



Funderingsadvies

Nieuwbouw Inkoopstation op CBC terrein te Hoogkerk

VN-82532-3 | 2 december 2022



Grondonderzoek



Geotechnisch
Laboratorium



Geomonitoring



GeoICT



Advies



Raadgevend Ingenieursbureau
Wiertsema & Partners B.V.
Feithspark 6, 9356 BZ Tolbert
Postbus 27, 9356 ZG Tolbert
Tel.: 0594 51 68 64
E-mail: info@wieritsema.nl
Internet: www.wieritsema.nl

Onderwerp: Nieuwbouw Inkoopstation op CBC terrein te Hoogkerk
Projectnummer: VN-82532-3
Opdrachtgever: L. van der Meer Beton-, Weg- & Waterbouw
Contactpersoon: [REDACTED]

Versie	Datum	Omschrijving wijziging
1	2 december 2022	

Opgesteld door:	[REDACTED]
Handtekening:	[REDACTED]
Documentnummer:	R86992
Status:	Definitief
Vrijgegeven door:	[REDACTED]



	Inhoudsopgave	blad
1	Inleiding.....	5
1.1	Aanleiding en doel	5
1.2	Gehanteerde gegevens	5
1.3	Normen en richtlijnen	5
1.4	Kwaliteitswaarborging	5
2	Project.....	6
3	Bodemopbouw.....	7
3.1	Beschikbaar grondonderzoek	7
3.2	Maaiveldhoogte.....	7
3.3	Bodemopbouw	7
3.4	Grondwaterstand.....	7
4	Funderingsadvies	8
4.1	Algemeen	8
4.2	Aandachtspunten algemeen.....	8
4.3	Aandachtspunten fundering op prefab betonnen heipalen	8
4.4	Aandachtspunten fundering op geheide stalen buispalen.....	9
5	Fundering op palen	10
5.1	Uitgangspunten paalbelastingen	10
5.2	Geotechnisch draagvermogen	10
5.3	Gehanteerde uitgangspunten	10
5.4	Negatieve kleeft	11
5.5	Positieve kleeft	11
5.6	Berekeningsresultaten geotechnisch draagvermogen	11
6	Uitvoering.....	12
6.1	Prefab betonpalen	12
6.1.1	Heiblok.....	12
6.1.2	Heiwijze	12
6.1.3	Heitrillingen.....	12
6.2	Installatie geheide stalen buispalen	13
6.2.1	Heiblok.....	13
6.2.2	Heiwijze	13
6.2.3	Heitrillingen.....	13
7	Slotopmerking	13



Bijlagen:

- 1 Overzichtstabellen paal draagvermogen Heipalen
- 2 Overzichtstabellen paal draagvermogen Stalen buispalen
- 3 Berekeningsvoorbeeld prefab betonnen heipalen
- 4 Berekeningsvoorbeeld stalen buispalen

1 Inleiding

1.1 Aanleiding en doel

In opdracht van L. van der Meer Beton-, Weg- & Waterbouw te Lemmer heeft Raadgevend Ingenieursbureau Wiertsema & Partners B.V. een funderingsadvies uitgebracht ten behoeve van de nieuwbouw van een inkoopstation op het CBC terrein te Hoogkerk.

In dit rapport wordt ten behoeve van de ontwerpfase, inzicht gegeven in de toelaatbare draagkracht op funderingsniveau en het bijbehorend zettingsgedrag. Wij benadrukken dat voorliggend advies niet voorziet in gedetailleerde engineering/uitwerking van de uitvoeringswijze, deze zijn ter keuze van de aannemer en maken derhalve geen onderdeel uit van het advies.

1.2 Gehanteerde gegevens

Het advies is opgesteld aan de hand van het door Wiertsema & Partners B.V. uitgevoerde grondonderzoek ten behoeve van onderhoudig project. Het grondonderzoek is gerapporteerd in het volgende rapport:

- [1.] Wiertsema & Partners B.V.: Geotechnisch onderzoek 'Nieuwbouw inkoopstation op CBC terrein te Hoogkerk', projectnr. VN-82532-1, documentnr. R86448, d.d. 4 november 2022.

1.3 Normen en richtlijnen

Onderstaande normen en richtlijnen zijn van toepassing in voorliggende rapportage:

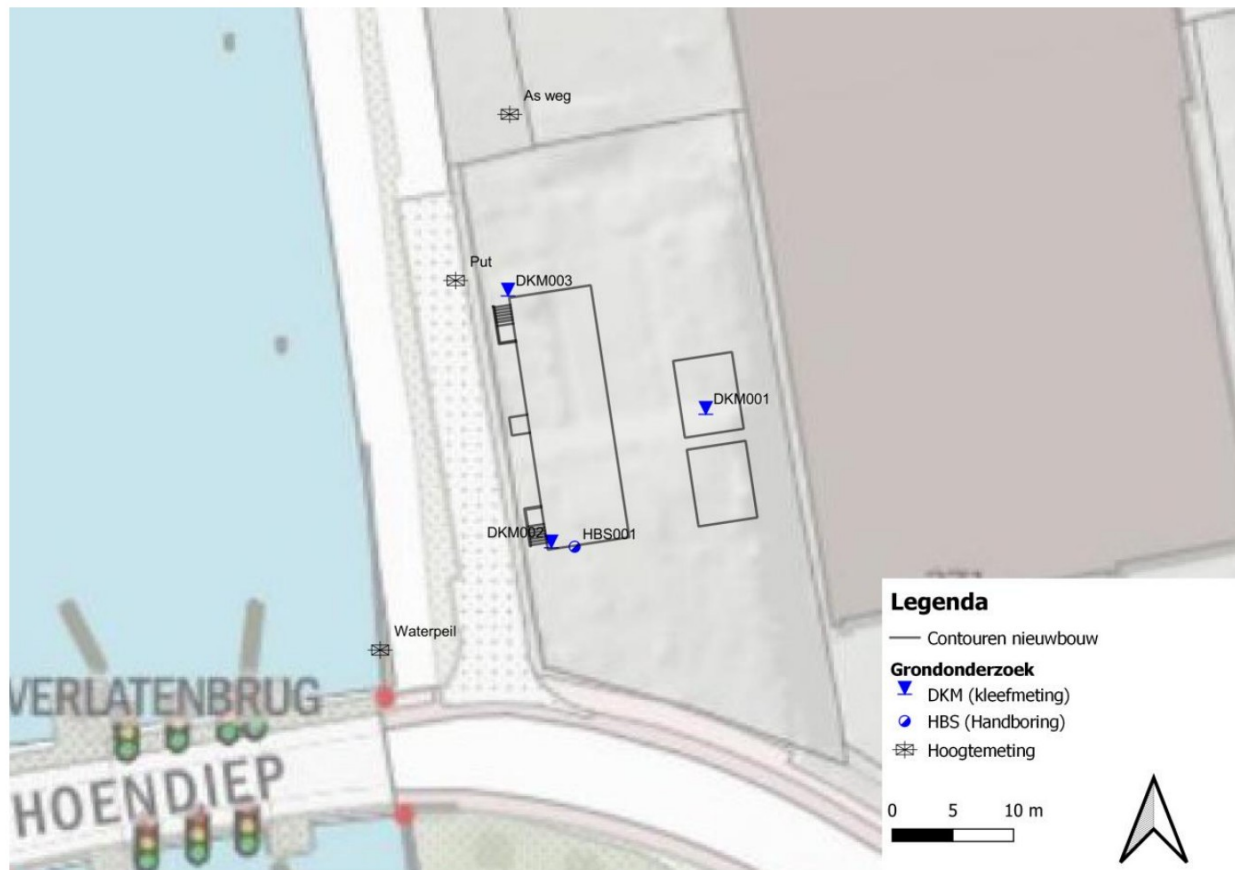
- NEN 9997-1+C2:2017, Geotechnisch ontwerp van Constructies – Deel 1: Algemene regels, november 2017;

