Witteveen + Bos

Waterschap Roer en Overmaas

Sluitstukkades Cluster E

ontwerpnota definitief ontwerp

dijkring 77 (Merum-Solvay)
dijkvak 50.720.1

Waterschap Roer en Overmaas

Sluitstukkades Cluster E

ontwerpnota definitief ontwerp

dijkring 77 (Merum-Solvay)
dijkvak 50.720.1

referentie	projectcode	status
STD88-1/zutd/032	STD88-1	definitief
projectleider	**projectdirecteur**	**datum**
ir. S.T. Pwa	ir. H.J.M.A. Mols	27 september 2013

autorisatie	naam	paraaf
goedgekeurd	ir. J. Lansink	

Witteveen+Bos
Van Twickelostraat 2
Postbus 233
7400 AE Deventer
telefoon 0570 69 79 11
fax 0570 69 73 44
www.witteveenbos.nl

Het kwaliteitsmanagementsysteem van Witteveen+Bos is gecertificeerd op basis van ISO 9001.

© Witteveen+Bos
Niets uit dit bestek/drukwerk mag worden verveelvoudigd en/of openbaar gemaakt in enige vorm, hetzij elektronisch, mechanisch dan wel met digitale technieken door fotokopieën, opnamen, Internet of op enige andere wijze zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van Witteveen+Bos Raadgevende ingenieurs B.V. noch mag het zonder een dergelijke toestemming worden gebruikt voor enig ander werk dan waarvoor het is vervaardigd.

INHOUDSOPGAVE **blz.**

1. INLEIDING **1**
1.1. Aanleiding 1
1.2. Opdrachtomschrijving 1
1.3. Kader 1
1.4. Versterkingsopgave 2
1.5. Beschrijving dijkvak 2
1.6. Doel en doelgroep 3
1.7. Leeswijzer 3

DEEL A: ONTWERPUITGANGSPUNTEN **5**

2. ALGEMENE UITGANGSPUNTEN **7**
2.1. Veiligheidsniveau 7
2.2. Robuustheid 7
2.3. Ontwerpperiode en uitbreidbaarheid 7
2.4. Ontwerp op alle faalmechanismen 7
2.5. Ontwerpleidraden 7

3. HYDRAULISCHE UITGANGSPUNTEN **9**
3.1. Maatgevende waterstanden 9
3.1.1. Ontwerpkaderwaterstand 2020 (dijkhoogte) 9
3.1.2. Ontwerpwaterstand voor planperiode 50 jaar (dijksterkte) 9
3.2. Waterstanden bij val na hoogwater 9
3.3. Gemiddelde waterstand 9
3.4. Waterstand 1/10 jaar 10
3.5. Extreem laagwater 10
3.6. Golfcondities 10
3.7. Overslagdebiet 11
3.8. Polderpeil 11

4. GEOMETRISCHE UITGANGSPUNTEN **13**
4.1. Kruinhoogte 13
4.1.1. Waakhoogte 13
4.1.2. Kruinhoogte (sterkte) 13
4.1.3. Kruinhoogte (ontwerp Sluitstukkaden) 13
4.1.4. Aanleghoogte 13
4.2. Taludhellingen 13
4.2.1. Kruinbreedte 13

5. GEOTECHNISCHE UITGANGSPUNTEN **15**
5.1. Beschikbaar grondonderzoek 15
5.2. Bodemopbouw en grondsoorten 15
5.2.1. Dekgrond 15
5.2.2. Grind 16
5.2.3. Zand 16
5.3. Schematisatie bodemopbouw 16
5.4. Volumieke gewichten 17
5.5. Sterkteparameters 17
5.5.1. Karakteristieke waarden 17
5.5.2. Materiaalfactoren 18
5.5.3. Rekenwaarden 18

5.6. Zettingsparameters 18
5.7. Stabiliteitsfactor 18
5.7.1. Schadefactor 19
5.7.2. Schematiseringsfactor 19
5.7.3. Modelfactor 20
5.7.4. Stabiliteitsfactor per zone 20
5.8. Rekenmodel 20
5.9. Verkeersbelasting 20

6. GEOHYDROLOGISCHE UITGANGSPUNTEN 21
6.1. Freatische lijn 21
6.1.1. Bij maatgevend hoogwater 21
6.1.2. Bij val na hoogwater 21
6.1.3. Bij val na hoogwater 22
6.2. Stijghoogte 22
6.3. Waterspanningsverloop 23

DEEL B: HET ONTWERP 25

7. ONTWERPBEREKENINGEN 27
7.1. Rekenprofielen 27
7.2. Hoogte (HT) 27
7.2.1. Kruinbreedte 27
7.2.2. Overslagdebiet 28
7.3. Piping (STPH) 29
7.3.1. Beschermingszone voorland 29
7.3.2. Piping dwarsprofiel 2 30
7.3.3. Piping dwarsprofiel 4 30
7.3.4. Piping dwarsprofiel 7 31
7.4. Macrostabiliteit binnenwaarts (STBI) 31
7.4.1. Maatgevende omstandigheden 31
7.4.2. Uitvoeringsfase 32
7.4.3. Consolidatietijd 32
7.5. Macrostabiliteit buitenwaarts (STBU) 33
7.6. Stabiliteit voorland (STVL) 33
7.6.1. Afschuiving (AF) 33
7.6.2. Zettingsvloeiing (ZV) 37
7.7. Microstabiliteit (STMI) 38
7.8. Stabiliteit bekleding (STBK) 39
7.8.1. Buitentalud 39
7.8.2. Kruin en binnentalud 39
7.9. Niet waterkerende objecten (NWO's) 40
7.9.1. Bomen 40
7.9.2. Kabels en leidingen 40
7.9.3. Bebouwing 40
7.9.4. Beoordelingsmethodiek 40
7.9.5. Beoordeling 41
7.10. Waterkerende kunstwerken 44
7.11. Samenvatting resultaten faalmechanismen 44
7.12. Zettingen 44

8. BESCHRIJVING ONTWERP 47
8.1. Inleiding 47

8.2. Geometrie 47
8.2.1. Ophoging en verbreding kruin 47
8.2.2. Steunberm 48
8.2.3. Egaliseren terrein Solvay Chemie B.V. 48
8.3. Materiaalgebruik grondaanvulling 49
8.4. Aanlegprofiel in verband met zettingen 50
8.5. Bomen 50
8.6. Onderhoudsstroken 50
8.7. Bestemmingsweg bij de binnenteen 50
8.8. Pompopstellocatie 51
8.9. Pompputten 52
8.10. Ontwerptekening 53
8.11. Zonering legger 53
8.11.1. Huidige situatie 53
8.11.2. Nieuwe situatie 53
8.12. Geultalud 54

9. HOEVEELHEDEN 55
9.1. Hoeveelheden 55
9.2. Grondverwerving 55
9.2.1. Binnendijks 55
9.2.2. Buitendijks 55
9.3. Kosten 56

10. OVERIGE ASPECTEN 57
10.1. Uitvoeringsuitgangspunten 57
10.2. Raakvlakken 57
10.2.1. Kabels en Leidingen 57
10.2.2. Sanering Solvay 57
10.2.3. Pompputten 57
10.2.4. Bestemmingsweg 57
10.3. Risico's 57
10.3.1. Deklaag in voorland 57
10.3.2. Materiaal 'ruggen' in het achterland 58
10.3.3. Sanering Solvay 58
10.3.4. Explosieven 58
10.3.5. Flora en Fauna 58
10.4. Beheer en onderhoud 59
10.4.1. Dijklichaam 59
10.4.2. Onderhoudsweg 59
10.4.3. Pompopstelplaats 59
10.4.4. Begroeiing 59
10.5. Veiligheid en gezondheid (V&G) 59
10.5.1. Omgevingsveiligheid 59
10.5.2. Veilige realisatie 59
10.5.3. Veilig beheer en onderhoud 59
10.6. Overig 60
10.6.1. Te monitoren kritisch geachte omgevingsobjecten 60
10.6.2. Te monitoren deformaties en bouwkundige opnames 60
10.6.3. Beheersmaatregelen tot voorkomen van schade aan omgeving 60

laatste bladzijde **61**

BIJLAGEN		**aantal blz.**
I	Grondonderzoek	1
II	Notitie gevoeligheidsanalyse dekgrond	13
III	Notitie rekenblok schematiseringsfactor	12
IV	Berekeningen opbarstveiligheid	3
V	Berekeningen stabiliteit binnenwaarts (STBI)	9
VI	Berekeningen stabiliteit buitenwaarts (STBU)	3
VII	Helpdesk water vraag piping Limburg	2
VIII	Berekeningen piping en heave (STPH)	1
IX	Onderwaterprofiel Maas	3
X	Berekeningen stabiliteit voorland (STVL)	5
XI	Berekening opdrukken kleibekleding (STMI)	2
XII	Berekeningen stabiliteit bekleding (STBK)	2
XIII	Tekening bomeninventarisatie	1
XIV	Zettingsberekeningen	22
XV	Berekening kwelvoorziening	1
XVI	Ontwerptekeningen	6
XVII	Tekening zonering legger	1

1. INLEIDING

1.1. Aanleiding

De sluitstukkades - Cluster E zijn als sluitstuk van de Maaskaden in Limburg in 2010 voor de eerste keer als primaire waterkering getoetst. Door een wijziging van de Wet op de waterkering (inmiddels opgenomen in de Waterwet) in 2005 zijn de Maaskaden als primaire waterkeringen aangemerkt.Primaire waterkeringen dienen volgens de wet iedere 6 jaar getoetst te worden op veiligheid en standzekerheid. Uit de toetsing is gebleken dat de sluitstukkaden - Cluster E, die aanvankelijk buiten de scope van de Maaskaden vielen, niet voldoen aan de veiligheidsnorm van 1/250 per jaar. Om aan de wettelijke norm te voldoen is besloten om de kaden te gaan versterken.

Het project sluitstukkaden - Cluster E bestaat uit de volgende dijkringen:
- Merum - Solvay (dijkring 77);
- Clauscentrale Maasbracht/Brachterbeek (dijkring 80-1 en 80-2);
- Aasterberg (dijkring 82);
- Geulle a/d Maas (dijkring 88).

Het Waterschap Roer en Overmaas is belast met de waterstaatkundige verzorging van deze kaden en is opdrachtgever van de versterkingsopgave.

1.2. Opdrachtomschrijving

Witteveen+Bos voert voor Waterschap Roer en Overmaas de voorbereiding uit van de daadwerkelijke versterking. Deze voorbereiding bestaat uit twee fases:
- planstudie: variantenverkenning, DO voor dijken en kunstwerken;
- bestek en aanbesteding.

De planstudie zal per dijkring separaat worden uitgevoerd. Cluster E zal als één geheel in een bestek worden opgenomen en worden aanbesteed.

1.3. Kader

Het voorliggende document ‘Ontwerpnota definitief ontwerp’ valt binnen het kader van de planstudie. De planstudie omvat naast de ontwerpnota definitief ontwerp de volgende documenten:
- programma van eisen;
- basisrapportage NWO - begroeiing, bebouwing en overige constructies;
- basisrapportage waterkerende constructies;
- grondverwervingsplan;
- notitie variantenafweging;
- V&G-dossier.

Per dijkringgebied is een ontwerpnota definitief ontwerp opgemaakt. Het onderhavige document betreft die van dijkring 77 Merum-Solvay. Naast de ontwerpnota definitief ontwerp dijkring 77 Merum - Solvay bestaan de volgende ontwerpnota’s:
- Clauscentrale Maasbracht/Bachterbeek (dijkring 80-1 en 80-2);
- Aasterberg (dijkring 82);
- Geulle a/d Maas (dijkring 88).

1.4. Versterkingsopgave

Dijkring 77 Merum-Solvay bestaat uit één dijkvak (50.720.1) welke in de toetsing is afgekeurd op macrostabiliteit van het binnentalud (STBI) en niet waterkerende objecten (NWO's), zoals bomen en bosschages. Voor het definitief ontwerp dient de dijk niet alleen op deze faalmechanismen, maar op alle faalmechanismen te worden ontworpen.

Afbeelding 1.1. Ligging dijkring 77 Merum-Solvay

1.5. Beschrijving dijkvak

Dijkvak 50.720.1 ligt aan de zuidwest zijde van Merum. Ten zuiden van het dijkvak ligt de fabriek van Solvay Chemie B.V. Het dijkvak heeft een lengte van 360 meter.

Afbeelding 1.2. Dijkvak 50.720.1

De zone aan de zuidzijde achter de binnenteen, waar veel bossage en bomen aanwezig zijn, is eigendom geweest van Solvay Chemie B.V. Solvay Chemie B.V. is belast met de sanering van dit gebied. Omdat de gesaneerde grond op dezelfde plek weer terug komt en in vergelijkbare mate wordt verdicht heeft de ingreep geen invloed op het huidig ontwerp. Solvay Chemie BV dient haar werkzaamheden na het stormseizoen uit te voeren. Achter de dijk en het terrein van Solvay Chemie b.v. bevindt zich een weg.

Als voorkeursvariant is gekozen om aan de binnenzijde het voormalige terrein van Solvay uit te vlakken. Dit terrein bestaat momenteel uit diepe kuilen en hoge 'ruggen'. Daarnaast is voor de binnenwaartse macrostabiliteit gekozen voor een steunberm aan de binnenzijde.

1.6. Doel en doelgroep

In de ontwerpnota definitief ontwerp is het voorkeursalternatief uit de verkennende variantenstudie uitgewerkt. Doel van de nota is het beschrijven en visualiseren van het definitief ontwerp.

De doelgroep bestaat uit het WRO (initiatiefnemer van de planstudie) en RWS Maaswerken (subsidieverlener). Dit document zal op zogenoemde toetsmomenten worden voorgelegd aan RWS Maaswerken.

1.7. Leeswijzer

Het voorliggend ontwerprapport beschrijft het definitief ontwerp. De rapportage bevat twee delen:
A. ontwerpuitgangspunten;
B. het ontwerp.

