

## Pilot JLD-Dijkstabilisator Watergraafsmeer

Onderzoeksvraag 6 groepseffecten

projectnummer 413509  
definitief revisie 02  
1 maart 2019

# Inhoudsopgave

Blz.

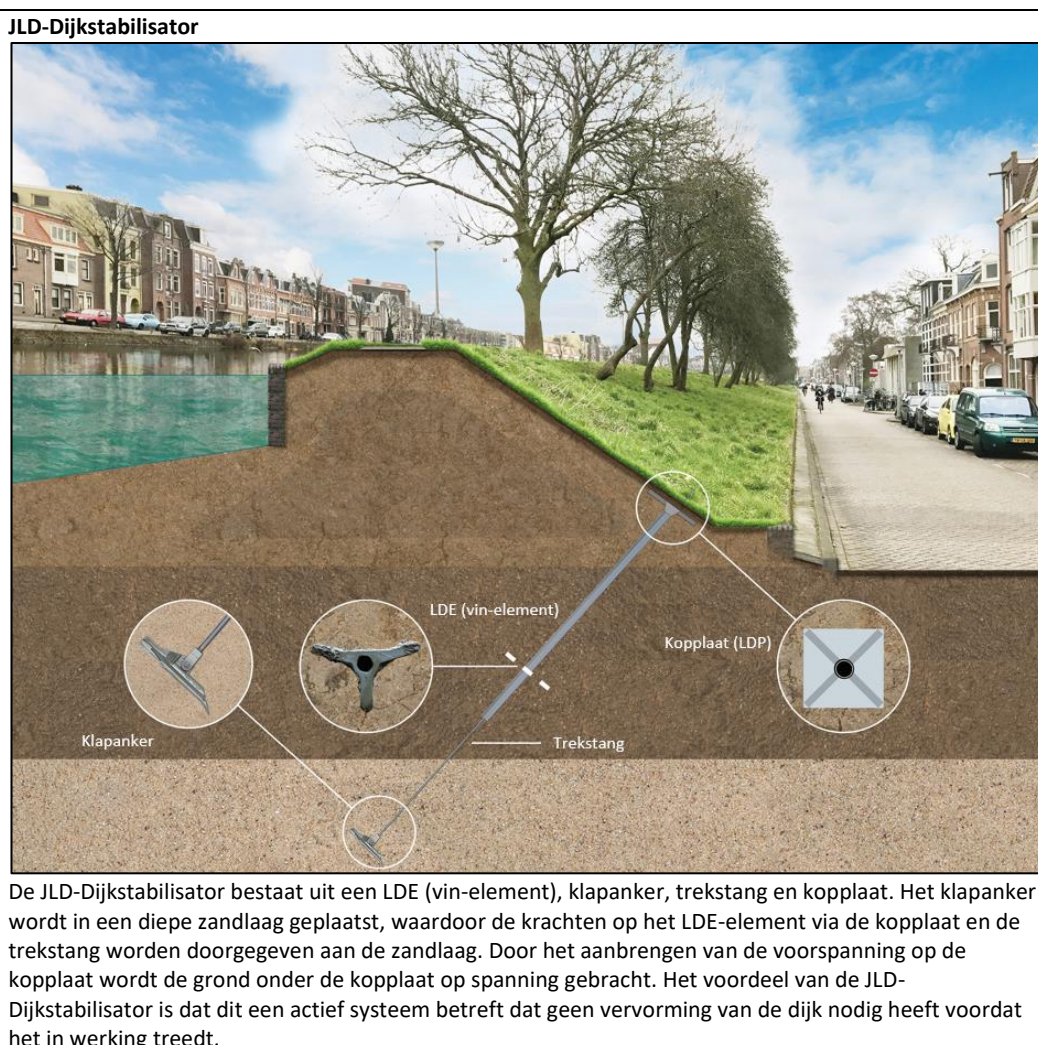
<b>1</b>	<b>Inleiding</b>	<b>1</b>
1.1	Achtergrond	1
1.2	Voorliggende rapportage	2
1.3	Leeswijzer	2
<b>2</b>	<b>Aanpak</b>	<b>3</b>
2.1	Literatuurstudie	3
2.2	Eindige elementen modellen (PLAXIS)	4
<b>3</b>	<b>Analytische bepaling groepseffecten</b>	<b>5</b>
3.1	Kopplaat	5
3.2	LDE	7
3.2.1	Laterale belasting	7
3.2.2	Axiale belasting	8
3.3	Klapankers	9
3.4	Conclusies analytische methoden	11
<b>4</b>	<b>Eindige elementen modellen (PLAXIS)</b>	<b>12</b>
4.1	Kopplaat	12
4.1.1	Lengterichting van de dijk	12
4.1.2	Dwarsrichting van de dijk	13
4.2	LDE	14
4.3	Klapankers	14
4.3.1	Lengterichting van de dijk	15
4.3.2	Dwarsrichting van de dijk	16
<b>5</b>	<b>Conclusies en beantwoording onderzoeksvraag</b>	<b>17</b>
<b>6</b>	<b>Verwijzingen</b>	<b>19</b>

# 1 Inleiding

## 1.1 Achtergrond

De JLD-Dijkstabilisator is een nieuwe dijkversterkingsmethode. Voor de ontwerpbaarheid en aantoonbaarheid van deze methode is een pilotproject in combinatie met praktijkproeven opgezet. De resultaten van het pilotproject en de praktijkproeven hebben als doel de (door)ontwikkeling van deze innovatie en het leveren van afdoende onderbouwing voor een ENW-acceptatie mogelijk te maken.

In een voorgaande fase zijn reeds diverse veldproeven uitgevoerd ten behoeve van de ontwikkeling en onderbouwing van de techniek. Deze veldproeven hebben antwoord gegeven op de meeste vragen rond deze innovatieve techniek maar niet alle vragen zijn hiermee beantwoord.



Na uitvoeren van de veldproeven is op basis van de postdictie een ontwerpmethode opgesteld voor de JLD-Dijkstabilisator. Het onderzoek uitgevoerd in de postdictie en de hierop gebaseerde

ontwerpmethoden zijn voorgelegd aan de ENW. De ENW heeft aangegeven dat het onderzoek en de ontwerpmethodes voldoende basis bieden voor verdere ontwikkelingen. Het ENW heeft hierbij wel enkele kennisvragen opgesteld die in de verdere doorontwikkeling beantwoord moeten worden.

In samenwerking met Waterschap Amstel, Gooi en Vecht is besloten een pilotproject uit te voeren. Als pilotproject is gekozen voor de dijkversterking van de Ringdijk te Watergraafsmeer in Amsterdam. Daarbij is een team van JLD Contracting, Antea Group en Deltares betrokken. De kennisvragen van ENW zijn bij aanvang van het pilotproject in Watergraafsmeer gecombineerd met kennisvragen die specifiek gelden voor de pilotlocatie en de dijkversterking van de Ringdijk. In het totaal betreft het negentien onderzoeksvragen die beantwoord worden op basis van het pilotproject en aanvullende veldproeven. Voor verder onderzoek en voor de beantwoording van de onderzoeksvragen worden de volgende proeven en het eerder genoemde pilotproject uitgevoerd en gemonitord:

- Voorspanproeven te Purmerend;
- Interactieproef Veen te Broek in Waterland;
- Pilotproject Ringdijk Watergraafsmeer.

## 1.2 Voorliggende rapportage

Het voorliggende rapport betreft de beantwoording van onderzoeksvraag 6 en het daaraan ten grondslag liggende onderzoek.

