

## **Erratum Dijkverleggingsplan Munnikenland**

Het Dijkverleggingsplan Munnikenland (Integrale Planstudie Munnikenland Dijkverleggingsplan, Waterschap Rivierenland, 21 mei 2010) vormt een integraal onderdeel van het Bestemmingsplan Munnikenland.

Het dijkverleggingsplan (verder: DVP) heeft samen met het ontwerpbestemmingsplan en de hoofdvergunningen, ter inzage gelegen van 15 september tot en met 26 oktober 2011.

Er zijn door insprekers zienswijzen ingediend op het DVP. De zienswijzen zijn terug te lezen in de Nota van Antwoord en Ambtelijke wijzigingen Ruimte voor de Rivier Munnikenland, maart 2012. Het betreft de zienswijzen met nummers 3a en 14a.

De zienswijzen hebben betrekking op de ligging van de beschermingszone en dubbelbestemming "Waterstaat – Waterkering" in het ontwerpbestemmingsplan. Deze is geprojecteerd op eigendommen van betrokken indieners van de zienswijzen. Aangezien deze bestemming bij nader inzien onnodig tot ongewenste gevolgen voor de indieners leidt, is besloten de indieners hierin tegemoet te komen.

Het waterschap heeft er voor gekozen de beschermingszone van 30 m ter plaatse van de eigendommen van genoemde insprekers in te passen in het ontwerp van de nieuwe waterkering (de Wakkere Dijk) waardoor deze opschuift naar het westen. Hierdoor is de grens van de dubbelbestemming op de grens van de kadastrale percelen BKL 08M 211 G en BKL 08M 765G komen te liggen. Dit betekent dat de dubbelbestemming, die is opgenomen ten behoeve van de Wakkere Dijk, niet langer op de gronden van betrokken ligt.

De gevolgen van deze aanpassing zijn in kaart gebracht. Geconcludeerd is dat het inkorten van de binnenberm geen gevolgen heeft voor de veiligheid. Het nieuwe profiel ter plaatse is opgenomen in deze Bijlage 2 bij de regels van bestemmingsplan NL.IMRO.0297.BGBBP20090016-VA01

Deze bijlagen vormen als zodanig een integraal onderdeel van het Dijkverleggingsplan Munnikenland. De in deze documenten besproken wijzigingen in ligging en profilering vervangen de desbetreffende ligging en profilering zoals opgenomen in het moeder document "Integrale Planstudie Munnikenland Dijkverleggingsplan, Waterschap Rivierenland, 21 mei 2010".

# **Integrale Planstudie Munnikenland**

## **Dijkverleggingsplan**

Waterschap Rivierenland

21 mei 2010

Definitief rapport

9S9885.B1



A COMPANY OF



**ROYAL HASKONING**

HASKONING NEDERLAND B.V.  
KUST & RIVIEREN

Barbarossastraat 35  
Postbus 151  
6500 AD Nijmegen  
(024) 328 42 84 Telefoon  
(024) 360 54 83 Fax  
info@nijmegen.royalhaskoning.com E-mail  
www.royalhaskoning.com Internet  
Arnhem 09122561 KvK

|                        |                                                          |
|------------------------|----------------------------------------------------------|
| Documenttitel          | Integrale Planstudie Munnikenland<br>Dijkverleggingsplan |
| Verkorte documenttitel | Dijkverleggingsplan Munnikenland                         |
| Status                 | Definitief rapport                                       |
| Datum                  | 21 mei 2010                                              |
| Projectnaam            | Planstudie Munnikenland                                  |
| Projectnummer          | 9S9885.B1                                                |
| Opdrachtgever          | Waterschap Rivierenland                                  |
| Referentie             | 9S9885.B1/R0008/414320/SEP/Nijm                          |

|                  |                                                                                                 |
|------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Auteur(s)        | L.W. van Nieuwenhuijzen, C. Sevink                                                              |
| Collegiale toets | R.M. Bos, J.S. van der Schrier, Roel van de Laar                                                |
| Datum/paraaf     | 21 mei 2010  |
| Vrijgegeven door | J.M. Meulepas                                                                                   |
| Datum/paraaf     | 21 mei 2010  |



## INHOUDSOPGAVE

|                                                  | Blz. |
|--------------------------------------------------|------|
| 1 ACHTERGROND                                    | 1    |
| 1.1 Aanleiding                                   | 1    |
| 1.2 Kader en doel van het ontwerprapport         | 1    |
| 1.3 Leeswijzer                                   | 1    |
| 2 UITGANGSPUNTEN EN RANDVOORWAARDEN              | 3    |
| 2.1 Inleiding                                    | 3    |
| 2.2 Kenmerken dijkvak                            | 3    |
| 2.2.1 Voorkeursalternatief                       | 4    |
| 2.2.2 Indeling traject                           | 6    |
| 2.3 Technische uitgangspunten                    | 7    |
| 2.3.1 Veiligheidsfilosofie                       | 7    |
| 2.3.2 Faalmechanismen en rekenmethodiek          | 7    |
| 2.3.3 Planperiode                                | 8    |
| 2.3.4 Hydraulische randvoorwaarden               | 8    |
| 2.3.5 Geotechnische partiële veiligheidsfactoren | 10   |
| 2.3.6 Geotechnische parameters                   | 11   |
| 2.3.7 Overige belastingen                        | 11   |
| 2.4 Overige uitgangspunten                       | 12   |
| 2.4.1 Natuur                                     | 12   |
| 2.4.2 Landschap                                  | 12   |
| 2.4.3 Uitvoeringsduur                            | 13   |
| 2.4.4 Beheer & Onderhoud                         | 13   |
| 3 TECHNISCH ONTWERP                              | 15   |
| 3.1 Inleiding                                    | 15   |
| 3.2 Dijkopbouw                                   | 15   |
| 3.2.1 Functionele onderdelen                     | 16   |
| 3.2.2 Dijkkern                                   | 17   |
| 3.2.3 Buitenzone                                 | 17   |
| 3.2.4 Binnenberm                                 | 17   |
| 3.2.5 Materialen                                 | 17   |
| 3.3 Hoogte                                       | 18   |
| 3.3.1 Ontwerphoogte                              | 18   |
| 3.3.2 Zettingen                                  | 19   |
| 3.4 Geohydrologie                                | 21   |
| 3.4.1 Beschrijving geohydrologische situatie     | 21   |
| 3.4.2 PLAXIS analyse                             | 22   |
| 3.5 Piping                                       | 23   |
| 3.5.1 Berekening                                 | 23   |
| 3.5.2 Bomen                                      | 23   |
| 3.6 Macrostabieliteit binnenwaarts               | 24   |
| 3.7 Macrostabieliteit buitenwaarts               | 25   |
| 3.7.1 Wakkere dijk                               | 25   |
| 3.7.2 Aansluiting Maasdijk                       | 26   |
| 3.8 Microstabieliteit                            | 26   |
| 3.9 Bekledingen en erosie                        | 27   |
| 3.9.1 Buitentalud                                | 27   |

|       |                                                          |    |
|-------|----------------------------------------------------------|----|
| 3.9.2 | Kruin en binnentalud                                     | 28 |
| 3.10  | Beschermingszone                                         | 29 |
| 3.11  | Verhardingen                                             | 29 |
| 3.12  | Kabels en leidingen                                      | 29 |
| 3.13  | Beheer en onderhoud                                      | 29 |
| 3.14  | Fasering en planning                                     | 30 |
| 4     | AANDACHTSPUNTEN DEFINITIEF ONTWERP, BESTEK EN UITVOERING | 31 |
| 5     | BRONNEN                                                  | 35 |

## BIJLAGEN

1. Situatie
2. Dwarsprofielen ontwerp
3. Berekeningen
  - a. Hoogte
  - b. Geotechniek
    - Zandbanenkaart
    - Grondparameters
    - Plaxis geohydrologie
    - MStab
    - MSettle
4. Beoordeling erosiebestendigheid Wakkere dijk Munnikenland

## **1 ACHTERGROND**

### **1.1 Aanleiding**

Voor de polder Munnikenland is een integrale planstudie uitgevoerd in het kader van Ruimte voor de Rivier en ten behoeve van versterking van de Ecologische Hoofdstructuur (EHS) en Natura2000. Munnikenland is een polder aan de rivier de Waal in de provincie Gelderland. Het plangebied ligt aan de noordwestzijde van de Bommelerwaard op de overgang van de Waal in de Merwede, waar de Afgedamde Maas in de Merwede uitkomt. De primaire waterkering is in beheer bij Waterschap Rivierenland.

In de planstudie is een keuze gemaakt voor het verleggen van de huidige primaire waterkering en is een globaal ontwerp neergelegd, onder de naam “Wakkere dijk”. In dit rapport is het globale ontwerp verder uitgewerkt.

Het ontwerprapport dat voor u ligt, is gemaakt door Royal Haskoning in opdracht van de Waterschap Rivierenland, die de initiatiefnemer is van de dijkverlegging Munnikenland.

### **1.2 Kader en doel van het ontwerprapport**

Het rapport heeft tot doel aan te geven hoe de nieuwe dijk wordt vormgegeven. De gevolgen van de dijkverlegging in termen van uitgangspunten en randvoorwaarden vormen de basis voor het ontwerp en zijn in dit rapport beschreven. Het rapport beschrijft de hoofdgeometrie en geeft aan waarop deze is gebaseerd.

### **1.3 Leeswijzer**

|             |                                                                                                                                                                                   |
|-------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Hoofdstuk 1 | geeft de aanleiding, het kader en het doel van dit ontwerprapport aan.                                                                                                            |
| Hoofdstuk 2 | beschrijft de uitgangspunten voor het ontwerp, zoals de huidige situatie, de randvoorwaarden, eisen en overige aspecten waarmee rekening gehouden dient te worden in het ontwerp. |
| Hoofdstuk 3 | beschrijft het ontwerp.                                                                                                                                                           |
| Hoofdstuk 4 | geeft aandachtspunten voor het bestek en uitvoering.                                                                                                                              |
| Hoofdstuk 5 | geeft de volledige titels van de gebruikte bronnen                                                                                                                                |





## 2.2.1 Voorkeursalternatief

In het MER [RH, 2010] is een voorkeursalternatief bepaald waar het dijkontwerp onderdeel van uitmaakt. De nieuwe Wakkere dijk wordt een dijk van de 21e eeuw (zie ook onderstaand kader). Dit betekent dat de dijk een nieuwe functionele vorm zal krijgen. In de 21e eeuw gaat het niet alleen om veiligheid, maar worden ook landschap, natuur en recreatie belangrijk. Voor al dit gebruik moet ruimte gemaakt worden op de nieuwe waterkerende dijk.

### Toelichting ontwerp van de Wakkere dijk

#### Ontwerpopgave

1. De dijk moet als waterkering voldoen aan de eisen van standzekerheid onder maatgevende omstandigheden. De eisen volgen uit de wet- en regelgeving.
2. De dijk moet worden opgebouwd met materiaal dat uit het project Munnikenland vrij komt bij het ontgraven van de geulen in de Brakelse Benedenwaarden. Deze eis vloeit voort uit de wens om specietransporten en bijhorende milieueffecten te beperken.
3. De dijk moet een integraal onderdeel vormen van het nieuwe natuurgebied, waar de dijk midden in ligt.
4. De dijk moet geschikt zijn als hoogwatervluchtplaats voor vee en andere fauna. Dit betekent dat bij hoogwater de vegetatie op het dijkwalud sterk kan worden beschadigd.
5. De dijk moet passen binnen de cultuurhistorische- en landschappelijke context van het gebied. Daarom is voor een noord-zuid georiënteerd tracé gekozen, met een dwarsgedeelte bij de Schouwendijk.
6. De dijk moet plaats bieden voor recreatief gebruik. Het pad op de dijk kruin moet geschikt zijn voor gebruik als voet/fietspad. Plaatselijk zal het buitentalud worden voorzien van terrassen ("tribunes").

#### Doelrealisatie

- Het ontwerp is kostenefficiënt (geringe transportafstanden, nuttig gebruik vrijkomende specie en geen aankoopkosten specie)
- Het ontwerp geeft een lage milieubelasting in uitvoeringsfase (weinig transporten) en in de beheerfase (jaarrond begrazing)
- Het ontwerp geeft 100% hergebruikmogelijkheid van de toegepaste materialen.
- Het ontwerp geeft een bijdrage aan de recreatieve ontwikkeling
- Het ontwerp geeft een versterking aan het landschap van de Nieuwe Hollandse Waterlinie
- Het ontwerp geeft een ononderbroken ontwikkelingsgebied voor natuur. (ecologische hoofdstructuur en Natura 2000-doelen)

Het dwarsprofiel van de Wakkere dijk kan worden opgedeeld in drie zones, afhankelijk van de mate waarin ze gehandhaafd moeten worden. Het veiligheidsprofiel is het minimale profiel dat 100% van de tijd gehandhaafd moet zijn. Het veiligheidsprofiel wordt beschermd door de afslagzone, dat benodigd is om tijdelijk erosie door golfslag tijdens hoogwater tegen te gaan. Deze laag dient na een hoogwater weer te worden hersteld. De buitenste laag, het profiel dat je waarneemt in het veld, is benodigd om begrazing (HVP-functie) mogelijk te maken op de dijk én om de ruimtelijke kwaliteit (o.a. de tribunes, fiets- en wandelpaden) voldoende ruimte te geven in het dijkontwerp. Het hoogste punt van de dijk (de kruin) is gelegen op 8,50 m+NAP.

Op drie plaatsen in de dijk worden tribunes ingepast om de beleving van het gebied en het recreatief gebruik te bevorderen. De terrassen, die de vorm van een brede tribune hebben, zijn voorzien op die plekken waar iets bijzonders te zien is: bij de locatie van kasteel Munnikenland, waar bij hoog water het water het eerst de kom in stroomt, en bij de meest vooruitstekende punt aan de zuidkant van de Wakkere dijk waar het nieuwe kommenlandschap zich in volle glorie toont.

De binnenteeën van de dijk wordt voorzien van een bomenrij van Essen. Deze beplanting versterkt het karakter van de Wakkere Dijk als nieuw cultuurelement van de 21e eeuw. Door het contrast met de historische lijnen (Den Nieuwendijk) wordt ook het beeld van de oude lijnen versterkt.

Daar waar de Schouwendijk de Wakkere dijk kruist, moet het maaiveld worden verhoogd om het Schouwendijktracé met een op-/afrit te de vereiste dijkhoogte te laten passeren. Vanuit vereisten voor de bereikbaarheid van de op-/afrit dient het talud hier minimaal 1:20 te zijn. Dit is een gangbaar profiel voor autoverkeer en vormt de bovengrens voor fietsverkeer (een flauwer talud zou vanuit het oogpunt van fietsers wenselijk zijn). Vanwege de relatief korte afstand tot de Maaskade is, vanuit landschappelijk oogpunt (beleving van het gebied) en vanuit de functie van de dijk als HVP, het grondlichaam bij de Schouwendijk dit talud doorgetrokken tot aan de Maaskade.

Op het zuidelijke binnentalud van dit deel wordt een TOP (toeristisch overstap punt) gerealiseerd. Dit komt voort uit de recreatievisie van de Gemeente Zaltbommel. Als onderdeel van het project Munnikenland wordt op deze plaats een beperkte verharding aangebracht om als parkeerlocatie dienst te kunnen doen.

Op de kruin van de dijk bevindt zich een fietspad. Voor wandelaars is de dijk toegankelijk via een pad op 4 meter +NAP. Wandelen is direct vanaf het parkeerterrein mogelijk richting Wakkere dijk, met uitzicht op het natuurgebied. In de uitlopers van dit bos richting fort Poederoijen, en via de Wakkere Dijk richting Den Nieuwendijk en Kaveling. Onderlangs de Maaskade (op ongeveer 3 m. + NAP) kan de wandelaar lopen richting Waarden bij Loevestein en de Munnikhof.

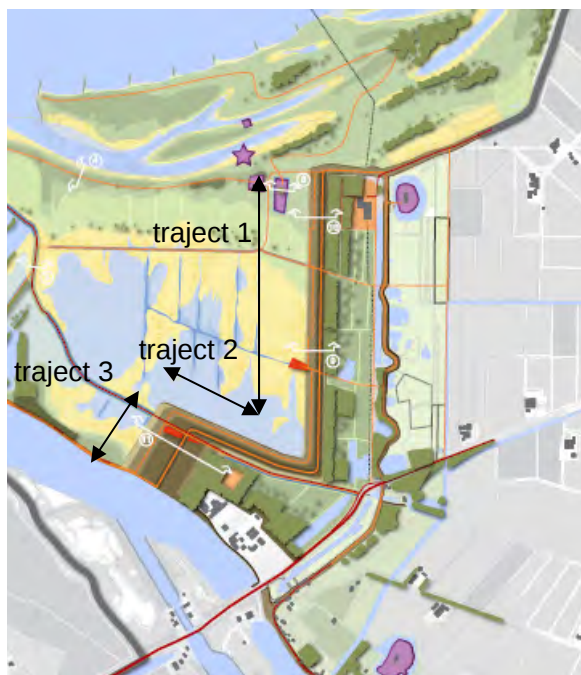


**Figuur 2.2: Indicatie van de ligging van de Wakkere dijk in het landschap**

## 2.2.2 Indeling traject

De dijk loopt noord-zuid en bestaat uit drie delen, zie figuur 2.3. Voor het technisch ontwerp van de hoofdgeometrie is uitgegaan van een hectometrering (WD00 – WD22) welke start bij de noordelijke aansluiting op de bestaande dijk. Het noordelijke gedeelte, traject 1 (WD00-WD13), is ca. 1.300 m lang en loopt noord-zuid. Het dwarsprofiel op dit trajectgedeelte heeft een flauw buitentalud (1V:8H) met een “kop” op de kruin om te benadrukken dat het om een dijk gaat. Op NAP +4m ligt een voetpad en op de kruin ligt een fiets- en voetpad. De fiets- en voetpaden worden uitgevoerd in doorgroeistenen om later eventueel vervangen te worden door betonplaten. De paden worden uitgevoerd met doorgroeistenen of fijn grind omdat deze de vervormingen door zetting en klink kunnen volgen en goed berijdbaar zijn. Als de eindzetting zo goed als bereikt is, kan na herprofilering van de dijk een beton- of asfaltverharding worden aangebracht. Tussen WD03 en WD05 en tussen WD07+50 en WD09+50 zijn tribunes in het talud gemaakt met basaltzuilen, zie ook profiel WD04. Traject 2 (WD13-WD18) loopt 600 m oost-west en heeft een vlak 1:8 profiel, zie profiel WD15.

Het zuidelijke gedeelte, traject 3 (WD18-WD22), is ca. 300 m lang en ligt globaal in de richting zuidzuidwest en sluit aan op de bestaande waterkering. Het dwarsprofiel van dit trajectgedeelte heeft een zeer flauw buiten- en binnentalud (orde 1V:20H).



Figuur 2.3: Indeling in dijktrajecten

## 2.3 Technische uitgangspunten

De technische uitgangspunten komen voort uit wettelijke ontwerprichtlijnen en eisen van het waterschap.

### 2.3.1 Veiligheidsfilosofie

De dijk is ontworpen aan de hand van de dijkkringbenadering. Dit houdt in dat wordt uitgegaan van een ontwerp op basis van overstromingkans. Uitgegaan is van de norm van 1/1250 zoals die geldt voor dijkkringgebied 38, Bommelerwaard, met een toeslag voor de dijkkringbenadering volgens het beleid van het waterschap [WSRL, 2008].

De dijk is zo gedimensioneerd dat de dijk zodanig sterk is dat grote grazers, zoals koeien en paarden, op de dijk mogen worden toegelaten. Normaliter wordt alleen kleinvee (schapen) toegestaan op dijken. Koeien en paarden vertrappen namelijk de grasbekleding waardoor de erosiebestendigheid wordt aangetast.

De dijk wordt opgebouwd met gebiedseigen materiaal, namelijk specie die uit het project vrijkomt.

### 2.3.2 Faalmechanismen en rekenmethodiek

Het ontwerp is op veiligheid gecontroleerd op basis van de vigerende leidraden. De faalmechanismen en belastingsituaties waarop wordt ontworpen, zijn conform Technisch Rapport Ontwerpbelastingen [ENW, 2007a], tabel 6.1.

Voor alle faalmechanismen geldt dat deze beschouwd worden voor het minimale profiel na afslag of wel het ontwerpprofiel (het maatgevende profiel voor het betreffende mechanisme bepaalt de hoofdgeometrie).

De te beschouwen faalmechanismen zijn:

- overloop/overslag. Als kritiek overslagdebiet voor rivierdijken wordt  $q=0,1$  l/s/m aangehouden. Bij dit debiet is de dijk goed begaanbaar en hoeft het binnentalud niet erosiebestendig te zijn;
- macrostabiliteit;
- microstabiliteit;
- piping/heave;
- instabiliteit vooroever. Dit mechanisme is voor het dijkvak niet van toepassing omdat er sprake is van een vlak voorland over circa 1 km. Dit geldt niet voor de aansluitingen op de bestaande primaire waterkering langs de Afgedamde Maas (zuidzijde) en de bestaande primaire waterkering langs de Merwede (noordzijde). Hierop wordt teruggekomen in hoofdstuk 3 en 4;
- erosie van het buitentalud bekleding, waarbij uitgegaan wordt van de golven bij ontwerppeil volgens Hydra-R.

### 2.3.3 Planperiode

De planperiode van de dijk is 50 jaar. Hiermee is rekening gehouden door de zeespiegelstijging mee te nemen in de waterstandsberekeningen. Tevens is een toeslag op de waterstand voor robuustheid toegevoegd.

### 2.3.4 Hydraulische randvoorwaarden

De hydraulische randvoorwaarden bestaan uit de waterstanden en de golven. Stroming is niet van belang aangezien de dijk niet in de stroming ligt.

#### Ontwerppeil

Voor hoogte en de geotechnische sporen worden verschillende ontwerppeilen gehanteerd vanwege de dijkringbenadering. Voor de hoogte wordt uitgegaan van NAP +7,10m. Voor de geotechnische sporen wordt uitgegaan van NAP +6,80m.

Deze peilen zijn berekend conform de Ontwerputgangspunten Primaire Waterkeringen [WSRL, 2008], hoofdstuk 4.

De ontwerppeilen zijn als volgt samengesteld:

- waterstand op de as van de rivier ter hoogte van rivierkm 949, Ontwerppeil 2050: NAP +6,40m: NAP 6,40m [MinV&W, 2008];
- verschil tussen de waterstand op de as en aan de oever: 0,1m;
- lokale opstuwing 0m. Er treedt geen opstuwing plaats, maar waterstandsdeling aangezien de rivier wordt verbreed en de dijk niet in de stroming ligt;
- robuustheidstoeslag 0,30m [MinV&W, 2008];
- voor hoogte komt hierbij nog een toeslag voor de dijkringbenadering van 0,30m, op aangeven van het waterschap. Daarbij is uitgegaan van een factor 5 op de wettelijke norm.

#### Waterstand bij snelle val

In geval van een snel val van de rivierwaterstand kan instabiliteit van de waterkering optreden, geïnduceerd door een nog relatief hoge waterstand in de dijk. In geval van de Wakkere dijk is het buitentalud zodanig flauw en robuust uitgevoerd (qua vorm, afmeting en materiaalgebruik) dat een snelle val van de rivierwaterstand de standzekerheid van de dijk niet in gevaar brengt.

#### Lage buitenwaterstand

Voor de uitvoeringsfase van de aansluiting van de Wakkere dijk op de naastgelegen dijk moet rekening worden gehouden met een waterstand met een overschrijdingskans van  $\text{norm} \times 100 = 1/10 = \text{NAP} +4,35\text{m}$ . Dit is de  $1/10^{\text{e}}$  waterstand bij Vuren volgens [www.waternormalen.nl](http://www.waternormalen.nl). Voor de uitvoering van de Wakkere dijk is deze buitenwaterstand verder niet van belang aangezien eerst de nieuwe dijk wordt aangelegd voordat de huidige waterkering wordt verwijderd.

### Binnenwaterstand

Piping/macrostabiliteit binnenwaarts: winterpeil<sup>1</sup>

Uitvoeringsfase: streefpeil / zomerpeil<sup>1</sup>.

Uitgegaan wordt van handhaving van het huidige peil in komende 50 jaar omdat de bodemdaling vrij gering is (zie onder § 2.3.7).

### Golven

Golven zijn van belang als belasting voor de bekleding en voor de bepaling van het overslagdebiet. Golven kunnen wind- of scheepsgeïnduceerd zijn. Scheepsgolven zijn niet relevant aangezien scheepvaart niet nabij de waterkering komt en bij hoogwater de scheepvaart stilgelegd is.

#### *Windgolven*

Voor de bepaling van de golven wordt gebruik gemaakt van het randvoorwaardeninstrumentarium voor de bovenrivieren Hydra-R, versie 1.1.6 voor de bovenrivieren. Dit is de versie van de Helpdesk Water. De golfhoogte en –periode zijn bepaald voor het nieuwe tracé met een voorland op circa NAP +1,00m. De resulterende golfhoogten en –periodes zijn bij Ontwerppeil maximaal  $H_s = 0,46$  m en  $T_p = 2,5$  s voor vier onderzochte locaties. De maatgevende windrichtingen zijn W en NW. De golfhoogte en –periode in de nieuwe situatie zijn nauwelijks hoger dan in de huidige situatie.

De resultaten met Hydra-R zijn vergeleken met het instrumentarium voor de benedenrivieren, Hydra-B, omdat Munnikenland aan de toepassingsgrens ligt tussen Hydra-R en Hydra-B, welke gevormd wordt door de Afgedamde Maas. Opgemerkt wordt dat voor het beschikbaar zijn van Hydra-B en Hydra-R de grens tussen boven- en benedenrivierengebied verder stroomafwaarts lag, namelijk bij Werkendam. Het verschil tussen de werking van Hydra-R en Hydra-B is dat Hydra-R één maatgevende windrichting en golfhoogte en –periode geeft, terwijl Hydra-B per windrichting (zestien) voor twee situaties (open en gesloten stormvloedkeringen) golfrandvoorwaarden geeft. Dit is inherent aan de aard van het instrumentarium. Hydra-R gaat uit van onafhankelijkheid tussen de windsnelheid- en richting en de waterstanden. Hydra-B legt een relatie tussen de kansen van windsnelheden op zee, de waterstand op zee, de sluiting van de stormvloedkeringen in de Nieuwe waterweg en de rivierafvoer. Hydra-B geeft een groot aantal mogelijk combinaties van waterstand en golven die horen bij de opgegeven kans.

Beschouwing van uitkomsten van Hydra-B leert dat de windsnelheden voor geopende stormvloedkeringen sterk verschillen met de windsnelheden voor gesloten stormvloedkeringen. De windsnelheden voor open kering komen overeen met de windsnelheden in Hydra-R (orde 13 m/s). De huidige 1/1250 waterstanden uit Hydra-B komen ook overeen met de huidige waterstanden in Hydra-R. De windsnelheden bij gesloten keringen zijn hoger, maar met bijbehorende lagere waterstanden bij de norm.

---

<sup>1</sup> als aangeleverd door Waterschap Rivierenland

De mogelijkheid van hogere windsnelheden bij lagere waterstanden is al verdisconteerd in de windsnelheden in Hydra-R, waar deze relatie apart bepaald moet worden in Hydra-B. In Hydra-R wordt deterministisch gerekend met een vaste windsnelheid bij de norm 1/1250 vanwege onafhankelijkheid van rivierafvoer en windsnelheden. Deze windsnelheden voor de bovenrivieren zijn bepaald voor overslagberekeningen. In deze windsnelheden is de kans verdisconteerd dat hogere windsnelheden bij lagere waterstanden of lagere windsnelheden bij hogere waterstanden optreden. Voor hoogteberekeningen is Hydra-R toepasbaar en leidt dit niet tot significant andere resultaten in vergelijking tot Hydra-B. In de bijgevoegde resultaten in Bijlage 2 is sprake van een verschil in benodigde kruinhoogte van 50 cm bepaald, waarbij bij Hydra-R al een robuustheidstoeslag van 30 cm is meegenomen. Hydra-R leidt in dit geval tot een hoger hydraulisch belastingsniveau.

Voor het ontwerp van bekledingen moet bij lagere waterstanden wel rekening worden gehouden met hogere golfrandvoorwaarden. Hiervoor zijn de golfrandvoorwaarden bij gesloten kering, zoals bepaald met Hydra-B, gebruikt. Dit zijn golven met de volgende karakteristieken:

- Wind:
  - windrichting WZW t/m WNW;
  - windsnelheid 25 m/s;
- $H_s$  : 0,9 m;
- $T_p$  : 3,5 s.

Bovenstaande golven gelden tot een waterstand van circa NAP +6 m. Beneden een waterstand van NAP +2,50m treedt dieptebeperking van de golfhoogte op door de aanwezigheid van voorland.

Bij hogere waterstanden komen bij de normfrequentie alleen lagere golven voor. Hiervoor gaan wij uit van de golven bij Toetspeil volgens Hydra-R:

- wind:
- windrichting: W;
- windsnelheid 13 m/s;
- $H_s$  : 0,46 m;
- $T_p$  : 2,6 s.

### 2.3.5 Geotechnische partiële veiligheidsfactoren

De veiligheidsfactor voor de sterkte voor het mechanisme binnenwaartse macrostabiliteit is uit de volgende partiële factoren opgebouwd:

$$\gamma_R = \gamma_b \gamma_d \gamma_m \gamma_n$$

|                          |                                                                |
|--------------------------|----------------------------------------------------------------|
| $\gamma_b = 1,1$         | schematiseringsfactor                                          |
| $\gamma_d = 1,0$         | modelfactor geldig voor benadering conform model Bishop        |
| $\gamma_d = 1,05$        | modelfactor geldig voor benadering conform model Uplift Van    |
| $\gamma_m = \text{var.}$ | materiaalparameters (verwerkt in rekenwaarden voor de sterkte) |
| $\gamma_n = 1,08$        | schadefactor                                                   |

De berekeningen zijn uitgevoerd met behulp van rekenwaarden voor de sterkte. De veiligheidsfactor waar de dwarsprofielen op zijn getoetst bedraagt daarmee:

- Toetswaarde voor MStab berekening (Bishop model)  $\frac{\gamma_R}{\gamma_m} = 1,19$ ,
- Toetswaarde voor MStab berekening (Uplift Van model)  $\frac{\gamma_R}{\gamma_m} = 1,25$

### 2.3.6 Geotechnische parameters

De geotechnische berekeningen zijn gebaseerd op de onderzoeksrapporten [W&P, 2009], [Oranjewoud, 2008] en [Oranjewoud, 2009].

De sterkte parameters zijn gebaseerd op de parameters zoals die door Heidemij bij de laatste dijkverbetering zijn gebruikt [Heidemij, 1997]. Voor dit project waren 6 boringen voorzien. Doordat een deel van de percelen niet toegankelijk was zijn er uiteindelijk slechts 3 boringen uitgevoerd. De beschikbare triaxiaalproeven per onderscheidende grondlaag zijn te beperkt voor een statistisch zelfstandige proevenverzameling.

De uitgevoerde triaxiaalproeven [W&P, 2009] geven geen aanleiding om af te wijken van de in het verleden afgeleide parameters. De gebruikte schuifsterkte parameters zijn voor de volledigheid opgenomen in bijlage 3b.

De samendrukbaarheid is afgeleid uit de voor dit project uitgevoerde samendrukkingsproeven [W&P, 2009]. Hoewel de onderzoeksresultaten een goed en constant beeld geven van de samendrukbaarheid van de ondergrond, zijn onvoldoende proeven uitgevoerd om een volledig probabilistische bewerking op uit te voeren. Ook hier is daarom gebruik gemaakt van de gemiddelde waarden uit de uitgevoerde samendrukkingsproeven. De gebruikte samendrukkingsparameters zijn voor de volledigheid opgenomen in bijlage 3b.

Wij stellen voor om de niet uitgevoerde boringen in een volgende ontwerpfase alsnog uit te voeren. Door voortschrijdend inzicht adviseren wij daarbij het totaal aantal van 6 boringen te verhogen naar circa 10 boringen (waarvan er dus reeds 3 zijn uitgevoerd). De locatie en het exacte aantal zullen nader bepaald moeten worden.

### 2.3.7 Overige belastingen

Rekening wordt gehouden met de volgende niet-hydraulische belastingen:

- eigen gewicht van de waterkering;
- verkeersbelasting;
- aardbevingen;
- ijsbelasting;
- bodemdaling;
- bomen.

#### Verkeersbelasting

Uitgegaan wordt van 13,3 kN/m<sup>2</sup> over een strookbreedte van 2,5 m op de kruin conform TR Ontwerpbelastingen voor het Rivierengebied [MinV&W/ENW, 2007a]. Het pad op de berm is niet geschikt voor regulier motorverkeer. De verharding en fundering moet echter wel zodanig zijn dat incidenteel motorverkeer voor beheer en onderhoud, ook tijdens hoogwater, goed mogelijk is.

#### Aardbeving

Volgens Leidraad Rivieren dient hiermee geen rekening te worden gehouden. In het rapport over de gaswinning aan de zuidzijde van het tracé is dit reeds onderzocht.

#### Ijsbelasting

Kruierend ijs kan theoretisch schade aan dijken veroorzaken. Voor deze locatie is dit niet relevant omdat de waterkering niet aangestroomd wordt en de verwachte windsnelheden laag zijn. De beoogde vlakke helling beperkt het kruien van ijs.

#### Bodemdaling

Uitgangspunt is een daling van 25 cm over 50 jaar op aangeven van het waterschap. Dit is een bovengrens op basis van studies door Deltares m.b.t. bodemdalingen in de Krimpenerwaard. Dit is pas in een laat stadium bekend geworden toen de berekeningen al waren uitgevoerd. In de berekeningen is nog uitgegaan van 5 cm over 50 jaar (alleen door gaswinning). Er is wel globaal bekeken en dit rapport beschreven wat de consequenties zijn van een bodemdaling van 25 cm op het dijkontwerp.

#### Bomen

Op de binnenberm zullen bomen worden geplant. Uitgegaan wordt van ruigte aangezien omgevallen bomen niet worden geruimd.

## **2.4 Overige uitgangspunten**

Overige uitgangspunten betreffen natuur, landschap, uitvoering en beheer & onderhoud.

### **2.4.1 Natuur**

De dijk dient als hoogwatervluchtplaats voor de grazers en maakt deel uit van het te realiseren natuurgebied. In het voorkeursalternatief is opgenomen dat op de binnenteen begroeiing toegelaten kan worden. De grazers betreffen paarden en runderen.

### **2.4.2 Landschap**

De dijk is toegankelijk voor recreanten zoals voetgangers en fietsers. Het pad op de kruin dient als fietspad. Het pad op NAP +4m maakt deel uit van een wandelroute door het gebied Munnikenland.

Uitgangspunt voor het ontwerp is dat in het maaiveld nabij de Wakkere dijk geen ontgraving plaatsvindt.

#### 2.4.3 Uitvoeringsduur

Werkzaamheden aan de huidige primaire waterkering mogen alleen in het 'open' seizoen plaatsvinden (april – oktober). Indien sprake is van broedende vogels, mogen deze niet verstoord worden. De mogelijkheid bestaat om te voorkomen dat vogels in het projectgebied gaan broeden.

Het project Rivierverruiming Munnikenland kent een uitvoeringsduur van 4 jaar. Voor de dijkverlegging is ervan uitgegaan dat de dijk een half jaar na start van de uitvoering kan gaan worden opgebouwd. Uitgangspunt is dat de aanleg circa 1,5 tot 2 jaar in beslag neemt en dat daarna de dijk nog 1 jaar mag consolideren voordat de huidige primaire kering wordt afgegraven.

#### 2.4.4 Beheer & Onderhoud

De dijk dient altijd begaanbaar te zijn voor beheer en onderhoud. De taludbekleding van de dijk wordt niet onderhouden. Slechts bij zeer ernstige erosie wordt het profiel hersteld.

De aanwezigheid van beplanting (bomen e.d.) mag bovendien niet van invloed zijn op de waterkeringsveiligheid. In het ontwerp moet ook rekening zijn gehouden met de effecten van begrazing en betreding door grootvee.

Om de beplanting gelegenheid te geven om voldoende groot te worden, is het mogelijk noodzakelijk tijdelijk afrastering toe te passen op het binnentalud. Tevens is permanente afrastering nodig waar de dijk aansluit op dijken met ander beheer of gronden in eigendom van andere eigenaren.



### **3 TECHNISCH ONTWERP**

#### **3.1 Inleiding**

In dit hoofdstuk is het ontwerp van de Wakkere dijk uitgewerkt (hoofdgeometrie) en zijn de beheers- en onderhoudsaspecten beschreven.

#### **3.2 Dijkopbouw**

Grofweg kan het dwarsprofiel van de Wakkere dijk worden opgedeeld in drie zones (zie dwarsprofielen in bijlage 2), afhankelijk van de mate waarin ze gehandhaafd moeten worden. Het veiligheidsprofiel is het minimale profiel dat 100% van de tijd gehandhaafd moet zijn (rode lijn in profielen). De buitenberm wordt opgezet onder een talud van 1V:4H. De binnenberm wordt afwaterend (onder afschot) aangelegd. Het binnentalud van de berm wordt uitgevoerd met een helling van 1V:5H. Het veiligheidsprofiel wordt beschermd door de afslagzone (gearceerd vlak in profiel), dat benodigd is om tijdelijk erosie door golfslag tijdens hoogwater tegen te gaan. Deze laag dient na een hoogwater weer te worden hersteld. Daarnaast is buitendijs het fictieve intrede punt piping bepaald. Vanuit dijkveiligheid moet op dit punt altijd tenminste een laag van 1 meter aanwezig zijn. Omdat de dijk ook door groot vee gebruikt wordt en omdat de buitenste laag onderhevig is aan erosie, is het vaste punt voor het dijkprofiel bepaald op NAP+2,30m gelegen boven het fictieve intrede punt.

Het buitentalud van de dijk is ontworpen als één vlak. Dit vlak verbindt de minimale kruinhoogte en het buitendijs gelegen punt over het 'intrede punt piping'. De buitenste laag, het profiel dat je waarneemt in het veld (groene lijn), is benodigd om begrazing (HVP-functie) mogelijk te maken op de dijk én om de ruimtelijke kwaliteit (o.a. de tribunes) voldoende ruimte te geven in het dijkontwerp. Op het meest kritische punt van de dijk, ter plaatse van de tribunes die verzonken liggen in het talud, bedraagt de dikte van de buitenste laag niet meer dan 30 cm boven het afslag profiel. Het buitenste profiel is qua hoogte en talud vervolgens doorgetrokken in noord- en zuidrichting om de Wakkere Dijk visueel één element te laten zijn. Hierdoor ontstaan er plaatselijk grotere laagdikten tussen de afslagzone en het buitenste profiel (bijvoorbeeld bij profiel WD07). Eventuele gaten in het buitenste profiel die ontstaan door vee behoeven niet direct te worden hersteld vanuit veiligheidsoogpunt, mogelijk wel vanuit het landschappelijk beeld van de dijk en/of de HVP-functie.

Het buitentalud is vanuit ruimtelijk oogpunt ontworpen als zoveel mogelijk één continu vlak tussen kruin en teen zonder grote bermen. Voor het ontwerp van HVP's hanteert SBB (toekomstig terreinbeheerder) de vuistregel dat het talud 1:5 à 1:10 moet zijn. Het ontwerp van de Wakkere dijk voldoet met een talud van 1:8 aan deze vuistregel. De breedte van de Wakkere dijk ter hoogte van de voet op het huidige maaiveld is 115-120 meter afhankelijk van de hoogte van het huidige maaiveld.

Ook voor de binnenberm van de dijk is het veiligheidsprofiel berekend. Het berekende grondlichaam is benodigd om de negatieve effecten van piping op te vangen en voor de stabiliteit van dijk te garanderen (blauwe lijn). Bovenop deze laag is een extra laag van 1 meter opgenomen als 'wortellaag' voor de bomenrij. Deze meter is eveneens noodzakelijk vanuit het veiligheidsprofiel voor macrostabiliteit binnendijs.

De bomenrij wordt gevormd door Essen. Essen wortelen niet diep, waardoor ze een minimale impact hebben op de dijkstabiliteit. Ze hebben een zogenaamd hartwortelsysteem wat breed uitwortelt.

Op het binnentalud is een extra laag voorzien om begrazing (eventuele vertrapping) mogelijk te maken. Deze laag ligt tot op de hoogte van het fietspad, parallel aan het veiligheidsprofiel van 1:3.

### **Dijkontwerp zuidelijk deel (nabij Schouwendijk)**

Het behoud en waar mogelijk herstel van het tracé van de Schouwendijk vormt een van de hoofdpunten van de cultuurhistorische opgave voor het plangebied. Hiermee worden oude structuren beleefbaar gemaakt en blijven deze herkenbaar in het landschap. Om deze reden is handhaving van het bestaande tracé van de Schouwendijk ("de lijn in het landschap") als randvoorwaarde gehanteerd voor het dijkontwerp in het zuidelijk deel.

Daar waar de Schouwendijk de Wakkere dijk kruist, moet het maaiveld worden verhoogd om het Schouwendijktracé met een op-/afrit te de vereiste dijkhoogte te laten passeren. Vanuit vereisten voor de bereikbaarheid van de op-/afrit dient het talud hier minimaal 1:20 te zijn. Dit is een gangbaar profiel voor autoverkeer en vormt de bovengrens voor fietsverkeer (een flauwer talud zou vanuit het oogpunt van fietsers wenselijk zijn).

Vanwege de relatief korte afstand tot de Maaskade is, vanuit landschappelijk oogpunt (beleving van het gebied) en vanuit de functie van de dijk als HVP, het grondlichaam bij de Schouwendijk doorgetrokken tot aan de Maaskade. Voor dit dijktracé is, gelijk aan de open afrit, een talud van 1:20 gehanteerd. Het verbindende deel dijk tussen het gangbare Wakkere dijk profiel en de Maaskade/industrieterrein zal hier beleefd worden als een verhoging van het maaiveld. Op het zuidelijk binnentalud van dit deel wordt een TOP (toeristisch overstap punt) gerealiseerd. Dit komt voort uit de recreatievisie van de Gemeente Zaltbommel. Als onderdeel van het project Munnikenland wordt op deze plaats een beperkte verharding aangebracht om als parkeer locatie dienst te kunnen doen.

In Bijlage 1 is een overzichtstekening gegeven met daarop de locaties van een viertal doorsneden. De doorsneden zelf staan in Bijlage 2. Per doorsnede zijn twee dwarsprofielen weergegeven. Deze dwarsprofielen geven een goede indruk van de maatvoering en dijkopbouw.

#### **3.2.1 Functionele onderdelen**

De Wakkere dijk kan onderverdeeld worden in 3 zones, elk met een eigen functie.

- buitenzone, het gedeelte van de dijk buiten het veiligheidsprofiel;
- dijk kern, aangegeven als veiligheidsprofiel en;
- binnenberm.

De dijk wordt opgebouwd uit materialen die vrijkomen bij de werkzaamheden in het kader van het Ruimte voor de Rivierproject Munnikenland.

De onderstaande paragrafen beschrijven de zones waarbij wordt ingegaan op de toe te passen materialen, gebruik en functie.

### 3.2.2 Dijkkern

De dijkkern is de basis van de dijk die de maatgevende waterstand moet kunnen keren. De dijkkern wordt gevormd door een kern van zand met op het buitentalud een afdeklaag van dijktenklei met een dikte verlopend van 1 m bij de kruin tot 2 m bij de teen. De laag wordt opgezet onder een talud van 1V:4H. Voor de afdeklaag op het buitentalud wordt dijktenklei gebruikt. Hiervoor wordt de meest erosiebestendige (vette) klei gebruikt die beschikbaar is. Het binnentalud wordt afgedekt met teelaarde. Deze laag geeft de grasmat de mogelijkheid om te wortelen.

### 3.2.3 Buitenzone

De buitenzone ligt buiten het veiligheidsprofiel. De buitenzone bestaat uit de afslagzone die direct grenst aan het buitentalud van het veiligheidsprofiel en de zone die zich bevindt tussen de afslagzone en het landschappelijke profiel. Deze zone moet worden gezien als extra marge die in de praktijk als eerste zal eroderen.

Het materiaal in de afslagzone dient dijktenklei (minimaal erosiebestendigheidscategorie 3) te zijn. Aan het materiaal in de zone tussen de afslagzone en het landschappelijke profiel worden geen eisen gesteld behalve dat het hoofdbestanddeel cohesief moet zijn. Bij voorkeur wordt hier wel dijktenklei voor gebruikt. Uit de grondbalans is gebleken dat voldoende klei aanwezig is om daaruit de gehele buitenzone op te bouwen. Het is niet mogelijk de gehele buitenzone op te bouwen uit dijktenklei maar wel voldoende om de afslagzone uit dijktenklei op te bouwen.

Uitgangspunt voor het geotechnisch ontwerp is dat mocht er door extreme omstandigheden een afslagprofiel ontstaan, dit altijd buiten het veiligheidsprofiel blijft zodat het waterkerende vermogen van de dijk wordt gegarandeerd.

### 3.2.4 Binnenberm

De binnenberm wordt opgebouwd uit een mengsel van zand en klei afgedekt met een laag teelaarde. De laag teelaarde dient een goede doorworteling van de boomwortels mogelijk te maken. Iedere 100 m wordt de binnenberm over een smalle strook opgebouwd uit goed doorlatend zand in plaats van uit kleilig materiaal. Deze voorziening zorgt ervoor dat de dijkkern voldoende kan ontwateren en er een lage freatische lijn kan worden gehandhaafd in dijkkern en binnentalud. Er wordt overigens weinig afvoer via deze zandstroken verwacht. Of eventuele contractie een bezwaar is dient bij het maken van het definitief c.q. uitvoeringsontwerp / nadere detaillering nader bekeken te worden. De binnenberm wordt afwaterend (onder afschot) aangelegd. Het binnentalud van de berm wordt uitgevoerd met een helling van 1V:5H.

### 3.2.5 Materialen

De dijk wordt opgebouwd uit materialen die vrijkomen bij de werkzaamheden in het kader van het Ruimte voor de Rivierproject Munnikenland.

Als onderdeel van het grondstromenplan is met behulp van een GIS-analyse een grove onderverdeling gemaakt van de kwaliteit en kenmerken van de vrijkomende grond. Hierbij is gebruik gemaakt van ondiepe milieuboringen. De totale hoeveelheid benodigde grond voor de Wakkere dijk bedraagt 1 579.000 m<sup>3</sup>. Het hanteerde materiaal is weergegeven in de onderstaande tabel (conform grondstromenplan [Royal Haskoning, 2010]).

| Zone                              | Materiaal    | Volume (m3)      |
|-----------------------------------|--------------|------------------|
| Veiligheidszone, kern             | zand         | 397.694          |
| Veiligheidszone, afdeklaag        | dijkenklei   | 122.440          |
| Afslagzone                        | dijkenklei   | 93.654           |
| Landschappelijke zone, buitenberm | overige klei | 108.281          |
| Binnenberm                        | overige klei | 108.457          |
| Binnenberm, leeflaag              | roofgrond    | 100.089          |
| Zuidelijk deel, kern              | diversen     | 593.548          |
| Zuidelijk deel, afdeklaag         | overige klei | 55.219           |
| Cunet                             | overige klei | 116.100          |
| <b>Totaal</b>                     |              | <b>1.695.482</b> |

#### Gerijpte/ongerijpte klei

Het is wenselijk de dijk zoveel mogelijk op te bouwen uit gerijpte klei. Dit is vooral van belang voor de kernzone van de dijk. Ongerijpte klei is relatief moeilijk verwerkbaar en kan nog aanzienlijk vervormen na oplevering. Er is geen specifiek grondonderzoek uitgevoerd gericht op de gerijpteheid van de klei. Als eerste inschatting wordt er vanuit gegaan dat klei die zich bevindt onder een veelvoorkomende rivierwaterstand, als ongerijpt beschouwd moet worden. Hiervoor wordt de rivierwaterstand bij Vuren gebruikt die 80% van het jaar wordt onderschreden, te weten NAP +1,45 m. De kans dat ongerijpte klei wordt aangetroffen boven dit niveau wordt klein geacht.