1.4 Kwaliteitswaarborging

Het funderingsadvies is opgesteld onder ons kwaliteitssysteem NEN-EN-ISO-9001 en ons milieumanagementsysteem NEN-EN-ISO-14001. Wiertsema & Partners B.V. is in het bezit van een V&G-beheersysteem VCA**.

2 Project

Het project betreft de nieuwbouw van een inkoopstation en twee bijgebouwen op het terrein van Cosun Beet Company te Hoogkerk. In Figuur 2-1 is de indicatieve locatie van de nieuwbouw en een overzicht van het uitgevoerde grondonderzoek weergegeven.



Figuur 2-1 Indicatie van de locatie van de nieuwbouw en een overzicht van het uitgevoerde grondonderzoek.

De gebouwen zullen mogelijk bestaan uit prefab constructies. Het hoofdgebouw heeft afmetingen van circa 20m x 6m en heeft een gewicht van circa 268 ton. De twee bijgebouwen hebben afmetingen van circa 6,4m x 4,9m en zullen circa 85 ton per stuk wegen. Voor zover bekend zullen er geen kelders worden gerealiseerd.

In de directe omgeving van de projectlocatie is bestaande bebouwing aanwezig. Informatie over de fundering van deze gebouwen is niet bij ons bekend.

3 Bodemopbouw

3.1 Beschikbaar grondonderzoek

De resultaten van het beschikbare grondonderzoek [1] zijn vastgelegd ten opzichte van NAP. Het grondonderzoek heeft bestaan uit het verrichten van:

- 3 continue sonderingen met elektrische conus en met elektronische registratie uitgevoerd volgens NEN-EN-ISO 22476-1 klasse 2 tot circa NAP -23 m;
- 1 handboring tot circa 3 m ten opzichte van maaiveld.

3.2 Maaiveldhoogte

De ingemeten maaiveldhoogte ter plaatse van de sondeerlocaties varieerde ten tijde van het grondonderzoek van NAP +0,69 m tot +1,27 m. De bovenkant van een put in directe nabijheid is ingemeten op NAP +0,55 m. De as van de nabij gelegen weg is ingemeten op NAP +0,16 m en het waterpeil in het Hoendiep op NAP -0,99 m.

De hoogtebepaling van de onderzoekspunten is uitgevoerd met als doel de bodemopbouw in te meten ten opzichte van NAP. De gerapporteerde hoogtes zijn niet geschikt voor andere doeleinden dan dit onderzoek.

3.3 Bodemopbouw

Op basis van het uitgevoerde grondonderzoek, waaronder metingen van de plaatselijke mantelwrijving en handboringen, is globaal de onderstaande schematische bodembeschrijving vastgesteld, zie tabel 3.1.

Tabel 3.1: Schematische bodemopbouw

Diepte [m NAP]			Bodembeschrijving
maaiveld	tot	+0,5/-0,5	Los gepakt zand met (humeuze) toplaag
+0,5/-0,5	tot	-12,0/-13,0	Klei, lokaal afgewisseld door zwak zandige klei- of leemlagen
-12,0/-13,0	tot	-25*	Zand, matig tot vast gepakt. Lokaal afgewisseld door silthoudend zand of leem.

* Maximaal verkende diepte

3.4 Grondwaterstand

Ten tijde van het grondonderzoek op 1 november 2022 is de grondwaterstand in het boorgat van handboring HBS001 direct na uitvoering vastgesteld op NAP -0,88.

Conform het peilbesluit van waterschap Noorderzijlvest wordt ter plaatse van de projectlocatie een streefpeil van NAP -1,34 m (zomerpeil) en NAP -1,48 m (winterpeil) gehanteerd. In natte periodes is het aannemelijk dat er enige opbolling ten opzichte van de gehanteerde peilen in de watergangen optreedt. De gemeten grondwaterstand sluit hierbij aan.

4 Funderingsadvies

4.1 Algemeen

Gezien de aangetroffen bodemgesteldheid de aard van de belastingen op de fundering wordt een fundering op palen geadviseerd. Omdat het project zich nog in de verkenningsfase bevindt en het nog niet duidelijk is welk paalsysteem gewenst is, is in dit advies een fundering op prefab betonpalen en op geheide stalen buispalen verder uitgewerkt.