De oorspronkelijke onderzoeksvraag uit het plan van aanpak van de pilot JLD-Dijkstabilisator Ringdijk Watergraafsmeer is als volgt geformuleerd: Groepseffect wanneer ankers vanuit ontwerpbehoefte dicht op elkaar moeten worden geplaatst.

De onderzoeksvraag is op de volgende manier geïnterpreteerd: Wat zijn de groepseffecten wanneer JLD-Dijkstabilisatoren dicht op elkaar staan?

De onderzoeksvraag is onderverdeeld in vier deelvragen. De volgende deelvragen zijn benoemd:

1. Vanaf welke afstand treedt er onderlinge beïnvloeding op en hoe groot is deze beïnvloeding?
2. Wat is het groepseffect van de kopplaten?
3. Wat is het groepseffect van de LDE elementen?
4. Wat is het groepseffect van de klapankers?

## 1.3 Leeswijzer

In hoofdstuk 2 is de gehanteerde aanpak voor het beantwoorden van de onderzoeksvraag beschreven. In hoofdstuk 3 zijn de analytische methoden beschreven, die zijn verkregen op basis van literatuuronderzoek, waarmee het groepseffect kan worden berekend. In hoofdstuk 4 zijn nadere analyses naar de groepseffecten beschreven. In hoofdstuk 5 zijn ten slotte de conclusies gerapporteerd en is de onderzoeksvraag beantwoord.

## 2 Aanpak

Om de groepseffecten van de JLD-Dijkstabilisator te bepalen, is de onderlinge beïnvloeding van de losse elementen, waaruit de JLD-Dijkstabilisator is opgebouwd, beschouwd. In de analyse van de groepseffecten van de elementen van de JLD-Dijkstabilisator zijn de volgende elementen onderscheiden: de kopplaat, het LDE element en het klapanker. Van de losse elementen is door middel van een literatuurstudie bepaald hoe middels analytische methoden de groepseffecten bepaald kunnen worden. De groepseffecten die tot een grote reductie van de sterkte leiden of die niet eenduidig bepaald kunnen worden middels analytische methoden, zijn nader beschouwd met eindige elementen modellen (PLAXIS).

Bij het beantwoorden van onderzoeksvraag 8 is de volgende afbakening gehanteerd:

- Er is enkel gekeken naar geotechnische aspecten met betrekking tot de groepseffecten. Andere aspecten als ecologie en cultuurtechniek vallen buiten de scope;
- De groepseffecten zijn beoordeeld op basis van de sterkte. Vervormingen en zettingen zijn buiten beschouwing gelaten;
- Groepseffecten kunnen zowel positieve als negatieve invloed hebben op de sterkte. In deze onderzoeksvraag is de positieve invloed buiten beschouwing gelaten en is enkel gekeken naar de negatieve invloed. Deze aanpak leidt tot een conservatieve bepaling van de sterkte.

### 2.1 Literatuurstudie

Voor de literatuurstudie zijn de volgende bronnen geraadpleegd:

- Kopplaat: het toetsen van de draagkracht van de grond onder de kopplaat wordt uitgevoerd met twee methoden; enerzijds met de methode voor het berekenen van de draagkracht van een fundering op staal volgens NEN9997-1 (Nederlands Normalisatie-instituut, 2017) en anderzijds met een PLAXIS model. Bij beide methoden wordt de daarbij behorende veiligheidsbeschouwing gehanteerd (NEN9997-1 respectievelijk de waterwet en onderliggende documenten). De laagst berekende draagkracht is maatgevend voor het verdere ontwerp. Het toetsen van de draagkracht van de grond onder de kopplaat is behandeld in onderzoeksvraag 5 (Antea Group, 2019) en tevens nader uitgewerkt in de POV-M publicatie Vernagelingstechnieken (POV-Macrostabieleit, 2018).  
De analytische methode voor het bepalen van de draagkracht van de grond onder de kopplaat is de methode voor het bepalen van de draagkracht van een fundering op staal volgens NEN9997-1. In onderzoeksvraag 5 zijn meerdere analytische methoden met elkaar vergeleken. Uit deze vergelijking volgt dat de methode uit de NEN 9997-1 de meest praktische methode is die de meest realistische resultaten geeft. Deze methode maakt onderscheid tussen een poerfundering en een strokenfundering. Wanneer de kopplaten met een kleine onderlinge afstand van elkaar worden geplaatst benadert dit de strokenfundering. Bij een grotere onderlinge afstand werkt de kopplaat als een poerfundering.
- LDE: in het rapport 'invulling witte vlekken acceptatie dijkvernageling' die is opgesteld door Deltares naar aanleiding van de pilot met dijkvernageling bij Vianen (Deltares, november 2016) is een overzicht opgenomen van de analytische methode voor het bepalen van groepseffecten voor nagels. Op basis van dit overzicht kan een inschatting worden gemaakt van de groepseffecten van het LDE in axiale en laterale richting.
- Klapanker: in de CUR166 (CUR bouw en infra, 2012) zijn geen richtlijnen gegeven voor klapankers. Wel worden schroefankers behandeld en de groepseffecten die hierbij een

rol spelen. JLD Contracting heeft, in analogie met de CUR166, een rekensheet ontwikkeld waarin de groepseffecten van de schroefankers is toegepast voor de groepseffecten van de klapankers. De in de rekensheet gehanteerde werkwijze voor het verdisconteren van de groepseffect van de klapankers is geverifieerd.

## 2.2 Eindige elementen modellen (PLAXIS)

De groepseffecten die tot een grote reductie van de sterkte leiden of die niet eenduidig bepaald kunnen worden middels analytische methoden zijn nader beschouwd met eindige elementen modellen (PLAXIS). Om de 3D groepseffecten van deze elementen te bepalen zijn PLAXIS modellen opgezet. Op basis van een vergelijking tussen PLAXIS 2D modellen, een PLAXIS 3D slice model (waarbij de breedte van het model gelijk is aan de h.o.h. afstand tussen de elementen) en/of een fullscale PLAXIS 3D model (waarbij meerdere rijen elementen naast en/of boven elkaar geplaatst zijn).



## 3 Analytische bepaling groepseffecten

### 3.1 Kopplaat

De draagkracht van de grond onder een poer of een funderingsstrook dient ontworpen te worden aan de hand van de NEN9997-1. De NEN9997-1 maakt gebruik van de methode van Brinch-Hansen. De draagkracht van de grond onder de kopplaat kan eveneens worden bepaald met deze methode (zie onderzoeksvraag 5 voor een verdere onderbouwing).

Voor het toetsen van de draagkracht van de grond onder de kopplaat volgens de methode voor funderingen op staal uit de NEN 9997-1 gelden de volgende uitgangspunten:

- Draagkracht bij een horizontaal maaiveld;
- Een loodrechte belasting;
- Materiaalfactoren conform NEN 9997-1.