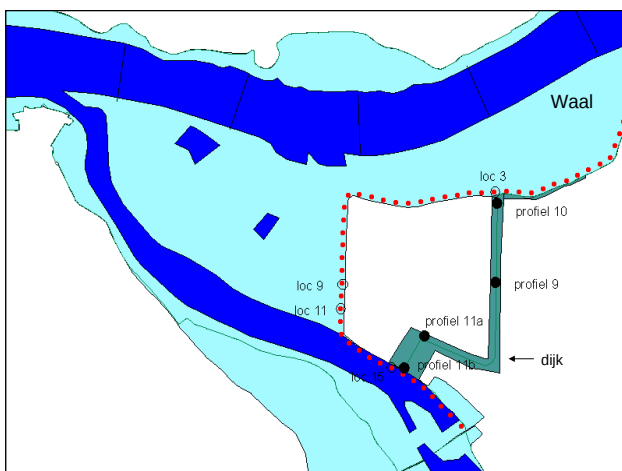
Uit een eerste analyse van de boorbeschrijvingen blijkt dat ongeveer driekwart van de dijktenklei (ca. 365 000 m<sup>3</sup> van totale 479.000 m<sup>3</sup>) gevonden wordt boven NAP +1,45 m. Het lijkt dus zeer aannemelijk dat er ruim voldoende gerijpte dijktenklei aanwezig is voor de kernzone van de dijk. Het toepassen van niet geheel gerijpte klei in de binnenberm en/of de buitenzone is niet bezwaarlijk.

Op basis van het huidige grondonderzoek is een verdere detaillering van het grondstromenplan niet mogelijk. Geadviseerd wordt in aanvullend onderzoek de gerijpteheid van de vrijkomende klei na te gaan en nader te bepalen waar de verschillende materialen (dijkenklei en overige klei, gerijpt of ongerijpt) in het dijkprofiel toe te passen.

### 3.3 Hoogte

#### 3.3.1 Ontwerphoogte

De technisch benodigde kruinhoogte afgerond op 10 cm bedraagt NAP +7,90 m op basis van overslagdebiet ter plaatse van de kruin  $q=0,1$  l/m/s. De berekeningen staan in Bijlage 3. De kruinhoogte is bepaald op basis van een taludhelling 1:4. De ligging van de profielen is gegeven in onderstaande figuur.



**Figuur 3.1: Overzicht uitvoerlocaties Hydra-R**

**Tabel 3-1: Ontwerpkuinhoogte**

| Naam dijk-profiel | Talud [1:-] | Water-stand [m+NAP] | Wind-richting [°] | Windsnel-heid [m/s] | Hs [m] | Tp [s] | Golfrich-ting [°] | Benodigde kruinhoogte [m+NAP] | Ontwerpkruin-hoogte [m+NAP] |
|-------------------|-------------|---------------------|-------------------|---------------------|--------|--------|-------------------|-------------------------------|-----------------------------|
| Prof 10           | 1op4        | 7,1                 | 270               | 13                  | 0,43   | 2,55   | 270               | 7,87                          | 7,90                        |
| Prof 9            | 1op4        | 7,1                 | 292,5             | 12                  | 0,42   | 2,53   | 292,5             | 7,86                          | 7,90                        |
| Prof 11a          | 1op4        | 7,1                 | 270               | 13                  | 0,44   | 2,57   | 270               | 7,83                          | 7,90                        |
| Prof 11b          | 1op4        | 7,1                 | 292,5             | 12                  | 0,40   | 2,54   | 292,5             | 7,81                          | 7,90                        |

Landschappelijk gezien is een dakje gewenst zodat in het veld de Wakkere dijk als karakteristiek dijkprofiel zichtbaar is. De hiervoor benodigde kruinhoogte bedraagt NAP +8,50 m. In zowel de zettingsberekeningen als de stabiliteitsberekeningen is echter uitgegaan van een ophoging tot NAP +7,90 m.

**Conclusie: Het ontwerp voldoet qua hoogte aan de gestelde eisen.**

### 3.3.2 Zettingen

De ondergrond zal worden samengedrukt als gevolg van de aanleg van de Wakkere dijk. Uit het laboratoriumonderzoek blijkt dat de huidige ondergrond in het projectgebied sterk samendrukbaar is. Uitgaande van een maaiveld op NAP +0,95 m bedraagt de netto ophoging 7,55 m. In de berekeningen is uitgegaan van een gemiddeld volumegewicht van het ophoogmateriaal van 18 kN/m<sup>3</sup>.

Berekeningen wijzen uit dat slechts een deel van de zetting optreedt tijdens de uitvoering, zodat de dijk een flinke overhoogte moet hebben om de zettingen te kunnen compenseren die nog optreden na de oplevering van het werk. Uit de zettingberekeningen blijkt dat rekening moet worden gehouden met een eindzetting (hoogteverschil tussen de aanleg en het einde van de planperiode) van 2,1 m tot 2,7 m (zie tabel 3.2). Restzettingen zijn berekend op 0,1 tot 1,3 m afhankelijk van de lokale bodemopbouw (aanwezigheid tussenzandlagen).

**Tabel 3-2: Verwachte maximale zetting over verschillende termijnen (locatie onder kruin)**

| Profiel | Sondering   | Netto ophoging | Verwachte (rest)zetting             |         |                             |
|---------|-------------|----------------|-------------------------------------|---------|-----------------------------|
|         |             |                | tijdens uitvoeringsperiode (4 jaar) | 50 jaar | Restzetting (na oplevering) |
| WD04    | DKM32-DKM49 | 7,55 m         | 1,9 m                               | 2,4 m   | 0,5 m                       |
| WD07    | DKM36-DKM57 | 7,55 m         | 2,0 m                               | 2,1 m   | 0,1 m                       |
| WD15    | DKM76-DKM78 | 7,55 m         | 1,4 m                               | 2,7 m   | 1,3 m                       |

Er is van uitgegaan dat het aanbrengen van de dijk circa 1,5 tot 2 jaar in beslag neemt. Deze voor dijken op slappe ondergrond relatief snelle bouwtijd is mogelijk vanwege de brede basis en flauwe taluds die bevorderlijk zijn voor de uitvoeringstabiliteit. De uitvoeringsvolgorde is ook cruciaal voor de uitvoeringstabiliteit: eerst moeten aan weerszijden van de op te bouwen zandkern kleikades voor buitenzone/dijkkern en binnenberm worden aangelegd waarna het zand voor de zandkern kan worden aangebracht. Vergelijk met het aanbrengen van perskaden met zand ertussen. Dit is een belangrijk aandachtspunt voor de uitvoering.

Gezien de wens van het waterschap dat een korte aanlegperiode wordt aangehouden, is er van uitgegaan dat er geen gebruik zal worden gemaakt van een depot tijdens de aanleg. Gevolg hiervan is dat ondiep gelegen materiaal als onderste laag wordt aangebracht in de Wakkere dijk. Deze klei is geconsolideerd onder een veel lagere spanningstoestand dan welke het in de Wakkere dijk zal ondervinden. Dientengevolge dient er rekening mee te worden gehouden dat de kleiige materialen, waarvan de toepassing alleen is voorzien in het binnen- en buitentalud van de dijk, nog substantieel zullen vervormen onder invloed van het eigen gewicht en/of eventuele permanente bovenbelastingen. Deze vervormingen zijn niet meegenomen in de resultaten van tabel 3-2.

#### Autonome bodemdaling

Als gevolg van autonome bodemdaling moet 0,25 cm als extra overhoogte worden meegenomen bij de aanleg van de dijk. Hierin is 5 cm daling door gaswinning in verdisconteerd.

#### Beheersmaatregelen verschilzettingen

Zonder aanvullende maatregelen zullen over grote delen van het dijktraject gedurende jaren nog significante restzettingen (en verschilzettingen over de dijk) optreden na oplevering van de dijk. Dit is uit landschappelijk oogpunt met betrekking tot aanbrengen van wegverhardingen, aansluitpunten en wegkruisingen niet gewenst. Vlak voor oplevering wordt de dijk ingericht met paden en het buitentalud met terrassen geprofileerd. Het is wenselijk de restzettingen zoveel mogelijk te reduceren om herstelwerkzaamheden zoals herprofilering talud en terrassen en het vernieuwen van verhardingen in de planperiode beperkt te houden. Het waterschap houdt rekening met herstelwerkzaamheden en neemt in het bestek daarom een onderhoudsperiode van 5 jaar (na oplevering) op. Het voordeel van de Wakkere dijk hierbij is dat geen eisen worden gesteld aan de taludbekleding waardoor herprofilering geen kostbare zaak hoeft te zijn en ook veiligheidstechnisch geen probleem is. Er hoeft geen grasmat in stand te worden gehouden.

Evenwel is het mogelijk over het traject WD13 – WD22 de zettingen te versnellen door het toepassen van verticale drainage. Deze optimalisatie is niet meegenomen in voorliggend ontwerp. Over het traject WD00 – WD13 wordt het gebruik van verticale drainage niet aanbevolen gezien de heterogene grondopbouw en aanwezigheid van mogelijk watervoerende zandbanen. Hiermee mag de drainage uit veiligheidsoogpunt geen contact maken. Echter, op plaatsen waar zandbanen aanwezig zijn zullen de restzettingen aanzienlijk minder groot zijn dan over het traject WD13 – WD22.

Aanbevolen wordt om bij het definitief ontwerp de optimalisatie met verticale drainage te overwegen, en indien gewenst uit te werken. Hierbij kan dan ook na worden gegaan of op traject WD00-13 nog zettingversnellende maatregelen nodig zijn (afhankelijk van de toelaatbare restzetting). Mochten op dit traject zettingversnellende maatregelen nodig zijn, dan wordt aanbevolen de zandbanen uit te karteren met het oog op veilig toepassen van verticale drainage op dit traject. Dit zal maatwerk worden.

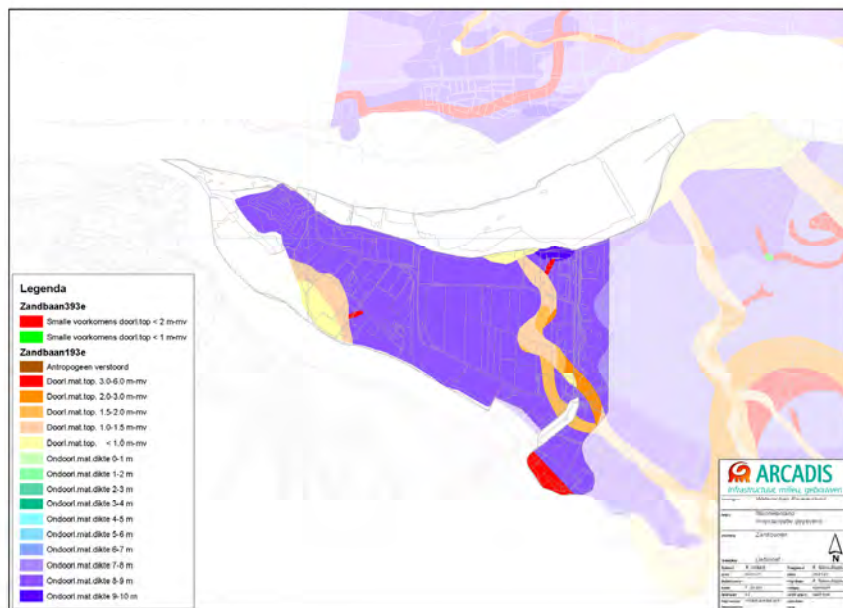
### **3.4 Geohydrologie**

#### **3.4.1 Beschrijving geohydrologische situatie**

De buitenpolder Munnikenland ligt ingeklemd tussen de Waal en de Afgedamde Maas. De geohydrologie wordt sterk gedomineerd door de waterstanden op deze twee rivieren. Het Munnikenland heeft een dikke toplaag (deklaag) bestaande uit klei- en veen afzettingen welke zijn gelegen op een dik eerste watervoerend pakket (WVP).

In de deklaag wordt een stroomgordel aangetroffen. De stroomgordel is op enig moment ingesleten in de deklaag (tijdens de formatie van de deklaag of daarna) en de onderkant reikt tot in het WVP of staat hiermee indirect in contact.

De deklaag bestaat vooral uit stroomgordel en komafzettingen (zware klei met veenlagen). Uit onderzoek blijkt dat de stroomgordelafzettingen altijd zijn afgedekt door tenminste een 2 m dikke laag komafzetting. Ter plaatse van de stroomgordelafzettingen is de hydraulische weerstand van de deklaag altijd aanzienlijk kleiner dan ter plaatse van de ongestoorde komafzettingen.



**Figuur 3.2: Zandbanen kaart Munnikenland, Arcadis 2007**

De Waal en Afgedamde Maas voeden het WVP dat bestaat uit Pleistocene zanden. Tijdens normale afvoer op de rivier blijkt dat de grondwaterstroming in het WVP naar het zuidwesten is gericht (Witteveen en Bos, 2008). De verwachting is dat tijdens hoogwater dit eveneens het geval zal zijn. Maatgevend hoogwater op de Afgedamde Maas achter de Kromme Nol kering bedraagt slechts NAP + 3,5 m, terwijl MHW in en rond Munnikenland in dit project wordt aangehouden op NAP + 6,8 m.

Het stromingsbeeld rond de Wakkere dijk is niet overal gelijk. Het van noord naar zuid lopende traject (WD00 – WD13) ligt min of meer parallel aan de stroomgordel. De dikte van het voorland is daardoor beperkt. De dikte van het achterland is echter veel groter. Voor dit traject kan gebruik worden gemaakt van model 4A uit TR Waterspanningen bij Dijken.

Indien de intreeweerstand aan de buitenzijde wordt verwaarloosd resulteert een waterstand van ca. NAP +6,15 m in het eerste WVP ter plaatse van de binnenteen.

Voor het traject parallel aan de Schouwendijk (WD13 – WD18), komt het water in het WVP van alle kanten. Hierdoor ontstaat een driedimensionaal stromingsmodel, welke zich niet eenvoudig laten schematiseren tot een tweedimensionaal doorsnede volgens de standaard stromingsmodellen uit TR Waterspanningen bij Dijken. Om deze reden is ervoor gekozen een PLAXIS analyse uit te voeren.

### 3.4.2 PLAXIS analyse

Ter bepaling van de waterspanningen direct onder de onderkant van de deklaag in het WVP is een analyse uitgevoerd met behulp van PLAXIS. De analyse is uitgevoerd met een tweedimensionale schematisatie van de hierboven geschetste geohydrologische situatie. Het geschematiseerde lengteprofiel loopt van de zuidelijk gelegen Maasdijk (~hm290) tot aan de noordelijk gelegen Munnikenlandse Waalkade (~hm270).

Vervolgens is uitgegaan van een ondergelopen Munnikenland na aanleg van de Wakkere dijk. De analyse geeft een schatting van de stijghoogte bij de waterkering ter plaatse van WD16. De stijghoogte in het WVP bedraagt ongeveer NAP + 6,2 m. Dit geldt zowel voor de binnendijkse als buitendijkse zijde van de dijk. Het waterstandsverschil tussen polderpeil en buitenpeil, waarbij het beschouwde polderdeel aan drie zijden door een hoge waterstand is omsloten, stelt zich voornamelijk in over de deklaag. Er is onder maatgevende condities nauwelijks sprake van stroming in het eerste WVP. De stijghoogte van het water in het eerste WVP is nagenoeg constant.

### 3.5 Piping

#### 3.5.1 Berekening

De kwelweglengte is bepaald met het rekenmodel van Bligh. De minimaal benodigde kwelweglengte bedraagt 93 m. De minimaal aanwezige kwelweglengte volgens de tekeningen staan in Tabel 3-3. Dit zijn de kwelweglengten nadat erosie van het afslagprofiel is opgetreden.

Toetsingcriterium:  $L_{aanwezig} \geq L_{crit}$

$$L_{crit} = C_{creep} \cdot dH$$

$$dH \geq H_{in} - H_{uit} - 0,3d$$

waarin:

- $H_{in}$  waterstand bij het intredepunt: 6,80 m + NAP (MHW);
- $H_{uit}$  waterstand bij het uitredepunt: 0,60 m + NAP (polderpeil);
- $d$  dikte achterland (d) ter plaatse van uitredepunt: nihil;
- $dH$  verval over de waterkering (dH): 6,20 m;
- $C_{creep}$  kwelfactor: 15 (gebaseerd op resultaten korrelverdelingen bijlage 3B).

Het uitredepunt ligt ter plaatse van de binnendijks gelegen teensloot, enkele meters achter de teen van de binnenberm. De deklaag in het achterland kan door de aanwezigheid van de stroomgordel van beperkte dikte zijn. Veiligheidshalve is ervan uitgegaan dat de deklaag ter plaatse van stroomgordels in het achterland onvoldoende weerstand biedt tegen piping (omdat deze op zal barsten).

**Tabel 3-3: Aanwezige kwelweglengte per traject**

| Traject                 | Minimaal aanwezige kwelweglengte [m] |
|-------------------------|--------------------------------------|
| Traject 1: WD00 – WD13  | 108                                  |
| Traject 2: WD13 – WD 18 | 126                                  |
| Traject 3: WD18 – WD22  | 339                                  |

#### 3.5.2 Bomen

Een ontgroning als gevolg van een omgewaaide boom zou mogelijk kunnen leiden tot een verkorting van de kwelweglengte. Voor het mechanisme piping is ervan uitgegaan dat meerdere bomen op een rij omvallen, ook al is dit niet waarschijnlijk.

### WD00 – WD13

De dikte van de binnenberm is hier bepaald door de combinatie macrostabiliteit (rekening houdende met opdrijven) en opbarsten van het achterland. Op de binnenberm is in geval van bomen een marge van 1 m vereist tussen het landschappelijke aanlegprofiel en het veiligheidsprofiel.

### WD13 – WD18

Bij een bermhoogte van NAP +3.75m maakt de som van de gewichten van de deklaag en de berm juist evenwicht met de opwaartse gerichte waterdruk onder de deklaag uitgaande van de berekende stijghoogte van NAP +6,2 m in het eerste watervoerende pakket (in geval van een niet gezette geometrie zonder overhoogte).

De bermhoogte levert voldoende gewicht (zeker nadat de zettingen volledig zijn opgetreden) om met zekerheid te kunnen stellen dat als opbarsten optreedt dit altijd eerst zal gebeuren in het laaggelegen achterland.

Mocht het achterland opbarsten dan zal hierdoor lokaal de stijghoogte van het water in het eerste WVP reduceren. Het eerste WVP is echter zo doorlatend dat dit effect gering zal zijn (de voeding is enorm). In de evenwichtsbeschouwing is daarom uitgegaan van een ongewijzigde waterstand in het eerste WVP (NAP +6,2 m).

De beschikbare bermdikte en de dikte van de deklaag (samen tenminste 7,0 m), zullen ruim voldoende weerstand bieden tegen het faalmechanisme piping in geval dat er lokaal een ontgrondingskuil ontstaat als gevolg van het omwaaien van één of meerdere bomen.

De laagdikte is zodanig dik ( $> 4$  m) dat het mechanisme opbarsten (vanuit materiaalsterkte gedacht) niet apart hoeft te worden beschouwd; de sterkte van de deklaag in het achterland is niet tot nul gereduceerd. De macrostabiliteit is onderzocht ervan uitgaande dat het achterland opdrijft (mechanisme opdrukken/opdrijven).

**Conclusie: Het ontwerp voldoet op piping, ook bij omwaaien van bomen.**

## **3.6 Macrostabiliteit binnenwaarts**

De controle op macrostabiliteit is uitgevoerd met het programma MStab 9.10.8.6 (Delft GeoSystems).

Ten behoeve van de binnenwaartse macrostabiliteit zijn drie profielen als maatgevend beschouwd (zie bijlage 3b):

- dwarsprofiel WD04, DKM32 – (DKM50) – DKM49;
- dwarsprofiel WD07, DKM36 – (DKM58) – DKM57;
- dwarsprofiel WD15, DKM76 – DKM77 – DKM78.

Opgemerkt dient hierbij te worden dat in de MStab sommen is uitgegaan van:

- een consolidatiegraad overeenkomend met 1 jaar consolideren (er is dus sprake van wateroverspanning);
- een ongezette geometrie (een veilige veronderstelling);
- eindhoogte (onveilige veronderstelling omdat er vanwege de nog grote te verwachten restzetting een behoorlijke overhoogte benodigd is).

**Tabel 3-4: Berekende veiligheidsfactoren binnenwaartse macrostabiliteit 1,5 jaar na start aanleg en 1 jaar effectieve consolidatietijd**

| Profiel | Traject     | Stabiliteitsfactor (ULV) | Bestandsnaam                                       |
|---------|-------------|--------------------------|----------------------------------------------------|
| WD04    | WD00 – WD04 | 1,40 (1,33)              | WD04_DKM32-49_t540_STBI_20090618 slope 1V3H.sti    |
| WD07    | WD04 – WD13 | 1,27 (1,21)              | WD08_DKM36-57_t540_STBI_20090618 slope 1V3H.sti    |
| WD15    | WD13 – WD18 | 1,30 (1,23)              | WD16_DKM76-77-78_t540_STBI_20090616 slope 1V4H.sti |

NB: door henummering wijkt de profielnummering van de MStab-bestanden af van die in het rapport en tekeningen

#### Autonome bodemdaling

In de gepresenteerde MStab sommen is geen rekening gehouden met de 25 cm autonome bodemdaling. Een aanvullende beschouwing leert dat een 25 cm daling van het binnendijkse maaiveld gedurende de planperiode niet leidt tot een minder stabiele situatie. Omdat tegelijkertijd de wateroverspanningen (waar nu mee is gerekend) afnemen, zal de stabiliteit zal per saldo juist toenemen.

#### Ontwerpbelastingen

De binnenwaartse macrostabiliteit is bepaald onder belasting van maatgevend hoog water. Extreme neerslag wordt niet gezien als maatgevende belastingsituatie. Wel wordt opgemerkt dat extreme neerslag niet tot een sterk verhoogde freatische lijn in de kern van de dijk mag leiden. Hiervoor wordt een drainagevoorziening aangelegd bestaand uit een smalle strook fijn zand in de binnenberm.

Uitgangspunt is dat de afvoercapaciteit van de drainagevoorzieningen ruim groter is dan de hoeveelheid water die per tijdseenheid de kern instroomt onder maatgevende hydraulische belastingcondities.

De bomen op de binnenberm vormen in essentie een permanente bovenbelasting. Doordat de binnenberm zich buiten de actieve, aandrijvende cirkel bevinden draagt deze bovenbelasting in beginsel gunstige bij aan de stabiliteit. Hiermee is geen rekening gehouden bij het bepalen van de macrostabiliteit.

Als gevolg van het omwaaien van enkele bomen kunnen ontgrondingen ontstaan. Er zal geen gewicht verloren gaan, alleen een kleine verplaatsing van het gewicht. Onder de voorwaarde dat de bomen alleen op de binnenberm worden geplant en dat er geen ontgravingen tot in het veiligheidsprofiel plaatsvinden, heeft het omwaaien geen negatieve invloed op de binnenwaartse macrostabiliteit. De te planten bomen hebben bij voorkeur geen diepe wortels, maar een brede wortelzone zodat bij ontworteling de ontgrondingskuil niet het veiligheidsprofiel doorsnijdt.

#### **Conclusie: Het ontwerp voldoet op macrostabiliteit binnenwaarts, ook bij omwaaien van bomen.**

### **3.7 Macrostabiliteit buitenwaarts**

#### **3.7.1 Wakkere dijk**

De maatgevende belastingsituatie voor de buitenwaartse macrostabiliteit is een val na hoog water. In dit specifieke project kan een deel van de bekleding op het buitentalud afslaan. Het restprofiel na afslag van de afslagzone is voldoende veilig om de standzekerheid van de dijk met voldoende veiligheid te kunnen garanderen.

### 3.7.2 Aansluiting Maasdijk

De Wakkere dijk sluit aan de zuidzijde aan op de bestaande primaire waterkering Maasdijk (nabij hm286-hm289). Hiermee wordt de huidige Maasdijk ter plaatse van de aansluiting onderdeel van de nieuwe waterkering. De Wakkere dijk wordt tegen het binnentalud en op de kruin van de Maasdijk aangebracht. De kruin van de Wakkere dijk is hoger dan de kruin van de Maasdijk. De kern van de dijk wordt momenteel niet actief ontwaterd.

In het ontwerprapport [Heidemij, 1997] is de buitenwaartse stabiliteit berekend (hm282). De berekende veiligheidsfactor bedraagt 1,03. De voor het ontwerp te hanteren hogere hydraulische belasting en de ophoging van de Wakkere dijk zullen invloed hebben op de stabiliteit. Naar verwachting zal de stabiliteit hierdoor niet voldoen.

Als maatregel voor het vergroten van de stabiliteitsfactor ligt een aanpassing van het bovenste deel van het buitentalud voor de hand. Deze maatregel kan zo worden vormgegeven dat aan de eisen voor de veiligheid wordt voldaan. Wij voorzien hierbij geen aanpassing van de buitenteen constructie. De detaillering van deze maatregel zal in een volgende ontwerpfase uitgewerkt dienen te worden.

In een volgende ontwerpfase zal tevens worden gekeken naar de noodzaak en werking van een eventuele drainagevoorziening voor de kern van de waterkering. Mocht dit noodzakelijk zijn, dan kan een zandscheg tussen de bestaande dijk en de kleilichamen van de Wakkere dijk worden aangebracht. De zandscheg zorgt voor voldoende drainage teneinde de waterspanningen laag te houden en de stabiliteit van de bekleding te waarborgen.

**Conclusie: Het ontwerp voldoet vanwege de flauwe taludhellingen op macrostabiliteit buitenwaarts. Voor de aansluiting op de Maaskade moet het ontwerp op dit punt nog worden uitgewerkt.**

### 3.8 Microstabiliteit

De kern van de waterkering wordt uitgevoerd met een zandkern en een binnentalud boven de binnenberm van 1V:3H (traject 1) respectievelijk 1V:4H (traject 2). In de dijk kern wordt een lage freatische lijn gehandhaafd waardoor er geen water uit het binnentalud kan treden.

De binnenberm heeft op enkele plaatsen een ontwaterende functie en kan de freatische lijn uit het binnentalud treden. Door het aanbrengen van een talud onder een helling van 1V:5H wordt voorkomen dat dit zal leiden tot uitspoeling van zanddeeltjes.

**Conclusie: Het ontwerp voldoet op microstabiliteit**

### 3.9 Bekledingen en erosie

#### 3.9.1 Buitentalud

Vanwege begrazing van het buitentalud door grote grazers wordt uitgegaan van ontbreken van een grasbekleding voor de sterkte. Het buitentalud dient voldoende erosiebestendig te zijn om windgolven te kunnen weerstaan of dient dermate ruim gedimensioneerd te zijn dat afslag door golven of erosie door vertrapping door vee toegelaten is.

Het buitentalud wordt na aanleg wel ingezaaid met gras om de vestiging van gras te bevorderen. Het talud zal ook wel begroeid zijn met gras en kleine vegetatie, maar deze begroeiing wordt niet beschouwd voor de sterkte doordat het grootvee de vegetatie lokaal vertrapt. Opgaande vegetatie, zoals bomen en grote heesters, moet worden voorkomen om de dijk in het landschap herkenbaar te houden.

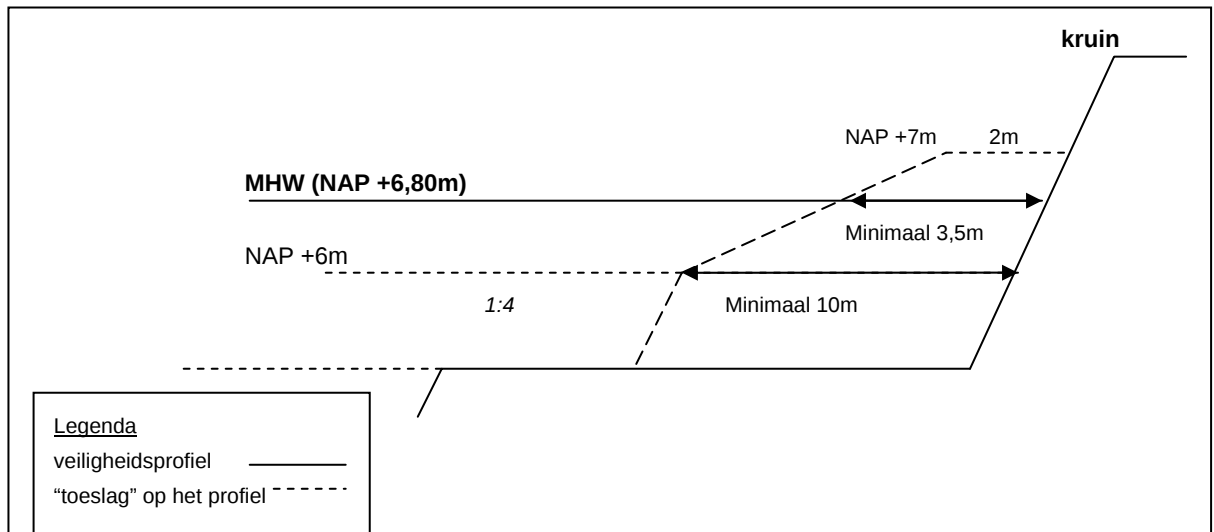
De bescherming tegen erosie wordt bewerkstelligd door een extra laag dijkklei, minstens categorie 3 op het buitentalud van de dijk kern aan te brengen. Deze kan eroderen zonder dat de waterkeringsveiligheid wordt aangetast. De extra laag klei is een afslagzone die kan eroderen door golfwerking of door stuktrappen door vee.

De mogelijke afslag door golven wordt bepaald op basis van het rapport Onderzoek problematiek voorland (Definitief) T. Stoutjesdijk, GeoDelft, december 2001. Uitgegaan wordt van klei. Conservatief uitgangspunt is  $H_s = 1$  m. De verwachte schade na 48 uur is 8,7 m breed en maximaal 0,4 m diep. Deze schade kan theoretisch voorkomen tussen het maaiveld en NAP +6,0m. Daarboven zal de schade kleiner zijn, namelijk orde 3,5 m en maximaal 0,2 m diep.

Wij gaan uit van een minimale horizontale kleilaagdikte van 3,5 m tussen NAP +6m en Ontwerppeil. Beneden NAP +6m geldt een minimale horizontale kleilaagdikte van 10 m. Aangezien de erosie door golven zeer conservatief is, is dit tevens voldoende om het eroderende effect door betreding door vee tegen te gaan. Deze dimensioneringsmethode is akkoord bevonden door Deltares, zie bijlage 4.

#### De "tribunes"

Uitgaande van een platberm op circa NAP+7m (boven Ontwerppeil zodat het vee droge poten houdt), is de maat van 3,5m op MHW maatgevend. De platberm is minimaal 2m. Dit is weergegeven in figuur 3.3.



**Figuur 3.3: Schets afslagzone**

De treden in het profiel, zie tekening 1 in bijlage 2, worden gerealiseerd door basaltzuilen gestapeld of gezet op een steil taluddeel toe te passen. De basaltzuilen worden direct op de klei aangebracht omdat ze geen waterkerende functie hebben. Ze zijn dan eenvoudig te herplaatsen na eventuele schade of bij herprofilering van de dijk. De basaltzuilen worden aangebracht als het grootste gedeelte van de consolidatie heeft plaatsgevonden om te voorkomen dat grote vervormingen van de steenzettingen optreden door zetting en klink.

De aanwezigheid van de treden in basalt heeft geen nadelig effect op de erosiebestendigheid van het talud. Normaliter treedt rond een hard object in een grasbekleding wel meer erosie op ten gevolge van contractie van stroming. Voor deze treden is dit effect echter beperkt door de gekozen beheervorm. Gras en opschot zal op de overgang van de treden naar de gras/kleibekleding volop groeien aangezien dit moeilijk te begrazen is en bladeren en los materiaal daar zullen ophopen.

### 3.9.2 Kruin en binnentalud

Voor de kruin en het binnentalud is het overslagdebiet dermate klein ( $q < 0,1 \text{ l/m/s}$ ) dat een bekleding niet noodzakelijk is vanwege erosie door overslag. Kruin en binnentalud Het dijkprofiel wijzigt in de loop der tijd licht door de betreding en begrazing van groot vee. Ter voorkoming van aantasting van kruin en binnentalud wordt een extra laag grond aangebracht op het profiel dat nodig is voor de veiligheid. De extra laag grond heeft een dikte van 1 m.

Deze extra laag kan dunner worden door vertrapping door groot vee of ontworteling van bomen zonder dat dit gevolgen heeft voor het waterkerend vermogen.

**Conclusie: het ontwerp voldoet qua erosiebestendigheid door het toepassen van een voldoende brede afslagzone.**

### **3.10 Beschermingszone**

De beschermingszone bedraagt 30 m aan beide zijden, gemeten vanaf de binnen- of buitenteen. Binnen deze zone mag geen ontgraving plaatsvinden.

Maatgevend voor de beschermingszone binnendijs is de vuistregel 5H voor macrostabiliteit. Buitendijs moet de stabiliteit van het voorland voldoende gegarandeerd blijven.

### **3.11 Verhardingen**

De definitieve verharding op de kruin bestaat uit een asfalt/betonpad zodat de kruin te allen tijde berijdbaar is. Het pad wordt gefundeerd op puin op geotextiel. De wegverharding ligt in een overhoogte boven het veiligheidsprofiel. De asfalt- of betonverharding kan pas aangebracht worden als de grootste zettingen bereikt zijn om scheurvorming te voorkomen. De eerste jaren dient daarom een puinverharding gebruikte te worden of een verharding van grasbetonstenen.

Het grind of puin dient dermate fijn te zijn dat het goed berijdbaar is en geen kans op lekrijden door fietsers geeft. De permanente asfalt- of betonverharding dient binnen de looptijd gerealiseerd te worden.

De verharding op de buitenberm bestaat uit een grind of puinpad op doek en ligt ruimschoots buiten het veiligheidsprofiel. Het grind of puin dient dermate fijn te zijn dat het goed berijdbaar is en geen kans op lekrijden door fietsers geeft.

### **3.12 Kabels en leidingen**

Kabels en leidingen worden zo aangelegd dat zij niet van invloed zijn op de waterkeringsveiligheid. In het gebied zijn volgens opgave van de opdrachtgever geen grote kabels en leidingen aanwezig. In het ontwerp is alleen rekening te worden gehouden met huisaansluitingen voor buitendijkse bebouwing. Deze worden zo mogelijk gebundeld aangelegd en blijven buiten het veiligheidsprofiel waardoor deze niet van invloed zijn op het waterkerend vermogen. De kabels en leidingen worden bij voorkeur in de nabijheid van wegen gelegd vanwege de traceerbaarheid en om te voorkomen dat deze bloot komen liggen door vertrapping door vee.

### **3.13 Beheer en onderhoud**

De dijk wordt ingezaaid na aanleg, maar niet frequent gemaaid. Bij sterke verruwing zal een maaibeurt nodig zijn. Mogelijk zijn de eerste jaren na aanleg nodig om te verschralen door maaien en afvoeren (bij te weelderige groei). Opschot van bomen of struiken op het buitentalud, de kruin of het binnentalud wordt verwijderd om het dijkprofiel in het landschap zichtbaar te houden. Op de dijk worden paarden en koeien toegelaten, wat lokaal tot vertrapping van de grasmat leidt. Ingrijpen vindt plaats als sprake is van voortschrijdende erosie die kan leiden tot aantasting van de afslagzone. Ingrijpen kan bestaan uit herstel van het profiel, aanpassing van de beweidingsdruk of afpaling van het beschadigde stuk zodat dit kan begroeien. Monitoring van de profielafname vindt plaats op basis van de reguliere profielmetingen.

Op de binnenberm worden bomen geplant. De bomen worden gescheiden van de rest van de dijk door een greppel en een tijdelijke afrastering om te voorkomen dat vee de bomen beschadigd gedurende de eerste jaren na aanplant. Indien bomen omvallen worden deze niet geruimd. Het omvallen en ontwortelen van bomen heeft geen nadelige gevolgen voor de waterkering aangezien de wortels niet het veiligheidsprofiel doorsnijden.

Het talud aan de waterkant zal in de loop der tijd door drinkend vee worden uitgelopen. Dit wordt niet hersteld tenzij het waterkerend vermogen in gevaar komt.

### **3.14 Fasering en planning**

De dijk dient over de hele breedte gefaseerd te worden opgehoogd (er moet voldoende berm aanwezig zijn om de uitvoeringsstabiliteit van de kern te kunnen garanderen). De planning moet dusdanig zijn dat de effectieve consolidatietijd van de dijk overal tenminste 1 jaar bedraagt voordat de huidige waterkering wordt afgegraven. In de fasering en planning en in het grondstromenplan zal er rekening mee gehouden moeten worden dat de dijk tijdig wordt aangelegd.

## 4 AANDACHTSPUNTEN DEFINITIEF ONTWERP, BESTEK EN UITVOERING

### Omheiningen

Op de overgang van binnentalud naar binnenberm dient de eerste jaren een omheining te staan zodat de aanplant de gelegenheid krijgt tot wasdom te komen.

Langs de grenzen van het projectgebied Munnikenland dient een omheining geplaatst te worden om het vee binnen het projectgebied te houden. Op de aansluiting van de wegverhardingen op de bestaande wegen dient een veerooster aangebracht te worden.

### Inzaaien

Inzaaien van de kruin en de taluds van de dijk is gewenst om opschot van onkruiden te voorkomen, dit ondanks het feit dat de dijk ontworpen is uitgaande van ontbreken van een grasbekleding.

### Grondonderzoek

Er zijn 3 van de 6 boringen uitgevoerd (zie par. 2.3.6). Wij stellen voor om de niet uitgevoerde boringen in een volgende ontwerpfase alsnog uit te voeren. Door voortschrijdend inzicht adviseren wij daarbij het totaal aantal van 6 boringen te verhogen naar circa 10 boringen (waarvan er dus reeds 3 zijn uitgevoerd). De locatie en het exacte aantal zullen nader bepaald moeten worden.

### Gerijpte/ongerijpte klei

Op basis van globaal onderzoek is het zeer aannemelijk gemaakt dat er ruim voldoende gerijpte dijkenglei aanwezig is voor de kernzone van de dijk. Op basis van het huidige grondonderzoek is een verdere detaillering van het grondstromenplan niet mogelijk. Geadviseerd wordt in aanvullend onderzoek de rijpheid van de vrijkomende klei na te gaan en nader te bepalen waar de verschillende materialen (dijkenglei en overige klei, gerijpt of ongerijpt) in het dijkprofiel toe te passen.

### Beheersmaatregelen tegen verschilzettingen

Zonder aanvullende maatregelen zullen over grote delen van het dijktraject gedurende jaren nog significante restzettingen (en verschilzettingen over de dijk) optreden na oplevering van de dijk. Dit is uit landschappelijk oogpunt met betrekking tot aanbrengen van wegverhardingen, aansluitpunten en wegkruisingen niet gewenst. Vlak voor oplevering wordt de dijk ingericht met paden en het buitentalud met terrassen geprofileerd. Het is wenselijk de restzettingen zoveel mogelijk te reduceren om herstelwerkzaamheden zoals herprofilering talud en terrassen en het vernieuwen van verhardingen in de planperiode beperkt te houden. Het waterschap houdt rekening met herstelwerkzaamheden en neemt in het bestek daarom een onderhoudsperiode van 5 jaar (na oplevering) op. Als maatregel om de zettingen te beperken is verticale drainage voorgesteld (zie hieronder).

### Verticale drainage

Aanbevolen wordt om bij het definitief ontwerp de optimalisatie met verticale drainage te overwegen, en indien gewenst uit te werken. Hierbij kan dan ook na worden gegaan of op traject WD00-13 nog zettingversnellende maatregelen nodig zijn (afhankelijk van de toelaatbare restzetting). Mochten op dit traject zettingversnellende maatregelen nodig zijn, dan wordt aanbevolen de zandbanen uit te karteren met het oog op veilig toepassen van verticale drainage op dit traject. Dit zal maatwerk worden.

### Monitoren waterspanningen en zettingen

Het is wenselijk om tijdens de uitvoering de waterspanningen en zettingen te monitoren ter vergelijking met de aannamen in het ontwerp om indien nodig aanvullende maatregelen te kunnen nemen.

### Ontwatering dijk kern

Iedere 100 m wordt de binnenberm over een smalle strook opgebouwd uit goed doorlatend zand in plaats van uit kleilig materiaal. Deze voorziening zorgt ervoor dat de dijk kern voldoende kan ontwateren en er een lage freatische lijn kan worden gehandhaafd in dijk kern en binnentalud. De drainage moet op werking worden gecontroleerd en worden onderhouden. Het ontwerp van de drainage verdient nog nadere uitwerking.

### Effect op stabiliteit bestaande primaire keringen (bij aansluitpunten).

Op de aansluitpunten van de Wakkere dijk op de bestaande primaire waterkering langs de Afgedamde Maas (zuidzijde) en de bestaande primaire waterkering langs de Waal (noordzijde) moet nader onderzocht worden of er een negatief effect te verwachten is op de stabiliteit. Het gaat om macrostabiliteit buitenwaarts en stabiliteit van de vooroever. Bij de aansluiting op de Waaldiijk wordt verwacht dat een eventueel negatief effect klein zal zijn en indien nodig goed te mitigeren. Daarom hoeven er geen compenserende maatregelen voorbereid te worden.

Bij de aansluiting op de Maas dijk heeft de versterking naar verwachting wel een negatief effect op de stabiliteit, zie paragraaf 3.8.2. De effecten op de stabiliteit gelden voor de buitenwaartse macrostabiliteit. Op de stabiliteit van de vooroever wordt geen negatief effect verwacht maar dit onderdeel zal als ontwerpaspect wel bekeken moeten worden. In het definitief ontwerp zal de overgangsconstructie bij de Maas dijk moeten worden uitgewerkt. Als maatregel voor het vergroten van de stabiliteitsfactor ligt een aanpassing van het bovenste deel van het buitentalud voor de hand. Tevens dient worden gekeken naar de noodzaak en werking van een eventuele drainagevoorziening voor de kern van de waterkering. Mocht dit noodzakelijk zijn, dan kan een zandscheg tussen de bestaande dijk en de kleilichamen van de Wakkere dijk worden aangebracht. De zandscheg zorgt voor voldoende drainage teneinde de waterspanningen laag te houden en de stabiliteit van de bekleding te waarborgen.

### Specifieke aandachtspunten voor uitvoering

De huidige waterkering kan niet worden ontgraven voordat de Wakkere dijk voldoet aan de veiligheidseisen. Hiermee is rekening gehouden door de stabiliteitsberekeningen uit te voeren op basis van een niet volledig geconsolideerde ondergrond. De invloed van de consolidatie effecten is het grootst op het traject WD13-WD22.

Een belangrijk aandachtspunt is de uitvoeringsvolgorde in dwarsprofiel. Eerst moeten aan weerszijden van de op te bouwen zandkern kleikades voor buitenzone/dijk kern en binnenberm worden aangelegd waarna het zand voor de zandkern kan worden aangebracht. Vergelijk met het aanbrengen van perskaden met zand ertussen.

Een ander belangrijk aandachtspunt is de juiste verdeling van de diverse soorten materialen (zand, dijkenglei, overige klei, gerijpt/ongerijpt, etc.) in het dijkprofiel dat bestaat uit verschillende onderdelen (buitenzone incl. afslagzone, kernzone bestaande uit zandkern en kleiafdekking, binnenberm)

Het waterpeil dient te worden beheerst in dijk kern.



## 5 BRONNEN

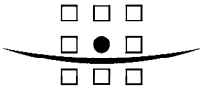
- [MinV&W, 2007]      Hydraulische Randvoorwaarden primaire waterkeringen voor de derde toetsronde 2006 – 2011, Ministerie van Verkeer en Waterstaat, augustus 2007.
- [RH, 2010]            Integrale Planstudie Munnikenland: Milieueffectrapport, met achtergrondrapporten Royal Haskoning, 21 mei 2010.
- [RH, 2010]            Integrale Planstudie Munnikenland: Grondstromenplan, 20 april 2010.
- [WSRL, 2008]        Ontwerputgangspunten Primaire Waterkeringen, Waterschap Rivierenland, 1 september 2008.
- [MinV&W, 2008]      Addendum I bij de Leidraad Rivieren t.b.v. het ontwerpen van rivierdijken, Ministerie van Verkeer & Waterstaat, 10 december 2008.
- [Heidemij, 1997]     Verbetering Waalbandijk Zuilichem-Munnikenlandsedijk hmp189-249 - Geotechnisch rapport, Heidemij Advies, 634/OA97/5655/18923, 12 september 1997.
- [W&P, 2009]        Resultaten grondonderzoek en laboratoriumonderzoek ten behoeve van het Project Munnikenland te Brakel, Wiertsema&Partners Raadgevend Ingenieurs, VN-43562A, 25 maart 2009.
- [Oranjewoud, 2009]   Rivierverruiming Munnikenland - Geotechnisch onderzoek, Oranjewoud, 8764 - 177 840 rev 0, 4 mei 2009.
- [Prov Gld, 2005]     Beoordelingsrapport Toetsen op Veiligheid, resultaten van de tweede ronde toetsen op veiligheid: Dijkkring 38, Zaltbommel, Provincie Gelderland, M. de Vos, december 2005.
- [WSRL, 2005]        Toets op Veiligheid: Dijkkring 37 Nederhemert, dijkkring 38 Bommelerwaard en dijkkring 39 Alem, Waterschap Rivierenland, september 2005.





## Bijlage 1 Situatie

A COMPANY OF

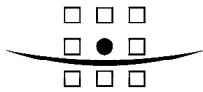


**ROYAL HASKONING**

## **Bijlage 2**

### **Dwarsprofielen ontwerp**

A COMPANY OF

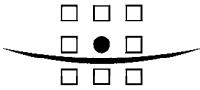


**ROYAL HASKONING**

## **Bijlage 3**

### **Berekeningen**

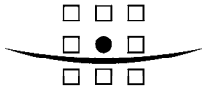
A COMPANY OF



**ROYAL HASKONING**

## **Bijlage 3A Hoogte**

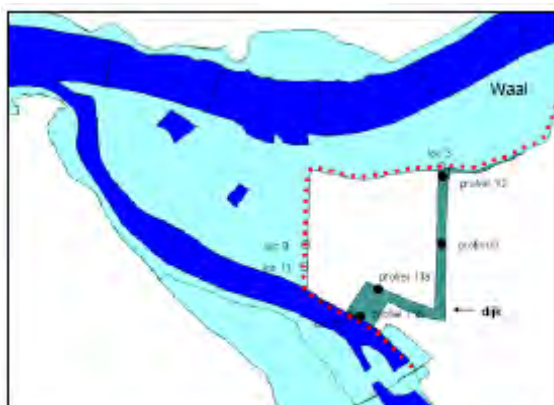
A COMPANY OF



**ROYAL HASKONING**

## Inleiding

In het rivierverruimingsproject Munnikenland wordt de primaire waterkering gedeeltelijk teruggelegd. De primaire waterkering maakt deel uit van dijkkring 38, de Bommelerwaard. Het project ligt langs de Waal ter hoogte van rivierkilometer 950. In figuur 1 is een overzichtskaartje gegeven van het projectgebied met daarin aangegeven de dijkteruglegging. Langs het dijktraject zijn vier locaties aangegeven: profiel 9, 10, 11a en 11b. In deze notitie is vastgesteld welke dijkhoogte nodig is.



