cal} = O_p * \Delta L * \alpha_s * q_{c;z;a} \quad [\text{par. 7.6.2.3(e)}]$$

Startdiepte schachtwrijving : -5,8 m tov NAP
paalklassefactor : $\alpha_s = 0,008$ [tabel 7.d]
 O_p : omtrek dwarsdoorsnede paalschacht
 ΔL : traject schachtwrijving

diepte [m tov NAP]	$q_{c;z;a}$ [MPa]	O_p [m]	ΔL [m]	$R_{s;cal}$ [kN]	$\Sigma R_{s;cal}$ [kN]
-6,00	5,0	0,63	0,2	5	5
-6,50	7,6	0,63	0,5	19	24
-7,00	10,5	0,63	0,5	26	50
-7,50	14,9	0,63	0,5	37	88

Berekening maximum draagkracht

$$R_{c;cal} = A_b * q_{b,max} + R_{s;cal} \quad [\text{par. 7.6.2.3(e)}]$$

Oppervlakte paalpunt : $A_b = 0,0314 \text{ m}^2$

$$R_{c;cal} = 129 + 88 = 217 \text{ kN}$$

Voorbeeldberekening gebaseerd op sondering DKM-4
Berekening volgens Eurocode 7-1 (NEN 9997 - 1 + C2 : 2017)

Paaltype : **Schroefinjectiepaal**
 Paalpuntniveau : -7,5 meter tov NAP

paalafmeting : 0,200/0,200/0,200 m

Berekening negatieve kleef, geen groepswerking

De representatieve waarde van de totale belasting ten gevolge van negatieve kleef ($F_{nk;rep}$) moet zijn bepaald met de formule:

$$F_{nk;rep} = O_s * \sum h_j * K_{0;j;rep} * \tan \delta_j * \frac{\sigma'_{v;j-1;rep} + \sigma'_{v;j;rep}}{2}$$

[par. 7.3.2.2(d)]

Dit geldt voor:

- alleenstaande palen;
- palen in één rij of aan de rand van een paalgroep;
- palen binnen een paalgroep waarbij de hart-op-hart afstand van de palen (D) voldoet aan:

$$D > \sqrt{10 \times d \times h}$$

waarin:

d is de middellijn van de paalschacht, of de equivalente middellijn van de paalschachten van de groep, in m.

h is de dikte van de laag of lagen waarin de negatieve kleef werkt, in m.

Uitgangspunten

- Toekomstig maaiveld : 1,00 m tov NAP
- Huidig maaiveld : 0,92 m tov NAP
- Grondwater : -0,50 m tov NAP
- Bovenbelasting : 0 kN/m²
- Voorbeeldsondering : DKM-4
- O_s : omtrek dwarsdoorsnede paalschacht
- $K_{v;j;rep}$: representatieve waarde van de neutrale gronddruk in laag j
- $\tan \delta_j$: representatieve waarde van de wrijvingshoek tussen paalschacht en grond in laag j
- $\sigma'_{0;j;rep}$: representatieve waarde van de effectieve verticale spanning onderin laag j

diepte [m tov NAP]	h_j [m]	O_s [m]	γ [kN/m ³]	γ_{sat} [kN/m ³]	ϕ [graden]	$K_0 * \tan \delta_j$	$\sigma'_{v;j}$ [kN/m ²]	$F_{nk;j;rep}$ [kN]	$\Sigma F_{nk;rep}$ [kN]
0,92	0,08	0,63	18,0	20,0	32,5	0,295	1	0,0	0,0
0,00	0,92	0,63	14,0	14,0	17,5	0,250	14	1	1
-4,00	4,00	0,63	15,0	15,0	22,5	0,256	39	19	20
-5,80	1,80	0,63	14,0	14,0	17,5	0,250	47	12	32

BIJLAGE B3

Berekening fundering – Schroefinjectiepalen –
hoge alfa p

Paalpuntniveau

In de tabel worden per sondering de paalpuntniveaus gegeven waarvoor de draagkracht is berekend.

Tabel 1. Paalpuntniveau

Sondering nr.	Hoogte maaiveld ¹⁾ [m tov NAP]	Paalpuntniveau [m tov NAP]
DKM-4	0,92	-7,0 tot -8,0
DKM-5	1,00	-7,0 tot -8,0

1) Niveau ten tijde van onderzoek

Rekenwaarde maximum draagkracht in kN per sondering
Berekening volgens Eurocode 7-1 (NEN 9997 - 1 + C2 : 2017)

Paaltype : **Schroefinjectiepaal**

Paalklassefactor punt	: $\alpha_p = 0,63$	Bouwwerk	: niet stijf
Paalvoetvormfactor	: $\beta = 1,0$	Aantal sonderingen	: $N = 1$
Paalvoetdwarsdoorsnedefactor	: $s = 1,0$	ξ -factor	: $\xi_3 = 1,39$; $\xi_4 = 1,39$
Paalklassefactor schacht	: $\alpha_s = 0,008$	Materiaalfactor	: $\gamma_b = \gamma_s = 1,20$
		Belastingsfactor neg.kleef	: $\gamma_{f, nk} = 1,0$

Paalafmeting : **0,200/0,200/0,200 m**

Sonderingen	Hoogte m.v. [m tov NAP]	Paalpunt [m tov NAP]	$R_{c;d,netto}$ [kN]	$q_{b,max}$ [MPa]	$R_{b;cal}$ [kN]	$R_{s;cal}$ [kN]	$R_{c;d}$ [kN]	$F_{nk;d}^*$ [kN]
DKM-4	0,92	-7,00	126	6,8	213	50	158	32
		-7,50	160	7,4	232	88	192	32
		-8,00	172	6,8	215	126	204	32
DKM-5	1,00	-7,00	119	6,4	200	47	148	29
		-7,50	161	7,4	232	84	190	29
		-8,00	169	6,6	209	121	198	29

Paalafmeting : **0,250/0,250/0,250 m**

Sonderingen	Hoogte m.v. [m tov NAP]	Paalpunt [m tov NAP]	$R_{c;d,netto}$ [kN]	$q_{b,max}$ [MPa]	$R_{b;cal}$ [kN]	$R_{s;cal}$ [kN]	$R_{c;d}$ [kN]	$F_{nk;d}^*$ [kN]
DKM-4	0,92	-7,00	187	6,4	315	63	227	40
		-7,50	222	6,7	327	110	262	40
		-8,00	237	6,2	304	157	276	40
DKM-5	1,00	-7,00	177	6,1	297	59	213	36
		-7,50	223	6,7	328	105	259	36
		-8,00	245	6,5	318	152	281	36

