

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
 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 ontwerpproject	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 UITGANGSPUNTEN EN RANDVOORWAARDEN

2.1 Inleiding

Dit hoofdstuk beschrijft de uitgangspunten voor het ontwerp. Achtereenvolgens worden de kenmerken van het dijktracé, de technische uitgangspunten en de overige uitgangspunten behandeld.

2.2 Kenmerken dijkvak

Het projectgebied Munnikenland ligt aan de zuidzijde van de Waal in de provincie Gelderland nabij Slot Loevestein. De dijk maakt deel uit van dijkringgebied 38, Bommelerwaard. De geldende veiligheidsnorm is 1/1250 [MinV&W, 2007]. De dijk is in beheer bij Waterschap Rivierenland.

Ten zuiden van de waterkering ligt de Wilhelminasluis die de Afgedamde Maas afsluit. De te verleggen dijk is een primaire waterkering zoals aangewezen in de Wet op de Waterkering.

Het tracé van waterkering wordt circa 1 km oostwaarts verlegd. De huidige waterkering, dient te worden verwijderd. Het nieuw aan te leggen gedeelte heeft als werknaam “Wakkere dijk”. De dijkverlegging wordt uitgevoerd in het kader van het programma Ruimte voor de Rivier en wordt gecombineerd met uiterwaardverlaging en herinrichting van het buitendijks gebied.



Figuur 2.1: Overzichtskartaal projectgebied

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

Ontwerppogave

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 dijkkruij 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 Poederrijen, 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.

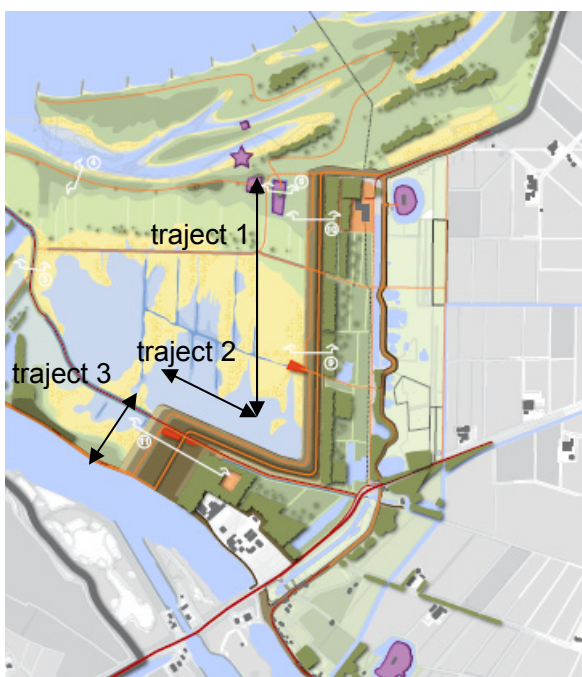


Figuur 2.2: Indicatie van de ligging van de Wakkere dijk in het landschap

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 overstromingskans. 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. Strooming is niet van belang aangezien de dijk niet in de strooming 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 waterstandsval aangezien de rivier wordt verbreed en de dijk niet in de strooming 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. 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: winterpeil¹

Uitvoeringsfase: streefpeil / zomerpeil¹.

Uitgegaan wordt van handhaving van het huidig 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 –perioden 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.

¹ 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/m² 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 talusbekleding 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 buitendijks 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 buitendijks 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 binnendijks.

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 dijkklei 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 dijkklei 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 dijkklei (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 dijkklei 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 dijkklei maar wel voldoende om de afslagzone uit dijkklei 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 m³. 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
Totaal		1.695.482

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 gerijptheid 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.

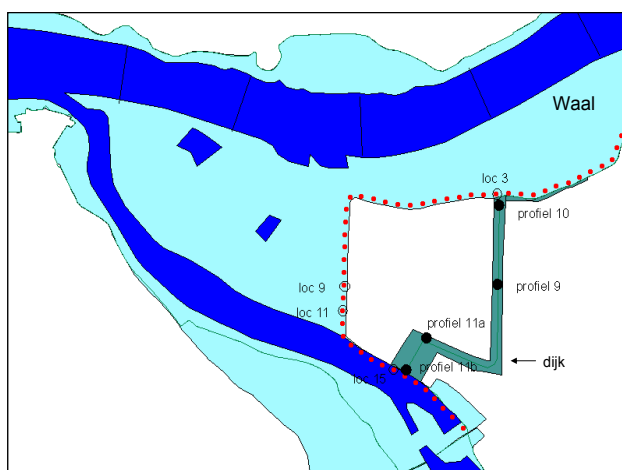
Uit een eerste analyse van de boorbeschrijvingen blijkt dat ongeveer driekwart van de dijkklei (ca. 365 000 m³ van totale 479.000 m³) gevonden wordt boven NAP +1,45 m. Het lijkt dus zeer aannemelijk dat er ruim voldoende gerijpte dijkklei aanwezig is voor de kernzone van de dijk. Het toepassen van niet 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 gerijptheid van de vrijkomende klei na te gaan en nader te bepalen waar de verschillende materialen (dijkklei 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: Ontwerpkruihoogte

Naam dijk-profiel	Talud [1:-]	Waterstand [m+NAP]	Windrichting [°]	Windsnelheid [m/s]	Hs [m]	Tp [s]	Golfrich-ting [°]	Benodigde kruinhoogte [m+NAP]	Ontwerpkrui-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/m³.

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 uitvoeringstablieit. De uitvoeringsvolgorde is ook cruciaal voor de uitvoeringstablieit: 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 wegweringen 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.

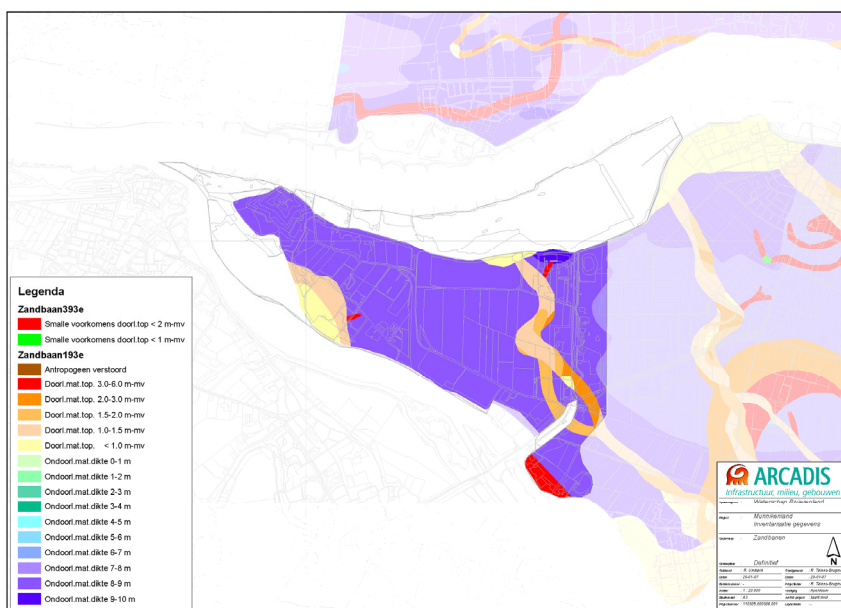
3.4 Geohydrologie

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.

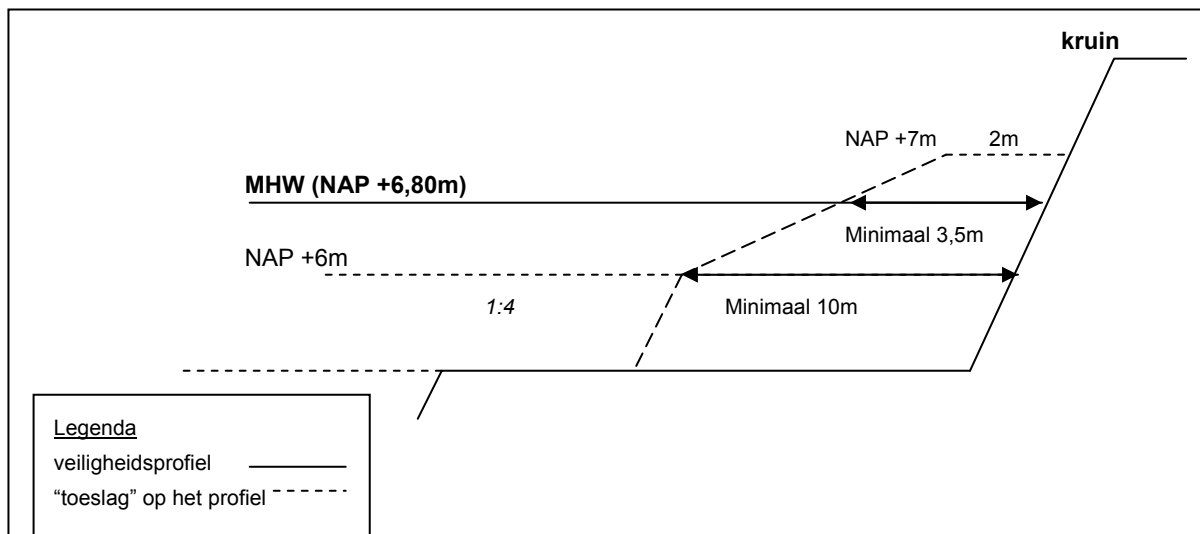
De bescherming tegen erosie wordt bewerkstelligd door een extra laag dijkklei, minstens categorie 3 op het buitentalud van de dijkkern aan te brengen. Deze kan eroderen zonder dat de waterkeringsveiligheid wordt aangetast. De extra laag klei is een afslagzone die kan eroderen door golfwerking of door 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 versralen 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 dijkklei 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 rijptheid van de vrijkomende klei na te gaan en nader te bepalen waar de verschillende materialen (dijkklei 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 kleiig 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 Waaldijk 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 Maasdijk 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 Maasdijk 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.

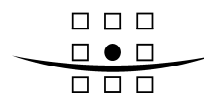
Een ander belangrijk aandachtspunt is de juiste verdeling van de diverse soorten materialen (zand, dijkenklei, overige klei, gerijpt/ongerijpt, etc.) in het dijkprofiel dat bestaat uit verschillende onderdelen (buitenzone incl. afslagzone, kernzone bestaande uit zandkern en kleiafdekking, binnenberm)

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] Ontwerpuitgangspunten 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.

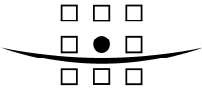
A COMPANY OF



ROYAL HASKONING

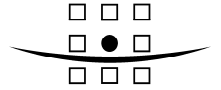
Bijlage 1 Situatie

A COMPANY OF



ROYAL HASKONING

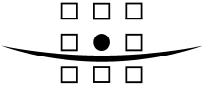
A COMPANY OF



ROYAL HASKONING

Bijlage 2 Dwarsprofielen ontwerp

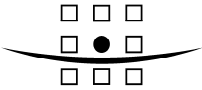
A COMPANY OF



ROYAL HASKONING

Bijlage 3 Berekeningen

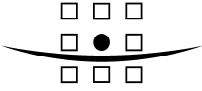
A COMPANY OF



ROYAL HASKONING

Bijlage 3A Hoogte

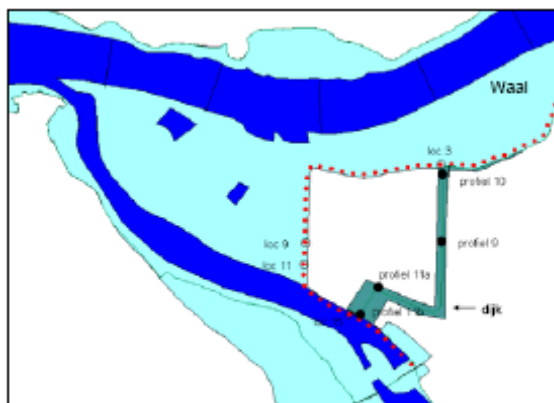
A COMPANY OF



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.



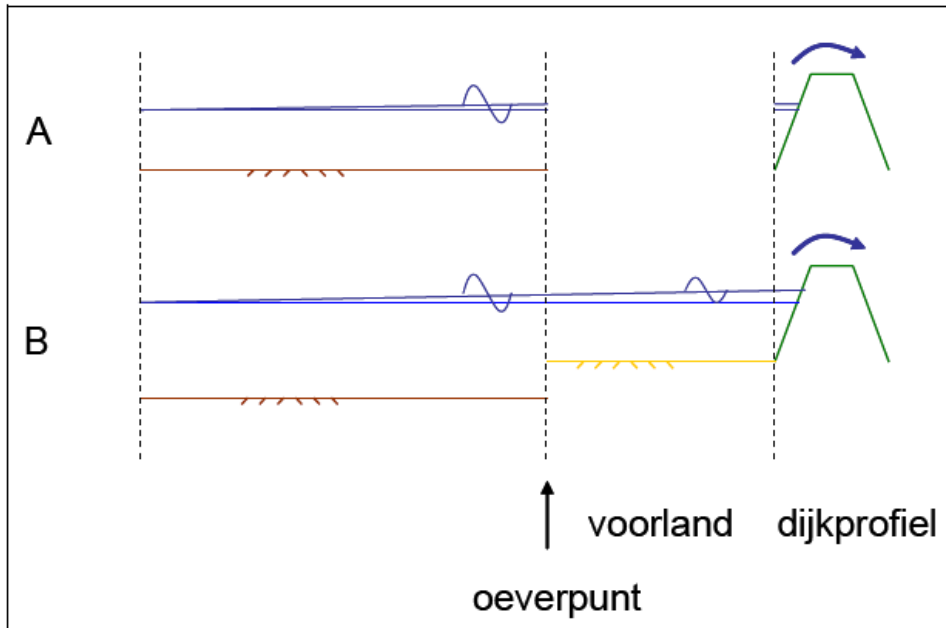
Figuur 1: Overzichtskaartje

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 dijkkringbenadering;
- 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

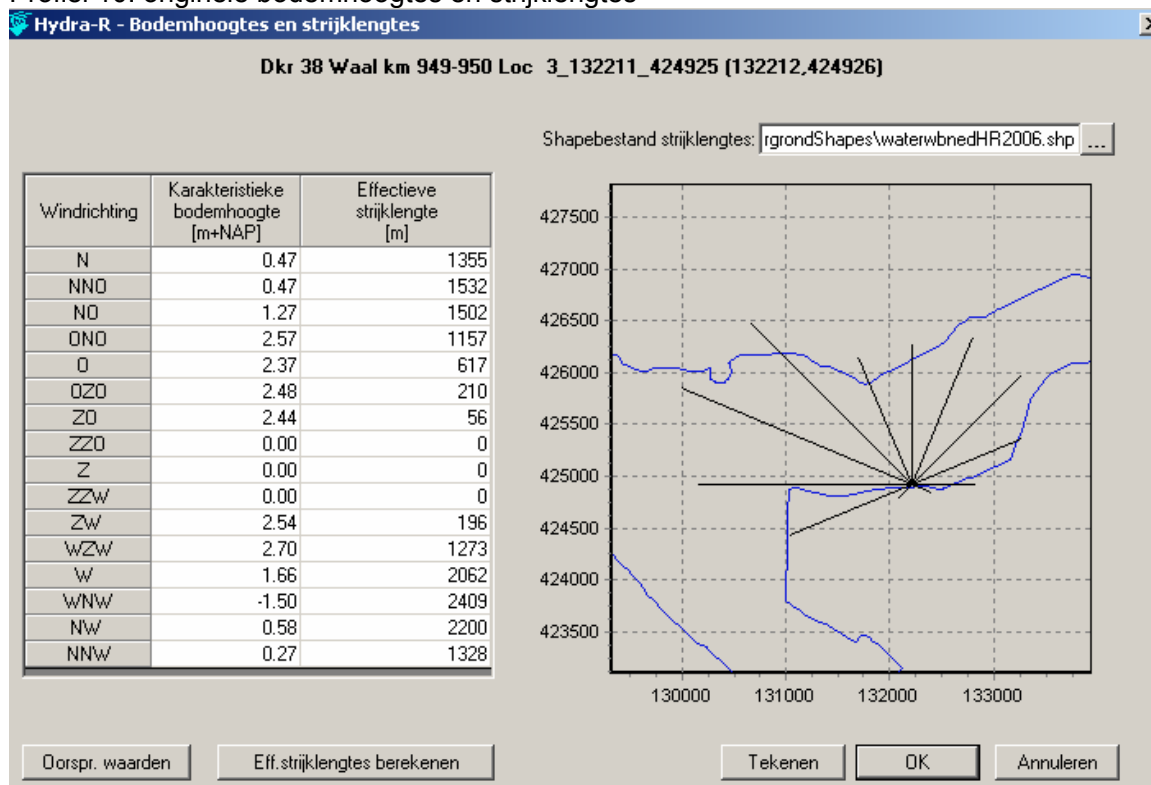
De resultaten van de Hydra-R berekeningen zijn samengevat in onderstaande tabel. Daarbij is de benodigde kruinhoogte gegeven wanneer de effectieve strijklengte en de karakteristieke bodemhoogte zijn aangepast.