In deel A worden de gehanteerde uitgangspunten voor het ontwerp beschreven. In respectievelijk hoofdstuk 2 t/m 6 worden de algemene, geometrische, hydraulische, geotechnische en geohydrologische uitgangspunten behandeld.

Deel B beschrijft het ontwerp. Eerst wordt de ontwerpberekeningen voor de verschillende faalmechanismen in hoofdstuk 7 behandeld. In hoofdstuk 8 het ontwerpresultaat beschreven en hoofdstuk 9 gaat in op de hoeveelheden Tot slot gaat hoofdstuk 10 in op overige aspecten als uitvoeringsuitgangspunten, raakvlakken, risico's, beheer en onderhoud en veiligheid en gezondheid.

DEEL A: ONTWERPUITGANGSPUNTEN

2. ALGEMENE UITGANGSPUNTEN

Onder algemene uitgangspunten vallen uitgangspunten ten aanzien van ontwerpperiode, veiligheidsniveau, robuustheid, uitbreidbaarheid en ontwerpleidraden.

2.1. Veiligheidsniveau

Voor de dijkringen in het beheersgebied van waterschap Roer en Overmaas bedraagt de overschrijdingsnorm 1/250 per jaar conform bijlage II van de Waterwet.

2.2. Robuustheid

Dijkring 77 heeft een overschrijdingsfrequentie van minder dan 1/1250 per jaar. Hierdoor komt de robuustheidtoeslag op de maatgevende hoogwaterstand aan het einde van de planperiode te vervallen [lit. 3.].

2.3. Ontwerpperiode en uitbreidbaarheid

De versterking van dijkring 77 dient uiterlijk voor 2020 gereed te zijn. Voor de **sterkte** van dijk wordt in het geotechnische ontwerp rekening gehouden met een maatgevende berekende ontwerpwaterstand voor een planperiode tot tenminste 2050.

De sterkte vertaald zich in:
- de breedte van de waterkering;
- taludhellingen;
- afmetingen steunbermen.

De **hoogte** van de dijk is daarentegen gerelateerd aan de waterstanden uit het ontwerpkader voor het jaar 2020 [lit. 3.].

Op deze manier zijn in de toekomst, bij aanpassing van de waterstand (2020 naar 2050), geen aanvullende maatregelen nodig voor de sterkte van de dijk (zie Afbeelding 4.1). Volgens het uitbreidbaarheidsprincipe hoeft alleen de kruin te worden opgehoogd.

2.4. Ontwerp op alle faalmechanismen

De sluitstukkaden zijn trajecten c.q. dijkvakken van de waterkering die verbeterd worden. De overige dijkvakken in de betreffende dijkring die niet worden verbeterd hebben nog voldoende reserve voor de huidige veiligheidsnorm. De dijkvakken die verbeterd worden, dienen niet alleen op het afgekeurde faalmechanisme ontworpen en verbeterd te worden, maar op alle faalmechanismen (volledig ontwerp) [lit. 3.].

2.5. Ontwerpleidraden

In het ontwerp is rekening gehouden met alle geldende publicaties van het Expertisenetwerk Waterveiligheid (ENW, voorheen TAW). Hieronder vallen Technische Rapporten, Leidraden en Handreikingen. De separate documenten zijn opgenomen in de literatuurlijst en bij de genoemde uitgangspunten en eisen in het document wordt hier naar verwezen.

Naast bovengenoemde publicaties zijn ook de volgende documenten van toepassing op het versterkingsontwerp:
- ontwerpkader nog aan te leggen Maaskaden [lit. 2.];
- technische ontwerpuitgangspunten Maasdal [lit. 3.].

3. HYDRAULISCHE UITGANGSPUNTEN

3.1. Maatgevende waterstanden

3.1.1. Ontwerpkaderwaterstand 2020 (dijkhoogte)

Met het modelinstrumentarium van projectbureau de Maaswerken en met het modelinstrumentarium van RWS-DL (DPR) zijn de ontwerpwaterstanden vastgelegd voor 2020. Beide modellen genereren dezelfde uitkomst.

Tabel 3.1. Ontwerpwaterstand ontwerpkader

dijkvak	rivierkilometer [km-km]	ontwerpkaderwaterstand Maaswerken/RWS-DL [m +NAP]
50.720.1	71-72	22,00

3.1.2. Ontwerpwaterstand voor planperiode 50 jaar (dijksterkte)

Met beide modelinstrumentaria zijn ook de waterstanden voor 2050 bepaald. De uitkomsten verschillen van elkaar. Het model van RWS-DL is als meest betrouwbaar bestempeld door een fijnere modelresolutie en de betere beschrijving van de modelgrenzen.

Tabel 3.2. Ontwerpwaterstand 50 jaar

dijkvak	rivierkilometer [km-km]	ontwerpwaterstand RWS-DL [m +NAP]
50.720.1	71-72	22,42*

* indien de ontwerpkaderwaterstand 2020 + 0,30 m groter is dan de ontwerpwaterstand 2050 dient met deze waarde te worden gerekend. Dit is hier niet van toepassing.

3.2. Waterstanden bij val na hoogwater

Met het peil na val wordt de waterstand 10 dagen na optreden van maatgevend hoogwater bedoeld. Voor het peil na val bij Merum-Solvay is in eerste instantie de piekafvoer 10 dagen na MHW nabij Borgharen (dorp) afgeleid. Met behulp van Qh-relaties op de Maas is de afvoer vertaald naar een waterstand bij vaste meetpunten rondom Merum-Solvay: Linne (beneden) en Roermond (boven). De waterstand ter hoogte van Merum-Solvay is tot slot afgeleid uit interpolatie tussen beide meetpunten. Tabel 3.3 geeft het resultaat van deze afleiding. De waterstand bij val na hoogwater wordt gebruikt in de berekeningen van de stabiliteit van het buitentalud.

Tabel 3.3. Waterstand bij val na hoogwater

locatie	rivierkilometer [km-km]	peil na val [m +NAP]
Linne (beneden)	70	19,54
Merum-Solvay	**71-72**	**19,40**
Roermond (boven)	79	18,75

3.3. Gemiddelde waterstand

De gemiddelde waterstand is vastgesteld met behulp van waternormalen van Rijkswaterstaat. Hiervoor is gebruik gemaakt van de meetpunten Linne (beneden) en Roermond (bo-

ven). Hiertussen is lineair geïnterpoleerd (zie tabel 3.4). De gemiddelde waterstand wordt gebruikt in de berekeningen van de stabiliteit van het dijklichaam in de uitvoeringsfase.

Tabel 3.4. Gemiddelde rivierwaterstand

locatie	rivierkilometer [km-km]	gemiddelde rivierwaterstand (GRW) [m +NAP]
Linne (beneden)	70	16,90
Merum-Solvay	**71-72**	**16,90**
Roermond (boven)	79	16,80

3.4. Waterstand 1/10 jaar

De maximale waterstand die eens per 10 jaar optreedt is vastgesteld met behulp van waternormalen van Rijkswaterstaat. Hiervoor is gebruik gemaakt van de meetpunten Linne (beneden) en Roermond (boven). Hiertussen is lineair geïnterpoleerd (zie tabel 3.5). De waterstand die eens per 10 jaar optreedt wordt gebruikt in de berekeningen van de stabiliteit van de bekleding.

Tabel 3.5. Peil eens per 10 jaar

locatie	rivierkilometer [km-km]	niveau P= 1/10 per jaar [m + NAP]
Linne (beneden)	70	19,95
Merum-Solvay	**71-72**	**19,80**
Roermond (boven)	79	19,20

3.5. Extreem laagwater

Het extreem laagwaterpeil is vastgesteld met behulp van waternormalen van Rijkswaterstaat. Als extreem laagwaterpeil is de waterstand aangehouden die optreedt bij de laagst bekende afvoer. Hiervoor is gebruik gemaakt van de meetpunten Linne (beneden) en Roermond (boven). Hiertussen is lineair geïnterpoleerd (zie tabel 3.6).

Tabel 3.6. Extreem laagwater

locatie	rivierkilometer [km-km]	extreem laagwater [m +NAP]
Linne (beneden)	70	16,80
Merum-Solvay	**71-72**	**16,80**
Roermond (boven)	79	16,80

Extreem laagwater is niet de laagste waterstand op de Maas maar het laagste stuwpeil. Wanneer de stuw (bij Roermond) wordt opengezet (bij ijsgang op de Maas) kan het peil verder zakken naar NAP +13,3m. De extreem lage waterstand bij open stuw wordt gebruikt in de berekeningen van de stabiliteit van het voorland.

3.6. Golfcondities

De golfhoogte, -periode en -richting van windgolven op de Maas zijn bepaald met hydra-R Maas.

3.7. Overslagdebiet

Bij het ontwerp van de hoogte van de dijk wordt een vaste waakhoogte toegepast van 0,5 m. Hierop worden de overslagdebieten bepaald.

Hydra-R Maas biedt de mogelijkheid om de dijkgeometrie en de maatgevende waterstanden handmatig in te voeren. Het overslagdebiet wordt zowel voor het jaar 2020 als 2050 berekend. De overslagdebieten worden alsvolgt beoordeeld:

- bij $q < 0,1$ l/s/m zal de invloed van het overslagdebiet worden verwaarloosd;
- bij $0,1 < q < 10$ l/s/m zal de sterkte van de bekleding op het binnentalud of de dimensies van het dijklichaam daarop aangepast worden;
- bij $q > 10$ l/s/m zullen de dimensies van het dijklichaam worden aangepast, zodat het overslagdebiet maximaal 10 l/s/m bedraagt.

De overslagdebieten worden zowel bepaald voor het jaar 2020 als het jaar 2050.

3.8. Polderpeil

Het polderpeil in het achterland is gelijk gehouden aan het niveau van het maaiveld.

4. GEOMETRISCHE UITGANGSPUNTEN

4.1. Kruinhoogte

4.1.1. Waakhoogte

In het ontwerp wordt rekening gehouden met een vaste waakhoogte van 0,50 m.

4.1.2. Kruinhoogte (sterkte)

Voor de berekeningen van de 'sterkte' van de dijk is rekening gehouden met een kruinhoogte gelijk aan de ontwerpwaterstand voor 50 jaar plus de waakhoogte. De kruinhoogte komt hiermee op NAP +22,92 m (NAP +22,42 m + 0,50 m).

4.1.3. Kruinhoogte (ontwerp Sluitstukkaden)

In het ontwerp wordt een kruinhoogte opgenomen welke gelijk is aan de ontwerpkaderwaterstand 2020 plus de waakhoogte. De kruinhoogte voor het ontwerp komt hiermee op NAP +22,50 m (NAP +22,00 m + 0,50 m).

4.1.4. Aanleghoogte

Voor de versterkingsopgave voor het jaar 2020 hoeft de kruin niet te worden opgehoogd. Voor het uitbreidbaarheidsprofiel voor 2050 is de maximale ophoging van de kruin circa 0,15 m.

Zettingscompensatie
Als gevolg van de ophoging zullen er zettingen optreden, welke gecompenseerd moeten worden om tot de ontwerphoogte te komen aan het eind van de ontwerpperiode. De benodigde hoeveelheid zettingscompensatie is bepaald in deze rapportage (§ 7.11).

Klink
Er wordt rekening gehouden met 10% klink conform het Technisch Rapport Waterkerende Grondconstructies [lit. 15.].

4.2. Taludhellingen

De minimale taludhellingen die in het ontwerp worden gebruikt zijn 1:3.

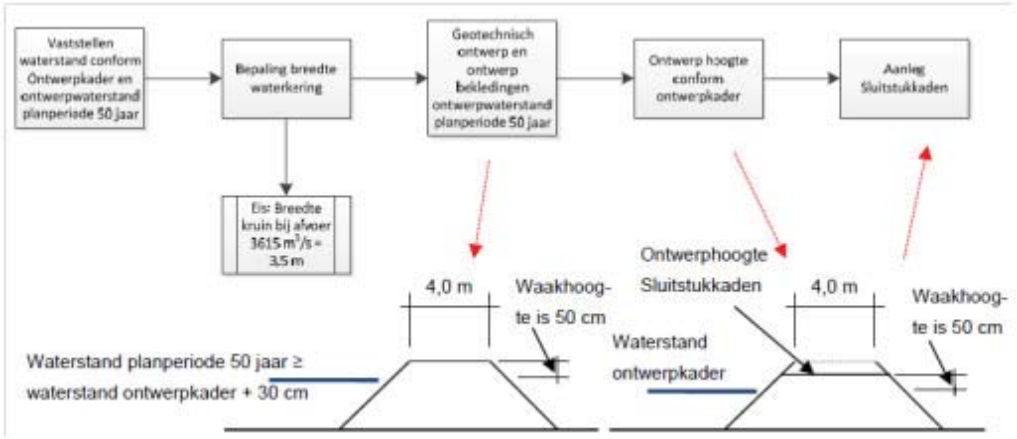
4.2.1. Kruinbreedte

Binnen de ruimtereservering voor de uitbreidbaarheid dient rekening gehouden te worden met een kruinbreedte van minimaal 4 meter ten behoeve van een onderhoudspad. Dit betekend dat de kruinbreedte op het ontwerpniveau (2020) breder zal zijn. In onderstaande tabel is inzichtelijk gemaakt welke breedte de dijk dient te hebben indien er wordt versterkt met taluds van 1:3.

Tabel 4.1. Kruinbreedte

dijkvak	uitbreidbaarheidsprofiel		versterkingsontwerp		
	niveau [m +NAP]	breedte [m]	niveau [m +NAP]	taludhelling [-]	breedte [m]
50.720.1	22,92	4,00	22,50	1:3	6,52

Afbeelding 4.1. Samenvatting waterstand, kruinhoogte en kruinbreedte



5. GEOTECHNISCHE UITGANGSPUNTEN

5.1. Beschikbaar grondonderzoek

Tussen november 2009 en juni 2010 is er grondonderzoek uitgevoerd door Geonius Geotechniek. Tabel 5.1 geeft een overzicht van het onderzoeksareaal.