4.2 Aandachtspunten algemeen

- Het uitgangspunt is dat de grond ter plaatse van de voorgenomen projectlocatie vrij is van puin en/of obstakels en voldoende schoon is;
- In het kader van bouwen langs belendingen dient men zich op de hoogte te stellen van de situatie langs een bestaande bebouwing of een toekomstig bouwwerk waarvoor al een vergunning is afgegeven. Rekening dient te worden gehouden met de paalplaatsing in horizontale zin en in verticale zin (inheinniveau). De situatie van de bestaande bebouwing is op het moment van schrijven bij ons niet bekend;
- In de directe omgeving van de projectlocatie is op korte afstand bestaande bebouwing aanwezig. De wijze van funderen van de omliggende bebouwing is ten tijde van het schrijven van dit advies niet bij ons bekend. Indien de bestaande bebouwing op palen is gefundeerd, wordt geadviseerd de palen van de woonblokken (indien in de buurt van bestaand bebouwing) niet dieper plaatsen van de bestaande palen. Het dieper plaatsen van nieuwe palen ten opzichte van bestaande palen kan de draagkracht van de bestaande funderingspalen beïnvloeden;

4.3 Aandachtspunten fundering op prefab betonnen heipalen

- Het heien van prefab betonpalen veroorzaakt trillingen. Bij het opstellen van dit funderingsadvies is ervan uitgegaan dat er in de directe omgeving van het heiwerk geen trillings- en/of zettingsgevoelige belendingen en/of objecten aanwezig zijn en er dus geheid kan en mag worden. In hoeverre dat in de gegeven situatie al of niet correct is, is niet door ons beoordeeld. In twijfelgevallen is overleg met Wiertsema & Partners gewenst. Indien gewenst kan door ons bureau ook nog een trillingspredictie worden opgesteld, zodat meer inzicht wordt verkregen in de verwachtingswaarden van de trillingen en overschrijdingskansen;
- Gezien de aanwezigheid van belendingen en teneinde de kans op schade aan de belendingen tijdens het heien te beperken, wordt geadviseerd om:
 - Meer palen met een kleinere schachtafmeting en geringere draagkracht in plaats van minder palen met een grotere schachtafmeting en meer draagkracht toe te passen;
 - Het toepassen van een voldoende zwaar heiblok, een en ander te bepalen nadat het palenplan gereed is;
 - Het uit laten voeren van een bouwkundige vooropname van de omliggende bebouwing en deze aan de betrokkenen (relevante omwonenden) ter beschikking te stellen;
 - Tijdens het heiwerk trillingsmetingen uit laten voeren. Door middel van deze metingen kan het niveau van de trillingsintensiteit worden vastgesteld. Indien nodig kan door het aanpassen van de valhoogte van het heiblok een en ander worden bijgesteld;

- Mocht de trillingsintensiteit echter onaanvaardbaar hoog zijn dan zal alsnog gekozen moeten worden voor een trillingsarm/-vrij grondverdringend paalsysteem;
- Indien er bezwaren zijn tegen een geheide paalsysteem, moet gekozen worden voor een trillingsvrij systeem, bijvoorbeeld schroefpalen type avegaar (de zogenaamde mortelschroefpalen);

4.4 Aandachtspunten fundering op geheide stalen buispalen

- Geheide stalen buispalen is een grondverdringend paalsysteem, de palen worden heidend geïnstalleerd. Desondanks worden geheide stalen buispalen als een trillingsarm paalsysteem beschouwd, aangezien inwendig wordt geheid (op de voetplaat). Desondanks veroorzaakt heien van stalen buispalen trillingen.
- Om heitrillingen te beperken en rekening te houden met de omgeving wordt het volgende geadviseerd:
 - Het toepassen van een voldoende zwaar heiblok, een en ander te bepalen nadat het palenplan gereed is;
 - Het uit laten voeren van een bouwkundige vooropname van de omliggende bebouwing en deze aan de betrokkenen ter beschikking te stellen;
 - Tijdens het heiwerk trillingsmetingen uit laten voeren. Door middel van deze metingen kan het niveau van de trillingsintensiteit worden vastgesteld. Indien nodig kan door het aanpassen van de valhoogte van het heiblok een en ander worden bijgesteld. Mocht de trillingsintensiteit echter onaanvaardbaar hoog zijn, zal alsnog gekozen moeten worden voor een trillingsarm/-vrij paalsysteem;
- De gekozen afmetingen van de stalen buispalen en bijbehorende voetplaatafmeting zijn een aanname op basis van beschikbare gegevens. De keuze én beschikbaarheid van verschillende afmetingen voetplaten is per uitvoerend heibedrijf verschillend. De definitieve paalafmetingen dienen met het uitvoerend heibedrijf te worden overlegd. Desgewenst kunnen wij na de definitieve keuze voor een stalen buispaalafmeting en voetplaatafmeting de getoonde paal draagvermogens toetsen aan de hand van de gekozen afmetingen;

5 Fundering op palen

5.1 Uitgangspunten paalbelastingen

De exacte belastingen op de funderingselementen zijn ten tijde van opstellen van het advies bij ons nog niet bekend. In dit stadium van het project volstaat het geven van inzicht in het geotechnische draagvermogen ten behoeve van het ontwerp.

Uitgangspunt zijn op uitsluitend axiale op druk palen. Belastingen door gronddruk en/of grondverplaatsingen (bijvoorbeeld ten gevolge van verschil in bovenbelasting aan weerszijde van de paalfundering / eenzijdige ophoging / palen in een talud) zijn uitgesloten. Op basis van de opgegeven gewichten van de constructies wordt uitgegaan van paalbelastingen van $F_{c;d} = 300 \text{ kN}$ à 350 kN .

5.2 Geotechnisch draagvermogen

Het geotechnisch draagvermogen van de ondergrond is beschouwd conform NEN-9997-1+C2.