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

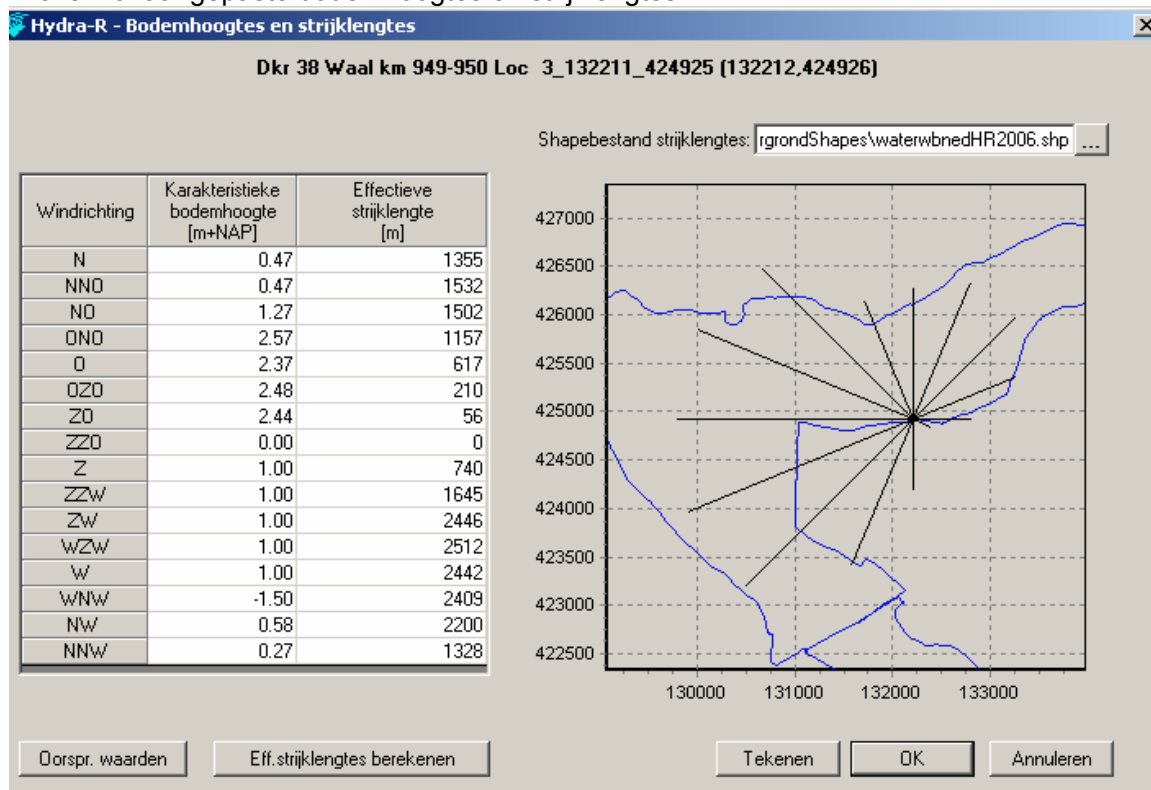
profiel	ontwerpwaterstand d	windrichting	windsnelheid	significante golfhoogte	piekperiode	benodigde kruinhoogte
10	7,1	270	13	0,46	2,63	7,96
9	7,1	292,5	12	0,42	2,53	7,86
11a	7,1	270	13	0,44	2,57	7,83
11b	7,1	292,5	12	0,40	2,54	7,81

Bijlage 3a-I: Bodemhoogten en strijklengten

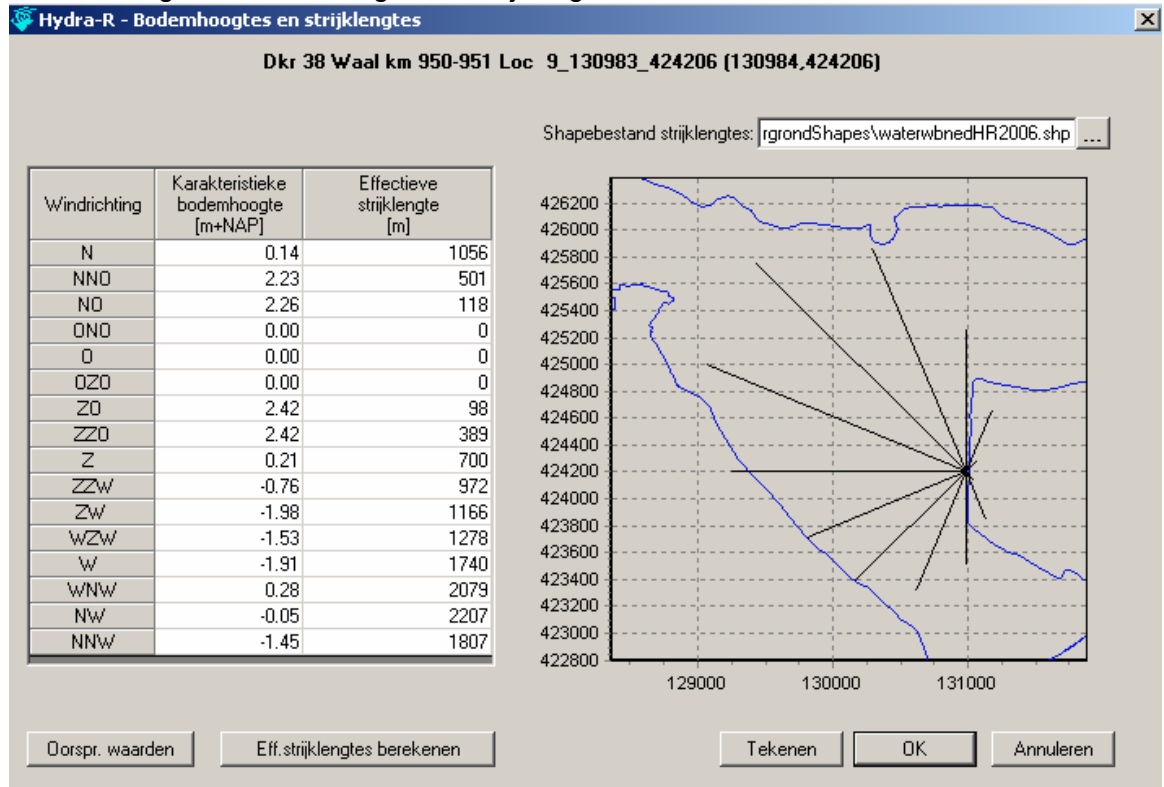
Profiel 10: originele bodemhoogtes en strijklengtes



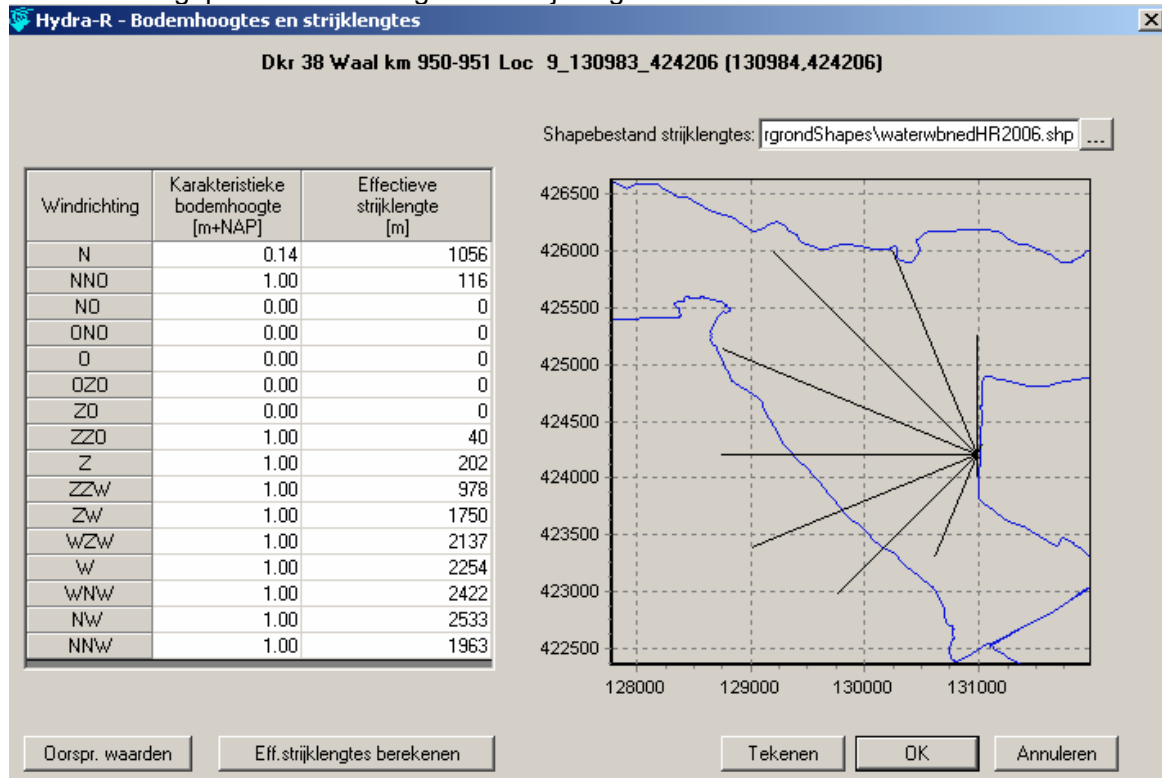
Profiel 10: aangepaste bodemhoogtes en strijklengtes

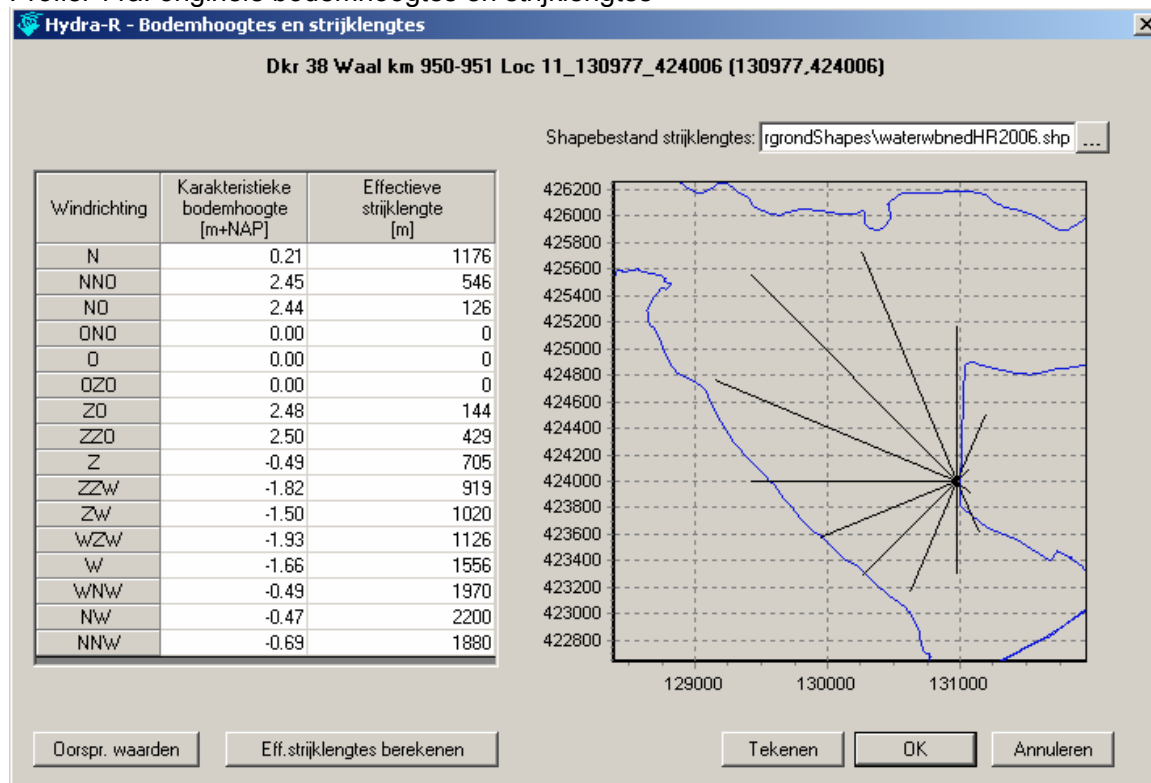
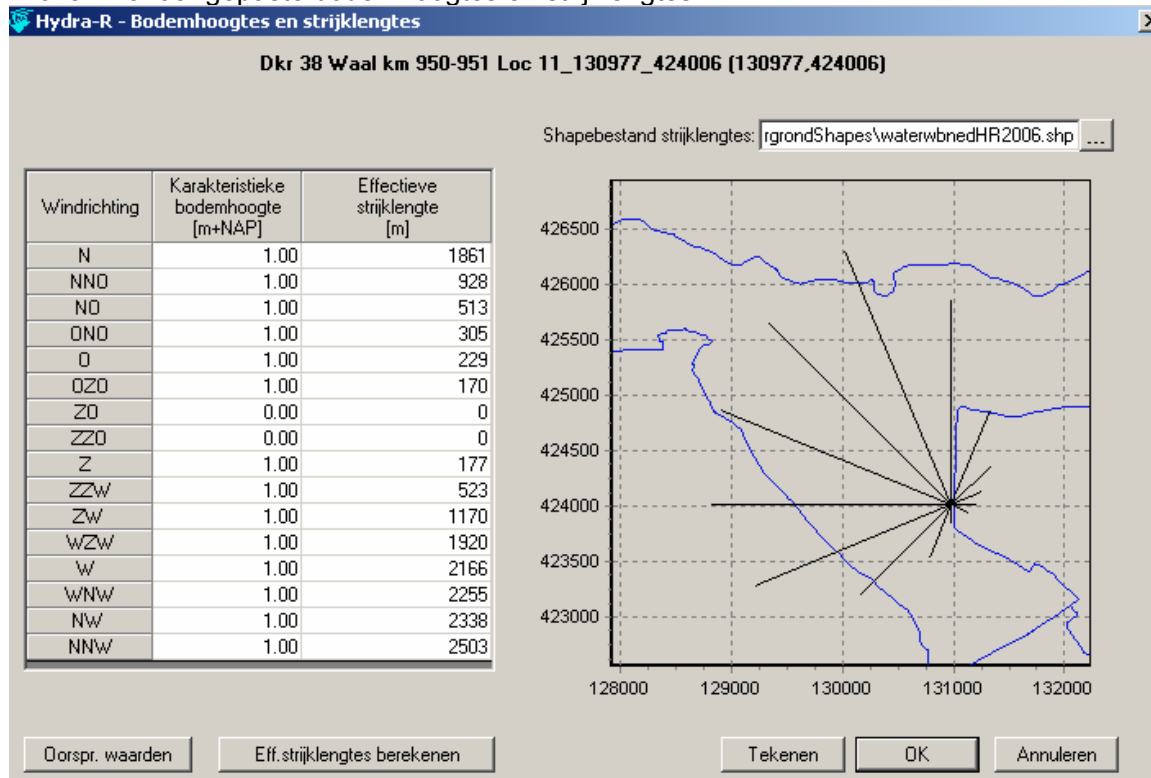