Paalafmeting : **0,300/0,300/0,300 m**

Sonderingen	Hoogte m.v. [m tov NAP]	Paalpunt [m tov NAP]	$R_{c;d,netto}$ [kN]	$q_{b,max}$ [MPa]	$R_{b;cal}$ [kN]	$R_{s;cal}$ [kN]	$R_{c;d}$ [kN]	$F_{nk;d}^*$ [kN]
DKM-4	0,92	-7,00	262	6,2	441	76	310	48
		-7,50	288	6,1	429	132	336	48
		-8,00	311	5,8	411	188	359	48
DKM-5	1,00	-7,00	248	5,9	416	70	292	44
		-7,50	288	6,1	428	126	332	44
		-8,00	326	6,2	435	182	370	44

* Negatieve kleef bepaald voor alleenstaande paal, aan de rand van groep, in één rij en in groep met $D > \sqrt{(10 \times d \times h)}$

Toelichting

Maximum puntweerstand	: $q_{b,max} = 0,5 * \alpha_p * \beta * s * (0,5[q_{c,I;gem} + q_{c,II;gem}] + q_{c,III;gem})$	[par. 7.6.2.3(e)]
Maximum draagkracht punt	: $R_{b;cal} = A_b * q_{b,max}$	[par. 7.6.2.3(e)]
Maximum schachtwrijvingskracht	: $R_{s;cal} = O_p * \Delta L * \alpha_s * q_{c;z;a}$	[par. 7.6.2.3]
Rekenwaarde maximum draagkracht	: $R_{c;d} = (R_{b;cal} / \xi) / \gamma_b + (R_{s;cal} / \xi) / \gamma_s$	[par. 7.6.2.3]
Rekenwaarde negatieve kleef	: $F_{nk;d} = F_{nk} * \gamma_{f,nk}$	[par. 7.3.2.2]
Rekenwaarde netto draagkracht	: $R_{c;d,netto} = R_{c;d} - F_{nk;d}$	[par. 7.6.2.3]

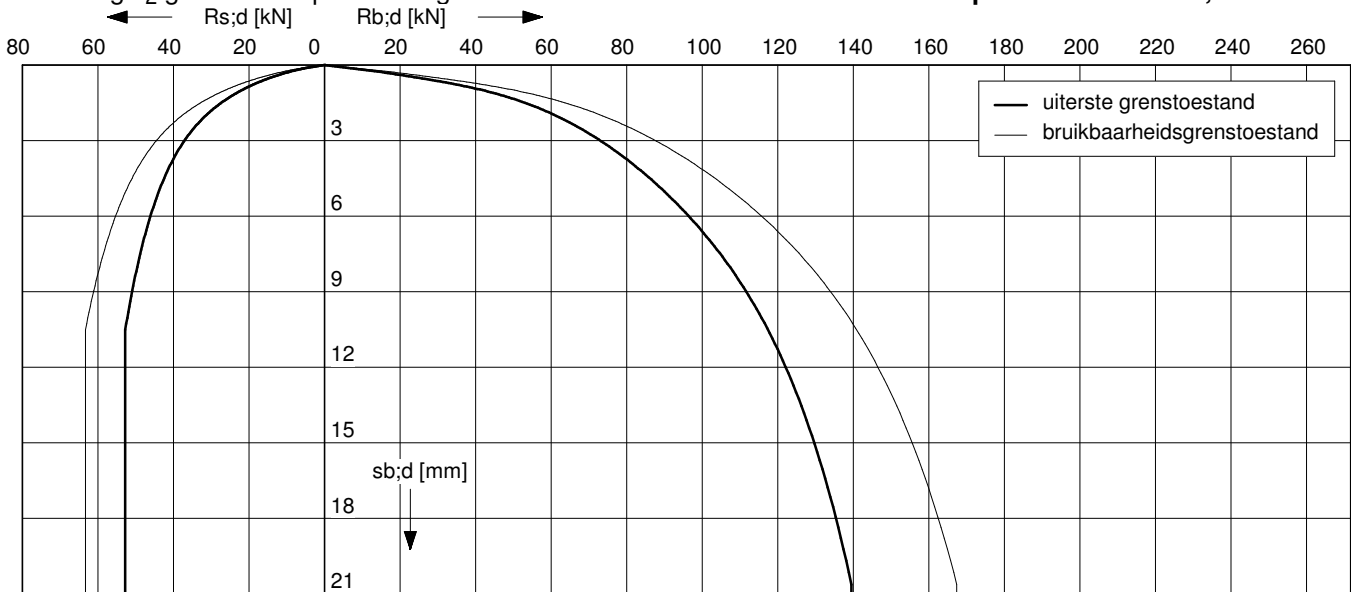
Berekening volgens Eurocode 7-1 (NEN 9997 - 1 + C2 : 2017)

Paaltype : Schroefinjectiepaal

Sonderingen: DKM-4

Berekening s_2 gebaseerd op sondering DKM-4

Paalafmeting : 0,200/0,200/0,200 m
 Paalpuntniveau : -7,50 m tov NAP

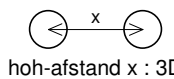


Uiterste grenstoestand

$F_{c;d,netto}$ [kN]	$F_{nk;d}$ [kN]	$F_{c;d}$ [kN]	$S_{b;d}$ [mm]	$S_{el;d}$ [mm]	$S_{1;d}$ [mm]	$S_{2;d}$ [mm]	S_d [mm]	$k_{v;d}$ paal vrijstaand [kN/mm]
160	32	192	20,1	2,7	22,9	3,1	26,0	19
144	32	176	12,2	2,5	14,7	2,9	17,6	21
128	32	160	8,5	2,3	10,8	2,6	13,4	23
112	32	144	6,2	2,0	8,2	2,3	10,5	25
96	32	128	4,4	1,8	6,2	2,1	8,3	27
80	32	112	3,1	1,6	4,7	1,8	6,5	29
64	32	96	2,2	1,4	3,5	1,6	5,1	31
48	32	80	1,5	1,1	2,6	1,3	3,9	32
32	32	64	1,0	0,9	1,9	1,0	3,0	34
16	32	48	0,7	0,7	1,3	0,8	2,1	35