5.3 Gehanteerde uitgangspunten

Voor de berekening van het geotechnisch draagvermogen zijn de volgende uitgangspunten gehanteerd:

- Het project valt in de geotechnische categorie 2;
- De constructie is beschouwd als zijnde een niet-stijf bouwwerk;
- De nieuwbouw wordt niet onderkelderde;
- Het bouwpeil (P) is aangenomen op: NAP +1,30 m.
Het toekomstige maaiveld is op: NAP +1,20 m.
De bovenkant van de paal is aangenomen op: NAP +0,30 m (ca. 1,0 meter minus P).
- Paalfactoren

Paalfactor	betonnen heipaal	Stalen buispalen/geheid
α_p	0,7	0,7
α_s ; zand (tabel 7.c)	0,01	0,01*)
α_s ; klei/leem (tabel 7.d)	$\leq 0,03$ indien $q_{c;gem} \geq 2,5$ $0,02 \times (q_{c;gem} - 1)$ indien $q_{c;gem} \geq 2,0$ en $< 2,5$ $0,02$ indien $q_{c;gem} \leq 2$	
α_t *)	0,007	0,007
β	1	0,89/0,88
s	1	1
$q_{c;III;gem}$	–	–

*) De voetplaat van de buispaal met gesloten voet mag niet meer dan 10 mm uitsteken buiten de buis.

- Partiële factoren

γ_b	1,2
γ_s	1,2
$\gamma_{s,1}$	1,35
$\gamma_{m;var;q_c}$	1,50



– Correlatiefactoren

ξ_3	1,39	tabel A.10.a, voor $n = 1$ en een niet stijf bouwwerk.
ξ_4	1,39	

– Toetsing volgens uiterste grenstoestand houdt in dat voldaan moet worden aan:

- $F_{c;d} \leq R_{c;netto;d}$ voor drukpalen $R_{c;netto;d} = R_{c;d} - F_{nk;d}$
- $F_{t;d} \leq R_{t;d}$ voor trekpalen

– Met betrekking tot de vervorming zal in de regel de bruikbaarheidsgrenstoestand volgens NEN 9997-1+C2 bepalend zijn. Deze vervormingen zijn, gezien de zeer geringe vervorming van de palen niet maatgevend;

5.4 Negatieve kleeft

In de berekening is uitgegaan van een grondwaterstand van NAP -0,88 m en een toekomstige maaiveldhoogte van ca. NAP +1,20 m. De representatieve waarde van paalbelasting door negatieve kleeft ($F_{nk;rep}$) is bepaald volgens NEN 9997-1, 7.3.2.2(d).

De rekenwaarde ($F_{nk;d}$) wordt bepaald met behulp van de partiële factor $\gamma_{f,nk}$ zoals vermeld in NEN 9997-1, 7.3.2.2(b) $\rightarrow F_{nk;d} = \gamma_{f,nk} * F_{nk;rep}$. Voor $\gamma_{f,nk}$ is de waarde 1,0 aangehouden.

In verband met de aanwezigheid van samendrukbare lagen is het optreden van negatieve kleeft in rekening gebracht tot een niveau van NAP -3,0 m ter plaatse van de sonderingen DKM001 t/m DKM003.

5.5 Positieve kleeft

Samendrukbare lagen boven het basisniveau en eventueel daarop rustende zandlagen hebben geen aandeel in de schachtwrijving van op druk belaste palen. Schachtwrijving wordt ontleend aan de grondlagen beneden:

- NAP -12,0 m ter plaatse van sondering DKM001;
- NAP -13,0 m ter plaatse van sondering DKM002;
- NAP -12,7 m ter plaatse van sondering DKM003;

5.6 Berekeningsresultaten geotechnisch draagvermogen

In bijlage 1 (prefab betonnen heipalen) en bijlage 2 (stalen buispalen) is per sondeerpunt, paal(schacht)afmeting en paalpuntniveau de maximale rekenwaarde ($R_{c;netto;d} = R_{c;d} - F_{nk;d}$) van het geotechnisch draagvermogen weergegeven.

De genoemde rekenwaarden van de grondmechanische draagkracht zijn opgebouwd uit de punt- en schachtweerstand en verminderd met de negatieve kleeft belasting. De genoemde draagkrachten gelden voor verticaal en centrish op druk belaste palen.

In bijlage 3 en 4 zijn detailberekeningen van de draagkracht weergegeven van respectievelijk prefab betonnen heipalen en stalen buispalen, inclusief het last-zakkingsgedrag. Opgemerkt dient te worden dat de palen niet zijn gecontroleerd op de slankheid en de maximale (beton)spanning in de paalschacht.

6 Uitvoering

6.1 Prefab betonpalen

6.1.1 Heiblok

Bij het op diepte brengen van de prefab betonpalen adviseren wij gebruik te maken van een hydraulisch valblok met een gewicht van 5 à 6 kN. Een ander type heiblok met vergelijkbare energieafgifte kan ook voldoen. Definitieve blokkeus te maken nadat het palenplan gereed is en in overleg met de heier.

Het energieniveau dient zodanig te worden ingesteld dat op het geadviseerde paalpuntniveau goed interpreteerbare kalenderwaardes kunnen worden gerealiseerd. Goed interpreteerbare kalenderwaardes zijn kalenderwaardes waarbij voor een zakking van de paalkop van 0,25 m 15 à 40 klappen nodig zijn.

6.1.2 Heiwijze

De eerste paal dient ter plaatse van een sondering te worden geheid en over de volledige lengte te worden gekalenderd. Het opgenomen slagdiagram kan dan als richtlijnen dienen voor de inheiniveaus van de tussen de sonderingen te heien palen.

Van alle palen dienen de kalenderwaarden van de laatste twee meter, het bereikte puntniveau en de gehanteerde hei-energie te worden vastgelegd in een heiregister. Tevens dient te worden genoteerd het heimiddel (in het geval van een hydroblok: valgewicht en valhoogte en aantal slagen per minuut), het paalnummer, de paalafmeting en het bereikte inheiniveau.

Indien meerdere puntniveaus worden gehanteerd, adviseren wij het heiwerk te beginnen bij de sondering met het diepste paalpuntniveau en te heien in de richting van de ondiepere niveaus.

6.1.3 Heitrillingen

Bij het heien van palen zullen in de ondergrond trillingen worden veroorzaakt. Naast de bodemopbouw bepalen onder meer de wijze van funderen, de bouwkundige staat waarin de eventuele belendingen zich bevinden en de afstand tot het heiwerk de kans op schadelijke effecten als gevolg van deze heitrillingen.