Profiel 9: originele bodemhoogtes en strijklengtes

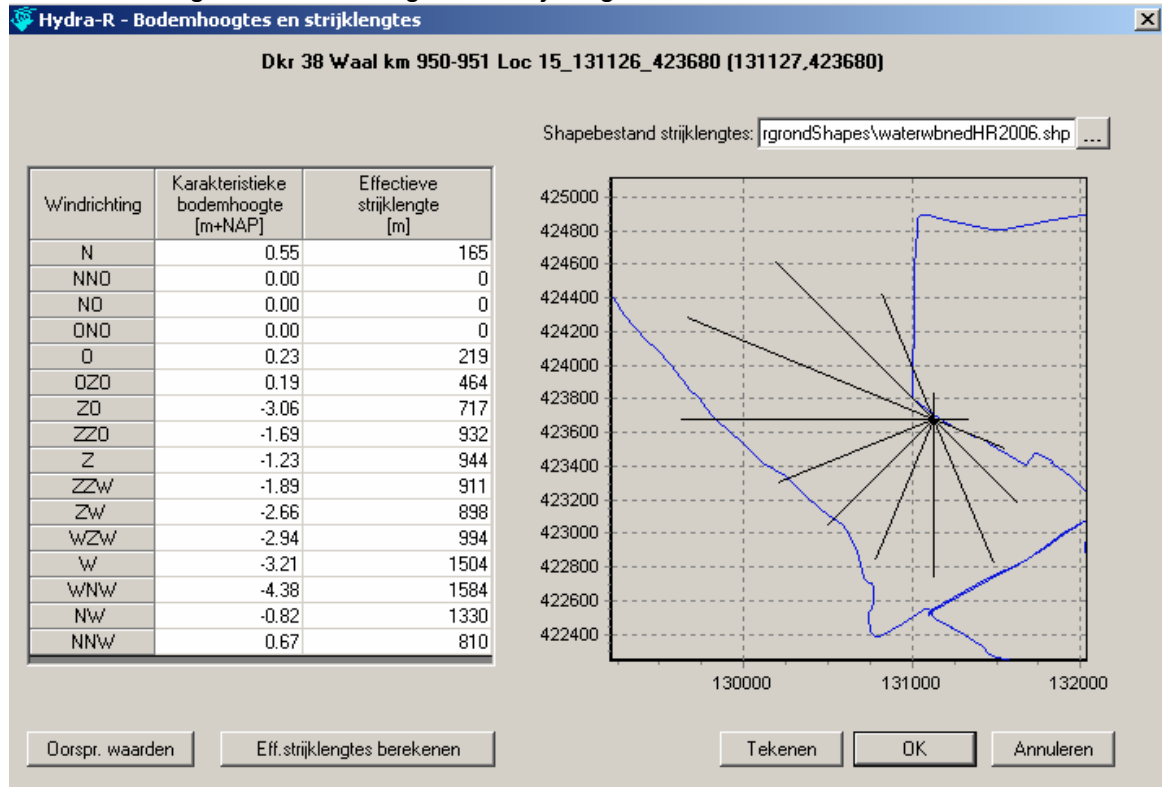


Profiel 9: aangepaste bodemhoogtes en strijklengtes

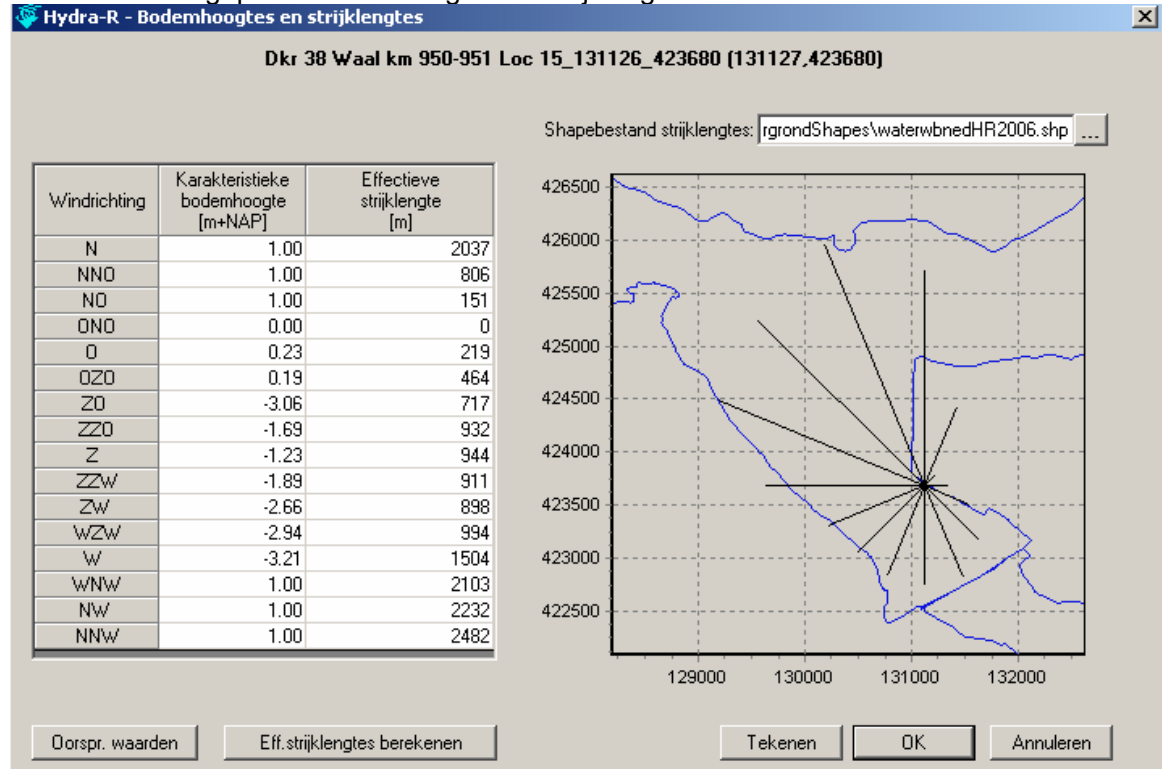


Profiel 11a: originele bodemhoogtes en strijklengtes

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
 Strijk lengte = 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

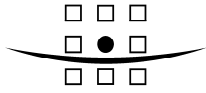
	Waterstand	Golfhoogte	Golfperiode	Golfrichting
Parameters na golfgroeiformules	7,10 m+NAP	0,40 m	2,45 s	292,50 °

De golfperiode in Hydra-R is de piekperiode.

Bijlage 3B Geotechniek

**Zandbanenkaart
Grondparameters
Plaxis geohydrologie
MStab
MSettle**

A COMPANY OF

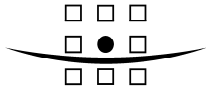


ROYAL HASKONING

Bijlage 4

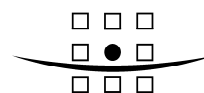
Beoordeling erosiebestendigheid Wakkere dijk