Tabel 5.1. Beschikbaar grondonderzoek Geonius Geotechniek

dijkvak	locatie	codering	
		boring	sondering
50.720.1	teen buitendijks	HBms02, HBms104, HBms106, HBms108, HBms110	-
	kruin	HBms112	Sms113
	teen binnendijks	HBms101, HBms103, HBms105, HBms107, HBms109	-

Dit grondonderzoek is door WRO aan het Dinoloket aangeleverd en opgenomen. Er is geen aanvullend onderzoek in Dino beschikbaar.

Het grondonderzoek (tekening STD75.1.1001) is in bijlage I opgenomen.

5.2. Bodemopbouw en grondsoorten

De bodemopbouw bij Merum bestaat grofweg uit de volgende grondlagen (tot 10 meter onder kruinhoogte):
- dekgrond: bestaat hoofdzakelijk uit leem uit het Maasdal door alluviale of aeolische afzettingen;
- grind: direct onder de dekgrond bevindt zich hoofdzakelijk grind, de bijmenging is veelal siltig en/of zandig;
- zand: komt hoofdzakelijk voor als lokale zandlenzen.

5.2.1. Dekgrond

De natuurlijke dekgrond bestaat hoofdzakelijk uit leem en komt voor als alluviale afzetting (sterk kleiig silt/leem) en aeolische (löss) afzetting (zandig leem, al dan niet verspoeld). De alluviale afzettingen gedragen zich als klei en zijn gesedimenteerd in de maasgeul. De aeolische afzettingen komen vanaf het land en liggen als een ‘deken’ over de andere afzettingen.

Conform Tabel 2.b van de NEN-EN 1997-1+C1:2012/NB:2012 [lit. 21.] laten de sterkte-eigenschappen van de rivierafzetting zich schematiseren als ‘klei, zwak zandig, matig’ en sterkte-eigenschappen van de meer zandige lössafzetting als ‘leem, zwak zandig, slap’. Beide soorten afzettingen hebben een droog en nat volumiek gewicht van 19 kN/m³.

Voor de stabiliteitsberekeningen is een gevoeligheidsanalyse (bijlage II) uitgevoerd naar de schematisatie van de dekgrond. In deze gevoeligheidsanalyse zijn de volgende punten opgenomen:
- sterkteparameters (klei, zwak zandig, matig - leem, sterk of zwak zandig, slap);
- freatische lijn (kleidijk - zanddijk);
- zonering (kleidijk - zanddijk.

Op basis van de uitgevoerde analyse is de dekgrond geschematiseerd als leem, zwak zandig, slap.

5.2.2. Grind

De ondergrond onder de dekgrond bestaat voornamelijk uit een mengsel van zand en grind. Conform Tabel 2.b van de NEN-EN 1997-1+C1:2012/NB:2012 [lit. 21.] laten de sterkte-eigenschappen van deze ondergrond zich schematiseren als ‘grind, zwak siltig, matig’.

5.2.3. Zand

Lokaal komt er zand voor, vaak in de vorm van een zandlens of een dunne laag boven het grind en tussen dekgrondlagen.

5.3. Schematisatie bodemopbouw

Er is een duidelijke tweedeling in de aanwezige bodem en dijkopbouw. Op het noordwestelijke deel van het dijkvak is de dijkopbouw zandig en bevindt de grindlaag zich op relatief grote hoogte in het profiel; boringen in het achterland stuiten al op 0,3 meter onder het maaiveld op de grindlaag (bovenkant grindlaag op NAP +19,8 m). Ook komt lokaal grind en zand voor in het dijklichaam zelf.

Zuidoostelijk op het dijkvak wordt de deklaag in het achterland en voorland dikker en toont de sondering een meer cohesief kernmateriaal dan in het noordoosten. De grindlaag in het achterland ligt hier pas op grotere diepte (bovenkant grindlaag op NAP +16,5 m).

Een verklaring voor de lokale ‘opbolling’ van de grindlaag over zeer korte afstand kan worden gezocht in de morfodynamiek van de Maas. Oude stroomprofielen uit 1848 tonen een Maas met scherpe bochten, juist op het noordwestelijke deel van het dijkvak (Afbeelding 5.1). Een gevolg van een scherpe bocht is dat naast primaire stroming ook sterke secundaire stromingen worden opgewekt, waarbij (zwaar) sediment van de rivierbodem hoog op de buitenoever wordt afgezet.

Afbeelding 5.1. Historische kaart uit 1848

In de schematisatie wordt rekening gehouden met de wisselende gelaagdheid van grondlagen door de bodemopbouw op basis van lokale boringen en sonderingen aan de geometrie te koppelen. Tabel 5.2 t/m tabel 5.4 geeft de bodemopbouw per dwarsprofiel weer, waarmee de stabiliteitsberekeningen worden uitgevoerd.

Tabel 5.2. Schematisatie bodemopbouw dwarsprofiel 2

grondsoort	onderkant laag		
	voorland (HBms110) [m +NAP]	kruin (HBms109) [m +NAP]	achterland (HBms109) [m +NAP]
Leem, zwak zandig, slap	17,7	17,5	17,5
Grind, zwak siltig, matig	-	-	-

Tabel 5.3. Schematisatie bodemopbouw dwarsprofiel 4

grondsoort	onderkant laag		
	voorland (HBms106) [m +NAP]	kruin (Sms113) [m +NAP]	achterland (HBms105) [m +NAP]
Leem, zwak zandig, slap	17,0	16,3	16,5
Grind, zwak siltig, matig	-	-	-

Tabel 5.4. Schematisatie bodemopbouw dwarsprofiel 7

grondsoort	onderkant laag		
	voorland (HBms02) [m +NAP]	kruin (HBms112) [m +NAP]	achterland (HBms103) [m +NAP]
Leem, zwak zandig, slap	18,3	21,5	19,5
Zand schoon matig	n.v.t	19,7	n.v.t.
Grind, zwak siltig, matig	-	-	-

5.4. Volumieke gewichten

De volumieke gewichten zijn opgenomen in Tabel 5.5 en zijn afkomstig uit tabel 2b van de NEN-9997-1+c1 [lit. 21.].

Tabel 5.5. Volumieke gewichten

grondsoort	volumiek gewicht droog γ [kN/m³]	volumiek gewicht nat γ_{sat} [kN/m³]
Leem, zwak zandig, slap	19	19
Grind, zwak siltig, matig	18	20
Zand, schoon, matig	18	20

5.5. Sterkteparameters

5.5.1. Karakteristieke waarden

De karakteristieke waarden van de aanwezige grondsoorten zijn opgenomen in Tabel 5.6. De sterkteparameters zijn afkomstig uit Tabel 2b van de NEN-9997-1+c1 [lit. 21.].

Tabel 5.6. Karakteristieke waarden sterkteparameters

grondsoort	cohesie c'_{rep} [kN/m²]	hoek van inwendige wrijving φ'_{rep} [°]
Leem, zwak zandig, slap	1,0 *	27,5
Grind, zwak siltig, matig	0,0	35,0
Zand, schoon, matig	0,0	32,5

* Er is een cohesie van 1 kPa aangehouden omdat er relatief veel klei in het leem aanwezig is. De eurocode schrijft voor leem, zwak zandig, slap een cohesie voor van 0 tot 1.

5.5.2. Materiaalfactoren

In de materiaalfactor zijn onzekerheden ten aanzien van de beschrijving van de schuifsterkte verdisconteerd. Een overzicht van de toe te passen materiaalfactoren is gegeven in Tabel 5.4 De waarden zijn afkomstig uit het Addendum bij het Technisch Rapport Waterkerende Grondconstructies [lit. 15.] en zijn afgeleid voor een basisbetrouwbaarheidsniveau β = 4,0 (-).

Tabel 5.7. Materiaalfactoren

grondsoort	cohesie [-]	hoek van inwendige wrijving [-]
Leem, zwak zandig, slap *	1,25	1,20
Grind, zwak siltig, matig	n.v.t.	1,20
Zand, schoon, matig	n.v.t.	1,20

* voor leem, zwak zandig, slap zijn de materiaalfactoren voor klei gehanteerd.

5.5.3. Rekenwaarden

De rekenwaarden van de aanwezige grondsoorten zijn opgenomen in Tabel 5.8.

Tabel 5.8. Rekenwaarden sterkteparameters

grondsoort	cohesie c'_{rek} [kN/m²]	hoek van inwendige wrijving φ'_{rek} [°]
Leem, zwak zandig, slap	0,8	23,5
Grind, zwak siltig, matig	0,0	30,3
Zand, schoon, matig	0,0	28,0

5.6. Zettingsparameters

De NEN-Bjerrum zettingsparameters zijn opgenomen in Tabel 5.9. De waarden voor RR, CR en C_α zijn afkomstig uit tabel 2.b van de NEN 9997-1+C1:2012 [lit. 21.]. Voor de consolidatie coëfficiënt c_v is voor leem $1 \cdot 10^{-7}$ m^2/s aangenomen, zand en grind zijn gedraineerd gemodelleerd. Voor alle grondsoorten is een pre-overburden pressure (POP) aangehouden van 10 kPa.

Tabel 5.9. Zettingsparameters

grondsoort	RR [-]	CR [-]	Cα [-]	c_v [m^2/s]	POP [kPa]
Leem, zwak zandig, slap	0,0307	0,0920	0,0037	$1 \cdot 10^{-7}$	10
Zand, schoon, matig	0,0013	0,0038	0	drained	10
Grind, zwak siltig, matig	0,0008	0,0023	0	drained	10

5.7. Stabiliteitsfactor

In het addendum bij het Technische Rapport Waterkerende Grondconstructies [lit. 15.] is voorgeschreven hoe groot de veiligheid dient te zijn tegen afschuiven.

De stabiliteitsfactor is de minimale veiligheidsfactor waaraan de maatgevende glijcirkel moet voldoen. De stabiliteitsfactor is het product van de modelfactor, de schadefactor en de schematiseringsfactor.

5.7.1. Schadefactor

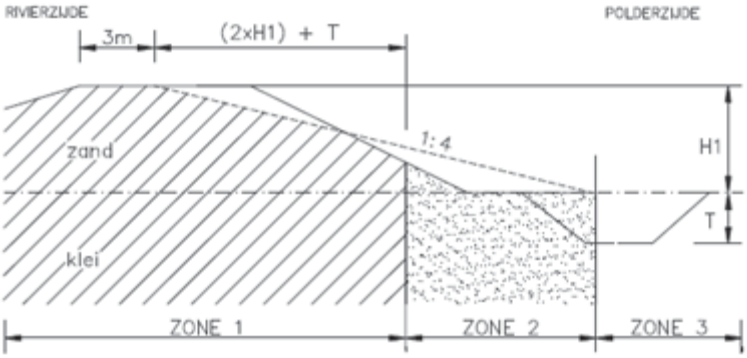
Dijkring 77 heeft een overschrijdingsnorm van 1/250 per jaar. Bij deze norm geldt een schadefactor van 1,04 [lit. 12.].

Zoneringsregel
In de handreiking constructief ontwerpen [lit. 20.] is een methodiek beschreven om met gedifferentieerde schadefactoren te rekenen. Daarbij wordt onderscheid gemaakt tussen drie zones. Afhankelijk van de zone waarin het intredepunt van de glijcirkel ligt mag een lagere schadefactor worden toegepast.

Voor de stabiliteitsberekeningen is een gevoeligheidsanalyse (bijlage II) uitgevoerd naar de schematisatie van de dekgrond. In deze gevoeligheidsanalyse zijn de volgende punten opgenomen:
- sterkteparameters (klei, zwak zandig, matig - leem, sterk of zwak zandig, slap);
- freatische lijn (kleidijk - zanddijk);
- zonering (kleidijk - zanddijk.

Op basis van de uitgevoerde analyse is de dekgrond geschematiseerd als leem, zwak zandig, slap en wordt bij de zonering uitgegaan van een zanddijk.

Afbeelding 5.2. Zoneringsregel zanddijk



Voor zone 2 geldt een schadefactor van 0,97 [lit. 20]. Aan zone 3 zijn geen eisen gesteld. Bij de teen van de dijk is een opbarstzone waardoor er altijd lokaal zeer kleine glijcirkels kunnen optreden. Deze glijcirkels liggen door de zoneringsregel zo ver van de dijk dat wordt gesteld dat deze geen invloed hebben op de waterkerende functie van het grondlichaam.

Voor de buitenwaartse macrostabiliteit wordt dezelfde schadefactor gehanteerd als zone 2.

5.7.2. Schematiseringsfactor

Voor de schematiseringsfactor is een waarde van 1,1 aangehouden. Deze waarde is bepaald met behulp van het stappenplan schematiseringsfactor. Deze is opgenomen in bijlage III.

5.7.3. Modelfactor

Met de modelfactor wordt onder andere onzekerheden ten aanzien van het rekenmodel verdisconteerd. Voor de methode Bishop en Uplift Van geldt een modelfactor van respectievelijk 1,00 en 1,05.

5.7.4. Stabiliteitsfactor per zone

Op basis van bovengenoemde factoren gelden de stabiliteitsfactoren zoals genoemd in onderstaande tabel.

Tabel 5.10. Stabiliteitsfactoren

grondsoort	SF Bishop (1/250 jaar)	SF Uplift Van (1/250 jaar)
binnenwaarts zone 1	1,14	1,20
binnenwaarts zone 2	1,07	1,12
binnenwaarts zone 3	-	-
buitenwaarts	1,07	-

5.8. Rekenmodel

Bij een opbarstveiligheid tussen 1,1 en 1,2 (opdrijven) wordt naast de berekening met methode Bishop ook een berekening met de methode Uplift van uitgevoerd.

Indien de opbarstveiligheid kleiner is dan 1,1 (opbarsten) is er een reductie toegepast op de cohesieve deklaag in de opbarstzone. De sterkteparameter van de cohesie en de hoek van inwendige wrijving zijn in de berekeningen met methode Bishop gereduceerd naar 0.

