

Funderingsadvies

Nouryon Brine Field project te Haaksbergen

VN-77421-2 | 3 mei 2021 | Versie 6



Wiertsema & Partners

RAADGEVEND INGENIEURS

Onderwerp: Nouryon Brine Field project te Haaksbergen

Projectnummer: VN-77421-2

Opdrachtgever: Nouryon Industrial Chemicals B.V.
Boortorenweg 27
7554 RS Hengelo

Versie	Datum	Omschrijving wijziging
1	9 november 2020	Concept
2	23 november 2020	Aanpassing rapport (heipalen verwijderd); Alternatief fundering op staal bedrijfsgebouw toegevoegd; Aanvullingen veerwaarden en beddingsconstanten.
3	24 november 2020	Bijlage 1 en 2 aangepast (juiste uitvoer) / veerwaarde palen ø540
4	8 december 2020	Rapportage definitief, opmerkingen overleg 30 november 2020 verwerkt
5	20 januari 2021	Aanvullend grondonderzoek t.b.v. pompgebouw (sondering DKM013 t/m DKM020 en boring HB005 t/m HB009) verwerkt Pompgebouw op palen; degasser en opslagtank op staal
6	3 mei 2021	Pompgebouw, degasser, opslagtank op Fundexpalen; leidingsupport op staal

Opgesteld door:	5.1.2.e
Handtekening:	5.1.2.e
Documentnummer:	R76668
Status:	definitief
Vrijgegeven door:	5.1.2.e



Wiertsema & Partners
RAADGEVEND INGENIEURS

	Inhoudsopgave	blad
1	Inleiding.....	3
1.1	Aanleiding en doel	3
1.2	Referenties	3
1.3	Normen en richtlijnen	3
1.4	Kwaliteitswaarborging	3
1.5	Leeswijzer.....	3
2	Project.....	4
3	Bodemopbouw.....	5
3.1	Beschikbaar bodemonderzoek	5
3.2	Maaiveldhoogte.....	5
3.3	Bodemopbouw	5
3.4	Grondwaterstand.....	7
4	Funderingsadvies	8
5	Fundering op palen – pompgebouw + degasser/opslagtank	10
5.1	Geotechnisch draagvermogen verticaal	10
5.2	Gehanteerde uitgangspunten	10
5.3	Resultaten draagvermogen verticaal (druk / trek)	11
5.4	Horizontaal belaste palen	11
5.4.1	Uitgangspunten	11
5.4.2	Bodemopbouw en parameters	12
5.4.3	Berekeningsresultaten / D-M-U lijnen.....	13
5.4.4	Veerwaarden (verticaal / horizontaal).....	14
5.5	Uitvoering	15
6	Fundering op staal – leidingsupports.....	17
6.1	Uitgangspunten	17
6.2	Ontgravingsniveaus	17
6.3	Geotechnisch draagvermogen	18
6.4	Zettingen	19
6.5	Beddingsconstante.....	21
7	Slotopmerking en conclusies.	22

Bijlagen:

- 1 Overzicht paal draagvermogen Fundexpalen o.g. - druk
- 2 Overzicht paal draagvermogen Fundexpalen o.g. - trek
- 3 Berekeningsvoorbeeld Fundexpalen o.g.
- 4 Dwarskrachten-, momenten-, en verplaatsingslijnen horizontaal belaste palen
- 5 Uitvoer D-Foundation – berekening grens draagvermogen stroken en poeren
- 6 Richtlijnen grondverbetering



Wiertsema & Partners
RAADGEVEND INGENIEURS

1 Inleiding

1.1 Aanleiding en doel

In opdracht van Nouryon Industrial Chemicals B.V. te Hengelo heeft Raadgevend Ingenieursbureau Wiertsema & Partners B.V. een funderingsadvies uitgebracht ten behoeve van het Nouryon Brine Field project te Haaksbergen.

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 ingenieursbureau/aannemer en maken derhalve geen onderdeel uit van het advies.

1.2 Referenties

Voorliggend funderingsadvies is opgesteld aan de hand van het eveneens door ons bureau uitgevoerde grondonderzoek. Het grondonderzoek is gerapporteerd in onderstaand document:

Ref [1] Wiertsema & Partners: 'Geotechnisch onderzoek, Nouryon Brine Field project te Haaksbergen', projectnummer VN-77421-1, rapportnummer R73281, d.d. 5 november 2020;

Ref [2] Wiertsema & Partners: 'Geotechnisch onderzoek, Nouryon Brine Field project te Haaksbergen', projectnummer VN-77421-4, rapportnummer R74655, d.d. 20 januari 2020.

1.3 Normen en richtlijnen

Onderstaande normen en richtlijnen zijn van toepassing in voorliggende rapportage:

- NEN 9997+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 VGM-beheersysteem VCA**.

1.5 Leeswijzer

Na de inleiding in dit eerste hoofdstuk volgt in het tweede hoofdstuk de projectomschrijving. Vervolgens staat in hoofdstuk 3 de bodemopbouw beschreven. Hoofdstuk 4 omvat het funderingsadvies. In hoofdstuk 5 wordt een fundering op palen uitgewerkt. Een fundering op staal wordt in hoofdstuk 6 uitgewerkt. Tot slot staan in hoofdstuk 7 de slotopmerkingen.



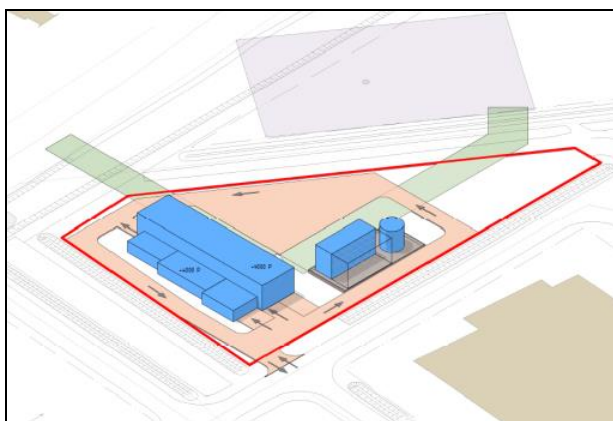
Wiertsema & Partners
RAADGEVEND INGENIEURS

2 Project

Nouryon is een bedrijf dat zout wint in Twente in vier bestaande wingebieden rondom Hengelo en Enschede. Het zout wordt verwerkt ten behoeve van consumptie en industrie in de fabriek te Hengelo.

Het steenzout bevindt zich in Twente op een diepte van 400-500 meter onder het maaiveld. Dit zout wordt gewonnen door middel van oplosmijnbouw. Vanuit de zoutfabriek wordt water naar de winningslocatie gepompt en onder druk in de bodem gebracht. Het steenzout lost op in het geïnjecteerde water en wordt als zout water weer naar boven gevoerd. Er zijn plannen voor een nieuwe winning bij Ganzebos te Haaksbergen.

Nouryon is voornemens op een locatie bij Industrierrein Stepelerveld te Haaksbergen een nieuwe pompunit met bijbehorende gebouwen en installaties te realiseren. In figuur 2.1 en 2.2 is een overzicht en bovenaanzicht weergegeven.



Figuur 2.1: Overzicht



Figuur 2.2: Boven aanzicht

De bouwlocatie is een braakliggend stuk terrein en is gelegen bij Industrierrein Stepelerveld, tussen de wegen Schaddenweg en Bouwstraat. Aan de Bouwstraat is bestaande bebouwing aanwezig. Volgens opgaaf is deze bestaande bebouwing op staal gefundeerd.



Wiertsema & Partners

RAADGEVEND INGENIEURS

3 Bodemopbouw

3.1 Beschikbaar bodemonderzoek

Het uitgevoerde grondonderzoek is gerapporteerd in Ref [1] en [2]. Dit grondonderzoek heeft bestaan uit het verrichten van:

- Grondonderzoek Ref [1]:
 - 12 continue sonderingen met elektrische conus en met elektronische registratie uitgevoerd volgens NEN-EN-ISO 22476-1 klasse 3 tot ca. NAP -6,00 à -11,00 m;
 - 4 handboringen (boring HB001 t/m HB004);
 - 2 peilbuizen.
- Aanvullend grondonderzoek Ref [2]:
 - 10 continue sonderingen met elektrische conus en met elektronische registratie uitgevoerd volgens NEN-EN-ISO 22476-1 klasse 3 tot ca. NAP +8,50 m;
 - 5 handboringen (boring HB005 t/m HB009).

De resultaten van het onderzoek zijn vastgelegd ten opzichte van NAP.

3.2 Maaiveldhoogte

De ingemeten maaiveldhoogte ter plaatse van de onderzoekspunten varieerde ten tijde van de grondonderzoeken van NAP +23,67 tot +23,56 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 kan de bodemopbouw op de projectlocatie geschematiseerd worden zoals gegeven in tabel 3.1 t/m 3.4.

Tabel 3.1: Schematische bodemopbouw (t.p.v. sondering CPT001)

Diepte [m NAP]			Bodembeschrijving	Lithostratigrafie**
maaiveld	tot	+22,40	Toplaag, losgepakt humeus zand	BX
+22,40	tot	+20,50	Zand	
+20,50	tot	+19,25	Humeuze klei / veen / sterk zandig	
+19,25	tot	+18,25	Zand	
+18,25	tot	+17,75	Klei, sterk zandig	
+17,75	tot	+14,50	Zand	
+14,50	tot	+9,00	Hoofdzakelijk zand, plaatselijk dunne zandige klei- en/of leemlaagjes	
+9,00	tot	+6,00	Klei	
+6,00	tot	+4,00	Zand	
+4,00	tot	-6,00	Hoofdzakelijk kleilagen, doorsnede door zandige kleiige zand- en/of leemlaagjes	DR



Tabel 3.2: Schematische bodemopbouw (t.p.v. sondering CPT002 t/m CPT010)

Diepte [m NAP]			Bodembeschrijving	Lithostratigrafie**
maaiveld	tot	+23,25/+22,00	Toplaag, losgepakt humeus zand	BX
+23,25/+22,75	tot	+20,00/+18,00	Zand, plaatselijk kleiig/leem	
+20,00/+18,50	tot	+18,00/+17,25	Klei, sterk zandig en/of leem	
+18,00/+17,25	tot	+14,50/+14,00	Zand	
+14,50/+14,00	tot	+13,00/+9,00	Hoofdzakelijk zand, plaatselijk (zandige) klei- en/of leemlaagjes en/of zandlagen	
+13,00/+9,00	tot	+7,25/+6,50	Klei	
+7,25/+6,50	tot	+5,00/+4,00	Zand	DR
+5,00/+4,00	tot	-6,00/-7,25	Hoofdzakelijk kleilagen, doorsnede door zandige kleiige zand- en/of leemlaagjes	
-6,00/-7,25	tot	-7,00*/-9,00*	Zand, doorsnede door zandige kleiige zand- en/of leemlaagjes	
-7,75/-9,00	tot	-9,50*	Klei	

Tabel 3.3: Schematische bodemopbouw (t.p.v. sondering CPT011 en CPT012)

Diepte [m NAP]			Bodembeschrijving	Lithostratigrafie**
maaiveld	tot	+23,00	Toplaag, losgepakt humeus zand	BX
+23,00	tot	+19,25/+19,00	Zand, plaatselijk kleiig/leem	
+19,00	tot	+18,00/+17,50	Klei, sterk zandig en/of leem	
+17,50	tot	+15,00	Zand	
+15,00	tot	+14,50/+14,00	Klei, sterk zandig en/of leem	
+14,50	tot	+11,50/+11,00	Zand	
+11,50	tot	+7,50/+7,00	Klei	
+7,50	tot	+4,50/+4,00	Zand	DR
+4,50	tot	-9,00*	Hoofdzakelijk kleilagen, doorsnede door zandige kleiige zand- en/of leemlaagjes	

Tabel 3.4: Schematische bodemopbouw (t.p.v. sondering CPT013 t/m CPT022)

Diepte [m NAP]			Bodembeschrijving	Lithostratigrafie**
maaiveld	tot	+23,00/+22,75	Toplaag, losgepakt humeus zand	BX
	tot	+19,75/+19,00	Zand, plaatselijk kleiig/leem	
	tot	+19,50/+18,75	Klei, sterk zandig en/of leem/kleiig zand	
	tot	+18,50/+17,75	Zand	
	tot	+17,50/+17,25	Klei, sterk zandig en/of leem	
	tot	+8,50*	Hoofdzakelijk zand, plaatselijk (zandige) klei- en/of leemlagen	

* Maximaal verkende diepte

** Lithostratigrafie: BX: Formatie van Bostel / DR: Formatie van Drente



3.4 Grondwaterstand

Er zijn twee peilbuizen (PB) geplaatst t.p.v. HB001 en HB004. Op 28 oktober 2020 zijn onderstaande grondwaterstanden ingemeten grondwaterstanden in de peilbuizen:

- NAP +21,88 m t.p.v. boring HB001_PB01;
- NAP +21,79 m t.p.v. boring HB004_PB01.