A COMPANY OF



ROYAL HASKONING

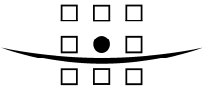
A COMPANY OF



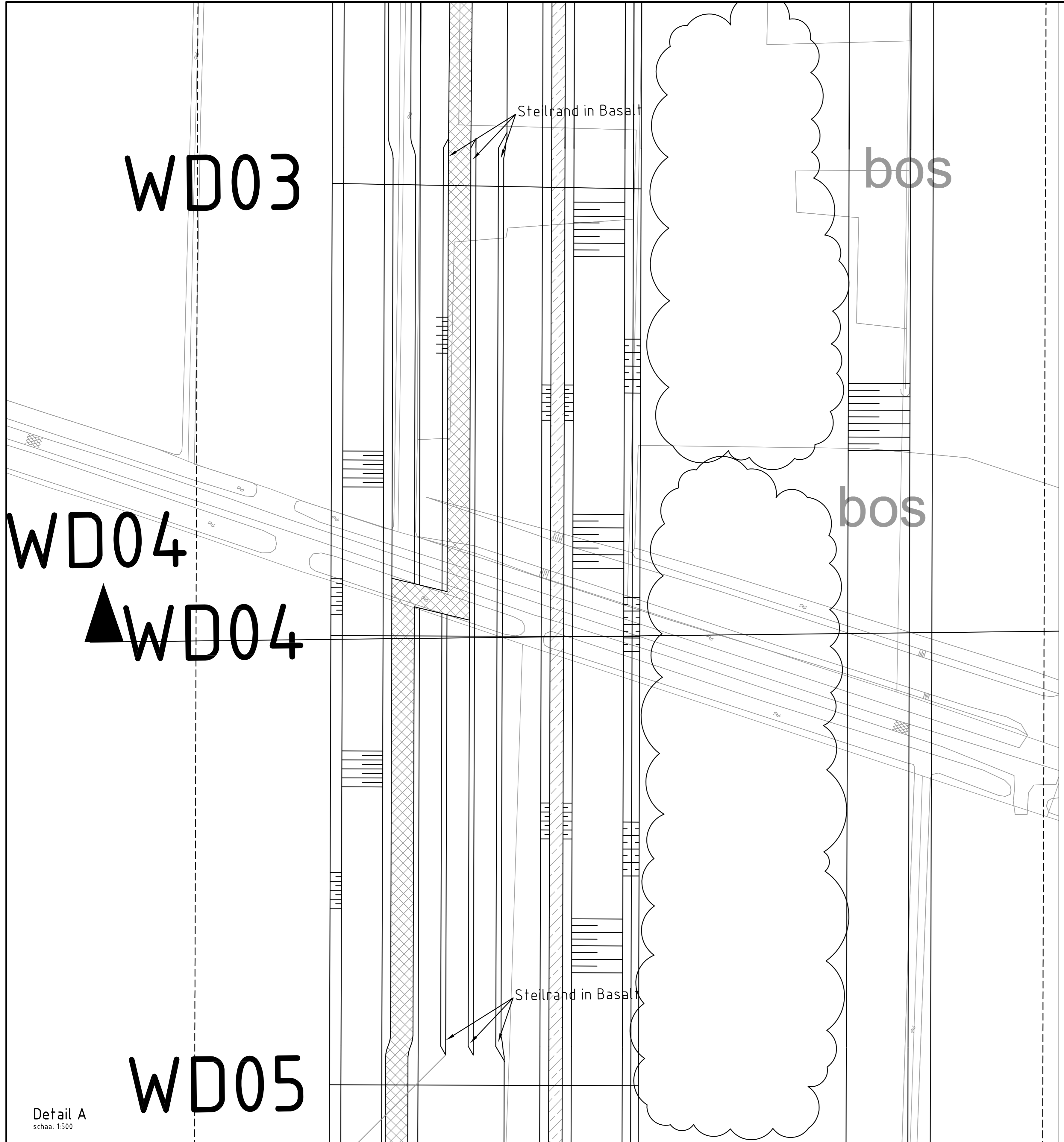
ROYAL HASKONING

Bijlage 1 Situatie

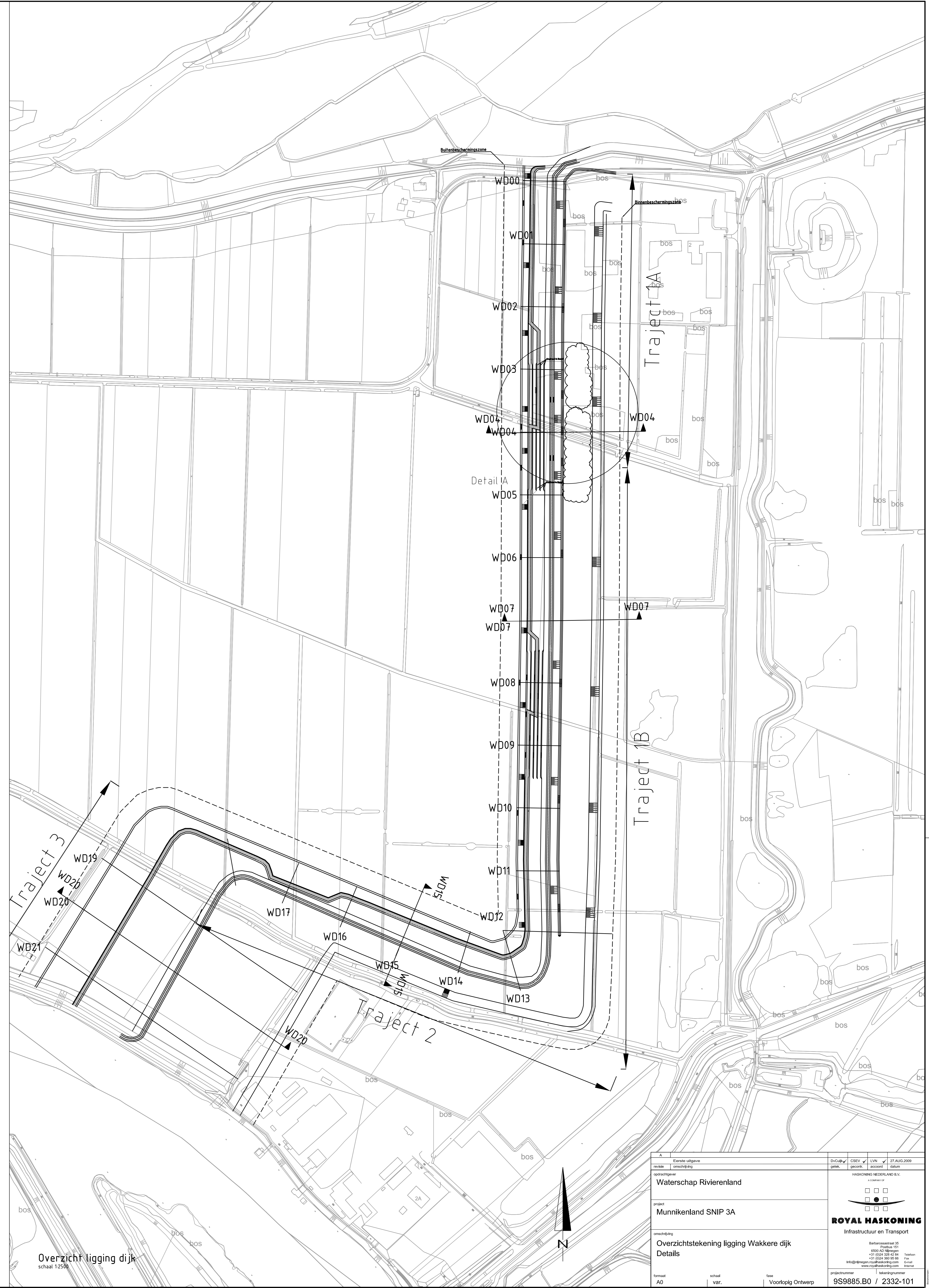
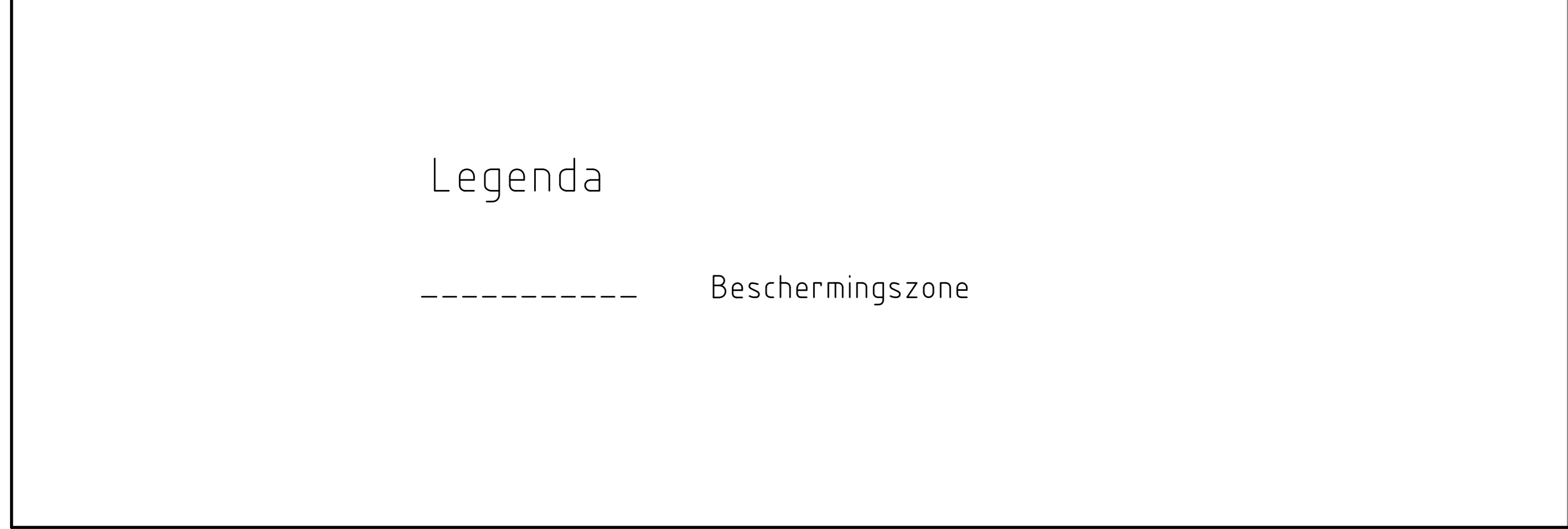
A COMPANY OF



ROYAL HASKONING



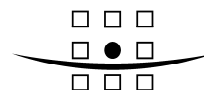
Detail A
schaal 1:500



Overzicht ligging dijk
schaal 1:2500

Eerste uitgave		DWG	CSBY	LVM	27 AUG 2009
Waterschap Rivierland		0000	0000	0000	0000
Munnikenland SNIP 3A					
Overzichtstekening ligging Wakkere dijk Details					
schaal: A0 var.: Voorlopig Ontwerp		productiesite: 9S9885.B0 / 2332-101			

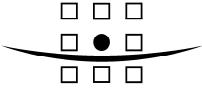
A COMPANY OF



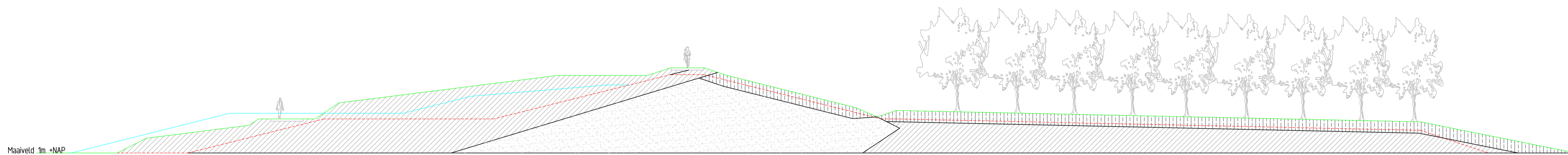
ROYAL HASKONING

Bijlage 2 Dwarsprofielen ontwerp

A COMPANY OF

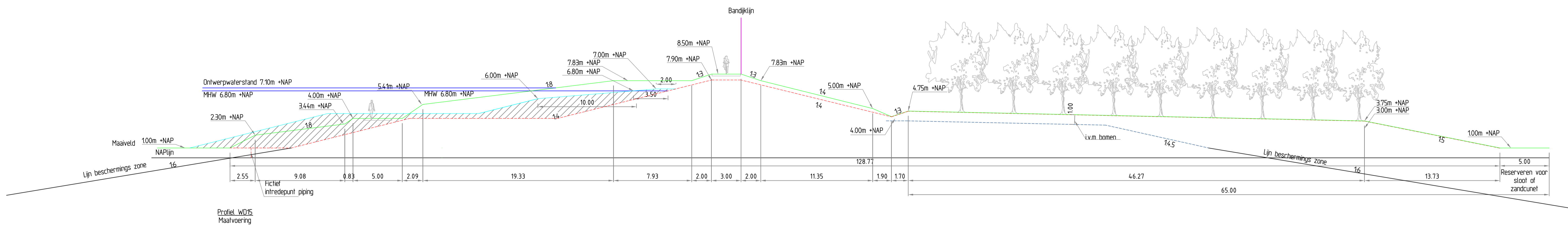


ROYAL HASKONING



Profiel WD15
Dijkopbouw

- Teelaarde
- Zand
- Klei

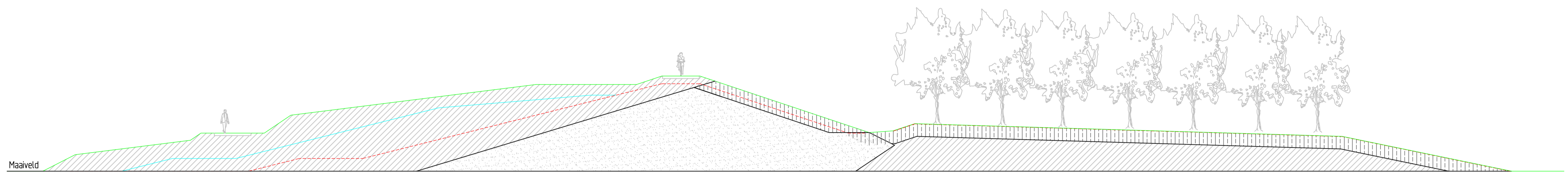


Profiel WD15
Maalvoering

- Veiligheidslijn piping
- Veiligheidsprofiel
- Landschappelijk profiel
- Afslagzone

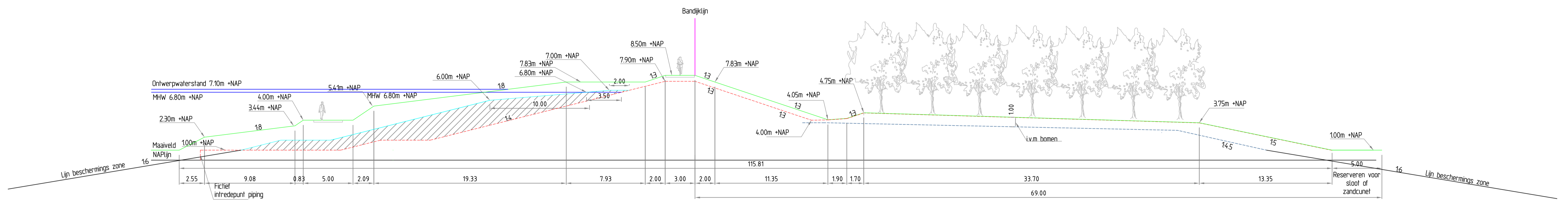
A		Eerste uitgave		DvCvB	CSEV	LVN	27 AUG 2009
revisie	omschrijving	getek.	gecont.	accort.	datum		
opdrachtgever		Waterschap Rivierenland					
project		Munnikenland SNIP 3A					
omschrijving		Technisch ontwerp Wakkere dijk Profiel WD15					
formaat	schaal	fase	projectnummer				
A1	1:200	Voorlopig Ontwerp	9S9885.B0 / 2323-803				

ROYAL HASKONING
 Infrastructuur en Transport
Barbarossastraat 35
 Postbus 151
 6500 AD Megenen
 +31 (0)24 328 42 64
 info@haskoning.com
 www.royalhaskoning.com



Profiel_WD07
Dijkopbouw

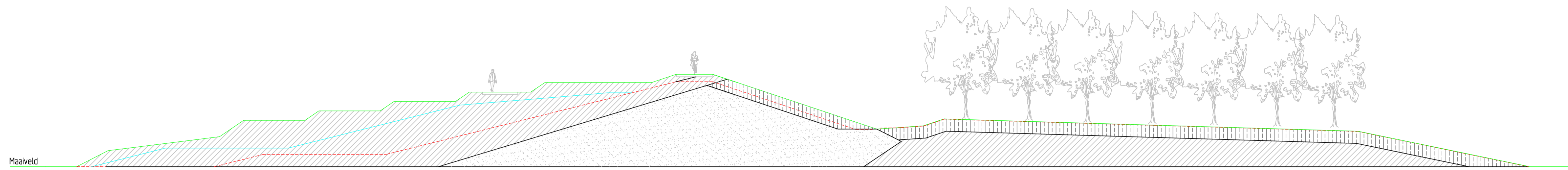
- Teelaarde
- Zand
- Klei




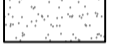

Profiel_WD07
Maatvoering

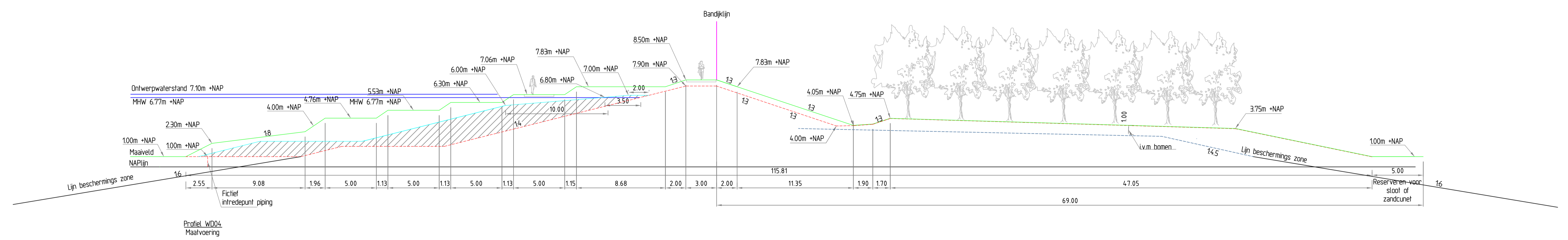
- Veiligheidslijn piping
- Veiligheidsprofiel
- Landschappelijk profiel
- Afslagzone

A	Eerste uitgave	DvC/ijk	CSEV	LVN	27 AUG 2009
revisie	omschrijving	getek.	gecont.	accort	datum
opdrachtgever	Waterschap Rivierenland		HASKONING NEDERLAND B.V.		
project	Munnikenland SNIP 3A		 ROYAL HASKONING Infrastructuur en Transport		
omschrijving	Technisch ontwerp Wakkere dijk Profiel WD07		Barthoosstraat 35 Postbus 151 6500 AD Megenen +31 (0)24 328 42 84 +31 (0)24 300 55 88 info@haskoning.com www.haskoning.com		
formaat	schaal	fase	projectnummer		
A1	1:200	Voorlopig Ontwerp	haskoningnummer 9S9885.B0 / 2323-802		


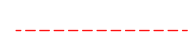

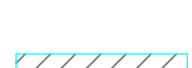


Profiel_WD04
Dijkopbouw

-  Teelaarde
-  Zand
-  Klei

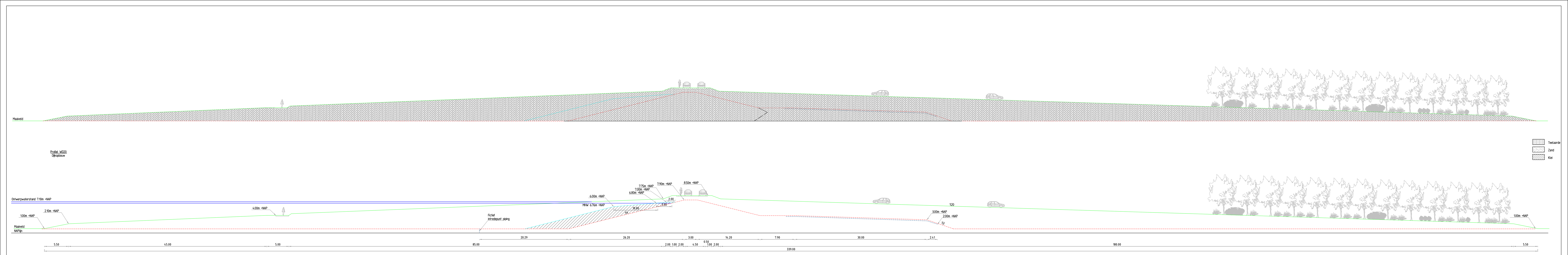


Profiel_WD04
Maalvoering

-  Veiligheidslijn piping
-  Veiligheidsprofiel
-  Landschappelijk profiel
-  Afslagzone

A		Eerste uitgave		DvC&K	CSEV	LVN	27 AUG 2009
revisie	omschrijving	getek.	gecont.	accort.	datum		
opdrachtgever		HASKONING NEDERLAND B.V.					
project		Munnikenland SNIP 3A					
omschrijving		Technisch ontwerp Wakkere dijk Profiel WD04					
formaat	schaal	fase		projectnummer			
A1	1:200	Voorlopig Ontwerp		9S9885.B0 / 2323-801			





- Teelaarde
- Zand
- Klei

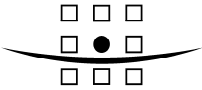
Eerste Uitgave		DvCult	CSEV	MBO	27.AUG.2009
revisie	omschrijving	getek.	gecont.	accoord	datum
opdrachtgever Waterschap Rivierenland		project Munnikenland SNP3A			
omschrijving Technisch ontwerp Wakkere dijk Profiel 11		Beekweg 35 Postbus 151 6500 AD Nijmegen +31 (0)24 326 42 84 +31 (0)24 326 55 56 info@rijnengem.royalhaskoning.com www.royalhaskoning.com			
formaat A3++	schaal 1:250	fase Voorlopig Ontwerp		projectnummer 9S9885.B0	tekeningsnummer / 2323-804

- Veiligheidslijn piping
- Veiligheidsprofiel
- Landschappelijk profiel
- Afslagzone



Bijlage 3 Berekeningen

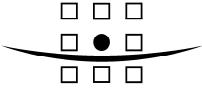
A COMPANY OF



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.