Configuratie paalgroep

voor bepaling s_2
 2-paalspoer



Bruikbaarheidsgrenstoestand

$F_{c;netto}$ [kN]	F_{nk} [kN]	$F_{c;rep}$ [kN]	S_b [mm]	S_{el} [mm]	S_1 [mm]	S_2 [mm]	S [mm]	$k_{v;rep}$ paal vrijstaand [kN/mm]
123	32	155	4,5	1,8	6,4	2,5	8,9	24
111	32	143	3,6	1,7	5,3	2,3	7,6	27
99	32	130	2,9	1,5	4,4	2,1	6,5	30
86	32	118	2,3	1,4	3,7	1,9	5,6	32
74	32	106	1,8	1,2	3,0	1,7	4,7	35
62	32	94	1,4	1,1	2,5	1,5	4,0	38
49	32	81	1,1	0,9	2,0	1,3	3,4	40
37	32	69	0,8	0,8	1,6	1,1	2,8	42
25	32	57	0,6	0,7	1,3	0,9	2,2	44
12	32	44	0,5	0,5	1,0	0,7	1,7	45

Toelichting

- Paalbelasting : F_c [par. 7.7.1]
- Rekenwaarde negatieve kleef : $F_{nk;d}$ [par. 7.3.2.2]
- Netto paalbelasting : $F_{c;netto} = F_c - F_{nk}$ [par. 7.3.2.2]
- Rekenwaarde zakking boveinde paal : $S_{1;d} = S_{punt;d} + S_{el;d}$ [par. 7.6.4.2]
- Rekenwaarde samendrukking diepere lagen : $S_{2;d}$ [par. 7.6.4.2]
- Rekenwaarde paalkopzakking : $S_d = S_{1;d} + S_{2;d}$ [par. 7.6.4.2]
- Representatieve statische secant veercoëfficiënt : $k_{v;rep}$ paal vrijstaand = $F_{c;rep} / S_1$
- : $k_{v;rep}$ paal in groep = $F_{c;rep} / (S_1 + S_2)$

Berekening volgens Eurocode 7-1 (NEN 9997 - 1 + C2 : 2017)

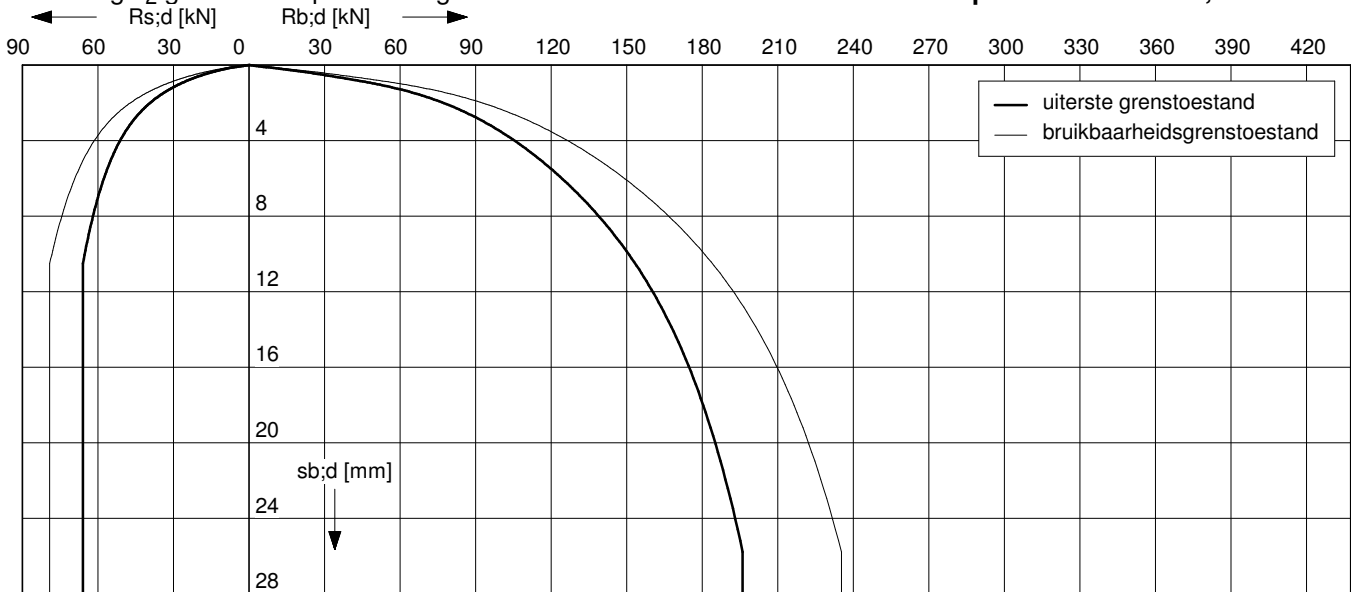
Paaltype : Schroefinjectiepaal

Sonderingen: DKM-4

Berekening s_2 gebaseerd op sondering DKM-4

Paalafmeting : 0,250/0,250/0,250 m

Paalpuntniveau : -7,50 m tov NAP



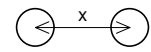
Uiterste grenstoestand

$F_{c;d,netto}$ [kN]	$F_{nk;d}$ [kN]	$F_{c;d}$ [kN]	$s_{b;d}$ [mm]	$s_{el;d}$ [mm]	$s_{1;d}$ [mm]	$s_{2;d}$ [mm]	s_d [mm]	$k_{v;d}$ paal vrijstaand [kN/mm]
222	40	262	25,2	2,4	27,5	3,1	30,7	23
200	40	240	15,3	2,2	17,5	2,9	20,3	26
178	40	217	10,0	2,0	12,0	2,6	14,6	29
155	40	195	7,3	1,8	9,1	2,3	11,4	32
133	40	173	5,2	1,6	6,8	2,1	8,8	35
111	40	151	3,5	1,4	4,9	1,8	6,7	38
89	40	129	2,4	1,2	3,6	1,5	5,1	40
67	40	107	1,7	1,0	2,6	1,3	3,9	43
44	40	84	1,1	0,8	1,9	1,0	2,9	44
22	40	62	0,7	0,6	1,3	0,7	2,0	47