Voor het ongedraineerde bezwijkcriterium van de grond onder de kopplaat geldt:

$$R_{kopplaat;d} = A \cdot p_{u;kopplaat} \quad (3.1)$$

$$p_{u;kopplaat} = c_{u;d} \cdot (\pi + 2) \cdot s_{c;kopplaat} \quad (3.2)$$

$$s_{c;kopplaat} = 1 + 0,2 \cdot \frac{B}{L} \quad (3.3)$$

waarin:

$R_{kopplaat;d}$	rekenwaarde draagkracht grond onder de kopplaat [kN]
A	oppervlakte onder de kopplaat [m <sup>2</sup> ]
$p_{u;kopplaat}$	draagvermogen ondergrond, ongedraineerde situatie [kN/m <sup>2</sup> ]
$c_{u;d}$	rekenwaarde ongedraineerde schuifsterkte [kN/m <sup>2</sup> ]
$s_{c;kopplaat}$	vormfactor voor de kopplaat [-]
B, L	afmetingen kopplaat [m]

Voor het gedraineerde bezwijkcriterium van de grond onder de kopplaat geldt:

$$R_{kopplaat;d} = A \cdot \sigma_{max;d} \quad (3.4)$$

$$\sigma_{max;d} = c'_{gem;d} \cdot N_c \cdot s_c \cdot b_c \cdot i_c + \sigma_{v;z;d} \cdot N_q \cdot s_q \cdot b_q \cdot i_q + 0,5 \cdot \gamma_{gem;d} \cdot b' \cdot N_\gamma \cdot s_\gamma \cdot b_\gamma \cdot i_\gamma \quad (3.5)$$

waarin:

$R_{kopplaat;d}$	rekenwaarde draagkracht grond onder de kopplaat [kN]
A	oppervlakte onder de kopplaat [m <sup>2</sup> ]
$\sigma_{max;d}$	rekenwaarde van de funderingsdruk op het effectieve funderingsoppervlak [kPa]
$c'_{gem;d}$	rekenwaarde van de gewogen effectieve cohesie [kPa]
$N_c$	draagkrachtfactor voor de invloed van de cohesie [-]
$s_c$	vormfactor voor de invloed van de cohesie [-]
$b_c$	de reductiefactor voor de invloed van de cohesie ten gevolge van de hellende onderkant van de fundering [-]. Bij een recht maaiveld en een loodrechte belasting geldt: $b_c = 1,0$ .
$i_c$	de reductiefactor voor de invloed van de cohesie ten gevolge van de helling van de belastingen [-]. Bij een recht maaiveld en een loodrechte belasting geldt: $i_c = 1,0$ .

$\sigma_{v,z;d}$	De rekenwaarde van de effectieve verticale spanning van de gronddekking op het aanlegniveau. [kPa]
$N_q$	draagkrachtfactor voor de invloed van de gronddekking [-]
$S_q$	vormfactor voor de invloed van de gronddekking [-]
$b_q$	de reductiefactor voor de invloed van de gronddekking ten gevolge van de hellende onderkant van de fundering [-]. Bij een recht maaiveld en een loodrechte belasting geldt: $b_q = 1,0$ .
$i_q$	de reductiefactor voor de invloed van de gronddekking ten gevolge van de helling van de belastingen [-]. Bij een recht maaiveld en een loodrechte belasting geldt: $i_q = 1,0$ .
$\gamma_{gem;d}$	de rekenwaarde van het gewogen effectieve volumiek gewicht van de grond onder het aanlegniveau [kN/m <sup>3</sup> ]
$b'$	de breedte van het effectieve funderingsoppervlak [m]
$N_y$	draagkrachtfactor voor de invloed van het effectieve [-]
$S_y$	vormfactor voor de invloed van de gronddekking [-]
$b_y$	de reductiefactor voor de invloed van de gronddekking ten gevolge van de hellende onderkant van de fundering [-]. Bij een recht maaiveld en een loodrechte belasting geldt: $b_y = 1,0$ .
$i_y$	de reductiefactor voor de invloed van de gronddekking ten gevolge van de helling van de belastingen [-]. Bij een recht maaiveld en een loodrechte belasting geldt: $i_y = 1,0$ .

Het draagvermogen van de grond onder het funderingselement kan met de bovenstaande methode worden bepaald bij recht maaiveld en een loodrechte belasting. Met de methode uit de NEN 9997-1 kan tevens kan het draagvermogen worden bepaald bij een belasting onder een hoek of een funderingselement naast een talud. In onderzoeksvraag 5 zijn deze uitbreidingen beschouwd en is geconstateerd dat uitbreiding van de methode de nauwkeurigheid van het bepalen van de draagkracht van de grond onder de kopplaat niet ten goede komt.

Voor het gedraineerde draagvermogen van de grond onder de kopplaat zijn de resultaten van een poerfundering vergeleken met de resultaten van een strookfundering in Tabel 3-1. Hierbij is het draagvermogen berekend voor twee van de voorbeelden zoals toegelicht in onderzoeksvraag 5 (los zand en klei, matig vast, talud van 1:3, waterstand 0,3 meter onder het maaiveld). Uit deze berekeningen volgt een klein verschil in draagkracht per strekkende meter tussen de poer- en strookfundering. De draagkracht van de grond is sterk afhankelijk van de dimensies en uitgangspunten. In deze methode is een groepseffect meegenomen in de orde van 5 tot 20% (reductiefactor van 0,80).

Tabel 3-1 Resultaten analytische berekening voor een poer en een strookfundering

Type berekening	Grondsoort	Draagkracht grond onder de kopplaat [kN/m <sup>1</sup> ]
Analytisch – NEN9997-1 – poer	Zand los	225
Analytisch – NEN9997-1 – strook	Zand los	214
Analytisch – NEN9997-1 – poer	Klei, matig vast	130
Analytisch – NEN9997-1 – strook	Klei, matig vast	103

In de berekening van het ongedraineerde draagvermogen van de grond onder de fundering is een vormfactor ( $s_c$ ) opgenomen, die de invloed van het funderingselement op de fundering verdisconteert (zie formule (3.3)). Wanneer de fundering wordt beschouwd als een strokenfundering is de lengte van de fundering oneindig groot in verhouding tot de breedte. De verhouding B/L gaat dan naar nul, waarbij  $s_c$  gelijk is aan 1. Bij een poerfundering is de



verhouding tussen B/L voor de kopplaat maximaal gelijk aan 1, waarbij  $s_c$  gelijk is aan 1,2. De reductie voor het groepseffect voor de draagkracht van de grond onder de kopplaat is hiermee minimaal gelijk aan 0,83.

Voor het groepseffect in de dwarsrichting van de dijk, in het geval er meerdere rijen boven elkaar geplaatst worden zoals ook het geval is bij de Watergraafsmeer, is geen analytische oplossing beschikbaar.

## 3.2 LDE

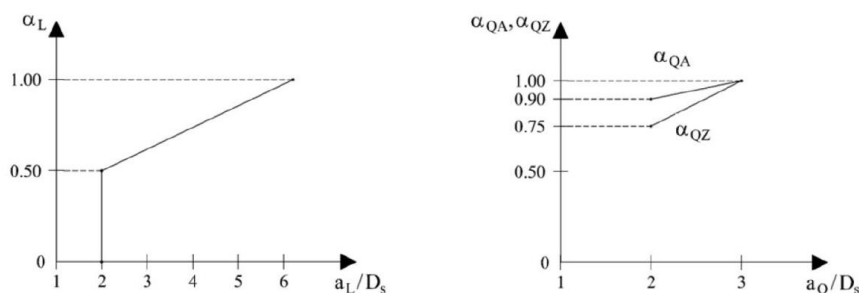
Voor de acceptatie van de dijkversterkingstechniek dijkvernageling is een rapport opgesteld waarin ook groepswerking van dijknagels wordt behandeld. Het betreft het rapport: *“Invulling witte vlekken acceptatie dijkvernageling”, Deltares kenmerk 1209112-001, d.d. november 2016.*

In bijlage D van dit rapport wordt ingegaan op een aantal theorieën van groepseffecten van palen die gebruikt kunnen worden voor de groepseffecten van nagels. Hierbij wordt onderscheid gemaakt tussen lateraal (horizontaal) belaste palen en axiaal belaste palen. Ook voor de JLD-Dijkstabilisator kan eenzelfde benadering worden gevolgd voor het LDE element.