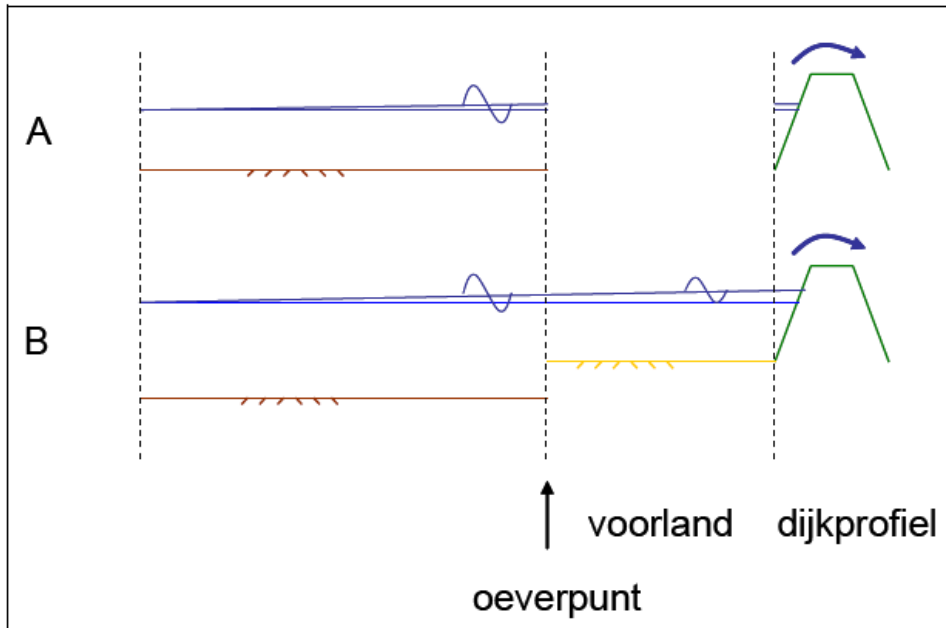
Figuur 1: Overzichtskaartje

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 dijkkringbenadering;
- 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

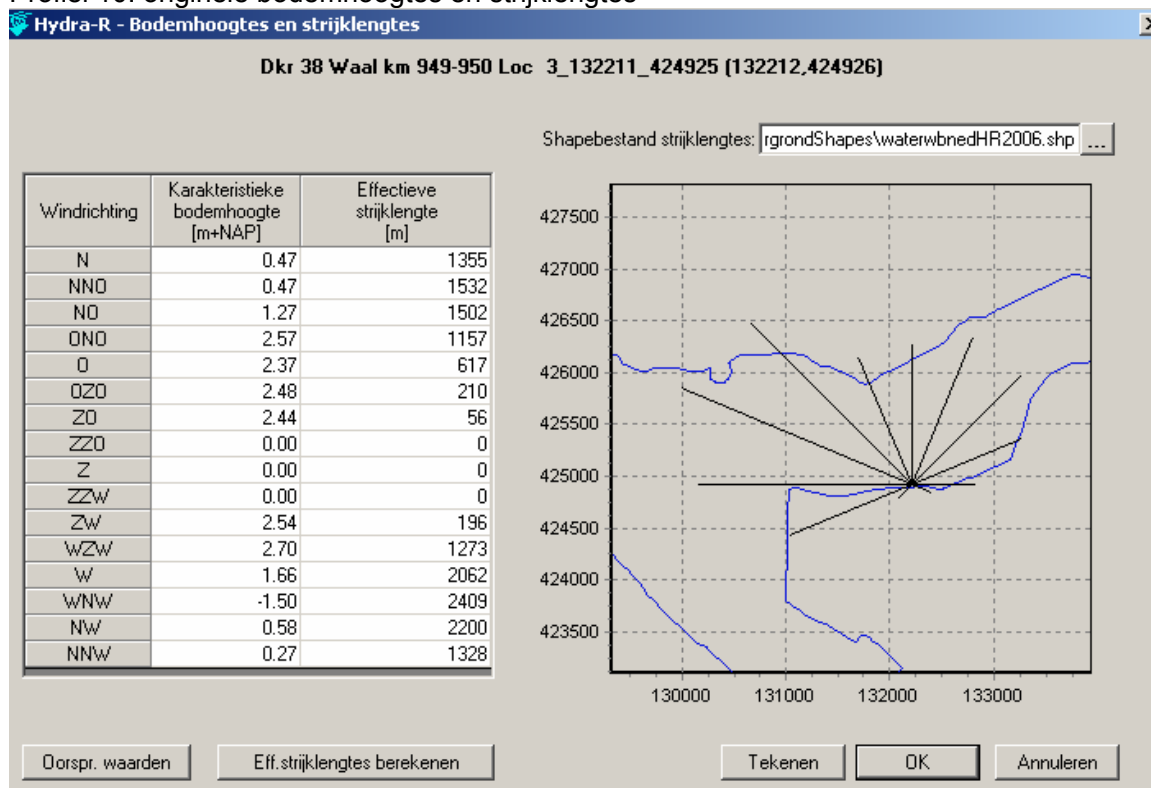
De resultaten van de Hydra-R berekeningen zijn samengevat in onderstaande tabel. Daarbij is de benodigde kruinhoogte gegeven wanneer de effectieve strijklengte en de karakteristieke bodemhoogte zijn aangepast.

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

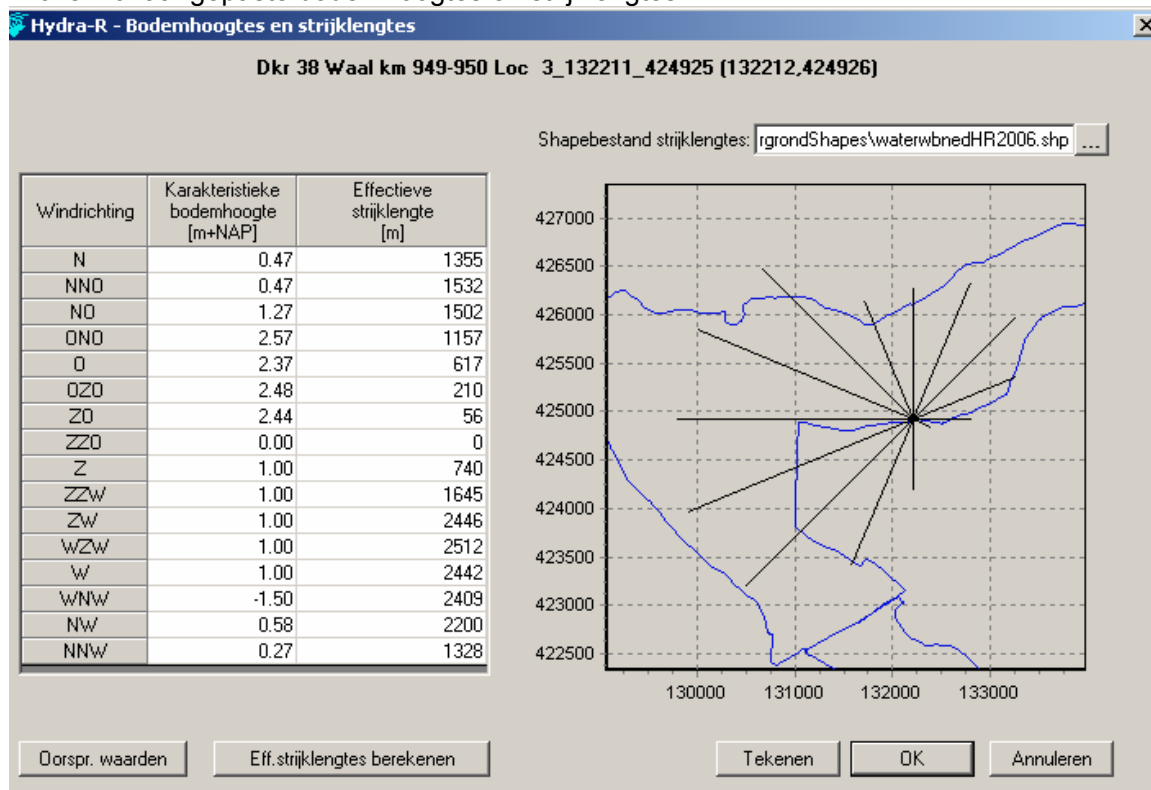
profiel	ontwerpwaterstand d	windrichting	windsnelheid	significante golfhoogte	piekperiode	benodigde kruinhoogte
10	7,1	270	13	0,46	2,63	7,96
9	7,1	292,5	12	0,42	2,53	7,86
11a	7,1	270	13	0,44	2,57	7,83
11b	7,1	292,5	12	0,40	2,54	7,81

Bijlage 3a-I: Bodemhoogten en strijklengten

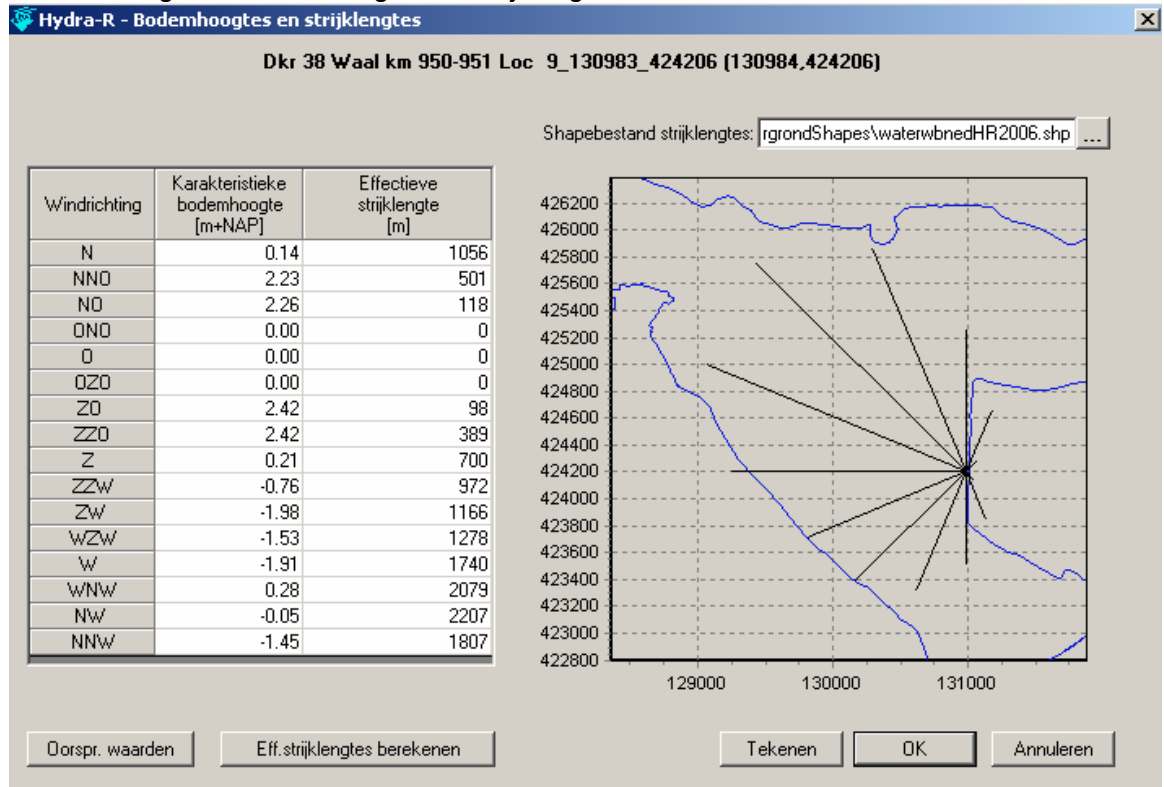
Profiel 10: originele bodemhoogtes en strijklengtes



