

## Geotechnische beschouwing tijdelijke bouwbelastingen

N522 Vervanging brug Ouderkerk

|                                |                                        |
|--------------------------------|----------------------------------------|
| <b>Documentnummer:</b>         | BOK-001653                             |
| <b>Revisie:</b>                | 2.0                                    |
| <b>Datum:</b>                  | 18-4-2018                              |
| <b>Documentstatus:</b>         | Definitief                             |
| <b>Werkpakket (WBS):</b>       | WP-00141 - Uitvoeringsontwerp N522-BOK |
| <b>Activiteitencode (PAM):</b> | -                                      |
| <b>Objectcode (SBS):</b>       | O_6.1 - Bestaande Brug Ouderkerk       |
| <b>Contractnummer:</b>         | 2710                                   |



## Memo

## Definitief

Telefoon : +31 (0)88 1303 700

---

|               |                                                        |
|---------------|--------------------------------------------------------|
| Aan           | : Ron van der Zwet                                     |
| Van           | : Brian Wehrmann                                       |
| Gecontroleerd | : Aissa Yahyaoui                                       |
| Datum         | : 18-04-2019                                           |
| Versie        | : 2.0                                                  |
| Betreft       | : Geotechnische beschouwing tijdelijke bouwbelastingen |

---

### 1 INLEIDING

Het project Combinatie Brug Ouderkerk betreft het gefaseerd bouwen van een nieuwe brug over de Amstel, de herinrichting van bestaande kruispunten en het vervangen van de bestaande oeverconstructie. De nieuwe oeverconstructie zal op termijn de huidige waterkering vervangen. In Figuur 1 is de projectlocatie gepresenteerd.



**Figuur 1 Projectlocatie**

In de eerste fase wordt ten noorden van de bestaande brug een nieuwe basculebrug gebouwd. De bascule kelder wordt gebouwd op het maaiveld, de “Voorbouw” locatie, en vervolgens op de definitieve locatie ingeschoven.



## **2 UITGANGSPUNTEN**

### **2.1 Documenten**

De volgende documenten zijn gebruikt bij het opstellen van dit rapport.

*(ref. 1) Ontwerp oeverconstructie; Docnr. BOK-000737; d.d. 21-02-2019*

*(ref. 2) Definitief advies funderingspalen brug; Docnr. BOK-001184; d.d. 01-08-2018*

*(ref. 3) Grondonderzoek Geosonda; Docnr. BOK-000867; d.d. 19-03-2018*

*(ref. 4) Grondonderzoek VWB; Rapport VWB102906/16/SWE/642, versie 2; d.d. 28-09-2016*

*(ref. 5) Memo Fundatie schuifondersteuning; Docnr. 14428-MEM-003; d.d. 22-06-2018*

### **2.2 Normen en richtlijnen**

*(ref. 6) NEN9997-1 Geotechnisch ontwerp van constructies*

*(ref. 7) Handleiding berekenen van een vervangende waterkering (type I constructie); Waternet; d.d. 18-09-2019*

*(ref. 8) Regionale proevenverzameling "Sterkteparameters ondergrond beheergebied AGV"; Waternet; d.d. 01-09-2016*

*(ref. 9) 2007-02, Stowa, Leidraad toetsen op veiligheid regionale waterkeringen*

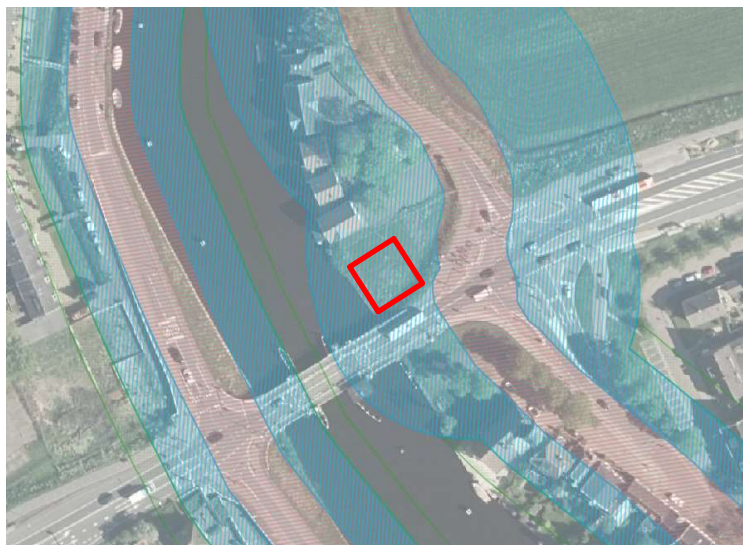
*(ref. 10) 2009-05, Stowa, Materiaalfactoren boezemkaden*