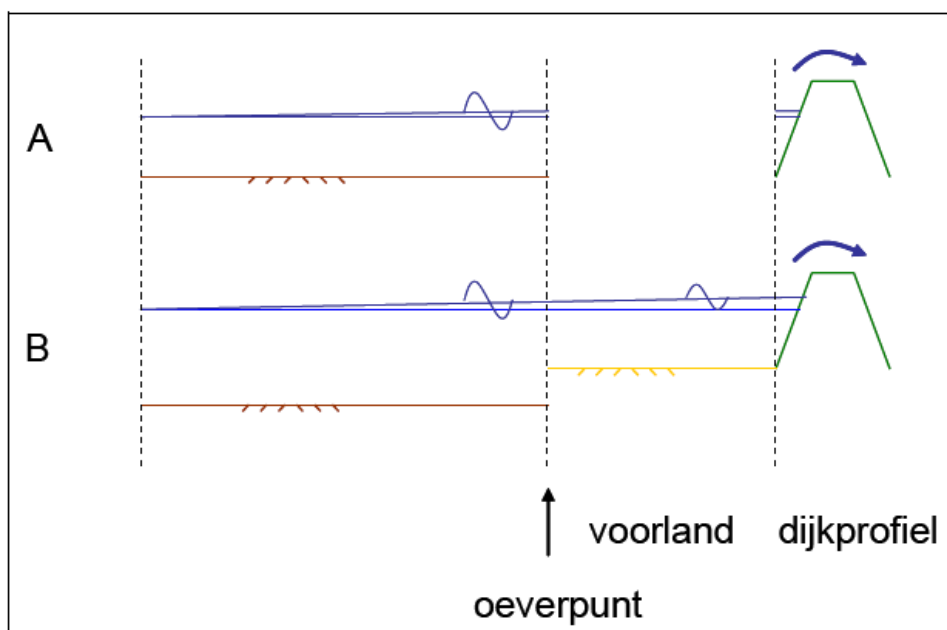
**Figuur 1: Overzichtskaartje**

## Doel

Vaststellen welke kruinhoogte nodig is voor het faalmechanisme golfoverslag met overslagcriterium  $q=0,1$  op basis van de dijkkringbenadering. De benodigde kruinhoogte is bepaald met behulp van Hydra-R HR2006.

## Werkwijze

Voor het dijkontwerp is gecontroleerd of de kruinhoogte voldoet. Hiertoe zijn de waterstanden en de golven bepaald voor de teen van de dijk onder maatgevende omstandigheden. De waterstand voor de teen van de dijk is bepaald met het hydraulische model WAQUA. Bij deze waterstand is 0,3 meter opgeteld als robuustheidtoeslag. De golfhoogte voor de teen van de dijk is afhankelijk van de strijklengte en de waterdiepte. In hydra-R wordt gerekend met effectieve strijklengte. In Hydra-R zit de huidige ligging van de waterkering (Situatie A in onderstaande figuur). Situatie B in onderstaande figuur is de situatie na de dijkverlegging. De benodigde kruinhoogte is bepaald waarbij de strijklengte en diepte is aangepast als gevolg van de dijkteruglegging (conform inrichtingsplan Munnikenland). Als gevolg van de teruglegging neemt de strijklengte toe.



Figuur 2: Werkwijze Hydra-R berekeningen

### Uitgangspunten

Bij het berekenen van de benodigde kruinhoogte:

- is de waterstand voor de teen van de dijk bepaald op basis een hydraulisch model WAQUA;
- bij deze waterstand is 0,3 meter opgeteld als robuustheidtoeslag;
- 0,3 m als toeslag voor de dijkringbenadering;
- lokale toeslagen zijn niet van toepassing conform het hydraulisch advies.

De strijklengten en bodemhoogten zijn aangepast, zie bijlage I bij deze notitie.

Het profiel is geschematiseerd als 1:4 talud. Dit is het minimale profiel zoals dat theoretisch voor kan komen bij erosie van de extra grond van het ontwerp Wakkere dijk.

### Resultaten

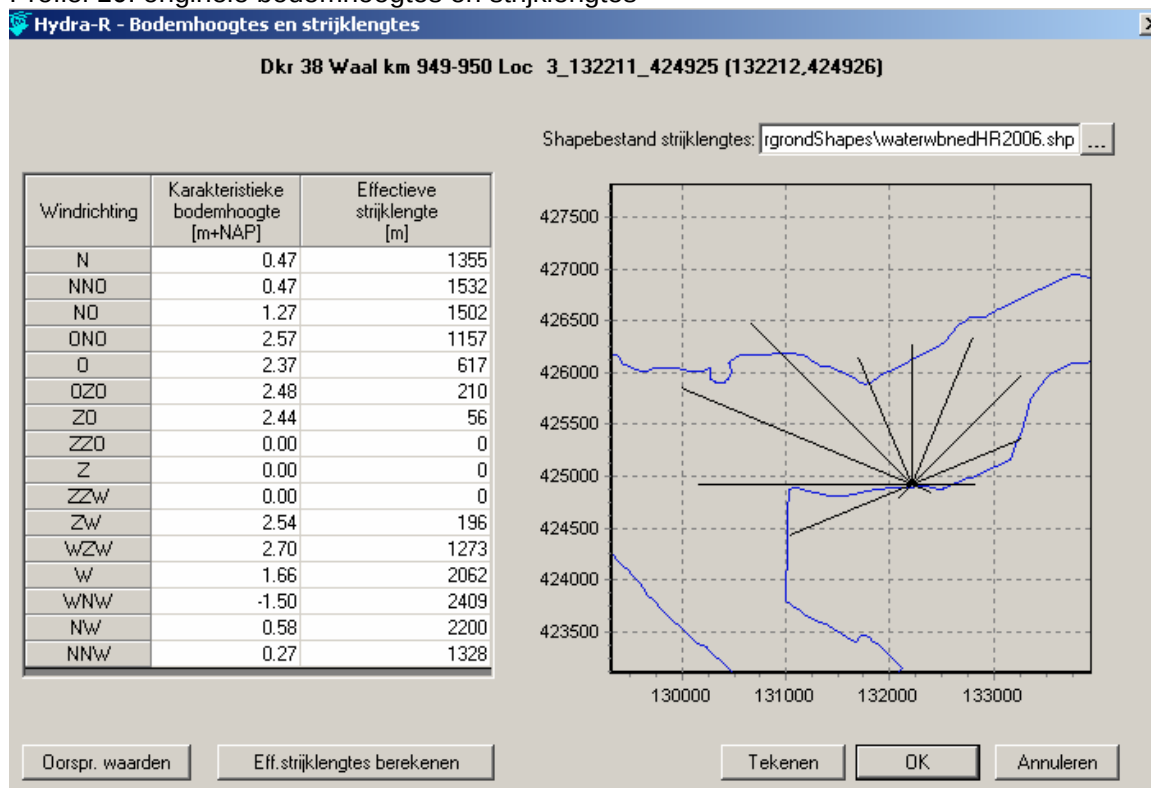
De resultaten van de Hydra-R berekeningen zijn samengevat in onderstaande tabel. Daarbij is de benodigde kruinhoogte gegeven wanneer de effectieve strijklengte en de karakteristieke bodemhoogte zijn aangepast.

Tabel 1: Benodigde kruinhoogte bij overslagdebiet 0,1 l/s/m

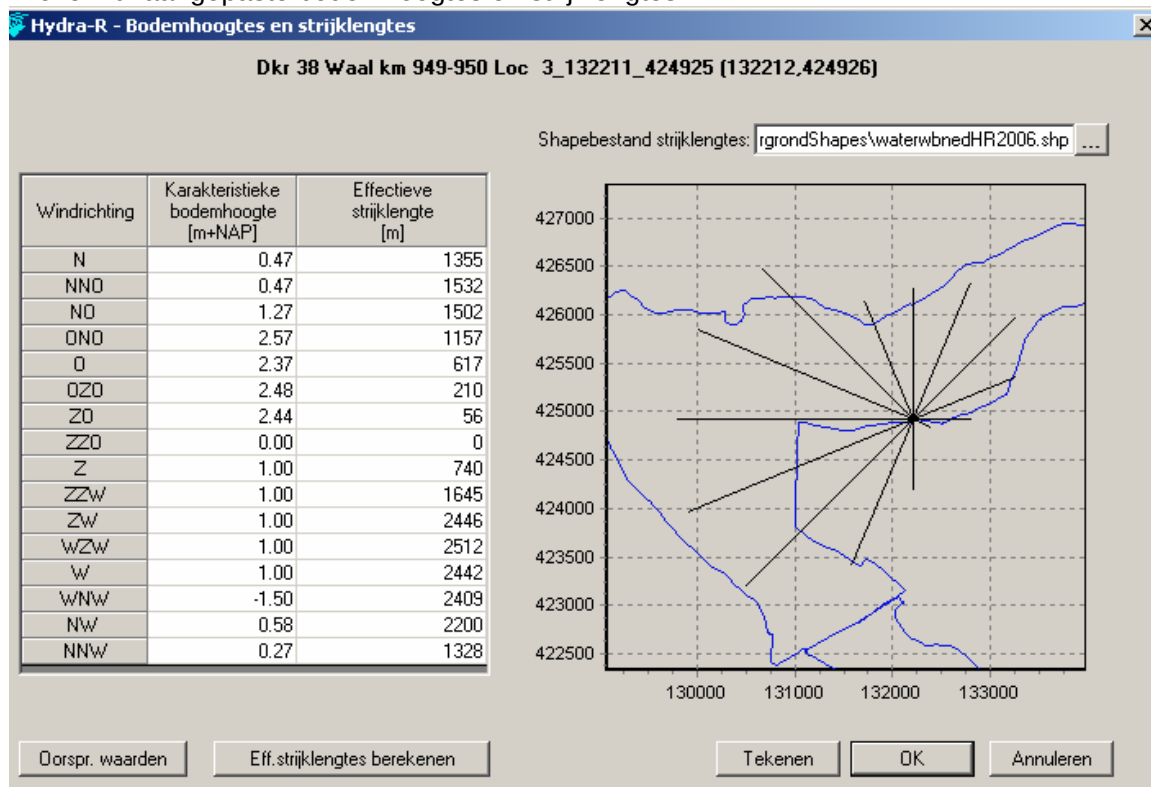
| profiel | ontwerpwaterstand | windrichting | windsnelheid | significante golfhoogte | piekperiode | benodigde kruinhoogte |
|---------|-------------------|--------------|--------------|-------------------------|-------------|-----------------------|
| 10      | 7,1               | 270          | 13           | 0,46                    | 2,63        | 7,96                  |
| 9       | 7,1               | 292,5        | 12           | 0,42                    | 2,53        | 7,86                  |
| 11a     | 7,1               | 270          | 13           | 0,44                    | 2,57        | 7,83                  |
| 11b     | 7,1               | 292,5        | 12           | 0,40                    | 2,54        | 7,81                  |

## Bijlage 3a-I: Bodemhoogten en strijklengten

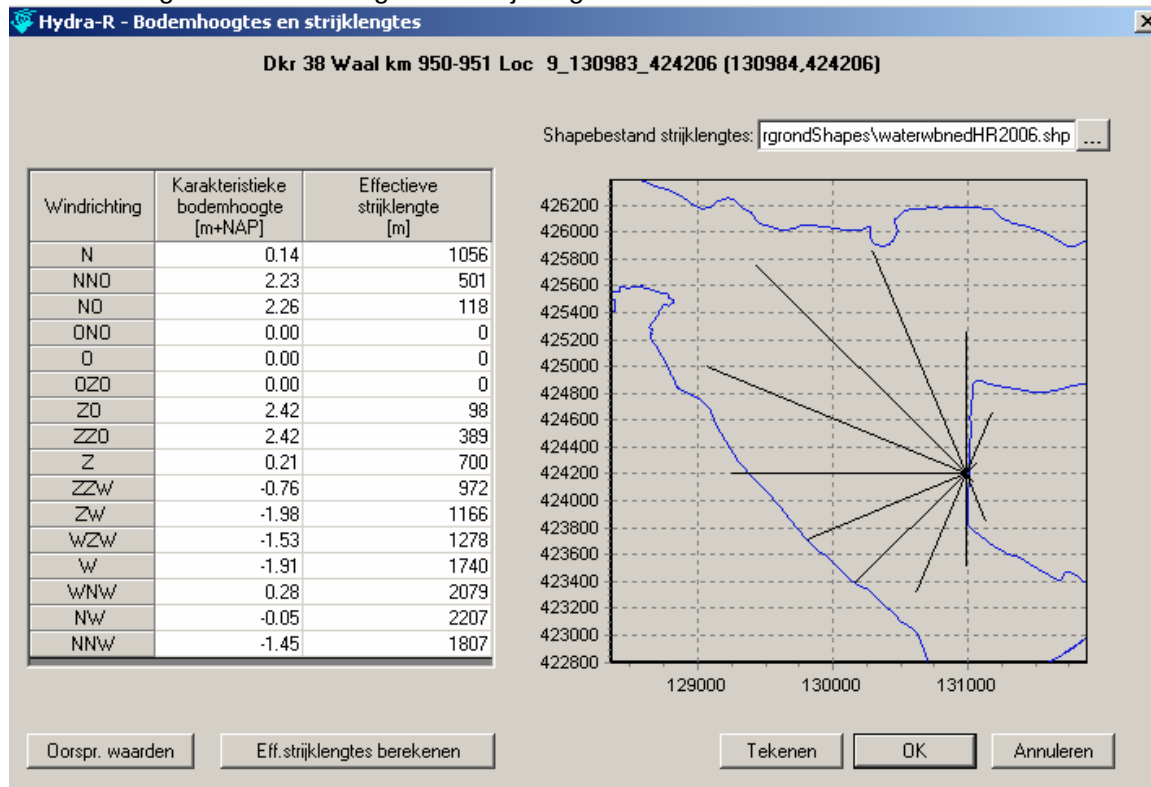
### Profiel 10: originele bodemhoogtes en strijklengtes



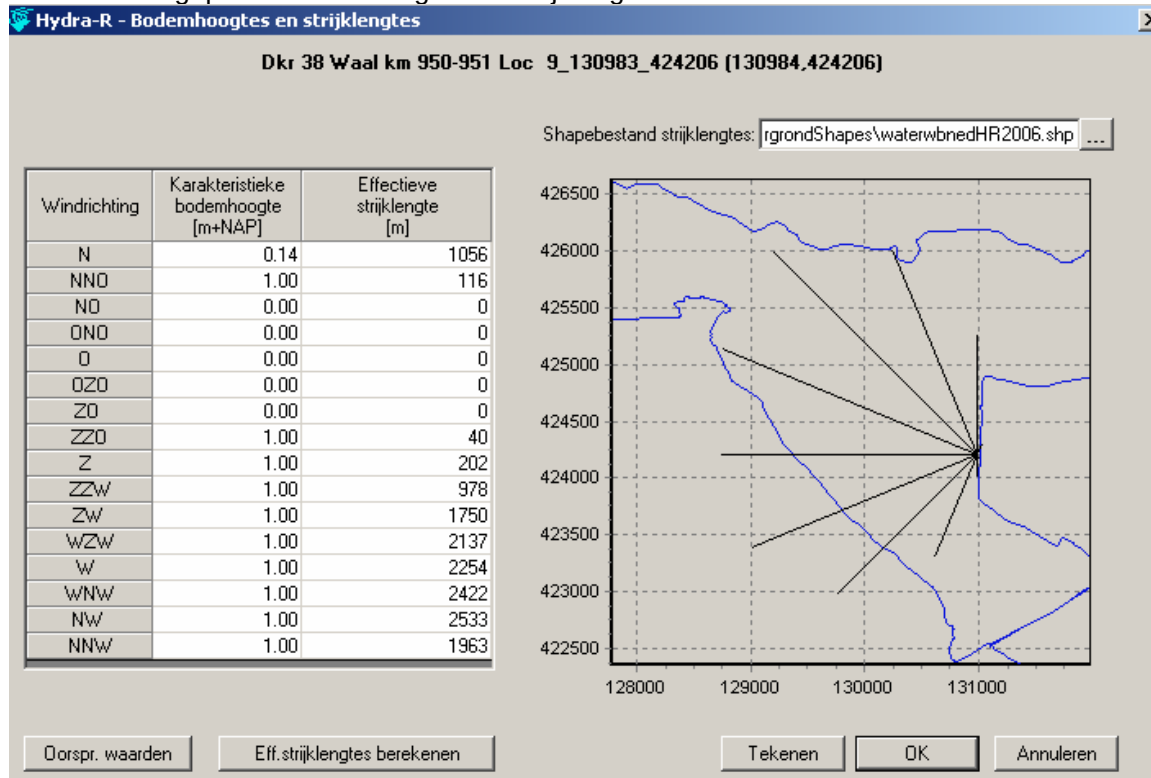
### Profiel 10: aangepaste bodemhoogtes en strijklengtes



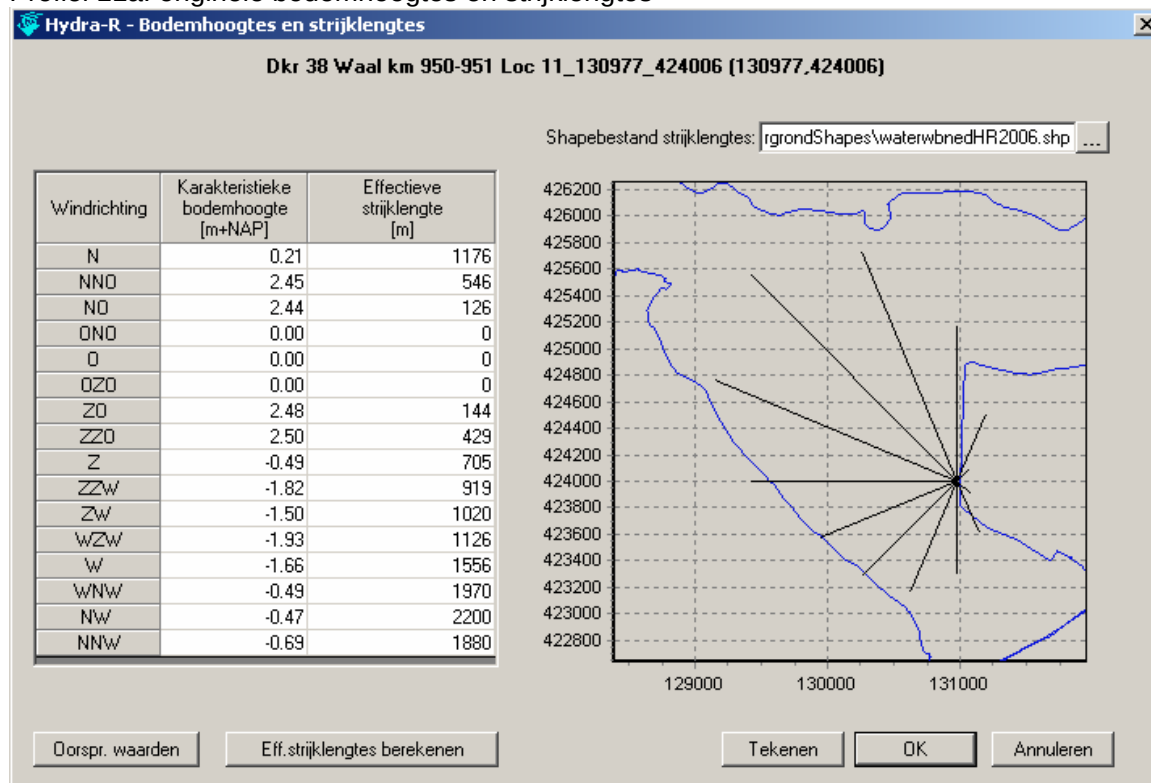
## Profiel 9: originele bodemhoogtes en strijklengtes



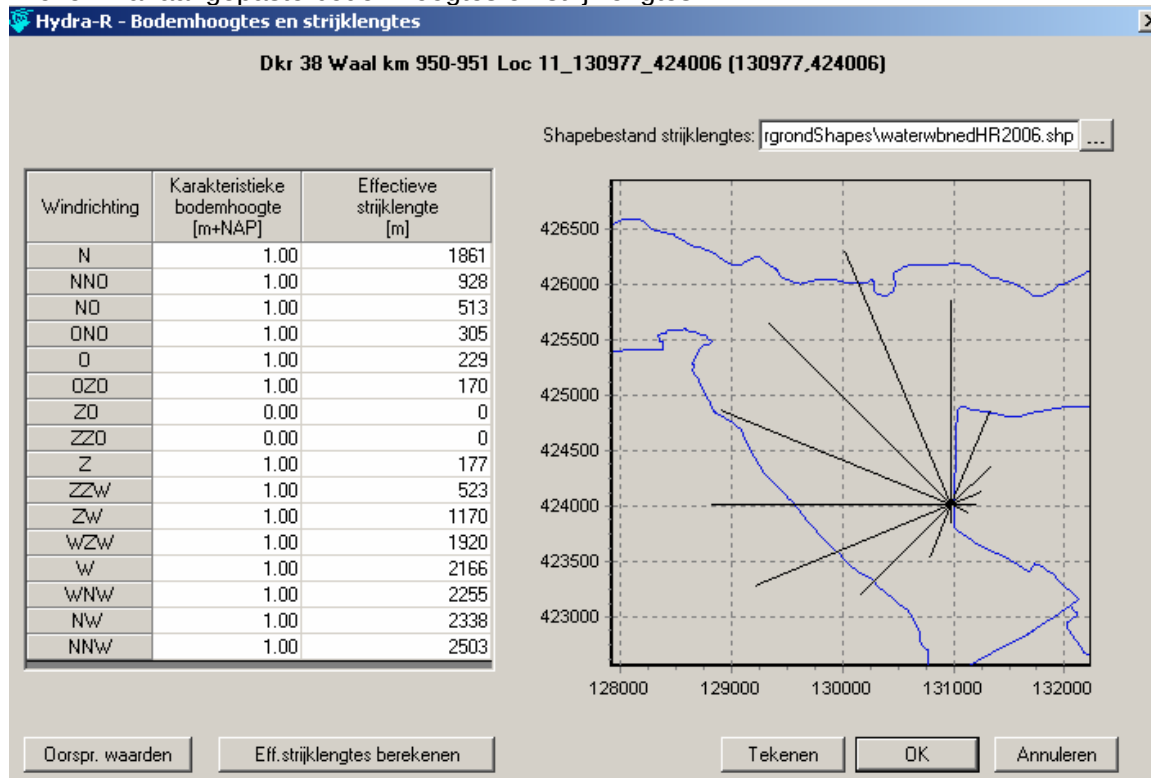
## Profiel 9: aangepaste bodemhoogtes en strijklengtes



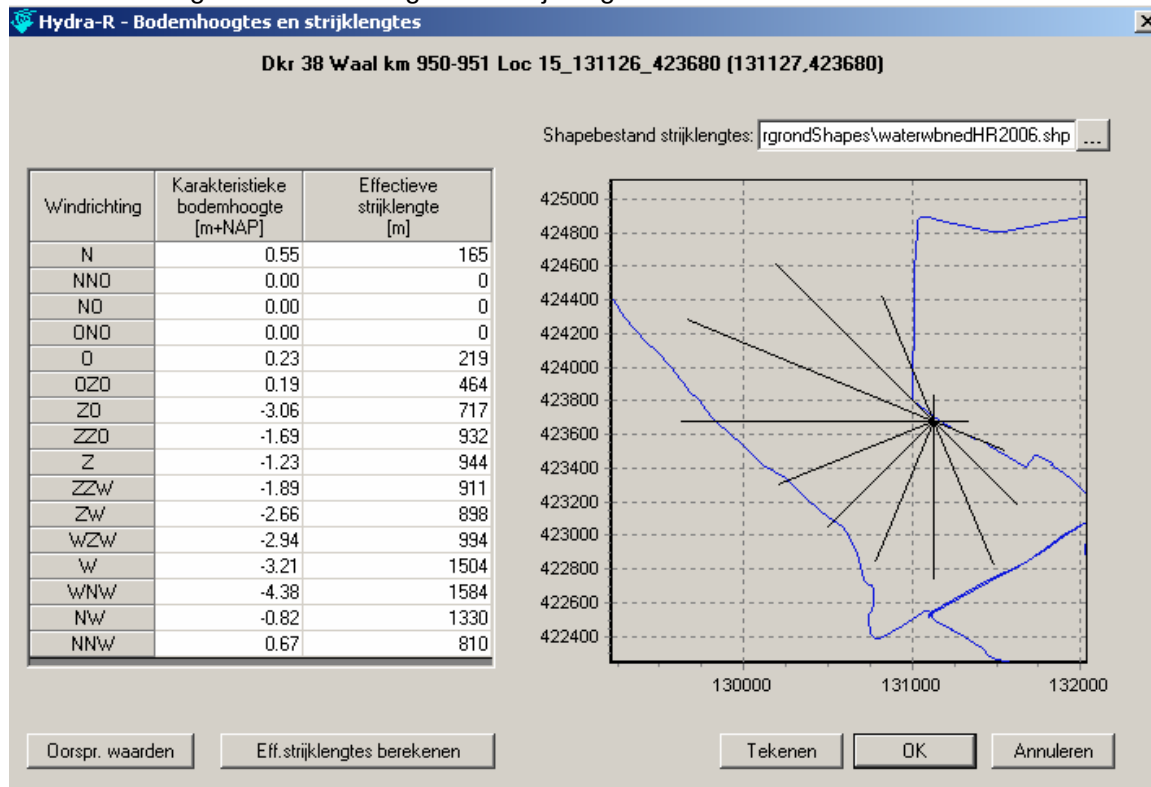
### Profiel 11a: originele bodemhoogtes en strijklengtes



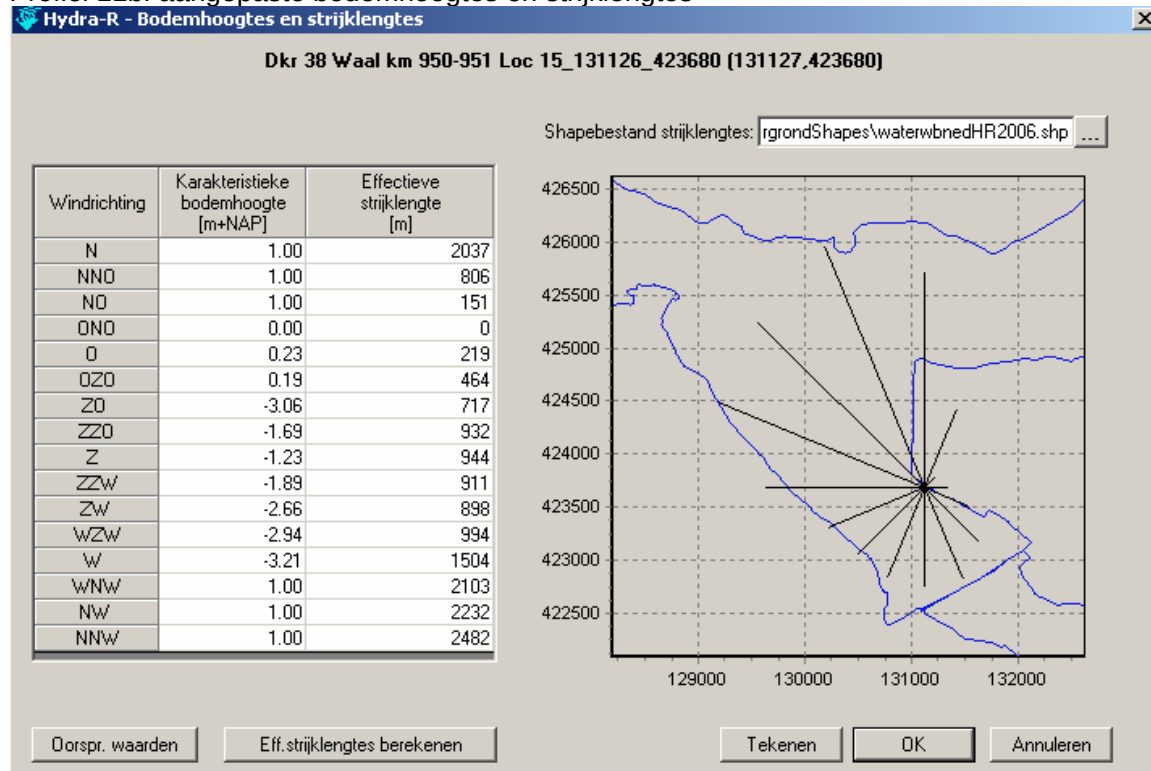
### Profiel 11a: aangepaste bodemhoogtes en strijklengtes



## Profiel 11b: originele bodemhoogtes en strijklengtes



## Profiel 11b: aangepaste bodemhoogtes en strijklengtes



## Bijlage 3a-II: Uitvoerbestanden Hydra-R

### Locatie 10

Hydra-R versie: 1.1.6  
 Gebruikersnaam = 414320  
 Datum berekening = 21-6-2009 19:12:36  
  
 Database = Copy\_Oeverloc\_dkr\_038\_Rijn\_Hydra\_R  
 Terugkeertijd = 1250 jaar  
  
 Locatie = Dkr 38 Waal km 949-950 Loc 3\_132211\_424925  
 X-coördinaat = 132212 m  
 Y-coördinaat = 424926 m  
  
 Profiel = wakkere dijk 1op4  
 Aanwezige dijkhoogte = 8,00 m+NAP  
 Uitwendige dijknormaal = 270,00 °

| Dijkprofielcoördinaten |        | Taludruwheids- |
|------------------------|--------|----------------|
| Afstand                | Hoogte | factor         |
| 0,00 m                 | 1,00 m | 1,00           |
| 28,00 m                | 8,00 m |                |

Type berekening = Hydraulisch belasting niveau, Golfoverslag  
 Overslagdebiet = 0,10 l/s/m  
 Oploop/overslag module = PC-Overslag

Benodigde kruinhoogte = 7,96 m+NAP

Type invoer = Windgegevens  
 Waterstand = 7,10 m+NAP (Waterstand oeverlocatie, Waterstand gebruiker)  
 Stroomsnelheid = 99,00 m/s  
 Windrichting = 270,00 °  
 Windsnelheid = 13,00 m/s  
 Transformatie wind = Upot -> Upot  
 Golfgroeiformules = Bretschneider  
 Bodemhoogte = 0,27 m  
 Strijklengte = 1328,00 m

| Waterstand | Golfhoogte | Golfperiode | Golfrichting |
|------------|------------|-------------|--------------|
|------------|------------|-------------|--------------|

|                                 |            |        |        |          |
|---------------------------------|------------|--------|--------|----------|
| Parameters na golfgroeiformules | 7,10 m+NAP | 0,46 m | 2,63 s | 270,00 ° |
|---------------------------------|------------|--------|--------|----------|

De golfperiode in Hydra-R is de piekperiode.

## Locatie 9

Hydra-R versie: 1.1.6  
 Gebruikersnaam = 414320  
 Datum berekening = 21-6-2009 19:00:36

Database = Copy\_Oeverloc\_dkr\_038\_Rijn\_Hydra\_R  
 Terugkeertijd = 1250 jaar

Locatie = Dkr 38 Waal km 950-951 Loc 9\_130983\_424206  
 X-coördinaat = 130984 m  
 Y-coördinaat = 424206 m

Profiel = wakkere dijk 1op4  
 Aanwezige dijkhoogte = 8,00 m+NAP  
 Uitwendige dijknormaal = 300,00 °

| Dijkprofielcoördinaten |        | Taludruwheids- |
|------------------------|--------|----------------|
| Afstand                | Hoogte | factor         |
| 0,00 m                 | 1,00 m | 1,00           |
| 28,00 m                | 8,00 m |                |

Type berekening = Hydraulisch belasting niveau, Golfoverslag  
 Overslagdebiet = 0,10 l/s/m  
 Oploop/overslag module = PC-Overslag

Benodigde kruinhoogte = 7,86 m+NAP

Type invoer = Windgegevens  
 Waterstand = 7,10 m+NAP (Waterstand oeverlocatie, Waterstand gebruiker)  
 Stroomsnelheid = 99,00 m/s  
 Windrichting = 292,50 °  
 Windsnelheid = 12,00 m/s  
 Transformatie wind = Upot -> Upot  
 Golfgroeiformules = Bretschneider  
 Bodemhoogte = 1,00 m  
 Strijklengte = 1963,00 m

|                                 | Waterstand | Golfhoogte | Golfperiode | Golfrichting |
|---------------------------------|------------|------------|-------------|--------------|
| Parameters na golfgroeiformules | 7,10 m+NAP | 0,42 m     | 2,53 s      | 292,50 °     |

De golfperiode in Hydra-R is de piekperiode.

## Locatie 11a

Hydra-R versie: 1.1.6  
 Gebruikersnaam = 414320  
 Datum berekening = 21-6-2009 19:00:36

Database = Copy\_Oeverloc\_dkr\_038\_Rijn\_Hydra\_R  
 Terugkeertijd = 1250 jaar

Locatie = Dkr 38 Waal km 950-951 Loc 11\_130977\_424006  
 X-coördinaat = 130977 m  
 Y-coördinaat = 424006 m

Profiel = wakkere dijk 1op4  
 Aanwezige dijkhoogte = 8,00 m+NAP  
 Uitwendige dijknormaal = 300,00 °

| Dijkprofielcoördinaten |        | Taludruwheids- |
|------------------------|--------|----------------|
| Afstand                | Hoogte | factor         |
| 0,00 m                 | 1,00 m | 1,00           |
| 28,00 m                | 8,00 m |                |

Type berekening = Hydraulisch belasting niveau, Golfoverslag  
 Overslagdebiet = 0,10 l/s/m  
 Oploop/overslag module = PC-Overslag

Benodigde kruinhoogte = 7,83 m+NAP

Type invoer = Windgegevens  
 Waterstand = 7,10 m+NAP (Waterstand oeverlocatie, Waterstand gebruiker)  
 Stroomsnelheid = 99,00 m/s  
 Windrichting = 270,00 °  
 Windsnelheid = 13,00 m/s  
 Transformatie wind = Upot -> Upot  
 Golfgroeiformules = Bretschneider  
 Bodemhoogte = 1,00 m  
 Strijklengte = 2503,00 m

|                                 | Waterstand | Golfhoogte | Golfperiode | Golfrichting |
|---------------------------------|------------|------------|-------------|--------------|
| Parameters na golfgroeiformules | 7,10 m+NAP | 0,44 m     | 2,57 s      | 270,00 °     |

De golfperiode in Hydra-R is de piekperiode.

## Locatie 11b

Hydra-R versie: 1.1.6  
 Gebruikersnaam = 414320  
 Datum berekening = 21-6-2009 19:00:36

Database = Copy\_Oeverloc\_dkr\_038\_Rijn\_Hydra\_R  
 Terugkeertijd = 1250 jaar

Locatie = Dkr 38 Waal km 950-951 Loc 15\_131126\_423680  
 X-coördinaat = 131127 m  
 Y-coördinaat = 423680 m

Profiel = wakkere dijk 1op4  
 Aanwezige dijkhoogte = 8,00 m+NAP  
 Uitwendige dijknormaal = 300,00 °

| Dijkprofielcoördinaten |        | Taludruwheids- |
|------------------------|--------|----------------|
| Afstand                | Hoogte | factor         |
| 0,00 m                 | 1,00 m | 1,00           |
| 28,00 m                | 8,00 m |                |

Type berekening = Hydraulisch belasting niveau, Golfoverslag  
 Overslagdebiet = 0,10 l/s/m  
 Oploop/overslag module = PC-Overslag

Benodigde kruinhoogte = 7,81 m+NAP

Type invoer = Windgegevens  
 Waterstand = 7,10 m+NAP (Waterstand oeverlocatie, Waterstand gebruiker)  
 Stroomsnelheid = 99,00 m/s  
 Windrichting = 292,50 °  
 Windsnelheid = 12,00 m/s  
 Transformatie wind = Upot -> Upot  
 Golfgroeiformules = Bretschneider  
 Bodemhoogte = 1,00 m  
 Strijklengte = 2482,00 m

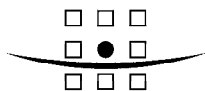
|                                 | Waterstand | Golfhoogte | Golfperiode | Golfrichting |
|---------------------------------|------------|------------|-------------|--------------|
| Parameters na golfgroeiformules | 7,10 m+NAP | 0,40 m     | 2,45 s      | 292,50 °     |

De golfperiode in Hydra-R is de piekperiode.

## **Bijlage 3B Geotechniek**

**Zandbanenkaart  
Grondparameters  
Plaxis geohydrologie  
MStab  
MSettle**

A COMPANY OF

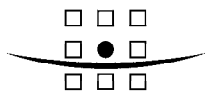


**ROYAL HASKONING**

## **Bijlage 4**

### **Beoordeling erosiebestendigheid Wakkere dijk**

A COMPANY OF

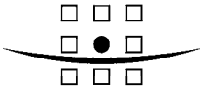


**ROYAL HASKONING**

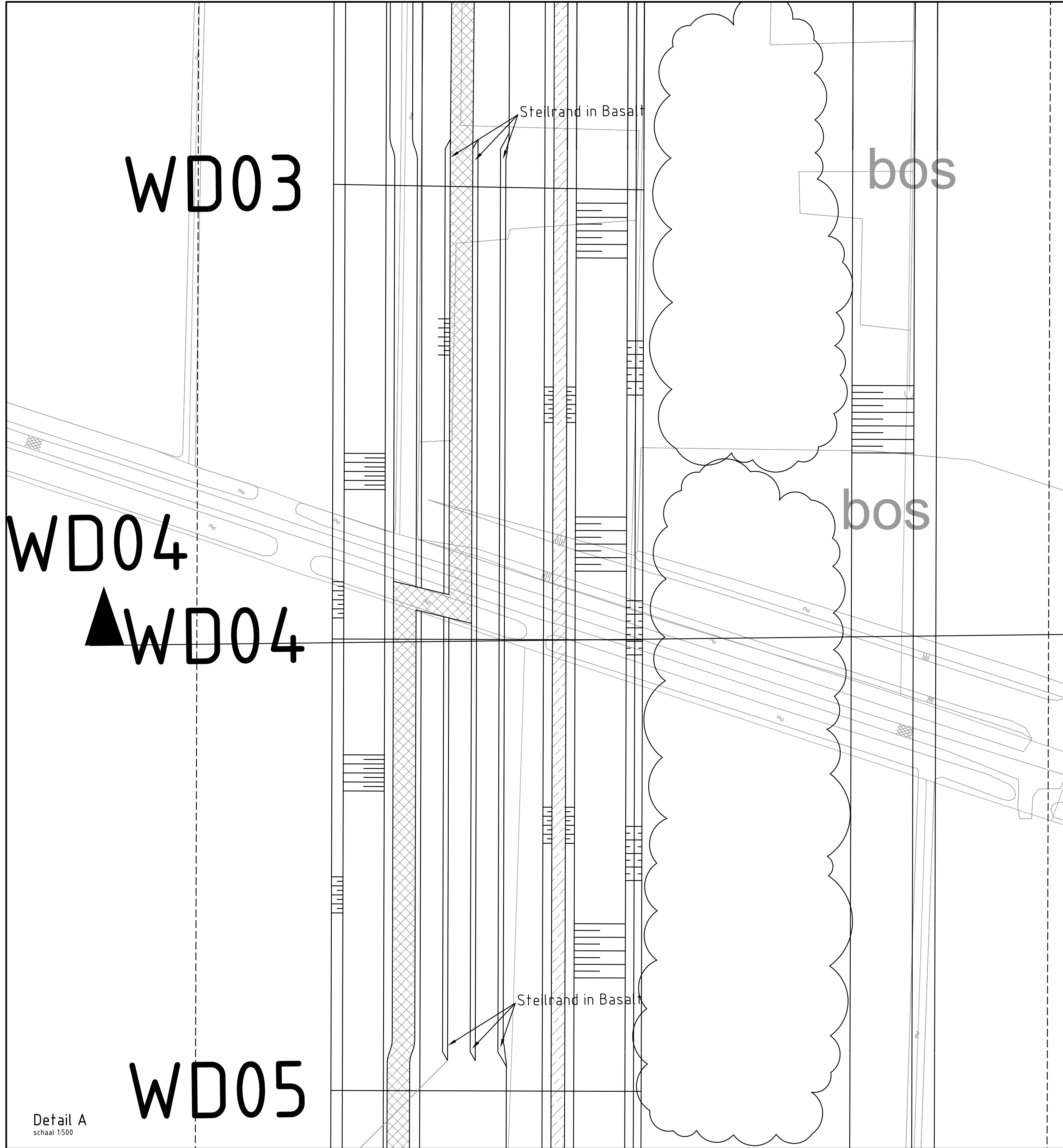


## Bijlage 1 Situatie

A COMPANY OF

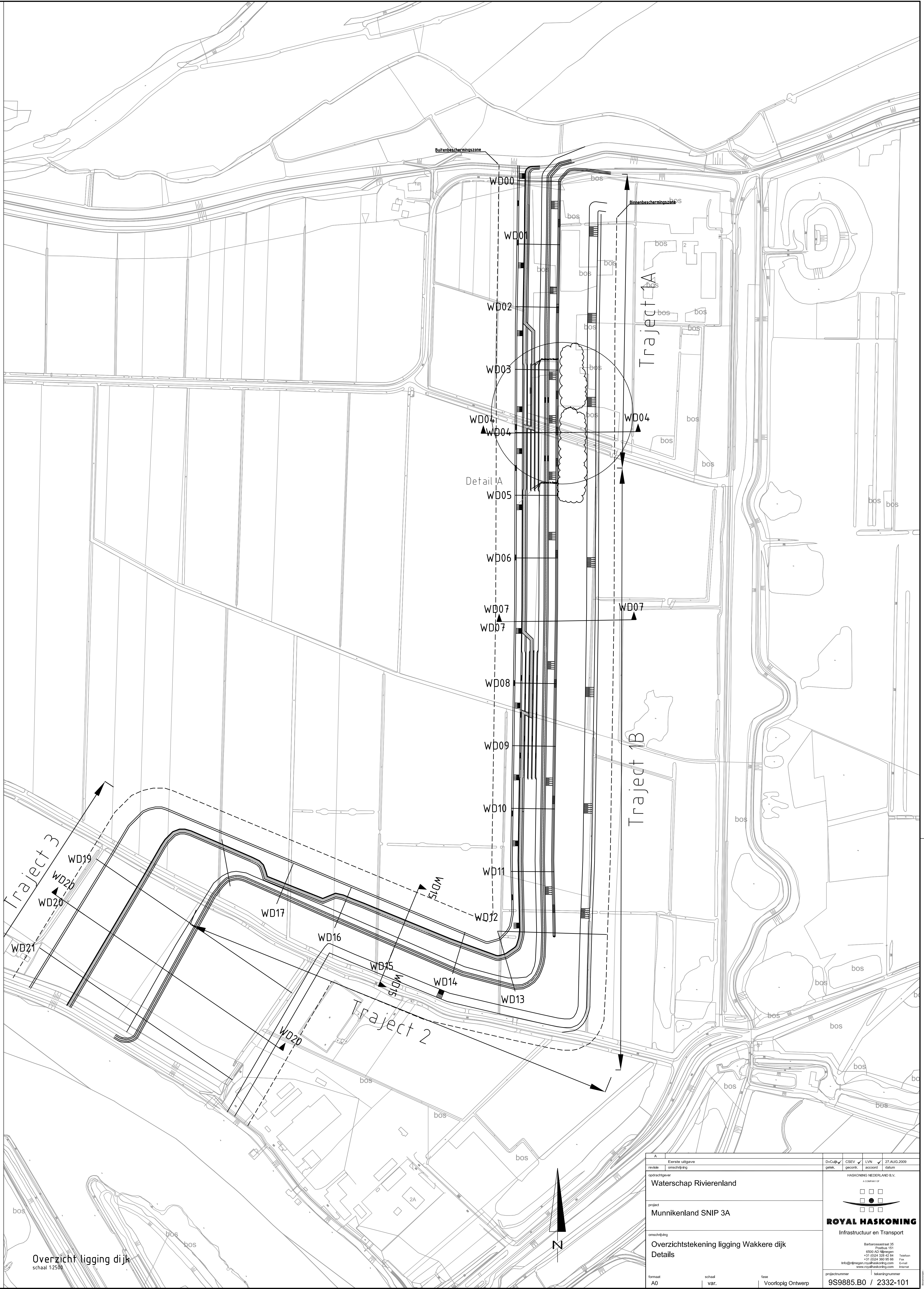


**ROYAL HASKONING**



Legenda

----- Beschermingszone

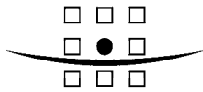


|               |         |                                         |    |                             |    |
|---------------|---------|-----------------------------------------|----|-----------------------------|----|
| A             |         | Eerste uitgave                          |    | 27 AUG 2009                 |    |
| status        | ontwerp | check                                   | OK | OK                          | OK |
| opdrachtgever |         | Waterschap Rivierenland                 |    | HASKONING NEDERLAND B.V.    |    |
| project       |         | Munnikenland SNIP 3A                    |    | a contract of               |    |
| voorstudie    |         | Overzichtstekening ligging Wakkere dijk |    | Infrastructuur en Transport |    |
| formaat       |         | A0                                      |    | 959885.B0 / 2332-101        |    |
| schaal        |         | var.                                    |    | Voorlopig Ontwerp           |    |
| type          |         | Voorlopig Ontwerp                       |    | 959885.B0 / 2332-101        |    |

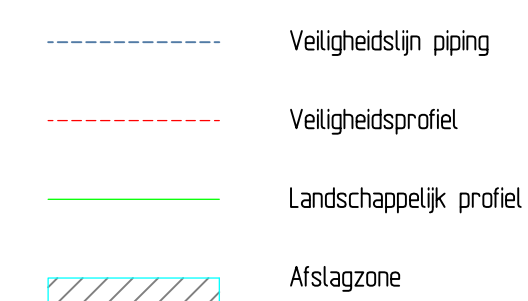
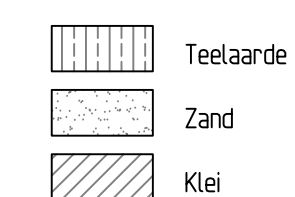
## **Bijlage 2**