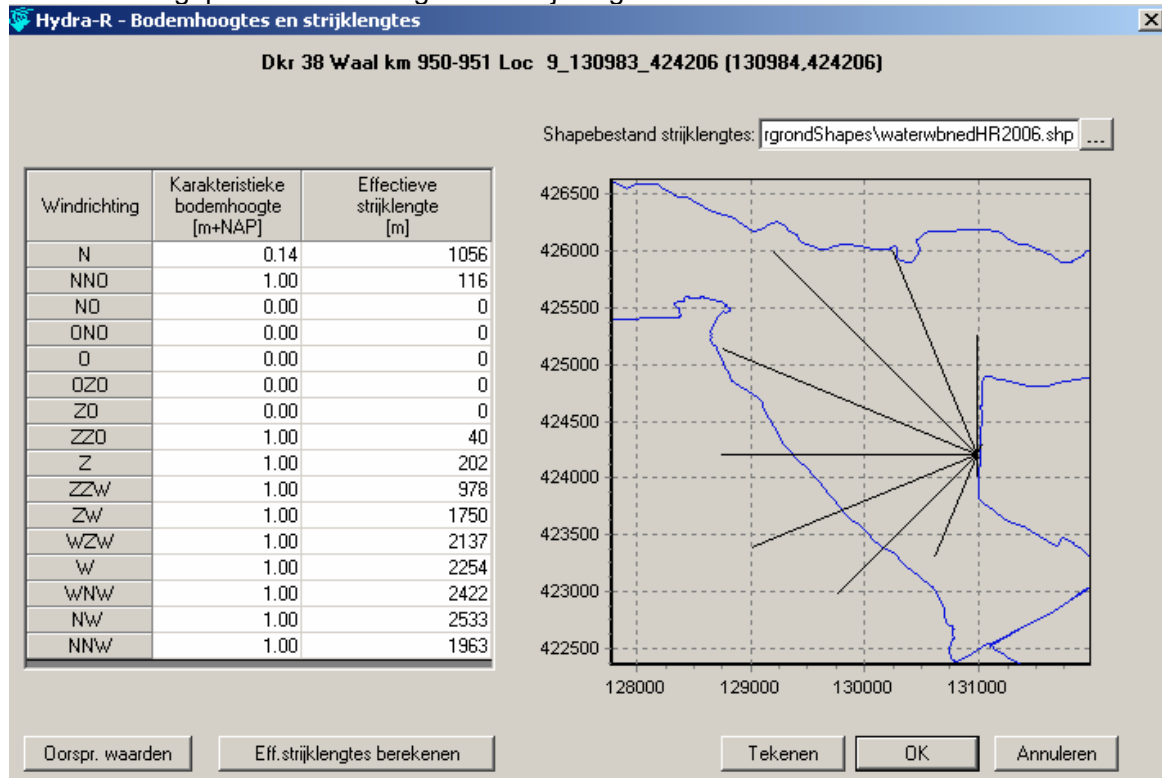
Profiel 10: aangepaste bodemhoogtes en strijklengtes

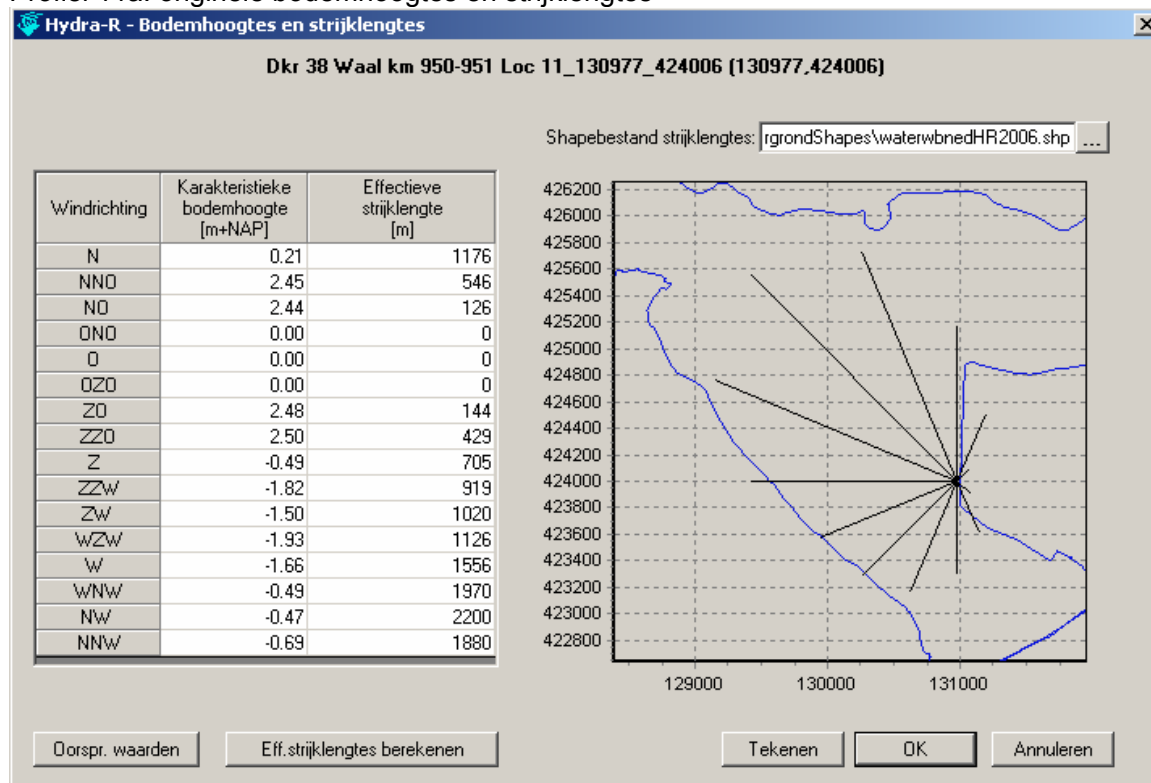
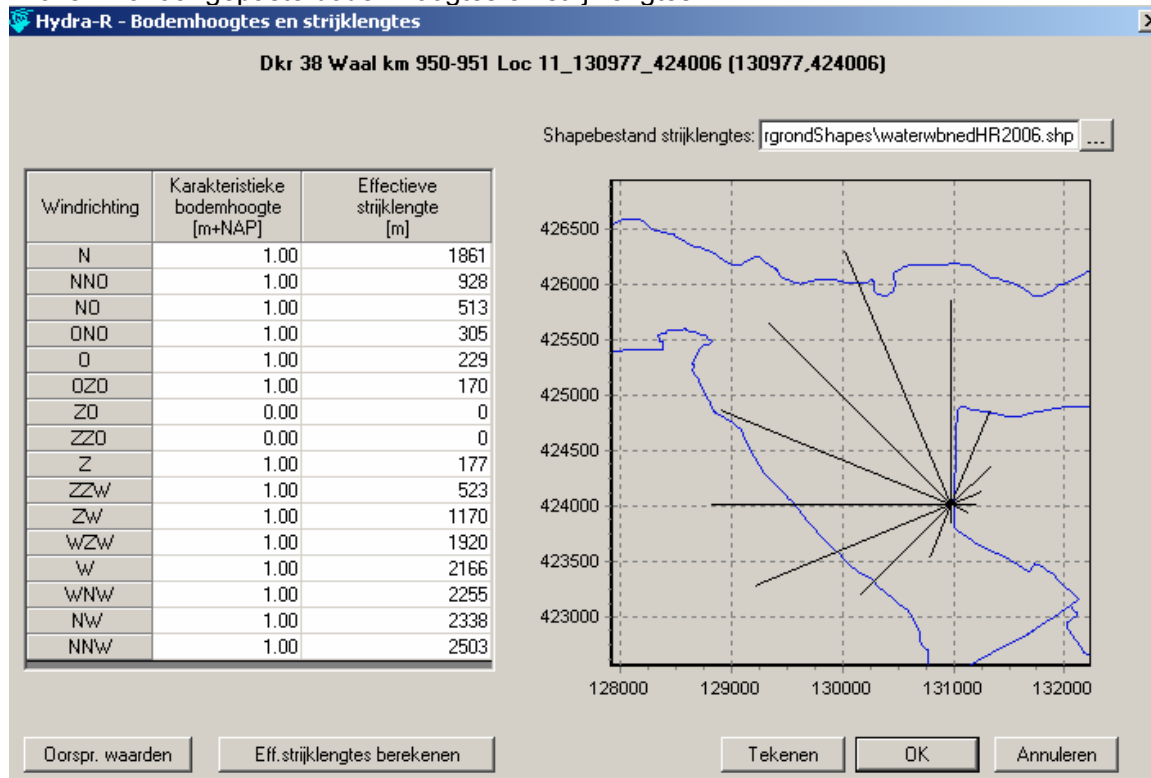


Profiel 9: originele bodemhoogtes en strijklengtes

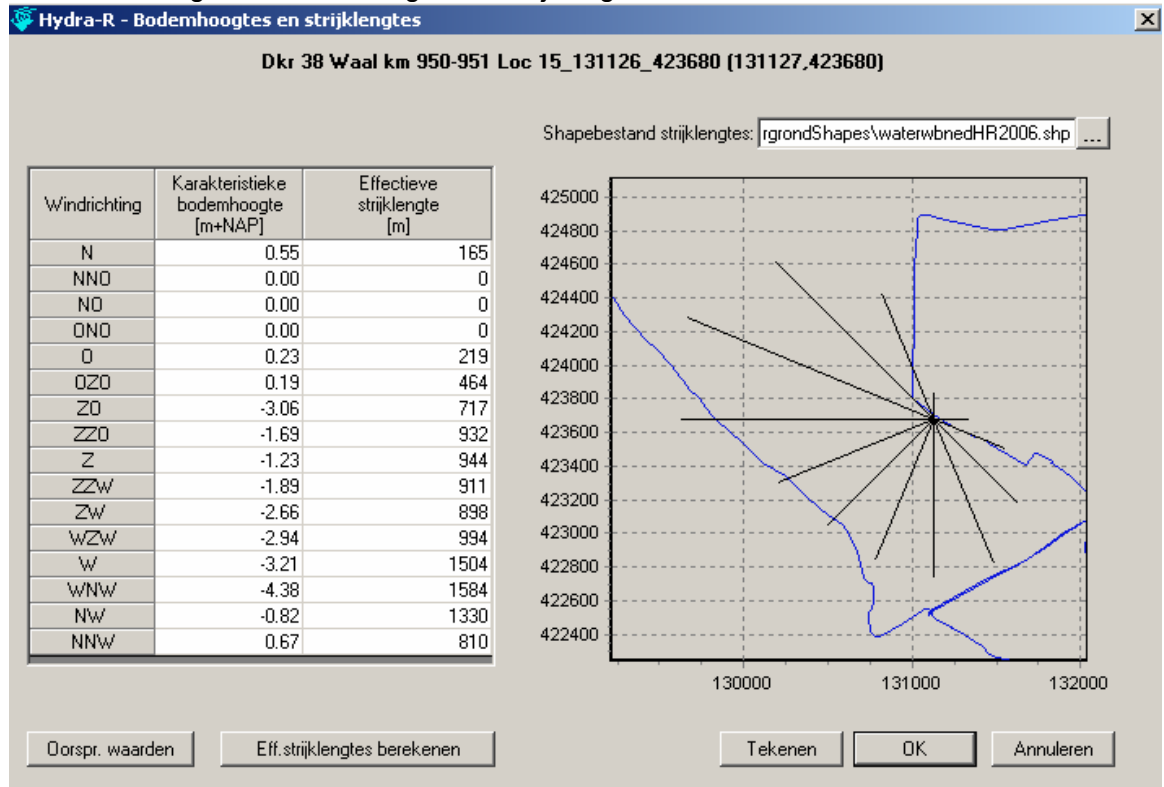


Profiel 9: aangepaste bodemhoogtes en strijklengtes

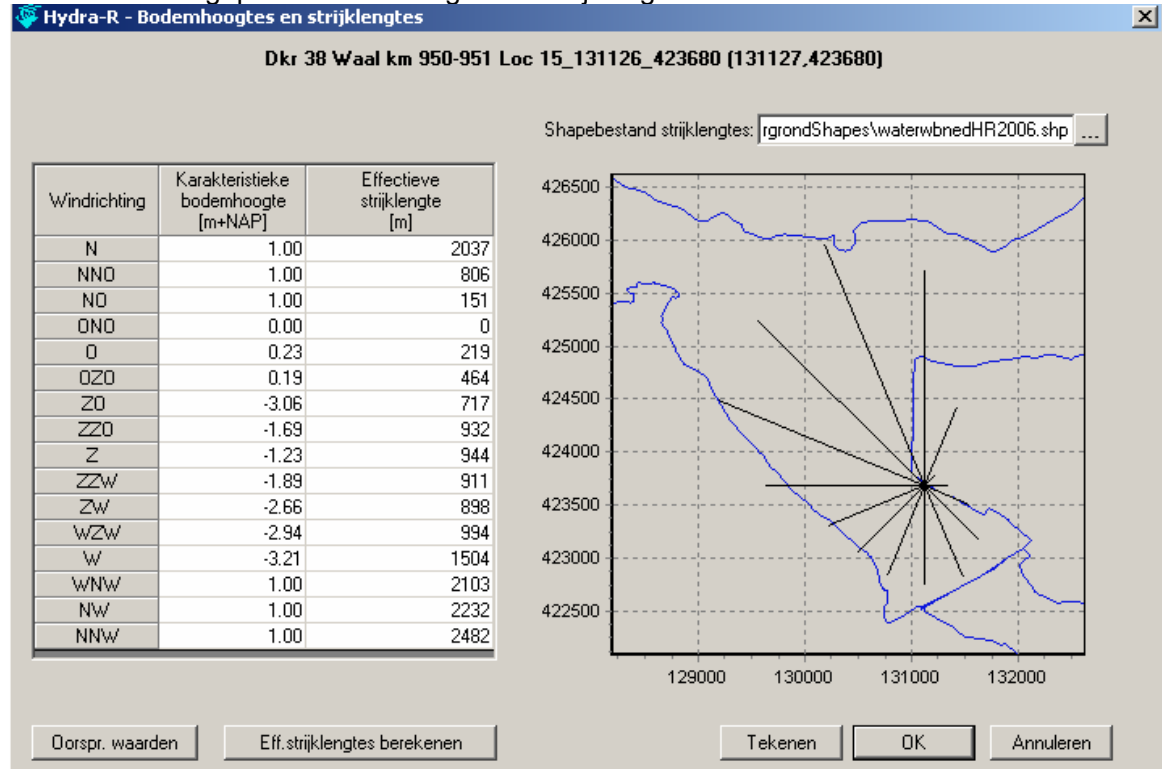


Profiel 11a: originele bodemhoogtes en strijklengtes

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

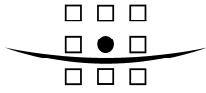
	Waterstand	Golfhoogte	Golfperiode	Golfrichting
Parameters na golfgroeiformules	7,10 m+NAP	0,40 m	2,45 s	292,50 °

De golfperiode in Hydra-R is de piekperiode.