5.9. Verkeersbelasting

Bij de bepaling van macrostabiliteit dient rekening te worden gehouden met een verkeersbelasting op de kruin. Conform de Handreiking Constructief Ontwerpen [lit. 20.] bedraagt de belasting 13,3 kN/m^2 over 2,5 meter kruinbreedte. De in rekening gebrachte consolidatiegraden zijn voor de cohesieve grondlagen gelijk aan 0 % (nog volledig ongeconsolideerd) en voor zand en grind 100 % (volledig geconsolideerd). De lastspreidingshoek in de ondergrond bedraagt 30°.

6. GEOHYDROLOGISCHE UITGANGSPUNTEN

6.1. Freatische lijn

6.1.1. Bij maatgevend hoogwater

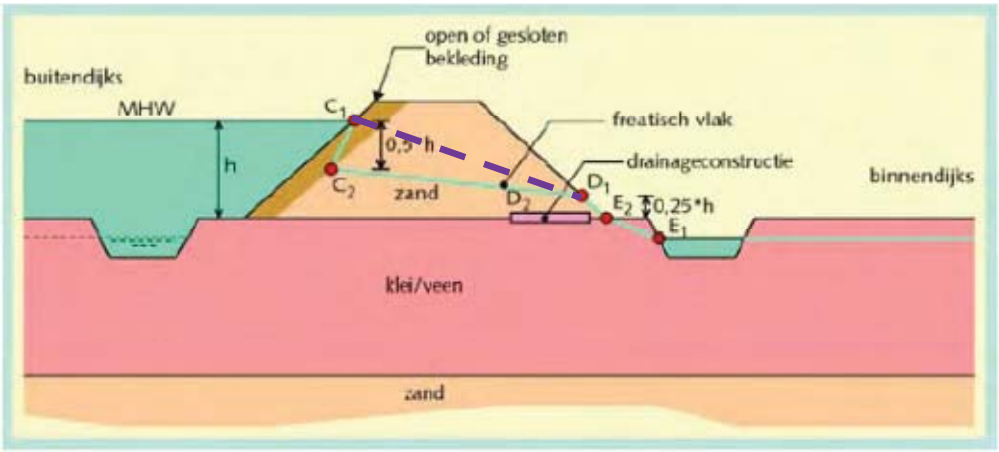
Voor de stabiliteitsberekeningen is een gevoeligheidsanalyse (bijlage II) uitgevoerd naar de schematisatie van de dekgrond. In deze gevoeligheidsanalyse zijn de volgende punten opgenomen:

- sterkteparameters (klei, zwak zandig, matig - leem, sterk of zwak zandig, slap);
- freatische lijn (kleidijk - zanddijk);
- zonering (kleidijk - zanddijk).

Op basis van de uitgevoerde analyse is de dekgrond geschematiseerd als leem, zwak zandig, slap en wordt bij de schematisatie van de freatische lijn uitgegaan van een zanddijk.

De freatische lijn is geschematiseerd op basis van figuur b1.3 uit het Technisch Rapport Waterspanningen bij Dijken [lit. 13.]. Er is geen rekening gehouden met een gesloten bekleding op het buitentalud, de freatische lijn verloopt van C1 naar D1 (zie stippellijn).

Afbeelding 6.1. Schematisatie freatische lijn bij maatgevend hoogwater

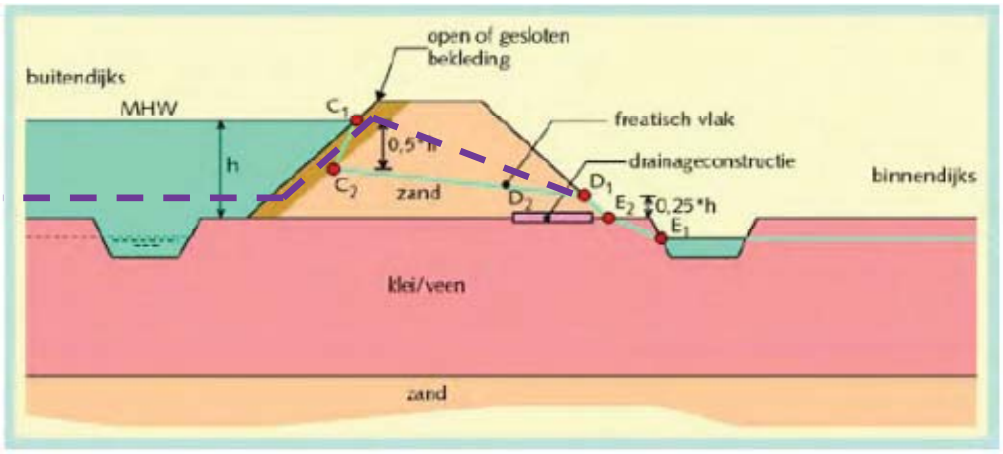


6.1.2. Bij val na hoogwater

Voor het berekenen van de buitenwaartse macrostabiliteit wordt de freatische lijn geschematiseerd na een val van het hoogwater.

Voor deze situatie geldt de freatische lijn bij maatgevend hoogwater als uitgangspunt. Vanaf het punt op de freatische lijn dat 0,3 m onder het buitentalud ligt volgt de freatische lijn het buitentalud (op een afstand van 0,3 m) tot aan de waterstand bij snelle val, NAP + 19,4 m.

Afbeelding 6.2. Schematisatie freatische lijn bij val na hoogwater

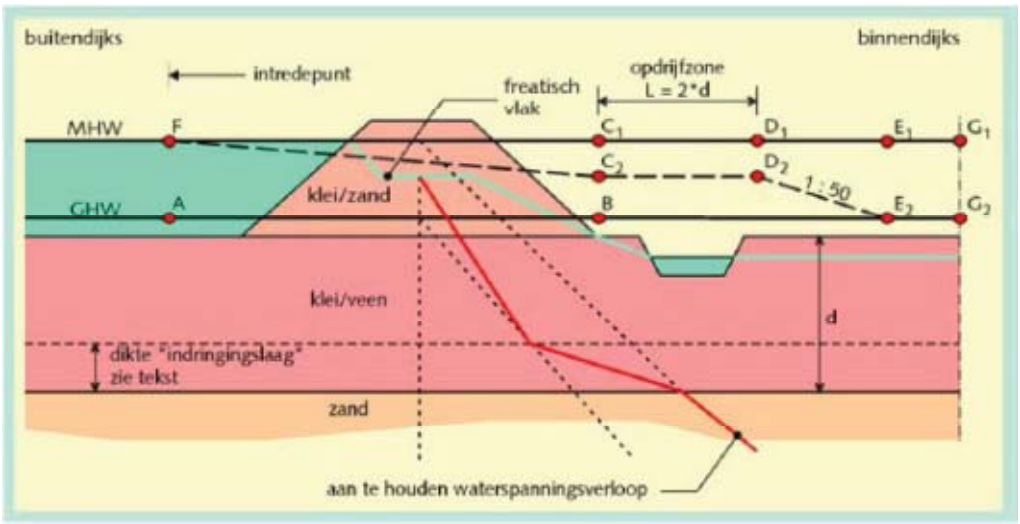


6.1.3. Bij val na hoogwater

6.2. Stijghoogte

In verband met de hoge doorlatendheid van de grindlaag is de stijghoogte bij de teen van de dijk gelijk gehouden aan de maatgevende waterstand tenzij er sprake is van opbarsten. In geval van opbarsten (opbarstveiligheid <1,0) is de grenspotentiaal geschematiseerd conform figuur b.1.5 uit het Technisch Rapport Waterspanningen bij Dijken [lit. 13.]. De stijghoogtelijn volgt in dit geval de onderbroken lijn waarbij de hoogte van punten C2 en D2 afhankelijk is van de grenspotentiaal. Voor het intredepunt (F) is de buitenteen van de dijk aangehouden (afbeelding 6.3). In verband met de geringe dikte van de deklaag is er niet gerekend met een indringingslaag.

Afbeelding 6.3. Schematisatie waterspanningsverloop [lit. 13.]



6.3. Waterspanningsverloop

De waterspanningen in de kern van de dijk worden hydrostatisch aangenomen (volledig beinvloed door de freatische lijn). In het 1^{e} watervoerend pakket, aan de onderzijde van de dekgrond, heerst een stijghoogte gelijk aan MHW.

Over de dekgrond verloopt de waterspanning lineair van de freatische lijn aan het maaiveld (en onderzijde kern) naar de stijghoogte in het 1^{e} watervoerend pakket.

DEEL B: HET ONTWERP

7. ONTWERPBEREKENINGEN

7.1. Rekenprofielen

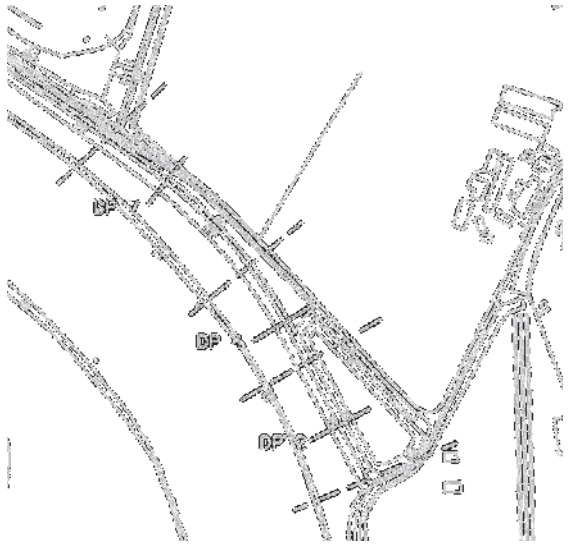
Voor het definitief ontwerp zijn 3 dwarsprofielen doorgerekend op alle faalmechanismen. Hiervoor zijn dwarsprofielen DP 2, DP 4 en DP 7 uit de revisiemetingen gebruikt.

Tabel 7.1. Rekenprofielen

dwarsprofiel	
DP2	lokaal kuil in achterland aanwezig
DP4	laag maaiveld in achterland
DP7	steil binnentalud

In afbeelding 7.1 is weergegeven voor welk traject de profielen representatief zijn geacht.

Afbeelding 7.1. Representatieve dwarsprofielen



7.2. Hoogte (HT)

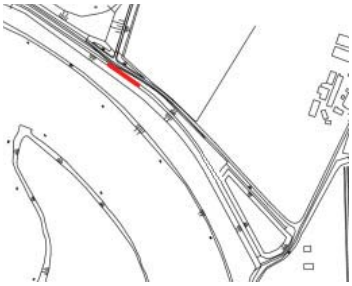
De hoogte van de dijk is afhankelijk van de ontwerpkaderwaterstand 2020 en de waakhoogte. De ontwerpkaderwaterstand 2020 is NAP +22,00 m en de waakhoogte bedraagt 0,5 meter. De minimaal benodigde kruinhoogte bedraagt NAP +22,50 meter.

In het gehele dijkvak is de kruinhoogte minimaal NAP +22,50 en de dijk hoeft dus niet opgehoogd te worden.

7.2.1. Kruinbreedte

In verband met de uitbreidbaarheid dient de dijk op NAP +22,50 m minimaal 6,52 m breed zijn (zie § 4.2.1). Alleen in het meest noordelijke gedeelte is dit niet het geval.

Afbeelding 7.2. Locatie toe te passen kruinverbreding



7.2.2. Overslagdebiet

De hoogte van de dijk is niet afhankelijk van het toelaatbare overslagdebiet. Wel is overslagdebiet bepaald voor het jaar 2020 en het jaar 2050. De berekeningen hiervan zijn uitgevoerd met Hydra-R Maas.

Tabel 7.2. Overslagdebieten berekend met Hydra-R Maas voor 2020

dwarsprofiel	locatie Hydra-R	dijknormaal t.o.v. noord [º]	waterstand [m +NAP]	kruinhoogte [m +NAP]	H_s [m]	T_p [sec]	overslagdebiet [l/s/m^1]	kruinhoogte bij overslagdebiet van 0,1 l/s/m^1 [m NAP]
DP2	5	240	22,00	22,89	0,46	2,67	< 0,1	22,83
DP4	6	240	22,00	22,90	0,46	2,65	< 0,1	22,85
DP7	7	220	22,00	22,92	0,46	2,66	< 0,1	22,83

Tabel 7.3. Overslagdebieten berekend met Hydra-R Maas voor 2050

dwarsprofiel	locatie Hydra-R	dijknormaal t.o.v. noord [º]	waterstand [m +NAP]	kruinhoogte [m +NAP]	H_s [m]	T_p [sec]	overslagdebiet [l/s/m^{-1}]	kruinhoogte bij overslagdebiet van 0,1 l/s/m^{-1} [m NAP]
DP2	5	240	22,42	22,92	0,47	2,68	1,9	23,26
DP4	6	240	22,42	22,92	0,46	2,66	2,2	23,28
DP7	7	220	22,42	22,92	0,47	2,66	2,0	23,26

Aangezien het overslagdebiet voor het jaar 2020 niet groter is dan 0,1 l/s/m is de invloed van het overslagdebiet verwaarloosd (§3.7). Er worden geen eisen gesteld aan de bekleding op het binnentalud. het overslagdebiet voor het jaar 2050 is tussen de 1 en 10 l/s/m. Er worden wel eisen gesteld aan de graskwaliteit. In §7.8 wordt de bekelding op deze hoeveelheden gedimensioneerd.

7.3. Piping (STPH)

In de berekeningen van piping en heave is rekening gehouden met de ontwikkeling van een steunberm (zoals berekend in § 7.4) en het egaliseren van het achterland in het zuidelijke deel van het dijkvak (§ 8.2.3).

De benodigde kwelweglengte is berekend met de methode Bligh. Er is een helpdesk watervraag gesteld over het toetsen van waterkeringen in Limburg op piping en heave (bijlage VII). In verband met de hoge doorlatendheid van het grind en de piping gevoeligheid van het leem wordt aanbevolen te toetsen met een Creepfactor van 22.