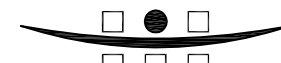
### **Dwarsprofielen ontwerp**

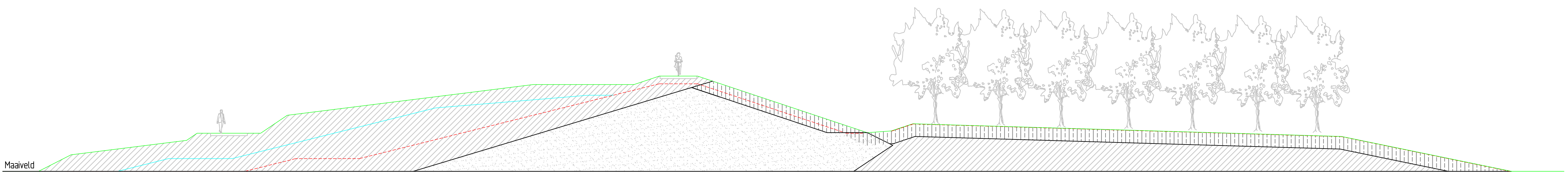
A COMPANY OF



**ROYAL HASKONING**

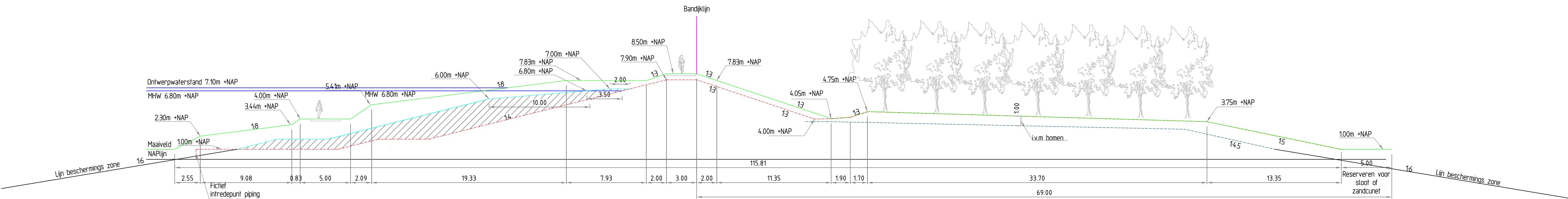


|                                                                  |                |        |       |      |                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                |             |  |
|------------------------------------------------------------------|----------------|--------|-------|------|---------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|-------------|--|
| A                                                                | Eerste uitgave |        |       |      | CvK-tekst<br>getek. | CSEV<br>gecont.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | LVN<br>account | 27 AUG-2009 |  |
| revisie                                                          | omschrijving   |        |       |      |                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                | datum       |  |
| opdrachtgever                                                    |                |        |       |      |                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                |             |  |
| Waterschap Rivierenland                                          |                |        |       |      |                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                |             |  |
| project                                                          |                |        |       |      |                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                |             |  |
| Munnikenland SNIP 3A                                             |                |        |       |      |                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                |             |  |
| omschrijving                                                     |                |        |       |      |                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                |             |  |
| <p>Technisch ontwerp</p> <p>Wakkere dijk</p> <p>Profiel WD15</p> |                |        |       |      |                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                |             |  |
| format                                                           | A1             | schaal | 1:200 | fase | Voorlopig Ontwerp   | <p>HASKONING NEDERLAND B.V.</p> <p>a company of</p>  <p><b>ROYAL HASKONING</b></p> <p>Infrastructuur en Transport</p> <p>Barbaroersstraat 35<br/>Postbus 151<br/>8500 AD Mierden<br/>+31 (0)24 328 42 88<br/>info@nl.haskoning-royal.nl<br/>www.royal.haskoning.com</p> <p>Barbaroersstraat 35<br/>Postbus 151<br/>8500 AD Mierden<br/>+31 (0)24 328 42 88<br/>Fax<br/>E-mail<br/>Internet</p> |                |             |  |
| projectnummer                                                    |                |        |       |      |                     | tekeningnummer                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                |             |  |
| 9S9885.B0                                                        |                |        |       |      |                     | 2323-803                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                |             |  |



Profiel WD07  
Dijkopbouw

- Teelaarde
- Zand
- Klei



Profiel WD07  
Maatvoering

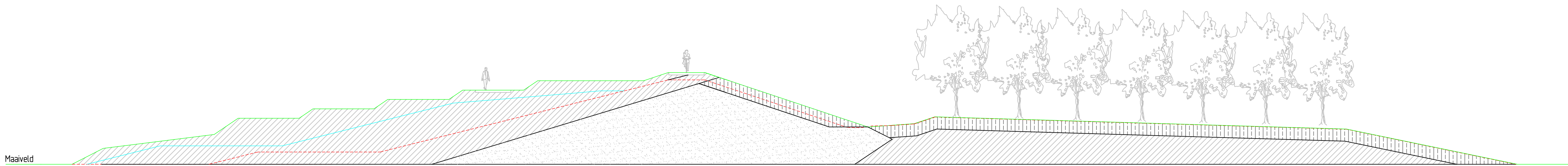
- Veiligheidslijn piping
- Veiligheidsprofiel
- Landschappelijk profiel
- Afslagzone

|               |                |                                                   |         |                      |             |
|---------------|----------------|---------------------------------------------------|---------|----------------------|-------------|
| A             | Eerste uitgave | DvCult                                            | CSEV    | LVN                  | 27 AUG 2009 |
| revisie       | omschrijving   | getek.                                            | gecont. | accort               | datum       |
| opdrachtgever |                | HASKONING NEDERLAND B.V.                          |         |                      |             |
| project       |                | Munnikenland SNIP 3A                              |         |                      |             |
| omschrijving  |                | Technisch ontwerp<br>Wakkere dijk<br>Profiel WD07 |         |                      |             |
| formaat       | schaal         | fase                                              |         | projectnummer        |             |
| A1            | 1:200          | Voorlopig Ontwerp                                 |         | 9S9885.B0 / 2323-802 |             |

**ROYAL HASKONING**  
Infrastructuur en Transport

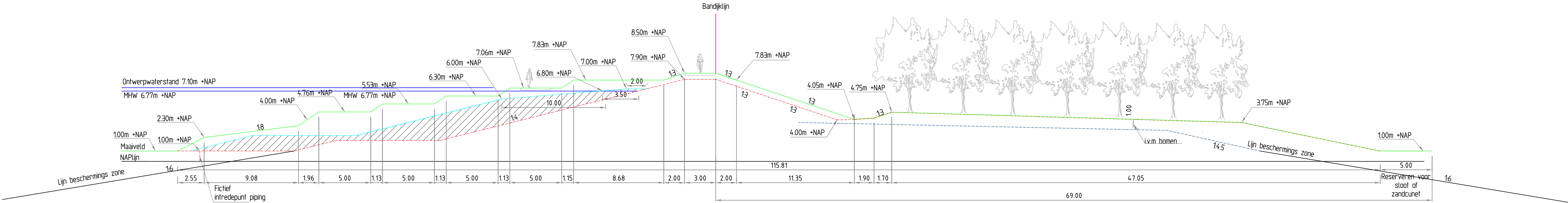
Barbarossastraat 35  
Postbus 151  
6500 AD Mijmegen  
+31 (0)24 328 42 64  
info@haskoning.com  
www.haskoning.com

Tel: +31 (0)24 360 66 66  
E-mail: info@haskoning.com  
Internet: www.haskoning.com



Profiel WD04  
Dijkopbouw

- Teelaarde
- Zand
- Klei



Profiel WD04  
Maalvoering

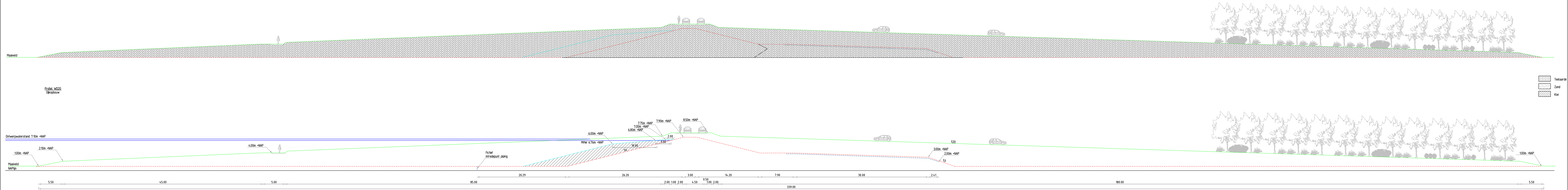
- Veiligheidslijn piping
- Veiligheidsprofiel
- Landschappelijk profiel
- Afslagzone

|               |                                                   |                 |          |         |                   |
|---------------|---------------------------------------------------|-----------------|----------|---------|-------------------|
| A             | Eerste uitgave                                    | DvCult          | CSEV     | LVN     | 27 AUG. 2009      |
| revisie       | omschrijving                                      | getek.          | gecont.  | accorde | datum             |
| opdrachtgever | Waterschap Rivierenland                           |                 |          |         |                   |
| project       | Munnikenland SNIP 3A                              |                 |          |         |                   |
| omschrijving  | Technisch ontwerp<br>Wakkere dijk<br>Profiel WD04 |                 |          |         |                   |
| formaat       | A1                                                | schaal          | 1:200    | fase    | Voorlopig Ontwerp |
| projectnummer | 9S9885.B0                                         | tekeningsnummer | 2323-801 |         |                   |

**ROYAL HASKONING**  
Infrastructuur en Transport

Barbaroosstraat 35  
Postbus 151  
6500 AD Mijmegen  
+31 (0)24 328 42 64  
info@haskoning.nl  
www.haskoning.nl

Telefoon  
Fax  
E-mail  
Internet



Teelaarde  
Zand  
Klei

----- Veligheidslijn piping  
----- Veligheidsprofiel  
----- Landschappelijk profiel  
Afslagzone

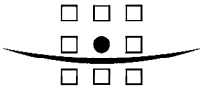
|                                                                 |              |                                                                                                                                         |         |                           |             |
|-----------------------------------------------------------------|--------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|---------------------------|-------------|
| Eerste Uitgave                                                  |              | DvCultij                                                                                                                                | CSEV    | MBO                       | 27.AUG.2009 |
| revisie                                                         | omschrijving | getek.                                                                                                                                  | gecont. | accorde                   | datum       |
| opdrachtgever<br>Waterschap Rivierenland                        |              | project<br>Munnikenland SNIP3A                                                                                                          |         |                           |             |
| omschrijving<br>Technisch ontwerp<br>Wakkere dijk<br>Profiel 11 |              | Berkelmaaslaan 35<br>Postbus 151<br>6500 AD Midden<br>+31 (0)24 326 42 84<br>+31 (0)24 360 86 66<br>info@rijnland.nl<br>www.rijnland.nl |         |                           |             |
| formaat<br>A3++                                                 |              | schaal<br>1:250                                                                                                                         |         | fase<br>Voorlopig Ontwerp |             |
| projectnummer<br>9S9885.B0                                      |              | tekeningsnummer<br>/ 2323-804                                                                                                           |         |                           |             |



## **Bijlage 3**

### **Berekeningen**

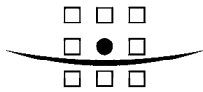
A COMPANY OF



**ROYAL HASKONING**

## **Bijlage 3A Hoogte**

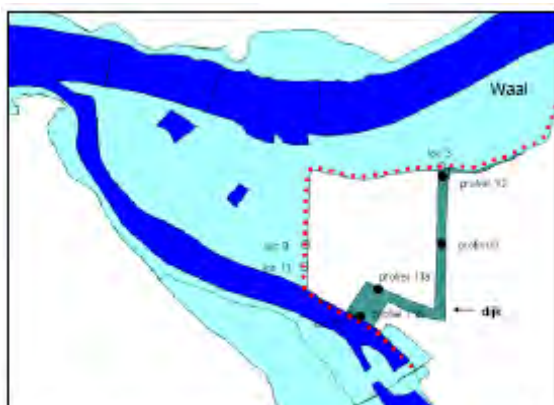
A COMPANY OF



**ROYAL HASKONING**

## Inleiding

In het rivierverruimingsproject Munnikenland wordt de primaire waterkering gedeeltelijk teruggelegd. De primaire waterkering maakt deel uit van dijkkring 38, de Bommelerwaard. Het project ligt langs de Waal ter hoogte van rivierkilometer 950. In figuur 1 is een overzichtskaartje gegeven van het projectgebied met daarin aangegeven de dijkteruglegging. Langs het dijktraject zijn vier locaties aangegeven: profiel 9, 10, 11a en 11b. In deze notitie is vastgesteld welke dijkhoogte nodig is.



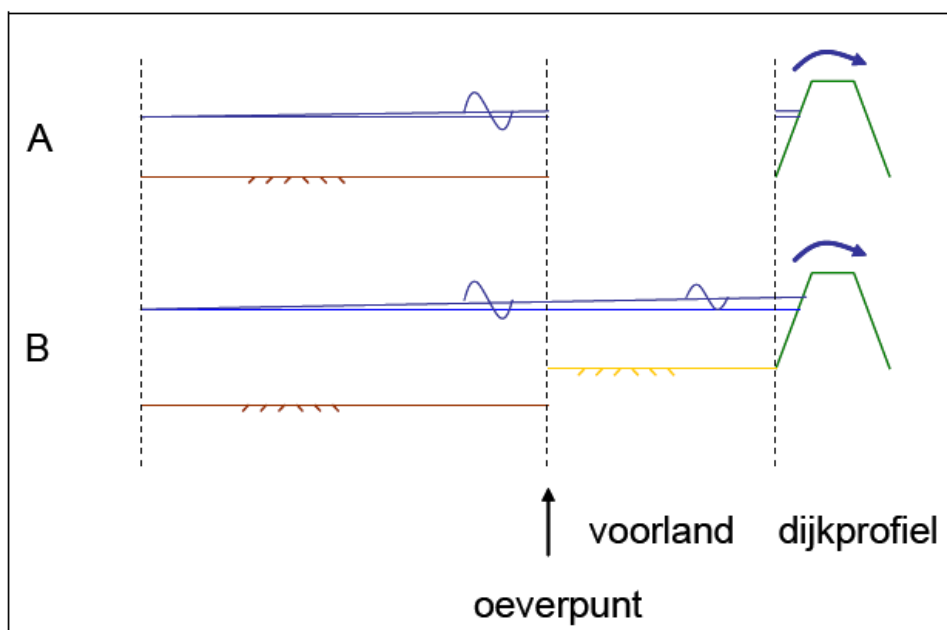
**Figuur 1: Overzichtskaartje**

## Doel

Vaststellen welke kruinhoogte nodig is voor het faalmechanisme golfoverslag met overslagcriterium  $q=0,1$  op basis van de dijkkringbenadering. De benodigde kruinhoogte is bepaald met behulp van Hydra-R HR2006.

## Werkwijze

Voor het dijkontwerp is gecontroleerd of de kruinhoogte voldoet. Hiertoe zijn de waterstanden en de golven bepaald voor de teen van de dijk onder maatgevende omstandigheden. De waterstand voor de teen van de dijk is bepaald met het hydraulische model WAQUA. Bij deze waterstand is 0,3 meter opgeteld als robuustheidtoeslag. De golfhoogte voor de teen van de dijk is afhankelijk van de strijklengte en de waterdiepte. In hydra-R wordt gerekend met effectieve strijklengte. In Hydra-R zit de huidige ligging van de waterkering (Situatie A in onderstaande figuur). Situatie B in onderstaande figuur is de situatie na de dijkverlegging. De benodigde kruinhoogte is bepaald waarbij de strijklengte en diepte is aangepast als gevolg van de dijkteruglegging (conform inrichtingsplan Munnikenland). Als gevolg van de teruglegging neemt de strijklengte toe.



Figuur 2: Werkwijze Hydra-R berekeningen

### Uitgangspunten

Bij het berekenen van de benodigde kruinhoogte:

- is de waterstand voor de teen van de dijk bepaald op basis een hydraulisch model WAQUA;
- bij deze waterstand is 0,3 meter opgeteld als robuustheidtoeslag;
- 0,3 m als toeslag voor de dijkringbenadering;
- lokale toeslagen zijn niet van toepassing conform het hydraulisch advies.

De strijklengten en bodemhoogten zijn aangepast, zie bijlage I bij deze notitie.

Het profiel is geschematiseerd als 1:4 talud. Dit is het minimale profiel zoals dat theoretisch voor kan komen bij erosie van de extra grond van het ontwerp Wakkere dijk.

### Resultaten

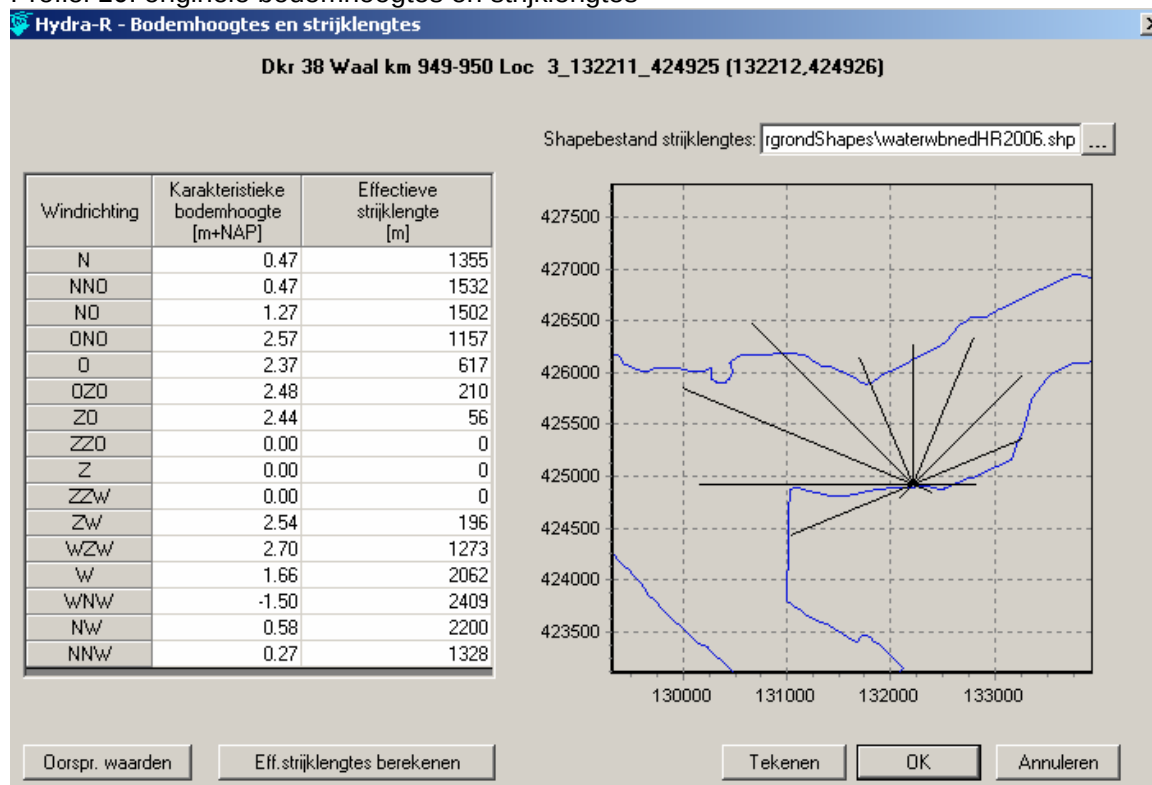
De resultaten van de Hydra-R berekeningen zijn samengevat in onderstaande tabel. Daarbij is de benodigde kruinhoogte gegeven wanneer de effectieve strijklengte en de karakteristieke bodemhoogte zijn aangepast.

Tabel 1: Benodigde kruinhoogte bij overslagdebiet 0,1 l/s/m

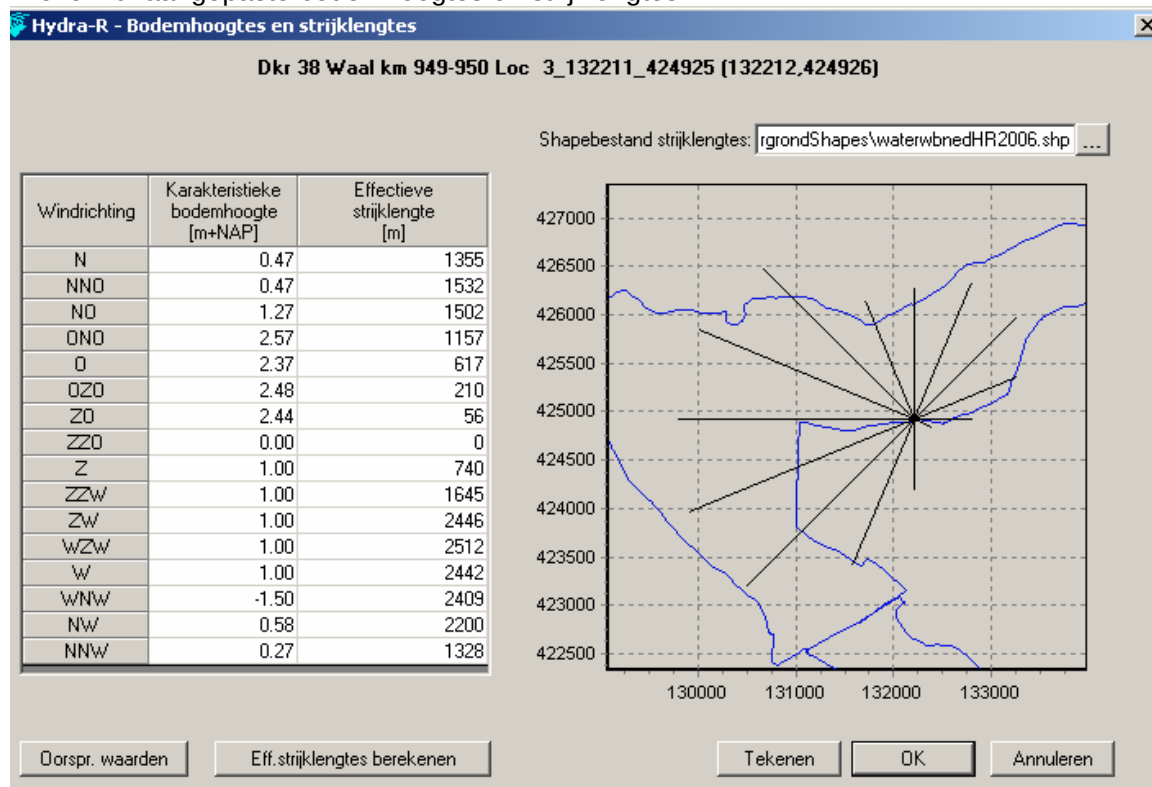
| profiel | ontwerpwaterstand | windrichting | windsnelheid | significante golfhoogte | piekperiode | benodigde kruinhoogte |
|---------|-------------------|--------------|--------------|-------------------------|-------------|-----------------------|
| 10      | 7,1               | 270          | 13           | 0,46                    | 2,63        | 7,96                  |
| 9       | 7,1               | 292,5        | 12           | 0,42                    | 2,53        | 7,86                  |
| 11a     | 7,1               | 270          | 13           | 0,44                    | 2,57        | 7,83                  |
| 11b     | 7,1               | 292,5        | 12           | 0,40                    | 2,54        | 7,81                  |

## Bijlage 3a-I: Bodemhoogten en strijklengten

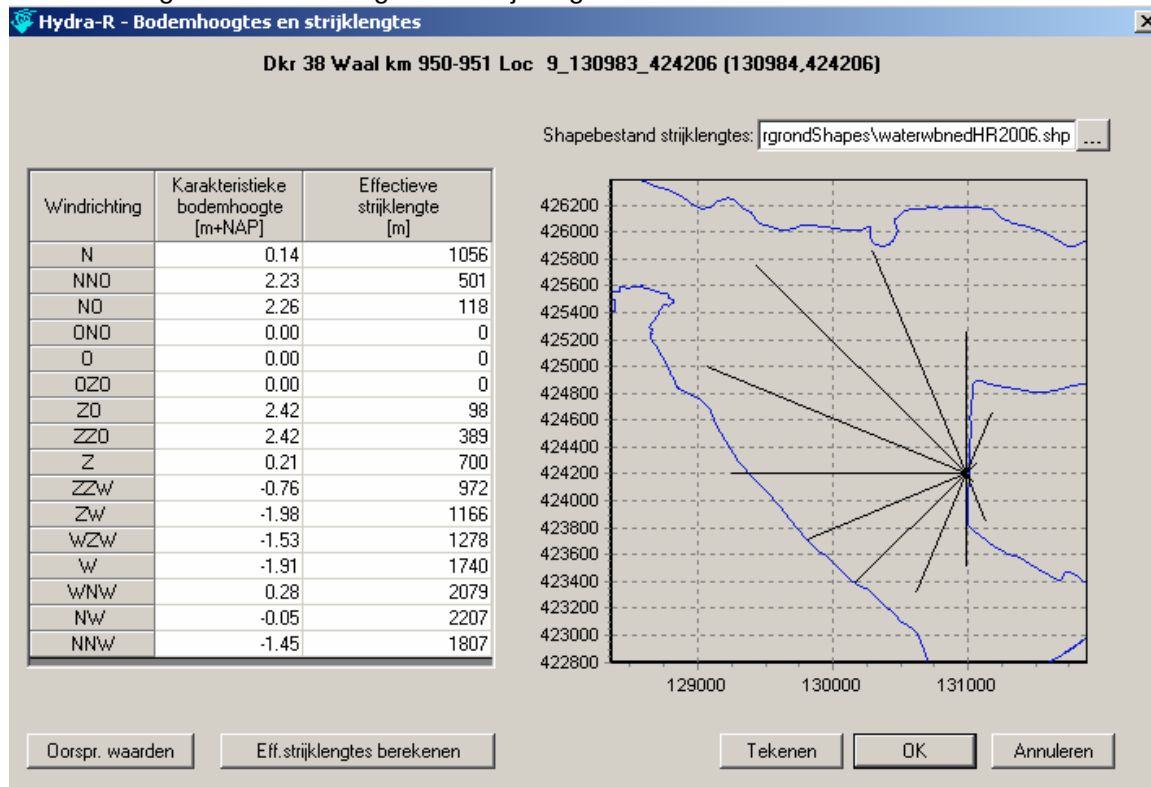
### Profiel 10: originele bodemhoogtes en strijklengtes



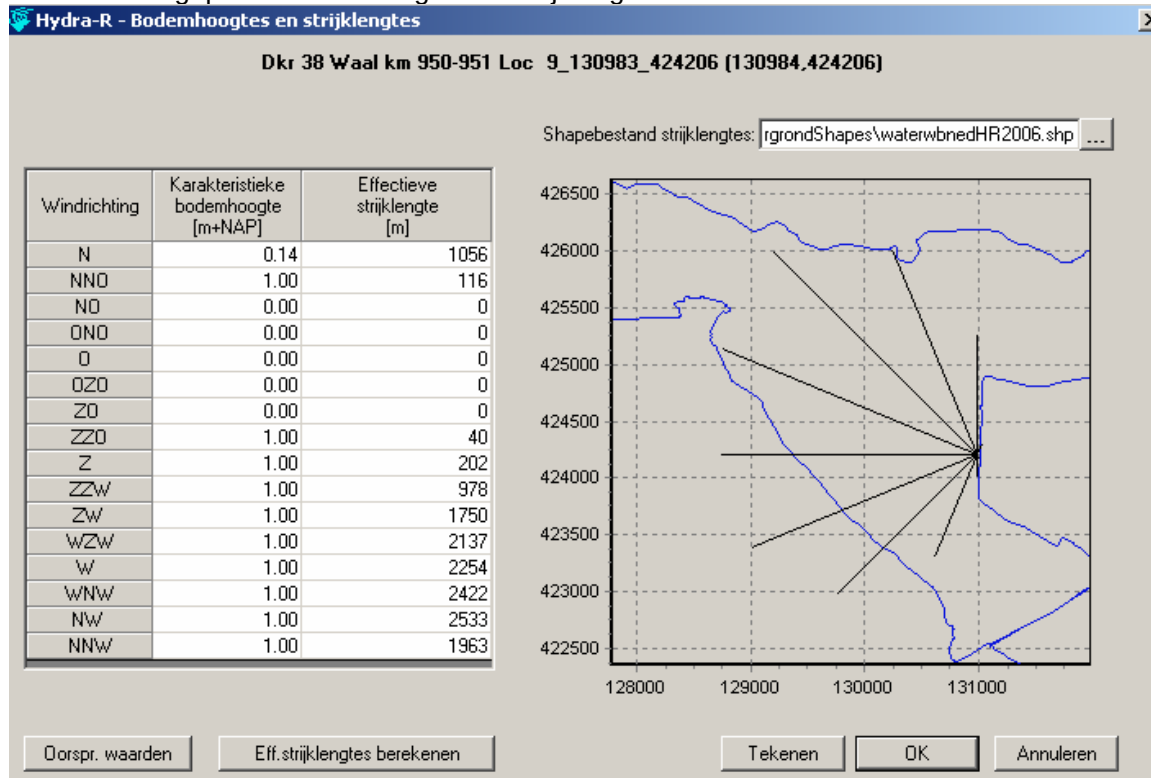
### Profiel 10: aangepaste bodemhoogtes en strijklengtes



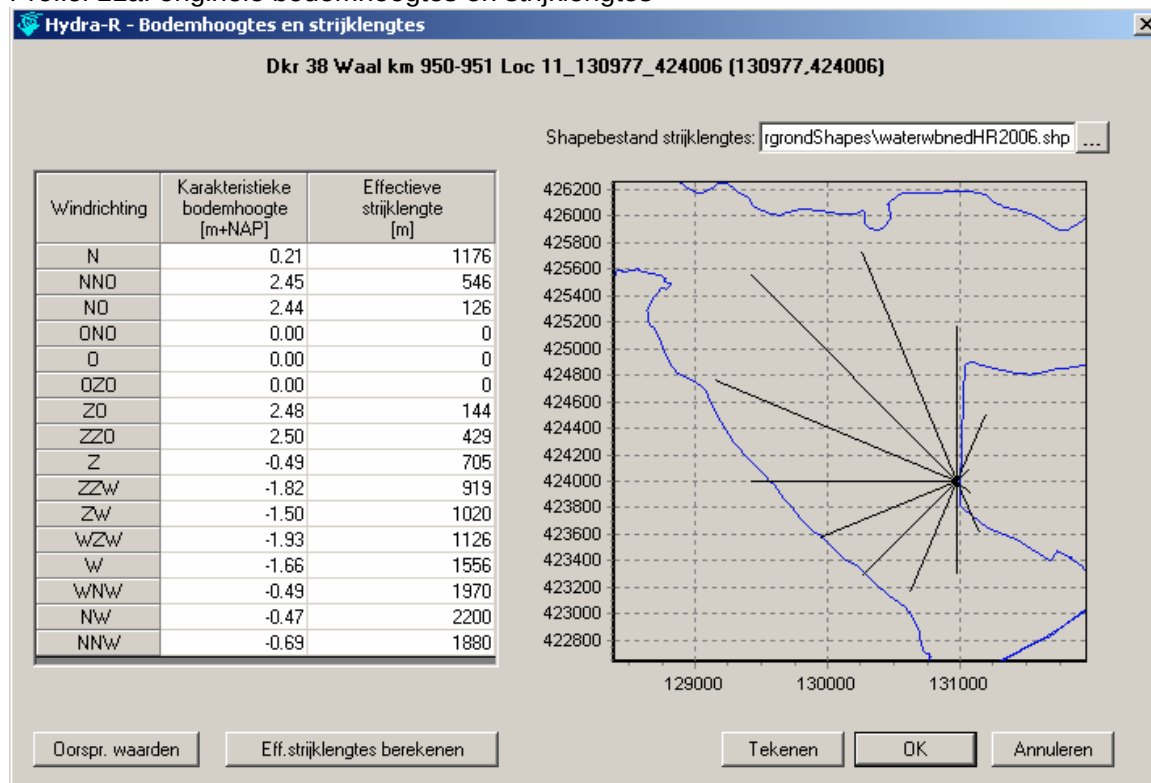
## Profiel 9: originele bodemhoogtes en strijklengtes



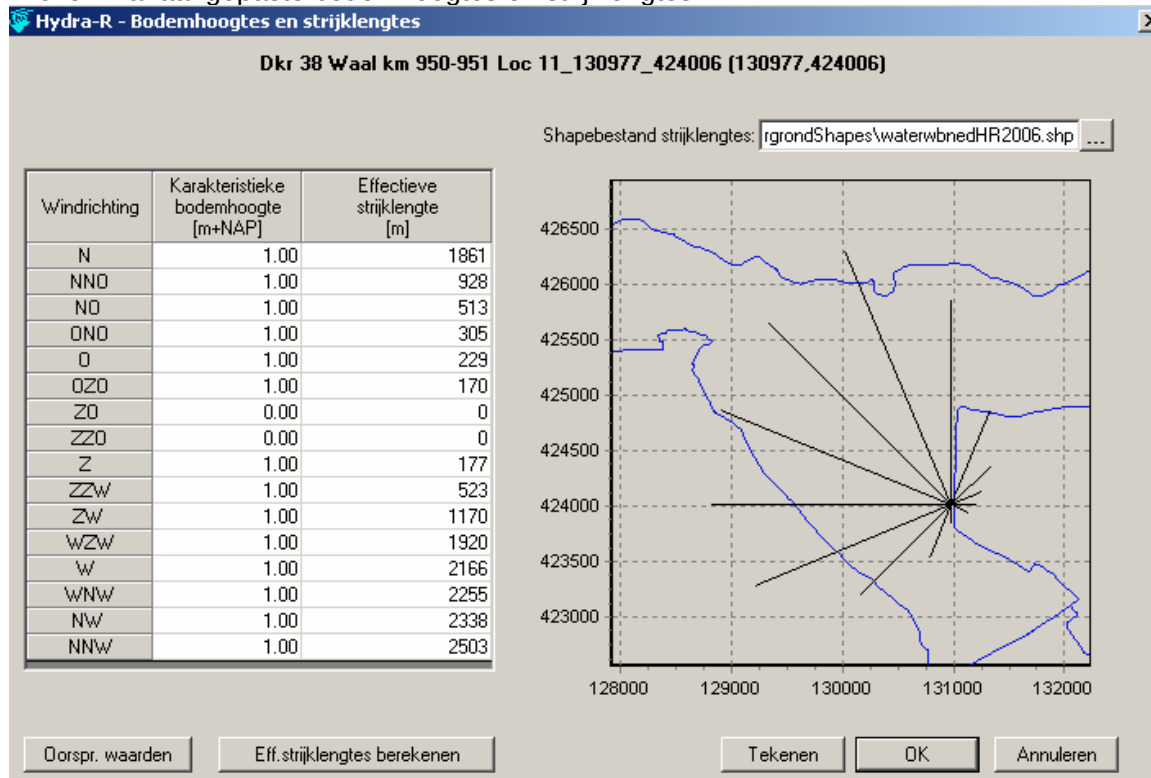
## Profiel 9: aangepaste bodemhoogtes en strijklengtes



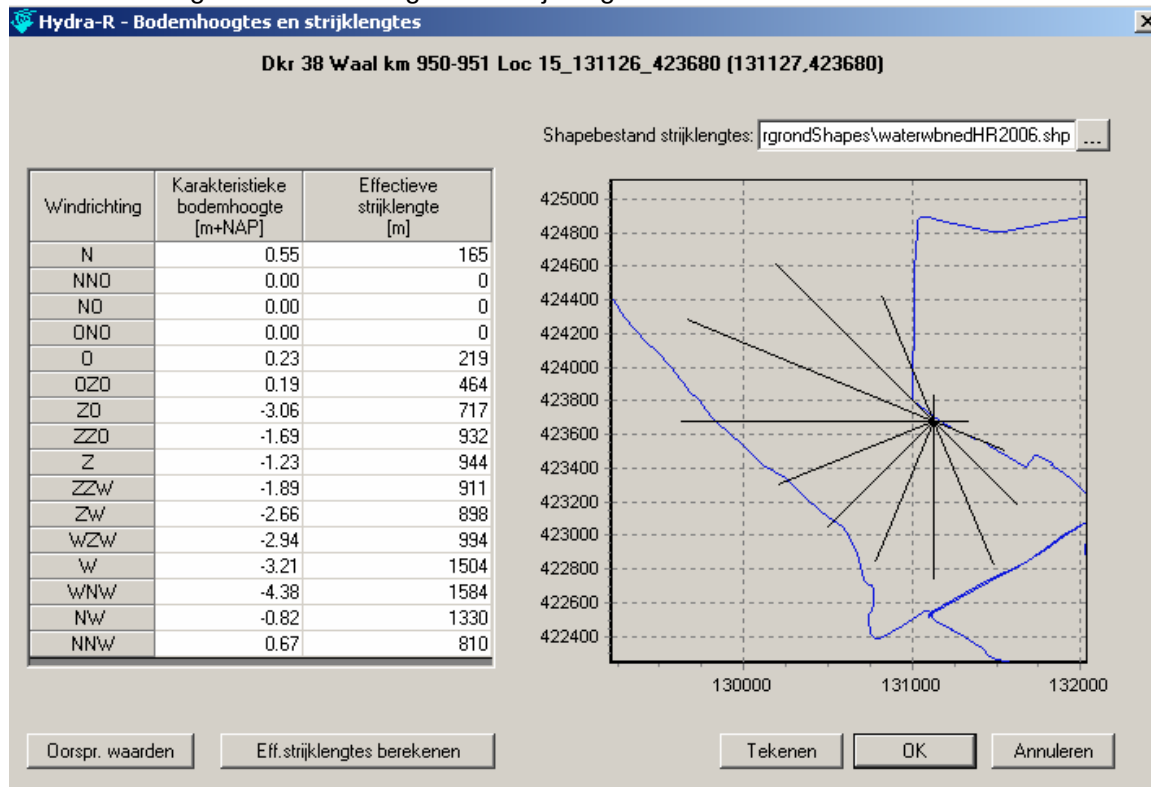
### Profiel 11a: originele bodemhoogtes en strijklengtes



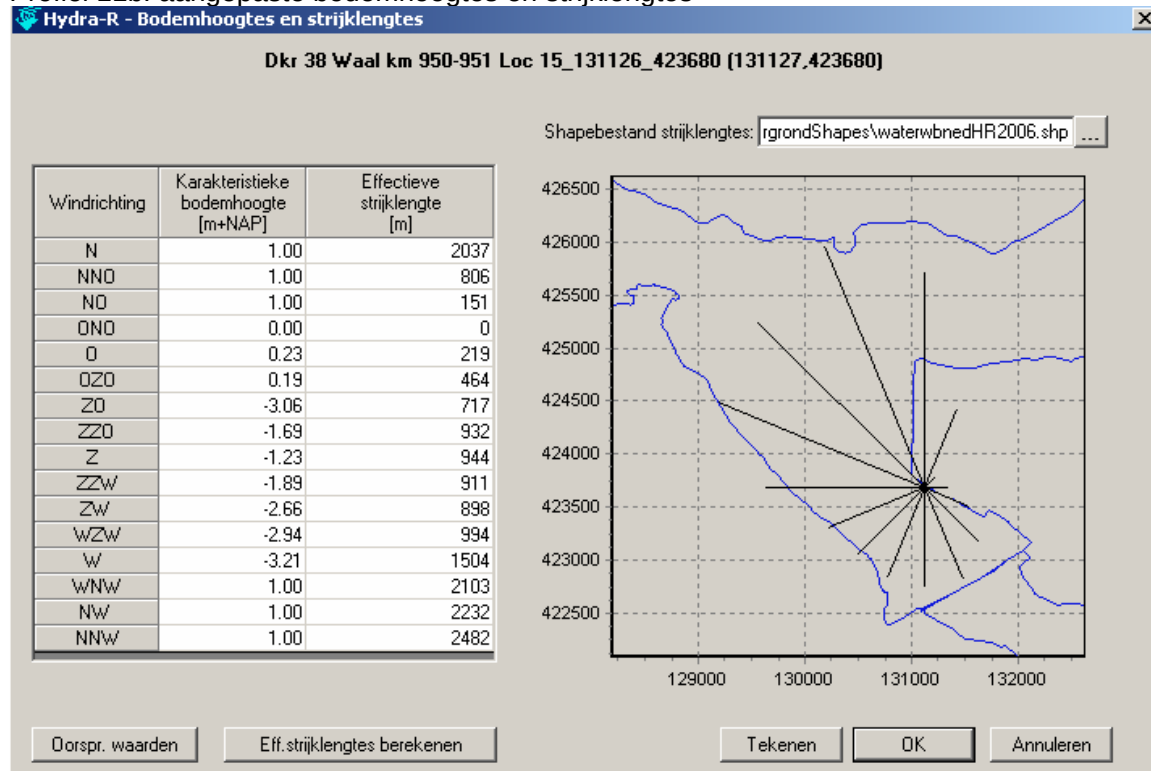
### Profiel 11a: aangepaste bodemhoogtes en strijklengtes



## Profiel 11b: originele bodemhoogtes en strijklengtes



## Profiel 11b: aangepaste bodemhoogtes en strijklengtes



## Bijlage 3a-II: Uitvoerbestanden Hydra-R

### Locatie 10

Hydra-R versie: 1.1.6  
 Gebruikersnaam = 414320  
 Datum berekening = 21-6-2009 19:12:36  
  
 Database = Copy\_Oeverloc\_dkr\_038\_Rijn\_Hydra\_R  
 Terugkeertijd = 1250 jaar  
  
 Locatie = Dkr 38 Waal km 949-950 Loc 3\_132211\_424925  
 X-coördinaat = 132212 m  
 Y-coördinaat = 424926 m  
  
 Profiel = wakkere dijk 1op4  
 Aanwezige dijkhoogte = 8,00 m+NAP  
 Uitwendige dijknormaal = 270,00 °

| Dijkprofielcoördinaten |        | Taludruwheids- |
|------------------------|--------|----------------|
| Afstand                | Hoogte | factor         |
| 0,00 m                 | 1,00 m | 1,00           |
| 28,00 m                | 8,00 m |                |

Type berekening = Hydraulisch belasting niveau, Golfoverslag  
 Overslagdebiet = 0,10 l/s/m  
 Oploop/overslag module = PC-Overslag

Benodigde kruinhoogte = 7,96 m+NAP

Type invoer = Windgegevens  
 Waterstand = 7,10 m+NAP (Waterstand oeverlocatie, Waterstand gebruiker)  
 Stroomsnelheid = 99,00 m/s  
 Windrichting = 270,00 °  
 Windsnelheid = 13,00 m/s  
 Transformatie wind = Upot -> Upot  
 Golfgroeiformules = Bretschneider  
 Bodemhoogte = 0,27 m  
 Strijklengte = 1328,00 m

| Waterstand | Golfhoogte | Golfperiode | Golfrichting |
|------------|------------|-------------|--------------|
|------------|------------|-------------|--------------|

|                                 |            |        |        |          |
|---------------------------------|------------|--------|--------|----------|
| Parameters na golfgroeiformules | 7,10 m+NAP | 0,46 m | 2,63 s | 270,00 ° |
|---------------------------------|------------|--------|--------|----------|

De golfperiode in Hydra-R is de piekperiode.

## Locatie 9

Hydra-R versie: 1.1.6  
 Gebruikersnaam = 414320  
 Datum berekening = 21-6-2009 19:00:36

Database = Copy\_Oeverloc\_dkr\_038\_Rijn\_Hydra\_R  
 Terugkeertijd = 1250 jaar

Locatie = Dkr 38 Waal km 950-951 Loc 9\_130983\_424206  
 X-coördinaat = 130984 m  
 Y-coördinaat = 424206 m

Profiel = wakkere dijk 1op4  
 Aanwezige dijkhoogte = 8,00 m+NAP  
 Uitwendige dijknormaal = 300,00 °

| Dijkprofielcoördinaten |        | Taludruwheids- |
|------------------------|--------|----------------|
| Afstand                | Hoogte | factor         |
| 0,00 m                 | 1,00 m | 1,00           |
| 28,00 m                | 8,00 m |                |

Type berekening = Hydraulisch belasting niveau, Golfoverslag  
 Overslagdebiet = 0,10 l/s/m  
 Oploop/overslag module = PC-Overslag

Benodigde kruinhoogte = 7,86 m+NAP

Type invoer = Windgegevens  
 Waterstand = 7,10 m+NAP (Waterstand oeverlocatie, Waterstand gebruiker)  
 Stroomsnelheid = 99,00 m/s  
 Windrichting = 292,50 °  
 Windsnelheid = 12,00 m/s  
 Transformatie wind = Upot -> Upot  
 Golfgroeiformules = Bretschneider  
 Bodemhoogte = 1,00 m  
 Strijklengte = 1963,00 m

|                                 | Waterstand | Golfhoogte | Golfperiode | Golfrichting |
|---------------------------------|------------|------------|-------------|--------------|
| Parameters na golfgroeiformules | 7,10 m+NAP | 0,42 m     | 2,53 s      | 292,50 °     |

De golfperiode in Hydra-R is de piekperiode.

## Locatie 11a

Hydra-R versie: 1.1.6  
 Gebruikersnaam = 414320  
 Datum berekening = 21-6-2009 19:00:36

Database = Copy\_Oeverloc\_dkr\_038\_Rijn\_Hydra\_R  
 Terugkeertijd = 1250 jaar

Locatie = Dkr 38 Waal km 950-951 Loc 11\_130977\_424006  
 X-coördinaat = 130977 m  
 Y-coördinaat = 424006 m

Profiel = wakkere dijk 1op4  
 Aanwezige dijkhoogte = 8,00 m+NAP  
 Uitwendige dijknormaal = 300,00 °

| Dijkprofielcoördinaten |        | Taludruwheids- |
|------------------------|--------|----------------|
| Afstand                | Hoogte | factor         |
| 0,00 m                 | 1,00 m | 1,00           |
| 28,00 m                | 8,00 m |                |

Type berekening = Hydraulisch belasting niveau, Golfoverslag  
 Overslagdebiet = 0,10 l/s/m  
 Oploop/overslag module = PC-Overslag

Benodigde kruinhoogte = 7,83 m+NAP

Type invoer = Windgegevens  
 Waterstand = 7,10 m+NAP (Waterstand oeverlocatie, Waterstand gebruiker)  
 Stroomsnelheid = 99,00 m/s  
 Windrichting = 270,00 °  
 Windsnelheid = 13,00 m/s  
 Transformatie wind = Upot -> Upot  
 Golfgroeiformules = Bretschneider  
 Bodemhoogte = 1,00 m  
 Strijklengte = 2503,00 m

|                                 | Waterstand | Golfhoogte | Golfperiode | Golfrichting |
|---------------------------------|------------|------------|-------------|--------------|
| Parameters na golfgroeiformules | 7,10 m+NAP | 0,44 m     | 2,57 s      | 270,00 °     |

De golfperiode in Hydra-R is de piekperiode.

## Locatie 11b

Hydra-R versie: 1.1.6  
 Gebruikersnaam = 414320  
 Datum berekening = 21-6-2009 19:00:36

Database = Copy\_Oeverloc\_dkr\_038\_Rijn\_Hydra\_R  
 Terugkeertijd = 1250 jaar

Locatie = Dkr 38 Waal km 950-951 Loc 15\_131126\_423680  
 X-coördinaat = 131127 m  
 Y-coördinaat = 423680 m

Profiel = wakkere dijk 1op4  
 Aanwezige dijkhoogte = 8,00 m+NAP  
 Uitwendige dijknormaal = 300,00 °

| Dijkprofielcoördinaten |        | Taludruwheids- |
|------------------------|--------|----------------|
| Afstand                | Hoogte | factor         |
| 0,00 m                 | 1,00 m | 1,00           |
| 28,00 m                | 8,00 m |                |

Type berekening = Hydraulisch belasting niveau, Golfoverslag  
 Overslagdebiet = 0,10 l/s/m  
 Oploop/overslag module = PC-Overslag

Benodigde kruinhoogte = 7,81 m+NAP

Type invoer = Windgegevens  
 Waterstand = 7,10 m+NAP (Waterstand oeverlocatie, Waterstand gebruiker)  
 Stroomsnelheid = 99,00 m/s  
 Windrichting = 292,50 °  
 Windsnelheid = 12,00 m/s  
 Transformatie wind = Upot -> Upot  
 Golfgroeiformules = Bretschneider  
 Bodemhoogte = 1,00 m  
 Strijklengte = 2482,00 m

|                                 | Waterstand | Golfhoogte | Golfperiode | Golfrichting |
|---------------------------------|------------|------------|-------------|--------------|
| Parameters na golfgroeiformules | 7,10 m+NAP | 0,40 m     | 2,45 s      | 292,50 °     |

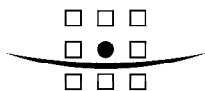
De golfperiode in Hydra-R is de piekperiode.