Configuratie paalgroep

voor bepaling s_2

2-paalspoer



hoh-afstand x : 3D

Bruikbaarheidsgrenstoestand

$F_{c;netto}$ [kN]	F_{nk} [kN]	$F_{c;rep}$ [kN]	s_b [mm]	s_{el} [mm]	s_1 [mm]	s_2 [mm]	s [mm]	$k_{v;rep}$ paal vrijstaand [kN/mm]
171	40	211	5,3	1,6	6,9	2,5	9,4	30
154	40	194	4,2	1,4	5,7	2,3	8,0	34
137	40	176	3,4	1,3	4,7	2,1	6,8	38
119	40	159	2,7	1,2	3,9	1,9	5,8	41
102	40	142	2,1	1,1	3,1	1,7	4,8	45
85	40	125	1,6	0,9	2,6	1,5	4,1	49
68	40	108	1,3	0,8	2,1	1,3	3,4	52
51	40	91	1,0	0,7	1,6	1,1	2,7	55
34	40	74	0,7	0,6	1,3	0,9	2,2	58
17	40	57	0,5	0,4	0,9	0,7	1,6	61

Toelichting

Paalbelasting	:	F_c	[par. 7.7.1]
Rekenwaarde negatieve kleef	:	$F_{nk;d}$	[par. 7.3.2.2]
Netto paalbelasting	:	$F_{c;netto} = F_c - F_{nk}$	[par. 7.3.2.2]
Rekenwaarde zakking boveinde paal	:	$s_{1;d} = s_{punt;d} + s_{el;d}$	[par. 7.6.4.2]
Rekenwaarde samendrukking diepere lagen	:	$s_{2;d}$	[par. 7.6.4.2]
Rekenwaarde paalkopzakking	:	$s_d = s_{1;d} + s_{2;d}$	[par. 7.6.4.2]
Representatieve statische secant veercoëfficiënt	:	$k_{v;rep}$ paal vrijstaand = $F_{c;rep} / s_1$	
	:	$k_{v;rep}$ paal in groep = $F_{c;rep} / (s_1 + s_2)$	

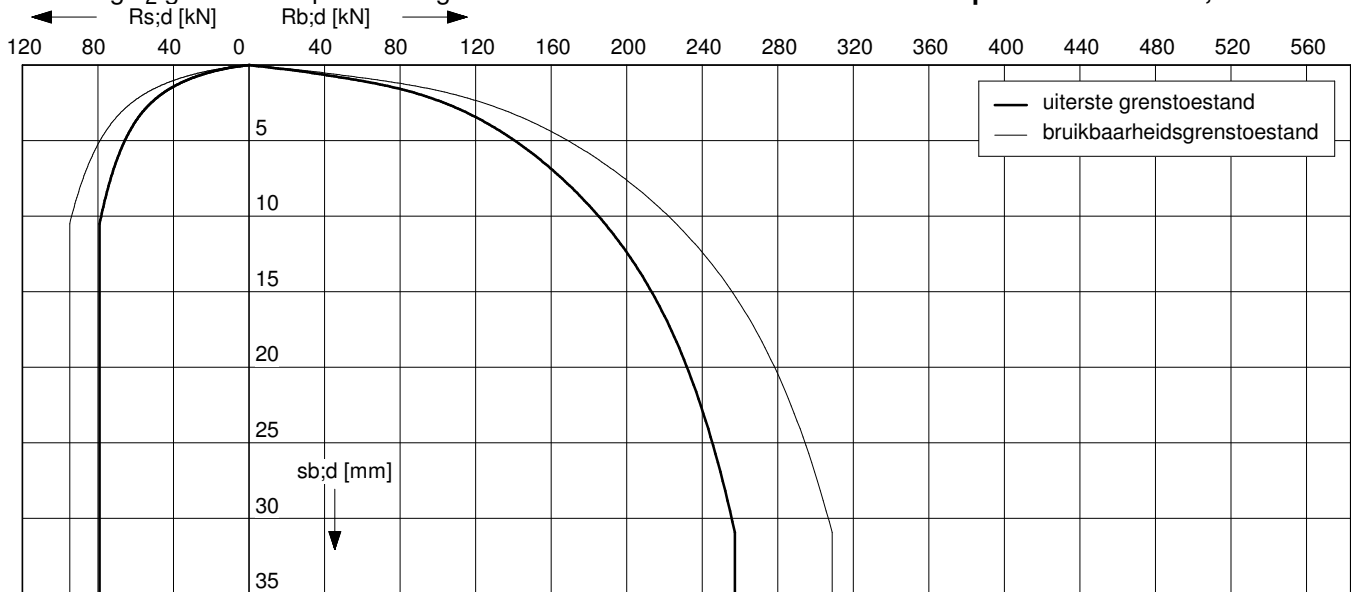
Berekening volgens Eurocode 7-1 (NEN 9997 - 1 + C2 : 2017)

Paaltype : Schroefinjectiepaal

Sonderingen: DKM-4

Berekening s_2 gebaseerd op sondering DKM-4

Paalafmeting : 0,300/0,300/0,300 m
 Paalpuntniveau : -7,50 m tov NAP

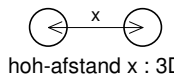


Uiterste grenstoestand

$F_{c;d,netto}$ [kN]	$F_{nk;d}$ [kN]	$F_{c;d}$ [kN]	$s_{b;d}$ [mm]	$s_{el;d}$ [mm]	$s_{1;d}$ [mm]	$s_{2;d}$ [mm]	s_d [mm]	$k_{v;d}$ paal vrijstaand [kN/mm]
288	48	336	30,2	2,1	32,3	3,2	35,5	27
259	48	307	18,7	1,9	20,6	2,9	23,6	30
231	48	279	12,1	1,8	13,8	2,7	16,5	34
202	48	250	8,4	1,6	10,0	2,4	12,3	38
173	48	221	5,9	1,4	7,3	2,1	9,4	43
144	48	192	4,1	1,2	5,4	1,8	7,2	47
115	48	163	2,7	1,0	3,8	1,6	5,3	50
87	48	134	1,9	0,8	2,7	1,3	4,0	53
58	48	106	1,2	0,7	1,9	1,0	2,9	55
29	48	77	0,8	0,5	1,3	0,7	2,0	58

Configuratie paalgroep

voor bepaling s_2
 2-paalspoer



Bruikbaarheidsgrenstoestand

$F_{c;netto}$ [kN]	F_{nk} [kN]	$F_{c;rep}$ [kN]	s_b [mm]	s_{el} [mm]	s_1 [mm]	s_2 [mm]	s [mm]	$k_{v;rep}$ paal vrijstaand [kN/mm]
222	48	270	6,2	1,4	7,6	2,6	10,1	36
200	48	247	5,0	1,3	6,3	2,4	8,6	40
177	48	225	3,9	1,2	5,0	2,2	7,2	45
155	48	203	3,0	1,1	4,1	1,9	6,0	50
133	48	181	2,3	0,9	3,2	1,7	5,0	56
111	48	159	1,8	0,8	2,6	1,5	4,1	61
89	48	137	1,4	0,7	2,1	1,3	3,4	65
67	48	114	1,1	0,6	1,7	1,1	2,8	68
44	48	92	0,8	0,5	1,3	0,9	2,2	72
22	48	70	0,6	0,4	0,9	0,7	1,6	76