7.3.1. Beschermingszone voorland

De aanwezige kwelweglengte is gelijk aan de afstand tussen de buitenteen en de teen van de aan te leggen steunberm. Daarnaast wordt de beschermingszone in het voorland (10 meter) in rekening gebracht.

Een voorwaarde hiervoor is dat de deklaag in deze zone genoeg dikte heeft. Het Technische Rapport Waterkerende Grondconstructies [lit. 15.] stelt dat een afdekkend cohesief pakket van 1,5 meter aanwezig dient te zijn. Hierbij is uitgegaan van een minimale dikte van 1 meter en een veiligheidsmarge van 0,5 meter die variaties in laagdikte en de aanwezigheid van geroerde grond in rekening brengt. De aanwezige boringen in het voorland tonen allen een deklaagdikte van minimaal 1,5 meter.

7.3.2. Piping dwarsprofiel 2

De afstand tussen de buitenteen en de nieuwe binnenteen van de steunberm is 31 meter. Daarnaast is er in de berekening rekening gehouden met de egalisering van het voormalige terrein van Solvay Chemie B.V. Het maaiveld is in de berekening vastgesteld op NAP +20,0 m. Er is in profiel 2 voldoende kwelweglengte aanwezig (zie tabel 7.4).

Tabel 7.4. Kwelweglengte dwarsprofiel 2

dijkvak	dwars-profiel	opbarstvei-ligheid	aanwezige kwelweglengte	beschermingszone voorland	benodigde kwelweglengte	kwelwegtekort
[-]	[-]	[-]	[m]	[m]	[m]	[m]
50.720.1	DP2	0,98	31,0	10,0	36,7	-

De berekening is opgenomen in bijlage VIII.

7.3.3. Piping dwarsprofiel 4

De afstand tussen de buitenteen en de nieuwe binnenteen van de steunberm is 36 meter. Achter de steunberm bevindt zich een kuil in het maaiveld in verband met de pompopstelplaats. Deze is middels een duiker verbonden met de landbouwgronden achter de weg (afbeelding 7.3).

Afbeelding 7.3. Huidige pompopstelplaats

De bodem van de kuil ligt op circa NAP +18,5 m. Indien het maaiveld hier niet wordt opgehoogd is er een kwelweglengte tekort van 27 meter.

Tabel 7.5. Kwelweglengte dwarsprofiel 4

dijkvak	dwars-profiel	opbarstvei-ligheid	aanwezige kwelweglengte	beschermingszone voorland	benodigde kwelweglengte	kwelwegtekort
[-]	[-]	[-]	[m]	[m]	[m]	[m]
50.720.1	DP4	0,65	36,0	10,0	73,0	27,0

Het niveau van het maaiveld ter plaatse van de pompopstelpplaats dient te liggen op NAP +19,5 m om te voldoen aan de eisen (zie tabel 7.6).

Tabel 7.6. Kwelweglengte dwarsprofiel 4 zonder pompopstelplaats

dijkvak	dwars-profiel	opbarstvei-ligheid	aanwezige kwelweglengte	beschermingszone voorland	benodigde kwelweglengte	kwelwegtekort
[-]	[-]	[-]	[m]	[m]	[m]	[m]
50.720.1	DP4	0,98	36,0	10,0	44,0	-

Indien de kuil en de pompopstelplaats worden verhoogd is echter nog niet het gehele pipingprobleem opgelost. Er is in deze situatie altijd nog piping mogelijk naar de landbouwgrond achter de weg. Het laagste niveau is hier circa NAP +18,4 m en ligt op 46 meter afstand vanaf de buitenteen.

Tabel 7.7. Kwelweglengte dwarsprofiel 4 t.o.v. landbouwgrond

dijkvak	dwars-profiel	opbarstvei-ligheid	aanwezige kwelweglengte	beschermingszone voorland	benodigde kwelweglengte	kwelwegtekort
[-]	[-]	[-]	[m]	[m]	[m]	[m]
50.720.1	DP4	0,98	46,0	10,0	75,9	19,9

Bij het ophogen van het maaiveld achter de teen is er nog een kwelweglengtetekort van 19,9 meter. De berekening is opgenomen in bijlage VIII.

7.3.4. Piping dwarsprofiel 7

De afstand tussen de buitenteen en de nieuwe binnenteen van de steunberm is 28,5 meter. Omdat de dikte van de deklaag in het achterland zeer beperkt is (§ 5.3) is er in dit profiel een tekort aan kwelweglengte van 17,2 meter. De berekening is opgenomen in bijlage VIII.

Tabel 7.8. Kwelweglengte dwarsprofiel 7

dijkvak	dwars-profiel	opbarstvei-ligheid	aanwezige kwelweglengte	beschermingszone voorland	benodigde kwelweglengte	kwelwegtekort
[-]	[-]	[-]	[m]	[m]	[m]	[m]
50.720.1	DP2	0,20	28,5	10,0	55,7	17,2

Consequentie is dat ingreep in het achterland noodzakelijk is om het kwelweglengtetekort bij dwarsprofiel 4 en 7 te ondervangen. In o.a. § 8.23, § 8.3, § 8.8, § 8.11 en § 9.2 wordt ingegaan op het tacklen van het “pipingprobleem” in het nieuwe ontwerp.

7.4. Macrostabiliteit binnenwaarts (STBI)

7.4.1. Maatgevende omstandigheden

Per dwarsprofiel is de opbarstveiligheid bij de teen van de dijk berekend. In de drie profielen is de opbarstveiligheid kleiner dan 1,1 wat betekend dat er een berekening moet worden uitgevoerd met de methode Bishop en een reductie van de sterkteparameters in de opbarstzone. De berekeningen van de opbarstveiligheid zijn opgenomen in bijlage IV.

Tabel 7.9. Opbarstveiligheid

dijkvak	dwarsprofiel	opbarstveiligheid	methode
50.720.1	DP2	0,97*	Bishop met reductie sterkteparameters
	DP4	0,91*	Bishop met reductie sterkteparameters
	DP7	0,27	Bishop met reductie sterkteparameters

* in dwarsprofiel 2 en 4 is het maaiveld in het achterland opgehoogd in verband met het uitvlakken van het terrein van Solvay Chemie (zie § 8.2.3).

De binnenwaartse macrostabiliteit is berekend met behulp van de computersoftware D-Geo Stability, versie 10.1 (build 1.4) van Deltares. De berekende binnenwaartse stabiliteit is weergegeven in tabel 7.8. De D-Geo Stability berekeningen zijn opgenomen in bijlage V.

De hoogte van de berm is bepaald door middel van een opbarstberekening. De opbarstveiligheid van de berm is groter dan 1,2.

Tabel 7.10. Minimale stabiliteitsfactoren binnenwaarts

		zone 1		zone 2			
dijkvak	dwarsprofiel	eis [-]	stabiliteitsfactor [-]	eis [-]	stabiliteitsfactor [-]	bermlengte [m]	hoogte bermknik [m +NAP]
50.720.1	DP2	1,14	1,17	1,07	1,09	8,5	20,6
	DP4	1,14	1,38	1,07	1,13	12,5	20,3
	DP7	1,14	1,62	1,07	1,10	6	21,4

7.4.2. Uitvoeringsfase

Omdat in de uitvoeringsfase de uitgangspunten verschillen ten opzichte van de maatgevende situatie is ook voor de uitvoeringsfase de binnenwaartse macrostabiliteit berekend. Uitgangspunten zijn:
- uitvoering geschiedt buiten stormseizoen, dus met gunstiger hydraulische randvoorwaarden dan in de maatgevende situatie;
- de nieuw aan te brengen leem (berm) en onderliggende cohesieve lagen worden als ongeconsolideerd beschouwd.

Tabel 7.11 geeft de resultaten van de D-Geo Stability berekeningen. De uitvoer is opgenomen in bijlage V.

Tabel 7.11. Minimale stabiliteitsfactoren binnenwaarts bij uitvoering

		uitvoering			
dijkvak	dwarsprofiel	eis [-]	stabiliteitsfactor [-]	bermlengte [m]	bermhoogte [m +NAP]
50.720.1	DP2	1,00	1,15	8,5	20,6
	DP4	1,00	1,57	12,5	20,3
	DP7	1,00	1,03	6	21,4

7.4.3. Consolidatietijd

Als gevolg van ophoging ontstaan wateroverspanningen in de cohesieve lagen, wat ongunstig is met betrekking tot stabiliteit. De wateroverspanningen nemen af in de tijd, waarmee de effectieve korrelspanning en dus de stabiliteit toeneemt.

In de zettingsberekening (§ 7.12) is de consolidatietijd bepaald, de tijd waarin al het overspannen water wegstroomt. Dit is circa 2,5 jaar voor DP2 en DP4, voor DP7 is dit circa 3 maanden doordat de leemlaag hier dunner is. Hierbij dient rekening te worden gehouden dat deze consolidatietijd is gebaseerd op een aangenomen c_v-waarde voor leem. De consolidatietijd kan zowel korter als langer zijn. Eventueel zou de c_v-waarde in het laboratorium kunnen worden bepaald om hier meer zekerheid over te kunnen geven.

De gemaakte stabiliteitsberekeningen in dit rapport gaan uit van volledig geconsolideerde grond. Het duurt dus tot circa 2,5 jaar na de laatste ophoging totdat deze stabiliteit wordt

bereikt. Daarvoor zal de stabiliteit minder zijn. Wel kan gesteld worden dat de voorgestelde ophogingen in ieder geval voor een positief effect zorgen in vergelijking met de huidige situatie. Dit komt omdat het gewicht van de aangevulde grond met name wordt aangevuld aan de zijde waar weerstand wordt geboden aan het afschuifmechanisme.

7.5. Macrostabiliteit buitenwaarts (STBU)

De buitenwaartse macrostabiliteit is berekend met behulp van de computersoftware D-Geo Stability, versie 10.1 (build 1.4) van Deltares. De berekende buitenwaartse stabiliteit is weergegeven in tabel 7.12. De berekeningen zijn opgenomen in bijlage VI.

Tabel 7.12. Minimale stabiliteitsfactoren buitenwaarts

dijkvak	dwarsprofiel	eis	stabiliteitsfactor
50.720.1	DP2	1,07	1,39
	DP4	1,07	1,23
	DP7	1,07	1,74

De buitenwaartse stabiliteit van de dijk voldoet bij alle dwarsprofielen.

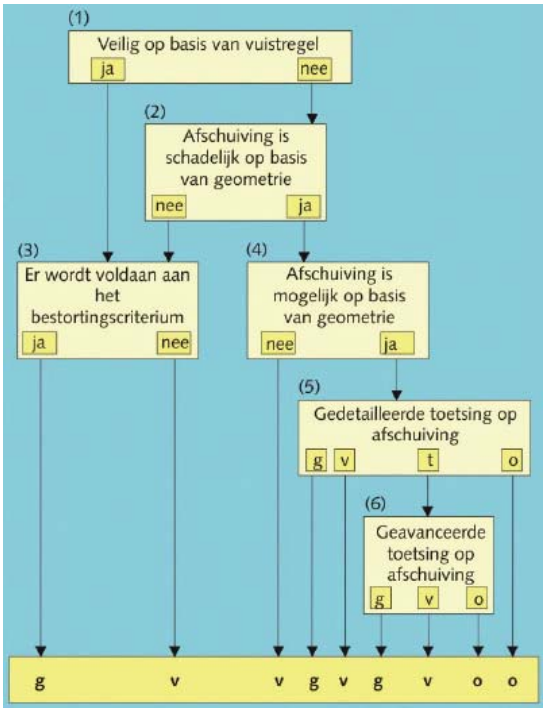
7.6. Stabiliteit voorland (STVL)

De beoordeling van de stabiliteit van het voorland is uitgevoerd met behulp van het VTV2006 [lit. 9.] en bestaat uit een beoordeling op Afschuiving (AF) en een beoordeling op Zettingsvloeiing (ZV). Beide deelsporen dienen te voldoen aan de gestelde voorwaarden.

7.6.1. Afschuiving (AF)

Het deelspoor AF moet worden getoetst aan de hand van de volgende stappen (afbeelding 7.4):
- stap 1: vuistregel: controle aanwezigheid geul met diepte > 9 m;
- stap 2: geometrische toetsing: schadelijkheidscriterium afschuiving;
- stap 3: bestortingscriterium;
- stap 4: geometrische toetsing: optredingscriterium afschuiving;
- stap 5: gedetailleerde toetsing;
- stap 6: geavanceerde toetsing.

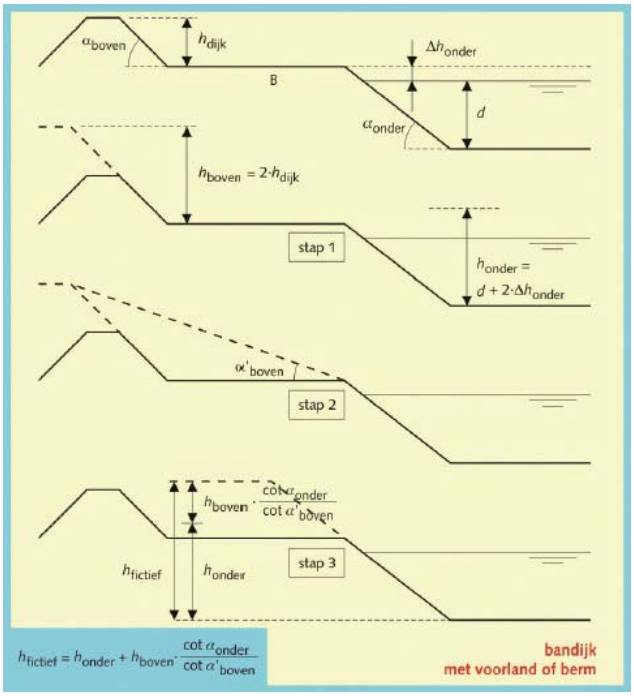
Afbeelding 7.4. Beoordelingsschema AF (VTV2006, figuur 9-2.2)



Stap 1: vuistregel
In stap 1 wordt de fictieve geuldiepte beschouwd. In de VTV2006 worden twee voorwaarden genoemd waaraan voldaan moet worden om naar stap 3 te gaan:
- het voorland is ontstaan door natuurlijke processen;
- de fictieve geuldiepte is kleiner dan 9 meter.