## **Bijlage 3B**

### **Geotechniek**

**Zandbanenkaart**  
**Grondparameters**  
**Plaxis geohydrologie**  
**MStab**  
**MSettle**

A COMPANY OF



**ROYAL HASKONING**

## Legenda

### Zandbaan393e

-  Smalle voorkomens doorl.top < 2 m-mv
-  Smalle voorkomens doorl.top < 1 m-mv

### Zandbaan193e

-  Antropogeen verstoord
-  Doorl.mat.top. 3.0-6.0 m-mv
-  Doorl.mat.top. 2.0-3.0 m-mv
-  Doorl.mat.top. 1.5-2.0 m-mv
-  Doorl.mat.top. 1.0-1.5 m-mv
-  Doorl.mat.top. < 1.0 m-mv
-  Ondoorl.mat.dikte 0-1 m
-  Ondoorl.mat.dikte 1-2 m
-  Ondoorl.mat.dikte 2-3 m
-  Ondoorl.mat.dikte 3-4 m
-  Ondoorl.mat.dikte 4-5 m
-  Ondoorl.mat.dikte 5-6 m
-  Ondoorl.mat.dikte 6-7 m
-  Ondoorl.mat.dikte 7-8 m
-  Ondoorl.mat.dikte 8-9 m
-  Ondoorl.mat.dikte 9-10 m



Opdrachtgever : Waterschap Rivierenland

Project : Munnikenland  
Inventarisatie gegevens

Onderwerp : Zandbanen

Ontwerpfase : Definitief

Getekend : R. Umbach

Datum : 20-01-07

Besteknummer : -

Schaal : 1 : 20.000

Bladformaat : A3

Projectnummer : 110305.000306.001

Tekeningnummer : -

Goedgekeurd : R. Talens-Brugman

Datum : 20-01-07

Projectleider : R. Talens-Brugman

Vestiging : Apeldoorn

ArcGIS project : kaart.mxd

Layouthaam : -

Versie : -



| Grondsoort             | Diepte | Bron     | karakteristiek       |                 |                      | TRWG - partiele materiaalfactor |                | rekenwaarde     |                      |
|------------------------|--------|----------|----------------------|-----------------|----------------------|---------------------------------|----------------|-----------------|----------------------|
|                        |        |          | $\gamma_{nat}$       | $\varphi_{kar}$ | $C_{kar}$            | $\gamma_{m,f}$                  | $\gamma_{m,c}$ | $\varphi_{rek}$ | $C_{rek}$            |
|                        |        |          | [kN/m <sup>3</sup> ] | [°]             | [kN/m <sup>2</sup> ] | -                               | -              | [°]             | [kN/m <sup>2</sup> ] |
| KLEI                   | ondiep | Heidemij | 15,2                 | 29,2            | 5,2                  | 1,20                            | 1,25           | 25,0            | 4,2                  |
| KLEI, zandig           | -      | Heidemij | 15,5                 | 31,4            | 3,8                  | 1,20                            | 1,25           | 27,0            | 3,0                  |
| KLEI, humeus 12,0 kNm3 | ondiep | Heidemij | 12,0                 | 20,1            | 3,9                  | 1,20                            | 1,25           | 17,0            | 3,1                  |
| KLEI, humeus 12,5 kNm3 | diep   | Heidemij | 12,5                 | 20,1            | 3,9                  | 1,20                            | 1,25           | 17,0            | 3,1                  |
| KLEI, humeus 14,0 kNm3 | -      | Heidemij | 14,0                 | 20,1            | 3,9                  | 1,20                            | 1,25           | 17,0            | 3,1                  |
| VEEN, KLEI (menglaag)  | -      | -        | 12,0                 | -               | -                    | -                               | -              | 14,0            | 3,0                  |
| VEEN, basisveen        | -      | -        | 12,0                 | 22,5            | 0,0                  | 1,20                            | 1,50           | 19,0            | 0,0                  |
| VEEN                   | -      | NEN 6740 | 10,5                 | 15,0            | 5,0                  | 1,20                            | 1,50           | 12,1            | 3,3                  |
| ZAND, los              | -      | NEN 6740 | 19,0                 | 30,0            | 0,0                  | 1,20                            | 1,00           | 25,7            | 0,0                  |
| ZAND, matig vast       | -      | NEN 6740 | 20,0                 | 32,5            | 0,0                  | 1,20                            | 1,00           | 28,0            | 0,0                  |

| Grondsoort             | Diepte | Bron      | samendrukkingsparameters |                      |      |          |          |          |  |
|------------------------|--------|-----------|--------------------------|----------------------|------|----------|----------|----------|--|
|                        |        |           | cv                       | POP                  | OCR  | a        | b        | c        |  |
|                        |        |           | [m <sup>2</sup> /s]      | [kN/m <sup>2</sup> ] | [-]  | [-]      | [-]      | [-]      |  |
| KLEI                   | ondiep | Wiertsema | 1,00E-08                 | 10                   |      | 0,0300   | 0,1000   | 0,0040   |  |
| KLEI, zandig           | -      | Wiertsema | 1,00E-08                 |                      | 1,30 | 0,0300   | 0,1000   | 0,0040   |  |
| KLEI, humeus 12,0 kNm3 | ondiep | Wiertsema | 1,00E-07                 | 10                   |      | 0,0300   | 0,2500   | 0,0050   |  |
| KLEI, humeus 12,5 kNm3 | diep   | Wiertsema | 1,00E-07                 |                      | 1,30 | 0,0300   | 0,2500   | 0,0050   |  |
| KLEI, humeus 14,0 kNm3 | -      | Wiertsema | 1,00E-07                 |                      | 1,30 | 0,0300   | 0,2500   | 0,0050   |  |
| VEEN, KLEI (menglaag)  | -      | Wiertsema | 5,00E-07                 |                      | 1,60 | 0,0300   | 0,2500   | 0,0050   |  |
| VEEN, basisveen        | -      | Wiertsema | 5,00E-07                 |                      | 1,60 | 0,0300   | 0,2500   | 0,0050   |  |
| VEEN                   | -      | Wiertsema | 5,00E-07                 |                      | 1,60 | 0,0300   | 0,2500   | 0,0050   |  |
| ZAND, los              | -      | NEN 6740  | 1,00E+01                 |                      | 1,30 | 1,00E-06 | 1,00E-04 | 1,00E-06 |  |
| ZAND, matig vast       | -      | NEN 6740  | 1,00E+01                 |                      | 1,30 | 1,00E-06 | 1,00E-04 | 1,00E-06 |  |

| monster                | M63 | d <sub>10</sub> | d <sub>15</sub> | d <sub>50</sub> | d <sub>60</sub> | d <sub>60</sub> / d <sub>10</sub> | diepte      |
|------------------------|-----|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------------------------|-------------|
|                        |     | [ μm ]          | [ μm ]          | [ μm ]          | [ μm ]          | -                                 | [ m + NAP ] |
| B-1                    |     | 95              | 127             | 214             | 231             | 2,43                              | -8,85       |
| B-1                    |     | 93              | 139             | 249             | 274             | 2,95                              | -9,25       |
| B-1                    |     | 145             | 182             | 274             | 303             | 2,09                              | -10,25      |
| B-2                    |     | 84              | 130             | 218             | 234             | 2,79                              | -3,55       |
| B-2                    |     | 139             | 178             | 367             | 421             | 3,03                              | -8,05       |
| B-2                    |     | 145             | 185             | 377             | 431             | 2,97                              | -9,05       |
| B-6                    |     | 58              | 116             | 240             | 274             | 4,72                              | -8,11       |
| B-6                    |     | 152             | 183             | 281             | 309             | 2,03                              | -9,11       |
| gemiddelde waarde      |     | 113,88          | 155,00          | 277,50          | 309,63          | 2,88                              |             |
| aantal                 |     | 8               | 8               | 8               | 8               |                                   |             |
| standaard afwijking    |     | 35,51           | 29,59           | 62,94           | 77,11           |                                   |             |
| variatiecoëfficiënt    |     | 0,31            | 0,19            | 0,23            | 0,25            |                                   |             |
| student-t waarde       |     | 1,89            | 1,89            | 1,89            | 1,89            |                                   |             |
| GAMMA^2                |     | 0,25            | 0,25            | 0,25            | 0,25            |                                   |             |
| karakteristieke waarde |     | 72,67           | 120,67          | 204,48          | 220,16          |                                   |             |

bron: TRZW - (A.II.5) uitgaande van regionale proevenverzameling

Tabel 4.1: Creep-factoren voor de regels van Bligh en Lane

| Grondsoort               | Mediane korrel-diameter [μ m] <sup>1)</sup> | C <sub>creep</sub> (Bligh) | C <sub>w,creep</sub> (Lane) |
|--------------------------|---------------------------------------------|----------------------------|-----------------------------|
| Uiterst fijn zand, silt  | < 105                                       |                            | 8.5                         |
| Zeer fijn zand           | 105 – 150                                   | 18                         |                             |
| Zeer fijn zand (mica)    |                                             | 18                         | 7                           |
| Matig fijn zand (kwarts) | 150 – 210                                   | 15                         | 7                           |
| Matig grof zand          | 210 – 300                                   |                            | 6                           |
| Zeer/uiterst grof zand   | 300 – 2000                                  | 12                         | 5                           |
| Fijn grind               | 2000 – 5600                                 | 9                          | 4                           |
| Matig grof grind         | 5600 – 16000                                |                            | 3.5                         |
| Zeer grof grind          | > 16000                                     | 4                          | 3                           |

1) indicaties conform NEN 5104 (September 1989)

Eventueel kan tussen de klassemiddens van de mediane korreldiameters worden geïnterpoleerd

| Grondsoort             | Diepte | Bron     | karakteristiek        |                        |                      | TRWG - partiele<br>materiaalfactor |                       | rekenwaarde            |                      | samendrukkingsparameters |                      |      |          |          |          |
|------------------------|--------|----------|-----------------------|------------------------|----------------------|------------------------------------|-----------------------|------------------------|----------------------|--------------------------|----------------------|------|----------|----------|----------|
|                        |        |          | $\gamma_{\text{nat}}$ | $\varphi_{\text{kar}}$ | $c_{\text{kar}}$     | $\gamma_{\text{m,t}}$              | $\gamma_{\text{m,c}}$ | $\varphi_{\text{rek}}$ | $c_{\text{rek}}$     | cv                       | POP                  | OCR  | a        | b        | c        |
|                        |        |          | [kN/m <sup>3</sup> ]  | [°]                    | [kN/m <sup>2</sup> ] | -                                  | -                     | [°]                    | [kN/m <sup>2</sup> ] | [m <sup>2</sup> /s]      | [kN/m <sup>2</sup> ] | [-]  | [-]      | [-]      | [-]      |
| KLEI                   | ondiep | Grontmij | 15,2                  | 29,2                   | 5,2                  | 1,20                               | 1,25                  | 25,0                   | 4,2                  | 1,00E-08                 | 10                   |      | 0,0300   | 0,1000   | 0,0040   |
| KLEI, zandig           | -      | Grontmij | 15,5                  | 31,4                   | 3,8                  | 1,20                               | 1,25                  | 27,0                   | 3,0                  | 1,00E-08                 |                      | 1,30 | 0,0300   | 0,1000   | 0,0040   |
| KLEI, humeus 12,0 kNm3 | ondiep | Grontmij | 12,0                  | 20,1                   | 3,9                  | 1,20                               | 1,25                  | 17,0                   | 3,1                  | 1,00E-07                 | 10                   |      | 0,0300   | 0,2500   | 0,0050   |
| KLEI, humeus 12,5 kNm3 | diep   | Grontmij | 12,5                  | 20,1                   | 3,9                  | 1,20                               | 1,25                  | 17,0                   | 3,1                  | 1,00E-07                 |                      | 1,30 | 0,0300   | 0,2500   | 0,0050   |
| KLEI, humeus 14,0 kNm3 | -      | Grontmij | 14,0                  | 20,1                   | 3,9                  | 1,20                               | 1,25                  | 17,0                   | 3,1                  | 1,00E-07                 |                      | 1,30 | 0,0300   | 0,2500   | 0,0050   |
| VEEN, KLEI (menglaag)  | -      | -        | 12,0                  | -                      | -                    | -                                  | -                     | 14,0                   | 3,0                  | 5,00E-07                 |                      | 1,60 | 0,0300   | 0,2500   | 0,0050   |
| VEEN, basisveen        | -      | -        | 12,0                  | 22,5                   | 0,0                  | 1,20                               | 1,50                  | 19,0                   | 0,0                  | 5,00E-07                 |                      | 1,60 | 0,0300   | 0,2500   | 0,0050   |
| VEEN                   | -      | NEN 6740 | 10,5                  | 15,0                   | 5,0                  | 1,20                               | 1,50                  | 12,1                   | 3,3                  | 5,00E-07                 |                      | 1,60 | 0,0300   | 0,2500   | 0,0050   |
| ZAND, los              | -      | NEN 6740 | 19,0                  | 30,0                   | 0,0                  | 1,20                               | 1,00                  | 25,7                   | 0,0                  | 1,00E+01                 |                      | 1,30 | 1,00E-06 | 1,00E-04 | 1,00E-06 |
| ZAND, matig vast       | -      | NEN 6740 | 20,0                  | 32,5                   | 0,0                  | 1,20                               | 1,00                  | 28,0                   | 0,0                  | 1,00E+01                 |                      | 1,30 | 1,00E-06 | 1,00E-04 | 1,00E-06 |

# REPORT

06/18/2009

**User:** Royal Haskoning

**Title:** Bijlage Geohydrologische modellering

## Table of Contents

|                              |   |
|------------------------------|---|
| 1. General Information ..... | 3 |
| 2. Geometry .....            | 4 |
| 3. Material data .....       | 5 |

# 1. General Information

**Table [1] units**

| Type   | Unit |
|--------|------|
| Length | m    |
| Force  | kN   |
| Time   | day  |

**Table [2] Model dimensions**

|   | min.    | max.     |
|---|---------|----------|
| X | 0,000   | 1182,000 |
| Y | -50,000 | 8,000    |

**Table [3] Model**

|         |              |
|---------|--------------|
| Model   | Plane Strain |
| Element | 15-Noded     |

## 2. Geometry



Fig. 1 Plot of geometry model (total horizontal distance = 1200 m)

### 3. Material data

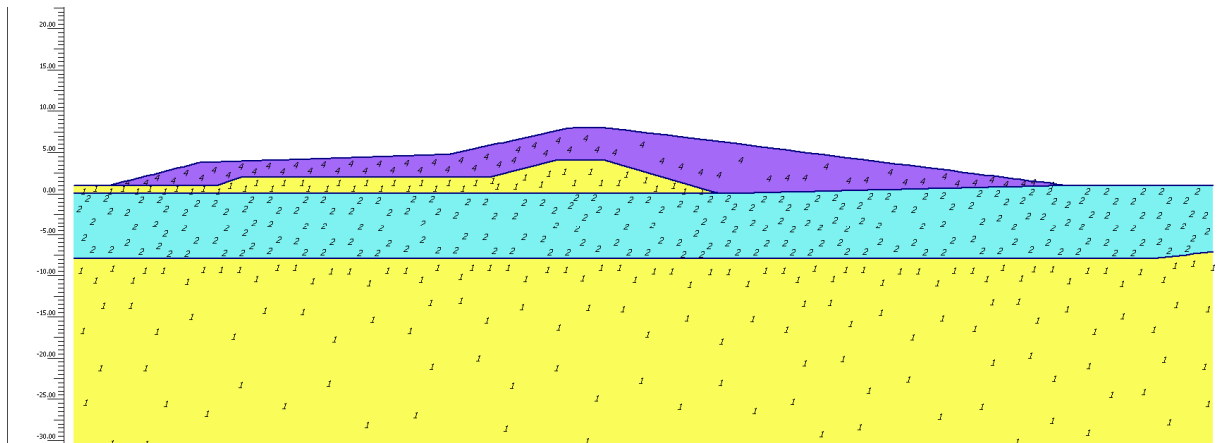


Fig. 2 Plot of geometry with material data sets (detail dijk)

Table [4] Soil data sets parameters

| <i>Linear Elastic</i>   |                        | 1<br>Sand<br>(alle zandlagen) | 2<br>Clay<br>(deklaag) | 3<br>Intrede<br>(intree weerstand<br>rivier) | 4<br>Dike<br>(dijkconstructie<br>material) |
|-------------------------|------------------------|-------------------------------|------------------------|----------------------------------------------|--------------------------------------------|
| Type                    |                        | Drained                       | Drained                | Drained                                      | Drained                                    |
| $\gamma_{\text{unsat}}$ | [kN/m <sup>3</sup> ]   | 20,00                         | 20,00                  | 20,00                                        | 20,00                                      |
| $\gamma_{\text{sat}}$   | [kN/m <sup>3</sup> ]   | 20,00                         | 20,00                  | 20,00                                        | 20,00                                      |
| $k_x$                   | [m/day]                | 25,000                        | 0,010                  | 0,200                                        | 0,0001                                     |
| $k_y$                   | [m/day]                | 25,000                        | 0,010                  | 0,200                                        | 0,0001                                     |
| $e_{\text{init}}$       | [-]                    | 0,500                         | 0,500                  | 0,500                                        | 0,500                                      |
| $c_k$                   | [-]                    | 1E015                         | 1E015                  | 1E015                                        | 1E015                                      |
| $E_{\text{ref}}$        | [kN/m <sup>2</sup> ]   | 10000,00                      | 10000,00               | 10000,00                                     | 10000,00                                   |
| $\nu$                   | [-]                    | 0,300                         | 0,300                  | 0,300                                        | 0,300                                      |
| $G_{\text{ref}}$        | [kN/m <sup>2</sup> ]   | 3846,154                      | 3846,154               | 3846,154                                     | 3846,154                                   |
| $E_{\text{oed}}$        | [kN/m <sup>2</sup> ]   | 13461,538                     | 13461,538              | 13461,538                                    | 13461,538                                  |
| $E_{\text{incr}}$       | [kN/m <sup>2</sup> /m] | 0,00                          | 0,00                   | 0,00                                         | 0,00                                       |
| $y_{\text{ref}}$        | [m]                    | 0,000                         | 0,000                  | 0,000                                        | 0,000                                      |
| $R_{\text{inter}}$      | [-]                    | 1,000                         | 1,000                  | 1,000                                        | 1,000                                      |
| Interface permeability  |                        | Neutral                       | Neutral                | Neutral                                      | Neutral                                    |

## 4. Calculated piezometric heads

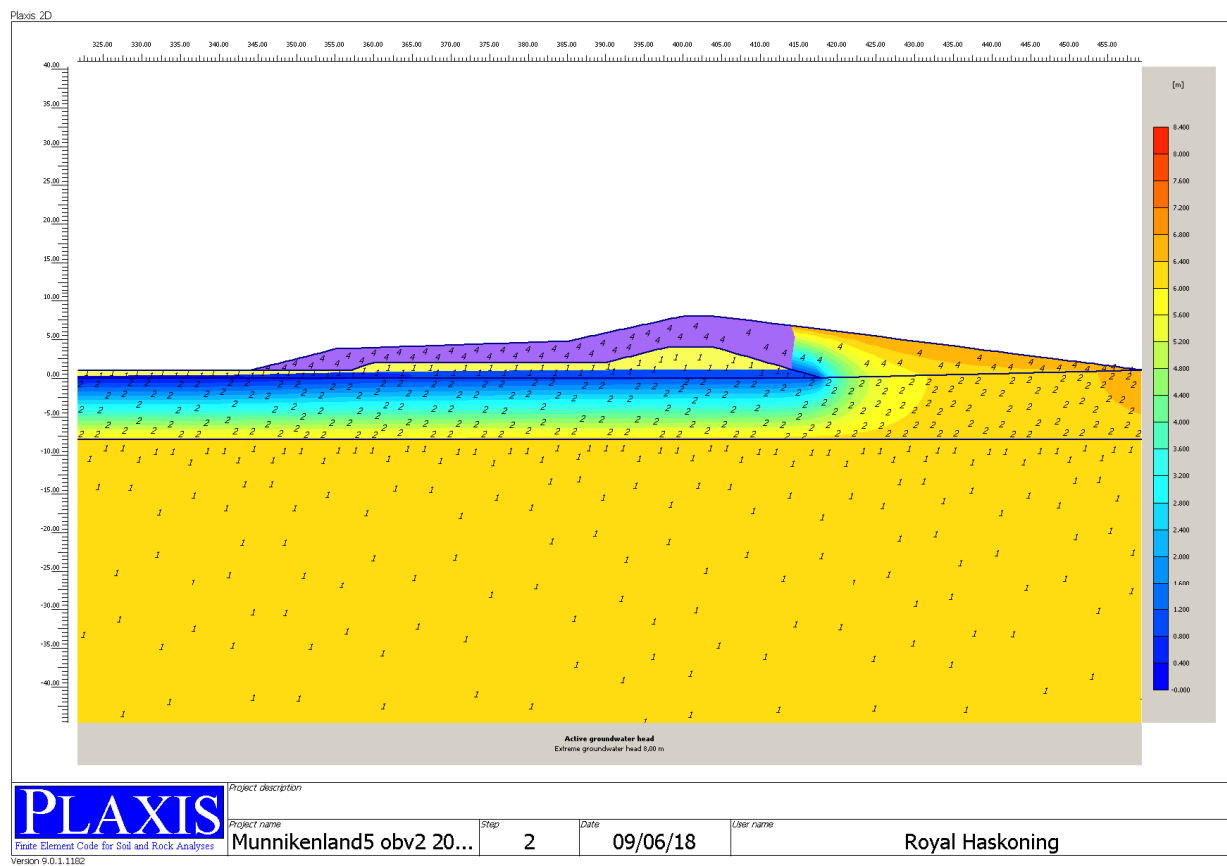


Fig. 3 Plot of piezometric heads

**Shear Stress Uplift Van (Zone 1B)**

**Materials**

- dijkmateriaal berm
- VEEN
- KLEI, humeus - zwaar
- KLEI
- ZAND, matig

**Dimensions:**

- Xm : 16,00 [m]
- Ym : 12,00 [m]
- Radius : 19,80 [m]
- Safety : 1,40 (1,33)
- Max. stress : 42,191 [kN/m<sup>2</sup>]
- Min. stress : 0,196 [kN/m<sup>2</sup>]

**Royal Haskoning**

Barbarossastraat 35  
6522 DK Nijmegen  
Phone +31 (0)24 - 328 42 94  
Fax +31 (0)24 - 323 93 46

Planstudie Munnikenland - Dijkverleggingsplan  
WD04 - DKM 32-49  
bermlengte 50 m - consolidatie t=360 dgn

MSlab 9.10 - WD04\_DKM32-49 IS40\_STBL\_20090618 slope 1V3H.slt

| date       | drw. |
|------------|------|
| 2009/06/18 | CSEV |
| 9S9885B0   |      |
| Annex -    | A4   |

MSIab 9.10 : WD04\_DKM32-49\_1540\_STBI\_20090618 slope 1V3H.sit

drw.  
CSEV

ctr.

Annex

form.  
A4

Program : MStab  
 Version : 9.10.8.6  
 License : Unknown  
 Company : Royal Haskoning  
 Date : 2009/06/18  
 Time : 16:05:23

Output file : I:\9S9885\Technical\_Data\Dijkverleggingsplan\Geotechniek\04 berekeningen\STBI\04 definitie  
 Input file : I:\9S9885\Technical\_Data\Dijkverleggingsplan\Geotechniek\04 berekeningen\STBI\04 definitie

===== BEGINNING OF DATA =====

# ECHO OF THE INPUT

=====

Problem identification : Planstudie Munnikenland - Dijkverleggingsplan  
 : WD04 - DKM 32-49

Calculation model : Uplift Van  
 Default shear strength : C phi  
 Zone type : New

## LAYER BOUNDARIES

=====

| Boundary no. | Co-ordinates [m] |        |        |        |        |        |
|--------------|------------------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 12 - X -     | -100.00          | -57.20 | -2.00  | 0.00   | 2.00   | 3.00   |
| 12 - Y -     | 0.95             | 0.95   | 7.85   | 8.50   | 8.50   | 8.50   |
| 12 - X -     | 5.00             | 13.55  | 15.95  | 20.00  | 53.00  | 67.00  |
| 12 - Y -     | 7.85             | 5.00   | 3.40   | 4.75   | 3.75   | 0.95   |
| 12 - X -     | 70.00            | 70.80  | 71.00  | 71.50  | 72.50  | 73.00  |
| 12 - Y -     | 0.95             | 0.00   | -0.25  | -0.50  | -0.50  | -0.25  |
| 12 - X -     | 73.20            | 74.00  | 120.00 |        |        |        |
| 12 - Y -     | 0.00             | 0.95   | 0.95   |        |        |        |
| 11 - X -     | -100.00          | -57.20 | -39.60 | -31.60 | -21.60 | -2.00  |
| 11 - Y -     | 0.95             | 0.95   | 0.95   | 2.95   | 2.95   | 7.85   |
| 11 - X -     | 0.00             | 2.00   | 3.00   | 5.00   | 13.55  | 15.95  |
| 11 - Y -     | 8.50             | 8.50   | 8.50   | 7.85   | 5.00   | 3.40   |
| 11 - X -     | 20.00            | 53.00  | 67.00  | 70.00  | 70.80  | 71.00  |
| 11 - Y -     | 4.75             | 3.75   | 0.95   | 0.95   | 0.00   | -0.25  |
| 11 - X -     | 71.50            | 72.50  | 73.00  | 73.20  | 74.00  | 120.00 |
| 11 - Y -     | -0.50            | -0.50  | -0.25  | 0.00   | 0.95   | 0.95   |
| 10 - X -     | -100.00          | -57.20 | -39.60 | -29.60 | -21.60 | -2.00  |
| 10 - Y -     | 0.95             | 0.95   | 0.95   | 0.95   | 2.95   | 7.85   |
| 10 - X -     | 0.00             | 2.00   | 3.00   | 5.00   | 13.55  | 15.95  |
| 10 - Y -     | 8.50             | 8.50   | 8.50   | 7.85   | 5.00   | 3.40   |
| 10 - X -     | 20.00            | 53.00  | 67.00  | 70.00  | 70.80  | 71.00  |
| 10 - Y -     | 4.75             | 3.75   | 0.95   | 0.95   | 0.00   | -0.25  |
| 10 - X -     | 71.50            | 72.50  | 73.00  | 73.20  | 74.00  | 120.00 |
| 10 - Y -     | -0.50            | -0.50  | -0.25  | 0.00   | 0.95   | 0.95   |
| 9 - X -      | -100.00          | -57.20 | -39.60 | -29.60 | -21.40 | 2.00   |
| 9 - Y -      | 0.95             | 0.95   | 0.95   | 0.95   | 0.95   | 8.50   |
| 9 - X -      | 3.00             | 5.00   | 13.55  | 15.95  | 20.00  | 53.00  |
| 9 - Y -      | 8.50             | 7.85   | 5.00   | 3.40   | 4.75   | 3.75   |
| 9 - X -      | 67.00            | 70.00  | 70.80  | 71.00  | 71.50  | 72.50  |
| 9 - Y -      | 0.95             | 0.95   | 0.00   | -0.25  | -0.50  | -0.50  |
| 9 - X -      | 73.00            | 73.20  | 74.00  | 120.00 |        |        |
| 9 - Y -      | -0.25            | 0.00   | 0.95   | 0.95   |        |        |
| 8 - X -      | -100.00          | -57.20 | -39.60 | -29.60 | -21.40 | 2.00   |
| 8 - Y -      | 0.95             | 0.95   | 0.95   | 0.95   | 0.95   | 8.50   |
| 8 - X -      | 3.00             | 5.00   | 13.55  | 15.95  | 18.40  | 67.00  |
| 8 - Y -      | 8.50             | 7.85   | 5.00   | 3.40   | 0.95   | 0.95   |

|   |   |   |   |         |        |        |        |        |       |
|---|---|---|---|---------|--------|--------|--------|--------|-------|
| 8 | - | X | - | 70.00   | 70.80  | 71.00  | 71.50  | 72.50  | 73.00 |
| 8 | - | Y | - | 0.95    | 0.00   | -0.25  | -0.50  | -0.50  | -0.25 |
| 8 | - | X | - | 73.20   | 74.00  | 120.00 |        |        |       |
| 8 | - | Y | - | 0.00    | 0.95   | 0.95   |        |        |       |
| 7 | - | X | - | -100.00 | -57.20 | -39.60 | -29.60 | -21.40 | 18.40 |
| 7 | - | Y | - | 0.95    | 0.95   | 0.95   | 0.95   | 0.95   | 0.95  |
| 7 | - | X | - | 67.00   | 70.00  | 70.80  | 71.00  | 71.50  | 72.50 |
| 7 | - | Y | - | 0.95    | 0.95   | 0.00   | -0.25  | -0.50  | -0.50 |
| 7 | - | X | - | 73.00   | 73.20  | 74.00  | 120.00 |        |       |
| 7 | - | Y | - | -0.25   | 0.00   | 0.95   | 0.95   |        |       |
| 6 | - | X | - | -100.00 | 70.80  | 71.00  | 71.50  | 72.50  | 73.00 |
| 6 | - | Y | - | 0.00    | 0.00   | -0.25  | -0.50  | -0.50  | -0.25 |
| 6 | - | X | - | 73.20   | 74.00  | 120.00 |        |        |       |
| 6 | - | Y | - | 0.00    | 0.95   | 0.95   |        |        |       |
| 5 | - | X | - | -100.00 | 70.80  | 71.00  | 71.50  | 72.50  | 73.00 |
| 5 | - | Y | - | 0.00    | 0.00   | -0.25  | -0.50  | -0.50  | -0.25 |
| 5 | - | X | - | 73.20   | 120.00 |        |        |        |       |
| 5 | - | Y | - | 0.00    | 0.00   |        |        |        |       |
| 4 | - | X | - | -100.00 | -40.00 | 20.00  | 120.00 |        |       |
| 4 | - | Y | - | -1.60   | -1.60  | -2.20  | -2.20  |        |       |
| 3 | - | X | - | -100.00 | -40.00 | 20.00  | 120.00 |        |       |
| 3 | - | Y | - | -1.90   | -1.90  | -2.90  | -2.90  |        |       |
| 2 | - | X | - | -100.00 | -40.00 | 20.00  | 120.00 |        |       |
| 2 | - | Y | - | -2.80   | -2.80  | -3.80  | -3.80  |        |       |
| 1 | - | X | - | -100.00 | -40.00 | 20.00  | 120.00 |        |       |
| 1 | - | Y | - | -5.50   | -5.50  | -7.80  | -7.80  |        |       |
| 0 | - | X | - | -100.00 | 120.00 |        |        |        |       |
| 0 | - | Y | - | -15.00  | -15.00 |        |        |        |       |

#### PL LINES

=====

| PL line no. | Co-ordinates [m] |        |        |        |       |       |
|-------------|------------------|--------|--------|--------|-------|-------|
| 1 - X -     | -100.00          | -40.00 | -30.00 | -10.00 | -7.00 | 55.00 |
| 1 - Y -     | 6.80             | 6.80   | 6.80   | 6.80   | 3.50  | 2.00  |
| 1 - X -     | 68.00            | 120.00 |        |        |       |       |
| 1 - Y -     | 0.50             | 0.50   |        |        |       |       |
| 2 - X -     | -100.00          | -50.00 | 66.00  | 120.00 |       |       |
| 2 - Y -     | 6.79             | 6.20   | 6.20   | 6.20   |       |       |
| 3 - X -     | -100.00          | 120.00 |        |        |       |       |
| 3 - Y -     | 1.23             | 1.23   |        |        |       |       |

Unit weight of water used for calculation: 9.81 [kN/m3]  
The groundwater level is determined by PL-line number 1

#### FORBIDDEN LINES

=====

No forbidden lines were input.

#### SOIL PROPERTIES

=====

Layer no. | Material name

|    |                      |
|----|----------------------|
| 12 | dijkmateriaal berm   |
| 11 | dijkmateriaal berm   |
| 10 | dijkmateriaal berm   |
| 9  | dijkmateriaal berm   |
| 8  | ZAND, matig          |
| 7  | KLEI                 |
| 6  | KLEI                 |
| 5  | KLEI, humeus - zwaar |
| 4  | VEEN                 |
| 3  | KLEI, humeus - zwaar |
| 2  | KLEI                 |
| 1  | ZAND, matig          |

| Layer number | Gam usat [kN/m3] | Gam sat [kN/m3] | PL-line top | PL-line bottom |
|--------------|------------------|-----------------|-------------|----------------|
| 12           | 18.00            | 18.00           | 1           | 1              |
| 11           | 18.00            | 18.00           | 1           | 1              |
| 10           | 18.00            | 18.00           | 1           | 1              |
| 9            | 18.00            | 18.00           | 1           | 1              |
| 8            | 18.00            | 20.00           | 1           | 1              |
| 7            | 15.20            | 15.20           | 1           | 99             |
| 6            | 15.20            | 15.20           | 1           | 99             |
| 5            | 14.00            | 14.00           | 99          | 99             |
| 4            | 10.50            | 10.50           | 99          | 99             |
| 3            | 14.00            | 14.00           | 99          | 3              |
| 2            | 15.20            | 15.20           | 3           | 2              |
| 1            | 18.00            | 20.00           | 2           | -              |

| Layer number | Cohesion [kN/m2] | Phi [degrees] | Cu/Pc [-] | POP [kN/m2] | Cu top [kN/m2] | Cu bot. [kN/m2] | Cu grad. [kN/m2/m] |
|--------------|------------------|---------------|-----------|-------------|----------------|-----------------|--------------------|
| 12           | 0.00             | 25.00         | -         | -           | -              | -               | -                  |
| 11           | 0.00             | 25.00         | -         | -           | -              | -               | -                  |
| 10           | 0.00             | 25.00         | -         | -           | -              | -               | -                  |
| 9            | 0.00             | 25.00         | -         | -           | -              | -               | -                  |
| 8            | 0.00             | 28.00         | -         | -           | -              | -               | -                  |
| 7            | 4.20             | 25.00         | -         | -           | -              | -               | -                  |
| 6            | 4.20             | 25.00         | -         | -           | -              | -               | -                  |
| 5            | 3.10             | 17.00         | -         | -           | -              | -               | -                  |
| 4            | 3.30             | 12.10         | -         | -           | -              | -               | -                  |
| 3            | 3.10             | 17.00         | -         | -           | -              | -               | -                  |
| 2            | 4.20             | 25.00         | -         | -           | -              | -               | -                  |
| 1            | 0.00             | 28.00         | -         | -           | -              | -               | -                  |

## DEGREE OF CONSOLIDATION

=====

| Layer number | Degree of consolidation                         |
|--------------|-------------------------------------------------|
| 12           | 100                                             |
| 11           | 100 100                                         |
| 10           | 100 100 100                                     |
| 9            | 100 100 100 100                                 |
| 8            | 100 100 100 100 100                             |
| 7            | 85 85 85 85 100 100                             |
| 6            | 100 100 100 100 100 100 100                     |
| 5            | 45 45 45 45 100 100 100 100                     |
| 4            | 30 30 30 30 100 100 100 100 100                 |
| 3            | 25 25 25 25 100 100 100 100 100 100             |
| 2            | 55 55 55 55 100 100 100 100 100 100 100         |
| 1            | 100 100 100 100 100 100 100 100 100 100 100 100 |

Pore water pressures above the phreatic line are zero.

## LEFT GRID

=====

X co-ordinate grid left : 8.00 [m]  
 X co-ordinate grid right : 28.00 [m]  
 Number of grid points in X - direction : 6  
  
 Y co-ordinate grid bottom : 8.00 [m]  
 Y co-ordinate grid top : 48.00 [m]  
 Number of grid points in Y - direction : 11

## RIGHT GRID

## CENTER POINT GRID AND TANGENT LINES

=====

## CENTER POINT GRID AND TANGENT LINES

=====

```

X co-ordinate grid left      : 55.35 [m]
X co-ordinate grid right     : 71.35 [m]
Number of grid points in X - direction : 5

Y co-ordinate grid bottom    : 3.00 [m]
Y co-ordinate grid top       : 32.43 [m]
Number of grid points in Y - direction : 7

Y co-ordinate tangent line   : -7.80 [m]
Y co-ordinate tangent line   : -3.80 [m]
Y co-ordinate tangent line   : -2.90 [m]
Y co-ordinate tangent line   : -2.20 [m]
Y co-ordinate tangent line   : 0.00 [m]
Y co-ordinate tangent line   : 0.95 [m]

```

Total number of lift slide planes in the grid : 2310

#### LINE LOADS

=====

No line loads input.

#### UNIFORM LOAD

=====

| Uniform<br>load number | Magnitude<br>[kN/m] | X start<br>[m] | X end<br>[m] | Distrib.<br>degrees | Load<br>Type |
|------------------------|---------------------|----------------|--------------|---------------------|--------------|
| 1                      | 13.00               | 0.50           | 3.00         | 30.00               | Temporary    |

#### DEGREE OF CONSOLIDATION : TEMPORARY LOADS

=====

| Layer number | Degree of consolidation |
|--------------|-------------------------|
| 12           | 20                      |
| 11           | 20                      |
| 10           | 100                     |
| 9            | 20                      |
| 8            | 20                      |
| 7            | 20                      |
| 6            | 20                      |
| 5            | 100                     |
| 4            | 20                      |
| 3            | 20                      |
| 2            | 100                     |
| 1            | 100                     |

#### GEOTEXTILES

=====

No geotextiles were input.

#### EARTHQUAKE

=====

No earth quake factors were input.

#### ZONE

=====

```

Dikettable height [m]      = 7.70
X co-ordinate start of zone [m] = -2.00
Boundary of design level influence at X [m] = -100.00
Boundary of design level influence at Y [m] = -10.00
Required safety in zone 1a   = 1.20
Required safety in zone 1b   = 1.20

```

|                                        |   |       |
|----------------------------------------|---|-------|
| Required safety in zone 2a             | = | 1.00  |
| Required safety in zone 2b             | = | 1.00  |
| Left side of minimal road [m]          | = | 0.00  |
| Right side of minimal road [m]         | = | 0.00  |
| Required safety in zone 3a             | = | 0.90  |
| Required safety in zone 3b             | = | 0.90  |
| Stability calculation side             | = | right |
| Remolding reduction factor             | = | 0.50  |
| Schematization reduction factor        | = | 0.80  |
| Overtopping condition $\leq 0.1$ l/m/s |   |       |

\*\*\*\*\*  
 \*\*\*\*\* The input has been tested, and is correct. \*\*\*\*\*  
 \*\*\*\*\*

# RESULTS OF THE SLOPE STABILITY ANALYSIS =====

|                                   |                      |       |                             |
|-----------------------------------|----------------------|-------|-----------------------------|
| Information on the critical plane | : Fmin =             | 1.399 | 1.333 model factor included |
| Calculation method used           | : Uplift Van - C phi |       |                             |

=====

|                                  |   |           |
|----------------------------------|---|-----------|
| X co-ordinate left center point  | : | 16.00 [m] |
| Y co-ordinate left center point  | : | 12.00 [m] |
| Left radius of critical circle   | : | 19.80 [m] |
| X co-ordinate right center point | : | 59.35 [m] |
| Y co-ordinate right center point | : | 7.91 [m]  |
| Right radius of critical circle  | : | 15.71 [m] |

## Non iterated values

|               |   |        |
|---------------|---|--------|
| Force Ia [kN] | : | 229.24 |
| Force Ip [kN] | : | 204.80 |
| Force Fs [kN] | : | 637.10 |

## Iterated values

|               |   |        |
|---------------|---|--------|
| Force Ia [kN] | : | 480.01 |
| Force Ip [kN] | : | 159.50 |
| Force Fs [kN] | : | 455.45 |

## Active moments

|                        |   |          |
|------------------------|---|----------|
| Driving moment [kNm]   | : | 20894.85 |
| Resisting moment [kNm] | : | 18444.17 |

## Passive moments

|                        |   |         |
|------------------------|---|---------|
| Driving moment [kNm]   | : | 825.69  |
| Resisting moment [kNm] | : | 1584.66 |

No correct slip planes found. in zone 1

|                               |                      |       |                             |
|-------------------------------|----------------------|-------|-----------------------------|
| Information on the zone plane | : Fmin =             | 1.399 | 1.333 model factor included |
| Calculation method used       | : Uplift Van - C phi |       |                             |

=====

|                                  |   |           |
|----------------------------------|---|-----------|
| X co-ordinate left center point  | : | 16.00 [m] |
| Y co-ordinate left center point  | : | 12.00 [m] |
| Left radius of critical circle   | : | 19.80 [m] |
| X co-ordinate right center point | : | 59.35 [m] |
| Y co-ordinate right center point | : | 7.91 [m]  |
| Right radius of critical circle  | : | 15.71 [m] |

## Non iterated values

|               |   |        |
|---------------|---|--------|
| Force Ia [kN] | : | 229.24 |
| Force Ip [kN] | : | 204.80 |
| Force Fs [kN] | : | 637.10 |

## Iterated values

|               |   |        |
|---------------|---|--------|
| Force Ia [kN] | : | 480.01 |
| Force Ip [kN] | : | 159.50 |
| Force Fs [kN] | : | 455.45 |

## Active moments

|                        |   |          |
|------------------------|---|----------|
| Driving moment [kNm]   | : | 20894.85 |
| Resisting moment [kNm] | : | 18444.17 |

## Passive moments

|                        |   |         |
|------------------------|---|---------|
| Driving moment [kNm]   | : | 825.69  |
| Resisting moment [kNm] | : | 1584.66 |

No correct slip planes found. in zone 3

Information on the zone plane : Fmin = 1.406 1.339 model factor included  
 Z 4  
 Calculation method used : Uplift Van - C phi  
 =====

X co-ordinate left center point : 16.00 [m]  
 Y co-ordinate left center point : 10.00 [m]  
 Left radius of critical circle : 17.80 [m]

X co-ordinate right center point : 59.35 [m]  
 Y co-ordinate right center point : 7.91 [m]  
 Right radius of critical circle : 15.71 [m]

#### Non iterated values

Force Ia [kN] : 238.95  
 Force Ip [kN] : 204.82  
 Force Fs [kN] : 637.10

#### Iterated values

Force Ia [kN] : 477.25  
 Force Ip [kN] : 159.01  
 Force Fs [kN] : 453.32

#### Active moments

Driving moment [kNm] : 17826.40  
 Resisting moment [kNm] : 15622.16

#### Passive moments

Driving moment [kNm] : 825.80  
 Resisting moment [kNm] : 1583.54

No correct slip planes found. in zone 5

No correct slip planes found. in zone 6

#### Uplift safety

| co-ordinates |       | Uplift |
|--------------|-------|--------|
| X            | y     | safety |
| -26.63       | 4.25  | 1.17   |
| -25.49       | 3.38  | 1.37   |
| -24.50       | 2.64  | 1.48   |
| -23.55       | 1.98  | 1.55   |
| -22.52       | 1.29  | 1.61   |
| -21.80       | 0.82  | 1.53   |
| -21.50       | 0.64  | 1.60   |
| -20.97       | 0.31  | 1.73   |
| -19.96       | -0.28 | 1.60   |
| -18.82       | -0.93 | 1.83   |
| -17.68       | -1.53 | 2.07   |
| -16.64       | -2.06 | 2.14   |
| -15.68       | -2.52 | 2.29   |
| -14.66       | -2.99 | 2.51   |
| -13.49       | -3.49 | 2.79   |
| -12.26       | -3.99 | 2.49   |
| -11.02       | -4.45 | 2.29   |
| -10.20       | -4.75 | 2.20   |
| -9.65        | -4.93 | 2.11   |
| -8.95        | -5.16 | 1.98   |
| -8.54        | -5.29 | 1.92   |
| -7.74        | -5.53 | 1.88   |
| -6.53        | -5.87 | 1.85   |
| -5.60        | -6.12 | 1.84   |
| -4.61        | -6.35 | 1.83   |
| -3.56        | -6.59 | 1.83   |
| -2.52        | -6.80 | 1.83   |
| -1.50        | -6.98 | 1.92   |
| -0.50        | -7.15 | 1.96   |
| 0.50         | -7.29 | 1.98   |
| 1.50         | -7.42 | 1.98   |
| 2.50         | -7.53 | 1.98   |
| 3.50         | -7.62 | 1.96   |
| 4.50         | -7.69 | 1.91   |
| 5.50         | -7.74 | 1.87   |
| 6.50         | -7.78 | 1.82   |
| 7.50         | -7.80 | 1.78   |
| 8.49         | -7.80 | 1.73   |
| 9.46         | -7.80 | 1.69   |
| 10.55        | -7.80 | 1.64   |
| 11.75        | -7.80 | 1.58   |

|       |       |      |
|-------|-------|------|
| 12.95 | -7.80 | 1.52 |
| 14.15 | -7.80 | 1.44 |
| 15.35 | -7.80 | 1.33 |
| 16.18 | -7.80 | 1.28 |
| 16.84 | -7.80 | 1.31 |
| 17.69 | -7.80 | 1.33 |
| 18.26 | -7.80 | 1.34 |
| 19.20 | -7.80 | 1.38 |
| 20.69 | -7.80 | 1.22 |
| 22.06 | -7.80 | 1.21 |
| 23.44 | -7.80 | 1.21 |
| 24.81 | -7.80 | 1.21 |
| 26.19 | -7.80 | 1.20 |
| 27.56 | -7.80 | 1.20 |
| 28.94 | -7.80 | 1.20 |
| 30.31 | -7.80 | 1.19 |
| 31.69 | -7.80 | 1.19 |
| 33.06 | -7.80 | 1.19 |
| 34.44 | -7.80 | 1.18 |
| 35.81 | -7.80 | 1.18 |
| 37.19 | -7.80 | 1.18 |
| 38.56 | -7.80 | 1.17 |
| 39.94 | -7.80 | 1.17 |
| 41.31 | -7.80 | 1.17 |
| 42.69 | -7.80 | 1.16 |
| 44.06 | -7.80 | 1.16 |
| 45.44 | -7.80 | 1.16 |
| 46.81 | -7.80 | 1.15 |
| 48.19 | -7.80 | 1.15 |
| 49.56 | -7.80 | 1.15 |
| 50.94 | -7.80 | 1.14 |
| 52.31 | -7.80 | 1.14 |
| 53.50 | -7.80 | 1.13 |
| 54.50 | -7.80 | 1.12 |
| 55.65 | -7.80 | 1.10 |
| 56.95 | -7.80 | 1.08 |
| 58.25 | -7.80 | 1.06 |
| 59.55 | -7.80 | 1.04 |
| 60.85 | -7.80 | 1.02 |
| 62.15 | -7.80 | 1.00 |
| 63.45 | -7.80 | 1.00 |
| 64.85 | -7.80 | 1.00 |
| 65.80 | -7.80 | 1.00 |
| 66.50 | -7.80 | 1.00 |
| 67.50 | -7.80 | 1.00 |
| 68.50 | -7.80 | 1.00 |
| 69.50 | -7.80 | 1.00 |
| 70.19 | -7.80 | 1.00 |
| 70.59 | -7.80 | 1.00 |
| 70.90 | -7.80 | 1.00 |
| 71.25 | -7.80 | 1.00 |
| 72.00 | -7.80 | 1.00 |
| 72.75 | -7.80 | 1.00 |
| 73.10 | -7.80 | 1.00 |
| 73.41 | -7.80 | 1.00 |
| 73.81 | -7.80 | 1.00 |
| 74.66 | -7.80 | 1.00 |
| 75.97 | -7.80 | 1.00 |
| 77.28 | -7.80 | 1.00 |
| 78.59 | -7.80 | 1.00 |
| 79.90 | -7.80 | 1.00 |
| 81.21 | -7.80 | 1.00 |
| 82.52 | -7.80 | 1.00 |
| 83.83 | -7.80 | 1.00 |
| 85.14 | -7.80 | 1.00 |
| 86.45 | -7.80 | 1.00 |
| 87.76 | -7.80 | 1.00 |
| 89.07 | -7.80 | 1.00 |
| 90.38 | -7.80 | 1.00 |
| 91.69 | -7.80 | 1.00 |
| 93.00 | -7.80 | 1.00 |
| 93.65 | -7.80 | 1.00 |
| 93.66 | -7.80 | 1.00 |
| 93.69 | -7.80 | 1.00 |
| 93.99 | -7.80 | 1.00 |
| 94.42 | -7.80 | 1.00 |
| 94.84 | -7.80 | 1.00 |
| 95.20 | -7.80 | 1.00 |
| 95.90 | -7.80 | 1.00 |
| 97.10 | -7.80 | 1.00 |
| 98.30 | -7.80 | 1.00 |
| 99.50 | -7.80 | 1.00 |

|        |       |        |
|--------|-------|--------|
| 100.70 | -7.80 | 1.00   |
| 101.90 | -7.80 | 1.00   |
| 103.10 | -7.76 | 1.00   |
| 104.30 | -7.59 | 1.00   |
| 105.50 | -7.25 | 1.00   |
| 106.70 | -6.71 | 1.00   |
| 107.90 | -5.92 | 1.01   |
| 109.10 | -4.78 | 1.13   |
| 109.80 | -3.95 | 1.28   |
| 110.16 | -3.35 | 1.33   |
| 110.58 | -2.55 | 1.40   |
| 111.01 | -1.10 | 1.63   |
| 111.31 | 0.25  | 3.71   |
| 111.34 | 0.69  | 100.00 |
| 111.35 | 0.91  | 100.00 |