Toelichting

Paalbelasting	: F_c	[par. 7.7.1]
Rekenwaarde negatieve kleef	: $F_{nk;d}$	[par. 7.3.2.2]
Netto paalbelasting	: $F_{c;netto} = F_c - F_{nk}$	[par. 7.3.2.2]
Rekenwaarde zakking boveinde paal	: $s_{1;d} = s_{punt;d} + s_{el;d}$	[par. 7.6.4.2]
Rekenwaarde samendrukking diepere lagen	: $s_{2;d}$	[par. 7.6.4.2]
Rekenwaarde paalkopzakking	: $s_d = s_{1;d} + s_{2;d}$	[par. 7.6.4.2]
Representatieve statische secant veercoëfficiënt	: $k_{v;rep}$ paal vrijstaand = $F_{c;rep} / s_1$	
	: $k_{v;rep}$ paal in groep = $F_{c;rep} / (s_1 + s_2)$	

Voorbeeldberekening gebaseerd op sondering DKM-4
Berekening volgens Eurocode 7-1 (NEN 9997 - 1 + C2 : 2017)

Paaltype : **Schroefinjectiepaal**
Paalpuntniveau : -7,5 meter tov NAP

paalafmeting : 0,200/0,200/0,200 m

Correctie conusweerstand bij ontgraving

Geen ontgraving, geen correctie van de conusweerstand.

Berekening maximum puntweerstand

$$q_{b,max} = 0,5 * \alpha_p * \beta * s * (0,5[q_{c,I;gem} + q_{c,II;gem}] + q_{c,III;gem}) \quad [\text{par. 7.6.2.3(e)}]$$

Paalklassefactor : $\alpha_p = 0,63$ (f)
Paalvoetvormfactor : $\beta = 1,0$ (g)
Paalvoetdwarsdoorsnedefactor : $s = 1,0$ (h)

$$q_{b,max} = 7,4 \text{ MPa}$$

Berekening maximum schachtwrijving

$$R_{s;cal} = O_p * \Delta L * \alpha_s * q_{c;z;a} \quad [\text{par. 7.6.2.3(e)}]$$

Startdiepte schachtwrijving : -5,8 m tov NAP
paalklassefactor : $\alpha_s = 0,008$ [tabel 7.d]
 O_p : omtrek dwarsdoorsnede paalschacht
 ΔL : traject schachtwrijving

diepte [m tov NAP]	$q_{c;z;a}$ [MPa]	O_p [m]	ΔL [m]	$R_{s;cal}$ [kN]	$\Sigma R_{s;cal}$ [kN]
-6,00	5,0	0,63	0,2	5	5
-6,50	7,6	0,63	0,5	19	24
-7,00	10,5	0,63	0,5	26	50
-7,50	14,9	0,63	0,5	37	88

Berekening maximum draagkracht

$$R_{c;cal} = A_b * q_{b,max} + R_{s;cal} \quad [\text{par. 7.6.2.3(e)}]$$

$$\text{Oppervlakte paalpunt} : A_b = 0,0314 \text{ m}^2$$

$$R_{c;cal} = 232 + 88 = 320 \text{ kN}$$

Voorbeeldberekening gebaseerd op sondering DKM-4
Berekening volgens Eurocode 7-1 (NEN 9997 - 1 + C2 : 2017)

Paaltype : **Schroefinjectiepaal**
 Paalpuntniveau : -7,5 meter tov NAP

paalafmeting : 0,200/0,200/0,200 m

Berekening negatieve kleef, geen groepswerking

De representatieve waarde van de totale belasting ten gevolge van negatieve kleef ($F_{nk;rep}$) moet zijn bepaald met de formule:

$$F_{nk;rep} = O_s * \sum h_j * K_{0;j;rep} * \tan \delta_j * \frac{\sigma'_{v;j-1;rep} + \sigma'_{v;j;rep}}{2}$$

[par. 7.3.2.2(d)]

Dit geldt voor:

- alleenstaande palen;
- palen in één rij of aan de rand van een paalgroep;
- palen binnen een paalgroep waarbij de hart-op-hart afstand van de palen (D) voldoet aan:

$$D > \sqrt{10 \times d \times h}$$

waarin:

d is de middellijn van de paalschacht, of de equivalente middellijn van de paalschachten van de groep, in m.

h is de dikte van de laag of lagen waarin de negatieve kleef werkt, in m.

Uitgangspunten

- Toekomstig maaiveld : 1,00 m tov NAP
- Huidig maaiveld : 0,92 m tov NAP
- Grondwater : -0,50 m tov NAP
- Bovenbelasting : 0 kN/m²
- Voorbeeldsondering : DKM-4
- O_s : omtrek dwarsdoorsnede paalschacht
- $K_{v;j;rep}$: representatieve waarde van de neutrale gronddruk in laag j
- $\tan \delta_j$: representatieve waarde van de wrijvingshoek tussen paalschacht en grond in laag j
- $\sigma'_{0;j;rep}$: representatieve waarde van de effectieve verticale spanning onderin laag j

diepte [m tov NAP]	h_j [m]	O_s [m]	γ [kN/m ³]	γ_{sat} [kN/m ³]	ϕ [graden]	$K_0 * \tan \delta_j$	$\sigma'_{v;j}$ [kN/m ²]	$F_{nk;j;rep}$ [kN]	$\Sigma F_{nk;rep}$ [kN]
0,92	0,08	0,63	18,0	20,0	32,5	0,295	1	0,0	0,0
0,00	0,92	0,63	14,0	14,0	17,5	0,250	14	1	1
-4,00	4,00	0,63	15,0	15,0	22,5	0,256	39	19	20
-5,80	1,80	0,63	14,0	14,0	17,5	0,250	47	12	32

BIJLAGE C

Algemene richtlijnen uitvoering

BIJLAGE C1

Algemene richtlijnen uitvoering avegaarpalen

Controle uitgangspunten

Voorafgaand aan de uitvoering moet worden gecontroleerd:

- de relatie tussen: maaiveldhoogte, werkhoogte, bouwpeil t.o.v. Ref/NAP,
- diameter avegaar en te realiseren paallengte in relatie tot grondonderzoek en funderingsadvies,
- overige relevante uitgangspunten geotechnische rapportages.