### **2.3 Huidige situatie**

Ten noordoosten van de bestaande brug ligt een terrein wat bestemd is voor het bouwen van de basculekelder van het nieuwe noordelijke brugdek. Dit terrein ligt in de beschermingszone van de waterkering.

Het te gebruiken terrein is voorland van de huidige waterkering. Door Waternet zijn eisen gesteld aan het verkeer dat op de dijk mag rijden, verkeersbelasting op verharde ondergrond is 45T en op onverharde ondergrond is 20T. Achter het in gebruik te nemen terrein rijdt het verkeer op een verharde weg, derhalve is hier een verkeersbelasting van 45T toelaatbaar.

De 45T is door Waternet vertaald naar  $13\text{kN/m}^2$  (bv. Zandwagen  $40\text{T}/2,5\text{m}/12\text{m}=13\text{kN/m}^2$ ). Bij toepassingen van verkeersbelastingen met een gespreide belasting tot  $13\text{kN/m}^2$  op de verharde weg wordt voldaan aan deze eis. Indien de belasting hoger is dient met een stabiliteitsberekening aangetoond te worden dat de dijk stabiel is.

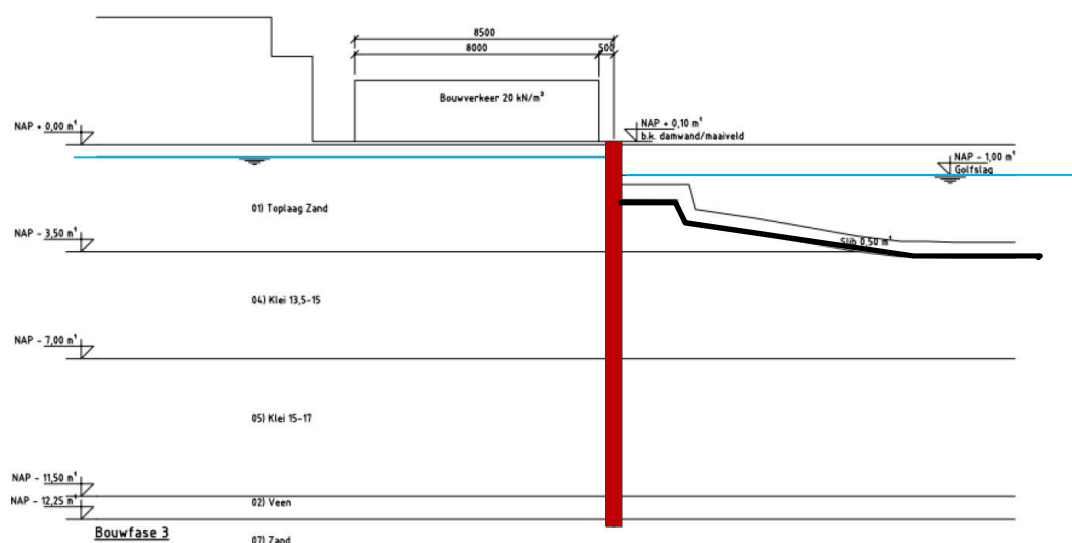


## 2.4 Werkzaamheden

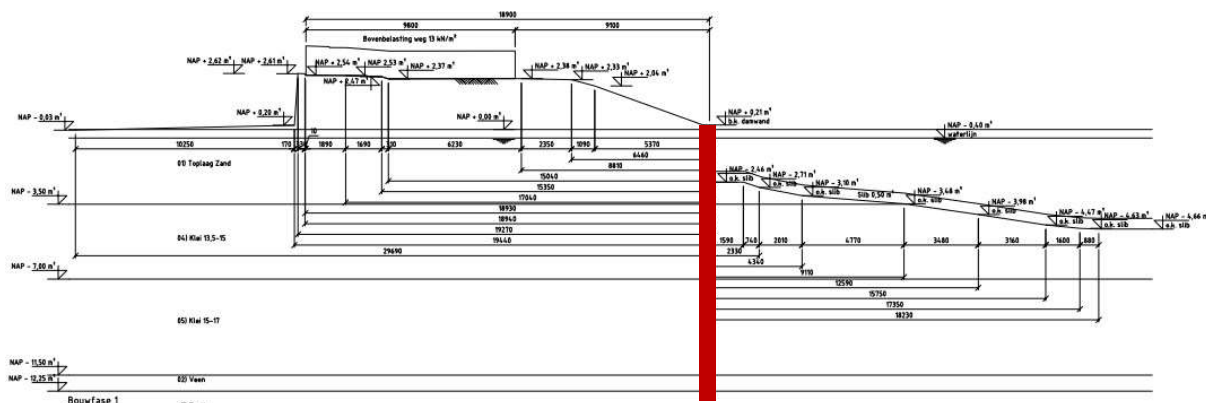
De nieuwe situatie op het terrein betreft de volgende werkzaamheden:

- Installeren damwanden met drukstelling/kraan t.b.v. waterkering en inschuifconstructie voorbouw basculekelder
- Boren paalfundering voor brugdeel Noord
- Hulpkranen voor verschillende werkzaamheden

In Figuur 3 en is een doorsnede van het ontwerp van de nieuwe oeverconstructie gepresenteerd.



**Figuur 3 Doorsnede ontwerp oeverconstructie oost (ref. 1)**



Figuur 4 Doorsnede ontwerp "huldamwand" west (ref. 1)

De oeverconstructie ter plaatse van de voorbouwlocatie betreft een AZ17-700 tot NAP-12,5m geïnstalleerd. Aan de west kant wordt een AZ24-700 tot NAP-12,5m gehanteerd.