De fictieve geuldiepte is bepaald met behulp van Afbeelding 7.5. De resultaten van stap 1 zijn gegeven in tabel 7.13.

Afbeelding 7.5. Fictieve geuldiepte (VTV2006 figuur 9-B1.1)



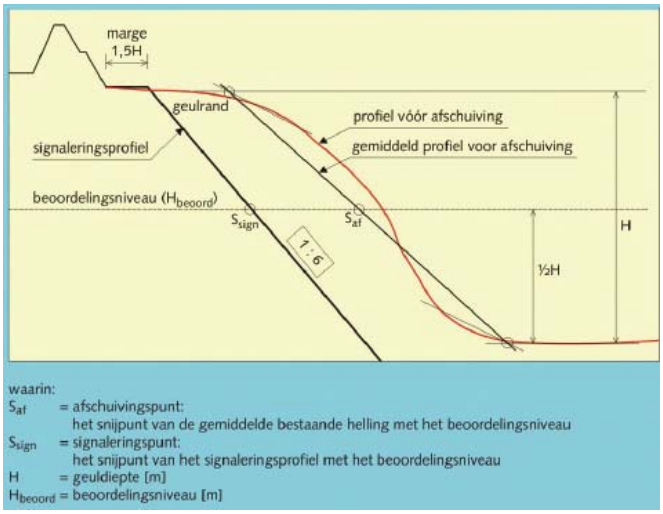
Tabel 7.13. Beoordeling stap 1: Bepaling fictieve geuldiepte

dijkvak	dwarsprofiel	niveau			fictieve geuldiepte	vervolg
[-]	[-]	geul	voorland	kruin	[m]	[-]
		[m NAP]	[m NAP]	[m NAP]		
50.720.1	DP2	9,46	19,21	22,92	17,17	stap 2
	DP4	9,46	19,03	22,92	17,41	stap 2
	DP7	9,78	19,13	22,92	17,02	stap 2

Stap 2: schadelijkheidscriterium afschuiving
In deze stap is nagegaan of de afschuiving de waterkering bereikt. Hiervoor wordt de methode met een signaleringsprofiel gebruikt volgens afbeelding 7.6.

De taludhelling van de geul van de Maas is bepaald op basis van tekeningen M24-162.001, inclusief bijbehorende dwarsprofielen (bijlage IX). De gemiddelde taludhelling is 1:1,5.

Afbeelding 7.6. Signaleringsprofiel AF (VTV2006 figuur 9-B2.1)



Tabel 7.14. Beoordeling stap 2: Schadelijkheidscriterium afschuiving

dijkvak	dwarsprofiel	signaleringspunt [m t.o.v. hartlijn dijk]	afschuivingspunt [m t.o.v. hartlijn dijk]	vervolg
50.720.1	DP2	56	48	stap 4
	DP4	55	46	stap 4
	DP7	54	43	stap 4

De rekensheet is opgenomen in bijlage X.

Stap 4 optredingscriterium afschuiving
Het optreden van een afschuiving is mogelijk als wordt voldaan aan één van de drie onderstaande voorwaarden:
- de gemiddelde helling is steiler dan of gelijk aan 1:2, over een hoogte van minimaal 5 m, tenzij ter plaatse van een kleilaag zonder zand;
- de gemiddelde helling is steiler dan of gelijk aan 1:1, over een hoogte van minimaal 5 m, mits ter plaatse van een kleilaag zonder zand;
- de totale helling (geulrand-geulbodem) is gemiddeld steiler dan of gelijk aan 1:4,5.

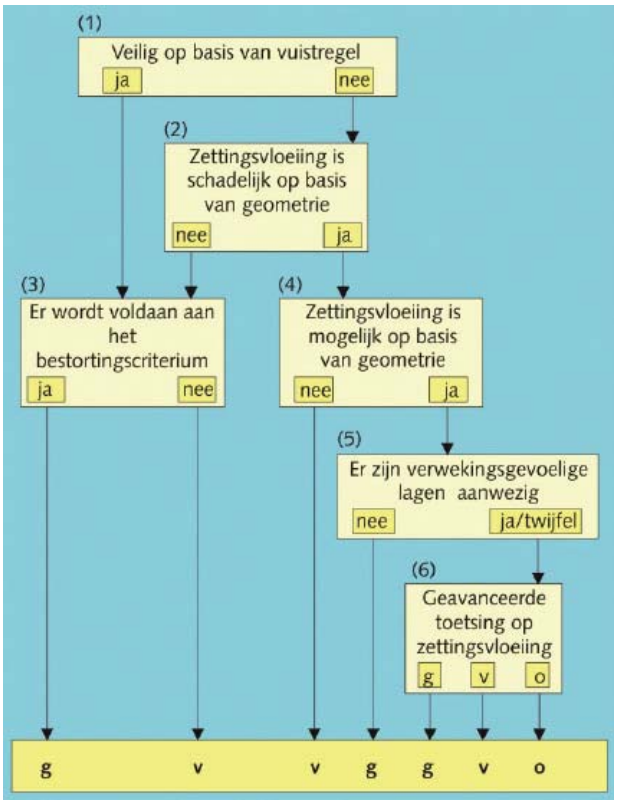
Voor alle profielen geldt dat de helling steiler is dan 1:2 over 5 meter hoogte zonder aanwezigheid van klei. Afschuiving op basis van geometrie is daarom mogelijk en het oordeel luidt ‘onvoldoende’.

Stap 5 gedetailleerde toetsing
Als gedetailleerde toets is een stabiliteitsberekening gemaakt met de software D-Geo Stability, versie 10.1 (build 1.4) van Deltares. In de berekening is het onderwatertalud met een helling van 1:1,5 geschematiseerd conform de lodingen in bijlage IX. Het bovenwatertalud (1:3) en het verloop van het voorland is overgenomen uit de beschikbare inmeting. Onder maatgevende omstandigheden zal het talud slechts bij de geul afglijden, zie bijlage X. Er is geen direct gevaar voor de waterveiligheid, omdat dijklichaam en het grootste deel van het voorland niet afglijden. Na bezwijken blijft het oordeel voor STVL echter ‘onvoldoende’ omdat in het restprofiel het steile talud behouden blijft. Het talud zal verder moeten worden verflauwd.

7.6.2. Zettingsvloeiing (ZV)

Het deelspoor ZV moet worden getoetst aan de hand van de volgende stappen (afbeelding 7.7):
- stap 1: vuistregel: controle aanwezigheid geul met diepte > 9 m;
- stap 2: geometrische toetsing: schadelijkheidscriterium zettingsvloeiing;
- stap 3: bestortingscriterium;
- stap 4: geometrische toetsing: optredingscriterium zettingsvloeiing;
- stap 5: aanwezigheid verwekingsgevoelige lagen;
- stap 6: geavanceerde toetsing.

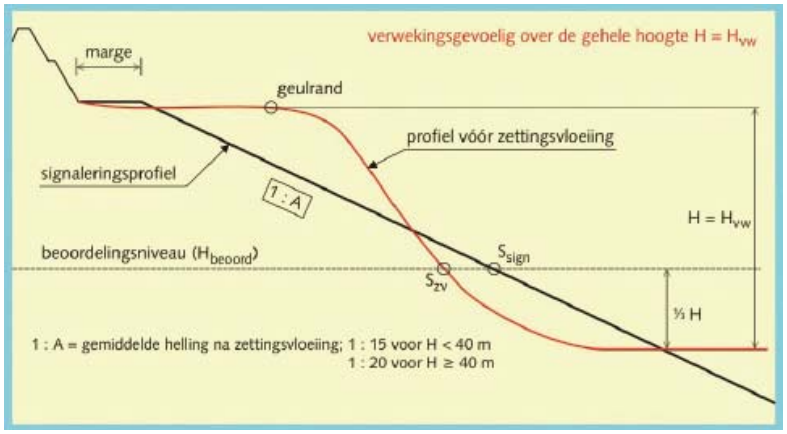
Afbeelding 7.7. Beoordelingsschema ZV (VTV2006, figuur 9-2.4)



Stap 1: vuistregel
Stap 1 verloopt voor zettingsvloeiing hetzelfde als de beoordeling op afschuiving.

Stap 2: schadelijkheidscriterium zettingsvloeiing
In deze stap is nagegaan of zettingsvloeiing de waterkering bereikt. Hiervoor wordt de methode met een signaleringsprofiel gebruikt volgens afbeelding 7.8.

Afbeelding 7.8. Signaleringsprofiel ZV (VTV2006 figuur 9-B4.1)



Tabel 7.15. Beoordeling stap 2: Schadelijkheidscriterium zettingsvloeiing

dijkvak	dwarsprofiel	signaleringspunt [m t.o.v. hartlijn dijk]	zettingsvloeiingspunt [m t.o.v. hartlijn dijk]	vervolg
50.720.1	DP2	110	50	stap 4
	DP4	108	48	stap 4
	DP7	106	45	stap 4

Stap 4: optredingscriterium zettingsvloeiing
Het optreden van een zettingsvloeiing is mogelijk als wordt voldaan aan één van de twee onderstaande voorwaarden:
- de gemiddelde helling is steiler dan of gelijk aan 1:4, over een hoogte van minimaal 5 m;
- de totale helling (geulrand-geulbodem) is gemiddeld steiler dan of gelijk aan 1:7.

Voor alle profielen geldt dat aan de tweede voorwaarde wordt voldaan. Zettingsvloeiing is op basis van de geometrie niet uit te sluiten en de beoordeling gaat verder in stap 5.

Stap 5: aanwezigheid verwekingsgevoelige lagen
In bijlage 9-6 van het VTV staat beschreven dat cohesieve lagen en grof materiaal niet verwekingsgevoelig zijn. Bij Merum-Solvay is in het voorland een grindpakket aanwezig met een deklaag van cohesieve materialen. Deze materialen zijn dus niet verwekingsgevoelig en dus luidt het oordeel ‘voldoende’.

De rekensheet is opgenomen in bijlage X.

7.7. Microstabiliteit (STMI)

Bij dijken waar het gehele dijklichaam binnenwaarts van de binnenkruinlijn volledig uit slecht doorlatend materiaal (leem) bestaat speelt microstabiliteit geen rol. Als gevolg van een verhoogde freatische lijn in de kern van de dijk na een situatie van hoogwater is er bij zanddijken een risico op het opbarsten van de kleibekleding of uitspoeling van het zand.

Omdat het niet met zekerheid is te zeggen uit welk materiaal de kern van de dijk in het noordelijke deel van het projectgebied bestaat, is er voor DP7 een beoordeling op het opdrukken van de kleibekleding uitgevoerd conform het Technisch Rapport Waterkerende Grondconstructies [lit. 15.]. De berekening is opgenomen in bijlage XI. De minimale dikte-

dikte van de kleibekleding (inclusief leemlaag) bedraagt 1,6 meter. Omdat de leeflaag (0,3m) mag afglijden wordt rekening gehouden met 1,3 meter. De kleibekleding voldoet op opdrukken en daarmee op microstabiliteit.

7.8. Stabiliteit bekleding (STBK)

In de beoordeling van de stabiliteit van de bekleding wordt in het VTV2006 onderscheid gemaakt in vier zones. Zone A, B en C bevinden zich op het buitentalud en zone D is de kruin en het binnentalud.

7.8.1. Buitentalud

In het ontwerp van de dijk op de overige faalmechanismen hoeft het buitentalud niet te worden aangepast. Voor de beoordeling van de bekleding op het buitentalud is daarom conform de VTV2006 [lit. 9.] gebruik gemaakt van de Grastoets2004 V3.0. De stabiliteit van de bekleding is gecontroleerd voor het jaar 2050, aangezien de golfoverslag in deze situatie maatgevend is boven de situatie 2020 (zie § 7.2.2).

Aanvullende uitgangspunten
- geen differentiatie golfcondities over buitentalud;
- minimale golfhoogte Hs;min: 0,1m (standaard);
- bekledingstype: gezaaid gras;
- windrichting 270 graden;
- graszode voldoende ontwikkeld op buitentalud;
- beheerdersoordeel luidt voldoende;
- gedrag van graszode op buitentalud is goed;
- kwaliteit graszode is ‘matig’ of beter;
- beheertype: bemaaiing;
- klei van erosiebestendigheid van minimaal klasse c3;
- zandgehalte van 50 % of minder;

Het oordeel op stabiliteit bekleding is per dijkvak samengevat in tabel 7.16. De uitvoer van de grastoets is opgenomen in bijlage XII. In de berekening is uitgegaan dat het zandgehalte van de kleibekleding kleiner is dan 50 %. Indien dit niet het geval is, voldoet het buitentalud niet op stabiliteit van de bekleding.

Tabel 7.16. Beoordeling STBK

dijkvak	dwarsprofiel	nadere beoordeling				eindoordeel
		zone A	zone B	zone C	zone D	
50.720.1	DP2	goed	voldoende	goed	n.v.t.	voldoende
	DP4	goed	voldoende	goed	n.v.t.	voldoende
	DP7	goed	voldoende	goed	n.v.t.	voldoende

7.8.2. Kruin en binnentalud

Het overslagdebiet voor het jaar 2050 is maximaal 2,2 l/s/m. De sterkte van de bekleding dient hierop te worden afgestemd. Hiervoor wordt gebruik gemaakt van figuur 5b en figuur 5c uit de handreiking constructief ontwerpen [lit. 20.].

Voor de ontwerpperiode 2020 is het overslagdebiet kleiner dan 0,1 l/s/m. Er wordt vanuit gegaan dat de grasmat zich na het jaar 2020 voldoende heeft kunnen ontwikkelen om te kunnen vallen onder de categorie B. Bij een talud van 1:3 is een bekleding van klei categorie 1 benodigd om te kunnen voldoen aan beide figuren.