Uitvoering in relatie tot omgeving

Voor zover het in het advies niet aan de orde is gesteld, dient te worden nagegaan of de palen gemaakt kunnen worden zonder risico's voor bebouwing en infrastructuur in de omgeving. Hiertoe is informatie noodzakelijk omtrent de constructieve opbouw van bebouwing en infra en over de funderingswijze. Uiteraard is ook de bouwkundige staat van belang.

Werkterrein/bouwput

Het werkterrein dient dermate droog en stabiel te zijn dat verantwoord kan worden gewerkt.

Voorkomen moet worden dat eenmaal gemaakte palen beschadigen doordat deze horizontaal worden belast door bijvoorbeeld het manoeuvreren van materieel of door graafwerk rond de paal. Dit geldt vooral bij gedeeltelijk gewapende palen.

Let op: in beginsel dienen de palen gemaakt te worden vanaf een zodanig werkniveau dat er geen potentiaalsprong is tussen de freatische grondwaterspiegel en de stijghoogte van het grondwater in dieper gelegen watervoerende lagen (hydrostatisch verloop vanaf het werkniveau).

De ondergrond dient vrij te zijn van obstakels en verstoringen die van invloed kunnen zijn op de uiteindelijke paalkwaliteit. De ligging van kabels en leidingen dient in beeld te zijn gebracht.

Uitvoering in relatie tot bodemopbouw

De aanwezigheid van slappe lagen beneden maaiveld legt beperkingen op aan de vervaardiging van avegaarpalen. Van belang is dat de uitvoerende partij aantoonbare expertise heeft in vergelijkbare grondslag. De expertise dient eruit te bestaan dat men de betonsamenstelling en uitvoering (wijze van trekken, treksnelheid en betontoevoer) weet af te stemmen op de beperkte steundruk van de boorgatwand. Dit om 1) het beton omhoog te kunnen krijgen en het oververbruik te beperken, 2) te komen tot een schachtdoorsnede die zich laat controleren door middel van akoestisch doormeten en 3) te komen tot een paalschacht via welke de belasting op de diepere zandlagen kan worden overgedragen.

Paalafstanden

Het maken van een paal mag de verse schacht van een naburige paal niet beïnvloeden. Wanneer twee palen onmiddellijk na elkaar worden vervaardigd moet volgens NEN-EN 1536 de onderlinge hart op hart afstand ten minste vier maal de paaldiameter bedragen met een minimum van 2 m. Een kleinere afstand is toegestaan indien de tijd tussen het maken van de nieuwe paal en de naburige paal zodanig lang is dat de naburige paal voldoende is uitgehard (minstens 4 uur).

Tijdens de uitvoering van de palen moet het niveau van de specie in de reeds gemaakte naburige paal worden gecontroleerd. Wanneer er nazakking of oppersing wordt geconstateerd, moet een andere uitvoeringsvolgorde of een langere verhardingstijd worden aangehouden. De paal waarbij oppersing of nazakking is geconstateerd moet, indien geen vervangende paal wordt gemaakt, na verharding worden gecontroleerd.

Overige uitvoeringsaspecten

- Op de avegaar moet een markering worden aangebracht waaruit de juiste paallengte kan worden afgeleid.
- De avegaar dient voordat met het boren wordt begonnen te worden gecontroleerd op rechtheid en rechtstand, dan wel op de juiste schoorstand. Tevens dient het functioneren van de klep aan de onderzijde van de avegaar te worden gecontroleerd.
- De volgorde van uitvoering dient zodanig te zijn dat door het aanbrengen van een paal, de positie, de draagkracht en de integriteit van nabij gelegen palen niet negatief wordt beïnvloed.
- De eerste paal moet zo dicht mogelijk bij of op een sondering worden gemaakt.
- Het inboren moet geleidelijk geschieden met zo min mogelijk opwaarts grondtransport. Hiervoor dient de boormotor voldoende vermogen te leveren opdat een zo gering mogelijke schraapfactor wordt verkregen.
- De schraapfactor is het aantal omwentelingen van de boor dat nodig is om de boor over de lengte van eenmaal de spoed te doen zakken. Als indicatie geldt dat een schraapfactor van 2 à 3 veelal voldoet.
- Zodra de avegaar op diepte is en gevuld is met beton onder voldoende overdruk mag, indien nodig, deze avegaar maximaal 0,1 meter worden gelicht om de deksel te lossen.
- De avegaar behoort tijdens het trekken óf dezelfde draairichting te hebben als bij het boren óf stil te staan.
- De treksnelheid dient in overeenstemming te zijn met de speciëtoevoer, zodanig dat een continu gevulde schacht verzekerd is. Met name in bodemlagen met een lage sondeerweerstand en een geringere stabiliteit van de boorgatwand is dit van belang.
- De betondruk moet gemeten en continu geregistreerd worden. Bij het meten aan de bovenzijde van de avegaar zal tijdens het trekken een continue overdruk van 10-20 kN/m² over het algemeen voldoende zijn. Bij toepassing van een avegaar met grote binnenbuisdiameter (type buisschroefpaal) dient de buis tot tenminste het werkniveau met beton gevuld te zijn.
- Na het vervaardigen van een paal moet de verwerkte hoeveelheid beton worden vergeleken met de berekende inhoud.
- Aan de hand van de opgeboorde grond ter plaatse van de punt wordt inzicht verkregen in grondsoort ter hoogte van het gekozen paalpuntniveau. Deze grond moet overeenkomen met hetgeen kan worden afgeleid uit het grondonderzoek.

Vastlegging uitvoeringgegevens

- Datum en nummer palenplan en overige relevante werktekeningen.
- Conditie werkterrein.
- Werkniveau t.o.v. Ref/NAP, aanwezigheid eventuele bemalingen.
- Ingezet materieel.
- Samenstelling boorploeg.
- Vermogen boormotor (oliedruk, toerental).
- Rechtheid avegaar, positie en functioneren van de klep.
- Boorvolgorde met data.
- Paaltype, schachtafmeting, paalpuntniveau en wapening(code).
- Samenstelling specie (sterkteklasse, milieuklasse, cementgehalte, hulpstoffen e.d.).
- Datum en tijdstip vervaardiging palen.
- Bereikt paalpuntniveau t.o.v. Ref/NAP.
- Schraapfactor per eenheid van diepte.
- Draaimoment en axiale druk per eenheid van diepte.
- Speciedrukstaten en plaats van meting per eenheid van diepte.
- Specieverbruik in relatie tot theoretisch paalvolume /mixerwissel.
- Inboor- en treksnelheid (begintijd en eindtijd boren en trekken).
- Wijze van trekken (draaiend of stilstaand).