## 2.5 Grondopbouw

De grondopbouw is op basis van sondering CWB06 (oost) en DKM05 (west) geschematiseerd. De sondering is opgenomen in Bijlage 1. De grondparameters in Tabel 1 zijn gepresenteerd voor de berekening van de draagkracht ondergrond (fundering op staal), ten behoeve van de bouwbelastingen op de voorbouwlocatie. De grondparameters in Tabel 2 zijn gepresenteerd voor de berekening transport op het dijklichaam (algehele stabiliteit)

Tabel 1 Grondparameters fundering op staal

| Grondlaag               | Bodemopbouw |           | $\gamma$             | $\gamma_{\text{sat}}$ | $\Phi'_{\text{kar}}$ | $C'_{\text{kar}}$ | $C_u$ |
|-------------------------|-------------|-----------|----------------------|-----------------------|----------------------|-------------------|-------|
|                         | B.k. laag   | O.k. laag |                      |                       |                      |                   |       |
|                         | [NAP in m]  |           | [kN/m <sup>3</sup> ] |                       | [°]                  | [kPa]             | [kPa] |
| Zand, matig vast gepakt | +0,15       | -2,0      | 18                   | 20                    | 32,5                 | -                 | -     |
| Hollandveen             | -2,0        | -6,5      | 10,5                 | 10,5                  | 17,28*               | 1,88*             | 20**  |
| Klei                    | -6,5        | -9,5      | 15                   | 15                    | 20,43*               | 4,63*             | 40**  |
| Basisveen               | -9,5        | -10,75    | 12                   | 12                    | 17,52*               | 3,96*             | 25**  |
| Zand, matig vast gepakt | -10,75      | -30       | 19                   | 21                    | 35                   | -                 | -     |

\*Bij 2% rek (ref. 8)

\*\*Op basis van NEN9997-1 tabel 2.b (ref. 6)