Ten tijde van de uitvoering van boring B001 t/m B004 is de grondwaterstand in de boorgaten vastgesteld op:

- NAP +21,90 m t.p.v. boring HB001 (G.H.G NAP +22,30 m / G.L.G. NAP +20,70 m);
- NAP +21,91 m t.p.v. boring HB002 (G.H.G NAP +22,81 m / G.L.G. NAP +20,61 m);
- NAP +21,88 m t.p.v. boring HB002 (G.H.G NAP +22,58 m / G.L.G. NAP +21,58 m);
- NAP +21,89 m t.p.v. boring HB004 (G.H.G NAP +22,19 m / G.L.G. NAP +21,09 m).

Ten tijde van de uitvoering van aanvullende boringen B005 t/m B009 is de grondwaterstand in de boorgaten vastgesteld op:

- NAP +22,42 m t.p.v. boring HB005 (G.H.G / G.L.G. niet waargenomen);
- NAP +22,37 m t.p.v. boring HB006 (G.H.G / G.L.G. niet waargenomen);
- NAP +22,20 m t.p.v. boring HB007 (G.H.G / G.L.G. niet waargenomen);
- NAP +22,41 m t.p.v. boring HB008 (G.H.G / G.L.G. niet waargenomen);
- NAP +22,56 m t.p.v. boring HB009 (G.H.G niet waargenomen / G.L.G. NAP +21,96 m).

De waarneming betreft een momentopname en zegt niets over het verloop van de grondwaterstand over een langere periode. De vastgestelde grondwaterstand kan zijn verstoord door de uitgevoerde boorwerkzaamheden. Door onder andere de weersgesteldheid en het heersende seizoen kan de grondwaterstand tevens fluctueren.

De ingemeten grondwaterstand betreft derhalve een indicatie die zonder aanvullend onderzoek niet geschikt is voor welke conclusie dan ook.

In voorliggende rapportage wordt uitgegaan van een grondwaterstand van NAP +22,00 m.



4 Funderingsadvies

Voor het calamiteiten bassin inclusief opslagtank en de degasser behoort een fundering op staal tot de mogelijkheden. Deze optie is uitgewerkt in ons rapport VN-77421-2 R74658 dd 20 januari 2021.

Na de ontwerpfase is geconcludeerd dat de belastingen onder de funderingsplaat hoger uitvallen dan de uitgangspunten in desbetreffende rapport. Tevens dient aanvullend rekening te worden gehouden met het graven van een sleuf naast de funderingsplaat ten behoeve van de aanleg van een leidingtracé.

In overleg met de opdrachtgever/constructeur is voor het betonnen calamiteiten bassin inclusief fundatie opslagtank en de degasser een fundering op palen verder uitgewerkt. Voor het pompgebouw is in overleg met de opdrachtgever/constructeur een fundering op palen verder uitgewerkt. Als paalsysteem is na overleg/bespreking van het conceptadvies gekozen voor een trillingsarm, in de grond gevormd paalsysteem, zijnde een schroefpaal met verloren punt (Fundex o.g.).

Een schroefpaal met verloren punt betreft een in de grond gevormde, grondverdringende betonpaal die wordt vervaardigd met behulp van een schroevend op diepte gebrachte, stalen hulpbuis. Deze stalen hulpbuis wordt geplaatst op een losse schroefpunt, waarna de buis middels een draaimoment en axiale drukkracht op diepte worden gebracht. Na het bereiken van het beoogde puntniveau wordt de paalwapening in de buis aangebracht en vervolgens de buis gevuld met beton. Aansluitend wordt de stalen hulpbuis oscillerend getrokken. De schroefpunt blijft als paalpunt in de ondergrond achter. Bij dit paalsysteem is het tevens mogelijk om tijdens het inschroeven via de paalpunt een groudinjectie in de ondergrond te injecteren. Deze groudinjectie werkt als een soort smering hetgeen het inbrengen van de palen bevordert. Bovendien wordt een verbetering van de grondmechanisch opneembare druk- en trekkracht verkregen. Voorbeelden van palen die tot dit paalsysteem behoren zijn bijvoorbeeld Fundexpaal, Terr-econpaal, BVS-paal, Hek-paal, HGS-paal, VGS-paal e.d.

Voor de leidingsupport behoort een fundering op staal tot de mogelijkheden. Echter dient rekening te worden gehouden met de kans op zettingen en zettingsverschillen tussen de leidingsupport en de op palen gefundeerde gebouwonderdelen. Tevens dient rekening te worden gehouden met enige grondverbetering.

Indien dieper ontgraven moet worden dan ca. NAP +22,00 m (b.v. in geval van een kelder of put), dient rekening te worden gehouden met het moeten toepassen van een bemaling.



Aandachtspunten fundering op schroefpalen met verloren punt:

- Opgemerkt dient te worden dat een in de grond gevormde, grondverdringende en schroevend op diepte gebracht paalsysteem, zoals het type schroefpaal met verloren punt, relatief beperkt is in de maximale penetratiediepte in vaste zandpakketten. Dit geldt met name indien de palen zonder injectie worden aangebracht. De maximale inschroefdiepte en dus te hanteren paalpuntniveau dient nog nader met de paalleverancier te worden afgestemd;
- De palen worden vanaf maaiveld geïnstalleerd. Tijdens installatie van de palen dient een eventuele bemaling te zijn uitgeschakeld.

Aandachtspunten fundering op staal (leidingsupport):

- Er dient rekening te worden gehouden met enige grondverbetering;
- Er dient rekening te worden gehouden met enige zettingen en de kans op zettingsverschillen. Indien deze zettingen en zettingsverschillen niet acceptabel zijn, dient gekozen te worden voor een fundering op palen.



5 Fundering op palen – pompgebouw + degasser/opslagtank

5.1 Geotechnisch draagvermogen verticaal

Het geotechnisch draagvermogen van de ondergrond is beschouwd conform Eurocode 7 (NEN-9997-1+C2). In overleg met de opdrachtgever zijn zowel op druk als op trek belaste palen behandeld.

Het bouwpeil is aangehouden op NAP +23,70 m. Het toekomstige maaiveld is aangehouden op NAP +23,60. De bovenkant paal is aangehouden op ca. 0,85 m beneden het toekomstig bouwpeil (= NAP +22,75 m).

5.2 Gehanteerde uitgangspunten

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

- ▲ Gevolgklasse CC3; R3 (afgeleid uit proefbelastingen of berekend uit sonderingen).
- ▲ De constructie is beschouwd als zijnde een niet-stijf bouwwerk;
- ▲ Er wordt geen rekening gehouden met ontgravingen (er wordt van uitgegaan dat er geen kelders worden gerealiseerd);
- ▲ In de berekening is een extra bovenbelasting $P_{rep} = 10 \text{ kN/m}^2$ (asfaltverharding en opslag) in rekening gebracht;
- ▲ In de berekening zijn de volgende trajecten van negatieve kleef aangehouden:
 - Uitgangspunt voor dit project is dat de zakking van het maaiveld ter plaatse van de op palen gefundeerde gebouwen verwaarloosbaar klein is en zal blijven. Dit betekent dat er voor wat betreft de paalbelasting door negatieve kleef van mag worden uitgegaan dat deze eveneens verwaarloosbaar klein is en zal blijven $\rightarrow F_{nk;d} = 0 \text{ kN}$;
- ▲ In de berekening is positieve kleef aangehouden vanaf de volgende niveaus:
 - Positieve kleef vanaf een niveau van NAP +18,00 m à NAP +17,25;
- ▲ In de berekeningen zijn de volgende paalfactoren aangehouden:

Paaltype	Installatie methode	α_p	α_s , zand	α_s , klei	α_t	β
Fundex o.g.	Schroeven	0,63	0,009	0,020	0,009	1,0

- ▲ In de berekeningen zijn de volgende factoren aangehouden:
 - correlatiefactoren ξ_3 en $\xi_4 = 1,39$;
 - partiële factor (druk): $\gamma_b = 1,20$, $\gamma_s = 1,20$;
 - partiële factor (trek): $\gamma_{st} = 1,35$, $\gamma_{m;var;q_c} = 1,50$ (wisselend trek en druk);
- ▲ Met betrekking tot de vervorming zal in de regel de bruikbaarheidsgrenstoestand volgens NEN 9997-1+C2 bepalend zijn;
- ▲ Toetsing volgens uiterste grenstoestand houdt in dat voldaan moet worden aan:
 - $F_{c;d} \leq R_{c;netto;d}$ voor drukpalen;
 - $F_{t;d} \leq R_{t;d}$ voor trekpalen.



5.3 Resultaten draagvermogen verticaal (druk / trek)

De genoemde draagkrachten (druk) gelden voor verticaal en centrisk op druk belaste palen. De rekenwaarden van de grondmechanische draagkracht van op druk belaste palen zijn opgebouwd uit de punt- en schachtweerstand en verminderd met eventuele negatieve kleef belasting. De genoemde draagkrachten gelden voor verticaal en centrisk op druk belaste palen.

De genoemde rekenwaarden van de grondmechanische draagkracht van op trek belaste palen gelden voor alleenstaande, statische en quasi-statisch (wisselend op druk en trek) belaste palen.

In bijlage 1 en 2 is voor de Fundexpalen o.g. per sondeerpunt, paal(schacht)afmeting en paalpuntniveau de maximale rekenwaarde van het geotechnisch draagvermogen van op druk en trek belaste palen aangegeven. Tevens is in bijlage 3 een berekeningsvoorbeeld weergegeven.

- Bijlage 1: berekeningsresultaten draagvermogen Fundexpalen o.g. – druk;
- Bijlage 2: berekeningsresultaten draagvermogen Fundexpalen o.g. – trek;
- Bijlage 3: berekeningsvoorbeeld Fundexpalen o.g.

5.4 Horizontaal belaste palen

Volgens opgaaf worden de palen horizontaal belast.

Voor het bepalen van de dwarskrachten, momenten en verplaatsingen is gebruik gemaakt van het computerprogramma D-Pile Group versie 18.1 van Delft Geosystems. De laterale grondweerstand is bepaald volgens de API. In de berekening is uitgegaan van een alleenstaande horizontaal belaste paal.

5.4.1 Uitgangspunten

In overleg met de constructeur zijn de berekeningen opgesteld met een horizontaal kracht van $F_{tr,d} = 10 \text{ kN} / \text{paal}$.

De krachten grijpen aan ter hoogte van de bovenkant van de paal (aanname NAP +22,75m). Met eventuele paalexcentriciteiten en eventuele tweede orde is geen rekening gehouden.

De berekeningen zijn uitgevoerd voor Fundexpalen o.g. met de afmetingen Ø380/450, Ø450/560 en Ø540/660 mm (gebaseerd op de kleinste diameter/ongunstige aanname). De berekeningen zijn uitgevoerd met zowel een paalkop ingeklemd in de fundering en een paalkop scharnierend aangesloten in de fundering.

In de berekeningen is uitgegaan van een elasticiteitsmodulus $E_{cm} = 30 \text{ GPa}$ i.g.v. Fundexpalen o.g. (betonsterkteklasse C20/25).

5.4.2 Bodemopbouw en parameters

In de tabel 5.1 is de lokale bodemopbouw schematisch weergegeven. De grondsoorten zijn afgeleid aan de hand van de kleefsonderingen. De voor de berekening benodigde parameters zijn op basis van ervaring geschat en aan de hand van NEN 9997-1; artikel 2.4.5.2 tabel 2.b getoetst. Voor een meer nauwkeurige analyse is aanvullend grond- en laboratoriumonderzoek noodzakelijk en zijn meer verfijnde rekenmodellen beschikbaar. Dit valt echter buiten het kader van de aan ons verstrekte opdracht.

Tabel 5.1: Algemene schematische bodemomschrijving en parameters

Bovenkant laag [m t.o.v. NAP]	Benaming grondlaag	$\gamma / \gamma_{\text{sat}}$ [kN/m ³]		$\gamma_d / \gamma_{\text{sat},d}$ [kN/m ³]		ϕ' [°]	ϕ'_d [°]	K_0 [-]	C_u [kN/m ²]	$C_{u,d}$ [kN/m ²]
+22,75	Zand	18	20	16,36	18,18	32,5	29,0	0,52	-	-
+20,00	Klei; humeus	15	15	13,63	13,63	15,0	13,1	0,77	25	18,5
+18,00	Zand	18	20	16,36	18,18	32,5	29,0	0,52	-	-
+14,50	Zand, sterk kleiig	18	20	16,36	18,18	25,0	22,1	0,62	-	-
+9,00	Klei	18	18	16,36	16,36	22,5	19,8	0,66	80	59,3
+7,50	Zand	18	20	16,36	18,18	32,5	29,0	0,52	-	-

Opmerkingen bij de tabel:

- γ en γ_{sat} volumiek gewicht; sat = verzadigd. Voor de berekeningen in grenstoestand 1 is conform tabel A.4a van NEN 9997-1 een partiële factor van 1,1 gehanteerd.
- ϕ' effectieve hoek van inwendige wrijving. Voor de berekeningen in grenstoestand 1 is conform tabel A.4a van NEN 9997-1 een partiële factor van 1,15 gehanteerd.
- K_0 neutrale gronddrukfactor ($1 - \sin \phi'_d$).
- c_u ongedraineerde schuifsterkte. Voor de berekeningen in grenstoestand 1 is conform tabel A.4a van NEN 9997-1 een partiële factor van 1,35 gehanteerd.



5.4.3 Berekeningsresultaten / D-M-U lijnen

In de onderstaande tabel 5.2 zijn de berekeningsresultaten weergegeven. De dwarskracht-, momenten- en verplaatsingslijnen zijn weergegeven in bijlage 4.