- Opgeboorde grond ter plaatse van de paalpunt.
- Wijze afwerking paalkoppen.
- Bijzonderheden tijdens uitvoering (vershoven piketten, verloop van de avegaar, plaatsafwijkingen, scheefstand, onderbrekingen tijdens trekken of het niet lossen van de deksel en de vervolgens gehanteerde werkwijze, water en/of grond in de boorbuis, stagnatie tijdens uitvoering paal, mee omhoog trekken of wegzakken van de wapening, veranderingen in specieniveau van nabijgelegen palen, plaatsafwijkingen, welpalen, bleeding, rijp op de wapening e.d.).

Controle

Door middel van akoestisch doormeten dient de integriteit van palen te worden beoordeeld. Deze metingen kunnen desgewenst door ons bureau worden uitgevoerd vanaf 5 dagen na productie. De meetgegevens geven informatie over o.a. discontinuïteiten, zoals scheuren, insnoeringen en uitstulpingen, over de lengte van de paal en over de kwaliteit van de paalkop.

Aan palen waarbij tijdens de uitvoering bijzonderheden werden geconstateerd dient tijdens de kwaliteitscontrole extra aandacht te worden besteed. Visuele controle van de paalkop kan plaatsvinden door deze vrij te graven. Hiervoor dient de paal wel voldoende te zijn gewapend.

Indien twijfel bestaat ten aanzien van het draagvermogen van een paal kan afhankelijk van de situatie worden nagesondeerd binnen 1,0 m van de paal, of kan een paal worden proefbelast.

Boortoezicht

Gezien de vele factoren die het installatieproces en daarmee de kwaliteit van de palen kunnen beïnvloeden wordt geadviseerd om per project na te gaan of onafhankelijk deskundig boortoezicht gewenst is. Desgewenst kan toezicht door ons bureau worden verzorgd.

Milieu

Er wordt op gewezen dat milieu-aspecten met betrekking tot eventuele aan- en afvoer van grond en lozing van grondwater niet binnen het kader van deze opdracht vallen.

Tot slot

Voor meer algemene richtlijnen wordt verwezen naar:

- NEN-EN 1536 “uitvoering van bijzonder geotechnisch werk –boorpalen”,
 - CUR-aanbeveling 109 “akoestisch doormeten van betonnen funderingspalen”,
 - CUR 2004-1 “beoordelingssysteem voor de begaanbaarheid van bouwterreinen”,
 - CUR-aanbeveling 114 “toezicht op de realisatie van paalfunderingen”.
 - CROW Funderingshandboek
-
- NVN 6724 “in de grond gevormde funderingselementen van beton of mortel”, formeel ingetrokken.
 - BRL-2356 van het KIWA met bijlage A/B, formeel ingetrokken.

Juli 2022

BIJLAGE C2

Algemene richtlijnen uitvoering
schroefinjectiepalen

Controle uitgangspunten

Voorafgaand aan de uitvoering moet worden gecontroleerd:

- de relatie tussen: maaiveldhoogte, werkhoogte, bouwpeil t.o.v. Ref/NAP,
- schroef-/buisdiameter en paalpuntniveau in relatie tot grondonderzoek en funderingsadvies,
- overige relevante uitgangspunten geotechnische rapportages.

Uitvoering in relatie tot omgeving

Voor zover het in het advies niet aan de orde is gesteld, dient te worden nagegaan of de palen gemaakt kunnen worden zonder risico's voor bebouwing en infrastructuur in de omgeving. Hiertoe is informatie noodzakelijk omtrent de constructieve opbouw van bebouwing en infra en over de funderingswijze. Uiteraard is ook de bouwkundige staat van belang.

Werkterrein/bouwput

Het werkterrein dient dermate droog en stabiel te zijn dat verantwoord kan worden gewerkt.

Voorkomen moet worden dat eenmaal gemaakte palen beschadigen doordat deze horizontaal worden belast door bijvoorbeeld het manoeuvreren van materieel of door graafwerk rond de paal.

Let op: in beginsel dienen de palen gemaakt te worden vanaf een zodanig werkniveau dat er geen potentiaalsprong is tussen de freatische grondwaterspiegel en de stijghoogte van het grondwater in dieper gelegen watervoerende lagen (hydrostatisch verloop vanaf het werkniveau).

De ondergrond dient vrij te zijn van obstakels en verstoringen die van invloed kunnen zijn op de uiteindelijke paalkwaliteit. De ligging van kabels en leidingen dient in beeld te zijn gebracht.

Paalafstanden

Het maken van een paal mag de verse schacht van een naburige paal niet beïnvloeden. Wanneer twee palen onmiddellijk na elkaar worden vervaardigd moet volgens het CROW Funderingshandboek de onderlinge hart op hart afstand in aanzet ten minste vier maal de paaldiameter bedragen met een minimum van 2 m. Een kleinere afstand is toegestaan indien de tijd tussen het maken van de nieuwe paal en de naburige paal zodanig lang is dat de naburige paal voldoende is uitgehard (minstens 20 uur). Deze richtlijnen vinden hun oorsprong in NVN 6724 "in de grond gevormde funderingselementen van beton of mortel" en de beoordelingsrichtlijn BRL 2356. Deze documenten sluiten voor wat betreft veel aspecten aan op de actuele uitvoeringspraktijk maar zijn formeel ingetrokken.

Bij ontbreken van uitvoeringsexpertise in relatie tot de stijfheid van de grond schrijft NEN-EN 12699 een hart op hart afstand van minimaal zes maal de paaldiameter voor. Bij grond met een lage ongedraineerde schuifsterkte ($C_u < 50$ KPa) kan de afstand zelfs oplopen tot tien maal de paaldiameter. Tijdens de uitvoering van de palen moet het niveau van de specie in de reeds gemaakte naburige paal worden gecontroleerd. Wanneer er nazakking of oppersing wordt geconstateerd, moet een andere uitvoeringsvolgorde of een langere verhardingstijd worden aangehouden. De paal waarbij oppersing of nazakking is geconstateerd moet, indien geen vervangende paal wordt gemaakt, na verharding worden gecontroleerd.