Tabel 2 Grondparameters algehele stabiliteit

| Grondlaag               | Bodemopbouw |           | $\gamma$ | $\gamma_{\text{sat}}$ | $\Phi'_{\text{kar}}$ | $C'_{\text{kar}}$ | $C_u$ |
|-------------------------|-------------|-----------|----------|-----------------------|----------------------|-------------------|-------|
|                         | B.k. laag   | O.k. laag |          |                       |                      |                   |       |
|                         | [NAP in m]  |           | [kN/m³]  |                       | [°]                  | [kPa]             | [kPa] |
| Zand, matig vast gepakt | +0,15       | -2,0      | 18       | 20                    | 32,5                 | -                 | -     |
| Hollandveen             | -2,0        | -6,5      | 10,5     | 10,5                  | 29,87*               | 1,66*             | 20**  |
| Klei                    | -6,5        | -9,5      | 15       | 15                    | 28,62*               | 5,05*             | 40**  |
| Basisveen               | -9,5        | -10,75    | 12       | 12                    | 28,36*               | 4,60*             | 25**  |
| Zand, matig vast gepakt | -10,75      | -30       | 19       | 21                    | 35                   | -                 | -     |

\*Bij 5% rek (ref. 8)

\*\*Op basis van NEN9997-1 tabel 2.b (ref. 6)

De rekenwaarden zijn bepaald door de karakteristieke waarden van de sterkteparameters uit Tabel 1 en Tabel 2 te delen door de materiaalfactoren in Figuur 5.



| Grondsoort | Variatiecoëfficiënt (V) |                 | Materiaalfactor ( $\gamma_m$ ) |                 |
|------------|-------------------------|-----------------|--------------------------------|-----------------|
|            | c' [kN/m <sup>2</sup> ] | tan $\phi'$ [°] | c' [kN/m <sup>2</sup> ]        | tan $\phi'$ [°] |
| Klei       | 0,45                    | 0,20            | 1,20                           | 1,15            |
| Veen       | 0,80                    | 0,25            | 1,35                           | 1,15            |

**Figuur 5 Variatiecoëfficiënten en materiaalfactoren voor boezemkaden, voor TP-CU-5%\* proeven (Stowa, 2009| Stowa, 2015). \*TP-CU-5% staat voor een geconsolideerde, ongedraineerde triaxiaalproef, met 2 à 5% vervorming (ref. 8).**

Als gevolg van de belasting tijdelijke bouwbelasting wordt gerekend met een aanpassingspercentage van 20% (80% wateroverspanning) in de samendrukbare lagen.

Grondwaterstand langs de Amstel, vóór de waterkering (binnendijks), is aangehouden op het waterpeil NAP-0,4m. Achter de waterkering (buitendijks) is een grondwaterstand aangehouden op NAP-2,0m (west) à NAP-2,35m (oost). De stijghoogte in het eerste watervoerend pakket is gelegen op NAP-3,5m (ref. 5).

### 3 BEREKENING

Voor de bouwbelasting op de voorbouwlocatie zijn de volgende beschouwingen gedaan:

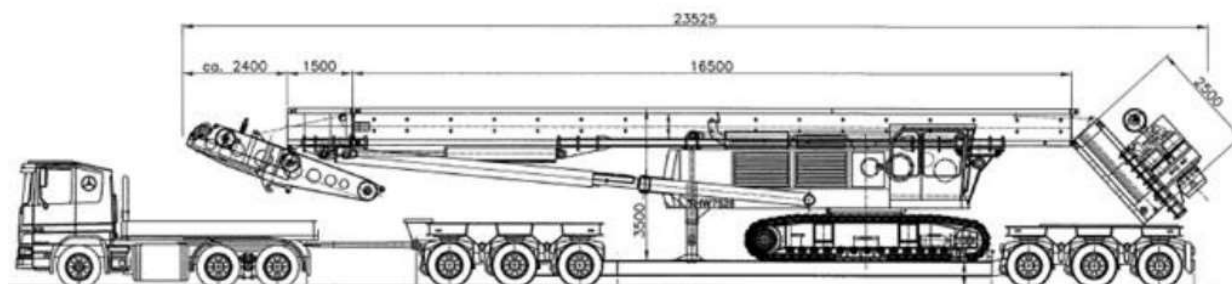
- Waterkering
- Draagkracht ondergrond
- Oeverconstructie

#### 3.1 Waterkering

In het overleg met Waternet op 7 maart jl. is overeengekomen dat een veranderlijke belasting op de voorbouwlocatie, het voorland, geen negatief effect heeft op de algehele stabiliteit van de dijk.