Bij het opstellen van dit funderingsadvies is ervan uitgegaan dat in de directe omgeving van het heiwerk geen trillings- en/of zettingsgevoelige belendingen en/of objecten aanwezig zijn en er dus geheid kan en mag worden. In hoeverre dat in de gegeven situatie al of niet correct is, is niet door ons beoordeeld. In twijfelgevallen is overleg met Wiertsema & Partners gewenst.

Indien gewenst kan door ons bureau ook nog een trillingspredictie worden opgesteld, zodat meer inzicht wordt verkregen in de verwachtingswaarden van de trillingen en bij overschrijdingskansen. Door de trillingsniveaus tijdens het heiwerk te registreren kan een uitspraak worden gedaan over deze kans op schade aan bouwwerken (evenals inzicht in de hinder voor personen in gebouwen en schade aan apparatuur). Desgewenst kunnen dergelijke metingen door ons bureau worden verricht.

6.2 Installatie geheide stalen buispalen

6.2.1 Heiblok

Het op diepte brengen van de stalen buispalen kan middels de toepassing van een inwendig valgewicht dat gebruikelijk is bij dit type palen. De massa van het te hanteren valgewicht voor de stalen buispalen dient door het uitvoerend heibedrijf nader te worden bepaald.

Het energieniveau dient zodanig te worden ingesteld dat op het geadviseerde paalpuntniveau goed interpreteerbare kalenderwaardes kunnen worden gerealiseerd. Goed interpreteerbare kalenderwaardes zijn kalenderwaardes waarbij voor een zakking van de paalkop van 0,25 m 15 à 40 klappen nodig zijn.

6.2.2 Heiwijze

De eerste paal dient ter plaatse van een sondering te worden geheid en over volledige lengte te worden gekalenderd. Het opgenomen slagdiagram kan dan als richtlijn dienen voor de inheiniveaus van de tussen de sonderingen te heien palen. Van alle palen dienen de kalenderwaarden van de laatste twee meter, het bereikte puntniveau en de gehanteerde heienergie te worden vastgelegd in een heiregister.

6.2.3 Heitrillingen

Bij het heien van palen zullen in de ondergrond trillingen worden veroorzaakt. Naast de bodemopbouw bepalen onder meer de wijze van funderen, de bouwkundige staat waarin de belendingen zich bevinden en de afstand tot het heiwerk de kans op schadelijke effecten als gevolg van deze heitrillingen.

Door de trillingsniveaus tijdens het heiwerk te registreren kan een uitspraak worden gedaan over deze kans op schade aan bouwwerken (evenals inzicht in de hinder voor personen in gebouwen en schade aan apparatuur). Desgewenst kunnen dergelijke metingen door ons bureau worden verricht.

7 Slotopmerking

Indien in de loop van het project veranderingen optreden in het beschreven bouwplan of in de in dit advies gehanteerde uitgangspunten verzoeken wij u contact met ons bureau op te nemen, zodat wij ons rapport hierop kunnen toetsen.

Bijlage 1

OVERZICHT NETTO DRAAGVERMOGEN DRUKPALEN

Netto paal draagvermogen(s) zijn naar beneden toe afgerond op: 1.0 kN nauwkeurig

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

sondering	maaiveld niveau	paalpunt niveau	$R_{c; netto; d}$ #250 [kN]
DKM001	0.82	-13.00	240**
		-13.50	277*
		-16.50	408
		-17.00	466
		-17.50	502
		-18.00	548
		-18.50	640
		-19.00	688
		-19.50	737
		-20.00	770
DKM002	1.25	-14.00	176
		-14.50	253
		-15.00	308
		-15.50	421
		-16.00	519
		-16.50	645
DKM003	0.69	-17.00	718
		-15.00	173
		-15.50	202
		-16.00	232
		-16.50	301
		-17.00	421
		-17.50	551
		-18.00	613
		-18.50	673
		-19.00	740

*In DKM001 is tussen NAP -13,5m en NAP -16,5m een teruggang van de conusweerstand aanwezig

**Voorbeeld berekening is weergegeven in bijlage 4

Bijlage 2

OVERZICHT NETTO DRAAGVERMOGEN DRUKPALEN

Netto paal draagvermogen(s) zijn naar beneden toe afgerond op: 1.0 kN nauwkeurig

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

sondering	maaiveld paalpunt		$R_{c; netto; d}$ [kN]	
	niveau	niveau	ø273-290	ø324-340
DKM001	0.82	-13.00	218	278**
		-13.50	249	308*
		-16.50	363	460
		-17.00	415	526
		-17.50	446	560
		-18.00	487	614
		-18.50	570	724
		-19.00	612	773
		-19.50	655	828
		-20.00	682	857
DKM002	1.25	-14.00	162	217
		-14.50	231	302
		-15.00	279	357
		-15.50	384	499
		-16.00	472	622
		-16.50	586	764
DKM003	0.69	-17.00	650	845
		-15.00	157	204
		-15.50	183	238
		-16.00	209	270
		-16.50	272	354
		-17.00	381	493
		-17.50	499	642
		-18.00	553	712
		-18.50	606	773
		-19.00	666	832

*In DKM001 is tussen NAP -13,5m en NAP -16,5m een teruggang van de conusweerstand aanwezig

**Voorbeeld berekening is weergegeven in bijlage 4

Bijlage 3

DETAIL BER. DRAAGVERMOGEN #250 VB berekening; DKM001; N.A.P.-13.00**Uitgangspunten**

- gehanteerde sondering : DKM001
- gehanteerde paal : #250
- paalpuntniveau : N.A.P.-13.00 m
- traject positieve kleef : N.A.P.-12.00 m
- tot: N.A.P.-13.00 m

Maximale draagkracht van de paalpunt

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

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

$$= 4.984 \text{ MPa}$$

waarin : in dit geval :

$q_{c;I;gem}$	= de gemiddelde waarde van de conusweerstand over traject I	= 12.00 MPa
$q_{c;II;gem}$	= de gemiddelde waarde van de conusweerstand over traject II	= 7.74 MPa
$q_{c;III;gem}$	= de gemiddelde waarde van de conusweerstand over traject III	= 4.37 MPa
α_p	= paalklassefactor	= 0.70 -
β	= factor voor de paalvoetvorm	= 1.00 -
ϕ	= hoek van de inwendige wrijving	= 32.5 -
r	= verhouding b/a	= 1.00 -
s	= factor voor de vorm van de voet	= 1.00 -