END OF MSTAB OUTPUT

=====



Program : MStab  
 Version : 9.10.8.6  
 License : Unknown  
 Company : Royal Haskoning  
 Date : 2009/06/18  
 Time : 16:05:50

Output file : I:\9S9885\Technical\_Data\Dijkverleggingsplan\Geotechniek\04 berekeningen\STBI\04 definitie

Input file : I:\9S9885\Technical\_Data\Dijkverleggingsplan\Geotechniek\04 berekeningen\STBI\04 definitie

===== BEGINNING OF DATA =====

# ECHO OF THE INPUT

=====

Problem identification : Planstudie Munnikenland - Dijkverleggingsplan  
 : WD08 - DKM 36-58-57

Calculation model : Uplift Van  
 Default shear strength : C phi  
 Zone type : New

## LAYER BOUNDARIES

=====

| Boundary no. | Co-ordinates [m] |        |        |        |        |        |
|--------------|------------------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 21 - X -     | -100.00          | -57.20 | -2.00  | 0.00   | 2.00   | 3.00   |
| 21 - Y -     | 0.95             | 0.95   | 7.85   | 8.50   | 8.50   | 8.50   |
| 21 - X -     | 5.00             | 13.55  | 15.95  | 20.00  | 53.00  | 67.00  |
| 21 - Y -     | 7.85             | 5.00   | 3.40   | 4.75   | 3.75   | 0.95   |
| 21 - X -     | 69.00            | 70.00  | 70.80  | 71.00  | 71.50  | 72.50  |
| 21 - Y -     | 0.95             | 0.95   | 0.00   | -0.25  | -0.50  | -0.50  |
| 21 - X -     | 73.00            | 73.20  | 74.00  | 75.00  | 120.00 |        |
| 21 - Y -     | -0.25            | 0.00   | 0.95   | 0.95   | 0.95   |        |
| 20 - X -     | -100.00          | -57.20 | -39.60 | -31.60 | -21.60 | -2.00  |
| 20 - Y -     | 0.95             | 0.95   | 0.95   | 2.95   | 2.95   | 7.85   |
| 20 - X -     | 0.00             | 2.00   | 3.00   | 5.00   | 13.55  | 15.95  |
| 20 - Y -     | 8.50             | 8.50   | 8.50   | 7.85   | 5.00   | 3.40   |
| 20 - X -     | 20.00            | 53.00  | 67.00  | 69.00  | 70.00  | 70.80  |
| 20 - Y -     | 4.75             | 3.75   | 0.95   | 0.95   | 0.95   | 0.00   |
| 20 - X -     | 71.00            | 71.50  | 72.50  | 73.00  | 73.20  | 74.00  |
| 20 - Y -     | -0.25            | -0.50  | -0.50  | -0.25  | 0.00   | 0.95   |
| 20 - X -     | 75.00            | 120.00 |        |        |        |        |
| 20 - Y -     | 0.95             | 0.95   |        |        |        |        |
| 19 - X -     | -100.00          | -57.20 | -39.60 | -29.60 | -21.60 | -2.00  |
| 19 - Y -     | 0.95             | 0.95   | 0.95   | 0.95   | 2.95   | 7.85   |
| 19 - X -     | 0.00             | 2.00   | 3.00   | 5.00   | 13.55  | 15.95  |
| 19 - Y -     | 8.50             | 8.50   | 8.50   | 7.85   | 5.00   | 3.40   |
| 19 - X -     | 20.00            | 53.00  | 67.00  | 69.00  | 70.00  | 70.80  |
| 19 - Y -     | 4.75             | 3.75   | 0.95   | 0.95   | 0.95   | 0.00   |
| 19 - X -     | 71.00            | 71.50  | 72.50  | 73.00  | 73.20  | 74.00  |
| 19 - Y -     | -0.25            | -0.50  | -0.50  | -0.25  | 0.00   | 0.95   |
| 19 - X -     | 75.00            | 120.00 |        |        |        |        |
| 19 - Y -     | 0.95             | 0.95   |        |        |        |        |
| 18 - X -     | -100.00          | -57.20 | -39.60 | -29.60 | -21.40 | 2.00   |
| 18 - Y -     | 0.95             | 0.95   | 0.95   | 0.95   | 0.95   | 8.50   |
| 18 - X -     | 3.00             | 5.00   | 13.55  | 15.95  | 20.00  | 53.00  |
| 18 - Y -     | 8.50             | 7.85   | 5.00   | 3.40   | 4.75   | 3.75   |
| 18 - X -     | 67.00            | 69.00  | 70.00  | 70.80  | 71.00  | 71.50  |
| 18 - Y -     | 0.95             | 0.95   | 0.95   | 0.00   | -0.25  | -0.50  |
| 18 - X -     | 72.50            | 73.00  | 73.20  | 74.00  | 75.00  | 120.00 |
| 18 - Y -     | -0.50            | -0.25  | 0.00   | 0.95   | 0.95   | 0.95   |

|    |   |   |   |         |        |        |        |        |        |
|----|---|---|---|---------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 17 | - | X | - | -100.00 | -57.20 | -39.60 | -29.60 | -21.40 | 2.00   |
| 17 | - | Y | - | 0.95    | 0.95   | 0.95   | 0.95   | 0.95   | 8.50   |
| 17 | - | X | - | 3.00    | 5.00   | 13.55  | 15.95  | 18.40  | 67.00  |
| 17 | - | Y | - | 8.50    | 7.85   | 5.00   | 3.40   | 0.95   | 0.95   |
| 17 | - | X | - | 69.00   | 70.00  | 70.80  | 71.00  | 71.50  | 72.50  |
| 17 | - | Y | - | 0.95    | 0.95   | 0.00   | -0.25  | -0.50  | -0.50  |
| 17 | - | X | - | 73.00   | 73.20  | 74.00  | 75.00  | 120.00 |        |
| 17 | - | Y | - | -0.25   | 0.00   | 0.95   | 0.95   | 0.95   |        |
| 16 | - | X | - | -100.00 | -57.20 | -39.60 | -29.60 | -21.40 | 18.40  |
| 16 | - | Y | - | 0.95    | 0.95   | 0.95   | 0.95   | 0.95   | 0.95   |
| 16 | - | X | - | 67.00   | 69.00  | 70.00  | 70.80  | 71.00  | 71.50  |
| 16 | - | Y | - | 0.95    | 0.95   | 0.95   | 0.00   | -0.25  | -0.50  |
| 16 | - | X | - | 72.50   | 73.00  | 73.20  | 74.00  | 75.00  | 120.00 |
| 16 | - | Y | - | -0.50   | -0.25  | 0.00   | 0.95   | 0.95   | 0.95   |
| 15 | - | X | - | -100.00 | 69.00  | 69.00  | 70.00  | 70.80  | 71.00  |
| 15 | - | Y | - | 0.00    | 0.00   | 0.95   | 0.95   | 0.00   | -0.25  |
| 15 | - | X | - | 71.50   | 72.50  | 73.00  | 73.20  | 74.00  | 75.00  |
| 15 | - | Y | - | -0.50   | -0.50  | -0.25  | 0.00   | 0.95   | 0.95   |
| 15 | - | X | - | 120.00  |        |        |        |        |        |
| 15 | - | Y | - | 0.95    |        |        |        |        |        |
| 14 | - | X | - | -100.00 | -40.00 | 20.00  | 69.00  | 69.00  | 69.00  |
| 14 | - | Y | - | -2.70   | -2.70  | -1.70  | -1.70  | 0.00   | 0.95   |
| 14 | - | X | - | 70.00   | 70.80  | 71.00  | 71.50  | 72.50  | 73.00  |
| 14 | - | Y | - | 0.95    | 0.00   | -0.25  | -0.50  | -0.50  | -0.25  |
| 14 | - | X | - | 73.20   | 74.00  | 75.00  | 120.00 |        |        |
| 14 | - | Y | - | 0.00    | 0.95   | 0.95   | 0.95   |        |        |
| 13 | - | X | - | -100.00 | -40.00 | 20.00  | 69.00  | 69.00  | 69.00  |
| 13 | - | Y | - | -3.00   | -3.00  | -3.00  | -3.00  | -1.70  | 0.00   |
| 13 | - | X | - | 69.00   | 70.00  | 70.80  | 71.00  | 71.50  | 72.50  |
| 13 | - | Y | - | 0.95    | 0.95   | 0.00   | -0.25  | -0.50  | -0.50  |
| 13 | - | X | - | 73.00   | 73.20  | 74.00  | 75.00  | 120.00 |        |
| 13 | - | Y | - | -0.25   | 0.00   | 0.95   | 0.95   | 0.95   |        |
| 12 | - | X | - | -100.00 | -40.00 | 20.00  | 69.00  | 69.00  | 69.00  |
| 12 | - | Y | - | -3.00   | -3.00  | -3.00  | -3.00  | -1.70  | 0.00   |
| 12 | - | X | - | 70.80   | 71.00  | 71.50  | 72.50  | 73.00  | 73.20  |
| 12 | - | Y | - | 0.00    | -0.25  | -0.50  | -0.50  | -0.25  | 0.00   |
| 12 | - | X | - | 74.00   | 75.00  | 120.00 |        |        |        |
| 12 | - | Y | - | 0.95    | 0.95   | 0.95   |        |        |        |
| 11 | - | X | - | -100.00 | -40.00 | 20.00  | 69.00  | 69.00  | 69.00  |
| 11 | - | Y | - | -3.00   | -3.00  | -3.00  | -3.00  | -1.70  | 0.00   |
| 11 | - | X | - | 70.80   | 71.00  | 71.50  | 72.50  | 73.00  | 73.20  |
| 11 | - | Y | - | 0.00    | -0.25  | -0.50  | -0.50  | -0.25  | 0.00   |
| 11 | - | X | - | 75.00   | 75.00  | 120.00 |        |        |        |
| 11 | - | Y | - | 0.00    | 0.95   | 0.95   |        |        |        |
| 10 | - | X | - | -100.00 | -40.00 | 20.00  | 69.00  | 69.00  | 75.00  |
| 10 | - | Y | - | -3.00   | -3.00  | -3.00  | -3.00  | -1.70  | -1.70  |
| 10 | - | X | - | 75.00   | 75.00  | 120.00 |        |        |        |
| 10 | - | Y | - | 0.00    | 0.95   | 0.95   |        |        |        |
| 9  | - | X | - | -100.00 | -40.00 | 20.00  | 69.00  | 75.00  | 75.00  |
| 9  | - | Y | - | -3.00   | -3.00  | -3.00  | -3.00  | -3.00  | -1.70  |
| 9  | - | X | - | 75.00   | 75.00  | 120.00 |        |        |        |
| 9  | - | Y | - | 0.00    | 0.95   | 0.95   |        |        |        |
| 8  | - | X | - | -100.00 | -40.00 | 20.00  | 69.00  | 75.00  | 75.00  |
| 8  | - | Y | - | -3.00   | -3.00  | -3.00  | -3.00  | -3.00  | -1.70  |

|   |   |   |   |         |        |       |        |       |        |
|---|---|---|---|---------|--------|-------|--------|-------|--------|
| 8 | - | X | - | 75.00   | 120.00 |       |        |       |        |
| 8 | - | Y | - | 0.00    | 0.00   |       |        |       |        |
| 7 | - | X | - | -100.00 | -40.00 | 20.00 | 69.00  | 75.00 | 75.00  |
| 7 | - | Y | - | -3.00   | -3.00  | -3.00 | -3.00  | -3.00 | -1.70  |
| 7 | - | X | - | 120.00  |        |       |        |       |        |
| 7 | - | Y | - | -1.70   |        |       |        |       |        |
| 6 | - | X | - | -100.00 | -40.00 | 20.00 | 69.00  | 75.00 | 120.00 |
| 6 | - | Y | - | -3.00   | -3.00  | -3.00 | -3.00  | -3.00 | -3.00  |
| 5 | - | X | - | -100.00 | -40.00 | 20.00 | 120.00 |       |        |
| 5 | - | Y | - | -3.70   | -3.70  | -4.70 | -4.70  |       |        |
| 4 | - | X | - | -100.00 | -40.00 | 20.00 | 120.00 |       |        |
| 4 | - | Y | - | -4.00   | -4.00  | -6.50 | -6.50  |       |        |
| 3 | - | X | - | -100.00 | -40.00 | 20.00 | 120.00 |       |        |
| 3 | - | Y | - | -4.00   | -4.00  | -7.20 | -7.20  |       |        |
| 2 | - | X | - | -100.00 | -40.00 | 20.00 | 120.00 |       |        |
| 2 | - | Y | - | -4.60   | -4.60  | -8.00 | -8.00  |       |        |
| 1 | - | X | - | -100.00 | -40.00 | 20.00 | 120.00 |       |        |
| 1 | - | Y | - | -6.00   | -6.00  | -8.00 | -8.00  |       |        |
| 0 | - | X | - | -100.00 | 120.00 |       |        |       |        |
| 0 | - | Y | - | -15.00  | -15.00 |       |        |       |        |

## PL LINES

=====

| PL line no. | Co-ordinates [m] |   |   |         |        |        |        |
|-------------|------------------|---|---|---------|--------|--------|--------|
| 1           | -                | X | - | -100.00 | -40.00 | -30.00 | -10.00 |
| 1           | -                | Y | - | 6.80    | 6.80   | 6.80   | 6.80   |
| 1           | -                | X | - | 68.00   | 120.00 |        |        |
| 1           | -                | Y | - | 0.50    | 0.50   |        |        |
| 2           | -                | X | - | -100.00 | -50.00 | 66.00  | 120.00 |
| 2           | -                | Y | - | 6.79    | 6.20   | 6.20   | 6.20   |
| 3           | -                | X | - | -100.00 | -50.00 | 65.00  | 68.00  |
| 3           | -                | Y | - | 6.78    | 6.78   | 3.00   | 2.16   |

Unit weight of water used for calculation: 9.81 [kN/m3]  
 The groundwater level is determined by PL-line number 1

## FORBIDDEN LINES

=====

No forbidden lines were input.

## SOIL PROPERTIES

=====

| Layer no. | Material name      |
|-----------|--------------------|
| 21        | dijkmateriaal berm |
| 20        | dijkmateriaal berm |
| 19        | dijkmateriaal berm |
| 18        | dijkmateriaal berm |
| 17        | ZAND, matig        |
| 16        | KLEI               |
| 15        | KLEI, humeus       |
| 14        | VEEN               |
| 13        | tau=0, 15 kNm-3    |
| 12        | tau=0, 15 kNm-3    |
| 11        | tau=0, 12 kNm-3    |
| 10        | tau=0, 10 kNm-3    |

9 | KLEI  
 8 | KLEI, humeus  
 7 | VEEN  
 6 | ZAND, los  
 5 | KLEI, siltig  
 4 | KLEI, humeus  
 3 | basis VEEN  
 2 | ZAND, los  
 1 | ZAND, matig

| Layer number | Gam usat<br>[kN/m3] | Gam sat<br>[kN/m3] | PL-line<br>top | PL-line<br>bottom |
|--------------|---------------------|--------------------|----------------|-------------------|
| 21           | 18.00               | 18.00              | 1              | 1                 |
| 20           | 18.00               | 18.00              | 1              | 1                 |
| 19           | 18.00               | 18.00              | 1              | 1                 |
| 18           | 18.00               | 18.00              | 1              | 1                 |
| 17           | 18.00               | 20.00              | 1              | 1                 |
| 16           | 15.20               | 15.20              | 1              | 99                |
| 15           | 12.50               | 12.50              | 99             | 99                |
| 14           | 10.50               | 10.50              | 99             | 3                 |
| 13           | 15.00               | 15.00              | 1              | 99                |
| 12           | 15.00               | 15.00              | 1              | 99                |
| 11           | 12.00               | 12.00              | 99             | 99                |
| 10           | 10.50               | 10.50              | 99             | 3                 |
| 9            | 15.20               | 15.20              | 1              | 99                |
| 8            | 12.50               | 12.50              | 99             | 99                |
| 7            | 10.50               | 10.50              | 99             | 3                 |
| 6            | 17.00               | 19.00              | 3              | 3                 |
| 5            | 15.50               | 15.50              | 3              | 99                |
| 4            | 12.50               | 12.50              | 99             | 99                |
| 3            | 12.00               | 12.00              | 99             | 2                 |
| 2            | 17.00               | 19.00              | 2              | 2                 |
| 1            | 18.00               | 20.00              | 2              | -                 |

| Layer number | Cohesion<br>[kN/m2] | Phi<br>[degrees] | Cu/Pc<br>[-] | POP<br>[kN/m2] | Cu top<br>[kN/m2] | Cu bot.<br>[kN/m2] | Cu grad.<br>[kN/m2/m] |
|--------------|---------------------|------------------|--------------|----------------|-------------------|--------------------|-----------------------|
| 21           | 0.00                | 25.00            | -            | -              | -                 | -                  | -                     |
| 20           | 0.00                | 25.00            | -            | -              | -                 | -                  | -                     |
| 19           | 0.00                | 25.00            | -            | -              | -                 | -                  | -                     |
| 18           | 0.00                | 25.00            | -            | -              | -                 | -                  | -                     |
| 17           | 0.00                | 28.00            | -            | -              | -                 | -                  | -                     |
| 16           | 4.20                | 25.00            | -            | -              | -                 | -                  | -                     |
| 15           | 3.10                | 17.00            | -            | -              | -                 | -                  | -                     |
| 14           | 3.30                | 12.10            | -            | -              | -                 | -                  | -                     |
| 13           | 0.00                | 0.00             | -            | -              | -                 | -                  | -                     |
| 12           | 0.00                | 0.00             | -            | -              | -                 | -                  | -                     |
| 11           | 0.00                | 0.00             | -            | -              | -                 | -                  | -                     |
| 10           | 0.00                | 0.00             | -            | -              | -                 | -                  | -                     |
| 9            | 4.20                | 25.00            | -            | -              | -                 | -                  | -                     |
| 8            | 3.10                | 17.00            | -            | -              | -                 | -                  | -                     |
| 7            | 3.30                | 12.10            | -            | -              | -                 | -                  | -                     |
| 6            | 0.00                | 25.70            | -            | -              | -                 | -                  | -                     |
| 5            | 3.00                | 27.00            | -            | -              | -                 | -                  | -                     |
| 4            | 3.10                | 17.00            | -            | -              | -                 | -                  | -                     |
| 3            | 0.00                | 19.00            | -            | -              | -                 | -                  | -                     |
| 2            | 0.00                | 25.70            | -            | -              | -                 | -                  | -                     |
| 1            | 0.00                | 28.00            | -            | -              | -                 | -                  | -                     |

## DEGREE OF CONSOLIDATION

=====

| Layer number | Degree of consolidation                                     |
|--------------|-------------------------------------------------------------|
| 21           | 100                                                         |
| 20           | 100 100                                                     |
| 19           | 100 100 100                                                 |
| 18           | 100 100 100 100                                             |
| 17           | 100 100 100 100 100                                         |
| 16           | 95 95 95 95 95 100                                          |
| 15           | 95 95 95 95 95 100 100                                      |
| 14           | 100 100 100 100 100 100 100 100                             |
| 13           | 100 100 100 100 100 100 100 100 100                         |
| 12           | 100 100 100 100 100 100 100 100 100 100                     |
| 11           | 100 100 100 100 100 100 100 100 100 100 100                 |
| 10           | 100 100 100 100 100 100 100 100 100 100 100 100             |
| 9            | 100 100 100 100 100 100 100 100 100 100 100 100 100         |
| 8            | 100 100 100 100 100 100 100 100 100 100 100 100 100 100     |
| 7            | 100 100 100 100 100 100 100 100 100 100 100 100 100 100 100 |

|   |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
|---|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 6 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| 5 | 75  | 75  | 75  | 75  | 75  | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| 4 | 90  | 90  | 90  | 90  | 90  | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| 3 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| 2 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| 1 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |

Pore water pressures above the phreatic line are zero.

## LEFT GRID

=====

## CENTER POINT GRID AND TANGENT LINES

=====

|                                        |   |           |
|----------------------------------------|---|-----------|
| X co-ordinate grid left                | : | 8.00 [m]  |
| X co-ordinate grid right               | : | 28.00 [m] |
| Number of grid points in X - direction | : | 6         |
| Y co-ordinate grid bottom              | : | 8.00 [m]  |
| Y co-ordinate grid top                 | : | 48.00 [m] |
| Number of grid points in Y - direction | : | 11        |

## RIGHT GRID

=====

## CENTER POINT GRID AND TANGENT LINES

=====

|                                        |   |           |
|----------------------------------------|---|-----------|
| X co-ordinate grid left                | : | 55.35 [m] |
| X co-ordinate grid right               | : | 71.35 [m] |
| Number of grid points in X - direction | : | 5         |
| Y co-ordinate grid bottom              | : | 3.00 [m]  |
| Y co-ordinate grid top                 | : | 32.43 [m] |
| Number of grid points in Y - direction | : | 7         |
| Y co-ordinate tangent line             | : | -8.00 [m] |
| Y co-ordinate tangent line             | : | -7.20 [m] |
| Y co-ordinate tangent line             | : | -6.50 [m] |
| Y co-ordinate tangent line             | : | -4.70 [m] |
| Y co-ordinate tangent line             | : | -3.00 [m] |
| Y co-ordinate tangent line             | : | -1.70 [m] |
| Y co-ordinate tangent line             | : | 0.00 [m]  |
| Y co-ordinate tangent line             | : | 0.95 [m]  |

Total number of lift slide planes in the grid : 2310

## LINE LOADS

=====

No line loads input.

## UNIFORM LOAD

=====

| Uniform load number | Magnitude [kN/m] | X start [m] | X end [m] | Distrib. degrees | Load Type |
|---------------------|------------------|-------------|-----------|------------------|-----------|
| 1                   | 13.00            | 0.50        | 3.00      | 30.00            | Temporary |

## DEGREE OF CONSOLIDATION : TEMPORARY LOADS

=====

| Layer number | Degree of consolidation |
|--------------|-------------------------|
|--------------|-------------------------|

|    |     |
|----|-----|
| 21 | 100 |
| 20 | 100 |
| 19 | 100 |
| 18 | 100 |
| 17 | 100 |
| 16 | 100 |
| 15 | 100 |
| 14 | 20  |
| 13 | 20  |
| 12 | 20  |
| 11 | 20  |
| 10 | 100 |
| 9  | 20  |

|   |  |     |
|---|--|-----|
| 8 |  | 20  |
| 7 |  | 20  |
| 6 |  | 20  |
| 5 |  | 100 |
| 4 |  | 20  |
| 3 |  | 20  |
| 2 |  | 100 |
| 1 |  | 100 |

#### GEOTEXTILES

=====

No geotextiles were input.

#### EARTHQUAKE

=====

No earth quake factors were input.

#### ZONE

=====

|                                             |   |         |
|---------------------------------------------|---|---------|
| Diketable height [m]                        | = | 7.70    |
| X co-ordinate start of zone [m]             | = | -2.00   |
| Boundary of design level influence at X [m] | = | -100.00 |
| Boundary of design level influence at Y [m] | = | -10.00  |
| Required safety in zone 1a                  | = | 1.20    |
| Required safety in zone 1b                  | = | 1.20    |
| Required safety in zone 2a                  | = | 1.00    |
| Required safety in zone 2b                  | = | 1.00    |
| Left side of minimal road [m]               | = | 0.00    |
| Right side of minimal road [m]              | = | 0.00    |
| Required safety in zone 3a                  | = | 0.90    |
| Required safety in zone 3b                  | = | 0.90    |
| Stability calculation side                  | = | right   |
| Remolding reduction factor                  | = | 0.50    |
| Schematization reduction factor             | = | 0.80    |
| Overtopping condition $\leq 0.1$ l/m/s      |   |         |

\*\*\*\*\*  
 \*\*\*\*\* The input has been tested, and is correct. \*\*\*\*\*  
 \*\*\*\*\*

#### RESULTS OF THE SLOPE STABILITY ANALYSIS

=====

The right grid  
 The center point of the critical circle lies on the edge of the grid.

|               |   |             |            |
|---------------|---|-------------|------------|
| New grid with | : | X minimum = | 55.35 [m]  |
|               |   | X maximum = | 71.35 [m]  |
|               |   | Y minimum = | -21.53 [m] |
|               |   | Y maximum = | 7.91 [m]   |

|                                   |   |                    |       |                             |
|-----------------------------------|---|--------------------|-------|-----------------------------|
| Information on the critical plane | : | Fmin =             | 1.264 | 1.204 model factor included |
| Calculation method used           | : | Uplift Van - C phi |       |                             |

|                                 |   |           |
|---------------------------------|---|-----------|
| X co-ordinate left center point | : | 22.00 [m] |
| Y co-ordinate left center point | : | 18.00 [m] |
| Left radius of critical circle  | : | 26.00 [m] |

|                                  |   |           |
|----------------------------------|---|-----------|
| X co-ordinate right center point | : | 63.35 [m] |
| Y co-ordinate right center point | : | 3.00 [m]  |
| Right radius of critical circle  | : | 11.00 [m] |

|                     |   |        |
|---------------------|---|--------|
| Non iterated values |   |        |
| Force Ia [kN]       | : | 278.43 |
| Force Ip [kN]       | : | 104.88 |
| Force Fs [kN]       | : | 578.96 |

```

Iterated values      :
Force Ia [kN]       :      419.04
Force Ip [kN]       :      95.35
Force Fs [kN]       :      458.10

```

```

Active moments
Driving moment [kNm] :      24433.75
Resisting moment [kNm] :      19350.99
Passive moments
Driving moment [kNm] :      520.80
Resisting moment [kNm] :      278.52

```

No correct slip planes found. in zone 1

```

Information on the zone plane      : Fmin =      1.271      1.211 model factor included
Z      2
Calculation method used           : Uplift Van - C phi
=====

```

```

X co-ordinate left center point   :      22.00 [m]
Y co-ordinate left center point   :      20.00 [m]
Left radius of critical circle    :      28.00 [m]

```

```

X co-ordinate right center point  :      63.35 [m]
Y co-ordinate right center point  :       3.00 [m]
Right radius of critical circle   :      11.00 [m]

```

```

Non iterated values
Force Ia [kN]       :      264.49
Force Ip [kN]       :      104.88
Force Fs [kN]       :      578.96

```

```

Iterated values      :
Force Ia [kN]       :      416.30
Force Ip [kN]       :      95.15
Force Fs [kN]       :      455.53

```

```

Active moments
Driving moment [kNm] :      27213.15
Resisting moment [kNm] :      22009.75
Passive moments
Driving moment [kNm] :      520.80
Resisting moment [kNm] :      278.17

```

No correct slip planes found. in zone 3

```

Information on the zone plane      : Fmin =      1.264      1.204 model factor included
Z      4
Calculation method used           : Uplift Van - C phi
=====

```

```

X co-ordinate left center point   :      22.00 [m]
Y co-ordinate left center point   :      18.00 [m]
Left radius of critical circle    :      26.00 [m]

```

```

X co-ordinate right center point  :      63.35 [m]
Y co-ordinate right center point  :       3.00 [m]
Right radius of critical circle   :      11.00 [m]

```

```

Non iterated values
Force Ia [kN]       :      278.43
Force Ip [kN]       :      104.88
Force Fs [kN]       :      578.96

```

```

Iterated values      :
Force Ia [kN]       :      419.04
Force Ip [kN]       :      95.35
Force Fs [kN]       :      458.10

```

```

Active moments
Driving moment [kNm] :      24433.75
Resisting moment [kNm] :      19350.99
Passive moments
Driving moment [kNm] :      520.80
Resisting moment [kNm] :      278.52

```

No correct slip planes found. in zone 5  
No correct slip planes found. in zone 6

Uplift safety

co-ordinates | Uplift

| x      | y     | safety |
|--------|-------|--------|
| -26.92 | 4.23  | 1.17   |
| -25.82 | 3.37  | 1.37   |
| -24.79 | 2.61  | 1.48   |
| -23.83 | 1.93  | 1.55   |
| -22.86 | 1.27  | 1.60   |
| -21.98 | 0.71  | 1.59   |
| -21.50 | 0.40  | 1.62   |
| -20.74 | -0.05 | 1.65   |
| -19.43 | -0.82 | 1.69   |
| -18.23 | -1.47 | 1.72   |
| -17.14 | -2.04 | 1.75   |
| -15.90 | -2.64 | 1.82   |
| -15.17 | -2.98 | 1.83   |
| -14.44 | -3.30 | 1.85   |
| -13.07 | -3.88 | 1.89   |
| -11.87 | -4.35 | 1.68   |
| -10.88 | -4.72 | 1.67   |
| -10.20 | -4.96 | 1.67   |
| -9.65  | -5.15 | 1.65   |
| -9.27  | -5.27 | 1.64   |
| -8.92  | -5.38 | 1.77   |
| -8.54  | -5.50 | 1.77   |
| -8.06  | -5.65 | 1.75   |
| -7.32  | -5.86 | 1.85   |
| -6.53  | -6.08 | 1.84   |
| -5.60  | -6.32 | 1.83   |
| -4.61  | -6.56 | 1.83   |
| -3.56  | -6.79 | 1.86   |
| -2.52  | -7.00 | 1.88   |
| -1.50  | -7.19 | 1.91   |
| -0.50  | -7.35 | 1.95   |
| 0.50   | -7.49 | 1.97   |
| 1.50   | -7.62 | 1.97   |
| 2.50   | -7.73 | 1.97   |
| 3.50   | -7.82 | 1.95   |
| 4.50   | -7.89 | 1.90   |
| 5.50   | -7.94 | 1.86   |
| 6.50   | -7.98 | 1.81   |
| 7.50   | -8.00 | 1.77   |
| 8.49   | -8.00 | 1.72   |
| 9.46   | -8.00 | 1.68   |
| 10.55  | -8.00 | 1.63   |
| 11.75  | -8.00 | 1.57   |
| 12.95  | -8.00 | 1.51   |
| 13.79  | -8.00 | 1.46   |
| 14.52  | -8.00 | 1.40   |
| 15.47  | -8.00 | 1.31   |
| 16.18  | -8.00 | 1.28   |
| 16.91  | -8.00 | 1.30   |
| 17.90  | -8.00 | 1.33   |
| 18.83  | -8.00 | 1.36   |
| 19.63  | -8.00 | 1.39   |
| 20.69  | -8.00 | 1.41   |
| 22.06  | -8.00 | 1.40   |
| 23.44  | -8.00 | 1.40   |
| 24.81  | -8.00 | 1.39   |
| 26.19  | -8.00 | 1.38   |
| 27.56  | -8.00 | 1.38   |
| 28.94  | -8.00 | 1.37   |
| 30.31  | -8.00 | 1.37   |
| 31.69  | -8.00 | 1.36   |
| 33.06  | -8.00 | 1.36   |
| 34.44  | -8.00 | 1.35   |
| 35.81  | -8.00 | 1.35   |
| 37.19  | -8.00 | 1.34   |
| 38.56  | -8.00 | 1.34   |
| 39.94  | -8.00 | 1.33   |
| 41.31  | -8.00 | 1.33   |
| 42.69  | -8.00 | 1.32   |
| 44.06  | -8.00 | 1.31   |
| 45.44  | -8.00 | 1.31   |
| 46.81  | -8.00 | 1.30   |
| 48.19  | -8.00 | 1.30   |
| 49.56  | -8.00 | 1.29   |
| 50.94  | -8.00 | 1.29   |
| 52.31  | -8.00 | 1.28   |
| 53.50  | -8.00 | 1.27   |
| 54.50  | -8.00 | 1.24   |
| 55.06  | -8.00 | 1.23   |
| 55.77  | -8.00 | 1.21   |

|        |       |        |
|--------|-------|--------|
| 57.05  | -8.00 | 1.18   |
| 58.33  | -8.00 | 1.14   |
| 59.61  | -8.00 | 1.11   |
| 60.90  | -8.00 | 1.08   |
| 62.18  | -8.00 | 1.04   |
| 63.46  | -8.00 | 1.01   |
| 64.55  | -8.00 | 1.00   |
| 65.50  | -8.00 | 1.00   |
| 66.50  | -8.00 | 1.00   |
| 67.50  | -8.00 | 1.00   |
| 68.50  | -8.00 | 1.00   |
| 69.50  | -8.00 | 1.00   |
| 70.19  | -8.00 | 1.00   |
| 70.59  | -8.00 | 1.00   |
| 70.90  | -8.00 | 1.00   |
| 71.25  | -8.00 | 1.00   |
| 72.00  | -8.00 | 1.00   |
| 72.75  | -8.00 | 1.00   |
| 73.10  | -8.00 | 1.00   |
| 73.41  | -8.00 | 1.00   |
| 73.81  | -8.00 | 1.00   |
| 74.50  | -8.00 | 1.00   |
| 75.64  | -8.00 | 1.00   |
| 76.93  | -8.00 | 1.00   |
| 78.22  | -8.00 | 1.00   |
| 79.51  | -8.00 | 1.00   |
| 80.80  | -8.00 | 1.00   |
| 82.09  | -8.00 | 1.00   |
| 83.38  | -8.00 | 1.00   |
| 84.67  | -8.00 | 1.00   |
| 85.96  | -8.00 | 1.00   |
| 87.25  | -8.00 | 1.00   |
| 88.54  | -8.00 | 1.00   |
| 89.83  | -8.00 | 1.00   |
| 91.12  | -8.00 | 1.00   |
| 92.41  | -8.00 | 1.00   |
| 93.06  | -8.00 | 1.00   |
| 93.09  | -8.00 | 1.00   |
| 93.11  | -8.00 | 1.00   |
| 93.30  | -8.00 | 1.00   |
| 93.74  | -8.00 | 1.00   |
| 94.33  | -8.00 | 1.00   |
| 94.88  | -8.00 | 1.00   |
| 95.61  | -8.00 | 1.00   |
| 96.61  | -8.00 | 1.00   |
| 97.74  | -8.00 | 1.00   |
| 99.00  | -8.00 | 1.00   |
| 100.24 | -8.00 | 1.00   |
| 101.48 | -8.00 | 1.00   |
| 102.72 | -7.96 | 1.00   |
| 103.96 | -7.78 | 1.00   |
| 105.20 | -7.43 | 1.00   |
| 106.46 | -6.85 | 1.00   |
| 107.59 | -6.12 | 1.05   |
| 108.59 | -5.22 | 1.14   |
| 109.32 | -4.40 | 1.18   |
| 109.87 | -3.55 | 1.07   |
| 110.46 | -2.35 | 1.03   |
| 110.90 | -0.88 | 1.27   |
| 111.09 | -0.03 | 1.93   |
| 111.11 | 0.25  | 2.94   |
| 111.14 | 0.73  | 100.00 |

END OF MSTAB OUTPUT  
=====



Program : MStab  
 Version : 9.10.8.6  
 License : Unknown  
 Company : Royal Haskoning  
 Date : 2009/06/18  
 Time : 16:05:17

Output file : I:\9S9885\Technical\_Data\Dijkverleggingsplan\Geotechniek\04 berekeningen\STBI\04 definitie

Input file : I:\9S9885\Technical\_Data\Dijkverleggingsplan\Geotechniek\04 berekeningen\STBI\04 definitie

===== BEGINNING OF DATA =====

# ECHO OF THE INPUT

=====

Problem identification : Planstudie Munnikenland - Dijkverleggingsplan  
 : WD16 - DKM 76-77-78

Calculation model : Uplift Van  
 Default shear strength : C phi  
 Zone type : New

## LAYER BOUNDARIES

=====

| Boundary no. |       | Co-ordinates [m] |        |        |        |        |        |
|--------------|-------|------------------|--------|--------|--------|--------|--------|
|              |       |                  |        |        |        |        |        |
| 13           | - X - | -100.00          | -57.20 | -2.00  | 0.00   | 2.00   | 3.00   |
| 13           | - Y - | 0.95             | 0.95   | 7.85   | 8.50   | 8.50   | 8.50   |
| 13           | - X - | 5.00             | 17.60  | 19.50  | 21.20  | 68.00  | 82.00  |
| 13           | - Y - | 7.85             | 4.70   | 3.40   | 4.75   | 3.75   | 0.95   |
| 13           | - X - | 85.00            | 86.00  | 86.20  | 86.50  | 87.50  | 88.00  |
| 13           | - Y - | 0.95             | 0.00   | -0.25  | -0.50  | -0.50  | -0.25  |
| 13           | - X - | 88.20            | 89.00  | 120.00 |        |        |        |
| 13           | - Y - | 0.00             | 0.95   | 0.95   |        |        |        |
| 12           | - X - | -100.00          | -57.20 | -39.60 | -31.60 | -21.60 | -2.00  |
| 12           | - Y - | 0.95             | 0.95   | 0.95   | 2.95   | 2.95   | 7.85   |
| 12           | - X - | 0.00             | 2.00   | 3.00   | 5.00   | 17.60  | 19.50  |
| 12           | - Y - | 8.50             | 8.50   | 8.50   | 7.85   | 4.70   | 3.40   |
| 12           | - X - | 21.20            | 68.00  | 82.00  | 85.00  | 86.00  | 86.20  |
| 12           | - Y - | 4.75             | 3.75   | 0.95   | 0.95   | 0.00   | -0.25  |
| 12           | - X - | 86.50            | 87.50  | 88.00  | 88.20  | 89.00  | 120.00 |
| 12           | - Y - | -0.50            | -0.50  | -0.25  | 0.00   | 0.95   | 0.95   |
| 11           | - X - | -100.00          | -57.20 | -39.60 | -29.60 | -21.60 | -2.00  |
| 11           | - Y - | 0.95             | 0.95   | 0.95   | 0.95   | 2.95   | 7.85   |
| 11           | - X - | 0.00             | 2.00   | 3.00   | 5.00   | 17.60  | 19.50  |
| 11           | - Y - | 8.50             | 8.50   | 8.50   | 7.85   | 4.70   | 3.40   |
| 11           | - X - | 21.20            | 68.00  | 82.00  | 85.00  | 86.00  | 86.20  |
| 11           | - Y - | 4.75             | 3.75   | 0.95   | 0.95   | 0.00   | -0.25  |
| 11           | - X - | 86.50            | 87.50  | 88.00  | 88.20  | 89.00  | 120.00 |
| 11           | - Y - | -0.50            | -0.50  | -0.25  | 0.00   | 0.95   | 0.95   |
| 10           | - X - | -100.00          | -57.20 | -39.60 | -29.60 | -21.40 | 2.00   |
| 10           | - Y - | 0.95             | 0.95   | 0.95   | 0.95   | 0.95   | 8.50   |
| 10           | - X - | 3.00             | 5.00   | 17.60  | 19.50  | 21.20  | 68.00  |
| 10           | - Y - | 8.50             | 7.85   | 4.70   | 3.40   | 4.75   | 3.75   |
| 10           | - X - | 82.00            | 85.00  | 86.00  | 86.20  | 86.50  | 87.50  |
| 10           | - Y - | 0.95             | 0.95   | 0.00   | -0.25  | -0.50  | -0.50  |
| 10           | - X - | 88.00            | 88.20  | 89.00  | 120.00 |        |        |
| 10           | - Y - | -0.25            | 0.00   | 0.95   | 0.95   |        |        |
| 9            | - X - | -100.00          | -57.20 | -39.60 | -29.60 | -21.40 | 2.00   |
| 9            | - Y - | 0.95             | 0.95   | 0.95   | 0.95   | 0.95   | 8.50   |
| 9            | - X - | 3.00             | 5.00   | 17.60  | 19.50  | 21.20  | 82.00  |
| 9            | - Y - | 8.50             | 7.85   | 4.70   | 3.40   | 0.95   | 0.95   |

|   |   |   |   |         |        |        |        |        |       |
|---|---|---|---|---------|--------|--------|--------|--------|-------|
| 9 | - | X | - | 85.00   | 86.00  | 86.20  | 86.50  | 87.50  | 88.00 |
| 9 | - | Y | - | 0.95    | 0.00   | -0.25  | -0.50  | -0.50  | -0.25 |
| 9 | - | X | - | 88.20   | 89.00  | 120.00 |        |        |       |
| 9 | - | Y | - | 0.00    | 0.95   | 0.95   |        |        |       |
| 8 | - | X | - | -100.00 | -57.20 | -39.60 | -29.60 | -21.40 | 21.20 |
| 8 | - | Y | - | 0.95    | 0.95   | 0.95   | 0.95   | 0.95   | 0.95  |
| 8 | - | X | - | 82.00   | 85.00  | 86.00  | 86.20  | 86.50  | 87.50 |
| 8 | - | Y | - | 0.95    | 0.95   | 0.00   | -0.25  | -0.50  | -0.50 |
| 8 | - | X | - | 88.00   | 88.20  | 89.00  | 120.00 |        |       |
| 8 | - | Y | - | -0.25   | 0.00   | 0.95   | 0.95   |        |       |
| 7 | - | X | - | -100.00 | 86.00  | 86.20  | 86.50  | 87.50  | 88.00 |
| 7 | - | Y | - | 0.00    | 0.00   | -0.25  | -0.50  | -0.50  | -0.25 |
| 7 | - | X | - | 88.20   | 89.00  | 120.00 |        |        |       |
| 7 | - | Y | - | 0.00    | 0.95   | 0.95   |        |        |       |
| 6 | - | X | - | -100.00 | 86.00  | 86.20  | 86.50  | 87.50  | 88.00 |
| 6 | - | Y | - | 0.00    | 0.00   | -0.25  | -0.50  | -0.50  | -0.25 |
| 6 | - | X | - | 88.20   | 120.00 |        |        |        |       |
| 6 | - | Y | - | 0.00    | 0.00   |        |        |        |       |
| 5 | - | X | - | -100.00 | 0.00   | 20.00  | 120.00 |        |       |
| 5 | - | Y | - | -3.50   | -3.50  | -4.50  | -4.50  |        |       |
| 4 | - | X | - | -100.00 | 0.00   | 20.00  | 120.00 |        |       |
| 4 | - | Y | - | -5.40   | -5.40  | -6.70  | -6.70  |        |       |
| 3 | - | X | - | -100.00 | 0.00   | 20.00  | 120.00 |        |       |
| 3 | - | Y | - | -5.50   | -5.50  | -7.30  | -7.30  |        |       |
| 2 | - | X | - | -100.00 | 0.00   | 20.00  | 120.00 |        |       |
| 2 | - | Y | - | -7.00   | -7.00  | -8.00  | -8.00  |        |       |
| 1 | - | X | - | -100.00 | 0.00   | 20.00  | 120.00 |        |       |
| 1 | - | Y | - | -7.50   | -7.50  | -8.70  | -8.70  |        |       |
| 0 | - | X | - | -100.00 | 120.00 |        |        |        |       |
| 0 | - | Y | - | -15.00  | -15.00 |        |        |        |       |

## PL LINES

=====

| PL line no. | Co-ordinates [m] |   |   |         |        |        |        |       |       |
|-------------|------------------|---|---|---------|--------|--------|--------|-------|-------|
| 1           | -                | X | - | -100.00 | -40.00 | -30.00 | -10.00 | -7.00 | 70.00 |
| 1           | -                | Y | - | 6.80    | 6.80   | 6.80   | 6.80   | 3.50  | 2.00  |
| 1           | -                | X | - | 83.00   | 120.00 |        |        |       |       |
| 1           | -                | Y | - | 0.50    | 0.50   |        |        |       |       |
| 2           | -                | X | - | -100.00 | -50.00 | 82.00  | 120.00 |       |       |
| 2           | -                | Y | - | 6.80    | 6.80   | 6.20   | 6.20   |       |       |
| 3           | -                | X | - | -100.00 | 120.00 |        |        |       |       |
| 3           | -                | Y | - | 1.23    | 1.23   |        |        |       |       |

Unit weight of water used for calculation: 9.81 [kN/m3]  
The groundwater level is determined by PL-line number 1

## FORBIDDEN LINES

=====

No forbidden lines were input.

## SOIL PROPERTIES

=====

Layer no. | Material name

|    |                    |
|----|--------------------|
| 13 | dijkmateriaal berm |
| 12 | dijkmateriaal berm |
| 11 | dijkmateriaal berm |
| 10 | dijkmateriaal berm |
| 9  | ZAND, matig        |
| 8  | KLEI               |
| 7  | KLEI               |
| 6  | VEEN - KLEI humeus |
| 5  | KLEI, siltig       |
| 4  | KLEI, siltig       |
| 3  | KLEI, humeus       |
| 2  | basis VEEN         |
| 1  | ZAND               |

| Layer number | Gam usat<br>[kN/m3] | Gam sat<br>[kN/m3] | PL-line<br>top | PL-line<br>bottom |
|--------------|---------------------|--------------------|----------------|-------------------|
| 13           | 18.00               | 18.00              | 1              | 1                 |
| 12           | 18.00               | 18.00              | 1              | 1                 |
| 11           | 18.00               | 18.00              | 1              | 1                 |
| 10           | 18.00               | 18.00              | 1              | 1                 |
| 9            | 18.00               | 20.00              | 1              | 1                 |
| 8            | 15.20               | 15.20              | 99             | 99                |
| 7            | 15.20               | 15.20              | 99             | 99                |
| 6            | 12.00               | 12.00              | 99             | 99                |
| 5            | 15.50               | 15.50              | 99             | 3                 |
| 4            | 15.50               | 15.50              | 3              | 99                |
| 3            | 12.50               | 12.50              | 99             | 99                |
| 2            | 15.00               | 15.00              | 99             | 2                 |
| 1            | 19.00               | 21.00              | 2              | -                 |

| Layer number | Cohesion<br>[kN/m2] | Phi<br>[degrees] | Cu/Pc<br>[-] | POP<br>[kN/m2] | Cu top<br>[kN/m2] | Cu bot.<br>[kN/m2] | Cu grad.<br>[kN/m2/m] |
|--------------|---------------------|------------------|--------------|----------------|-------------------|--------------------|-----------------------|
| 13           | 0.00                | 25.00            | -            | -              | -                 | -                  | -                     |
| 12           | 0.00                | 25.00            | -            | -              | -                 | -                  | -                     |
| 11           | 0.00                | 25.00            | -            | -              | -                 | -                  | -                     |
| 10           | 0.00                | 25.00            | -            | -              | -                 | -                  | -                     |
| 9            | 0.00                | 28.00            | -            | -              | -                 | -                  | -                     |
| 8            | 4.20                | 25.00            | -            | -              | -                 | -                  | -                     |
| 7            | 4.20                | 25.00            | -            | -              | -                 | -                  | -                     |
| 6            | 3.00                | 14.00            | -            | -              | -                 | -                  | -                     |
| 5            | 3.00                | 27.00            | -            | -              | -                 | -                  | -                     |
| 4            | 3.00                | 27.00            | -            | -              | -                 | -                  | -                     |
| 3            | 3.10                | 17.00            | -            | -              | -                 | -                  | -                     |
| 2            | 0.00                | 19.00            | -            | -              | -                 | -                  | -                     |
| 1            | 0.00                | 28.00            | -            | -              | -                 | -                  | -                     |

## DEGREE OF CONSOLIDATION

=====

Layer number | Degree of consolidation

|    |                                                 |
|----|-------------------------------------------------|
| 13 | 100                                             |
| 12 | 100 100                                         |
| 11 | 100 100 100                                     |
| 10 | 100 100 100 100                                 |
| 9  | 100 100 100 100 100                             |
| 8  | 85 85 85 85 85 100                              |
| 7  | 100 100 100 100 100 100 100                     |
| 6  | 30 30 30 30 30 100 100 100                      |
| 5  | 10 10 10 10 10 100 100 100 100                  |
| 4  | 50 50 50 50 50 100 100 100 100 100              |
| 3  | 75 75 75 75 75 100 100 100 100 100 100          |
| 2  | 100 100 100 100 100 100 100 100 100 100 100     |
| 1  | 100 100 100 100 100 100 100 100 100 100 100 100 |

Pore water pressures above the phreatic line are zero.