Er dient met een paalleverancier contact te worden opgenomen betreffende de (constructieve) haalbaarheid van de gekozen paal. Het maximaal toelaatbare schachtmoment is afhankelijk van de paalafmeting, betonsterkteklasse, de gekozen wapening in de paal in combinatie met de minimaal optredende paalbelasting.

Tabel 5.2: Berekeningsresultaten horizontaal belaste palen – Fundex o.g.

Diameter	Situatie paalkop	$F_{tr,d}$	$M_{E;d;kop}$	$M_{E;d;schacht}$	Positie max. schachtmoment	Bijlage 4 Figuur
		[kN]	[kN.m]	[kN.m]	[m t.o.v. bk paal]	
Ø380	Scharnier	10	0	12,7	-2,2	7-1
	Ingeklemd		15,2	4,2	-3,4	7-2
Ø450	Scharnier	10	0	14,4	-2,4	7-3
	Ingeklemd		17,3	4,3	-3,6	7-4
Ø540	Scharnier	10	0	15,9	-2,6	7-5
	Ingeklemd		20,4	3,5	-4,1	7-6



5.4.4 Veerwaarden (verticaal / horizontaal)

In de onderstaande tabellen 5.3 en 5.4 zijn respectievelijk de verticale en horizontale veerwaarden (statisch en dynamisch) van de Fundexpalen weergegeven.

Rekenwaarde veerstijfheid paalkop: $k_{v;statisch;d} = k_{v;statisch;rep} / 1,3$

De dynamische verticale veerwaarde is veelal 2 à 5 hoger dan $k_{v;statisch}$

ondergrens $k_{v;gem;dynamisch;rep} = 2 * k_{v;statisch;rep}$

bovengrens $k_{v;gem;dynamisch;rep} = 5 * k_{v;statisch;rep}$

ondergrens $k_{v;gem;dynamisch;d} = 2 * k_{v;statisch;rep} / 1,3$

bovengrens $k_{v;gem;dynamisch;d} = 5 * k_{v;statisch;rep} / 1,3$

Tabel 5.3: Verticale axiale veerwaarden – Fundex o.g.

Sondering	Veerwaarde		ø380 mm	ø450 mm	ø540 mm
			[kN/mm]	[kN/mm]	[kN/mm]
CPT001 t/m CPT020	$k_{v;statisch;rep}$		45 à 55	55 à 65	70 à 80
	$k_{v;statisch;d}$		35 à 42	42 à 50	53 à 62
	$k_{v;dynamisch;rep}$	ondergrens	90 à 110	110 à 130	140 à 160
		bovengrens	225 à 275	275 à 325	350 à 400
	$k_{v;dynamisch;d}$	ondergrens	70 à 84	84 à 100	107 à 123
		bovengrens	175 à 210	210 à 250	269 à 307

$k_{v;statisch;d}$: Rekenwaarde verticale veerstijfheid paalkop (statisch)

$k_{v;statisch;rep}$: Representatieve verticale veerstijfheid paalkop (statisch)

$k_{v;dynamisch;d}$: ondergrens: Rekenwaarde verticale veerstijfheid paalkop (dynamisch)

bovengrens: Rekenwaarde verticale veerstijfheid paalkop (dynamisch)

$k_{v;dynamisch;rep}$: ondergrens: Representatieve verticale veerstijfheid paalkop (dynamisch)

bovengrens: Representatieve verticale veerstijfheid paalkop (dynamisch)



De horizontale veerwaarden zijn weergegeven per paaldiameter én per paalkopsituatie (scharnierend en ingeklemd).

Tabel 5.4: Horizontale veerwaarden – Fundex o.g.

Diameter	Situatie Paalkop	$F_{tr,d}$ [kN]	U_d [mm]	statisch		dynamisch	
				$k_{hor,statisch;d}$ [kN/mm]	$k_{hor,statisch;rep}$ [kN/mm]	$k_{hor,dynamisch;d}$ [kN/mm]	$k_{hor,dynamisch;rep}$ [kN/mm]
Ø380	Scharnier	10	3,44	2,9	3,8	5,8 à 14,5	7,6 à 19,0
	Ingeklemd		1,30	7,7	10,0	15,4 à 38,5	20,0 à 50,0
Ø450	Scharnier	10	2,64	3,8	4,9	7,6 à 19,0	9,8 à 24,5
	Ingeklemd		1,01	9,9	12,9	19,8 à 49,5	25,8 à 64,5
Ø540	Scharnier	10	2,06	4,8	6,2	9,6 à 24,0	12,4 à 31,0
	Ingeklemd		0,79	12,6	16,4	25,2 à 63,0	32,8 à 82,0

$F_{tr,d}$: Rekenwaarde horizontaalkracht op paalkop

U_d : Rekenwaarde horizontale verplaatsing paalkop (volgt uit D-Pile berekening)

$k_{hor,statisch;d}$: Rekenwaarde horizontale veerstijfheid paalkop (statisch)

$k_{hor,statisch;rep}$: Representatieve horizontale veerstijfheid paalkop (statisch) = $k_{hor,statisch;d} * 1,3$

$k_{hor,dynamisch;d}$: ondergrens: Rekenwaarde horizontale veerstijfheid paalkop (dynamisch) = $2 * k_{hor,statisch;d}$

bovengrens: Rekenwaarde horizontale veerstijfheid paalkop (dynamisch) = $5 * k_{hor,statisch;d}$

$k_{hor,dynamisch;rep}$: ondergrens: Representatieve horizontale veerstijfheid paalkop (dynamisch) = $2 * k_{hor,statisch;d} * 1,3$

bovengrens: Representatieve horizontale veerstijfheid paalkop (dynamisch) = $5 * k_{hor,statisch;d} * 1,3$

5.5 Uitvoering

Installatie

Aangezien de palen op diepte worden geschroefd c.q. geboord, ontbreekt een duidelijke controle tijdens het inbrengen, zoals bijvoorbeeld een kalenderwaarde bij een geheel paalsysteem. Zodoende is het bijzonder lastig om tijdens de uitvoering, in de tussen de sonderingen gelegen overgangsgebieden, een verantwoord paalpuntniveau en bijbehorend paal draagvermogen te kunnen bepalen. Er wordt namelijk geen duidelijkheid verkregen over de vastheid van de zandlaag. Op basis van bovenstaande adviseren wij overgangen in het te hanteren paalpuntniveau tot een minimum te beperken en de palen op een eenduidig niveau te installeren. Daar waar overgangen onvermijdelijk zijn dient de overgang in het te hanteren paalpuntniveau zo dicht mogelijk bij de 'gunstige' sondering te worden gelegd en voor alle palen in het overgangsgebied het paalpuntniveau en draagvermogen van de 'ongunstige' sondering aan te worden houden.

Paalschachtcontrole

Na installatie van in de grond gevormde palen (zoals het type schroefpaal met verloren punt) adviseren wij de paalschachten op afwijkingen te laten controleren middels het uitvoeren van akoestische doormetingen. Dergelijke metingen kunnen desgewenst door ons bureau worden uitgevoerd.



Bovenbelasting, bijvoorbeeld als gevolg van het verplaatsen van de stelling en overig materieel zoals rondrijdende kranen en/of dumpers, kan door eventuele "slappe" bodemopbouw leiden tot een ontoelaatbare horizontale belasting op de (verse) palen, met paalbreuk als gevolg. De optredende bovenbelastingen moeten voldoende gespreid worden. Daarbij is onder andere een goede werkvolgorde nodig, waarbij van de verse palen af wordt gewerkt.

Bemaling

Bij toepassing van in-de-grond gevormde palen zoals het type schroefpaal met verloren punt, dient tijdens het aanbrengen van de palen geen eventuele bemaling actief te zijn. Een actieve grondwaterstroming kan de kwaliteit van de palen aantasten. De stijghoogte van het grondwater mag tevens niet boven het maaiveld/ontgravingsvlak uitkomen.



Wiertsema & Partners
RAADGEVEND INGENIEURS

6 Fundering op staal – leidingsupports

6.1 Uitgangspunten

Bovenkant toekomstige maaiveld / bestrating:	NAP +23,60 m;
Aanname peilhoogte:	NAP +23,75 m;
Aanname onderkant fundering:	NAP +22,75 m.

Voor fundaties van onder andere leidingsupports dient rekening te worden gehouden met een geschatte belasting van $P_d=10 \text{ kN/m}^2$ / $P_{rep} = 8 \text{ kN/m}^2$. Er is rekening gehouden met een belastingspreiding van 2:1 (in 1 richting).

Er is uitgegaan van een poerafmeting van 1,0 x 1,0 m. Er is rekening gehouden met een belastingspreiding van 2:1 (in 1 richting).

6.2 Ontgravingsniveaus

In tabel 6.1 is per sondering het voorlopige minimale ontgravingniveau aangegeven, hierbij is nog geen rekening gehouden met de minimale aanlegdiepte. De aanlegdiepte van de fundering moet voor de muren van bouwwerken langs de perceelgrens, behoudens die tussen gebouwen onderling, ten minste 0,80 m zijn en anders ten minste 0,60 m. De genoemde minimum aanlegdiepten houden verband met de indringing van de vorst in de grond en mogelijke werkzaamheden aan kabels en leidingen, e.e.a. conform NEN 9997-1; 6.4 (6)(c).

Tabel 6.1: Minimaal vereiste ontgravingsniveaus

Sondering	Maaiveldniveau [m t.o.v. NAP]	<u>Minimaal</u> vereiste ontgravingsniveau [m t.o.v. NAP]
7	+23,60	+22,90
8	+23,64	+22,90
9	+23,62	+22,90
10	+23,61	+22,00
11	+23,61	+23,00
12	+23,56	+23,00

Er dient rekening te worden gehouden met het feit dat de sonderingen slechts plaatselijk informatie geven. Het werkelijk vereiste ontgravingniveau dient in het werk worden bepaald op basis van visuele waarnemingen. Indien plaatselijk nog humeus materiaal of vergraven grond wordt aangetroffen op de in de tabel aangegeven minimaal vereiste ontgravingniveaus dient tot op het schone en ongeroerde zand te worden ontgraven.

Indien dieper wordt ontgraven dan het beoogde aanlegniveau van de funderingselementen, dient vanaf het ontgravingsniveau tot de onderkant van de fundering een goed verdicht zandpakket te worden aangebracht. Dit zandpakket zal moeten worden opgebouwd met goed gegradeerd zand met een vochtpercentage van circa 10%, aan te leggen in lagen van maximaal 0,3 m dikte. Elke laag, als ook het ontgravingsvlak, dient in tenminste vier gangen, kruiselings en overlappend, te worden verdicht met behulp van een trilplaat met een gewicht van circa 300 à 400 kg. Voor grote



oppervlakken kan de toepassing van een trilwals (voorgetrokken dan wel zelfrijdend) ook voldoen. De bovenste decimeters dienen in dat geval met een lichte trilslede of statische walsgang te worden naverdicht. De grondwaterstand dient zich tijdens de verdichtings- en funderingswerkzaamheden tenminste 0,5 m beneden het ontgravingsniveau te bevinden.

Zie ook bijlage 6 voor de te hanteren richtlijnen voor het uitvoeren van grondverbeteringen.

6.3 Geotechnisch draagvermogen

De maximale rekenwaarde van de draagkracht van de ondergrond is berekend conform Eurocode 7 (NEN 9997-1+C2) en met behulp van D-Foundation versie 19.1. Hierbij is uitgegaan van een grondwaterstand van NAP +22,00 m en een gronddekking van minimaal 0,00 m en maximaal 0,80 m. In bijlage 5 is de volledige berekening van de grensdraagvermogens opgenomen.

In tabel 6.2 t/m 6.5 is voor verschillende losse poeren de opneembare maximale belasting weergegeven. Deze waarden gelden alleen voor centrisch belaste poeren en voor het effectieve funderingsoppervlak van de plaat.

Tabel 6.4: Opneembare (grens)draagvermogens losse poeren - ongedraineerd

Poerafmeting [m]	Gronddekking 0,2 m		Gronddekking 0,8 m	
	Toelaatbare poerbelasting [kN]	Grensdraagvermogen $\sigma_{\max;d}$ [kN/m ²]	Toelaatbare poerbelasting [kN]	Grensdraagvermogen $\sigma_{\max;d}$ [kN/m ²]
0,50 x 0,50	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
0,75 x 0,75	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
1,00 x 1,00	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
1,25 x 1,25	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
1,50 x 1,50	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.

Tabel 6.5: Opneembare (grens)draagvermogens losse poeren - gedraineerd

Poerafmeting [m]	Gronddekking 0,2 m		Gronddekking 0,8 m	
	Toelaatbare poerbelasting [kN]	Grensdraagvermogen $\sigma_{\max;d}$ [kN/m ²]	Toelaatbare poerbelasting [kN]	Grensdraagvermogen $\sigma_{\max;d}$ [kN]
0,50 x 0,50	12,1	48,4	92,1	368,4 *)
0,75 x 0,75	37,5	66,7 *)	217,6	386,8 *)
1,00 x 1,00	82,1	82,1 *)	402,3	402,3 *)
1,25 x 1,25	150,3	96,2 *)	650,6	416,4 *)
1,50 x 1,50	246,8	109,7 *)	967,2	429,9 *)

n.v.t.: onder het invloedsgebied van de poer bevinden zich geen cohesieve gronden. Het is niet nodig een controle berekening uit te voeren van het grensdraagvermogen in de ongedraineerde toestand.