### 3.2.1 Laterale belasting

Voor de groepseffecten van een lateraal belaste paal zijn theorieën beschikbaar van de DIN 1054 en de methode van Reese en Van Impe. Uit de DIN 1054 blijkt dat bij grotere h.o.h. afstanden dan 3 keer de diameter van de palen (3D) voor palen in de lengterichting van de dijk en 6D voor palen dwarsrichting van de dijk geen groepseffecten optreden. In Figuur 3-1 zijn een tweetal figuren overgenomen uit de DIN 1054 met daarin de reductiefactoren. Wanneer de theorie van Reese en Van Impe wordt gevolgd zijn deze afstanden 4D en 7D.

Vanuit het witte vlekken rapport wordt aanbevolen om uit te gaan van de theorie van de DIN 1054. Voor de JLD-Dijkstabilisator wordt bij deze aanbeveling aangesloten.



Figuur 3-1 Reductie factoren  $\alpha_L$ ,  $\alpha_{QZ}$  en  $\alpha_{QA}$  volgens DIN 1054

Door de afmeting van de kopplaten (momenteel 0,9 x 1,0 meter) en om de groepseffecten niet tot een te grote sterktereductie te laten leiden wordt de JLD-Dijkstabilisator toegepast met een minimale h.o.h. afstand van 1,0 meter. Met een equivalente diameter van 0,245 meter (de breedte van de bovenkant) van het LDE element is de minimale onderlinge afstand gelijk aan 4D. Hiermee is de afstand tussen de LDE elementen in de lengterichting groter dan de afstand waarbinnen groepseffecten optreden. De minimale reductiefactor voor de groepseffecten in de dwarsrichting van de dijk voor het LDE element onder laterale belasting gelijk is aan 0,75 ( $\alpha_L \times \alpha_{QZ} = 0,75 \times 1,0$ ).

Bij een h.o.h. afstand van 1,5 meter is de onderlinge afstand gelijk aan 6D en is de reductiefactor gelijk aan 1,00. Er is dan volgens deze methode geen groepseffect meer. Samenvattend kunnen de volgende conclusies worden getrokken over het toepassen van deze analytische methode voor de groepseffecten van de LDE's:

- Bij toepassen van de JLD-Dijkstabilisatoren met de minimale h.o.h. afstand van 1,0 meter is er een reductie van 25% op de sterkte;
- Bij toepassen van de JLD-Dijkstabilisatoren met een h.o.h. afstand van 1,5 meter of groter is er geen reductie op de sterkte.

### 3.2.2 Axiale belasting

In het rapport *“Invulling witte vlekken acceptatie dijkvernageling”* zijn twee methodes beschreven om het groepseffect in axiale richting voor de schachtweerstand te bepalen:

- Moderne Funderingstechnieken (van Weele, 1983) beschrijft een methode om ankers te ontwerpen. Nadeel van deze methode is dat deze alleen toepasbaar is voor een enkele ankerrij, terwijl er in de praktijk vaak meerdere anker-/nagelrijen worden geplaatst. Bovendien toetst deze methode alleen op het kluitcriterium en niet op het slipcriterium.
- NEN 9997-1 art. 7.6.3.3 (c) geeft een analytische methode om de invloed van groepseffect mee te nemen, zie formules (3.6) t/m (3.8). Voor groepseffecten is hierin onderscheid gemaakt in het effect van verdichting ( $f_1$ , werkt positief) en het effect van de afname van korrelspanning ( $f_2$ , werkt negatief). In geval van cohesieve grond zijn beide factoren gelijk aan 1,0 en is er dus geen invloed van groepseffecten.

De axiale schachtweerstand van het LDE kan analytisch worden bepaald met de methode voor het bepalen van de schachtweerstand van een paal volgens de NEN 9997-1 (art. 7.6.3.3 (c)). De axiale schachtweerstand kan worden berekend met de onderstaande formules:

$$R_{t;d} = \int_0^L O_{s;gem} q_{s;d} \quad (3.6)$$

$$q_{s;d} = f_1 \cdot f_2 \cdot \alpha_t \cdot q_{c;z;d} \quad (3.7)$$

$$q_{c;z;d} = \frac{q_{c;z;a}}{\gamma_{s;t} \cdot \xi} \quad (3.8)$$

waarin:

$R_{t;d}$	rekenwaarde van de schuifweerstand langs het LDE [kN]
$L$	lengte van het LDE [m]
$O_{s;gem}$	de gemiddelde omtrek van het LDE [m]
$q_{s;d}$	de rekenwaarde van de schachtwrijving [kN/m <sup>2</sup> ]
$f_1$	factor voor het effect van verdichting van de nagelgroep [-]. De factor $f_1$ geldt voor zanden bij grondverdringende palen. Voor cohesieve grond moet $f_1 = 1,0$ worden aangehouden.
$f_2$	factor voor de afname van korrelspanning in zandlagen waaraan de nagel zijn trekweerstand ontleent, door het belasten van de nagelgroep [-]. De factor $f_2$ geldt voor zanden. Voor cohesieve grond moet $f_2 = 1,0$ worden aangehouden.
$\alpha_t$	schachtwrijvingsfactor [-]
$q_{c;z;d}$	rekenwaarde van de conusweerstand op diepte $z$ [kN/m <sup>2</sup> ]
$q_{c;z;a}$	de afgesnoten conusweerstand op diepte $z$ beneden maaiveld, gecorrigeerd voor effectieve spanning bij maatgevend hoogwater [kN/m <sup>2</sup> ]
$\gamma_{s;t}$	partiële weerstandsfactor voor schachtweerstand [-]
$\xi$	correlatiefactor afhankelijk van het aantal controleproeven [-]

De JLD-Dijkstabilisator zal enkel in cohesieve ondergrond toegepast worden. In cohesieve gronden treedt bezwijken op axiale schachtweerstand enkel op binnen een zeer kleine afstand van het LDE (binnen maximaal 1 maal de diameter). De minimale h.o.h. afstand waarmee JLD-Dijkstabilisatoren toegepast kunnen worden is 1 meter. Met een (equivalente) diameter van het LDE van 0,245 meter (bovenbreedte LDE element) is het optreden van groepswerking daarmee onwaarschijnlijk. Een exacte methode om het groepseffect voor axiale schachtwrijving te bepalen is niet bekend. Dit is derhalve ook opgenomen als witte vlek in Bijlage 1 van de POV-M publicatie Vernagelingstechnieken.

### 3.3 Klapankers

De methode voor het bepalen van de houdkracht van het klapanker is ontleend aan de houdkracht van een schroefanker volgens de CUR 166 (par. 4.9.3, deel 2). Deze methode is opgenomen in de rekensheet van JLD Contracting heeft opgesteld voor het ontwerp van klapankers.