Door de tijdelijke aard van de belastingen (materieel) treden er geen zettingen op.

Het aanvoeren van het materieel geeft een bovenbelasting bovenop de waterkering. Mits de bovenbelasting niet groter is dan een gespreide belasting van 13 kN/m<sup>2</sup> is geen herberekening van de stabiliteit benodigd.



**Figuur 6 Transport boorstelling 133T**

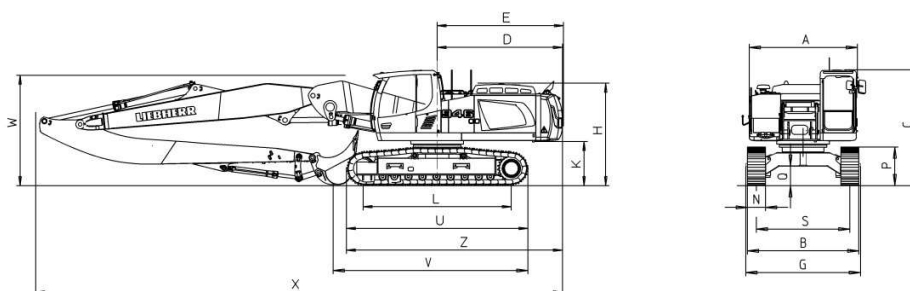
Voor het aanvoeren van de boorstelling (maatgevend, zie Figuur 6) is de transportbelasting 133T, verdeeld over een vrachtwagen met trailer (25m x 2,5m), dit geeft een gelijkmatig verdeelde belasting van 21,3kN/m<sup>2</sup>.

Echter is een geconcentreerde belasting van de boorstelling (74T) verdeeld over de trailer maatgevend. Hierbij word de belasting van 74T verdeeld over de achterste wielen (5,5m x 2,5m), dit geeft een



gelijkmatig verdeelde belasting van  $26,91 \text{ kN/m}^2$ . Hiermee wordt niet voldaan aan de “standaard” belasting opgegeven door Waternet. Derhalve is een herberekening van de algehele stabiliteit uitgevoerd.

Voor het verwijderen van de oeverconstructie (West) is een graafmachine van 45T, verdeeld over een oppervlakte van  $11,87 \text{ m}^2$ , benodigd (zie Figuur 7). De gelijkmatig verdeelde belasting is  $37,9 \text{ kN/m}^2$  en deze is hoger dan de door waternet opgegeven standaardbelasting. Derhalve is een herberekening van de algehele stabiliteit benodigd.



Figuur 7 Graafmachine 45T (L = 4,108m; B = 2,89m)

De herberekening is uitgevoerd met rekenprogramma DGeo Stability. Het maatgevende faalmechanisme is de instabiliteit van het binnentalud.

De toetsing is uitgevoerd bij de maatgevende situatie van  $21,3 \text{ kN/m}^2$  (133T) voor oost en voor west  $37,9 \text{ kN/m}^2$ .

Bij de toetsing van de stabiliteit dient conform Leidraad toetsen op veiligheid regionale waterkeringen (ref. 9) rekening gehouden te worden met de volgende factoren:

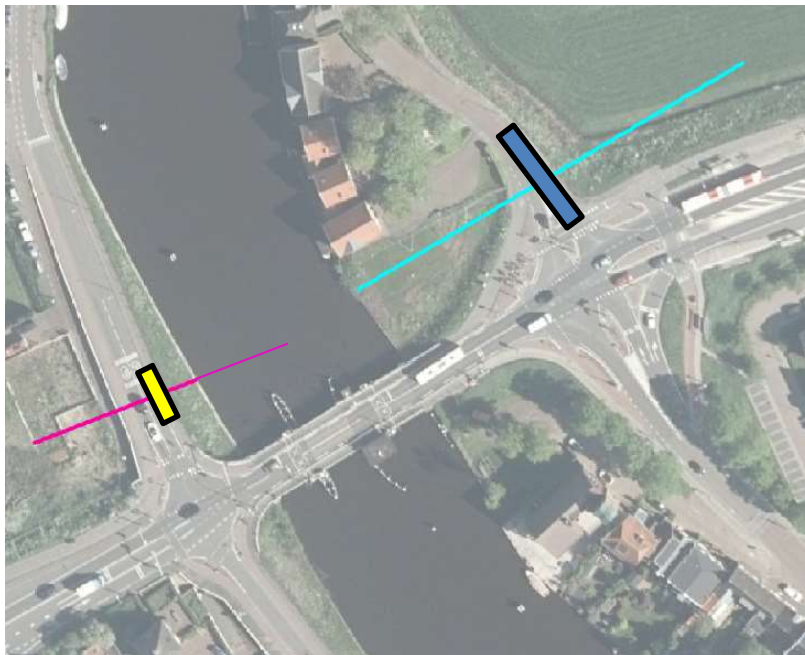
- Schadefactor: de boezemkade valt onder IPO-klasse IV, derhalve wordt een schadefactor  $\gamma_n$  van 0,95 gehanteerd.
- Modelfactor:  $\gamma_d = 1,0$  in het geval van glijcirkelanalyse met methode Bishop binnentalud en 0,95 voor buitentalud.
- Schematiseringsfactor: Bij project Hogereinde-zuid is door Waternet de schematiseringsfactor vastgesteld op 1,1. Deze waarde mag voor BOK ook toegepast worden.

Getoetst wordt:  $SF \geq 1,05$  (binnentalud) en 0,94 (buitentalud)

Waarbij SF is de veiligheidsfactor tegen taludinstabiliteit op basis van rekenwaarden van de sterkteparameters.

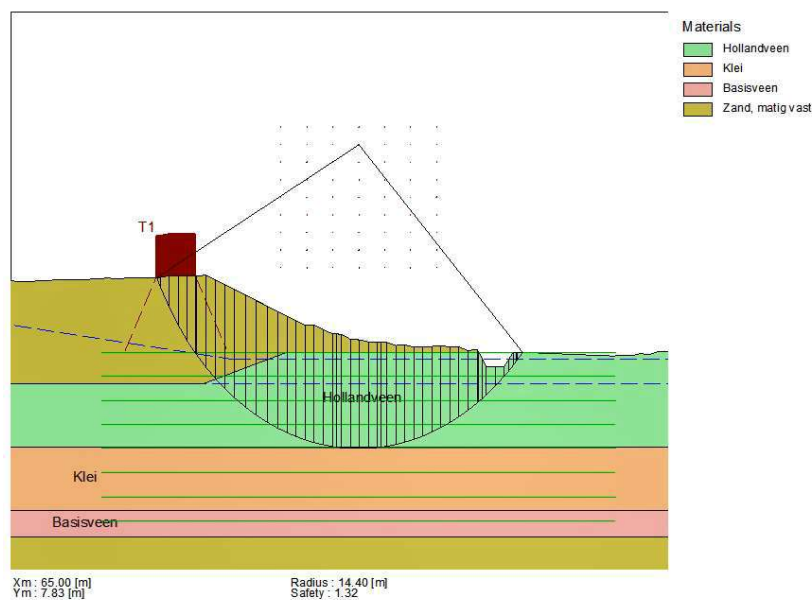
In Figuur 8 zijn de berekeningsdoorsneden west en oost gepresenteerd.