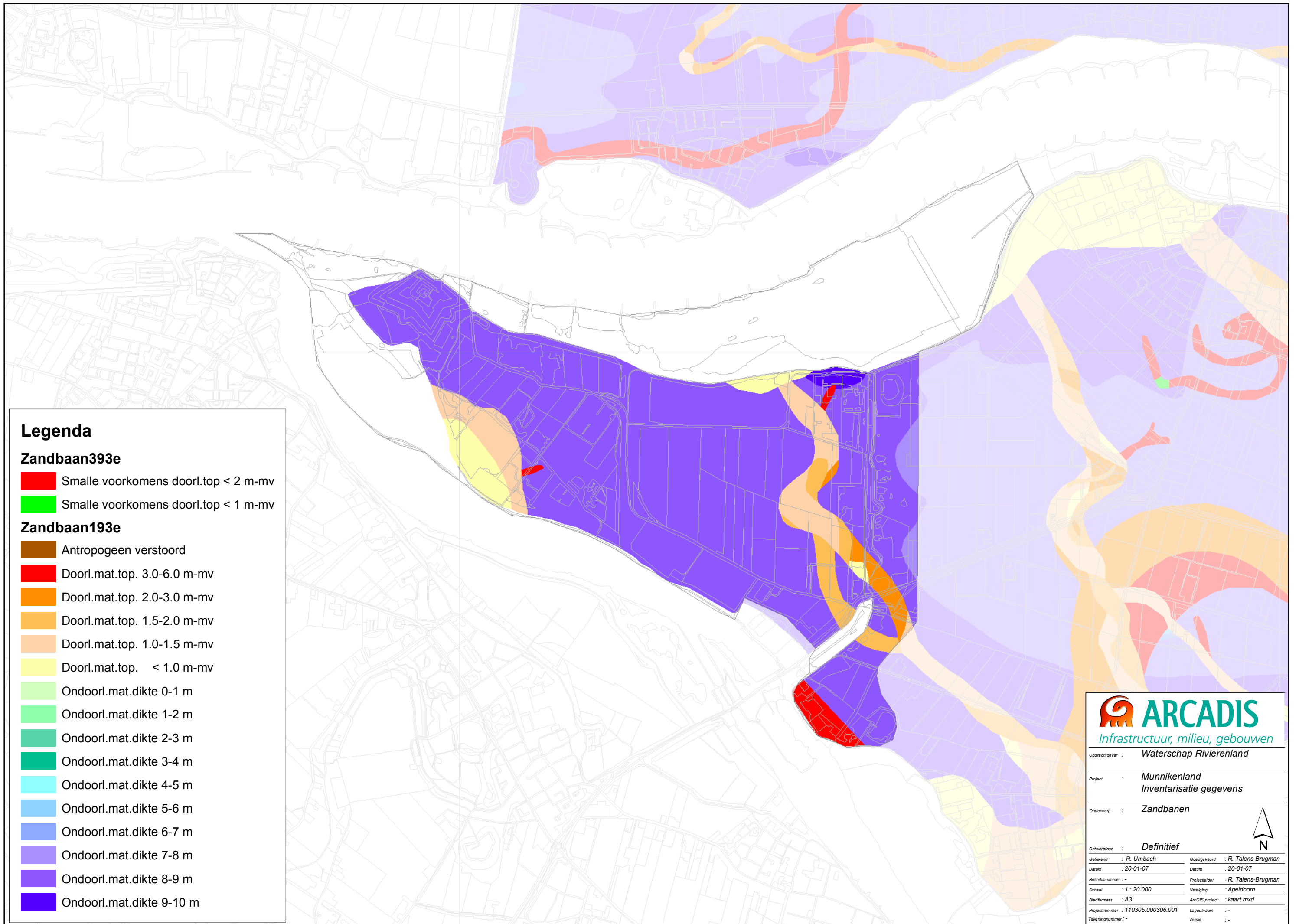
Bijlage 3B Geotechniek

**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

ARCADIS <i>Infrastructuur, milieu, gebouwen</i>	
Oprachtgever : Waterschap Rivierenland	
Project : Munnikenland Inventarisatie gegevens	
Onderwerp : Zandbanen	
Onderwerfase : Definitief	
Getekend : R. Umbach	Goedgekeurd : R. Talens-Brugman
Datum : 20-01-07	Datum : 20-01-07
Besteknummer : -	Projectleider : R. Talens-Brugman
Schaal : 1 : 20.000	Vestiging : Apeldoorn
Blaadformaat : A3	ArcGIS project : kaart.mxd
Projectnummer : 110305.000306.001	Layoutnaam : -
Tekeningnummer : -	Versie : -



Grondsoort	Diepte	Bron	karakteristiek			TRWG - partiele materiaalfactor		rekenwaarde	
			γ nat	φ kar	C kar	$\gamma_{m:f}$	$\gamma_{m:c}$	φ rek	C rek
			[kN/m ³]	[°]	[kN/m ²]	-	-	[°]	[kN/m ²]
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 ² /s]	[kN/m ²]	[-]	[-]	[-]	[-]
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 ₁₀	d ₁₅	d ₅₀	d ₆₀	d ₆₀ / d ₁₀	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] ¹⁾	C _{creep} (Bligh)	C _{w,creep} (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 materiaalfactor		rekenwaarden		samendrukkingsparameters					
			γ_{nat}	φ_{kar}	c_{kar}	$\gamma_{m,f}$	$\gamma_{m,c}$	φ_{rek}	c_{rek}	cv	POP	OCR	a	b	c
			[kN/m ³]	[°]	[kN/m ²]	-	-	[°]	[kN/m ²]	[m ² /s]	[kN/m ²]	[-]	[-]	[-]	[-]
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

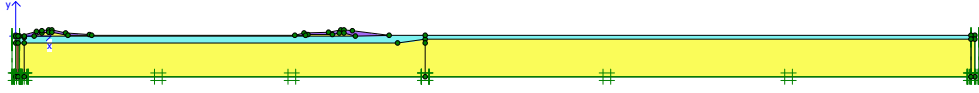


Fig. 1 Plot of geometry model (total horizontal distance = 1200 m)

3. Material data

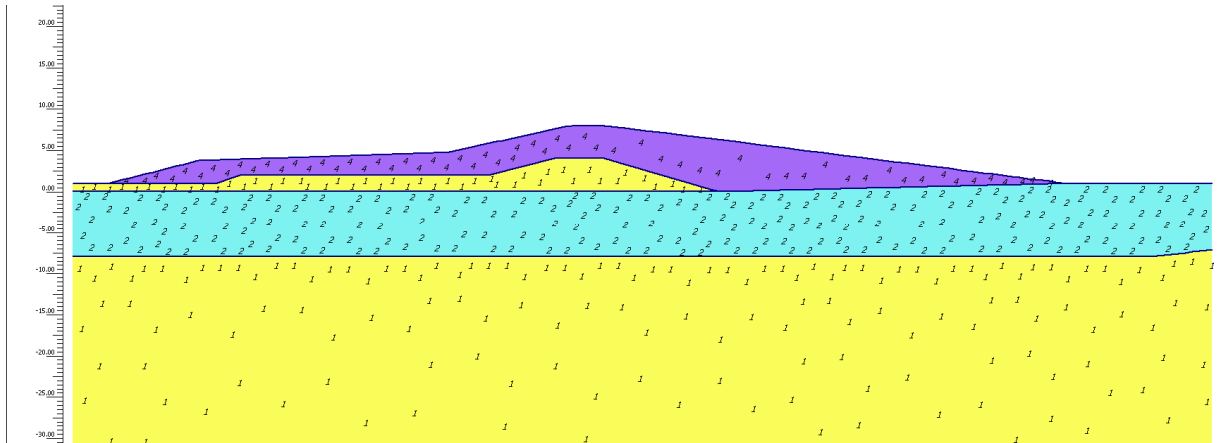


Fig. 2 Plot of geometry with material data sets (detail dijk)

Table [4] Soil data sets parameters

<i>Linear Elastic</i>		1 Sand (alle zandlagen)	2 Clay (deklaag)	3 Intrede (intree weerstand rivier)	4 Dike (dijkconstructie material)
Type		Drained	Drained	Drained	Drained
γ_{unsat}	[kN/m ³]	20,00	20,00	20,00	20,00
γ_{sat}	[kN/m ³]	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_{init}	[-]	0,500	0,500	0,500	0,500
c_k	[-]	1E015	1E015	1E015	1E015
E_{ref}	[kN/m ²]	10000,00	10000,00	10000,00	10000,00
ν	[-]	0,300	0,300	0,300	0,300
G_{ref}	[kN/m ²]	3846,154	3846,154	3846,154	3846,154
E_{oed}	[kN/m ²]	13461,538	13461,538	13461,538	13461,538
E_{incr}	[kN/m ² /m]	0,00	0,00	0,00	0,00
y_{ref}	[m]	0,000	0,000	0,000	0,000
R_{inter}	[-]	1,000	1,000	1,000	1,000
Interface permeability		Neutral	Neutral	Neutral	Neutral

4. Calculated piezometric heads

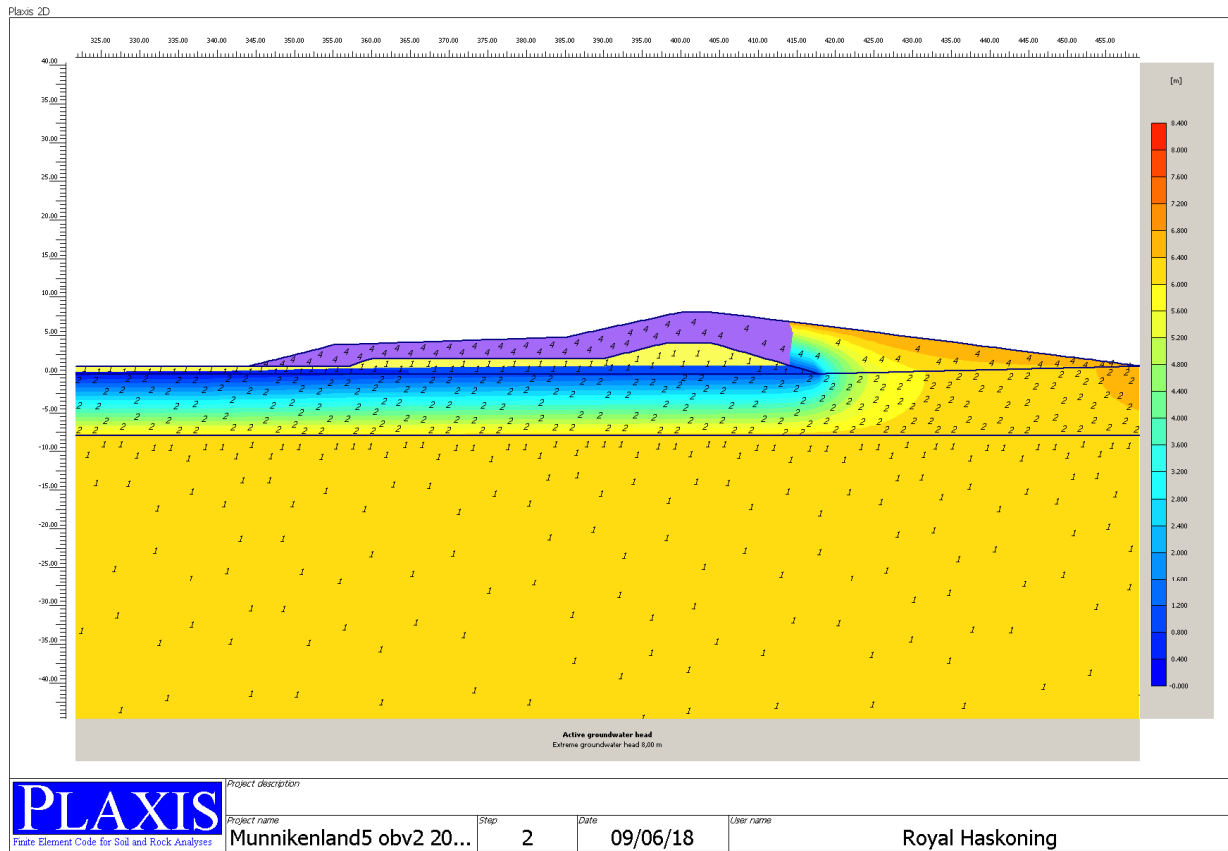
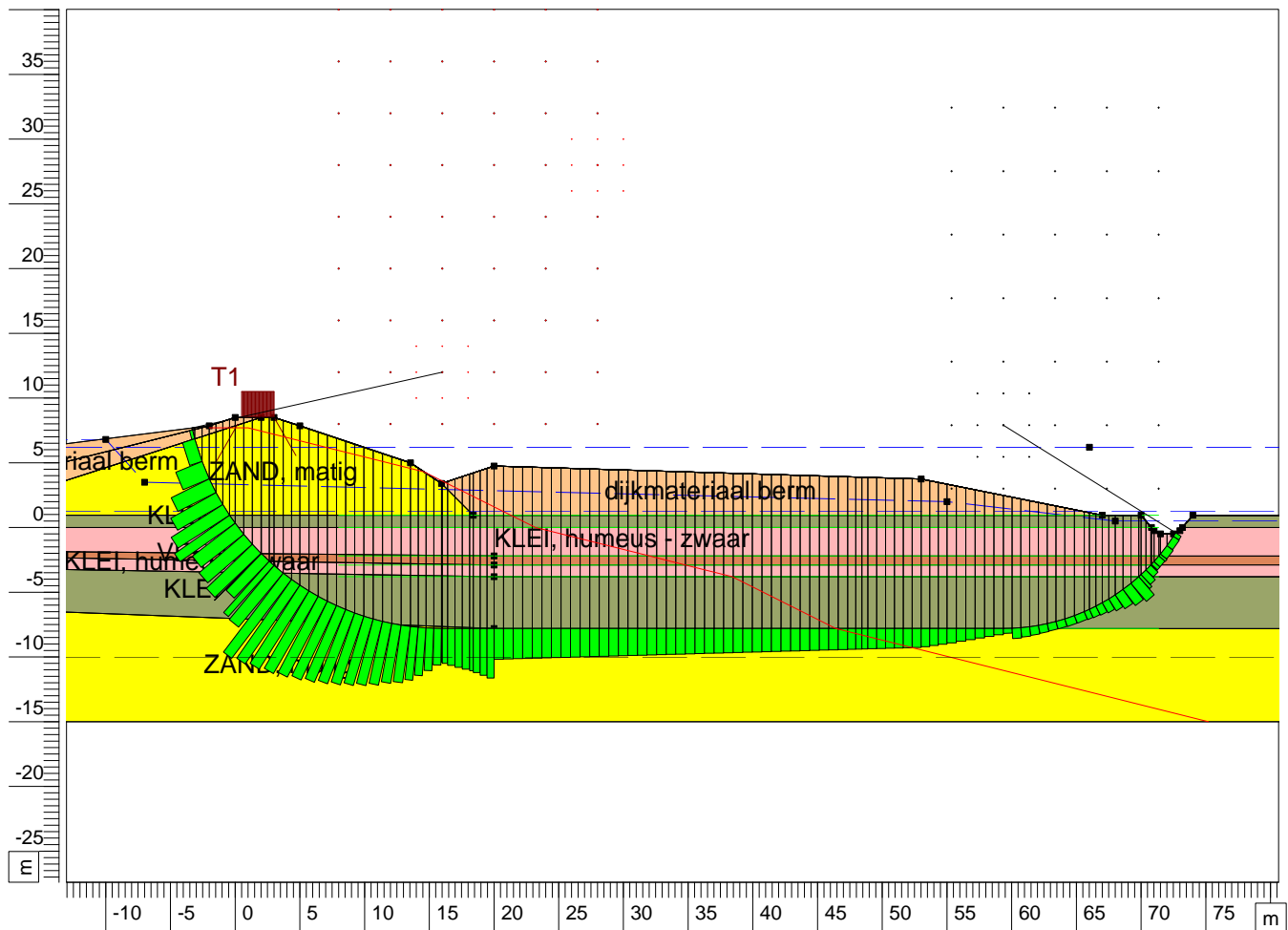


Fig. 3 Plot of piezometric heads

Shear Stress Uplift Van (Zone 1B)



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

Xm : 16,00 [m] Radius : 19,80 [m] Max. stress : 42,191 [kN/m²]
 Ym : 12,00 [m] Safety : 1,40 (1,33) Min. stress : 0,196 [kN/m²]

ROYAL HASKONING
 Royal Haskoning
 Baharossastraal 36
 6522 DK Nijmegen
 Phone +31 (0)24 - 328 42 84
 Fax +31 (0)24 - 323 83 46
 Planstudie Munnikenland - Dijkverleggingsplan
 WD04 - DKM 32-49
 berm lengte 50 m - consolidatie t=360 dgn

M3tab 9.10 : WD04, DKM32-49, 15+10, STBL, 20090618 slope 1\3H, stil

Annex -	9S9885B0	2009/06/18	CSEV
A4	form.	dft.	dvw.