## LEFT GRID

=====

## CENTER POINT GRID AND TANGENT LINES

=====

X co-ordinate grid left : 8.00 [m]  
X co-ordinate grid right : 28.00 [m]

```

Number of grid points in X - direction   :      6
Y co-ordinate grid bottom                :      8.00 [m]
Y co-ordinate grid top                   :     28.00 [m]
Number of grid points in Y - direction   :      6

```

## RIGHT GRID

## CENTER POINT GRID AND TANGENT LINES

```

=====
X co-ordinate grid left                  :     70.35 [m]
X co-ordinate grid right                 :     86.35 [m]
Number of grid points in X - direction   :      5

Y co-ordinate grid bottom                :      3.00 [m]
Y co-ordinate grid top                   :     32.43 [m]
Number of grid points in Y - direction   :      7

Y co-ordinate tangent line              :     -8.70 [m]
Y co-ordinate tangent line              :     -8.00 [m]
Y co-ordinate tangent line              :     -7.30 [m]
Y co-ordinate tangent line              :     -6.70 [m]
Y co-ordinate tangent line              :     -4.50 [m]
Y co-ordinate tangent line              :      0.00 [m]
Y co-ordinate tangent line              :      0.95 [m]

```

Total number of lift slide planes in the grid : 1260

## LINE LOADS

=====

No line loads input.

## UNIFORM LOAD

=====

| Uniform<br>load number | Magnitude<br>[kN/m] | X start<br>[m] | X end<br>[m] | Distrib.<br>degrees | Load<br>Type |
|------------------------|---------------------|----------------|--------------|---------------------|--------------|
| 1                      | 13.00               | 0.50           | 3.00         | 30.00               | Temporary    |

## DEGREE OF CONSOLIDATION : TEMPORARY LOADS

=====

| Layer number | Degree of consolidation |
|--------------|-------------------------|
| 13           | 100                     |
| 12           | 100                     |
| 11           | 20                      |
| 10           | 20                      |
| 9            | 100                     |
| 8            | 100                     |
| 7            | 20                      |
| 6            | 20                      |
| 5            | 20                      |
| 4            | 20                      |
| 3            | 20                      |
| 2            | 20                      |
| 1            | 100                     |

## GEOTEXTILES

=====

No geotextiles were input.

## EARTHQUAKE

=====

No earth quake factors were input.

ZONE  
=====

```

Diketable height [m]           =      7.70
X co-ordinate start of zone [m] =     -2.00
Boundary of design level influence at X [m] =  -100.00
Boundary of design level influence at Y [m] =   -10.00
Required safety in zone 1a      =      1.20
Required safety in zone 1b      =      1.20
Required safety in zone 2a      =      1.00
Required safety in zone 2b      =      1.00
Left side of minimal road [m]   =      0.00
Right side of minimal road [m]  =      0.00
Required safety in zone 3a      =      0.90
Required safety in zone 3b      =      0.90
Stability calculation side      =      right
Remolding reduction factor      =      0.50
Schematization reduction factor =      0.80
Overtopping condition <= 0.1 l/m/s

```

```

*****
***** The input has been tested, and is correct. *****
*****

```

RESULTS OF THE SLOPE STABILITY ANALYSIS  
=====

The right grid  
The center point of the critical circle lies on the edge of the grid.

```

New grid with : X minimum = 58.35 [m]
               X maximum = 74.35 [m]
               Y minimum = 27.53 [m]
               Y maximum = 56.96 [m]

```

```

Information on the critical plane : Fmin = 1.295      1.233 model factor included
Calculation method used          : Uplift Van - C phi
=====

```

```

X co-ordinate left center point : 20.00 [m]
Y co-ordinate left center point : 18.00 [m]
Left radius of critical circle  : 26.70 [m]

```

```

X co-ordinate right center point : 68.35 [m]
Y co-ordinate right center point : 34.89 [m]
Right radius of critical circle  : 43.59 [m]

```

Non iterated values

```

Force Ia [kN] : 497.73
Force Ip [kN] : 464.88
Force Fs [kN] : 709.55

```

Iterated values

```

Force Ia [kN] : 641.82
Force Ip [kN] : 383.66
Force Fs [kN] : 548.10

```

Active moments

```

Driving moment [kNm] : 28484.90
Resisting moment [kNm] : 18152.24

```

Passive moments

```

Driving moment [kNm] : 5719.07
Resisting moment [kNm] : 12195.29

```

No correct slip planes found. in zone 1

```

Information on the zone plane : Fmin = 1.295      1.233 model factor included
Z      2
Calculation method used      : Uplift Van - C phi
=====

```

```

X co-ordinate left center point : 20.00 [m]
Y co-ordinate left center point : 18.00 [m]
Left radius of critical circle  : 26.70 [m]

```

```

X co-ordinate right center point : 68.35 [m]
Y co-ordinate right center point : 34.89 [m]

```

Right radius of critical circle : 43.59 [m]

#### Non iterated values

Force Ia [kN] : 497.73  
 Force Ip [kN] : 464.88  
 Force Fs [kN] : 709.55

#### Iterated values

Force Ia [kN] : 641.82  
 Force Ip [kN] : 383.66  
 Force Fs [kN] : 548.10

#### Active moments

Driving moment [kNm] : 28484.90  
 Resisting moment [kNm] : 18152.24

#### Passive moments

Driving moment [kNm] : 5719.07  
 Resisting moment [kNm] : 12195.29

No correct slip planes found. in zone 3

Information on the zone plane : Fmin = 1.302 1.240 model factor included  
 Z 4

Calculation method used : Uplift Van - C phi

X co-ordinate left center point : 20.00 [m]  
 Y co-ordinate left center point : 14.00 [m]  
 Left radius of critical circle : 22.70 [m]

X co-ordinate right center point : 68.35 [m]  
 Y co-ordinate right center point : 34.89 [m]  
 Right radius of critical circle : 43.59 [m]

#### Non iterated values

Force Ia [kN] : 503.37  
 Force Ip [kN] : 464.89  
 Force Fs [kN] : 709.55

#### Iterated values

Force Ia [kN] : 637.17  
 Force Ip [kN] : 382.16  
 Force Fs [kN] : 544.99

#### Active moments

Driving moment [kNm] : 22725.73  
 Resisting moment [kNm] : 14212.39

#### Passive moments

Driving moment [kNm] : 5718.98  
 Resisting moment [kNm] : 12187.58

No correct slip planes found. in zone 5

No correct slip planes found. in zone 6

#### Uplift safety

| co-ordinates |       | Uplift |
|--------------|-------|--------|
| x            | y     | safety |
| -20.57       | 4.97  | 1.26   |
| -19.75       | 3.99  | 1.49   |
| -18.65       | 2.79  | 1.62   |
| -17.38       | 1.50  | 1.73   |
| -16.18       | 0.40  | 1.71   |
| -14.92       | -0.65 | 1.37   |
| -13.67       | -1.61 | 1.48   |
| -12.42       | -2.49 | 1.57   |
| -11.31       | -3.20 | 1.64   |
| -10.62       | -3.63 | 1.52   |
| -10.20       | -3.87 | 1.55   |
| -9.65        | -4.18 | 1.54   |
| -8.88        | -4.58 | 1.50   |
| -7.84        | -5.10 | 1.43   |
| -7.10        | -5.45 | 1.81   |
| -6.99        | -5.50 | 1.78   |
| -6.98        | -5.50 | 2.22   |
| -6.47        | -5.72 | 2.09   |
| -5.45        | -6.14 | 1.88   |
| -4.43        | -6.53 | 1.73   |
| -3.48        | -6.86 | 1.63   |
| -2.52        | -7.16 | 1.87   |
| -1.65        | -7.41 | 1.80   |

|       |       |      |
|-------|-------|------|
| -0.65 | -7.66 | 1.83 |
| 0.50  | -7.92 | 1.86 |
| 1.50  | -8.12 | 1.86 |
| 2.50  | -8.28 | 1.86 |
| 3.50  | -8.42 | 1.84 |
| 4.50  | -8.53 | 1.80 |
| 5.50  | -8.61 | 1.77 |
| 6.50  | -8.67 | 1.74 |
| 7.50  | -8.69 | 1.70 |
| 8.57  | -8.70 | 1.67 |
| 9.72  | -8.70 | 1.63 |
| 10.90 | -8.70 | 1.59 |
| 12.12 | -8.70 | 1.55 |
| 13.34 | -8.70 | 1.51 |
| 14.56 | -8.70 | 1.47 |
| 15.77 | -8.70 | 1.43 |
| 16.99 | -8.70 | 1.39 |
| 18.08 | -8.70 | 1.33 |
| 19.03 | -8.70 | 1.25 |
| 19.65 | -8.70 | 1.22 |
| 19.90 | -8.70 | 1.24 |
| 20.50 | -8.70 | 1.29 |
| 21.10 | -8.70 | 1.33 |
| 21.85 | -8.70 | 1.34 |
| 23.15 | -8.70 | 1.34 |
| 24.45 | -8.70 | 1.33 |
| 25.75 | -8.70 | 1.33 |
| 27.05 | -8.70 | 1.33 |
| 28.35 | -8.70 | 1.32 |
| 29.65 | -8.70 | 1.32 |
| 30.95 | -8.70 | 1.32 |
| 32.25 | -8.70 | 1.32 |
| 33.55 | -8.70 | 1.31 |
| 34.85 | -8.70 | 1.31 |
| 36.15 | -8.70 | 1.31 |
| 37.45 | -8.70 | 1.30 |
| 38.75 | -8.70 | 1.30 |
| 40.05 | -8.70 | 1.30 |
| 41.35 | -8.70 | 1.30 |
| 42.65 | -8.70 | 1.29 |
| 43.95 | -8.70 | 1.29 |
| 45.25 | -8.70 | 1.29 |
| 46.55 | -8.70 | 1.28 |
| 47.85 | -8.70 | 1.28 |
| 49.15 | -8.70 | 1.28 |
| 50.45 | -8.70 | 1.28 |
| 51.75 | -8.70 | 1.27 |
| 53.05 | -8.70 | 1.27 |
| 54.35 | -8.70 | 1.27 |
| 55.65 | -8.70 | 1.26 |
| 56.95 | -8.70 | 1.26 |
| 58.25 | -8.70 | 1.26 |
| 59.55 | -8.70 | 1.26 |
| 60.85 | -8.70 | 1.25 |
| 62.15 | -8.70 | 1.25 |
| 63.45 | -8.70 | 1.25 |
| 64.75 | -8.70 | 1.24 |
| 66.05 | -8.70 | 1.24 |
| 67.35 | -8.70 | 1.24 |
| 68.50 | -8.70 | 1.22 |
| 69.50 | -8.70 | 1.20 |
| 70.65 | -8.70 | 1.17 |
| 71.95 | -8.70 | 1.14 |
| 73.25 | -8.70 | 1.11 |
| 74.55 | -8.70 | 1.08 |
| 75.85 | -8.70 | 1.05 |
| 77.15 | -8.70 | 1.01 |
| 78.45 | -8.70 | 1.00 |
| 79.85 | -8.70 | 1.00 |
| 81.30 | -8.70 | 1.00 |
| 82.50 | -8.70 | 1.00 |
| 83.50 | -8.70 | 1.00 |
| 84.50 | -8.70 | 1.00 |
| 85.24 | -8.70 | 1.00 |
| 85.74 | -8.70 | 1.00 |
| 86.10 | -8.70 | 1.00 |
| 86.35 | -8.70 | 1.00 |
| 87.00 | -8.70 | 1.00 |
| 87.75 | -8.70 | 1.00 |
| 88.10 | -8.70 | 1.00 |
| 88.41 | -8.70 | 1.00 |
| 88.81 | -8.70 | 1.00 |

|        |       |        |
|--------|-------|--------|
| 89.49  | -8.70 | 1.00   |
| 90.46  | -8.70 | 1.00   |
| 90.95  | -8.70 | 1.00   |
| 90.96  | -8.70 | 1.00   |
| 90.99  | -8.70 | 1.00   |
| 91.71  | -8.70 | 1.00   |
| 92.55  | -8.70 | 1.00   |
| 93.21  | -8.70 | 1.00   |
| 94.26  | -8.70 | 1.00   |
| 95.23  | -8.70 | 1.00   |
| 96.37  | -8.70 | 1.00   |
| 97.68  | -8.70 | 1.00   |
| 98.89  | -8.70 | 1.00   |
| 100.10 | -8.70 | 1.00   |
| 101.30 | -8.66 | 1.00   |
| 102.51 | -8.51 | 1.00   |
| 103.72 | -8.20 | 1.00   |
| 105.03 | -7.65 | 1.05   |
| 106.17 | -7.00 | 1.22   |
| 107.14 | -6.24 | 1.31   |
| 108.19 | -5.14 | 1.29   |
| 108.85 | -4.30 | 1.27   |
| 109.69 | -2.05 | 1.42   |
| 110.41 | 0.25  | 3.94   |
| 110.44 | 0.69  | 100.00 |
| 110.45 | 0.91  | 100.00 |

END OF MSTAB OUTPUT  
=====

## Report for MSettle 7.3

Settlement Calculations  
Developed by GeoDelft



**ROYAL HASKONING**

Company: Royal Haskoning

Date of report: 2009/06/18

Time of report: 16:41:50

Date of calculation: 2009/06/18

Time of calculation: 15:21:28

Filename: I:\..\Geotechniek\04 berekeningen\zetting\WD04\_DKM32-49 20090618

Project identification: Planstudie Project Munnikenland  
Dijkverleggingsplan Wakkeredijk  
dwp 3

# 1 Echo of the Input

## 1.1 Layer Boundaries

| Boundary number | Co-ordinates [m] |         |         |         |        |
|-----------------|------------------|---------|---------|---------|--------|
| 7 - X -         | -100,000         | -39,600 | 18,400  | 70,000  | 70,800 |
| 7 - Y -         | 0,950            | 0,950   | 0,950   | 0,950   | 0,000  |
| 7 - X -         | 71,000           | 71,500  | 72,500  | 73,000  | 73,200 |
| 7 - Y -         | -0,250           | -0,500  | -0,500  | -0,250  | 0,000  |
| 7 - X -         | 74,000           | 120,000 |         |         |        |
| 7 - Y -         | 0,950            | 0,950   |         |         |        |
| 6 - X -         | -100,000         | 70,800  | 71,000  | 71,500  | 72,500 |
| 6 - Y -         | 0,000            | 0,000   | -0,250  | -0,500  | -0,500 |
| 6 - X -         | 73,000           | 73,200  | 74,000  | 120,000 |        |
| 6 - Y -         | -0,250           | 0,000   | 0,950   | 0,950   |        |
| 5 - X -         | -100,000         | 70,800  | 71,000  | 71,500  | 72,500 |
| 5 - Y -         | 0,000            | 0,000   | -0,250  | -0,500  | -0,500 |
| 5 - X -         | 73,000           | 73,200  | 120,000 |         |        |
| 5 - Y -         | -0,250           | 0,000   | 0,000   |         |        |
| 4 - X -         | -100,000         | -40,000 | 20,000  | 120,000 |        |
| 4 - Y -         | -1,600           | -1,600  | -2,200  | -2,200  |        |
| 3 - X -         | -100,000         | -40,000 | 20,000  | 120,000 |        |
| 3 - Y -         | -1,900           | -1,900  | -2,900  | -2,900  |        |
| 2 - X -         | -100,000         | -40,000 | 20,000  | 120,000 |        |
| 2 - Y -         | -2,800           | -2,800  | -3,800  | -3,800  |        |
| 1 - X -         | -100,000         | -40,000 | 20,000  | 120,000 |        |
| 1 - Y -         | -5,500           | -5,500  | -7,800  | -7,800  |        |
| 0 - X -         | -100,000         | 120,000 |         |         |        |
| 0 - Y -         | -15,000          | -15,000 |         |         |        |

## 1.2 PL Lines

| PL line number | Co-ordinates [m] |         |  |  |  |
|----------------|------------------|---------|--|--|--|
| 1 - X -        | -100,000         | 120,000 |  |  |  |
| 1 - Y -        | 0,450            | 0,450   |  |  |  |
| 2 - X -        | -100,000         | 120,000 |  |  |  |
| 2 - Y -        | 1,230            | 1,230   |  |  |  |

## 1.3 General Data

|                                        |                                        |
|----------------------------------------|----------------------------------------|
| Soil model:                            | Isotache                               |
| Consolidation model:                   | Terzaghi                               |
| Strain model:                          | Natural                                |
| Groundwater level:                     | Initial determined by PL-line number 1 |
| Unit weight of water:                  | 9,81 kN/m <sup>3</sup>                 |
| Dispersion conditions layer boundaries |                                        |
| - Top:                                 | drained                                |
| - Bottom:                              | drained                                |
| Stress distribution                    |                                        |
| - Soil:                                | Buisman                                |
| - Loads:                               | None                                   |
| End of consolidation:                  | 18250,00 days                          |
| No maintain profile                    |                                        |
| Creep rate reference time:             | 1,00 days                              |
| With imaginary surface:                | determined by layerboundary number 7   |
| Load column width:                     | 1,00 m                                 |
| With submerging                        |                                        |
| (only for non uniform loads)           |                                        |
| - Iteration stop criterium :           | 0,10 m                                 |
| Load column width                      |                                        |
| Non-Uniform Loads :                    | 1,00 m                                 |
| Trapezoidal Loads :                    | 1,00 m                                 |

## 1.4 Soil Profiles

| Layer number | Material name         | PL-line top | PL-line bottom |
|--------------|-----------------------|-------------|----------------|
| 7            | KLEI (ondiep)         | 1           | 99             |
| 6            | KLEI (ondiep)         | 1           | 99             |
| 5            | KLEI, humeus (ondi... | 99          | 99             |
| 4            | VEEN                  | 99          | 99             |
| 3            | KLEI, humeus (diep)   | 99          | 2              |
| 2            | KLEI (diep)           | 2           | 2              |
| 1            | ZAND                  | 2           | 2              |

## 1.5 Soil Properties

| Layer number | Drained | Unit weight         |                   | Vert. consolid. coefficient Cv [m2/s] |
|--------------|---------|---------------------|-------------------|---------------------------------------|
|              |         | Unsaturated [kN/m³] | Saturated [kN/m³] |                                       |
| 7            | No      | 15,20               | 15,20             | 1,00E-07                              |
| 6            | No      | 15,20               | 15,20             | 1,00E-07                              |
| 5            | No      | 12,00               | 12,00             | 1,00E-07                              |
| 4            | No      | 12,00               | 12,00             | 5,00E-06                              |
| 3            | No      | 12,50               | 12,50             | 1,00E-07                              |
| 2            | No      | 15,50               | 15,50             | 1,00E-07                              |
| 1            | Yes     | 18,00               | 20,00             | 1,00E+01                              |

| Layer number | POP [kN/m²] | OCR [-] |
|--------------|-------------|---------|
| 7            | 10,00       |         |
| 6            | 10,00       |         |
| 5            | 10,00       |         |
| 4            |             | 1,60    |
| 3            |             | 1,30    |
| 2            |             | 1,30    |
| 1            |             | 1,30    |

| Layer number | Direct comp. index a [-] | Secular comp. index b [-] | Secular comp. rate c [-] |
|--------------|--------------------------|---------------------------|--------------------------|
| 7            | 3,000E-02                | 1,000E-01                 | 4,000E-03                |
| 6            | 3,000E-02                | 1,000E-01                 | 4,000E-03                |
| 5            | 3,000E-02                | 2,500E-01                 | 5,000E-03                |
| 4            | 3,000E-02                | 2,500E-01                 | 5,000E-03                |
| 3            | 3,000E-02                | 2,500E-01                 | 5,000E-03                |
| 2            | 3,000E-02                | 1,000E-01                 | 4,000E-03                |
| 1            | 1,000E-06                | 1,000E-04                 | 1,000E-06                |

## 1.6 Non-Uniform Loads

| Load number | Time [days] | Unit weight         |                   |
|-------------|-------------|---------------------|-------------------|
|             |             | Unsaturated [kN/m³] | Saturated [kN/m³] |
| 1           | 0           | 18,00               | 18,00             |

| Load number | Co-ordinates [m] |       |       |       |       |      |  |
|-------------|------------------|-------|-------|-------|-------|------|--|
| 1 - X -     | -57,20           | -2,00 | 0,00  | 2,00  | 3,00  | 5,00 |  |
| 1 - Y -     | 0,95             | 7,85  | 8,50  | 8,50  | 8,50  | 7,85 |  |
| 1 - X -     | 17,60            | 19,50 | 21,20 | 46,00 | 52,00 |      |  |
| 1 - Y -     | 4,70             | 3,40  | 4,00  | 3,00  | 0,95  |      |  |

## 1.7 Verticals

| Vertical number | X co-ordinates [m] |         |         |         |        |
|-----------------|--------------------|---------|---------|---------|--------|
| 1 - 5           | -100,0...          | -57,200 | -40,000 | -39,600 | -2,000 |
| 6 - 10          | 0,000              | 2,000   | 3,000   | 5,000   | 17,600 |
| 11 - 15         | 18,400             | 19,500  | 20,000  | 21,200  | 46,000 |

| Vertical number | X co-ordinates [m] |        |        |        |         |
|-----------------|--------------------|--------|--------|--------|---------|
| 16 - 20         | 52,000             | 70,000 | 70,800 | 71,000 | 71,500  |
| 21 - 25         | 72,500             | 73,000 | 73,200 | 74,000 | 120,000 |

Calculation cross section at Z = 0,000 m

## 2 Results per Vertical

### 2.1 Results for Vertical 6 (X = 0,00 m; Z = 0,00 m)

| Depth<br>[m] | Initial stress                  |                                 |                                | Final stress                    |                                 |                                |
|--------------|---------------------------------|---------------------------------|--------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|--------------------------------|
|              | S-total<br>[kN/m <sup>2</sup> ] | S-water<br>[kN/m <sup>2</sup> ] | S-eff.<br>[kN/m <sup>2</sup> ] | S-total<br>[kN/m <sup>2</sup> ] | S-water<br>[kN/m <sup>2</sup> ] | S-eff.<br>[kN/m <sup>2</sup> ] |
| Layer 7      |                                 |                                 |                                |                                 |                                 |                                |
| 0,95         | 0,000                           | 0,000                           | 0,000                          | 117,491                         | 0,000                           | 117,491                        |
| 0,85         | 1,520                           | 0,000                           | 1,520                          | 119,011                         | 0,000                           | 119,011                        |
| 0,75         | 3,040                           | 0,000                           | 3,040                          | 120,529                         | 0,000                           | 120,529                        |
| 0,65         | 4,560                           | 0,000                           | 4,560                          | 122,043                         | 0,000                           | 122,043                        |
| 0,55         | 6,080                           | 0,000                           | 6,080                          | 123,548                         | 0,000                           | 123,548                        |
| 0,48         | 7,220                           | 0,000                           | 7,220                          | 124,669                         | 0,000                           | 124,669                        |
| 0,45         | 7,600                           | 0,000                           | 7,600                          | 125,041                         | 0,000                           | 125,041                        |
| 0,35         | 9,120                           | 1,176                           | 7,943                          | 126,520                         | 1,176                           | 125,344                        |
| 0,25         | 10,640                          | 2,353                           | 8,287                          | 127,986                         | 2,353                           | 125,633                        |
| 0,15         | 12,160                          | 3,529                           | 8,631                          | 129,438                         | 3,529                           | 125,909                        |
| 0,05         | 13,680                          | 4,705                           | 8,974                          | 130,878                         | 4,705                           | 126,173                        |
| 0,00         | 14,440                          | 5,294                           | 9,146                          | 131,595                         | 5,294                           | 126,301                        |
| Layer 5      |                                 |                                 |                                |                                 |                                 |                                |
| 0,00         | 14,440                          | 5,294                           | 9,146                          | 131,595                         | 5,294                           | 126,301                        |
| -0,05        | 15,040                          | 5,882                           | 9,158                          | 132,150                         | 5,882                           | 126,268                        |
| -1,00        | 26,440                          | 17,057                          | 9,383                          | 142,485                         | 17,057                          | 125,428                        |
| -2,00        | 38,440                          | 28,821                          | 9,619                          | 153,223                         | 28,821                          | 124,402                        |
| Layer 4      |                                 |                                 |                                |                                 |                                 |                                |
| -2,00        | 38,440                          | 28,821                          | 9,619                          | 153,223                         | 28,821                          | 124,402                        |
| -2,28        | 41,840                          | 32,154                          | 9,686                          | 156,251                         | 32,154                          | 124,097                        |
| -2,57        | 45,240                          | 35,487                          | 9,753                          | 159,272                         | 35,487                          | 123,785                        |
| Layer 3      |                                 |                                 |                                |                                 |                                 |                                |
| -2,57        | 45,240                          | 35,487                          | 9,753                          | 159,272                         | 35,487                          | 123,785                        |
| -3,02        | 50,865                          | 40,781                          | 10,084                         | 164,284                         | 40,781                          | 123,504                        |
| -3,47        | 56,490                          | 46,074                          | 10,416                         | 169,283                         | 46,074                          | 123,209                        |
| Layer 2      |                                 |                                 |                                |                                 |                                 |                                |
| -3,47        | 56,490                          | 46,074                          | 10,416                         | 169,284                         | 46,074                          | 123,210                        |
| -4,35        | 70,182                          | 54,740                          | 15,442                         | 181,719                         | 54,740                          | 126,979                        |
| -5,25        | 84,132                          | 63,569                          | 20,563                         | 194,362                         | 63,569                          | 130,793                        |
| -6,13        | 97,823                          | 72,234                          | 25,589                         | 206,757                         | 72,234                          | 134,523                        |
| -7,03        | 111,773                         | 81,063                          | 30,710                         | 219,380                         | 81,063                          | 138,317                        |
| Layer 1      |                                 |                                 |                                |                                 |                                 |                                |
| -7,03        | 111,773                         | 81,063                          | 30,710                         | 219,380                         | 81,063                          | 138,317                        |
| -8,02        | 131,440                         | 90,710                          | 40,730                         | 237,598                         | 90,710                          | 146,888                        |
| -9,02        | 151,440                         | 100,520                         | 50,920                         | 256,133                         | 100,520                         | 155,613                        |
| -10,02       | 171,440                         | 110,330                         | 61,110                         | 274,680                         | 110,330                         | 164,350                        |
| -11,02       | 191,440                         | 120,140                         | 71,300                         | 293,244                         | 120,140                         | 173,104                        |
| -12,00       | 211,107                         | 129,786                         | 81,320                         | 311,517                         | 129,786                         | 181,731                        |
| -13,00       | 231,107                         | 139,596                         | 91,510                         | 330,122                         | 139,596                         | 190,525                        |
| -14,00       | 251,107                         | 149,406                         | 101,700                        | 348,749                         | 149,406                         | 199,343                        |
| -15,00       | 271,107                         | 159,216                         | 111,890                        | 367,402                         | 159,216                         | 208,186                        |

| Layers | Type of drainage           | Time<br>[days] | Degree of consolidation [%] |        |        |        |        |
|--------|----------------------------|----------------|-----------------------------|--------|--------|--------|--------|
|        |                            |                | 1                           | 10     | 100    | 1000   | 10000  |
| 7 - 2  | undrained, double drainage | 3252           | 2,80                        | 8,85   | 27,98  | 82,22  | 100,00 |
| 1 - 1  | drained                    |                | 100,00                      | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 |

## 3 Settlements

### 3.1 Settlements

| Vertical number | X co-ordinate [m] | Surface level [m] | Settlement [m]       |
|-----------------|-------------------|-------------------|----------------------|
| 1               | -100,00           | 0,95              | 0,057                |
| 2               | -57,20            | 0,95              | 0,145                |
| 3               | -40,00            | 0,95              | 1,221                |
| 4               | -39,60            | 0,95              | 1,238                |
| 5               | -2,00             | 0,95              | 2,350                |
| 6               | 0,00              | 0,95              | 2,404                |
| 7               | 2,00              | 0,95              | 2,427                |
| 8               | 3,00              | 0,95              | 2,426                |
| 9               | 5,00              | 0,95              | 2,396                |
| 10              | 17,60             | 0,95              | 1,919                |
| 11              | 18,40             | 0,95              | 1,846                |
| 12              | 19,50             | 0,95              | 1,762                |
| 13              | 20,00             | 0,95              | 1,750                |
| 14              | 21,20             | 0,95              | 1,751                |
| 15              | 46,00             | 0,95              | 1,331                |
| 16              | 52,00             | 0,95              | 0,333                |
| 17              | 70,00             | 0,95              | 0,085                |
| 18              | 70,80             | 0,00              | 0,086                |
| 19              | 71,00             | -0,25             | 0,089                |
| 20              | 71,50             | -0,50             | 0,138 Neg. stress... |
| 21              | 72,50             | -0,50             | 0,130 Neg. stress... |
| 22              | 73,00             | -0,25             | 0,087                |
| 23              | 73,20             | 0,00              | 0,085                |
| 24              | 74,00             | 0,95              | 0,084                |
| 25              | 120,00            | 0,95              | 0,084                |

### 3.2 Residual Times

| Vertical number | Time [days] | Settlement [m] | Part of final settlement [%] | Residual settlements [m] |
|-----------------|-------------|----------------|------------------------------|--------------------------|
| 1               | 1000        | 0,024          | 41,614                       | 0,033                    |
| 2               | 1000        | 0,092          | 63,850                       | 0,052                    |
| 3               | 1000        | 1,049          | 85,919                       | 0,172                    |
| 4               | 1000        | 1,063          | 85,912                       | 0,174                    |
| 5               | 1000        | 1,878          | 79,912                       | 0,472                    |
| 6               | 1000        | 1,911          | 79,506                       | 0,493                    |
| 7               | 1000        | 1,919          | 79,053                       | 0,508                    |
| 8               | 1000        | 1,912          | 78,808                       | 0,514                    |
| 9               | 1000        | 1,876          | 78,278                       | 0,521                    |
| 10              | 1000        | 1,426          | 74,331                       | 0,493                    |
| 11              | 1000        | 1,366          | 73,960                       | 0,481                    |
| 12              | 1000        | 1,295          | 73,469                       | 0,467                    |
| 13              | 1000        | 1,283          | 73,314                       | 0,467                    |
| 14              | 1000        | 1,284          | 73,318                       | 0,467                    |
| 15              | 1000        | 0,955          | 71,735                       | 0,376                    |
| 16              | 1000        | 0,206          | 61,760                       | 0,127                    |
| 17              | 1000        | 0,031          | 36,031                       | 0,054                    |
| 18              | 1000        | 0,034          | 39,678                       | 0,052                    |
| 19              | 1000        | 0,036          | 41,026                       | 0,052                    |
| 20              | 1000        | 0,077          | 55,728                       | 0,061                    |
| 21              | 1000        | 0,070          | 53,657                       | 0,060                    |
| 22              | 1000        | 0,035          | 40,577                       | 0,052                    |
| 23              | 1000        | 0,034          | 39,338                       | 0,052                    |
| 24              | 1000        | 0,030          | 35,793                       | 0,054                    |
| 25              | 1000        | 0,030          | 35,532                       | 0,054                    |

**End of Report**

## Report for MSettle 7.3

Settlement Calculations  
Developed by GeoDelft



**ROYAL HASKONING**

Company: Royal Haskoning

Date of report: 2009/06/18

Time of report: 16:41:58

Date of calculation: 2009/06/18

Time of calculation: 10:34:55

Filename: I:\..\Geotechniek\04 berekeningen\zetting\WD08\_DKM36-57 20090618

Project identification: Planstudie Project Munnikenland  
Dijkverleggingsplan Wakkeredijk  
dwp 3

# 1 Echo of the Input

## 1.1 Layer Boundaries

| Boundary number | Co-ordinates [m] |         |         |         |         |
|-----------------|------------------|---------|---------|---------|---------|
| 16 - X -        | -100,000         | 64,000  | 65,000  | 65,800  | 66,000  |
| 16 - Y -        | 0,950            | 0,950   | 0,950   | 0,000   | -0,250  |
| 16 - X -        | 66,500           | 67,500  | 68,000  | 68,200  | 69,000  |
| 16 - Y -        | -0,500           | -0,500  | -0,250  | 0,000   | 0,950   |
| 16 - X -        | 70,000           | 120,000 |         |         |         |
| 16 - Y -        | 0,950            | 0,950   |         |         |         |
| 15 - X -        | -100,000         | 64,000  | 64,000  | 65,000  | 65,800  |
| 15 - Y -        | 0,000            | 0,000   | 0,950   | 0,950   | 0,000   |
| 15 - X -        | 66,000           | 66,500  | 67,500  | 68,000  | 68,200  |
| 15 - Y -        | -0,250           | -0,500  | -0,500  | -0,250  | 0,000   |
| 15 - X -        | 69,000           | 70,000  | 120,000 |         |         |
| 15 - Y -        | 0,950            | 0,950   | 0,950   |         |         |
| 14 - X -        | -100,000         | -40,000 | 20,000  | 64,000  | 64,000  |
| 14 - Y -        | -2,700           | -2,700  | -1,700  | -1,700  | 0,000   |
| 14 - X -        | 64,000           | 65,000  | 65,800  | 66,000  | 66,500  |
| 14 - Y -        | 0,950            | 0,950   | 0,000   | -0,250  | -0,500  |
| 14 - X -        | 67,500           | 68,000  | 68,200  | 69,000  | 70,000  |
| 14 - Y -        | -0,500           | -0,250  | 0,000   | 0,950   | 0,950   |
| 14 - X -        | 120,000          |         |         |         |         |
| 14 - Y -        | 0,950            |         |         |         |         |
| 13 - X -        | -100,000         | -40,000 | 20,000  | 64,000  | 64,000  |
| 13 - Y -        | -3,000           | -3,000  | -3,000  | -3,000  | -1,700  |
| 13 - X -        | 64,000           | 64,000  | 65,000  | 65,800  | 66,000  |
| 13 - Y -        | 0,000            | 0,950   | 0,950   | 0,000   | -0,250  |
| 13 - X -        | 66,500           | 67,500  | 68,000  | 68,200  | 69,000  |
| 13 - Y -        | -0,500           | -0,500  | -0,250  | 0,000   | 0,950   |
| 13 - X -        | 70,000           | 120,000 |         |         |         |
| 13 - Y -        | 0,950            | 0,950   |         |         |         |
| 12 - X -        | -100,000         | -40,000 | 20,000  | 64,000  | 64,000  |
| 12 - Y -        | -3,000           | -3,000  | -3,000  | -3,000  | -1,700  |
| 12 - X -        | 64,000           | 65,800  | 66,000  | 66,500  | 67,500  |
| 12 - Y -        | 0,000            | 0,000   | -0,250  | -0,500  | -0,500  |
| 12 - X -        | 68,000           | 68,200  | 69,000  | 70,000  | 120,000 |
| 12 - Y -        | -0,250           | 0,000   | 0,950   | 0,950   | 0,950   |
| 11 - X -        | -100,000         | -40,000 | 20,000  | 64,000  | 64,000  |
| 11 - Y -        | -3,000           | -3,000  | -3,000  | -3,000  | -1,700  |
| 11 - X -        | 64,000           | 65,800  | 66,000  | 66,500  | 67,500  |
| 11 - Y -        | 0,000            | 0,000   | -0,250  | -0,500  | -0,500  |
| 11 - X -        | 68,000           | 68,200  | 70,000  | 70,000  | 120,000 |
| 11 - Y -        | -0,250           | 0,000   | 0,000   | 0,950   | 0,950   |
| 10 - X -        | -100,000         | -40,000 | 20,000  | 64,000  | 64,000  |
| 10 - Y -        | -3,000           | -3,000  | -3,000  | -3,000  | -1,700  |
| 10 - X -        | 70,000           | 70,000  | 70,000  | 120,000 |         |
| 10 - Y -        | -1,700           | 0,000   | 0,950   | 0,950   |         |
| 9 - X -         | -100,000         | -40,000 | 20,000  | 64,000  | 70,000  |
| 9 - Y -         | -3,000           | -3,000  | -3,000  | -3,000  | -3,000  |
| 9 - X -         | 70,000           | 70,000  | 70,000  | 120,000 |         |
| 9 - Y -         | -1,700           | 0,000   | 0,950   | 0,950   |         |
| 8 - X -         | -100,000         | -40,000 | 20,000  | 64,000  | 70,000  |
| 8 - Y -         | -3,000           | -3,000  | -3,000  | -3,000  | -3,000  |
| 8 - X -         | 70,000           | 70,000  | 120,000 |         |         |
| 8 - Y -         | -1,700           | 0,000   | 0,000   |         |         |
| 7 - X -         | -100,000         | -40,000 | 20,000  | 64,000  | 70,000  |
| 7 - Y -         | -3,000           | -3,000  | -3,000  | -3,000  | -3,000  |
| 7 - X -         | 70,000           | 120,000 |         |         |         |
| 7 - Y -         | -1,700           | -1,700  |         |         |         |
| 6 - X -         | -100,000         | -40,000 | 20,000  | 64,000  | 70,000  |
| 6 - Y -         | -3,000           | -3,000  | -3,000  | -3,000  | -3,000  |
| 6 - X -         | 120,000          |         |         |         |         |

| Boundary number | Co-ordinates [m] |         |        |         |  |
|-----------------|------------------|---------|--------|---------|--|
| 6 - Y -         | -3,000           |         |        |         |  |
| 5 - X -         | -100,000         | -40,000 | 20,000 | 120,000 |  |
| 5 - Y -         | -3,700           | -3,700  | -4,700 | -4,700  |  |
| 4 - X -         | -100,000         | -40,000 | 20,000 | 120,000 |  |
| 4 - Y -         | -4,000           | -4,000  | -6,500 | -6,500  |  |
| 3 - X -         | -100,000         | -40,000 | 20,000 | 120,000 |  |
| 3 - Y -         | -4,000           | -4,000  | -7,200 | -7,200  |  |
| 2 - X -         | -100,000         | -40,000 | 20,000 | 120,000 |  |
| 2 - Y -         | -4,600           | -4,600  | -8,000 | -8,000  |  |
| 1 - X -         | -100,000         | -40,000 | 20,000 | 120,000 |  |
| 1 - Y -         | -6,000           | -6,000  | -8,000 | -8,000  |  |
| 0 - X -         | -100,000         | 120,000 |        |         |  |
| 0 - Y -         | -15,000          | -15,000 |        |         |  |

## 1.2 PL Lines

| PL line number | Co-ordinates [m] |         |  |  |  |
|----------------|------------------|---------|--|--|--|
| 1 - X -        | -100,000         | 120,000 |  |  |  |
| 1 - Y -        | 0,450            | 0,450   |  |  |  |
| 2 - X -        | -100,000         | 120,000 |  |  |  |
| 2 - Y -        | 1,230            | 1,230   |  |  |  |

## 1.3 General Data

|                                        |                                        |
|----------------------------------------|----------------------------------------|
| Soil model:                            | Isotache                               |
| Consolidation model:                   | Terzaghi                               |
| Strain model:                          | Natural                                |
| Groundwater level:                     | Initial determined by PL-line number 1 |
| Unit weight of water:                  | 9,81 kN/m <sup>3</sup>                 |
| Dispersion conditions layer boundaries |                                        |
| - Top:                                 | drained                                |
| - Bottom:                              | drained                                |
| Stress distribution                    |                                        |
| - Soil:                                | Buisman                                |
| - Loads:                               | None                                   |
| End of consolidation:                  | 18250,00 days                          |
| No maintain profile                    |                                        |
| Creep rate reference time:             | 1,00 days                              |
| With imaginary surface:                | determined by layerboundary number 8   |
| Load column width:                     | 1,00 m                                 |
| With submerging                        |                                        |
| (only for non uniform loads)           |                                        |
| - Iteration stop criterium :           | 0,10 m                                 |
| Load column width                      |                                        |
| Non-Uniform Loads :                    | 1,00 m                                 |
| Trapezoidal Loads :                    | 1,00 m                                 |

## 1.4 Soil Profiles

| Layer number | Material name         | PL-line top | PL-line bottom |
|--------------|-----------------------|-------------|----------------|
| 16           | KLEI (ondiep)         | 1           | 99             |
| 15           | KLEI, humeus (ondi... | 99          | 99             |
| 14           | VEEN                  | 99          | 2              |
| 13           | KLEI (ondiep)         | 99          | 99             |
| 12           | KLEI (ondiep)         | 99          | 99             |
| 11           | KLEI, humeus (ondi... | 99          | 99             |
| 10           | VEEN                  | 99          | 2              |
| 9            | KLEI (ondiep)         | 99          | 99             |
| 8            | KLEI, humeus (ondi... | 99          | 99             |
| 7            | VEEN                  | 99          | 2              |
| 6            | ZAND, los             | 2           | 2              |
| 5            | KLEI (diep)           | 2           | 2              |
| 4            | KLEI, humeus (diep)   | 2           | 2              |
| 3            | VEEN                  | 2           | 2              |
| 2            | ZAND, los             | 2           | 2              |

| Layer number | Material name | PL-line top | PL-line bottom |
|--------------|---------------|-------------|----------------|
| 1            | ZAND, los     | 2           | 2              |

## 1.5 Soil Properties

| Layer number | Drained | Unit weight         |                   | Vert. consolid. coefficient Cv [m2/s] |
|--------------|---------|---------------------|-------------------|---------------------------------------|
|              |         | Unsaturated [kN/m³] | Saturated [kN/m³] |                                       |
| 16           | No      | 15,20               | 15,20             | 1,00E-07                              |
| 15           | No      | 12,00               | 12,00             | 1,00E-07                              |
| 14           | No      | 12,00               | 12,00             | 5,00E-06                              |
| 13           | No      | 15,20               | 15,20             | 1,00E-07                              |
| 12           | No      | 15,20               | 15,20             | 1,00E-07                              |
| 11           | No      | 12,00               | 12,00             | 1,00E-07                              |
| 10           | No      | 12,00               | 12,00             | 5,00E-06                              |
| 9            | No      | 15,20               | 15,20             | 1,00E-07                              |
| 8            | No      | 12,00               | 12,00             | 1,00E-07                              |
| 7            | No      | 12,00               | 12,00             | 5,00E-06                              |
| 6            | Yes     | 17,00               | 18,00             | 1,00E+01                              |
| 5            | No      | 15,50               | 15,50             | 1,00E-08                              |
| 4            | No      | 12,50               | 12,50             | 1,00E-07                              |
| 3            | No      | 12,00               | 12,00             | 5,00E-06                              |
| 2            | Yes     | 17,00               | 18,00             | 1,00E+01                              |
| 1            | Yes     | 17,00               | 18,00             | 1,00E+01                              |

| Layer number | POP [kN/m²] | OCR [-] |
|--------------|-------------|---------|
| 16           | 10,00       |         |
| 15           | 10,00       |         |
| 14           |             | 1,60    |
| 13           | 10,00       |         |
| 12           | 10,00       |         |
| 11           | 10,00       |         |
| 10           |             | 1,60    |
| 9            | 10,00       |         |
| 8            | 10,00       |         |
| 7            |             | 1,60    |
| 6            |             | 1,30    |
| 5            |             | 1,30    |
| 4            |             | 1,30    |
| 3            |             | 1,60    |
| 2            |             | 1,30    |
| 1            |             | 1,30    |

| Layer number | Direct comp. index a [-] | Secular comp. index b [-] | Secular comp. rate c [-] |
|--------------|--------------------------|---------------------------|--------------------------|
| 16           | 3,000E-02                | 1,000E-01                 | 4,000E-03                |
| 15           | 3,000E-02                | 2,500E-01                 | 5,000E-03                |
| 14           | 3,000E-02                | 2,500E-01                 | 5,000E-03                |
| 13           | 3,000E-02                | 1,000E-01                 | 4,000E-03                |
| 12           | 3,000E-02                | 1,000E-01                 | 4,000E-03                |
| 11           | 3,000E-02                | 2,500E-01                 | 5,000E-03                |
| 10           | 3,000E-02                | 2,500E-01                 | 5,000E-03                |
| 9            | 3,000E-02                | 1,000E-01                 | 4,000E-03                |
| 8            | 3,000E-02                | 2,500E-01                 | 5,000E-03                |
| 7            | 3,000E-02                | 2,500E-01                 | 5,000E-03                |
| 6            | 1,000E-06                | 1,000E-04                 | 1,000E-06                |
| 5            | 3,000E-02                | 1,000E-01                 | 4,000E-03                |
| 4            | 3,000E-02                | 2,500E-01                 | 5,000E-03                |
| 3            | 3,000E-02                | 2,500E-01                 | 5,000E-03                |
| 2            | 1,000E-06                | 1,000E-04                 | 1,000E-06                |
| 1            | 1,000E-06                | 1,000E-04                 | 1,000E-06                |

## 1.6 Non-Uniform Loads

| Load number | Time<br>[days] | Unit weight            |                      |
|-------------|----------------|------------------------|----------------------|
|             |                | Unsaturated<br>[kN/m³] | Saturated<br>[kN/m³] |
| 1           | 0              | 18,00                  | 18,00                |

| Load number | Co-ordinates [m] |       |       |       |       |      |  |
|-------------|------------------|-------|-------|-------|-------|------|--|
| 1 - X -     | -57,20           | -2,00 | 0,00  | 2,00  | 3,00  | 5,00 |  |
| 1 - Y -     | 0,95             | 7,85  | 8,50  | 8,50  | 8,50  | 7,85 |  |
| 1 - X -     | 17,60            | 19,50 | 21,20 | 46,00 | 52,00 |      |  |
| 1 - Y -     | 4,70             | 3,40  | 4,00  | 3,00  | 0,95  |      |  |

## 1.7 Verticals

| Vertical number | X co-ordinates [m] |         |         |        |         |
|-----------------|--------------------|---------|---------|--------|---------|
| 1 - 5           | -100,0...          | -57,200 | -40,000 | -2,000 | 0,000   |
| 6 - 10          | 2,000              | 3,000   | 5,000   | 17,600 | 19,500  |
| 11 - 15         | 20,000             | 21,200  | 46,000  | 52,000 | 64,000  |
| 16 - 20         | 65,000             | 65,800  | 66,000  | 66,500 | 67,500  |
| 21 - 25         | 68,000             | 68,200  | 69,000  | 70,000 | 120,000 |