Voor verankering in de zandlaag geldt de volgende empirische relatie:

$$R_{a;min} = 0,4 \cdot A \cdot q_c \quad (3.9)$$

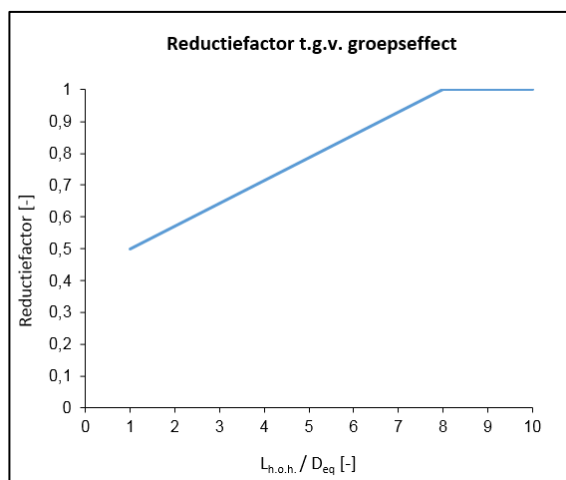
$$R_{a;k} = \frac{R_{a;min}}{\xi} \quad (3.10)$$

$$R_{a;d} = \frac{R_{a;k}}{\gamma_a} \cdot \alpha_{groep} \quad (3.11)$$

waarin:

$R_{a;min}$	een indicatie van de minimum houdkracht [kN]
$R_{a;k}$	karacteristieke houdkracht van het klapanker [kN]
$R_{a;d}$	rekenwaarde houdkracht van het klapanker [kN]
$A$	oppervlakte van het klapanker [m <sup>2</sup> ]
$q_c$	gemiddelde conusweerstand in het invloedsgebied, gecorrigeerd voor effectieve spanning bij maatgevend hoogwater [kN/m <sup>2</sup> ]
$\xi$	correlatiefactor afhankelijk van het aantal controleproeven [-]
$\gamma_a$	partiële materiaalfactor [-]
$\alpha_{groep}$	groepseffect-factor [-]

In paragraaf 4.9.3 van de CUR 166 is eveneens beschreven hoe rekening gehouden kan worden met groepseffecten door het toepassen van een reductie op de houdkracht. Wanneer de h.o.h. afstand van de ankers kleiner is dan 8 x de equivalente diameter dient een reductie op de houdkracht plaats te vinden. Bij een onderlinge afstand van de ankers gelijk aan de equivalente diameter (1D) is de reductiefactor 0,5. Van 1D tot 8D dient er geïnterpoleerd te worden tussen 0,5 en 1,0 (zie Figuur 3-2). In de rekensheet van JLD Contracting worden de houdkracht en de reductiefactor voor het groepseffect op de juiste wijze berekend.



Figuur 3-2 Reductiefactor klapanker afhankelijk van de h.o.h. afstand

In de CUR 166 en de rekensheet van JLD Contracting is het uitgangspunt dat de schroef- en klapankers enkel in een rij worden geplaatst en niet ook boven elkaar zoals wel het geval kan zijn bij de JLD-Dijkstabilisator. Er is dan ook geen analytische methode die is gericht op het groepseffect van schroefankers die boven elkaar worden geplaatst in de dwarsrichting van de dijk. Als analytische oplossing om het groepseffect van de klapankers in zowel de lengterichting als de dwarsrichting van de dijk mee te nemen kunnen beide reducties voor de groepseffecten worden berekend met de methode zoals opgenomen in de CUR 166. De totale reductie voor de groepseffecten is dan het product van de reductie in dwarsrichting en de reductie in lengterichting. De reductie voor de groepseffecten ligt hierdoor tussen de 0,25 en de 1. Met het product van de reductiefactoren wordt, naar verwachting, een zeer conservatieve houdkracht berekend.

In de Watergraafsmeer is klapanker JLD 2.6 toegepast. Dit klapanker heeft een breedte van 0,4 meter, een lengte van 0,445 meter en een equivalente diameter van 0,447 meter. Door de afmeting van de kopplaten (momenteel 0,9 x 1,0 meter) en om de groepseffecten niet tot een te grote sterkereductie te laten leiden, wordt de JLD-Dijkstabilisator toegepast met een minimale h.o.h. afstand van 1,0 meter. De klapankers zullen in de dwarsrichting op grotere afstand van elkaar zitten, maar voor deze beschouwing is uitgegaan van een h.o.h. afstand van 1,0 meter in zowel de dwars- als de lengterichting van de dijk. De reductie is dan minimaal gelijk aan 0,59. Het totale groepseffect op de klapankers is gelijk aan het product van beide reductiefactoren en is gelijk aan 0,35.

### Waaieren klapankers

Een optimalisatie die toegepast kan worden om de groepseffecten te verkleinen en dus de reductiefactor te vergroten is om de hoek waarin de JLD-Dijkstabilisatoren worden geplaatst te variëren, dit wordt ook wel het waaieren van de ankers genoemd. Bij het verankeren van damwanden wordt dit ook regelmatig toegepast om de houdkracht te optimaliseren.

Om de invloed van het waaieren van de klapankers te bepalen is een gevoeligheidsberekening uitgevoerd waarbij de houdkracht is bepaald voor klapankers die zijn geplaatst in één rij voor de situatie in Watergraafsmeer. Er is gebruik gemaakt van het type klapanker JLD 2.4. Eén klapanker wordt geplaatst onder een hoek van 45° en een tweede klapanker onder een flauwere hoek. Het derde klapanker wordt dan weer onder 45° geplaatst en het vierde anker wederom onder dezelfde hoek als anker twee. Het voetniveau van de ankervoet is gelijk gehouden. Dit betekent dat de trekstang langer wordt bij gebruik van de flauwere hoek. In Tabel 3-2 is een overzicht van

de reductiefactoren weergegeven, wanneer één klapanker vast onder 45° wordt geplaatst en een tweede klapanker onder 40° of 35°.

Tabel 3-2: Overzicht reductiefactoren bij waaieren van de klapankers

h.o.h. afstand [m]	zonder waaieren klapankers		met waaieren klapankers			
	45 [°]	L <sub>trekstang</sub> [m]	40 [°]	L <sub>trekstang</sub> [m]	35 [°]	L <sub>trekstang</sub> [m]
1,0	0,64	11,0	0,79	12,0	1,00	13,5
1,5	0,74	11,0	0,85	12,0	1,00	13,5
2,0	0,84	11,0	0,93	12,0	1,00	13,5
2,5	0,95	11,0	1,00	12,0	1,00	13,5
3,0	1,00	11,0	1,00	12,0	1,00	13,5

Uit de gevoeligheidsberekeningen blijkt dat bij een combinatie van 45° en 35° altijd met de volledige houdkracht mag worden gerekend.

Ook bij toepassen van twee of meer rijen in de dwarsrichting van de dijk kunnen de hoeken waarin de JLD-Dijkstabilisatoren worden geplaatst dusdanig worden gevarieerd dat de reductie beperkt is of zodat er geen reductie toegepast hoeft te worden voor de groepseffecten van de klapankers.

### 3.4 Conclusies analytische methoden

De groepseffecten die tot een grote reductie van de sterkte leiden of die niet eenduidig bepaald kunnen worden middels analytische methoden, zijn nader beschouwd met eindige elementen modellen (PLAXIS). In Tabel 3-3 is een overzicht gegeven per element van de JLD-Dijkstabilisator, met hierin de beschikbaarheid van een analytische methode ter bepaling van het groepseffect en, indien beschikbaar, de orde grootte van de reductie.

Tabel 3-3 Overzicht beschikbare analytische methoden en orde grootte van de reductiefactoren

Element JLD-Dijkstabilisator	Onderdeel	Analytisch methode beschikbaar voor groepseffect	Orde grootte van de reductie bepaald met de analytische methode
Kopplaat	Langsrichting van de dijk	Ja	Matige reductie – reductiefactor minimaal 0,80
	Dwarsrichting van de dijk	Nee	-
LDE	Lateraal	Ja	Matige reductie – reductiefactor minimaal 0,75
	Axiaal	Ja	Geen reductie in cohesieve grond
Klapanker	Langsrichting van de dijk	Ja	Relatief grote reductie – reductiefactor minimaal 0,59
	Dwarsrichting van de dijk	Methode langsrichting toegepast op dwarsrichting	Relatief grote reductie – reductiefactor minimaal 0,59

## 4 Eindige elementen modellen (PLAXIS)

In Tabel 3-3 is een overzicht gegeven van de beschikbare analytische methoden voor het bepalen van de groepseffecten en de reducties per element van de JLD-Dijkstabilisator. Enkel voor het groepseffect van de axiale belasting van het LDE is geen reductie benodigd (in cohesieve grond). Daarnaast kan dit mechanisme niet worden geanalyseerd met PLAXIS omdat de schachtweerstand een invoerwaarde is voor de *embedded beam row* waarmee het LDE element wordt gemodelleerd. De schachtweerstand wordt dus door de gebruiker bepaald en geldt als bovengrenswaarde in de modellering.