In het ontwerp is een kleibekleding van 0,8 meter opgenomen van klei categorie 1. Voor een goede doorworteling van de graszode is een leeflaag van 0,3 meter aanwezig van klei categorie 2.

7.9. Niet waterkerende objecten (NWO's)

Niet Waterkerende Objecten worden volgens de VTV2006 [lit. 9.] in 3 categorieën ingedeeld:
1. bomen;
2. kabels en leidingen;
3. bebouwing;

7.9.1. Bomen

Door Witteveen+Bos is in opdracht van Waterschap Roer en Overmaas in het kader van de toetsing van dijkring 77, 80 en 82 [lit. 23.] een bomeninventarisatie uitgevoerd voor het betreffende dijkvak 50.720.1. Hierbij is o.a. soort, diameter en hoogte vastgelegd. Een overzicht van de aanwezige bomen is opgenomen in bijlage XIII.

In verband met de sanering op het terrein van Solvay Chemie bv zijn reeds een aantal van deze bomen verwijderd. De bomenrij 001 t/m 016 vallen binnen het versterkingsontwerp en moeten per definitie gerooid worden.

De bomen die getoetst worden zijn opgenomen in tabel 7.17.

Tabel 7.17. inventarisatie bomen dijkring 77 Merum-Solvay

dijkvak [-]	dwarsprofiel [-]	nr [-]	maatg. nr [-]	soort [-]	diameter [m]	hoogte [m]
50.720.1	DP2	-	-	-	-	-
	DP4	010, 012, 013	010	esdoorn	0,3-0,5	>5
		017, 020	017	esdoorn, populier, wilg, es	0,3-0,5	>5
		024, 029, 033, 041, 043, 045, 047,048	024	esdoorn, populier, wilg, es	0,3-0,5	>5
	DP7	-	-	-	-	-

7.9.2. Kabels en leidingen

Uit Klic-meldingen die in opdracht van het WRO zijn uitgevoerd in 2010 blijkt op de grens van het dijkvak, ten zuidoosten van de Merummerbroekweg, een 'buisleiding met gevaarlijke inhoud' in de ondergrond aanwezig te zijn (Klic-melding 120033278; beheerder: Gasunie Oost; bijz. twee ledingen bij elkaar). Deze leiding wordt niet als NWO aangemerkt omdat de kortste afstand tot de waterkering meer dan 50 meter bedraagt.

7.9.3. Bebouwing

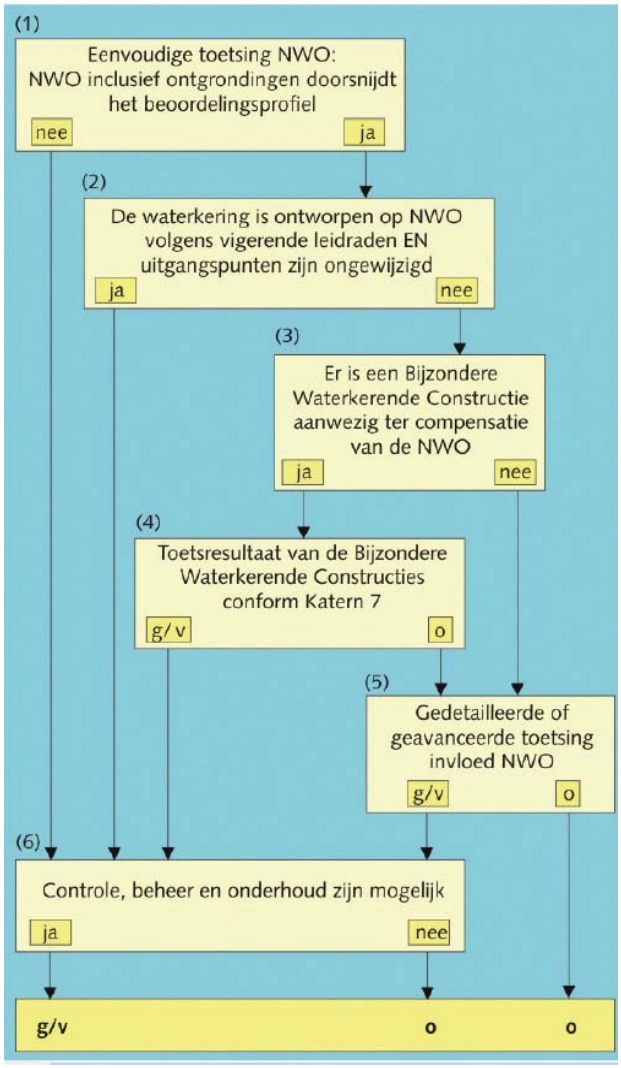
Bebouwing is niet aanwezig op en direct achter het dijkvak.

7.9.4. Beoordelingsmethodiek

In afbeelding 7.9 is het algemeen beoordelingschema voor niet-waterkerende objecten weergegeven. Dit schema is op alle categorieën niet-waterkerende objecten toepasbaar.

Onderscheid wordt gemaakt in de categorieën: begroeiing, bebouwing, pijpleidingen en kabels en overige objecten.

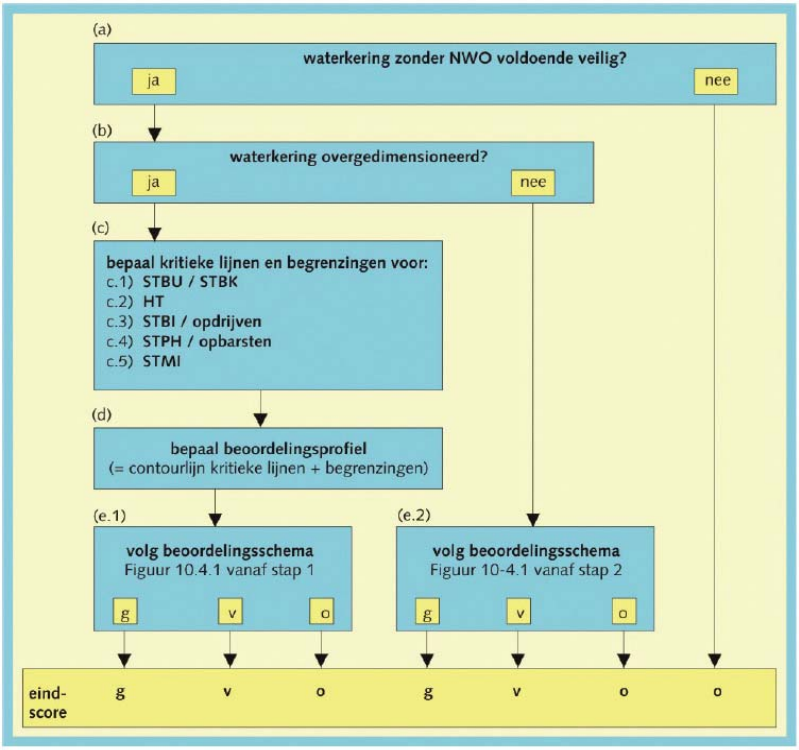
Afbeelding 7.9. Beoordelingsschema niet waterkerende objecten (figuur 10-4.1, VTV2006)



7.9.5. Beoordeling

Stap 1: toetsing aan beoordelingsprofiel
Om te komen tot een beoordelingsprofiel wordt het stroomschema gevolgd, zoals weergegeven in afbeelding 7.10.

Afbeelding 7.10. Stroomschema bepalen beoordelingsprofiel (Figuur 10-3.1, VTV2006)



Stap 1a
In de eerste stap wordt getoetst of de waterkering zonder NWO's voldoende veilig is. Dit is per definitie het geval bij 'ontwerpen op alle faalmechanismen'. Deze stap wordt met 'ja' beantwoord en de toetsing wordt vervolgd met stap 1b.

Stap 1b
In deze stap wordt beoordeeld of het zinvol is een (eenvoudig) beoordelingsprofiel op te stellen. Er moet worden bepaald of de dijk voldoende hoogte heeft om te voldoen aan het maximale overslagdebiet van 0,1 l/s/m, of de kruinbreedte minimaal 3 meter breed is en of er een flauw talud aanwezig is. Een flauw binnentalud betekent een talud kleiner dan 1:2 en 1:4 voor respectievelijk kleidijken en zanddijken.

Tabel 7.18. Stap (b) uit stroomschema beoordelingsprofiel

dwarsprofiel	kruinhoogte > kruinhoogte bij q=0,1l/m/s [m]	kruinbreedte [m] (eis >3 m)	helling binnentalud [-] eis klei < 1:2, zand < 1:4	opmerking
DP4	22,92 < 23,28	4	1:3,7> 1:4 (zand)	volg beoordelingsschema Figuur 10-4.1 vanaf stap 2

Uit tabel 7.18 blijkt dat de beoordelingsprofielen in de eenvoudige toets niet bepaald hoeven te worden. Er kan daarom direct met stap 2 worden vervolgd.

Stap 2: gehanteerde ontwerpmethoden
De waterkering is niet ontworpen op de aanwezigheid van bomen, voor zover het aantoonbaar is. Daarom volgt op stap 2 een 'nee'

Stap 3: bijzonder waterkerende constructie ter compensatie bomen
Voor de ontgrondingskuil, die door een boom veroorzaakt wordt, zijn geen compenserende maatregelen getroffen. Derhalve zal vervolgt worden met stap 5, de gedetailleerde toetsing.

Stap 5: gedetailleerde toetsing bomen
De toetsing van de begroeiing volgt de gedetailleerde toetsstap van dijken en dammen volgens Katern 5 en Katern 8 van het VTV2006. Aangezien de te toetsen bomen zich in het achterland bevinden dient er alleen een beoordeling te worden gedaan op de sporen Piping en Heave en Macrostabiliteit binnenwaarts (zie afbeelding 7.11, tabel 10-4.1 in het VTV2006).

Afbeelding 7.11. Beoordelingsschema bomen binnen beoordelingsprofiel

Beoordelingsspoor (code, Katern)	Voorland	Locatie van begroeiing binnen dwarsprofiel Buitentalud	Kruin	Binnentalud	Achterland
Piping en heave (STPH, K5)	1	-	-	-	2
Macrostabiliteit buitenwaarts (STBU, K5)	3	3	3	-	-
Macrostabiliteit binnenwaarts (STBI, K5)	4	4	5	5	5
Microstabiliteit (STMI, K5)	-	6	-	6	-
Erosie en/of instabiliteit door infiltrerend water (STBK, K8)	-	7	7	7	-

2. Na omvallen van een boom kan in de ontstane ontgrondingskuil een uittredepunt voor piping ontstaan. In tabel 7.19 is het resultaat van de toets op piping en heave opgenomen. De berekeningen zijn opgenomen in bijlage VIII.

Tabel 7.19. Controle piping bij bomen

dwars-profiel [-]	boom nr [-]	aanwezige kwelweg-lengte [m]	beschermingszone [m]	benodigde kwelweg-lengte [m]	oordeel [-]
4	010	29,5	10,0	87,3	voldoet niet
	017	45,0	10,0	87,3	voldoet niet
	024	46,0	10,0	87,3	voldoet niet

5. Het omvallen van een boom in het achterland kan de binnenwaartse stabiliteit van het aangrenzende dijklichaam ongunstig beïnvloeden. Een ontgrondingskuil kan een ongunstig effect hebben op het tegenwerkend moment. Aangezien de bomen zeer dicht op het versterkingsprofiel staan, en ook niet voldoen aan piping en heave is een nadere analyse achterwege gelaten.

Bij de beoordeling van de bomen is niet gelet op staat en conditie. Bij een beoordeling van NWO's conform het VTV2006 is dit geen onderscheidend aspect. Indien wordt gekozen voor het handhaven van de boomgroepen zal in de volgende toetsronde het oordeel "onvoldoende" worden gegeven.

Geadviseerd wordt om de boomgroepen te rooien.

7.10. Waterkerende kunstwerken

In dijkvak 50.720.1 bevinden zich geen waterkerende kunstwerken.

7.11. Samenvatting resultaten faalmechanismen

Tabel 7.20. Samenvatting resultaten

faalmechanisme	
HT	het gehele dijkvak voldoet op hoogte
STBI	in het gehele dijkvak is een steunberm benodigd. Bermlengte varieert van 6 tot 12,5m.
STBU	het gehele dijkvak voldoet op macrostabiliteit buitenwaarts
STPH	2 van de 3 profielen zijn afgekeurd op piping en heave. Maaiveld wordt teplaatse opgehoogd en popmopstelplaats wordt vernieuwd
STVL	de taluds van de geul zijn met een helling van 1:1,5 te steil en moeten verflauwd worden naar 1:2
STMI	Het gehele dijkvak voldoet op microstabiliteit
STBK	de stabiliteit van de bekleding is goed indien aangetoond kan worden dat het zandgehalte van de bovenste 0,5 meter op het buitentalud kleiner is dan 50%. Aanr de bekleding op het binnentalud worden eisen gesteld in verband met het overslagdebiet van 2,2 l/s/m.
NWO´s	de aanwezige bomen dienen te worden gerooid
WK's	er zijn geen waterkerende kunstwerken aanwezig

7.12. Zettingen

Er zijn zettingsberekeningen gemaakt om een inschatting te maken van de te verwachten zettingen. Hiertoe is het software programma D-Settlement gebruikt (versie 9.2, build 1.2).

Het aanbrengen van de ophoging, als non-uniform load met γ/γ_{sat} = 19/19 kN/m^3, is gemodelleerd op t = 1. Met behulp van de optie 'maintain profile' in D-Settlement is de spanningstoename door zettingscompensatie in rekening gebracht, gewichtsafname door het onderwater zakken van grondlagen is gemodelleerd met behulp van de optie 'submerging'. Er is gerekend met een periode van 36 jaar (2014-2050). In werkelijkheid zal het uitbreidbaarheidsprofiel van dwarsprofiel 7 later worden aangebracht en dus voor minder zettingen zorgen, dit is dus een conservatief uitgangspunt voor de zettingen die tot 2050 zullen optreden. De grondwaterstand is aangehouden op het polderpeil (gelijk aan maaiveld).