Calculation cross section at Z = 0,000 m

## 2 Results per Vertical

### 2.1 Results for Vertical 6 (X = 2,00 m; Z = 0,00 m)

| Depth<br>[m] | Initial stress                  |                                 |                                | Final stress                    |                                 |                                |
|--------------|---------------------------------|---------------------------------|--------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|--------------------------------|
|              | S-total<br>[kN/m <sup>2</sup> ] | S-water<br>[kN/m <sup>2</sup> ] | S-eff.<br>[kN/m <sup>2</sup> ] | S-total<br>[kN/m <sup>2</sup> ] | S-water<br>[kN/m <sup>2</sup> ] | S-eff.<br>[kN/m <sup>2</sup> ] |
| Layer 16     |                                 |                                 |                                |                                 |                                 |                                |
| 0,95         | 0,000                           | 0,000                           | 0,000                          | 121,962                         | 0,000                           | 121,962                        |
| 0,85         | 1,520                           | 0,000                           | 1,520                          | 123,482                         | 0,000                           | 123,482                        |
| 0,75         | 3,040                           | 0,000                           | 3,040                          | 125,001                         | 0,000                           | 125,001                        |
| 0,65         | 4,560                           | 0,000                           | 4,560                          | 126,517                         | 0,000                           | 126,517                        |
| 0,55         | 6,080                           | 0,000                           | 6,080                          | 128,028                         | 0,000                           | 128,028                        |
| 0,48         | 7,220                           | 0,000                           | 7,220                          | 129,157                         | 0,000                           | 129,157                        |
| 0,45         | 7,600                           | 0,000                           | 7,600                          | 129,532                         | 0,000                           | 129,532                        |
| 0,35         | 9,120                           | 1,203                           | 7,917                          | 131,026                         | 1,203                           | 129,824                        |
| 0,25         | 10,640                          | 2,406                           | 8,234                          | 132,511                         | 2,406                           | 130,105                        |
| 0,15         | 12,160                          | 3,608                           | 8,551                          | 133,985                         | 3,608                           | 130,376                        |
| 0,05         | 13,680                          | 4,811                           | 8,869                          | 135,448                         | 4,811                           | 130,637                        |
| 0,00         | 14,440                          | 5,413                           | 9,027                          | 136,176                         | 5,413                           | 130,764                        |
| Layer 15     |                                 |                                 |                                |                                 |                                 |                                |
| 0,00         | 14,440                          | 5,413                           | 9,027                          | 136,177                         | 5,413                           | 130,764                        |
| -0,05        | 15,040                          | 6,014                           | 9,026                          | 136,743                         | 6,014                           | 130,729                        |
| -1,00        | 26,440                          | 17,440                          | 8,999                          | 147,126                         | 17,440                          | 129,686                        |
| -2,00        | 38,440                          | 29,468                          | 8,971                          | 157,584                         | 29,468                          | 128,116                        |
| Layer 14     |                                 |                                 |                                |                                 |                                 |                                |
| -2,00        | 38,440                          | 29,469                          | 8,971                          | 157,585                         | 29,469                          | 128,116                        |
| -2,50        | 44,440                          | 35,482                          | 8,958                          | 162,730                         | 35,482                          | 127,248                        |
| -2,60        | 45,640                          | 36,685                          | 8,955                          | 163,756                         | 36,685                          | 127,071                        |
| -2,70        | 46,840                          | 37,888                          | 8,952                          | 164,781                         | 37,888                          | 126,893                        |
| -2,80        | 48,040                          | 39,091                          | 8,949                          | 165,805                         | 39,091                          | 126,715                        |
| -2,90        | 49,240                          | 40,294                          | 8,946                          | 166,829                         | 40,294                          | 126,536                        |
| -3,00        | 58,092                          | 41,496                          | 16,596                         | 175,504                         | 41,496                          | 134,008                        |
| Layer 6      |                                 |                                 |                                |                                 |                                 |                                |
| -3,00        | 58,092                          | 41,496                          | 16,596                         | 175,505                         | 41,496                          | 134,008                        |
| -3,10        | 59,892                          | 42,477                          | 17,414                         | 177,128                         | 42,477                          | 134,650                        |
| -3,20        | 61,692                          | 43,458                          | 18,233                         | 178,750                         | 43,458                          | 135,292                        |
| -3,30        | 63,492                          | 44,439                          | 19,052                         | 180,373                         | 44,439                          | 135,933                        |
| -3,40        | 65,292                          | 45,420                          | 19,871                         | 181,995                         | 45,420                          | 136,575                        |
| -3,50        | 67,092                          | 46,401                          | 20,690                         | 183,617                         | 46,401                          | 137,216                        |
| -3,70        | 70,692                          | 48,363                          | 22,328                         | 186,862                         | 48,363                          | 138,499                        |
| -4,40        | 83,291                          | 55,230                          | 28,061                         | 198,219                         | 55,230                          | 142,989                        |
| Layer 5      |                                 |                                 |                                |                                 |                                 |                                |
| -4,40        | 83,292                          | 55,230                          | 28,061                         | 198,220                         | 55,230                          | 142,990                        |
| -5,08        | 93,754                          | 61,852                          | 31,902                         | 207,497                         | 61,852                          | 145,645                        |
| -5,75        | 104,216                         | 68,474                          | 35,742                         | 216,788                         | 68,474                          | 148,315                        |
| Layer 4      |                                 |                                 |                                |                                 |                                 |                                |
| -5,75        | 104,216                         | 68,474                          | 35,742                         | 216,789                         | 68,474                          | 148,315                        |
| -6,00        | 107,278                         | 70,877                          | 36,401                         | 219,431                         | 70,877                          | 148,554                        |
| -6,24        | 110,341                         | 73,281                          | 37,060                         | 222,075                         | 73,281                          | 148,794                        |
| Layer 3      |                                 |                                 |                                |                                 |                                 |                                |
| -6,24        | 110,341                         | 73,281                          | 37,060                         | 222,076                         | 73,281                          | 148,795                        |
| -6,61        | 114,781                         | 76,910                          | 37,870                         | 225,889                         | 76,910                          | 148,979                        |
| -6,98        | 119,220                         | 80,540                          | 38,680                         | 229,707                         | 80,540                          | 149,167                        |
| Layer 2      |                                 |                                 |                                |                                 |                                 |                                |
| -6,98        | 119,221                         | 80,540                          | 38,681                         | 229,708                         | 80,540                          | 149,168                        |
| -7,19        | 123,001                         | 82,600                          | 40,400                         | 233,138                         | 82,600                          | 150,537                        |
| -7,40        | 126,780                         | 84,660                          | 42,120                         | 236,569                         | 84,660                          | 151,909                        |
| Layer 1      |                                 |                                 |                                |                                 |                                 |                                |
| -7,40        | 126,781                         | 84,660                          | 42,121                         | 236,570                         | 84,660                          | 151,909                        |
| -7,90        | 135,781                         | 89,565                          | 46,215                         | 244,748                         | 89,565                          | 155,182                        |
| -8,50        | 146,581                         | 95,451                          | 51,129                         | 254,574                         | 95,451                          | 159,123                        |
| -9,50        | 164,581                         | 105,261                         | 59,319                         | 270,984                         | 105,261                         | 165,723                        |

| Depth<br>[m] | Initial stress                  |                                 |                                | Final stress                    |                                 |                                |
|--------------|---------------------------------|---------------------------------|--------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|--------------------------------|
|              | S-total<br>[kN/m <sup>2</sup> ] | S-water<br>[kN/m <sup>2</sup> ] | S-eff.<br>[kN/m <sup>2</sup> ] | S-total<br>[kN/m <sup>2</sup> ] | S-water<br>[kN/m <sup>2</sup> ] | S-eff.<br>[kN/m <sup>2</sup> ] |
| -10,50       | 182,580                         | 115,071                         | 67,509                         | 287,432                         | 115,071                         | 172,361                        |
| -11,20       | 195,181                         | 121,938                         | 73,242                         | 298,969                         | 121,938                         | 177,031                        |
| -12,00       | 209,581                         | 129,786                         | 79,795                         | 312,177                         | 129,786                         | 182,391                        |
| -13,00       | 227,581                         | 139,596                         | 87,985                         | 328,720                         | 139,596                         | 189,124                        |
| -14,00       | 245,582                         | 149,406                         | 96,176                         | 345,300                         | 149,406                         | 195,894                        |
| -15,00       | 263,582                         | 159,216                         | 104,365                        | 361,915                         | 159,216                         | 202,699                        |

| Layers  | Type of drainage           | Time<br>[days] | Degree of consolidation [%] |        |        |        |        |
|---------|----------------------------|----------------|-----------------------------|--------|--------|--------|--------|
|         |                            |                | 1                           | 10     | 100    | 1000   | 10000  |
| 16 - 14 | undrained, double drainage | 553            | 6,79                        | 21,46  | 66,79  | 99,99  | 100,00 |
| 6 - 6   | drained                    |                | 100,00                      | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 |
| 5 - 3   | undrained, double drainage | 1369           | 4,31                        | 13,64  | 43,12  | 97,80  | 100,00 |
| 2 - 1   | drained                    |                | 100,00                      | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 |

## 3 Settlements

### 3.1 Settlements

| Vertical number | X co-ordinate [m] | Surface level [m] | Settlement [m]       |
|-----------------|-------------------|-------------------|----------------------|
| 1               | -100,00           | 0,95              | 0,006                |
| 2               | -57,20            | 0,95              | 0,029                |
| 3               | -40,00            | 0,95              | 1,008                |
| 4               | -2,00             | 0,95              | 2,013                |
| 5               | 0,00              | 0,95              | 2,059                |
| 6               | 2,00              | 0,95              | 2,077                |
| 7               | 3,00              | 0,95              | 2,074                |
| 8               | 5,00              | 0,95              | 2,044                |
| 9               | 17,60             | 0,95              | 1,607                |
| 10              | 19,50             | 0,95              | 1,471                |
| 11              | 20,00             | 0,95              | 1,460                |
| 12              | 21,20             | 0,95              | 1,463                |
| 13              | 46,00             | 0,95              | 1,091                |
| 14              | 52,00             | 0,95              | 0,194                |
| 15              | 64,00             | 0,95              | 0,040                |
| 16              | 65,00             | 0,95              | 0,039                |
| 17              | 65,80             | 0,00              | 0,039 Neg. stress... |
| 18              | 66,00             | -0,25             | 0,039 Neg. stress... |
| 19              | 66,50             | -0,50             | 0,039 Neg. stress... |
| 20              | 67,50             | -0,50             | 0,039 Neg. stress... |
| 21              | 68,00             | -0,25             | 0,039 Neg. stress... |
| 22              | 68,20             | 0,00              | 0,039 Neg. stress... |
| 23              | 69,00             | 0,95              | 0,039                |
| 24              | 70,00             | 0,95              | 0,038                |
| 25              | 120,00            | 0,95              | 0,038                |

### 3.2 Residual Times

| Vertical number | Time [days] | Settlement [m] | Part of final settlement [%] | Residual settlements [m] |
|-----------------|-------------|----------------|------------------------------|--------------------------|
| 1               | 1000        | 0,003          | 46,031                       | 0,003                    |
| 2               | 1000        | 0,025          | 87,137                       | 0,004                    |
| 3               | 1000        | 0,953          | 94,563                       | 0,055                    |
| 4               | 1000        | 1,947          | 96,747                       | 0,065                    |
| 5               | 1000        | 1,990          | 96,674                       | 0,068                    |
| 6               | 1000        | 2,004          | 96,514                       | 0,072                    |
| 7               | 1000        | 1,999          | 96,401                       | 0,075                    |
| 8               | 1000        | 1,964          | 96,098                       | 0,080                    |
| 9               | 1000        | 1,494          | 92,919                       | 0,114                    |
| 10              | 1000        | 1,353          | 91,924                       | 0,119                    |
| 11              | 1000        | 1,340          | 91,790                       | 0,120                    |
| 12              | 1000        | 1,344          | 91,905                       | 0,118                    |
| 13              | 1000        | 0,985          | 90,292                       | 0,106                    |
| 14              | 1000        | 0,136          | 70,330                       | 0,057                    |
| 15              | 1000        | 0,017          | 42,213                       | 0,023                    |
| 16              | 1000        | 0,017          | 41,958                       | 0,023                    |
| 17              | 1000        | 0,016          | 41,780                       | 0,023                    |
| 18              | 1000        | 0,016          | 41,754                       | 0,023                    |
| 19              | 1000        | 0,016          | 41,671                       | 0,023                    |
| 20              | 1000        | 0,016          | 41,478                       | 0,023                    |
| 21              | 1000        | 0,016          | 41,386                       | 0,023                    |
| 22              | 1000        | 0,016          | 41,342                       | 0,023                    |
| 23              | 1000        | 0,016          | 41,212                       | 0,023                    |
| 24              | 1000        | 0,016          | 41,107                       | 0,023                    |
| 25              | 1000        | 0,015          | 40,603                       | 0,022                    |

**End of Report**

## Report for MSettle 7.3

Settlement Calculations  
Developed by GeoDelft



**ROYAL HASKONING**

Company: Royal Haskoning

Date of report: 2009/06/18  
Time of report: 16:41:30

Date of calculation: 2009/06/18  
Time of calculation: 16:40:43

Filename: I:\..\Geotechniek\04 berekeningen\zetting\WD16\_DKM76-77-78 20090616

Project identification: Planstudie Project Munnikenland  
Dijkverleggingsplan Wakkeredijk  
dwp 3

# 1 Echo of the Input

## 1.1 Layer Boundaries

| Boundary number | Co-ordinates [m] |         |         |         |         |
|-----------------|------------------|---------|---------|---------|---------|
| 8 - X -         | -100,000         | 55,000  | 55,790  | 56,000  | 56,500  |
| 8 - Y -         | 0,950            | 0,950   | 0,000   | -0,250  | -0,500  |
| 8 - X -         | 57,500           | 58,000  | 58,210  | 59,000  | 100,000 |
| 8 - Y -         | -0,500           | -0,250  | 0,000   | 0,950   | 0,950   |
| 7 - X -         | -100,000         | 55,790  | 56,000  | 56,500  | 57,500  |
| 7 - Y -         | 0,000            | 0,000   | -0,250  | -0,500  | -0,500  |
| 7 - X -         | 58,000           | 58,210  | 59,000  | 100,000 |         |
| 7 - Y -         | -0,250           | 0,000   | 0,950   | 0,950   |         |
| 6 - X -         | -100,000         | 55,790  | 56,000  | 56,500  | 57,500  |
| 6 - Y -         | 0,000            | 0,000   | -0,250  | -0,500  | -0,500  |
| 6 - X -         | 58,000           | 58,210  | 100,000 |         |         |
| 6 - Y -         | -0,250           | 0,000   | 0,000   |         |         |
| 5 - X -         | -100,000         | 0,000   | 20,000  | 100,000 |         |
| 5 - Y -         | -3,500           | -3,500  | -4,500  | -4,500  |         |
| 4 - X -         | -100,000         | 0,000   | 20,000  | 100,000 |         |
| 4 - Y -         | -5,400           | -5,400  | -6,700  | -6,700  |         |
| 3 - X -         | -100,000         | 0,000   | 20,000  | 100,000 |         |
| 3 - Y -         | -5,500           | -5,500  | -7,300  | -7,300  |         |
| 2 - X -         | -100,000         | 0,000   | 20,000  | 100,000 |         |
| 2 - Y -         | -7,000           | -7,000  | -8,000  | -8,000  |         |
| 1 - X -         | -100,000         | 0,000   | 20,000  | 100,000 |         |
| 1 - Y -         | -7,500           | -7,500  | -8,700  | -8,700  |         |
| 0 - X -         | -100,000         | 100,000 |         |         |         |
| 0 - Y -         | -15,000          | -15,000 |         |         |         |

## 1.2 PL Lines

| PL line number | Co-ordinates [m] |         |  |  |  |
|----------------|------------------|---------|--|--|--|
| 1 - X -        | -100,000         | 100,000 |  |  |  |
| 1 - Y -        | 0,450            | 0,450   |  |  |  |
| 2 - X -        | -100,000         | 100,000 |  |  |  |
| 2 - Y -        | 1,230            | 1,230   |  |  |  |

## 1.3 General Data

|                                        |                                        |
|----------------------------------------|----------------------------------------|
| Soil model:                            | Isotache                               |
| Consolidation model:                   | Terzaghi                               |
| Strain model:                          | Natural                                |
| Groundwater level:                     | Initial determined by PL-line number 1 |
| Unit weight of water:                  | 9,81 kN/m <sup>3</sup>                 |
| Dispersion conditions layer boundaries |                                        |
| - Top:                                 | drained                                |
| - Bottom:                              | drained                                |
| Stress distribution                    |                                        |
| - Soil:                                | Buisman                                |
| - Loads:                               | None                                   |
| End of consolidation:                  | 18250,00 days                          |
| No maintain profile                    |                                        |
| Creep rate reference time:             | 1,00 days                              |
| With imaginary surface:                | determined by layerboundary number 8   |
| Load column width:                     | 1,00 m                                 |
| With submerging                        |                                        |
| (only for non uniform loads)           |                                        |
| - Iteration stop criterium :           | 0,10 m                                 |
| Load column width                      |                                        |
| Non-Uniform Loads :                    | 1,00 m                                 |
| Trapezoidal Loads :                    | 1,00 m                                 |

## 1.4 Soil Profiles

| Layer number | Material name         | PL-line top | PL-line bottom |
|--------------|-----------------------|-------------|----------------|
| 8            | KLEI (ondiep)         | 1           | 1              |
| 7            | KLEI (ondiep)         | 1           | 1              |
| 6            | KLEI, humeus (ondi... | 1           | 99             |
| 5            | KLEI (diep)           | 99          | 2              |
| 4            | KLEI (diep)           | 2           | 99             |
| 3            | KLEI, humeus (diep)   | 99          | 99             |
| 2            | VEEN                  | 99          | 2              |
| 1            | ZAND                  | 2           | 2              |

## 1.5 Soil Properties

| Layer number | Drained | Unit weight         |                   | Vert. consolid. coefficient Cv [m2/s] |
|--------------|---------|---------------------|-------------------|---------------------------------------|
|              |         | Unsaturated [kN/m³] | Saturated [kN/m³] |                                       |
| 8            | No      | 15,20               | 15,20             | 1,00E-07                              |
| 7            | No      | 15,20               | 15,20             | 1,00E-07                              |
| 6            | No      | 12,00               | 12,00             | 1,00E-07                              |
| 5            | No      | 15,50               | 15,50             | 1,00E-08                              |
| 4            | No      | 15,50               | 15,50             | 1,00E-08                              |
| 3            | No      | 12,50               | 12,50             | 1,00E-07                              |
| 2            | No      | 12,00               | 12,00             | 5,00E-06                              |
| 1            | Yes     | 18,00               | 20,00             | 1,00E+01                              |

| Layer number | POP [kN/m²] | OCR [-] |
|--------------|-------------|---------|
| 8            | 10,00       |         |
| 7            | 10,00       |         |
| 6            | 10,00       |         |
| 5            |             | 1,30    |
| 4            |             | 1,30    |
| 3            |             | 1,30    |
| 2            |             | 1,60    |
| 1            |             | 1,30    |

| Layer number | Direct comp. index a [-] | Secular comp. index b [-] | Secular comp. rate c [-] |
|--------------|--------------------------|---------------------------|--------------------------|
| 8            | 3,000E-02                | 1,000E-01                 | 4,000E-03                |
| 7            | 3,000E-02                | 1,000E-01                 | 4,000E-03                |
| 6            | 3,000E-02                | 2,500E-01                 | 5,000E-03                |
| 5            | 3,000E-02                | 1,000E-01                 | 4,000E-03                |
| 4            | 3,000E-02                | 1,000E-01                 | 4,000E-03                |
| 3            | 3,000E-02                | 2,500E-01                 | 5,000E-03                |
| 2            | 3,000E-02                | 2,500E-01                 | 5,000E-03                |
| 1            | 1,000E-06                | 1,000E-04                 | 1,000E-06                |

## 1.6 Non-Uniform Loads

| Load number | Time [days] | Unit weight         |                   |
|-------------|-------------|---------------------|-------------------|
|             |             | Unsaturated [kN/m³] | Saturated [kN/m³] |
| 1           | 0           | 18,00               | 18,00             |

| Load number | Co-ordinates [m] |       |       |       |       |      |  |
|-------------|------------------|-------|-------|-------|-------|------|--|
| 1 - X -     | -57,20           | -2,00 | 0,00  | 2,00  | 3,00  | 5,00 |  |
| 1 - Y -     | 0,95             | 7,85  | 8,50  | 8,50  | 8,50  | 7,85 |  |
| 1 - X -     | 17,60            | 19,50 | 21,20 | 46,00 | 52,00 |      |  |
| 1 - Y -     | 4,70             | 3,40  | 4,00  | 3,00  | 0,95  |      |  |

## 1.7 Verticals

| Vertical number | X co-ordinates [m] |         |         |        |        |
|-----------------|--------------------|---------|---------|--------|--------|
| 1 - 5           | -100,0...          | -57,200 | -20,000 | -2,000 | 0,000  |
| 6 - 10          | 2,000              | 3,000   | 5,000   | 17,600 | 19,500 |
| 11 - 15         | 20,000             | 21,200  | 46,000  | 52,000 | 55,000 |
| 16 - 20         | 55,790             | 56,000  | 56,500  | 57,500 | 58,000 |
| 21 - 23         | 58,210             | 59,000  | 100,000 |        |        |

Calculation cross section at Z = 0,000 m

## 2 Results per Vertical

### 2.1 Results for Vertical 6 (X = 2,00 m; Z = 0,00 m)

| Depth<br>[m] | Initial stress                  |                                 |                                | Final stress                    |                                 |                                |
|--------------|---------------------------------|---------------------------------|--------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|--------------------------------|
|              | S-total<br>[kN/m <sup>2</sup> ] | S-water<br>[kN/m <sup>2</sup> ] | S-eff.<br>[kN/m <sup>2</sup> ] | S-total<br>[kN/m <sup>2</sup> ] | S-water<br>[kN/m <sup>2</sup> ] | S-eff.<br>[kN/m <sup>2</sup> ] |
| Layer 8      |                                 |                                 |                                |                                 |                                 |                                |
| 0,95         | 0,000                           | 0,000                           | 0,000                          | 116,053                         | 0,000                           | 116,053                        |
| 0,85         | 1,520                           | 0,000                           | 1,520                          | 117,572                         | 0,000                           | 117,572                        |
| 0,75         | 3,040                           | 0,000                           | 3,040                          | 119,091                         | 0,000                           | 119,091                        |
| 0,65         | 4,560                           | 0,000                           | 4,560                          | 120,608                         | 0,000                           | 120,608                        |
| 0,55         | 6,080                           | 0,000                           | 6,080                          | 122,119                         | 0,000                           | 122,119                        |
| 0,48         | 7,220                           | 0,000                           | 7,220                          | 123,247                         | 0,000                           | 123,247                        |
| 0,45         | 7,600                           | 0,000                           | 7,600                          | 123,622                         | 0,000                           | 123,622                        |
| 0,35         | 9,120                           | 0,981                           | 8,139                          | 125,117                         | 0,981                           | 124,136                        |
| 0,25         | 10,640                          | 1,962                           | 8,678                          | 126,602                         | 1,962                           | 124,640                        |
| 0,15         | 12,160                          | 2,943                           | 9,217                          | 128,076                         | 2,943                           | 125,133                        |
| 0,05         | 13,680                          | 3,924                           | 9,756                          | 129,541                         | 3,924                           | 125,617                        |
| 0,00         | 14,440                          | 4,415                           | 10,025                         | 130,269                         | 4,415                           | 125,855                        |
| Layer 6      |                                 |                                 |                                |                                 |                                 |                                |
| 0,00         | 14,440                          | 4,415                           | 10,025                         | 130,269                         | 4,415                           | 125,855                        |
| -0,05        | 15,040                          | 4,974                           | 10,066                         | 130,836                         | 4,974                           | 125,862                        |
| -0,90        | 25,240                          | 14,489                          | 10,751                         | 140,160                         | 14,489                          | 125,672                        |
| -1,80        | 36,040                          | 24,563                          | 11,477                         | 149,624                         | 24,563                          | 125,061                        |
| -2,70        | 46,840                          | 34,637                          | 12,202                         | 158,900                         | 34,637                          | 124,263                        |
| -3,60        | 57,640                          | 44,712                          | 12,928                         | 168,117                         | 44,712                          | 123,405                        |
| Layer 5      |                                 |                                 |                                |                                 |                                 |                                |
| -3,60        | 57,640                          | 44,712                          | 12,928                         | 168,118                         | 44,712                          | 123,406                        |
| -4,57        | 72,597                          | 55,514                          | 17,084                         | 181,377                         | 55,514                          | 125,864                        |
| -5,53        | 87,555                          | 66,316                          | 21,239                         | 194,663                         | 66,316                          | 128,348                        |
| Layer 4      |                                 |                                 |                                |                                 |                                 |                                |
| -5,53        | 87,555                          | 66,316                          | 21,239                         | 194,663                         | 66,316                          | 128,348                        |
| -5,61        | 88,717                          | 67,051                          | 21,666                         | 195,697                         | 67,051                          | 128,646                        |
| -5,68        | 89,880                          | 67,787                          | 22,093                         | 196,732                         | 67,787                          | 128,944                        |
| Layer 3      |                                 |                                 |                                |                                 |                                 |                                |
| -5,68        | 89,880                          | 67,787                          | 22,093                         | 196,732                         | 67,787                          | 128,945                        |
| -6,39        | 98,755                          | 74,752                          | 24,003                         | 204,404                         | 74,752                          | 129,652                        |
| -7,10        | 107,630                         | 81,717                          | 25,913                         | 212,097                         | 81,717                          | 130,380                        |
| Layer 2      |                                 |                                 |                                |                                 |                                 |                                |
| -7,10        | 107,630                         | 81,717                          | 25,913                         | 212,098                         | 81,717                          | 130,380                        |
| -7,36        | 110,750                         | 84,268                          | 26,482                         | 214,790                         | 84,268                          | 130,522                        |
| -7,62        | 113,870                         | 86,819                          | 27,051                         | 217,485                         | 86,819                          | 130,667                        |
| Layer 1      |                                 |                                 |                                |                                 |                                 |                                |
| -7,62        | 113,870                         | 86,819                          | 27,051                         | 217,486                         | 86,819                          | 130,667                        |
| -8,61        | 133,670                         | 96,530                          | 37,139                         | 235,694                         | 96,530                          | 139,164                        |
| -9,61        | 153,670                         | 106,340                         | 47,329                         | 254,127                         | 106,340                         | 147,787                        |
| -10,61       | 173,670                         | 116,150                         | 57,519                         | 272,601                         | 116,150                         | 156,450                        |
| -11,31       | 187,670                         | 123,017                         | 64,652                         | 285,555                         | 123,017                         | 162,538                        |
| -12,30       | 207,470                         | 132,729                         | 74,741                         | 303,910                         | 132,729                         | 171,181                        |
| -13,30       | 227,470                         | 142,539                         | 84,931                         | 322,488                         | 142,539                         | 179,949                        |
| -14,30       | 247,470                         | 152,349                         | 95,121                         | 341,105                         | 152,349                         | 188,755                        |
| -15,00       | 261,470                         | 159,216                         | 102,254                        | 354,158                         | 159,216                         | 194,942                        |

| Layers | Type of drainage           | Time<br>[days] | Degree of consolidation [%] |        |        |        |        |
|--------|----------------------------|----------------|-----------------------------|--------|--------|--------|--------|
|        |                            |                | 1                           | 10     | 100    | 1000   | 10000  |
| 8 - 2  | undrained, double drainage | 9218           | 1,67                        | 5,26   | 16,62  | 52,47  | 99,62  |
| 1 - 1  | drained                    |                | 100,00                      | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 |

## 3 Settlements

### 3.1 Settlements

| Vertical number | X co-ordinate [m] | Surface level [m] | Settlement [m] |
|-----------------|-------------------|-------------------|----------------|
| 1               | -100,00           | 0,95              | 0,043          |
| 2               | -57,20            | 0,95              | 0,138          |
| 3               | -20,00            | 0,95              | 2,218          |
| 4               | -2,00             | 0,95              | 2,638          |
| 5               | 0,00              | 0,95              | 2,680          |
| 6               | 2,00              | 0,95              | 2,707          |
| 7               | 3,00              | 0,95              | 2,705          |
| 8               | 5,00              | 0,95              | 2,670          |
| 9               | 17,60             | 0,95              | 2,077          |
| 10              | 19,50             | 0,95              | 1,898          |
| 11              | 20,00             | 0,95              | 1,881          |
| 12              | 21,20             | 0,95              | 1,874          |
| 13              | 46,00             | 0,95              | 1,346          |
| 14              | 52,00             | 0,95              | 0,252          |
| 15              | 55,00             | 0,95              | 0,120          |
| 16              | 55,79             | 0,00              | 0,155          |
| 17              | 56,00             | -0,25             | 0,155          |
| 18              | 56,50             | -0,50             | 0,146          |
| 19              | 57,50             | -0,50             | 0,121          |
| 20              | 58,00             | -0,25             | 0,107          |
| 21              | 58,21             | 0,00              | 0,101          |
| 22              | 59,00             | 0,95              | 0,075          |
| 23              | 100,00            | 0,95              | 0,059          |

### 3.2 Residual Times

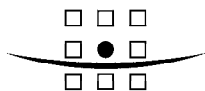
| Vertical number | Time [days] | Settlement [m] | Part of final settlement [%] | Residual settlements [m] |
|-----------------|-------------|----------------|------------------------------|--------------------------|
| 1               | 1000        | 0,010          | 24,164                       | 0,032                    |
| 2               | 1000        | 0,051          | 36,753                       | 0,087                    |
| 3               | 1000        | 1,142          | 51,479                       | 1,076                    |
| 4               | 1000        | 1,370          | 51,922                       | 1,268                    |
| 5               | 1000        | 1,393          | 51,958                       | 1,288                    |
| 6               | 1000        | 1,376          | 50,842                       | 1,331                    |
| 7               | 1000        | 1,361          | 50,288                       | 1,345                    |
| 8               | 1000        | 1,313          | 49,185                       | 1,357                    |
| 9               | 1000        | 0,887          | 42,695                       | 1,190                    |
| 10              | 1000        | 0,791          | 41,673                       | 1,107                    |
| 11              | 1000        | 0,780          | 41,449                       | 1,101                    |
| 12              | 1000        | 0,777          | 41,438                       | 1,098                    |
| 13              | 1000        | 0,542          | 40,238                       | 0,805                    |
| 14              | 1000        | 0,086          | 34,120                       | 0,166                    |
| 15              | 1000        | 0,035          | 29,023                       | 0,085                    |
| 16              | 1000        | 0,053          | 34,390                       | 0,102                    |
| 17              | 1000        | 0,054          | 34,961                       | 0,101                    |
| 18              | 1000        | 0,051          | 34,868                       | 0,095                    |
| 19              | 1000        | 0,039          | 32,472                       | 0,081                    |
| 20              | 1000        | 0,033          | 30,426                       | 0,075                    |
| 21              | 1000        | 0,030          | 29,168                       | 0,072                    |
| 22              | 1000        | 0,018          | 23,693                       | 0,057                    |
| 23              | 1000        | 0,012          | 20,162                       | 0,047                    |

**End of Report**

## **Bijlage 4**

### **Beoordeling erosiebestendigheid Wakkere dijk**

A COMPANY OF



**ROYAL HASKONING**

|                                                           |  |      |  |
|-----------------------------------------------------------|--|------|--|
| 13 JUL 2009                                               |  |      |  |
| 5-voud                                                    |  |      |  |
| Beoordeling erosiebestendigheid Wakkere dijk Munnikenland |  |      |  |
| Kader                                                     |  | Akk. |  |
| 1                                                         |  | 2    |  |
| 3                                                         |  | 4    |  |
| 5                                                         |  | 6    |  |



## Beoordeling erosiebestendigheid Wakkere dijk Munnikenland

### Kader

In het concept "Wakkere dijk Munnikenland, Ontwerprapport Hoofdgeometrie" (Royal Haskoning, referentie 9S9885.BO/R0004/414320/SEP/Nijm, 19 juni 2009) is het technisch ontwerp voor deze dijkteruglegging uitgewerkt. Eén van de aspecten is de erosiebestendigheid van het buitentalud. Aan Deltares (overleg 8 juni te Tiel) is gevraagd het concept rapport op dit aspect te beoordelen.

### Korte schets van het ontwerp

Het buitentalud heeft een flauw buitentalud van gemiddeld 1 : 8 met daarin een wisselend aantal terrassen. De kruin van de dijk ligt op NAP + 8,5 m, het maaiveld van de polder ligt op NAP + 1 m.

Uitgangspunt van het ontwerp is dat een afslagprofiel (erosie door golfwerking) kan ontstaan en dat het waterkerende vermogen van de dijk voldoende veiligheid moet bieden indien dit afslagprofiel onder maatgevende condities daadwerkelijk ontstaat en aanwezig is. Een tweede uitgangspunt is dat er wel begroeiing op de dijk aanwezig is, maar deze begroeiing niet als grasmat wordt onderhouden en er grootvee op de dijk wordt toegelaten waardoor er geen rekening wordt gehouden met een bijdrage van de begroeiing aan de erosiebestendigheid.

De dijk kern wordt gevormd door zand met op het buitentalud een afdeklaag van dijk klei verlopend van 1 meter dikte bij de kruin tot 2 meter dikte bij de teen. Hiervoor wordt de meest erosiebestendige klei gebruikt die beschikbaar is (naar modelinge mededeling minimaal categorie 3). De dijk kern heeft een buitentalud van 1 : 4. Aan de buitenzijde wordt het profiel aangevuld tot de gemiddelde taludhelling van 1 : 8 met dijk klei, waarvan de erosiebestendigheidscategorie tenminste categorie 3 is.

### Dimensionering buitentalud

Het ontwerp peil is NAP + 6,8 m. Voor de bepaling van de golfbelasting op de bekleding is terecht gekozen voor de benadering met Hydra-B, aangezien in dit model rekening wordt gehouden met de kans op hogere windsnelheden bij lagere waterstanden. Hieruit volgt een significante golfhoogte van 0,9 m bij een golfperiode van 3,5 seconde. In het ontwerp is een golfhoogte van 1,0 m gehanteerd.

De ontwikkeling van erosie is overgenomen uit het rapport "Onderzoek problematiek voorland" (GeoDelft, referentie CO-386930/20, december 2001), waarin staat dat bij een golfhoogte van 1 meter en een stormduur van 48 uur de breedte van de verwachte schade in een voorland bestaande uit klei 8,7 meter bedraagt met een maximale diepte (bij stagnerend waterpeil) van 0,4 meter. Deze schade wordt aangehouden tot een waterstand van NAP + 6 meter. Hierboven wordt de schade kleiner verondersteld, namelijk een maximale breedte van 3,5 meter met een diepte van ten hoogste 0,2 meter. Dit is gerelateerd aan een belasting door een golfhoogte van ongeveer 0,5 m. Dat hier een lagere golfhoogte wordt gehanteerd hangt samen met de reeds eerder genoemde correlatie tussen waterstand en windsnelheden.

In het ontwerp leidt dit tot de eis dat op NAP + 6,8 meter een extra laag klei van tenminste 3,5 meter dik aanwezig moet zijn, en beneden NAP + 6 meter een extra laag klei van 10 meter dikte.

### Beoordeling erosiebestendigheid

De werkwijze die Haskoning heeft gebruikt is helder, goed beargumenteerd en de keuzes die hierin gemaakt zijn leiden in ieder geval niet tot een onvoldoende veilig ontwerp. Er zijn meerdere redenen aan te geven dat de werkwijze leidt tot een (zeer ruim) voldoende veilig ontwerp:



- met de keuze voor een taludhelling van 1 : 8 en een kruin op NAP + 8,5 meter is op NAP + 6,8 meter ten opzichte van het veiligheidsprofiel met een taludhelling van 1 : 4 en een kruin op NAP + 7,9 m een extra kleibreedte aanwezig van 9,2 meter, op NAP + 6 m is dat 12,4 meter en aan de teen zelfs 32,4 meter. Dit ligt ruim boven de door Haskoning afgeleide eisen.
- In het overgangsgebied tussen benedenrivierengebied en bovenrivierengebied zijn waterstanden en windsnelheden niet volledig gecorreleerd en niet volledig ongecorreleerd. De verwachting is dat de maatgevende golfhoogte wel enigszins afneemt met toenemende waterstand, maar in welke mate is heel lastig te zeggen. Door Haskoning is een bovengrens voor de golfhoogte genomen.
- Bij een talud van 1 : 8 is de golfbrekerparameter dusdanig dat spilling (overschuimende en niet brekende golven) of plunging breakers (de golven breken ruim beneden de waterlijn en storten zich in een laag water die daaronder aanwezig is) verwacht mogen worden. Bij een steiler talud (bijvoorbeeld 1 : 4) worden dit surging breakers, waarbij de golfklap direct op de klei terecht komt. Hiervoor gelden de getallen zoals in "Onderzoek problematiek voorland" zijn genoemd. Bij spilling of plunging breakers wordt veel minder tot geen erosie verwacht. De keuze om de getallen uit "Onderzoek problematiek voorland" over te nemen voor de situatie van de Wakkere dijk bij Munnikenland is daarmee op inhoudelijke gronden discutabel, maar leidt tot een conservatief (veilig) ontwerp.
- Vegetatie, zolang dit geen struikages of bomen betreft, draagt bij aan de erosiebestendigheid. Dat hier niet op gerekend mag worden is een begrijpelijke keuze en leidt tot een onderhoudsarme situatie, maar daarom is dit effect er nog wel.

De erosiebestendigheid kan verder bevorderd worden door hier de volgende eisen aan te stellen:

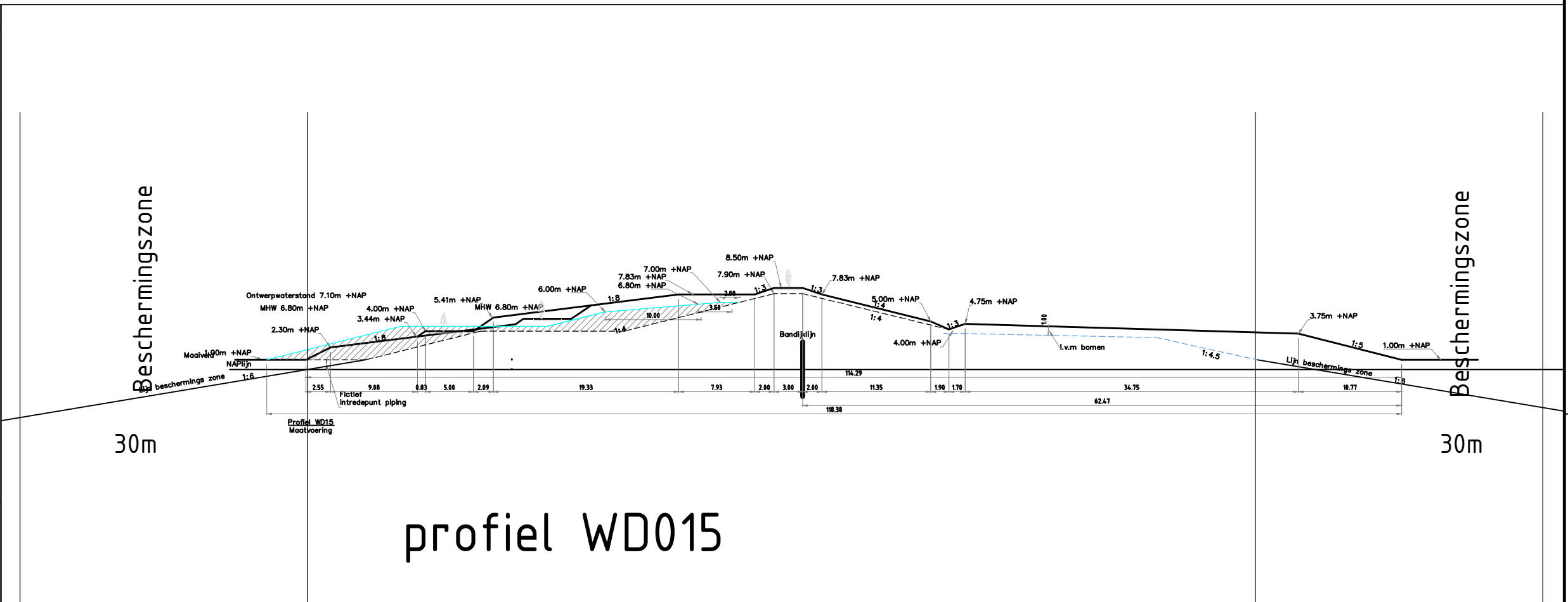
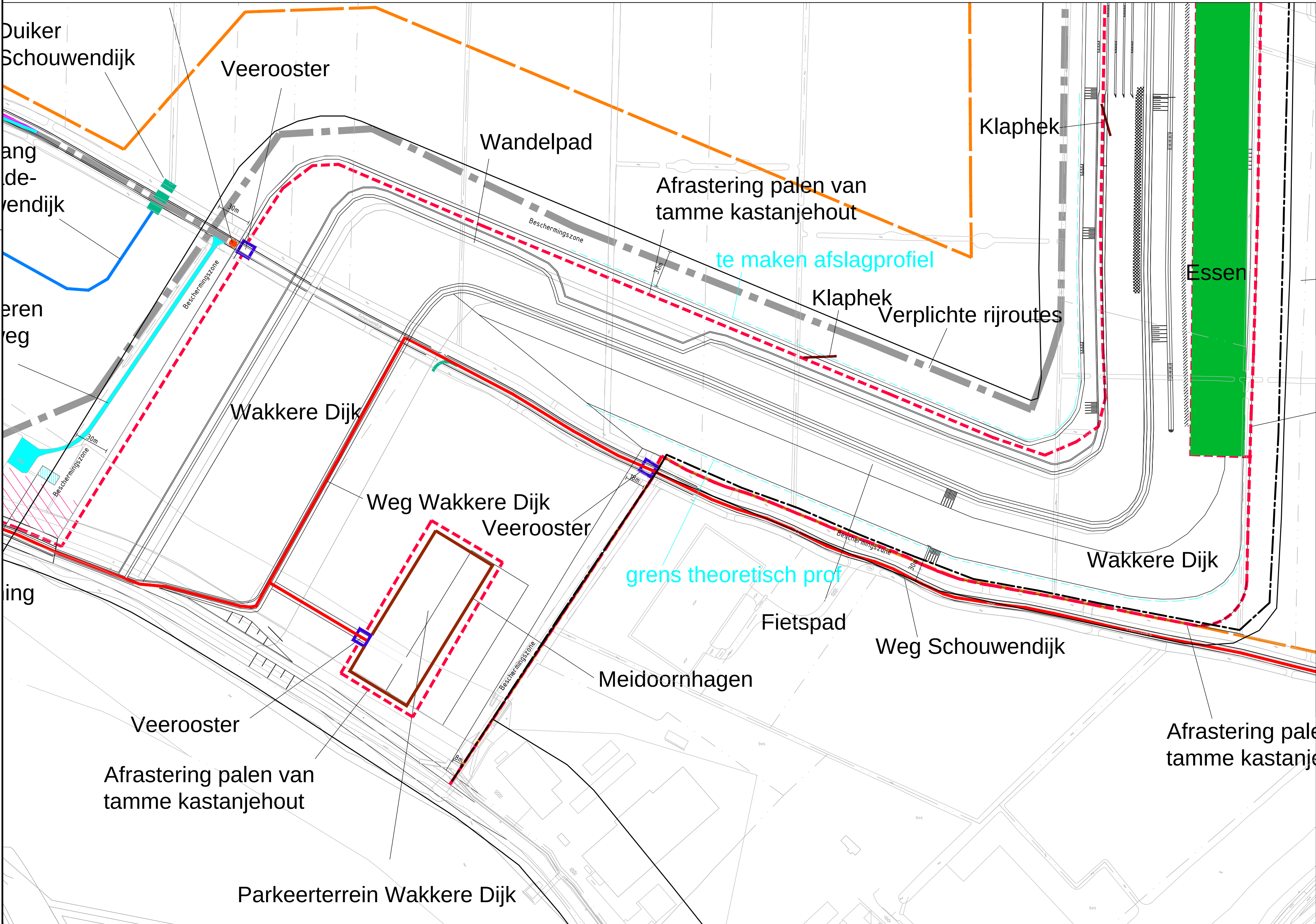
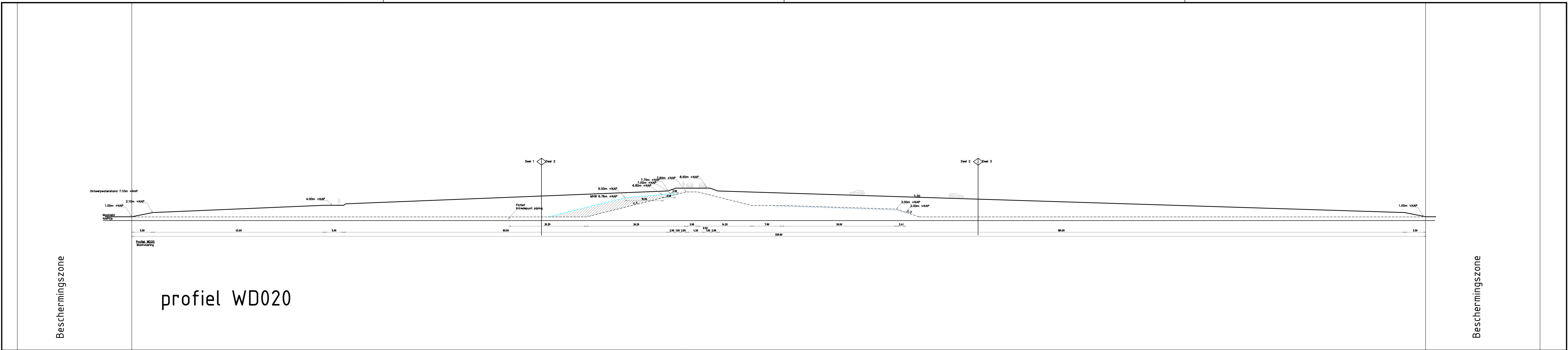
- geen ongerijpte klei gebruiken;
- er mag geen sprake zijn van doorlopende zandbanen;
- goed verdichten.

Deze eisen hebben ook een gunstige invloed op het voorkomen van enkele andere faalmechanismen van de waterkering (er komt minder water in en door de dijk).

Tenslotte zijn er twee aspecten die de erosiebestendigheid nadelig kunnen beïnvloeden:

- doordat er geen sprake is van een 'strak' talud met een helling van 1 : 8, maar op gedeelten van meerdere terrassen met een gemiddelde helling van 1 : 8 breken de golven op de steilere opstaande randen en slaan dan in op het vlakke stuk daarachter. Hierdoor kan op het terras naast de opstaande rand extra erosie ontstaan;
- taludonderbrekingen zoals taludtrappen, bomen en struiken en afrasteringen, kunnen voor extra turbulentie en extra ontgrondingen zorgen.

Voor beide nadelige invloeden geldt dat dit lokale ontgrondingen zijn waarvoor het ontwerp ruim voldoende buffer bezit.



- Legenda:
- Grens werkstroom indicatief
  - Weg Maaskade, Wakkere Dijk en Schouwendijk
  - Rijroutes indicatief
  - Fietspad Schouwendijk (nieuw traject)
  - Toegangshek/Klaphek
  - Te verwijderen wegen
  - Sloten en watergangen
  - Meidoornhagen
  - Duiker
  - Afrastering palen van tamme kastanje hout (pindraden en schapenraster, zie vraagspecificatie deel 1)
  - Zichtlijnen van en naar Slot Loevestein
  - Aan te leggen wandelpad
  - schapenraster
  - Te ontgraven grond
  - Te maken watergang
  - Aan te vullen grond
  - Gebied niet te betreden door werkverkeer
  - Aan te planten essen
  - Te verwijderen bomenrij

Overzicht 1:2000

DHV BV  
Unit Land en Water  
Locatie Amersfoort  
Loon 1914 nr. 35  
Tel (+31) 33 - 468 33 00  
Fax (+31) 33 - 468 28 01



Munnikenland  
Inpassing dwarsprofielen in situatietekening  
t.b.v. uitlijnen werkgrenzen en beschermingszones

Formaat: A1  
Opdrachtgever:  
Waterschap Rivierenland

|                               |                        |          |            |
|-------------------------------|------------------------|----------|------------|
| 9                             |                        |          |            |
| 8                             |                        |          |            |
| 7                             |                        |          |            |
| 6                             |                        |          |            |
| 5                             |                        |          |            |
| 4                             |                        |          |            |
| 3                             |                        |          |            |
| 2                             |                        |          |            |
| 1.1                           |                        |          |            |
| 1                             | diverse oorsprongen    | W.Polman | 07-03-2012 |
| 0                             | basisstekening         | W.Polman | 23-01-2012 |
| nr.                           | omschrijving wijziging | getekend | datum      |
| gecontroleerd: V. Hombergen   |                        |          |            |
| wrijgegeven:                  |                        |          |            |
| Status: Concept               |                        |          | 1          |
| Tekening nr.: D3491-01-VER-01 |                        |          |            |