*) Geadviseerd wordt om $\sigma_{\max;d}$ te beperken tot maximaal 50 kN/m² om zettingen en zettingsverschillen te voorkomen.



6.4 Zettingen

De grondsoorten zijn bepaald aan de hand van de kleefsonderingen. De voor een indicatieve zettingberekening benodigde parameters zijn op basis van ervaring geschat en aan de hand van NEN 9997-1; 2.4.5.2 tabel 2.b getoetst en samengevat in tabel 6.6 t/m 6.8.

Tabel 6.6: Uitgangspunten grondmechanische eigenschappen t.b.v. indicatieve zettingsberekening per laag

Benaming NEN 9997-1; 2.4.5.2 tabel 2.b	γ [kN/m ³]	γ_{sat} [kN/m ³]	C'_p [-]	C'_s [-]
Zand; vast	19	21	1000	-
Zand; matig	18	20	600	-
Klei; organisch; matig	15	15	10	40
Zand; sterk siltig; kleiig	18	20	200	-
Onsamendrukbare basis	-	-	-	-

Tabel 6.7: Uitgangspunten bodemopbouw per sondering ter plaatse van DKM001 t/m DKM006

Benaming	Bovenkant laag in m t.o.v. NAP					
	DKM001	DKM002	DKM003	DKM004	DKM005	DKM006
Zand; vast	+22,75	+22,75	+22,75	+22,75	+22,75	+22,75
Klei; organisch; matig	+20,50	-----	-----	-----	-----	-----
Zand; matig	+20,00	+20,00	+19,50	+20,00	+20,00	+19,50
Klei; organisch; matig	+18,25	+18,50	+18,50	+18,75	+18,50	+18,00
Zand; sterk siltig; kleiig	-----	-----	-----	-----	-----	-----
Zand; vast	+17,50	+17,50	+17,50	+18,00	+18,00	+17,50
Zand; sterk siltig; kleiig	+14,50	+14,25	+14,50	+14,50	+14,50	+14,00
Zand; vast	+13,25	+13,25	+13,00	+13,50	+13,25	+12,75
Zand; sterk siltig; kleiig	+9,00	+10,50	+8,50	+10,00	+11,00	+11,00
Onsamendrukbare basis	+6,00	+6,75	+6,50	+7,00	+7,25	+7,00

Tabel 6.8: Uitgangspunten bodemopbouw per sondering ter plaatse van DKM007 t/m DKM012

Benaming	Bovenkant laag in m t.o.v. NAP					
	DKM007	DKM008	DKM009	DKM0010	DKM011	DKM012
Zand; vast	+22,75	+22,75	+22,75	+22,75	+22,75	+22,75
Zand; matig	+20,00	+20,00	+20,00	+19,00	+19,50	+19,50
Klei; organisch; matig	+18,25	+18,00	+18,75	+18,50	+18,75	+18,75
Zand; sterk siltig; kleiig	-----	-----	-----	-----	+18,50	+18,25
Zand; vast	+17,50	+17,25	+18,00	+17,75	+17,50	+18,00
Zand; sterk siltig; kleiig	+14,00	+14,50	+14,50	+14,50	+15,00	+15,00
Zand; vast	-----	+13,00	+13,25	-----	+14,50	+14,00
Zand; sterk siltig; kleiig	-----	+11,50	+11,25	-----	+11,50	+11,50
Onsamendrukbare basis	+7,00	+7,00	+7,00	+7,00	+7,00	+7,00



Voor het berekenen van de zetting wordt de gecombineerde formule van Terzaghi-Buisman gebruikt:

$$\Delta z = z * (1/C_p + 1/C_s * \log(t) * \ln(p_1/p_0))$$

waarin:	Δz	zetting die optreedt in de betreffende laag
	z	dikte van de huidige laag
	C_p	primaire zettingscoëfficiënt
	C_s	seculaire zettingscoëfficiënt
	t	beschouwde tijd
	p_1	terreinspanning na het aanbrengen van de belasting
	p_0	terreinspanning voor het aanbrengen van de belasting c.q. huidige situatie

De werkelijke zetting kan afwijken van hetgeen op basis van globale gegevens is berekend. Voor een meer nauwkeurige analyse is aanvullend grond- en laboratoriumonderzoek noodzakelijk en zijn meer verfijnde rekenmodellen beschikbaar. Dit valt echter buiten het kader van de aan ons verstrekte opdracht.

Uit indicatieve zettingberekeningen volgens Terzaghi blijkt dat er met verloop van tijd (10000 dagen) zettingen (zie tabel 6.9 tm 6.11) in de ordegrrootte kunnen worden verwacht van:

Tabel 6.9: Berekeningsresultaten zettingen t.p.v. leidingsupports

Sondering	$P_{0;rep}$ [kN/m ²]	Δz_p [mm]	Δz_s [mm]	Δz [mm]
DKM001	8	6	6	12
DKM002		3	3	6
DKM003		3	3	6
DKM004		3	2	5
DKM005		2	1	3
DKM006		2	1	3
DKM007		3	2	5
DKM008		2	2	4
DKM009		3	2	5
DKM0010		3	2	5
DKM0011		1	1	2
DKM0012		2	2	4

$p_{0;rep}$	belasting verhoging op maaiveld BGT
Δz_p	primaire zettingen
Δz_s	seculaire zettingen (10000 dagen)
Δz	totaal zettingen ($\Delta z_p + \Delta z_s$)



6.5 Beddingsconstante

De beddingsconstante wordt berekend uit de gemiddelde funderingsdruk ($\sigma_{gem;rep}$) en de daaruit gemiddelde berekende zakking (Δz_{gem}), waarbij de zakking mede afhankelijk is van de vorm van het funderingsoppervlak. Er wordt gebruik gemaakt van de formule: $k_{v,gem;rep} = \sigma_{gem;rep} / \Delta z_{gem}$.

De verticale beddingsconstante wordt, evenals de zakking, alleen aangegeven voor de bruikbaarheidsgrenstoestand. Gelet op het niet-lineaire karakter van de verticale beddingsconstante, wordt een range aangegeven door middel van een ondergrens ($k_{v,gem;rep} / \sqrt{2}$) en een bovengrens ($k_{v,gem;rep} * \sqrt{2}$).

De berekeningsresultaten zijn weergegeven in tabel 6.12 tm 6.13.

De in de tabel weergegeven waarden betreffen de statische beddingsconstante. De dynamische beddingsconstante zijn 2 à 5 maal zo stijf als statische beddingsconstante.

Rekenwaarde statische verticale beddingsconstante

ondergrens $k_{v,gem;d} = (k_{v,gem;rep} / \sqrt{2}) / 1.3$

bovengrens $k_{v,gem;d} = (k_{v,gem;rep} * \sqrt{2}) / 1.3$

Rekenwaarde dynamische verticale beddingsconstante

ondergrens $k_{v,gem;dynamisch;d} = 2 \text{ à } 5 * (k_{v,gem;rep} / \sqrt{2}) / 1.3$

bovengrens $k_{v,gem;dynamisch;d} = 2 \text{ à } 5 * (k_{v,gem;rep} * \sqrt{2}) / 1.3$

Tabel 6.12 Berekeningsresultaten statische beddingsconstante t.p.v. leidingsupports

Sondering	$\sigma_{gem;rep}$ [kN/m ²]	Δz_{gem} [mm]	$k_{v,gem;rep}$ [kN / m ³]	$k_{v,gem;rep} / \sqrt{2}$ [kN / m ³]	$k_{v,gem;rep} * \sqrt{2}$ [kN / m ³]
DKM001 t/m DKM012	8	5	1600	1131	2260



7 Slotopmerking en conclusies.

Bij het pompgebouw dient rekening te worden gehouden met een ontgraving tot om en nabij de aangetroffen grondwaterstand. Kans op noodzaak bemaling. Geadviseerd wordt om het pompgebouw op palen te funderen.

Voor de degasser/opslagtank behoort een fundering op staal tot de mogelijkheden. Echter na de 1^e ontwerpfase is alsnog besloten deze op palen te funderen.

De leidingsupports kunnen worden gefundeerd op poeren. De zettingen van de leidingsupports zijn gering. Er dient rekening te worden gehouden met relatief grote zettingsverschillen tussen de poeren van de leidingsupports en plaatfundering / degasser/opslagtanks en de paalfundering van het pompgebouw.

De werkelijke zettingen kunnen afwijken van hetgeen op basis van globale gegevens is berekend in hoofdstuk 6.4. Voor een meer nauwkeurige analyse is aanvullend grond- en laboratoriumonderzoek noodzakelijk en zijn meer verfijnde rekenmodellen beschikbaar. Dit valt echter buiten het kader van de aan ons verstrekte opdracht.

Het pompgebouw en de degasser/opslagtank wordt op palen gefundeerd. Als paaltype is een keuze gemaakt voor een schroefpaal met gesloten punt (grondverdringend, trillingsvrij, in het werk gevormd), bijvoorbeeld een Fundexpaal o.g.

Aangezien de palen op diepte worden geschroefd c.q. geboord, ontbreekt een duidelijke controle tijdens het inbrengen, zoals bijvoorbeeld een kalenderwaarde bij een geheel paalsysteem.

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




Wiertsema & Partners
RAADGEVEND INGENIEURS


OVERZICHT NETTO DRAAGVERMOGEN DRUKPALEN - FUNDEX O.G.

Alle niveaus/hoogtes/peilmaten zijn t.o.v.: N.A.P.					
sondering	maaiveld niveau	paalpunt niveau	$R_{c; netto; d}$ [kN]		
			380/450_D	460/560_D	540/660_D
CPT001	23.61	16.50	893.9 *	881.6	1113.7
		16.25	731.7	880.9	1132.8
		16.00 **	662.0	905.4	1101.1
		15.75 ***	656.3	891.4	1094.0
		15.50 ***	672.2	858.6	1113.0
CPT002	23.67	16.50	580.9	866.6	976.6
		16.25	641.5	773.2	1035.3
		16.00 **	700.4	825.7	958.2
		15.75 ***	601.8	779.5	988.1
		15.50 ***	593.8	790.8	978.6
CPT003	23.66	16.50	698.6	790.9	966.5
		16.25	628.9	850.6	971.2
		16.00 **	622.5	791.1	1006.8
		15.75 ***	599.9	789.1	985.2
		15.50 ***	582.4	790.2	983.4
CPT004	23.62	16.50	722.7	935.9	1117.9
		16.25	665.5	911.0	1090.0
		16.00 **	674.4	851.7	1073.6
		15.75 ***	627.8	815.1	1069.0
		15.50 ***	586.2	804.0	1044.9
CPT005	23.64	16.50	846.5	871.4	1078.0
		16.25	682.7	855.9	1104.5
		16.00 **	641.4	881.2	1029.5
		15.75 ***	631.9	864.3	1040.2
		15.50 ***	643.5	794.6	1038.5
CPT006	23.61	16.50	717.3	968.5	1049.4
		16.25	870.5	826.0	1015.8
		16.00 **	703.0	819.0	997.9
		15.75 ***	611.7	802.1	981.3
		15.50 ***	596.8	778.2	928.1
CPT007	23.60	16.50	879.8	1267.2	1227.7
		16.25	941.9	973.5	1283.8
		16.00	899.7	956.5	1264.0
		15.75 **	715.1	973.8	1318.0
		15.50 ***	697.2	1014.0	1297.8
CPT008	23.64	16.50	880.7	934.7	1062.5
		16.25	813.5	855.2	1058.6
		16.00 **	673.4	839.3	1054.1
		15.75 ***	623.6	837.9	1028.6
		15.50 ***	605.0	815.4	1070.6
CPT009	23.62	16.50	1006.4	873.2	1096.4
		16.25	708.8	858.8	1127.0
		16.00 **	637.1	873.9	1044.0
		15.75 ***	633.1	874.8	1061.0
		15.50 ***	652.0	813.9	1071.5

- * Zie berekeningsvoorbeeld bijlage 3
- ** Advies: niet dieper dan dit niveau, kans op aflopende kalenderwaarden en/of draagkracht.
- *** Advies: Dit niveau niet kiezen, ter info.