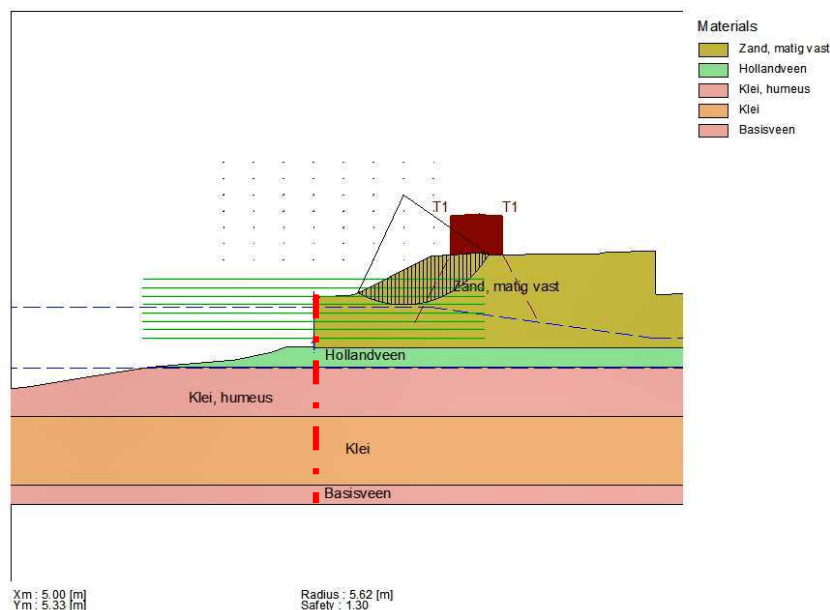
**Figuur 8 Doorsneden waterkering (hoogtemetingen land afkomstig van AHN; waterbodemdiepte afkomstig van ontwerp oeverconstructie (ref. 1)); Geel = graafmachine (45T) sloop bestaande oeverconstructie; Blauw = transport boorstelling (133T)**

In Figuur 9 is het maatgevende glijvlak gepresenteerd, met rekenwaarden van de sterkteparameters (ref. 8) en veiligheidsfactoren RC2 op de bouwbelasting (ref. 7).



**Figuur 9 Maatgevende glijvlak oost;  $T1 = 40,37 \text{ kN/m}^2$  ( $26,91 \text{ kN/m}^2 \cdot 1,5$ )**





**Figuur 10** Maatgevend glijvlak west;  $T1 = 56,85 \text{ kN/m}^2$  ( $37,9 \text{ kN/m}^2 \cdot 1,5$ ); rood = hulp damwand

De hulpdamwand (aangebracht voordat het materieel wordt aangevoerd) is voor de kerende grond als “forbidden line” ingevoerd, dit betreft dus niet de huidige beschoeiing (ref. 1). De stabiliteitsberekening is gemaakt voor een ondieper glijvlak.

Op basis van de huidige uitgangspunten is het mogelijk om het materieel aan te voeren zonder aanvullende maatregelen.

De DGeo Stability output is gegeven in Bijlage 2.

### 3.2 Draagkracht ondergrond

Om de draagkracht van de ondergrond te bepalen zijn berekeningen uitgevoerd voor een fundering op staal conform NEN9997-1.

Voor de berekening van een bouwbelasting is uitgegaan van de ABI stelling voor het drukkend installeren van de damwanden en de boorstelling Woltman THW7528 voor het installeren van de palen. In Tabel 3 zijn de afmetingen van de stellingen geschematiseerd.

**Tabel 3** Specificaties druk- en boorstelling

| Stelling                                   | Drukstelling<br>ABI TM 18-22HD | Boorstelling<br>Woltman THW7528 |
|--------------------------------------------|--------------------------------|---------------------------------|
| Breedte rupsen [m]                         | 0,900                          | 0,900                           |
| Lengte rupsen [m]                          | 5,735                          | 6,050                           |
| Breedte over rupsen in- / uitgeschoven [m] | 3,400 / 4,600                  | 3,480 / 4,800                   |
| Belasting [T]                              | 90                             | 100                             |

De belastingen en specificaties zijn opgegeven door van 't hek, zie Bijlage 3.

De volgende situaties zijn beschouwd:

- Zonder maatregelen rups (banden met rijplaten)
- Toepassing puingranulaat
- Toepassing draglineschotten



In Tabel 4 zijn de resultaten van het maximaal toelaatbare tonnage gepresenteerd.