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

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

$$R_{b;cal;max;i} = A_b * Q_{b;max;i}$$

$$= 312 \text{ kN}$$

waarin : in dit geval :
 A_b = oppervlak van de paalvoet = 0.0625 m²

Maximale paalschachtwrijving

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

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

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

$$R_{s;cal;max;i} = O_{s;\Delta l;gem} * \sum Q_{s;max;z;i} * d_z$$

$$= 141 \text{ kN}$$



Per laag

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

Nr Laag	Nivo	$O_{s;gem}$	α_s	Perc.	$q_{c;z;a}$	$q_{s;max}$	d_z
$R_{c;cal}$	[m]	[m ¹]		[%]	[MPa]	[MPa]	[m]
[kN]							
--	----	-12.00	--	--	--	--	--
1 Zand - Schoon - Matig	-13.00	1.00	0.0100	100	14.14	0.141	1.00
141.4							
totaal		1.00	0.0100		14.14	0.141	1.00
141.4							

Maximale draagkracht

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

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

$$= 453 \text{ kN } (= 312 + 141)$$

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

$$R_{c;k} = R_{c;cal} / \xi_3 \quad (n=1)$$

$$= 326 \text{ kN}$$

waarin : in dit geval :

$$\xi_3 \quad (n=1) = \text{factor volgens art. A.3.3.3 bij 1 sondering} = 1.39 \quad -$$

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

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

$$= 272 \text{ kN}$$

waarin : in dit geval :

$$\gamma_R = \text{partiële weerstandsfactor volgens art. A.3.3.2}$$

$$\text{tabel A.6, A.7 of A.8} = 1.20 \quad -$$

DETAIL BER. NEGATIEVE KLEEF #250 VB berekening; DKM001; N.A.P.-13.00

Uitgangspunten

- gehanteerde sondering	: DKM001
- gehanteerde paal	: #250
- paalpuntniveau	: N.A.P.-13.00 m
- paalkopniveau	: N.A.P. 0.00 m
- traject negatieve kleeftot	: N.A.P. 0.82 m
	: N.A.P. -3.00 m
- $p_{sur;k}$	: 21.60 kN/m ²

Berekening negatieve kleeft

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

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

$$= -30.8 \text{ kN}$$

waarin :

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

Per laag

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

Nr Laag	Nivo [m]	Hoogte [m]	$O_{s;gem}$ [m ¹]	$K_{0;j} * \tan(\delta_i)$	$\sigma'_{v;j;k}$ [kN/m ²]
--	----	0.00	--	--	21.60
1 Zand - Schoon - Los	-0.50	0.50	1.00	0.25	30.60
2 Klei - Zwak zandig - Slap	-0.88	0.38	1.00	0.25	37.44
3 Klei - Zwak zandig - Slap	-3.00	2.12	1.00	0.25	54.40

Rekenwaarde

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

$$F_{nk;d} = F_{nk;k} * \gamma_{f;nk} = -30.8 \text{ kN}$$

waarin :

in dit geval :

$\gamma_{f;nk}$	= belastingfactor voor de negatieve kleeft (art. 7.3.2.2 (b))	1.0 -
-----------------	--	-------



LAST_ZAKKINGSDIAGRAM #250 VB berekening

Uitgangspunten

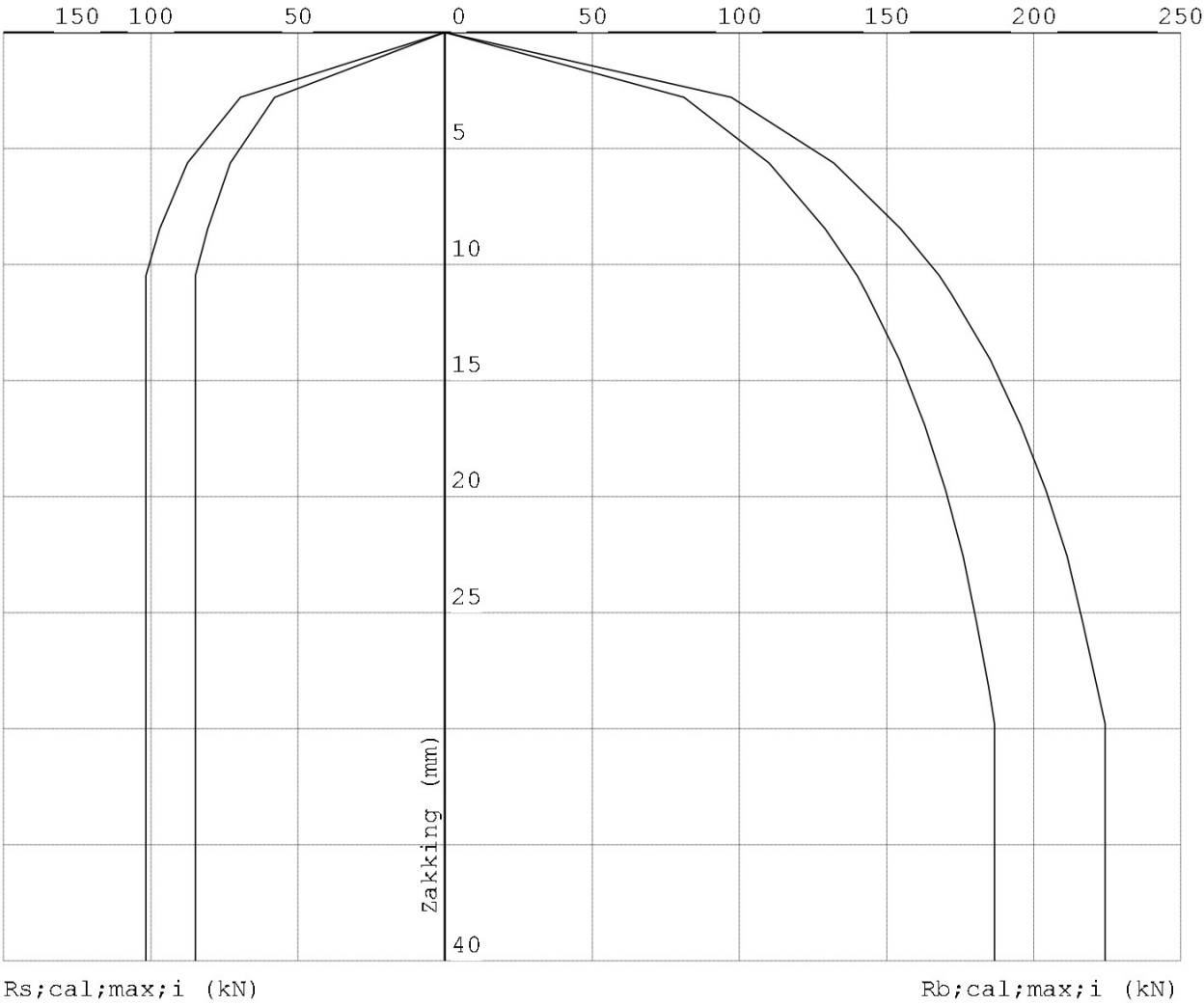
- gehanteerde sondering : DKM001
- gehanteerde paal : #250
- paalpuntniveau : N.A.P.-13.00 m