Alle niveaus/hoogtes/peilmaten zijn t.o.v.: N.A.P.					
sondering	maaiveld niveau	paalpunt niveau	$R_{c; netto; d}$ [kN]		
			380/450 D	460/560 D	540/660 D
CPT010	23.61	16.50	587.1	864.6	1110.8
		16.25	724.8	876.7	1128.1
		16.00 **	677.5	878.0	1163.5
		15.75 ***	648.4	896.5	1109.9
		15.50 ***	618.5	874.4	1111.1
CPT011	23.61	16.50	456.3	633.2	813.4
		16.25	471.7	641.9	848.8
		16.00 **	482.9	671.0	879.1
		15.75 ***	477.7	671.3	871.2
		15.50 ***	464.7	638.9	817.9
CPT012	23.56	16.50	549.8	698.1	875.4
		16.25	528.0	665.7	879.2
		16.00 **	478.9	666.1	879.2
		15.75 ***	467.7	664.7	862.0
		15.50 ***	462.8	636.8	815.7
CPT013	23.55	16.50	762.7	1050.0	1110.0
		16.25	877.7	883.1	1176.8
		16.00	716.0	869.7	1118.7
		15.75 **	650.3	866.8	1117.4
		15.50 ***	633.4	885.9	1068.3
CPT014	23.58	16.50	589.7	760.9	1014.1
		16.25	666.5	798.0	944.8
		16.00 **	576.5	761.9	972.1
		15.75 ***	567.9	757.6	953.9
		15.50 ***	546.4	747.5	949.5
CPT015	23.56	16.50	777.4	777.9	977.7
		16.25	595.1	757.8	1022.9
		16.00 **	565.8	803.3	990.5
		15.75 ***	570.0	808.0	1000.5
		15.50 ***	599.5	771.1	1012.9
CPT016	23.54	16.50	639.6	638.1	852.7
		16.25	575.0	682.2	833.1
		16.00 **	509.2	664.1	849.3
		15.75 ***	507.6	702.1	835.4
		15.50 ***	521.7	689.0	865.6
CPT017	23.53	16.50	704.3	855.5	1127.8
		16.25	833.9	890.9	1097.2
		16.00 **	641.1	943.5	1118.3
		15.75 ***	684.6	897.9	1093.6
		15.50 ***	652.4	900.8	1126.5
CPT018	23.57	16.50	689.8	908.1	1142.2
		16.25	842.8	897.2	1071.5
		16.00 **	658.9	856.2	1099.9
		15.75 ***	636.3	854.0	1078.4
		15.50 ***	616.0	850.4	1079.5

** Advies: niet dieper dan dit niveau, kans op aflopende kalenderwaarden en/of draagkracht.

*** Advies: Dit niveau niet kiezen, ter info.



Wiertsema & Partners
RAADGEVEND INGENIEURS

Alle niveaus/hoogtes/peilmaten zijn t.o.v.: N.A.P.					
sondering	maaiveld niveau	paalpunt niveau	$R_{c; netto; d}$ [kN]		
			380/450 D	460/560 D	540/660 D
CPT019	23.58	16.50	223.1	342.1	468.8
		16.25	251.3	371.2	504.0
		16.00 **	270.6	401.3	482.0
		15.75 ***	265.3	387.1	509.3
		15.50 ***	284.9	403.2	535.3
CPT020	23.57	16.50	773.3	740.5	884.2
		16.25	687.0	712.7	907.8
		16.00 **	535.8	708.6	905.7
		15.75 ***	529.3	725.2	877.5
		15.50 ***	534.2	715.7	898.1



Bijlage 2




Wiertsema & Partners
RAADGEVEND INGENIEURS

OVERZICHT NETTO DRAAGVERMOGEN TREKPALEN - FUNDEXPALEN

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

sondering	maaiveld niveau	paalpunt niveau	R _{t; netto; d} [kN]		
			380/450 T	460/560 T	540/660 T
CPT001	23.61	16.50	178.3	225.8	270.4
		16.25	195.7	247.6	296.2
		16.00 **	213.1	269.5	322.1
		15.75 ***	230.6	291.3	348.0
		15.50 ***	248.0	313.1	373.8
CPT002	23.67	16.50	165.6	210.0	251.7
		16.25	180.9	229.2	274.5
		16.00 **	196.8	249.1	298.2
		15.75 ***	214.2	271.0	324.0
		15.50 ***	231.6	292.8	349.9
CPT003	23.66	16.50	178.1	225.6	270.1
		16.25	195.5	247.3	295.8
		16.00 **	212.9	269.1	321.7
		15.75 ***	230.3	291.0	347.6
		15.50 ***	247.7	312.8	373.5
CPT004	23.62	16.50	186.6	236.2	282.6
		16.25	204.0	258.0	308.4
		16.00 **	221.5	279.8	334.3
		15.75 ***	238.9	301.6	360.2
		15.50 ***	256.3	323.5	386.1
CPT005	23.64	16.50	180.2	228.1	273.1
		16.25	197.6	250.0	299.0
		16.00 **	215.0	271.8	324.8
		15.75 ***	232.4	293.6	350.7
		15.50 ***	249.8	315.4	376.6
CPT006	23.61	16.50	170.4	216.0	258.7
		16.25	187.8	237.8	284.6
		16.00 **	205.2	259.6	310.5
		15.75 ***	222.6	281.4	336.4
		15.50 ***	240.1	303.2	362.2
CPT007	23.60	16.50	170.4	215.9	258.7
		16.25	187.8	237.8	284.6
		16.00	205.2	259.6	310.5
		15.75 **	222.6	281.4	336.3
		15.50 ***	240.0	303.2	362.2
CPT008	23.64	16.50	153.8	195.3	234.4
		16.25	171.2	217.2	260.3
		16.00 **	188.7	239.0	286.2
		15.75 ***	206.1	260.8	312.1
		15.50 ***	223.5	282.6	337.9
CPT009	23.62	16.50	205.6	259.7	310.3
		16.25	223.0	281.6	336.2
		16.00 **	240.4	303.4	362.1
		15.75 ***	257.8	325.2	388.0
		15.50 ***	275.2	347.0	413.8

** Advies: niet dieper dan dit niveau, kans op aflopende kalenderwaarden en/of draagkracht.

*** Advies: Dit niveau niet kiezen, ter info.



Wiertsema & Partners
RAADGEVEND INGENIEURS

Alle niveaus/hoogtes/peilmaten zijn t.o.v.: N.A.P.					
sondering	maaiveld niveau	paalpunt niveau	$R_{t; netto; d}$ [kN]		
			380/450 T	460/560 T	540/660 T
CPT010	23.61	16.50	173.3	219.6	263.1
		16.25	187.5	237.4	284.1
		16.00 **	203.0	256.8	307.2
		15.75 ***	220.4	278.7	333.1
		15.50 ***	237.8	300.5	359.0
CPT011	23.61	16.50	185.6	234.9	281.0
		16.25	203.0	256.7	306.9
		16.00 **	220.4	278.5	332.8
		15.75 ***	237.8	300.3	358.7
		15.50 ***	255.3	322.2	384.5
CPT012	23.56	16.50	180.4	228.3	273.0
		16.25	197.8	250.1	298.9
		16.00 **	215.2	271.9	324.8
		15.75 ***	232.7	293.7	350.7
		15.50 ***	250.1	315.5	376.5
CPT013	23.55	16.50	200.7	253.7	303.2
		16.25	218.1	275.5	329.0
		16.00	235.5	297.3	354.9
		15.75 **	252.9	319.1	380.8
		15.50 ***	270.4	341.0	406.7
CPT014	23.58	16.50	196.7	248.7	297.3
		16.25	212.6	268.7	321.0
		16.00 **	230.0	290.5	346.9
		15.75 ***	247.5	312.3	372.8
		15.50 ***	264.9	334.1	398.6
CPT015	23.56	16.50	178.6	226.2	270.8
		16.25	196.0	248.0	296.7
		16.00 **	213.5	269.9	322.6
		15.75 ***	230.9	291.7	348.4
		15.50 ***	248.3	313.5	374.3
CPT016	23.54	16.50	159.2	202.0	242.3
		16.25	174.4	221.1	264.9
		16.00 **	190.2	240.9	288.4
		15.75 ***	207.6	262.7	314.2
		15.50 ***	225.0	284.5	340.1
CPT017	23.53	16.50	140.6	178.9	215.1
		16.25	157.7	200.4	240.5
		16.00 **	175.1	222.2	266.4
		15.75 ***	192.6	244.0	292.3
		15.50 ***	210.0	265.8	318.1
CPT018	23.57	16.50	164.0	208.1	249.5
		16.25	181.3	229.7	275.1
		16.00 **	198.7	251.5	301.0
		15.75 ***	216.2	273.4	326.9
		15.50 ***	233.6	295.2	352.7

** Advies: niet dieper dan dit niveau, kans op aflopende kalenderwaarden en/of draagkracht.

*** Advies: Dit niveau niet kiezen, ter info.



Wiertsema & Partners
RAADGEVEND INGENIEURS

Alle niveaus/hoogtes/peilmaten zijn t.o.v.: N.A.P.					
sondering	maaiveld niveau	paalpunt niveau	$R_{t; netto; d}$ [kN]		
			380/450 T	460/560 T	540/660 T
CPT019	23.58	16.50	138.4	176.2	211.8
		16.25	144.4	183.8	221.0
		16.00 **	151.8	193.2	232.2
		15.75 ***	160.8	204.5	245.7
		15.50 ***	171.6	218.0	261.8
CPT020	23.57	16.50	136.1	173.3	208.4
		16.25	153.5	195.1	234.3
		16.00 **	170.9	216.9	260.2
		15.75 ***	188.3	238.7	286.1
		15.50 ***	205.8	260.6	311.9



Bijlage 3




Wiertsema & Partners
RAADGEVEND INGENIEURS

DETAIL BER. DRAAGVERMOGEN o380_voorbeeld; CPT001; N.A.P.16.50**Uitgangspunten**

- gehanteerde sondering : CPT001
 - gehanteerde paal : 380/450_D
 - paalpuntniveau : N.A.P.16.50 m
 - traject positieve kleef : N.A.P. 17.75 m
- tot: N.A.P. 16.50 m

Maximale draagkracht van de paalpunt

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

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

$$= 8.297 \text{ MPa}$$

waarin :		in dit geval :
$q_{c,I,gem}$	= de gemiddelde waarde van de conusweerstand over traject I	= 21.42 MPa
$q_{c,II,gem}$	= de gemiddelde waarde van de conusweerstand over traject II	= 21.17 MPa
$q_{c,III,gem}$	= de gemiddelde waarde van de conusweerstand over traject III	= 5.04 MPa
α_p	= paalklassefactor	= 0.63 -
β	= factor voor de paalvoetvorm	= 1.00 -
φ	= hoek van de inwendige wrijving	= 40.0 -
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:

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

$$= 1320 \text{ kN}$$

waarin :		in dit geval :
A_b	= oppervlak van de paalvoet	= 0.1590 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:

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

$$= 171 \text{ kN}$$

Per laag

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

Nr	Laag	Nivo [m]	$O_{s,gem}$ [m ¹]	α_s	Perc. [%]	$q_{c,z;a}$ [MPa]	$q_{s,max}$ [MPa]	d_z [m]	$R_{c,cal}$ [kN]
--	----	17.75	--	--	--	--	--	--	--
1	Zand - Schoon - Vast	16.50	1.41	0.0090	100	10.78	0.097	1.25	171.4
totaal			1.41	0.0090		10.78	0.097	1.25	171.4



Wiertsema & Partners
RAADGEVEND INGENIEURS

Maximale draagkracht

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

$$R_{c;cal;i} = R_{b;cal;max;i} + R_{s;cal;max;i} \\ = 1491 \text{ kN } (=1320 + 171)$$

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

$$R_{c;k} = R_{c;cal} / \xi_{3 \text{ (n=1)}} \\ = 1073 \text{ kN}$$

waarin : in dit geval :
 $\xi_{3 \text{ (n=1)}}$ = factor volgens art. A.3.3.3 bij 1 sondering = 1.39 -

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

$$R_{c;d} = R_{c;k} / \gamma_R \\ = 933 \text{ kN}$$

waarin : in dit geval :
 γ_R = partiële weerstandsfactor volgens art. A.3.3.2
 tabel A.6, A.7 of A.8 = 1.15 -

DETAIL BER. NEGATIEVE KLEEF o380_voorbeeld; CPT001; N.A.P.16.50

Uitgangspunten

- gehanteerde sondering : CPT001
- gehanteerde paal : 380/450_D
- paalpuntniveau : N.A.P. 16.50 m
- paalkopniveau : N.A.P. 22.75 m
- traject negatieve kleeftot : N.A.P. 22.75 m
- $p_{sur;k}$: 0.00 kN/m²

Berekening negatieve kleeft

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

$$F_{nk;k} = O_{s;gem} * \sum d_j * K_{0;j;k} * \tan \delta_{j;k} * (\sigma'_{v;j-1;k} + \sigma'_{v;j;k}) / 2.0 \\ = 0.0 \text{ kN}$$