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
    
```

CENTER POINT GRID AND TANGENT LINES

=====

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  : -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 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
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 <= 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
z                                     2
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

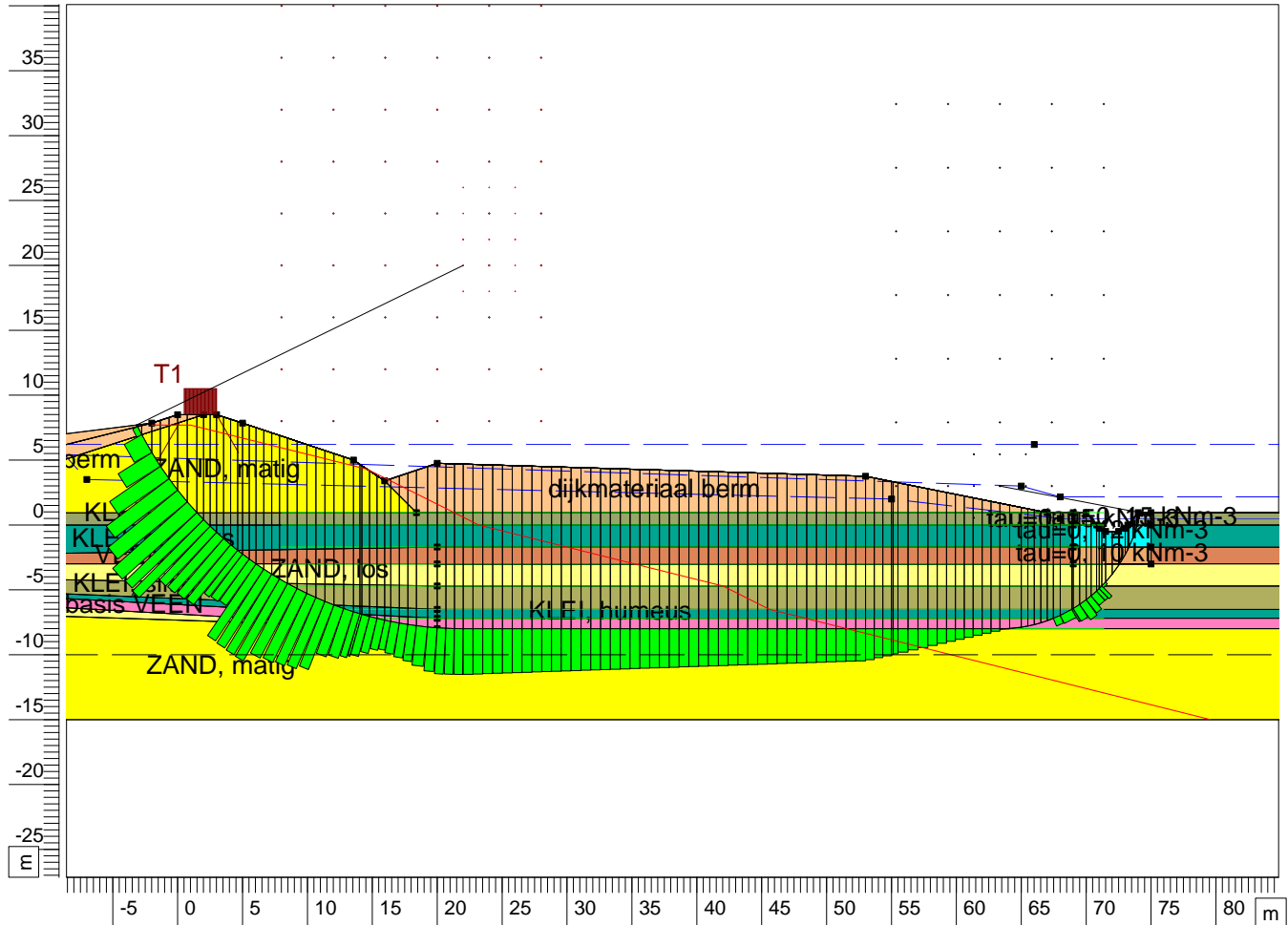
co-ordinates		Uplift
X	y	safety
-26.63	4.25	1.17
-25.49	3.38	1.37
-24.50	2.64	1.48
-23.55	1.98	1.55
-22.52	1.29	1.61
-21.80	0.82	1.53
-21.50	0.64	1.60
-20.97	0.31	1.73
-19.96	-0.28	1.60
-18.82	-0.93	1.83
-17.68	-1.53	2.07
-16.64	-2.06	2.14
-15.68	-2.52	2.29
-14.66	-2.99	2.51
-13.49	-3.49	2.79
-12.26	-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
=====

Shear Stress Uplift Van (Zone 1B)



- Materials**
- dijkmateriaal berm
 - tau=0, 15 kNm-3
 - tau=0, 12 kNm-3
 - tau=0, 10 kNm-3
 - KLEI
 - VEEN
 - KLEI, siltig
 - KLEI, humeus
 - basis VEEN
 - ZAND, los
 - ZAND, matig

Xm : 22,00 [m] Radius : 28,00 [m] Max. stress : 33,404 [kN/m2]
 Ym : 20,00 [m] Safety : 1,27 (1,21) Min. stress : 0,000 [kN/m2]

 ROYAL HASKONING	Royal Haskoning Barlaasosstraat 35 6522 DK Nijmegen	Phone +31 (0)24 - 328 42 84 Fax +31 (0)24 - 323 83 46
M3tab 9.10 : WD08_DKM36-57_15+10_STBL_20090618_slope 1\3H_sil		
Planstudie Munnikenland - Dijkverleggingsplan WD08 - DKM 36-58-57 berm lengte 50 m - consolidatie t=360 dgn	date 2009/06/18	drvl. CSEV
Annex -	9S9885B0	cfr. A4

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	-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	-50.00	65.00	68.00	120.00	
3	- Y -		6.78	6.78	3.00	2.16	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 [kN/m3]	Gam sat [kN/m3]	PL-line top	PL-line 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 [kN/m2]	Phi [degrees]	Cu/Pc [-]	POP [kN/m2]	Cu top [kN/m2]	Cu bot. [kN/m2]	Cu grad. [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 <= 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

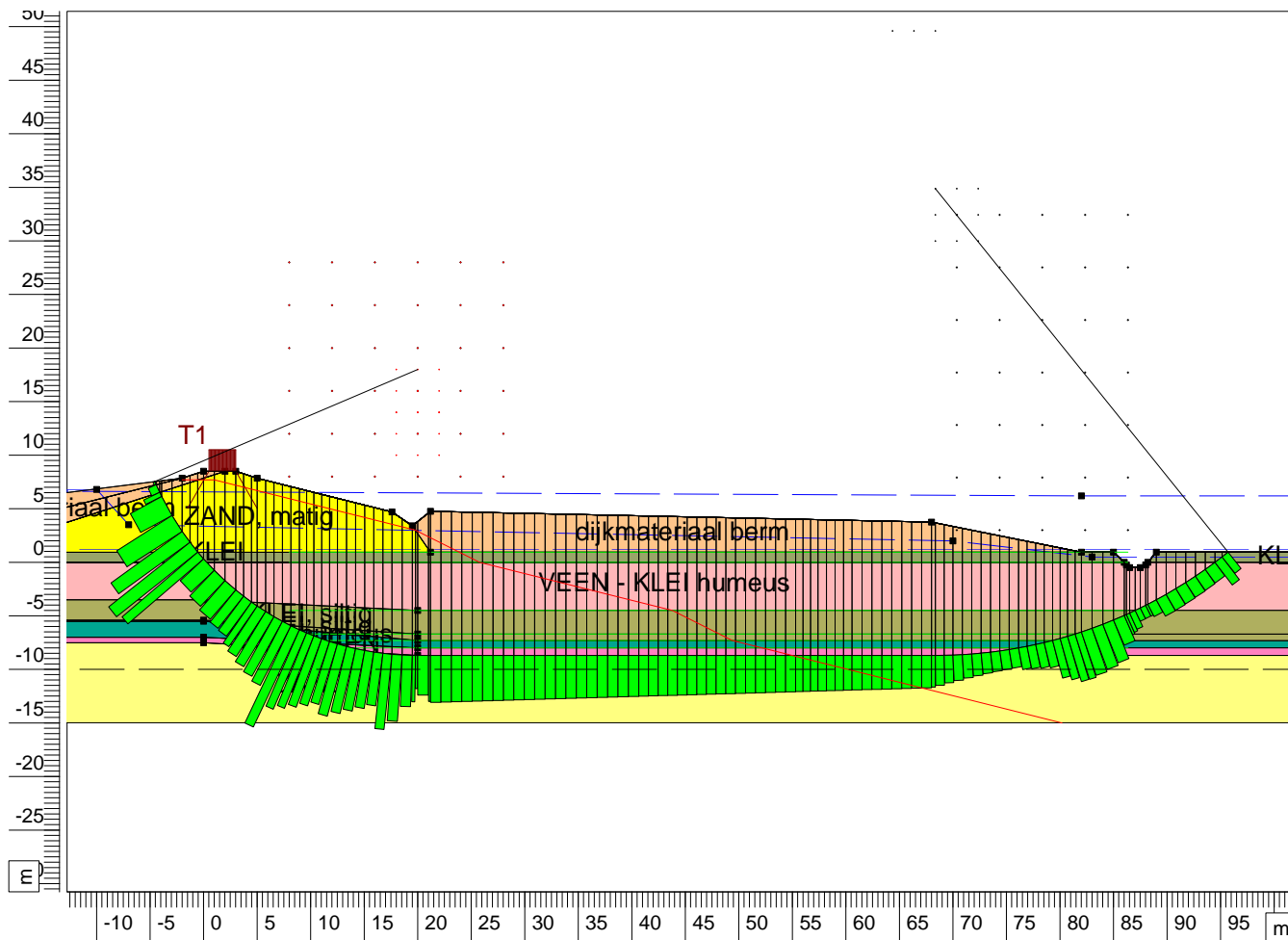
X	y	safety
-26.92	4.23	1.17
-25.82	3.37	1.37
-24.79	2.61	1.48
-23.83	1.93	1.55
-22.86	1.27	1.60
-21.98	0.71	1.59
-21.50	0.40	1.62
-20.74	-0.05	1.65
-19.43	-0.82	1.69
-18.23	-1.47	1.72
-17.14	-2.04	1.75
-15.90	-2.64	1.82
-15.17	-2.98	1.83
-14.44	-3.30	1.85
-13.07	-3.88	1.89
-11.87	-4.35	1.68
-10.88	-4.72	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

=====

Shear Stress Uplift Van (Zone 1B)



Materials

- dijkmateriaal berm
- ZAND, matig
- KLEI
- VEEN - KLEI humeus
- KLEI, siltig
- KLEI, humeus
- basis VEEN
- ZAND

Xm : 20,00 [m]
Ym : 18,00 [m]

Radius : 26,70 [m]
Safety : 1,30 (1,23)

Max. stress : 30,823 [kN/m²]
Min. stress : 0,539 [kN/m²]



Royal Haskoning

Barkhossestraat 36
6522 DK Nijmegen

Phone +31 (0)24 - 328 42 84
Fax +31 (0)24 - 323 83 46

MSlab 9.10 : WD16, DKM76-77-78, 15+10, STBL, 20090616 slope 1V/4H sil

Planstudie Munikenland - Dijkverleggingsplan
WD16 - DKM 76-77-78
bermlengte 60m - consolidatie t=360 dgn

date
2009/06/18

drvl.
CSEV

9S9885B0

ctf.

Annex -

form.
A4

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 [kN/m3]	Gam sat [kN/m3]	PL-line top	PL-line 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 [kN/m2]	Phi [degrees]	Cu/Pc [-]	POP [kN/m2]	Cu top [kN/m2]	Cu bot. [kN/m2]	Cu grad. [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 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
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

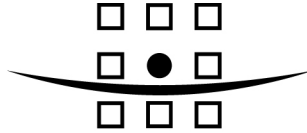
-0.65	-7.66	1.83
0.50	-7.92	1.86
1.50	-8.12	1.86
2.50	-8.28	1.86
3.50	-8.42	1.84
4.50	-8.53	1.80
5.50	-8.61	1.77
6.50	-8.67	1.74
7.50	-8.69	1.70
8.57	-8.70	1.67
9.72	-8.70	1.63
10.90	-8.70	1.59
12.12	-8.70	1.55
13.34	-8.70	1.51
14.56	-8.70	1.47
15.77	-8.70	1.43
16.99	-8.70	1.39
18.08	-8.70	1.33
19.03	-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 ³
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

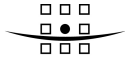
1.6 Non-Uniform Loads

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 [m]	Initial stress			Final stress		
	S-total [kN/m ²]	S-water [kN/m ²]	S-eff. [kN/m ²]	S-total [kN/m ²]	S-water [kN/m ²]	S-eff. [kN/m ²]
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 [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

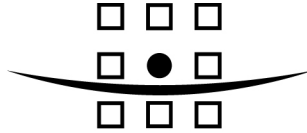
3.2 Residual Times

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 ³
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 [days]	Unit weight	
		Unsaturated [kN/m ³]	Saturated [kN/m ³]
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 [m]	Initial stress			Final stress		
	S-total [kN/m ²]	S-water [kN/m ²]	S-eff. [kN/m ²]	S-total [kN/m ²]	S-water [kN/m ²]	S-eff. [kN/m ²]
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 [m]	Initial stress			Final stress		
	S-total [kN/m ²]	S-water [kN/m ²]	S-eff. [kN/m ²]	S-total [kN/m ²]	S-water [kN/m ²]	S-eff. [kN/m ²]
-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 [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

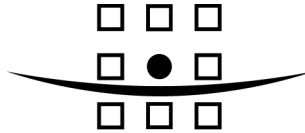
3.2 Residual Times

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 ³
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 [m]	Initial stress			Final stress		
	S-total [kN/m ²]	S-water [kN/m ²]	S-eff. [kN/m ²]	S-total [kN/m ²]	S-water [kN/m ²]	S-eff. [kN/m ²]
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 [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

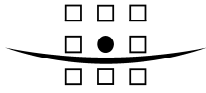
3.2 Residual Times

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

Ontvangen				13 JUL 2009		5-voud	
Lijst				Acc		F000-000	
1				algemeen		op par	

Deltares

Enabling Delta Life



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 stagnant 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 ontgroningen zorgen.

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