Last-zakkingsgedrag paal

paalzakking (mm) draagvermogen 1B (kN) paalzakking (mm) draagvermogen 2 (kN)

voet	kop	punt	wrijving	totaal	voet	kop	punt	wrijving	totaal
0.0	0.0	0	0	0	0.0	0.0	0	0	0
2.8	4.2	81	58	139	2.8	4.5	97	70	167
5.6	7.5	110	73	183	5.6	7.9	132	88	220
8.5	10.6	129	81	210	8.5	11.0	155	97	252
10.5	12.8	140	85	225	10.5	13.2	168	102	270
11.3	13.6	143	85	228	11.3	14.1	172	102	274
14.1	16.6	154	85	239	14.1	17.0	185	102	287
16.9	19.5	163	85	248	16.9	20.0	196	102	297
19.7	22.4	170	85	255	19.7	22.9	204	102	306
22.6	25.2	176	85	261	22.6	25.8	211	102	313
25.4	28.1	181	85	265	25.4	28.7	217	102	318
28.2	31.0	185	85	269	28.2	31.5	221	102	323
29.8	32.6	187	85	272	29.8	33.1	224	102	326
282.1	284.9	187	85	272	282.1	285.4	224	102	326

Last-zakkingsdiagram grenstoestand 1B en 2



Wiertsema & Partners
RAADGEVEND INGENIEURS

Bijlage 4

**DETAIL BER. DRAAGVERMOGEN ø324-340 VB berekening; DKM001;
N.A.P.-13.00**

Uitgangspunten

- gehanteerde sondering : DKM001
- gehanteerde paal : ø324-340
- paalpuntniveau : N.A.P.-13.00 m
- traject positieve kleef : N.A.P.-12.00 m
- tot: N.A.P.-13.00 m

Maximale draagkracht van de paalpunt

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

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

$$= 4.108 \text{ MPa}$$

waarin : in dit geval :

$q_{c;I;gem}$	= de gemiddelde waarde van de conusweerstand over traject I	= 11.26 MPa
$q_{c;II;gem}$	= de gemiddelde waarde van de conusweerstand over traject II	= 7.59 MPa
$q_{c;III;gem}$	= de gemiddelde waarde van de conusweerstand over traject III	= 3.76 MPa
α_p	= paalklassefactor	= 0.70 -
β	= factor voor de paalvoetvorm	= 0.89 -
ϕ	= hoek van de inwendige wrijving	= 32.5 -
r	= verhouding b/a	= 1.00 -
s	= factor voor de vorm van de voet	= 1.00 -

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

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

$$R_{b;cal;max;i} = A_b * Q_{b;max;i}$$

$$= 373 \text{ kN}$$

waarin : in dit geval :

$$A_b = 0.0908 \text{ m}^2$$

Maximale paalschachtwrijving

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

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

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

$$R_{s;cal;max;i} = O_{s;\Delta l;gem} * \sum q_{s;max;z;i} * d_z$$

$$= 144 \text{ kN}$$

Per laag

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

Nr Laag	Nivo	$O_{s;gem}$	α_s	Perc.	$q_{c;z;a}$	$q_{s;max}$	d_z
$R_{c;cal}$	[m]	[m ¹]		[%]	[MPa]	[MPa]	[m]
[kN]							
--	----	-12.00	--	--	--	--	--
1 Zand - Schoon - Matig	-12.99	1.02	0.0100	100	14.13	0.141	0.99
142.4							
2 Zand - Schoon - Matig	-13.00	1.07	0.0100	100	15.00	0.150	0.01
1.6							
totaal		1.02	0.0100		14.14	0.141	1.00
144.0							

Maximale draagkracht

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

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

$$= 517 \text{ kN } (= 373 + 144)$$

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

$$R_{c;k} = R_{c;cal} / \xi_3 \text{ (n=1)}$$

$$= 372 \text{ kN}$$

waarin : in dit geval :

$$\xi_3 \text{ (n=1)} = \text{factor volgens art. A.3.3.3 bij 1 sondering} = 1.39 -$$

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

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

$$= 310 \text{ kN}$$

waarin : in dit geval :

$$\gamma_R = \text{partiële weerstandsfactor volgens art. A.3.3.2}$$

$$\text{tabel A.6, A.7 of A.8} = 1.20 -$$

DETAIL BER. NEGATIEVE KLEEF ø324-340 VB berekening; DKM001; N.A.P. -13.00

Uitgangspunten

- gehanteerde sondering	: DKM001
- gehanteerde paal	: ø324-340
- paalpuntniveau	: N.A.P. -13.00 m
- paalkopniveau	: N.A.P. 0.00 m
- traject negatieve kleeftot	: N.A.P. 0.82 m
	: N.A.P. -3.00 m
- $p_{sur;k}$	: 21.60 kN/m ²

Berekening negatieve kleeft

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

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

$$= -31.4 \text{ kN}$$

waarin :