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

Rekenwaarde

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

$$F_{nk;d} = F_{nk;k} * \gamma_{f;nk} = 0.0 \text{ kN}$$

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



LAST_ZAKKINGSDIAGRAM o380_voorbeeld**Uitgangspunten**

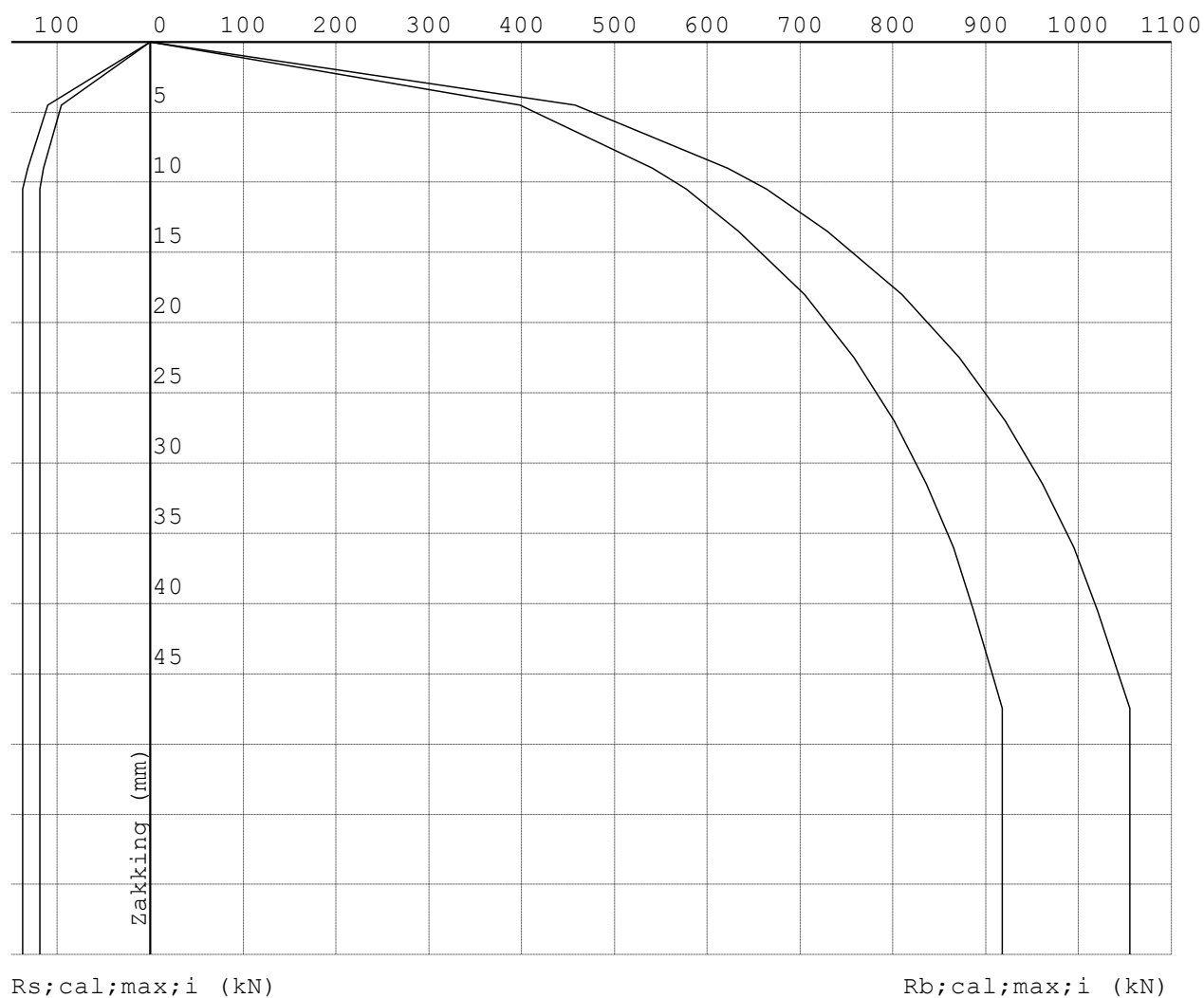
- gehanteerde sondering : CPT001
- gehanteerde paal : 380/450_D
- paalpuntniveau : N.A.P.16.50 m

Last-zakkingsgedrag paal

paalzakking (mm)					draagvermogen 1B (kN)					paalzakking (mm)					draagvermogen 2 (kN)				
voet	kop	punt	wrijving	totaal	voet	kop	punt	wrijving	totaal	voet	kop	punt	wrijving	totaal	voet	kop	punt	wrijving	totaal
0.0	0.0	0	0	0	0.0	0.0	0	0	0	0.0	0.0	0	0	0	0.0	0.0	0	0	0
4.5	5.5	398	96	494	4.5	5.6	458	110	569	4.5	5.6	458	110	569	4.5	5.6	458	110	569
9.0	10.3	541	115	656	9.0	10.5	622	132	754	9.0	10.5	622	132	754	9.0	10.5	622	132	754
10.5	11.8	577	119	697	10.5	12.0	664	137	801	10.5	12.0	664	137	801	10.5	12.0	664	137	801
13.5	15.0	634	119	753	13.5	15.2	729	137	866	13.5	15.2	729	137	866	13.5	15.2	729	137	866
18.0	19.6	705	119	824	18.0	19.8	810	137	947	18.0	19.8	810	137	947	18.0	19.8	810	137	947
22.5	24.2	758	119	877	22.5	24.5	872	137	1009	22.5	24.5	872	137	1009	22.5	24.5	872	137	1009
27.0	28.8	801	119	920	27.0	29.1	921	137	1058	27.0	29.1	921	137	1058	27.0	29.1	921	137	1058
31.5	33.4	836	119	955	31.5	33.6	962	137	1099	31.5	33.6	962	137	1099	31.5	33.6	962	137	1099
36.0	37.9	866	119	985	36.0	38.2	995	137	1133	36.0	38.2	995	137	1133	36.0	38.2	995	137	1133
40.5	42.5	887	119	1007	40.5	42.7	1021	137	1158	40.5	42.7	1021	137	1158	40.5	42.7	1021	137	1158
45.0	47.0	907	119	1026	45.0	47.3	1043	137	1180	45.0	47.3	1043	137	1180	45.0	47.3	1043	137	1180
47.5	49.5	918	119	1037	47.5	49.8	1056	137	1193	47.5	49.8	1056	137	1193	47.5	49.8	1056	137	1193
450.0	452.0	918	119	1037	450.0	452.3	1056	137	1193	450.0	452.3	1056	137	1193	450.0	452.3	1056	137	1193