Om de groepseffecten van de andere elementen te bepalen zijn er gevoeligheidsberekeningen uitgevoerd in PLAXIS.

### 4.1 Kopplaat

#### 4.1.1 Lengterichting van de dijk

In de analytische methode uit de NEN 9997-1, zoals opgenomen in paragraaf 3.1, is rekening gehouden met groepseffecten. Dit is gedaan door onderscheid te maken tussen een poer en een strokenfundering, door gebruik van de vormfactor en door het meenemen van de oppervlakte. In onderzoeksvraag 5 zijn vergelijkingen gemaakt tussen analytische berekeningen, volgens de methode Brinch-Hansen uit de NEN9997-1, en PLAXIS 2D en 3D berekeningen. Hieruit volgt dat de draagkracht van individuele kopplaten groter is dan van een strook. Dit blijkt zowel uit de analytische berekeningen als uit de PLAXIS berekeningen. Er is dus sprake van een groepseffect in de langsrichting van de dijk. Het omslagpunt van een poer naar een strokenfundering is niet gespecificeerd in de NEN 9997-1. In onderzoeksvraag 5 is gevonden dat dit omslagpunt rond een h.o.h. afstand ligt van 2 meter. Het uitgaan van een strokenfundering voor het bepalen van de draagkracht van de grond onder de kopplaat, en dus rekening houden met een groepseffect in de langsrichting van de dijk, is een conservatieve benadering. Voor grotere h.o.h. afstanden (>2 meter) is geconcludeerd dat de draagkracht berekend dient te worden als een poer, waarbij de vormfactoren nog afdoende conservatief zijn.

Ter controle van de berekeningen die zijn uitgevoerd voor onderzoeksvraag 5 zijn enkele aanvullende gevoeligheidsberekeningen uitgevoerd. In een PLAXIS 3D slice model is de h.o.h. afstand tussen de kopplaten gevarieerd. De h.o.h. afstand is gevarieerd van 1 meter tot 8 meter. In Tabel 4-1 zijn de resultaten van de gevoeligheidsberekeningen weergegeven. De resultaten bevestigen dat het groepseffect invloed heeft op de sterkte tot een h.o.h. afstand tussen de 2 en 3 meter. Het groepseffect is maximaal bij een h.o.h. afstand van 1 meter en leidt dan tot een sterkerreductie van 42,5%.

Tabel 4-1 Draagkracht grond onder de kopplaat o.b.v. PLAXIS 3D slice model

h.o.h. afstand [m]	Draagkracht grond onder de kopplaat [kN]
1	131
2	218
3	228
4	228



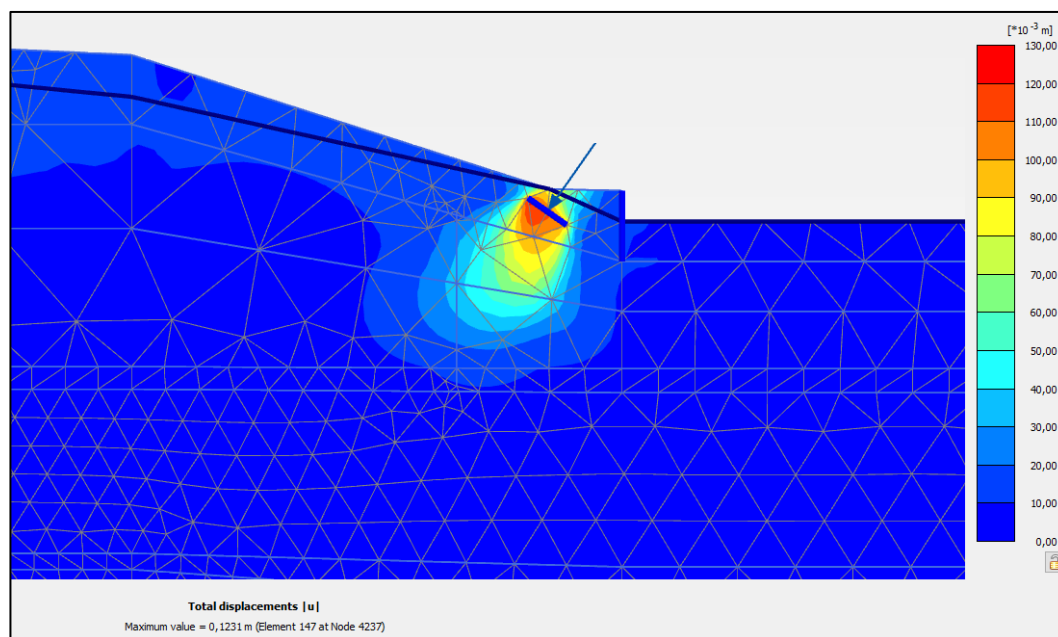
h.o.h. afstand [m]	Draagkracht grond onder de kopplaat [kN]
6	228
8	228

#### 4.1.2 Dwarsrichting van de dijk

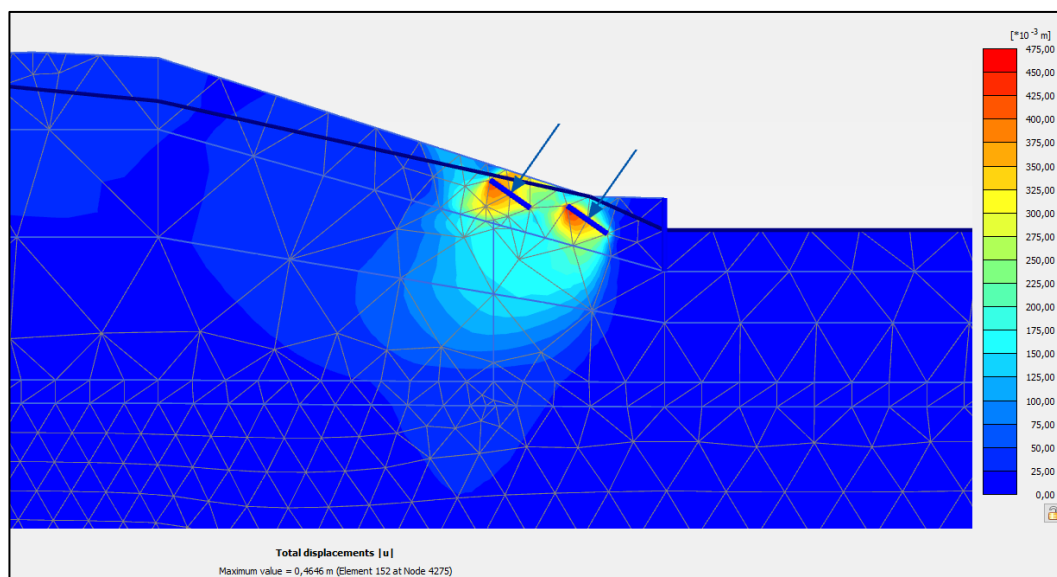
Als onderdeel van het DO van Watergraafsmeer zijn PLAXIS 2D berekeningen uitgevoerd ter bepaling van de draagkracht van de grond onder de kopplaten. Hieruit volgt dat er geen verschil is tussen de draagkracht van de grond onder de kopplaat bij één kopplaat in de dwarsrichting of bij twee kopplaten in de dwarsrichting. In Tabel 4-2 zijn de resultaten weergegeven en in Figuur 4-1 en Figuur 4-2 zijn de bezwijkvlakken bij respectievelijk één rij kopplaten en twee rijen kopplaten weergegeven. Omdat het een berekening in PLAXIS 2D betreft is de kopplaat in de lengterichting gemodelleerd als een doorlopende strook.