**Tabel 4 Draagkracht ondergrond**

| Situatie                                 | Geen          | Puinggranulaat         | Drukstelling<br>ABI TM 18-<br>22HD | Boorstelling<br>Woltman<br>THW7528 |
|------------------------------------------|---------------|------------------------|------------------------------------|------------------------------------|
|                                          | 2,15m<br>zand | 0,55m<br>puingranulaat | 8m lang                            | 10m lang                           |
| Breedte (b') [in m]                      | 0,9           | 0,9                    | 6,0 (4,0m)                         | 6,0 (3,0m)                         |
| Lengte [in m]                            | 5,735         | 5,735                  | 7,0 (6,3m)                         | 9,0 (9,0m)                         |
| Maximaal<br>toelaatbaar belasting<br>[T] | 52            | 64                     | 165 (90)                           | 220 (110)                          |

*\*In de berekening is uitgegaan van een horizontale belasting 10% van de verticale belasting (waarde) bij excentriciteit belasting t.o.v. spil van 1,5m*

Op basis van de berekeningsresultaten is het benodigd om voor het zware materieel (druk- en boorstelling) draglineschotten toe te passen. Hierbij mag de maximale excentriciteit van de belasting t.o.v. de spil niet groter zijn dan 1,5m.

Indien hogere belastingen materieelbelastingen van toepassing zijn kan ervoor gekozen worden om langere schotten toe te passen, deze in te graven of eventueel een extra laag schotten aan te brengen.

In Bijlage 4 zijn de berekeningen bijgevoegd.

### 3.3 Oeverconstructie

De huidige oeverconstructie is berekend op een bovenbelasting van 20kN/m<sup>2</sup> over een strook van 8m. Op de voorbouwlocatie en bij het verwijderen van de oeverconstructie aan de westzijde grijpt een hogere belasting aan, hiervoor dient een controle uitgevoerd te worden van de damwand of dit toelaatbaar is of dat een minimale afstand tot damwand gehanteerd moet worden (fysiek afzetten).

Indien aangevuld wordt met zand/granulaat (bv. een werkvloer) dient hiermee rekening gehouden te worden met een hogere grondkering van de damwand.

## 4 CONCLUSIES

Ter plaatse van de voorbouwlocatie en op de waterkering oost en west wordt bouwmaterieel toegepast voor de verschillende uit te voeren werkzaamheden.

### 4.1 Waterkering

De waterkering wordt op oost belast door de belasting van het transport voor het aan te voeren materieel (boorstelling maatgevend) en op west door een graafmachine voor het verwijderen van de oeverconstructie. De belasting van het transport is maximaal 74T ofwel 26,91kN/m<sup>2</sup>. De belasting van de graafmachine op west is 37,9kN/m<sup>2</sup>. Omdat de belasting groter is dan 13kN/m<sup>2</sup> is een stabiliteitsberekening uitgevoerd om de stabiliteit van de dijk aan te tonen.

Een toetsing is uitgevoerd met DGeo Stability en de dijkstabiliteit voldoet bij deze belasting met een veiligheidsfactor (SF) is 1,32 (oost) en 1,03 (west).

### 4.2 Draagkracht ondergrond

De bouwbelasting op de voorbouwlocatie is berekend als een fundering op staal. Voor de berekening is uitgegaan van de dimensies die zijn opgegeven van een drukstelling (ABI TM 18-22HD) en boorstelling



(Woltman THW7528). Hierin is de huidige situatie, toepassing van puingranulaat en toepassing van draglineschotten beschouwd:

- Huidige situatie zonder maatregelen = Max. 52T; Bouwverkeer met rups of banden op rijplaten.
- Toepassing van puingranulaat = Max. 64T; Bouwverkeer
- Toepassing van draglineschotten 8m lang (drukstelling) = Max. 165T (90T bij excentriciteit belasting t.o.v. spil 1,5m)
- Toepassing van draglineschotten 10m lang (boorstelling) = Max. 220T (110T bij excentriciteit belasting t.o.v. spil 1,5m)

## 4.3 Oeverconstructie

De huidige oeverconstructie is berekend op een bovenbelasting van 20kN/m<sup>2</sup> over een strook van 8m. Door de bouwbelastingen grijpen grotere belastingen aan langs de oeverconstructie. Getoetst dient te worden of het huidige ontwerp van de damwanden deze belastingen kan opnemen of dat er restricties moeten worden gesteld aan de belasting over een bepaald strook of afstand tot de damwand (fysiek afzetten).

Indien aangevuld wordt met zand/granulaat (bv. een werkvloer) dient hiermee rekening gehouden te worden met een hogere grondkering van de damwand.