Last-zakkingsdiagram grenstoestand 1B en 2

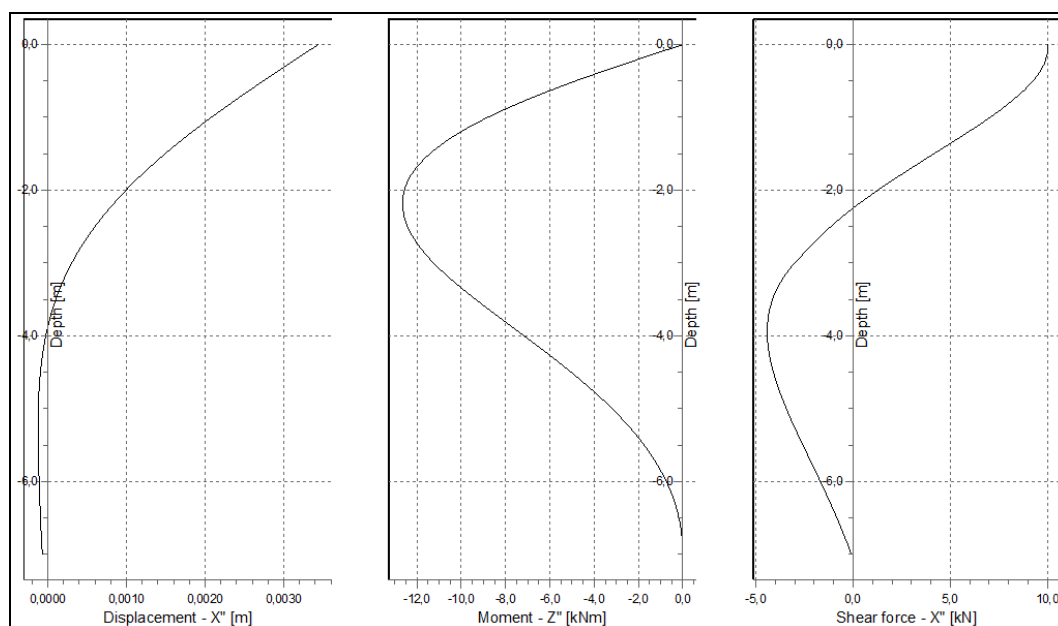


Wiertsema & Partners
RAADGEVEND INGENIEURS

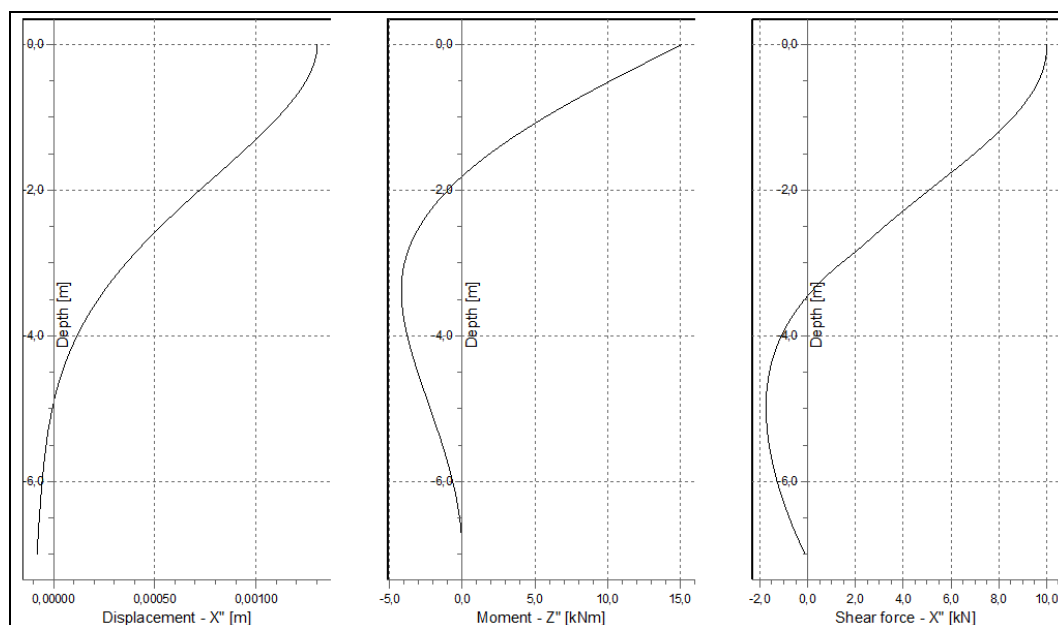
Bijlage 4




Wiertsema & Partners
RAADGEVEND INGENIEURS

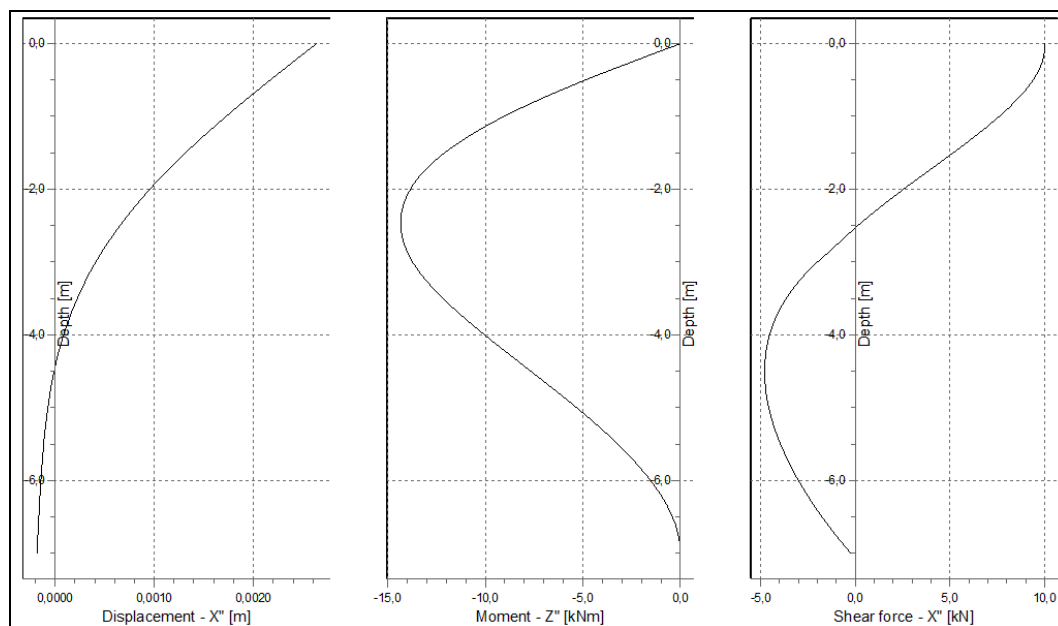


Figuur 7-1: Ø380/450; $F_{tr;d} = 10$ kN; scharnierend aangesloten in fundering

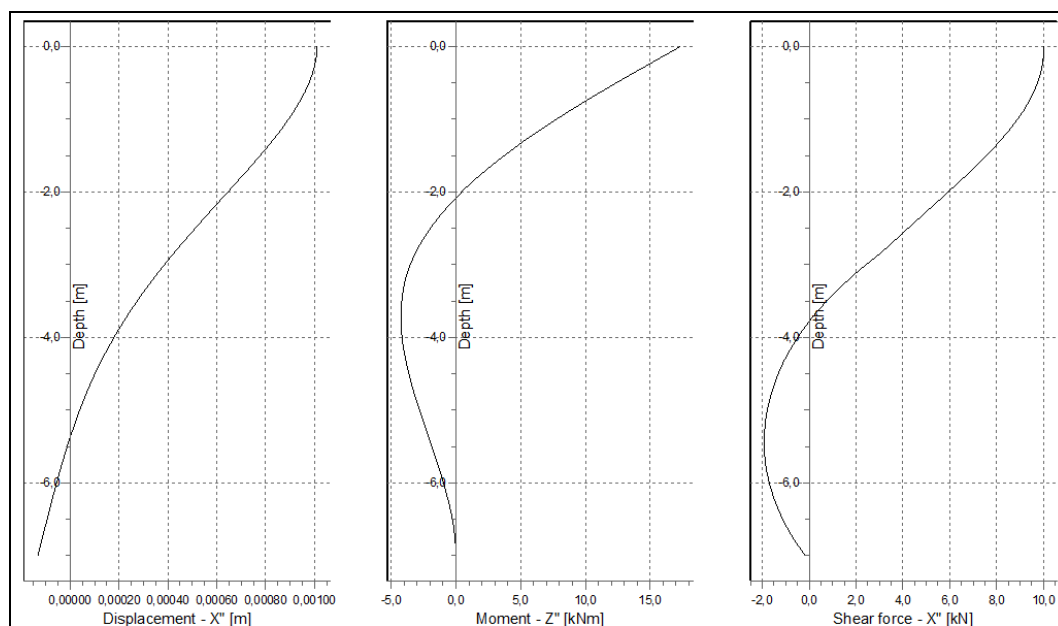


Figuur 7-2: Ø380/450; $F_{tr;d} = 10$ kN; ingeklemd aangesloten in fundering



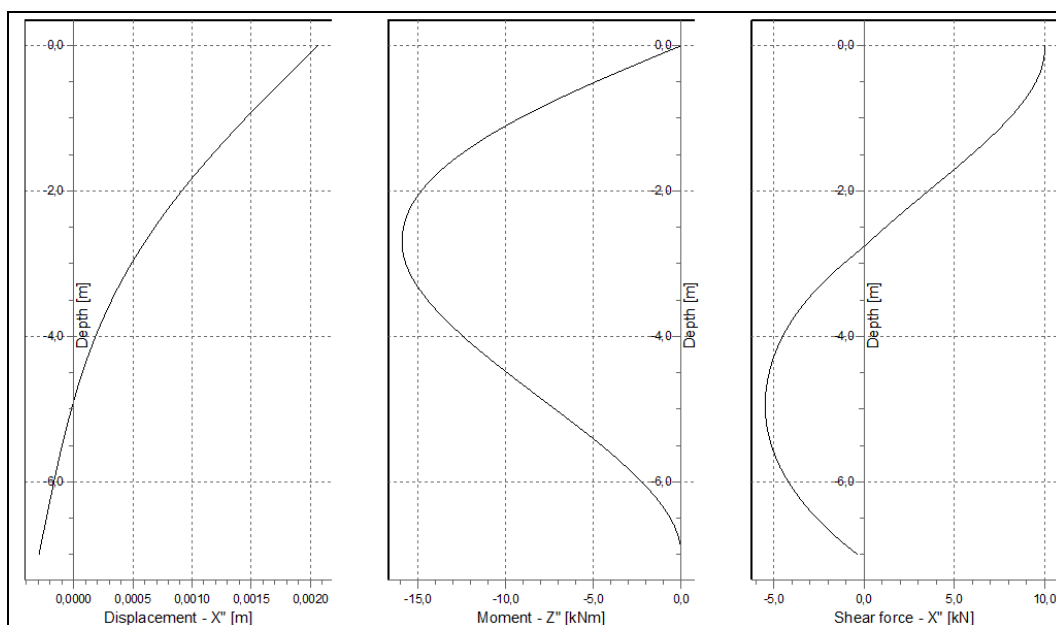


Figuur 7-3: Ø450/560; Ftr;d = 10 kN; ingeklemd aangesloten in fundering

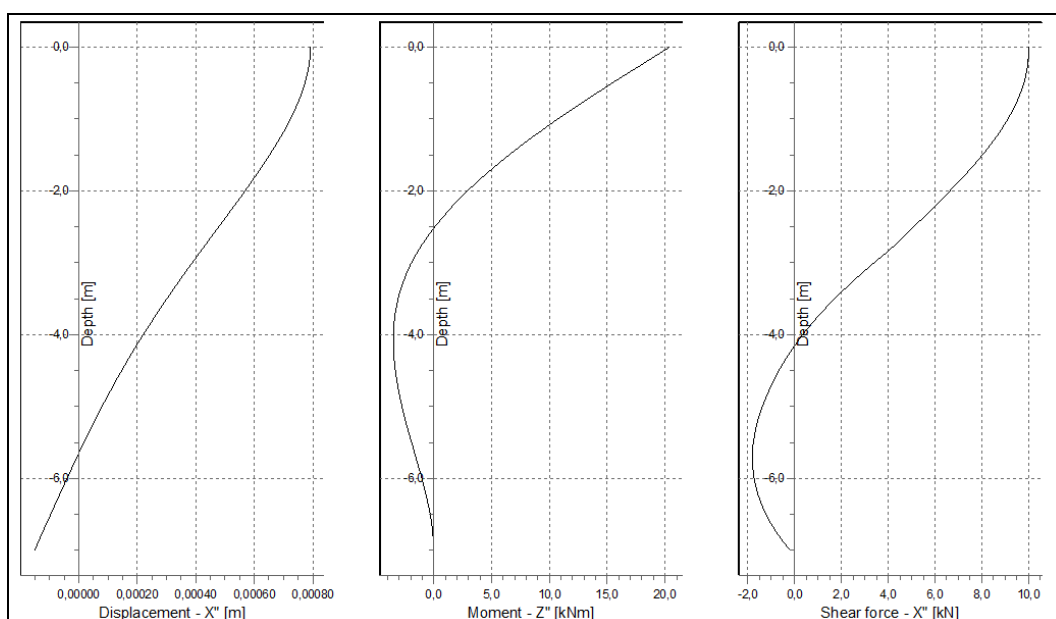


Figuur 7-4: Ø450/560; Ftr;d = 10 kN; ingeklemd aangesloten in fundering





Figuur 7-5: Ø540/660; Ftr;d = 10 kN; scharnierend aangesloten in fundering



Figuur 7-6: Ø540/660; Ftr;d = 10 kN; ingeklemd aangesloten in fundering



Wiertsema & Partners
RAADGEVEND INGENIEURS

Bijlage 5




Wiertsema & Partners
RAADGEVEND INGENIEURS

Rapport voor D-Foundations 19.1

Ontwerp en Verificatie volgens Eurocode 7 van Stroom- en Paalfunderingen
Ontwikkeld door Deltares

Datum van rapport: 9-11-2020
Tijd van rapport: 11:31:06
Rapport met versie: 19.1.1.23780

Datum van berekening: 9-11-2020
Tijd van berekening: 11:17:05
Berekend met versie: 19.1.1.23780

Bestandsnaam: P:\77xxx\774xx\77421-2\Doc\DFoundation\77421-2

Projectbeschrijving: nieuwbouw shelter
Haaksbergen
D-Foundations 77421-2



Wiertsema & Partners
RAADGEVEND INGENIEURS

1 Inhoudsopgave

1 Inhoudsopgave	2
2 Invoergegevens	3
2.1 Algemene Invoergegevens	3
2.2 Rapportage Gegevens	3
2.3 Toepassingsgebied Model Fundering op staal	3
2.4 Bovenbouw	3
2.5 Grondgegevens	3
2.5.1 Grondprofiel gronddekking 0	3
2.5.2 Grondprofiel gronddekking 800	4
2.6 Funderingsgegevens	5
2.7 Belastingsgegevens	6
2.7.1 Verticale belastingen	6
2.8 Opgegeven Parameters	6
3 Shallow Foundations (EC7-NL): Resultaten Toetsing	7
3.1 Toetsing Grenstoestand EQU	7
3.1.1 Verticale Draagkracht, Ongedraineerde Situatie	7
3.1.2 Verticale Draagkracht, Gedraineerde Situatie	7



2 Invoergegevens

2.1 Algemene Invoergegevens

Model Shallow Foundations (EC7-NL)

2.2 Rapportage Gegevens

Geotechnisch adviseur : Wiertsema&Partners
 Constructeur bovenbouw :
 Opdrachtgever :
 Titel 1 : nieuwbouw shelter
 Titel 2 : Haaksbergen
 Titel 3 : D-Foundations 77421-2
 Nummer project : 77110-2
 Locatie project :

2.3 Toepassingsgebied Model Fundering op staal

De toetsingen uitgevoerd door het model fundering op staal van D-FOUNDATIONS hebben betrekking op funderingen op staal waarop statische of quasi-statische krachten werken. Het funderingsoppervlak mag hierbij een hoek met de horizontaal maken van ten hoogste 2.5 graden.

2.4 Bovenbouw

Stijfheidskarakteristiek : Slap

2.5 Grondgegevens

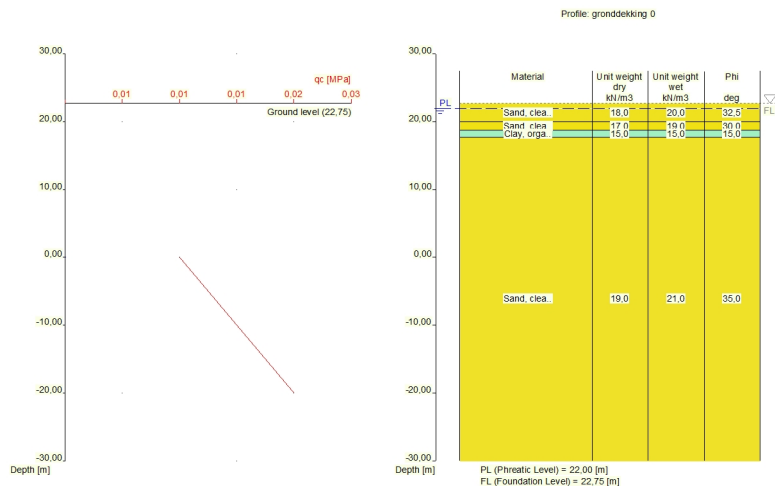
Aantal grondprofielen: 2

2.5.1 Grondprofiel gronddekking 0

Behorende bij sondering	gronddekking 0
Maaiveldniveau in [m. t.o.v. referentie niveau] :	22,75
Niveau grondwaterstand in [m. t.o.v. referentie niveau] :	22,00
Funderingsniveau in [m t.o.v. R.N.] =	22,75
Concentratiegetal van Frohlich [-] =	3
Aantal lagen in profiel :	4



Wiertsema & Partners
 RAADGEVEND INGENIEURS



Numer laag	Niveau bov.laag [m R.N.]	Gamma [kN/m3]	Gamma sat [kN/m3]	Phi [deg]	Cohesie [kPa]	f;undr [kPa]	Cc [-]	Ca [-]
1	22,750	18,00	20,00	32,50	0,00	0,00	0,00	0,00
2	20,000	17,00	19,00	30,00	0,00	0,00	0,01	0,00
3	18,750	15,00	15,00	15,00	0,00	25,00	0,23	0,01
4	17,750	19,00	21,00	35,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Numer laag	Niveau bov.laag [m R.N.]	e0 [-]	Grond-soort
1	22,750	0,26	Zand
2	20,000	0,26	Zand
3	18,750	0,00	Klei
4	17,750	0,26	Zand

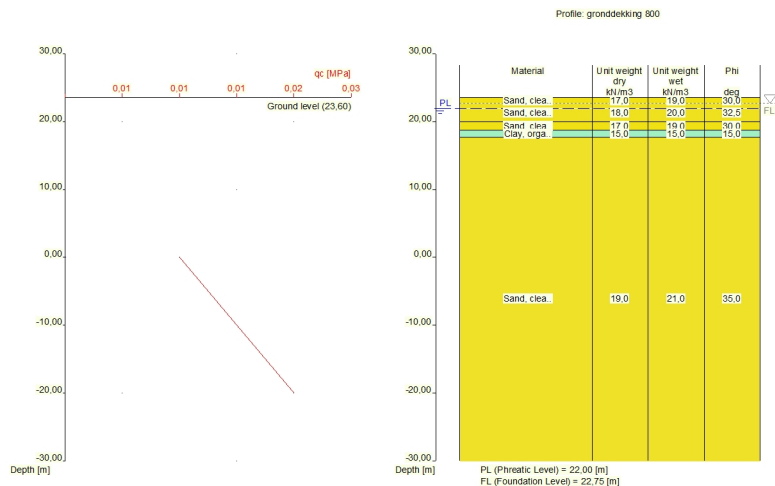
2.5.2 Grondprofiel gronddekking 800

Behorende bij sondering
 Maaiveldniveau in [m. t.o.v. referentie niveau] :
 Niveau grondwaterstand in [m. t.o.v. referentie niveau] :
 Funderingsniveau in [m t.o.v. R.N.] =
 Concentratiegetal van Frohlich [-] =
 Aantal lagen in profiel :

gronddekking 800
 23,60
 22,00
 22,75
 3
 5



Wiertsema & Partners
 RAADGEVEND INGENIEURS

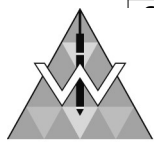


Nummer laag	Niveau bov.laag [m R.N.]	Gamma [kN/m ³]	Gamma sat [kN/m ³]	Phi [deg]	Cohesie [kPa]	f _{undr} [kPa]	Cc [-]	Ca [-]
1	23,600	17,00	19,00	30,00	0,00	0,00	0,01	0,00
2	22,750	18,00	20,00	32,50	0,00	0,00	0,00	0,00
3	20,000	17,00	19,00	30,00	0,00	0,00	0,01	0,00
4	18,750	15,00	15,00	15,00	0,00	25,00	0,23	0,01
5	17,750	19,00	21,00	35,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Nummer laag	Niveau bov.laag [m R.N.]	e0 [-]	Grond-soort
1	23,600	0,26	Zand
2	22,750	0,26	Zand
3	20,000	0,26	Zand
4	18,750	0,00	Klei
5	17,750	0,26	Zand

2.6 Funderingsgegevens

Element naam	Element vorm	Breedte [m]	Lengte [m]	Diameter [m]	Type
Strip 1000	Strook	1,00	nvt	nvt	In het werk...
Strip 1250	Strook	1,25	nvt	nvt	In het werk...
Strip 1500	Strook	1,50	nvt	nvt	In het werk...
Strip 1750	Strook	1,75	nvt	nvt	In het werk...
Strip 2000	Strook	2,00	nvt	nvt	In het werk...
Strip 2250	Strook	2,25	nvt	nvt	In het werk...
Strip 2500	Strook	2,50	nvt	nvt	In het werk...
		2,75	nvt	nvt	In het werk...
		3,00	nvt	nvt	In het werk...
	je poer	0,50	0,50	nvt	In het werk...
	je poer	0,75	0,75	nvt	In het werk...
	je poer	1,00	1,00	nvt	In het werk...
Rect 1250x1250	Rechthoekige poer	1,25	1,25	nvt	In het werk...