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

Per laag

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

Nr Laag	Nivo [m]	Hoogte [m]	$O_{s;gem}$ [m ¹]	$K_{0;j} * \tan(\delta_i)$	$\sigma'_{v;j;k}$ [kN/m ²]
--	----	0.00	--	--	21.60
1 Zand - Schoon - Los	-0.50	0.50	1.02	0.25	30.60
2 Klei - Zwak zandig - Slap	-0.88	0.38	1.02	0.25	37.44
3 Klei - Zwak zandig - Slap	-3.00	2.12	1.02	0.25	54.40

Rekenwaarde

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

$$F_{nk;d} = F_{nk;k} * \gamma_{f;nk} = -31.4 \text{ kN}$$

waarin :

in dit geval :

$\gamma_{f;nk}$	= belastingfactor voor de negatieve kleeft (art. 7.3.2.2 (b))	1.0 -
-----------------	--	-------



Wiertsema & Partners
RAADGEVEND INGENIEURS

LAST_ZAKKINGSDIAGRAM ø324-340 VB berekening

Uitgangspunten

- gehanteerde sondering : DKM001
- gehanteerde paal : ø324-340
- paalpuntniveau : N.A.P.-13.00 m

Last-zakkingsgedrag paal

paalzakking (mm) draagvermogen 1B (kN) paalzakking (mm) draagvermogen 2 (kN)

voet kop punt wrijving totaal voet kop punt wrijving
totaal

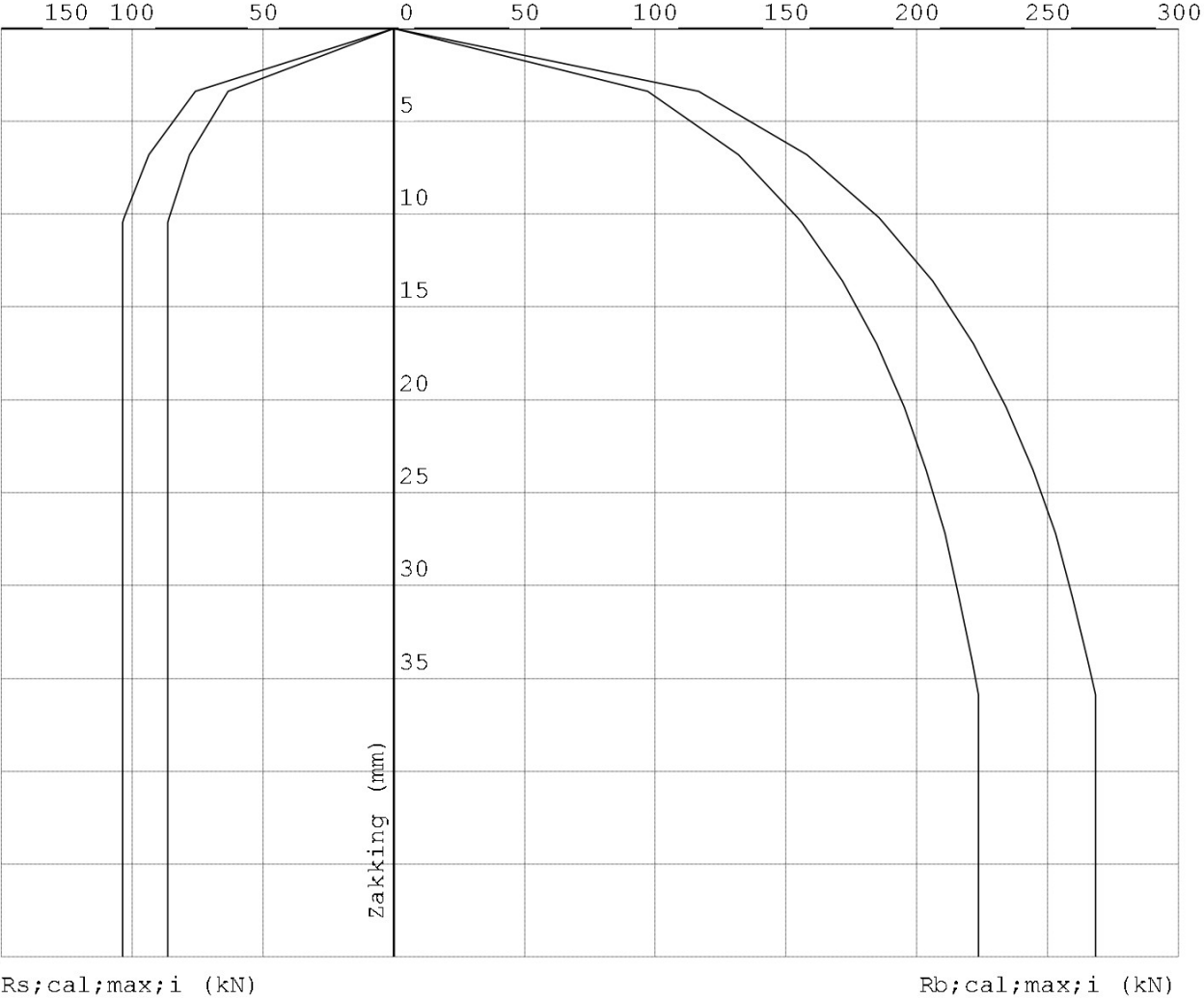
0.0	0.0	0	0	0	0.0	0.0	0	0	0
3.4	4.6	97	63	160	3.4	4.9	116	76	192
6.8	8.4	132	78	210	6.8	8.8	158	94	252
10.2	12.1	154	86	240	10.2	12.4	185	103	288
10.5	12.4	156	86	242	10.5	12.7	187	104	291
13.6	15.6	172	86	258	13.6	16.0	206	104	310
17.0	19.1	185	86	271	17.0	19.5	222	104	325
20.4	22.6	195	86	281	20.4	23.0	234	104	338
23.8	26.1	204	86	290	23.8	26.5	244	104	348
27.2	29.5	211	86	297	27.2	30.0	253	104	357
30.6	33.0	216	86	302	30.6	33.4	259	104	363
34.0	36.4	221	86	307	34.0	36.9	265	104	369
35.9	38.3	224	86	310	35.9	38.8	268	104	372
340.0	342.4	224	86	310	340.0	342.9	268	104	372



Wiertsema & Partners

RAADGEVEND INGENIEURS

Last-zakkingsdiagram grenstoestand 1B en 2



Wiertsema & Partners
RAADGEVEND INGENIEURS