Tabel 4-2 Rekenwaarden van de draagkracht van de grond onder de kopplaat

Methode	Rekenwaarde draagkracht [kN/m <sup>2</sup> ]
PLAXIS 2D - 1 rij kopplaten	100
PLAXIS 2D - 2 rijen kopplaten	100



Figuur 4-1: Resultaten PLAXIS berekening draagkracht grond onder de kopplaat, incrementele verplaatsingen



*Figuur 4-2: Resultaten PLAXIS berekening draagkracht grond onder de kopplaat, 2 rijen kopplaten, incrementele verplaatsingen*

Het uitvoeren van PLAXIS 2D berekeningen ter bepaling van de draagkracht van de grond onder de kopplaat is standaard onderdeel van de ontwerpmethode (zie POV-M publicatie Vernagelingstechnieken). Indien meerdere rijen JLD-Dijkstabilisatoren (en dus kopplaten) boven elkaar worden geplaatst wordt de draagkracht in de dwarsrichting getoetst in PLAXIS 2D.

Het groepseffect van de kopplaten in de dwarsrichting van de dijk is onderzocht bij een h.o.h. afstand van 1,4 m. Hieruit volgt dat er bij deze h.o.h. afstand geen reductie optreedt van de draagkracht van de grond onder de kopplaat. Uit de analytische berekeningen is gebleken dat het verschil tussen een strookfundering en een poer zeer beperkt is. De Plaxis analyse wijst uit dat, wanneer er wordt gekeken naar het draagvermogen van meerdere stroken naast elkaar, het verschil ten opzichte van een enkele strook ook beperkt is.

## 4.2 LDE

Het groepseffect bij een laterale belasting van het LDE is impliciet onderdeel van de modellering in PLAXIS 2D en 3D. Omdat PLAXIS 2D en 3D standaard worden toegepast voor het ontwerp van de JLD-Dijkstabilisator, en dus ook voor het modelleren van het LDE element, is het meenemen van het groepseffect in het ontwerp geborgd.

## 4.3 Klapankers

Op basis van de analytische methode kan het groepseffect op het klapanker oplopen tot een reductie van 64% van de houdkracht. Deze reductie is dusdanig hoog dat er gevoeligheidsberekeningen zijn uitgevoerd met PLAXIS 2D en 3D om de groepseffecten te kwantificeren. Bij de analytische methode is de methode uit CUR166 voor de langsricting eveneens toegepast op de dwarsrichting van de dijk. In de paragrafen hieronder zijn beide richtingen apart beschouwd.

### 4.3.1 Lengterichting van de dijk

Om de invloed van het groepseffect van de klapankers in de lengterichting van de dijk te bepalen zijn een aantal gevoeligheidsberekeningen uitgevoerd. De gevoeligheidsberekeningen zijn uitgevoerd in een PLAXIS 3D slice model met een klapanker type JLD 2.6. In dit model is de h.o.h. afstand geleidelijk vergroot van 1 meter naar 8 meter om te kunnen bepalen tot welke afstand van het klapanker er een groepseffect is in de lengterichting van de dijk. In het model is een mesh verfijning gebruikt in een vierkant rond het klapanker (plate element in PLAXIS). Door deze mesh verfijning is een hogere betrouwbaarheid behaald in de berekende houtkracht, waarbij de rekentijden nog enigszins behapbaar zijn. In Tabel 4-3 zijn de resultaten van de gevoeligheidsberekeningen weergegeven.

Tabel 4-3 Houdkracht klapanker o.b.v. PLAXIS 3D slice model

h.o.h. afstand [m]	Houdkracht klapanker [kN]	Mesh	Vervorming [m]
1	110	verfijningsfactor rond klapanker 0,25 – algemene meshfijnheid model: fine	0,023
	115	verfijningsfactor rond klapanker 0,15 – algemene meshfijnheid model: fine	0,043
	120	verfijningsfactor rond klapanker 0,03 – algemene meshfijnheid model: medium	0,08
2	185	verfijningsfactor rond klapanker 0,25 – algemene meshfijnheid model: fine	0,08
4	232	verfijningsfactor rond klapanker 0,05 – algemene meshfijnheid model: medium	0,23
	386	verfijningsfactor rond klapanker 0,25 – algemene meshfijnheid model: fine	0,37
8	386	verfijningsfactor rond klapanker 0,25 – algemene meshfijnheid model: fine	0,20

De resultaten van de gevoeligheidsberekeningen laten zien dat er een relatie is tussen de h.o.h. afstand en de houtkracht, deze relatie is echter niet geheel eenduidig. De resultaten zijn sterk afhankelijk van de gekozen meshfijnheid en de vervormingen bij falen (in dit geval het moment dat de modelberekening stopt). Uit deze resultaten blijkt dat het groepseffect van de klapankers invloed heeft op de houdkracht van het klapanker tot een afstand van circa 4 tot 8D in de lengterichting van de dijk. De analytisch berekende houtkracht van klapanker JLD 2.6 voor een situatie die overeenkomt met de schematisatie zoals toegepast in de PLAXIS-modellen is gelijk aan 627 kN zonder groepseffecten. Deze houtkracht is een stuk hoger dan de houtkracht berekend met PLAXIS 3D voor de h.o.h. afstand waarbij geen groepseffecten meer lijken op te treden (houtkracht van 386 kN bij een h.o.h. afstand van 8 meter).

### 4.3.2 Dwarsrichting van de dijk

Om de invloed van het groepseffect van de klapankers in de dwarsrichting van de dijk te bepalen zijn er eveneens gevoeligheidsberekeningen uitgevoerd. De gevoeligheidsberekeningen zijn uitgevoerd in een PLAXIS 3D slice model met een klapanker type JLD 2.6. Dit model heeft een breedte van 4 meter (h.o.h. afstand waarbij naar verwachting geen groepseffect meer optreden in de lengterichting van de dijk). In dit model is de h.o.h. afstand in de dwarsrichting geleidelijk vergroot van 1 meter naar 4 meter om te kunnen bepalen tot welke afstand van het klapanker er een groepseffect is in de dwarsrichting van de dijk.

De resultaten van de berekeningen geven een constante waarde voor de berekende houtkracht (constante houtkracht van 386 kN). Dit zou betekenen dat er geen groepseffect is in de dwarsrichting van de dijk. Omdat de methode gehanteerd voor het bepalen van het groepseffect in dwarsrichting vergelijkbaar is aan de methode voor de lengterichting en de resultaten sterk verschillen is er nog onvoldoende vertrouwen in de resultaten. Voorlopig zal in het ontwerp uitgegaan dienen te worden van de analytisch berekende houtkracht in combinatie met de analytisch berekende groepseffecten. Voor het totale groepseffect dient dus nog uitgegaan te worden van het product van de groepseffecten in de lengterichting en dwarsrichting.

## 5 Conclusies en beantwoording onderzoeksvraag

De JLD-Dijkstabilisatoren worden op korte afstand van elkaar geplaatst. Hierdoor beïnvloeden de JLD-Dijkstabilisatoren elkaar. De mate waarin de JLD-Dijkstabilisatoren elkaar beïnvloeden is beantwoord in deze rapportage.