Wiertsema & Partners
RAADGEVEND INGENIEURS

Element naam	Element vorm	Breedte [m]	Lengte [m]	Diameter [m]	Type
Rect 1500x1500	Rechthoekige poer	1,50	1,50	nvt	Prefab

2.7 Belastingsgegevens

2.7.1 Verticale belastingen

Belastingsgeval	GT EQU/STR/GEO			BGT		
	eB [m]	eL [m]	Vd [kN]	eB [m]	eL [m]	Vd [kN]
1000	0,00	0,00	50,00	0,00	0,00	40,00
1250	0,00	0,00	62,50	0,00	0,00	50,00
1500	0,00	0,00	75,00	0,00	0,00	60,00
1750	0,00	0,00	87,50	0,00	0,00	70,00
2000	0,00	0,00	100,00	0,00	0,00	80,00
2250	0,00	0,00	112,50	0,00	0,00	90,00
2500	0,00	0,00	112,50	0,00	0,00	90,00
2750	0,00	0,00	112,50	0,00	0,00	90,00
3000	0,00	0,00	112,50	0,00	0,00	90,00
0.50	0,00	0,00	2,50	0,00	0,00	2,00
0.75	0,00	0,00	5,63	0,00	0,00	4,50
1.00	0,00	0,00	10,00	0,00	0,00	8,00
1,25	0,00	0,00	15,63	0,00	0,00	12,50
1,50	0,00	0,00	22,50	0,00	0,00	18,00

2.8 Opgegeven Parameters

Alle parameters volgens de standaard.



3 Shallow Foundations (EC7-NL): Resultaten Toetsing

3.1 Toetsing Grenstoestand EQU

Eis volgens NEN 9997-1:2016 art. 2.4.8: $E_d \leq C_d$.

3.1.1 Verticale Draagkracht, Ongedraineerde Situatie

Fund. elem. naam	Berekeningsgeval	Vd [kN]	Rd [kN]	Rd (Squeeze) [kN]	Ftrek [kN]	Resultaat toetsing
1000-0	GEEN					
1250-0	GEEN					
1500-0	GEEN					
1750-0	GEEN					
2000-0	GEEN					
2250-0	GEEN					
2500-0	Geval C	246,19	507,28	0,00	0,00	VOLDOET
2750-0	Geval C	257,39	542,27	0,00	0,00	VOLDOET
3000-0	Geval C	268,58	577,26	0,00	0,00	VOLDOET
1000-800	GEEN					
1250-800	GEEN					
1500-800	GEEN					
1750-800	GEEN					
2000-800	GEEN					
2250-800	GEEN					
2500-800	Geval C	246,19	559,65	0,00	0,00	VOLDOET
2750-800	Geval C	257,39	598,25	0,00	0,00	VOLDOET
3000-800	Geval C	268,58	636,86	0,00	0,00	VOLDOET
P500-0	GEEN					
P750-0	GEEN					
P1000-0	GEEN					
P1250-0	GEEN					
P1500-0	GEEN					
P500-800	GEEN					
P750-800	GEEN					
P1000-800	GEEN					
P1250-800	GEEN					
P1500-800	GEEN					

- voor de toetsing is de hoogste waarde van Rd aangehouden!

-Ftrek ($0.5 \cdot b' \cdot c_u \cdot d$) is de trekkracht per strekkende meter welke opgenomen moet kunnen worden door de fundering bij squeeze (zie art. 6.5.2.2 (r) NEN 9997-1:2016).

3.1.2 Verticale Draagkracht, Gedraineerde Situatie

Fund. elem. naam	Berekeningsgeval	Vd [kN]	Rd [kN]	Vd (Pons) [kN]	Rd (Pons) [kN]	Resultaat toetsing
1000-0	Geval B	50,00	117,33	0,00	0,00	VOLDOET
1250-0	Geval B	62,50	171,84	0,00	0,00	VOLDOET
1500-0	Geval B	75,00	235,09	0,00	0,00	VOLDOET
1750-0	Geval B	87,50	305,98	0,00	0,00	VOLDOET
2000-0	Geval B	100,00	381,09	0,00	0,00	VOLDOET
2250-0	Geval B	112,50	460,22	0,00	0,00	VOLDOET
2500-0	Geval C	112,50	538,80	246,19	2232,68	VOLDOET
2750-0	Geval C	112,50	605,57	257,39	2557,00	VOLDOET
3000-0	Geval C	112,50	663,33	268,58	2895,02	VOLDOET
		50,00	332,98	0,00	0,00	VOLDOET
		62,50	441,40	0,00	0,00	VOLDOET
		75,00	558,57	0,00	0,00	VOLDOET
		87,50	682,59	0,00	0,00	VOLDOET
		100,00	807,92	0,00	0,00	VOLDOET
2250-800	Geval B	112,50	935,15	0,00	0,00	VOLDOET



Wiertsema & Partners
RAADGEVEND INGENIEURS

Fund. elem. naam	Bereke- nings- geval	Vd [kN]	Rd [kN]	Vd (Pons) [kN]	Rd (Pons) [kN]	Resultaat toetsing
2500-800	Geval C	112,50	1057,40	246,19	2808,01	VOLDOET
2750-800	Geval C	112,50	1157,72	257,39	3201,00	VOLDOET
3000-800	Geval C	112,50	1242,37	268,58	3608,10	VOLDOET
P500-0	Geval B	2,50	12,13	0,00	0,00	VOLDOET
P750-0	Geval B	5,63	37,58	0,00	0,00	VOLDOET
P1000-0	Geval B	10,00	82,13	0,00	0,00	VOLDOET
P1250-0	Geval B	15,63	150,36	0,00	0,00	VOLDOET
P1500-0	Geval B	22,50	246,84	0,00	0,00	VOLDOET
P500-800	Geval B	2,50	92,17	0,00	0,00	VOLDOET
P750-800	Geval B	5,63	217,66	0,00	0,00	VOLDOET
P1000-800	Geval B	10,00	402,28	0,00	0,00	VOLDOET
P1250-800	Geval B	15,63	650,60	0,00	0,00	VOLDOET
P1500-800	Geval B	22,50	967,19	0,00	0,00	VOLDOET

NB: bij toetsing voor zowel situatie met als zonder pons, moet aan beide worden voldaan!

Einde Rapport



Bijlage 6




Wiertsema & Partners
RAADGEVEND INGENIEURS

RICHTLIJNEN VOOR HET UITVOEREN VAN GRONDVERBETERINGEN

De grondverbetering moet bestaan uit schoon, goed gegradeerd zand. De korrelvorm speelt hierbij een belangrijke rol met betrekking tot de verdichtbaarheid en de hiervoor benodigde energie.

Voor de uitvoering van de grondverbetering zal, afhankelijk van de hieraan te stellen eisen, het te gebruiken zand moeten worden onderzocht voor wat betreft korrelverdeling, korrelvorm en verdichtbaarheid. Dit geldt zowel voor het van nature aanwezige zand als voor eventueel aan te voeren zand. Het onderzoek kan respectievelijk geschieden door middel van een zeefanalyse, een microscopisch onderzoek en een Proctor-proef of verzwaarde Proctor-proef.

Onderstaand zijn de eisen omschreven waaraan het zand moet voldoen dat wordt gebruikt voor de toepassing van een grondverbetering.

- De korrelfractie kleiner dan 63 µm zal in het algemeen niet meer mogen bedragen dan 5%. Indien minder strenge eisen worden gesteld aan de grondverbetering is een gewichtspercentage van 10% < 63 µm toelaatbaar.

- De uniformiteitscoëfficiënt = $\frac{D_{60}}{D_{10}}$ dient voor Nederlandse zanden minimaal 2,0 te bedragen.

Hierin zijn:

D_{10} = korreldiameter met een zeefdoorval van 10 gewichtsprocenten.

D_{60} = korreldiameter met een zeefdoorval van 60 gewichtsprocenten.

- De korrelvorm dient bij voorkeur hoekig te zijn.
- De curve watergehalte - droge dichtheid dient rond de maximum dichtheid een flauw verloop te bezitten, dit betekent dat een goede verdichting kan worden verkregen bij verschillende watergehalten.



Wiertsema & Partners
RAADGEVEND INGENIEURS

Verdichting

- De grondverbetering dient in lagen te worden opgebouwd en te worden verdicht met trilplaat of trilwals.
- De toe te passen laagdikte is hoofdzakelijk afhankelijk van de aan te wenden verdichtingsapparatuur. Globaal is in de onderstaande tabel een indicatie gegeven van de toe te passen laagdikte en apparatuur.

Gewicht trilplaat [kN]	Laagdikte [m]
1 - 2	0,2
4 - 6	0,3
10 - 20	0,4
30 - 40	0,5 à 0,6

- Bij het toepassen van zware trilapparatuur dient het funderingsniveau nagetrild te worden met een lichte trilplaat, omdat een zware trilplaat de bovenste laag van circa 150 mm losschudt. Wij merken hierbij nog wel op dat voor bepaalde apparatuur de volgens fabrieksspecificatie opgegeven dieptewerking geen maatstaf is voor de toe te passen laagdikte daar de effectiviteit met de diepte snel afneemt en onderhoud en slijtage belangrijke gegevens zijn bij het optimaal functioneren.
- De verdichting dient per laag te worden uitgevoerd in minimaal 4 gangen, kruislings en overlappend.
- Verder zal alvorens de eerste laag aan te brengen het ontgravingsniveau moeten worden afgetrild op de bovengenoemde wijze.
- Tijdens de verdichting zal de grondwaterstand, indien deze zich niet voldoende diep onder het ontgravingsniveau bevindt, moeten worden verlaagd. Indien dit niet gebeurt zal afhankelijk van de doorlatendheid van het gebruikte c.q. aanwezige zand, de grondwaterstand en de toe te passen trilapparatuur "liquefaction" (drijfzand conditie) kunnen optreden. Globaal dient de grondwaterstand tot circa 0,5 meter beneden het ontgravingsniveau te worden verlaagd.
- De aanlegbreedte van de grondverbetering zal zodanig moeten zijn, dat een spreiding van de funderingsdrukken mogelijk is onder een hoek van 45° met de verticaal vanaf de rand van stroken en/of poeren.
- Het watergehalte van het zand dient tijdens het verdichten bij voorkeur 8 tot 15% te bedragen. Eén en ander is af te leiden uit de eventueel uitgevoerde Proctor-proef waarbij het optimale watergehalte wordt bepaald in relatie tot de hoogst verkregen dichtheid bij een constante hoeveelheid energie.
- De kwaliteit van de grondverbetering dient zodanig te zijn, dat minstens een hoek van inwendige wrijving wordt bereikt die als uitgangspunt voor de berekening is gehanteerd. De waarden liggen in de regel tussen 32,5° en 35,0°.



Controle

De controle op de kwaliteit van de uitgevoerde grondverbetering kan geschieden op de onderstaande wijze:

a. Controlesonderingen.

Hierbij kan een volledig pakket grondverbeteringen worden gecontroleerd. De gemeten conusweerstanden dienen hierbij als controlemiddel.

b. Handsonderingen.

De mogelijkheden hiermee zijn beperkt, zowel voor wat betreft te meten conusweerstanden als diepte. Gesteld kan worden dat een verdichte zandlaag van circa 0,5 meter hiermee te controleren is, eventueel met behulp van handboor.

c. In-situ-dichtheidsbepalingen met behulp van volumesteekringen.

De beperkingen van dit systeem zijn als onder b.

De beoordeling van de gemeten dichtheid moet worden gerelateerd met de uit de Proctor-proeven verkregen maximale dichtheid. In het algemeen dient de gemeten dichtheid minimaal 95 tot 98% van de standaard Proctor-dichtheid te bedragen; waarbij:

- 95% lage eis;
- 98% normale eis; minimum voor funderingsgrondslagen met $\varphi = 32,5^\circ$ en voor de bovenlaag van aardebanen.