Overige uitvoeringsaspecten

- De boormotor dient voldoende vermogen te kunnen leveren om de aanwezige bodemlagen te kunnen doorboren.
- De buis inclusief schroefblad dient de krachten ten gevolge van het boren te kunnen opnemen.
- Voordat met het boren wordt begonnen dient de buis te worden gecontroleerd op rechtheid en rechtstand, dan wel op de juiste schoorstand.
- Het schroefblad en het functioneren van de opening(en) voor de specietoevoer dient te worden gecontroleerd.
- De volgorde van uitvoering dient zodanig te zijn dat door het aanbrengen van een paal, de positie, de draagkracht en de integriteit van nabij gelegen palen niet negatief wordt beïnvloed.
- De eerste paal moet zo dicht mogelijk bij of op een sondering worden gemaakt.

- Het boorproces, waarbij het bodemmateriaal wordt vermengd met de specie, dient te resulteren in een paaldiameter gelijk aan de diameter van het schroefblad.
- Bij harde en/of moeilijk te doorboren lagen kan de paal schroevend op en neer worden bewogen ter bevordering van het inbrengproces. Als dit op en neer bewegen echter geschiedt in bodemlagen waaraan de paal zijn punt draagvermogen ontleent, betekent dit dat moet worden uitgegaan van lagere paalklassefactoren. Of het op en neer bewegen om uitvoeringstechnische redenen nodig is, is ter beoordeling van de leverancier.
- Het speciemenngsel mag slechts in beperkte mate stijgen of dalen tijdens het op en neer bewegen.
- De buis dient gevuld te blijven met specie onder een voldoende overdruk.
- De specietoevoer dient te worden gemeten en geregistreerd.
- Na het vervaardigen van een paal moet de verwerkte hoeveelheid beton worden vergeleken met de berekende inhoud.
- Tijdens het boren dient het niveau van de specie van naburige palen te worden gecontroleerd.

Vastlegging uitvoeringgegevens

- Datum en nummer palenplan en overige relevante werktekeningen.
- Conditie werkterrein.
- Werkniveau t.o.v. Ref/NAP, aanwezigheid eventuele bemalingen.
- Ingezet materieel.
- Samenstelling boorploeg.
- Vermogen boormotor (oliedruk, toerental).
- Rechtheid buis, kwaliteit schroefblad, positie en functioneren van opening(en) specietoevoer.
- Boorvolgorde met data.
- Paaltype, schachtafmeting, paalpuntniveau en wapening(code).
- Samenstelling specie (sterkteklasse, milieuklasse, cementgehalte, hulpstoffen e.d.).
- Datum, begintijd en eindtijd vervaardiging palen.
- Bereikt paalpuntniveau t.o.v. Ref/NAP.
- Verloop pull up en pull down over de geboorde diepte.
- Draaimoment en axiale druk per eenheid van diepte.
- Specieverbruik in relatie tot theoretisch paalvolume.
- Wijze afwerking paalkoppen.
- Bijzonderheden tijdens uitvoering (vershoven piketten, verloop van de buis, te grote doorbuiging van de buis, plaatsafwijkingen, scheefstand, werkwijze bij verstopping van de opening(en) voor specietoevoer, onderbrekingen tijdens het boorproces, wegzakken van de wapening, veranderingen in specieniveau van nabijgelegen palen, plaatsafwijkingen, welpalen, bleeding, rijp op de wapening e.d.).

Controle

Aan palen waarbij tijdens de uitvoering bijzonderheden werden geconstateerd dient tijdens de kwaliteitscontrole extra aandacht te worden besteed. Visuele controle van de paalkop kan plaatsvinden door deze vrij te graven.

Indien twijfel bestaat ten aanzien van het draagvermogen van een paal kan afhankelijk van de situatie worden nagesondeerd binnen 1,0 m van de paal, of kan een paal worden proefbelast.

Boortoezicht

Gezien de vele factoren die het installatieproces en daarmee de kwaliteit van de palen kunnen beïnvloeden wordt geadviseerd om per project na te gaan of onafhankelijk deskundig boortoezicht gewenst is. Desgewenst kan toezicht door ons bureau worden verzorgd.

Milieu

Er wordt op gewezen dat milieu-aspecten met betrekking tot eventuele aan- en afvoer van grond en lozing van grondwater niet binnen het kader van deze opdracht vallen.

Tot slot

Voor meer algemene richtlijnen wordt verwezen naar:

- NEN-EN 12699 “uitvoering van bijzonder geotechnisch werk –verdringingspalen”,
 - NEN-EN 1536 Uitvoering bijzonder geotechnisch werk boorpalen (voor schroefinjectiepalen met een schachtdiameter gelijk aan of groter dan 300 mm)
 - NEN-EN 14199 Uitvoering van bijzonder geotechnisch werk - Micropalen (voor schroefinjectiepalen met een schachtdiameter kleiner dan 300 mm)
 - CUR 2004-1 “beoordelingssysteem voor de begaanbaarheid van bouwterreinen”,
 - CUR-aanbeveling 114 “toezicht op de realisatie van paalfunderingen”.
 - CROW Funderingshandboek
 - Eventuele interne kwaliteitsrichtlijnen van de uitvoerende partij.
 - Verder kunnen gemeenten aanvullende en/of afwijkende eisen stellen ten aanzien van het ontwerp en de uitvoering van palen.
-
- NVN 6724 “in de grond gevormde funderingselementen van beton of mortel”, formeel ingetrokken.
 - BRL-2356 van het KIWA met bijlage E, formeel ingetrokken.

Juli 2022



Voor meer informatie zie: www.socotec.nl

SOCOTEC NEDERLAND SPECIALIST IN:

Geotechniek en milieu-expertise

Grondonderzoek

Geotechnisch laboratoriumonderzoek

Geotechnisch- en geohydrologisch advies

Bouwplaats- en grondwater monitoring

Waterveiligheid

Uitvoeringsbegeleiding

Milieutechniek

Risicobeheer, verzekering en inspecties

Claims

Controle van de omgeving

Risicoanalyses

Waardebepalingen

Gebouw veiligheid & duurzaamheid

Binnenklimaat

Drinkwaterveiligheid

Gebouw- en techniekinspecties

Gebouwprestatie

Gebouwinformatie