In deze onderzoeksvraag is, per element waaruit de JLD-Dijkstabilisator is opgebouwd, onderzocht wat de onderlinge beïnvloeding is, ofwel het groepseffect. Het groepseffect kan leiden tot een reductie van de sterkte waar rekening mee gehouden dient te worden in het ontwerp.

De hoofdvraag van deze onderzoeksvraag luidt: Wat zijn de groepseffecten wanneer JLD-Dijkstabilisatoren dicht op elkaar staan?

De onderzoeksvraag is onderverdeeld in vier deelvragen. De volgende deelvragen zijn benoemd:

1. Vanaf welke afstand treedt er onderlinge beïnvloeding op en hoe groot is deze beïnvloeding?
2. Wat is het groepseffect van de kopplaten?
3. Wat is het groepseffect van de LDE elementen?
4. Wat is het groepseffect van de klapankers?

Voor de beantwoording van deze vragen zijn twee methoden gebruikt. Ten eerste is op basis van een literatuurstudie een analytische methode bepaald waarmee het groepseffect en dus de reductie van de sterkte kan worden berekend. Ten tweede is het groepseffect middels een Eindige Elementen Model (EEM), PLAXIS 2D en/of PLAXIS 3D, bepaald.

### **Vanaf welke afstand treedt er onderlinge beïnvloeding op? (deelvraag 1)**

De groepseffecten leiden, door onderlinge beïnvloeding van de elementen, tot een sterkerreductie in de grond. De reductie door de groepseffecten is afhankelijk van de dimensies van de elementen en van de afstanden die de elementen tot elkaar hebben in het ontwerp. De reductie is dus geen vaste waarde. In Tabel 5-1, Tabel 5-2 en Tabel 5-3 is per element en per richting in de tweede kolom aangeven tot welke afstand er groepseffecten zijn en hoe de groepseffecten meegenomen dienen te worden in het ontwerp.

### **Wat is het groepseffect? (deelvragen 2, 3 en 4)**

Uit de analytische berekeningen en de PLAXIS berekeningen volgt dat de groepseffecten op de elementen van de JLD-Dijkstabilisator relatief groot kunnen zijn. Het maximale groepseffect is per onderdeel en per deelvraag opgenomen in respectievelijk Tabel 5-1, Tabel 5-2 en Tabel 5-3.

Tabel 5-1 Conclusie groepseffecten **kopplaat** (deelvragen 1 en 2)

Onderdeel	Afstand groepseffect (deelvraag 1)	Methode verdisconteren groepseffect in ontwerp	Maximale reductie door groepseffect <sup>1</sup>
Langsrichting van de dijk	Tot 3D	In het ontwerp dient zowel een analytische berekening uitgevoerd te worden (volgens NEN 9997-1) als een PLAXIS 2D berekening. De maatgevende draagkracht is leidend voor het verdere ontwerp. De reductie voor het groepseffect wordt in de analytische berekening meegenomen door uit te gaan	Analytisch: 0,80 EEM: 0,57

Onderdeel	Afstand groepseffect (deelvraag 1)	Methode verdisconteren groepseffect in ontwerp	Maximale reductie door groepseffect <sup>1</sup>
		van een strookfundering tot een h.o.h. afstand van 2 meter. Bij h.o.h. afstanden van meer dan 2 meter kan in de analytische berekening worden uitgegaan van een poerfundering. Bij een niet rechtlijnig stramien dient het ontwerp gecontroleerd te worden met PLAXIS 3D berekeningen	
Dwarsrichting van de dijk	Bij h.o.h. afstand 1,4 meter geen groepseffect	Reductie voor groepseffect wordt meegenomen in het ontwerp door beschouwen draagkracht grond onder de kopplaat in PLAXIS 2D	Analytisch: - EEM: 1,0

1: Bij een h.o.h. afstand van 1 m.

Tabel 5-2 Conclusie groepseffect LDE (deelvragen 1 en 3)

Onderdeel	Afstand groepseffect (deelvraag 1)	Methode verdisconteren groepseffect in ontwerp	Maximale reductie door groepseffect <sup>1</sup>
Lateraal	Tot 6D	Reductie voor groepseffect wordt meegenomen in het ontwerp door toepassing van PLAXIS 2D (of 3D), waarin groepseffect van het LDE impliciet wordt meegenomen	Analytisch: 0,75 EEM: -
Axiaal	Tot 1D	De LDE elementen worden, gezien de afmetingen van de kopplaten, altijd op een grotere onderlinge afstand van elkaar geplaatst. Er hoeft in het ontwerp geen rekening te worden gehouden met een groepseffect van het LDE in axiale richting	Analytisch: 1,0 EEM: -

1: Bij een h.o.h. afstand van 1 m.

Tabel 5-3 Conclusie groepseffect klapanker (deelvragen 1 en 4)

Onderdeel	Afstand groepseffect (deelvraag 1)	Methode verdisconteren groepseffect in ontwerp	Maximale reductie door groepseffect <sup>1</sup>
Langsrichting van de dijk	Tot 4-8D	Houdkracht klapanker en reductie voor groepseffect op basis van analytische berekeningen.	Analytisch: 0,59 EEM: -
Dwarsrichting van de dijk	-	Houdkracht klapanker en reductie voor groepseffect op basis van analytische berekeningen.	Analytisch: 0,59 EEM: -

1: Bij een h.o.h. afstand van 1 m.



## 6 Verwijzingen

- Antea Group. (2019). *Onderzoeksvraag 5 - draagkracht grond onder de kopplaat*.
- CUR bouw en infra. (2012). *CUR166 Damwandconstructies*.
- Deltares. (2016). *Invulling witte vlekken acceptatie Dijkvernageling*.
- Deltares. (november 2016). *Invulling witte vlekken acceptatie dijkvernageling secr, kenmerk: 1209112-001-GEO-0005-v02-r*.
- Nederlands Normalisatie-instituut. (2017). *NEN 9997-1+C2 (nl)*. Delft: NEN.
- NEN. (2017). *NEN997-1+C2 Geotechnisch ontwerp van constructies – Deel 1: Algemene regels*.
- POV-Macrostablieit. (2018). *POV-M publicatie Vernagelingstechnieken*.
- van Weele, A. (1983). *Moderne Funderingstechnieken*.

---

## Over Antea Group

Van stad tot land, van water tot lucht; de adviseurs en ingenieurs van Antea Group dragen in Nederland sinds jaar en dag bij aan onze leefomgeving. We ontwerpen bruggen en wegen, realiseren woonwijken en waterwerken. Maar we zijn ook betrokken bij thema's zoals milieu, veiligheid, assetmanagement en energie. Onder de naam Oranjewoud groeiden we uit tot een allround en onafhankelijk partner voor bedrijfsleven en overheden. Als Antea Group zetten we deze expertise ook mondiaal in. Door hoogwaardige kennis te combineren met een pragmatische aanpak maken we oplossingen haalbaar én uitvoerbaar. Doelgericht, met oog voor duurzaamheid. Op deze manier anticiperen we op de vragen van vandaag en de oplossingen van de toekomst. Al meer dan 60 jaar.

---

## Contactgegevens

### **Antea Group**

Rivium Westlaan 72  
2909 LD CAPELLE A/D IJSSEL  
Postbus 8590  
3009 AN ROTTERDAM

E. [www.anteagroup.nl](http://www.anteagroup.nl)

### **JLD Contracting BV**

Wieder 23  
1648 GA DE GOORN  
Postbus 144  
1135 ZK EDAM

E. [www.JLDcontracting.com](http://www.JLDcontracting.com)

#### **Copyright © 2018**

Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd en/of openbaar worden gemaakt door middel van druk, fotokopie, elektronisch of op welke wijze dan ook, zonder schriftelijke toestemming van de auteurs.