Er is een zettingsberekening gemaakt voor de versterkingsopgave voor het jaar 2020, en een zettingsberekening voor het uitbreidbaarheidsprofiel voor 2050. De berekeningen zijn opgenomen in bijlage XIV. De resultaten zijn gepresenteerd in tabel 7.21.

Tabel 7.21. Resultaat zettingsberekening

dijkvak	dwarsprofiel	locatie	zettingscompensatie versterkingsopgave 2020 [m]	zettingscompensatie uitbreidbaarheisprofiel 2050 [m]
50.720.1	DP2	kruin	0,05	n.v.t.

dijkvak	dwarsprofiel	locatie	zettingscompensatie versterkingsopgave 2020 [m]	zettingscompensatie uitbreidbaarheisprofiel 2050 [m]
		binnenteen	0,06	n.v.t.
		achterland	0,03	n.v.t.
	DP4	kruin	0,06	n.v.t.
		binnenteen	0,10	n.v.t.
		achterland	0,07	n.v.t.
	DP7	kruin	0,00	0,01
		binnenteen	0,04	0,04
		achterland	0,00	0,00

De zettingscompensatie is in de orde van enkele centimeters. Dit komt omdat de ophoging vrijwel direct op het grind wordt afgedragen (DP2), of omdat de ophoging zelf beperkt is (DP4) of omdat de zettinggevoelige leemlaag relatief dun is (DP10).

8. BESCHRIJVING ONTWERP

8.1. Inleiding

In afbeelding 8.1 is de huidige situatie weergegeven. Hierop is de ligging van een aantal bepalende objecten/locaties aangegeven, namelijk:
- locatie pompopstelplaats;
- voormalig terrein Solvay Chemie B.V.;
- locatie met dunne deklaag in het achterland.

Afbeelding 8.1. Dijkvak 50.720.1

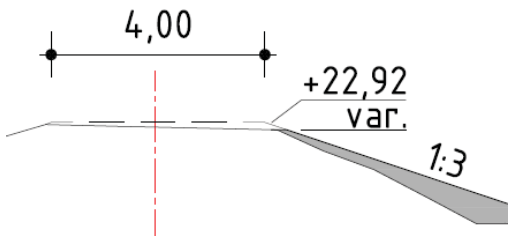
8.2. Geometrie

8.2.1. Ophoging en verbreding kruin

De kruin hoeft voor het ontwerpjaar 2020 niet te worden opgehoogd. In het overgrote deel van het dijkvak hoeft de kruin ook niet te worden verbreed aangezien de kruinbreedte op het niveau van NAP +22,50 m groter is dan 6,52 meter.

In het meest noordelijke deel van het dijkvak is de dijk wel iets te smal (circa 0,3 m). Hier is rekening gehouden met een uitbreiding van het dijklichaam naar het jaar 2050 door het ontwerp voor het jaar 2050 uit te zetten vanaf de huidige buitenkruinlijn. De kruin van het uitbreidbaarheidsprofiel ligt op NAP + 22,92 m en is 4 meter breed. In het ontwerp is de huidige kruin verbreed tot aan de insnijding met het theoretische uitbreidbaarheidsprofiel (zie afbeelding 8.2). Het nieuwe binnentalud heeft een helling van 1:3 tot aan de bovenzijde van de steunberm.

Afbeelding 8.2. Kruinverbreding noordelijke gedeelte



8.2.2. Steunberm

In verband met de binnenwaartse macrostabiliteit dient er een steunberm te worden aangelegd. De lengte en de hoogte van de steunbermen variëren, afhankelijk van de locatie. De berm ligt onder een afschot van 1:20 en het bermtalud heeft een helling van 1:3. In tabel 8.1 zijn de dimensies van de steunbermen per dwarsprofiel gegeven.

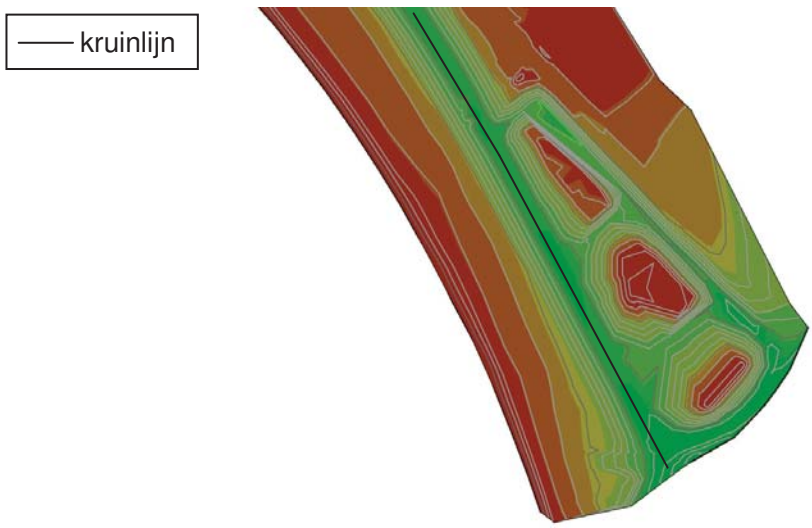
Tabel 8.1. Dimensies bermen

dijkvak	dwarsprofiel	bermlengte [m]	insnijding binnentalud [m +NAP]	bermknik [m +NAP]	afschot [-]
50.720.1	DP2	7	20,95	20,60	1:20
	DP4	9	20,75	20,30	1:20
	DP7	5	21,65	21,40	1:20

8.2.3. Egaliseren terrein Solvay Chemie B.V.

In afbeelding 8.3 is een hoogtekaart opgenomen van het huidige terrein van Solvay Chemie B.V. De diepe kuilen in het achterland zorgen voor problemen met piping en stabiliteit van het dijklichaam. Tevens is er geen goede afwatering in de huidige situatie.

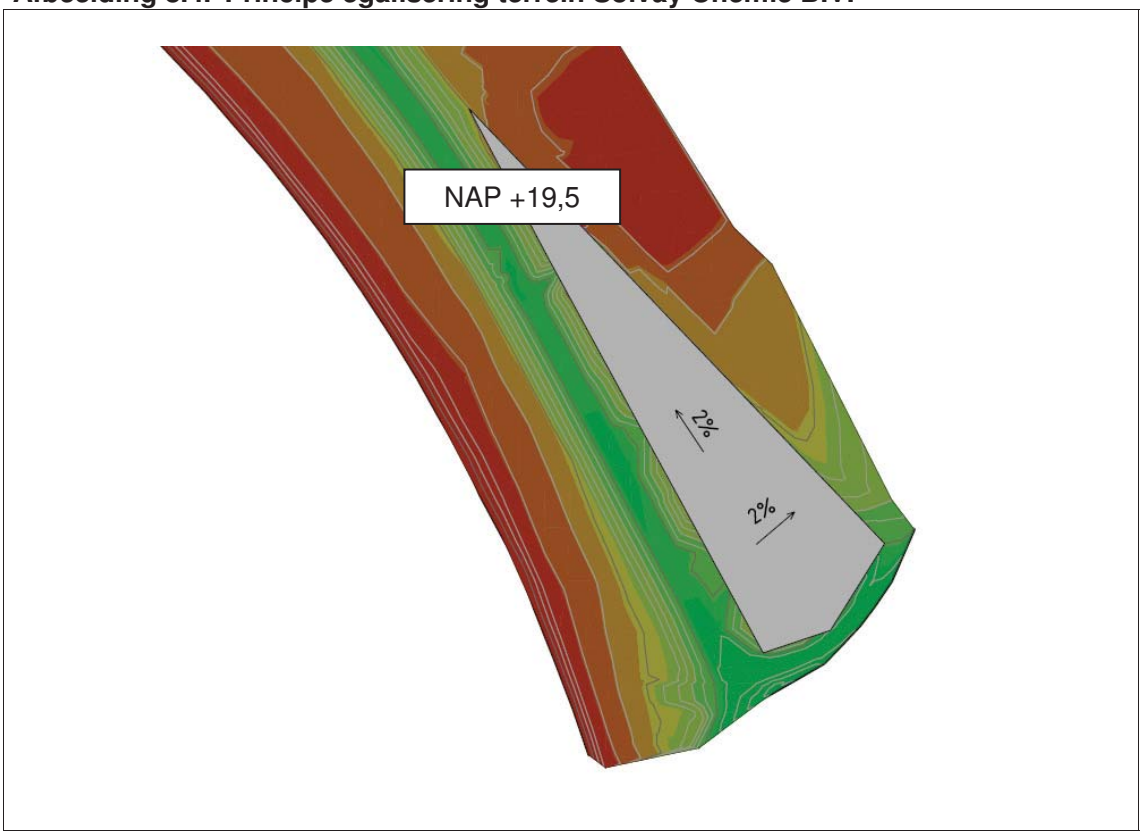
Afbeelding 8.3. Hoogtekaart terrein Solvay Chemie B.V.



Om deze problematiek op te lossen wordt het terrein geëgaliseerd door de grond uit de hoge ruggen in het achterland te verplaatsen naar de diepe kuilen in het achterland. Het materiaal in de ruggen dient wel cohesief te zijn. Dit zal moeten worden onderzocht.

In verband met piping en heave is gesteld dat het maaiveld bij de huidige pompopstelplaats moet worden opgehoogd tot NAP +19,5 meter (§ 7.4.3). Het nieuwe maaiveld loopt vanaf deze locatie op onder een afschot van 2% richting de Merummerbroekweg in het zuiden. Ook verloopt het maaiveld onder een afschot van 2% vanaf de nieuwe binnenteen. De ontwerpgedachte is weergegeven in afbeelding 8.4.

Afbeelding 8.4. Principe egalisering terrein Solvay Chemie B.V.



8.3. Materiaalgebruik grondaanvulling

Aangezien het overslagdebiet groter is dan 0,1 l/s/m (§ 7.1.2) zijn er eisen gesteld aan de bekleding op de kruin en het binnentalud. Op de kruin, het binnentalud en de berm is een leeflaag van 0,3 meter voorzien voor de ontwikkeling van een goede graszode. Hiervoor is klei categorie 2 geschikt. Daaronder dient een erosiebestendige kleilaag aanwezig te zijn. Deze laag is 0,8 meter dik en moet klei uit de categorie 1 zijn. Voor de aanvulling onder deze laag en de aanvulling/egalisering van het achterland kan gebiedseigen leem worden gebruikt.

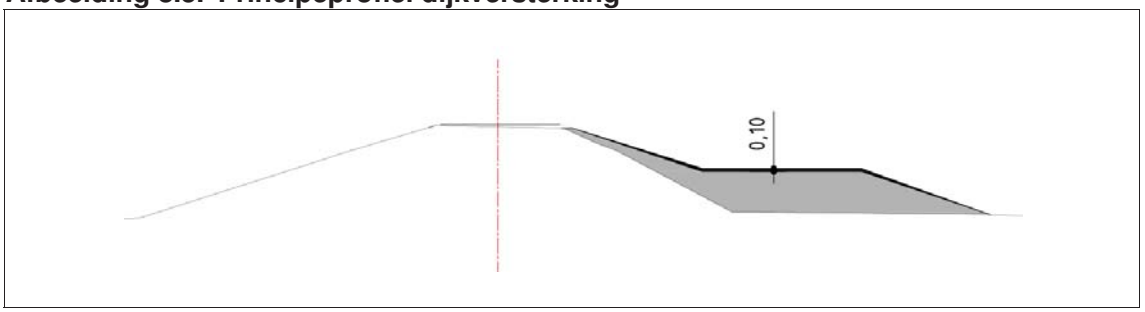
Voor een goede aansluiting op het bestaande maaiveld dient de bovenste 0,3 meter van het huidige maaiveld te worden verwijderd inclusief de grasmat. Tot slot dient het nieuwe profiel te worden ingezaaid met gras.

In het ontwerp is uitgegaan dat de kleibekleding op het buitentalud een minimaal kleigehalte heeft van 50 % en de erosiebestendigheid moet minimaal gelijk zijn aan klei categorie 3. Dit dient te worden gecontroleerd met zeefproeven.

8.4. Aanlegprofiel in verband met zettingen

De zettingsberekeningen tonen zettingen van 0,04 m tot 0,10 m bij de steunberm en 0,00 tot 0,06 m bij de kruin. Geadviseerd wordt om het ontwerpprofiel 0,1 meter hoger aan te leggen dan zoals in het ontwerp is opgenomen (afbeelding 8.5).

Afbeelding 8.5. Principeprofiel dijkversterking



8.5. Bomen

Er bevinden zich veel bomen in het achterland. De bomen op het terrein van Solvay Chemie B.V. worden gerooid als onderdeel van de saneringswerkzaamheden. Dit valt buiten de scope van dit project. Er blijven 13 bomen over die in het kader van dit project gerooid dienen te worden. Volledigheidshalve dienen tevens de stobben te worden verwijderd, het wortelstelsel uitgegraven en het gat aangevuld te worden met gebiedseigen dekgrond.

8.6. Onderhoudsstroken

In het ontwerp zijn 3 onderhoudspaden voorzien:
- op de kruin;
- op de steunberm;
- bij de buitenteen.

De onderhoudspaden op de kruin en de steunberm krijgen een breedte van 3,5 meter en worden opgebouwd uit een laag van 0,3 m hydraulisch gebonden menggranulaat. Het onderhoudspad op de berm sluit met in het zuiden met een helling van 1:12 aan op de kruin.
Aan de noordzijde sluiten de onderhoudspaden aan op de kruin van het grondlichaam dat in noordelijke richting loopt. Op deze kruin is een doorgaande weg aanwezig wat wordt gebruikt door landbouwvoertuigen.

De onderhoudsstrook bij de buitenteen krijgt ook een breedte van 3,5 meter maar hier wordt geen verharding voor aangebracht. Wel dient deze zone obstakelvrij te zijn.

8.7. Bestemmingsweg bij de binnenteen

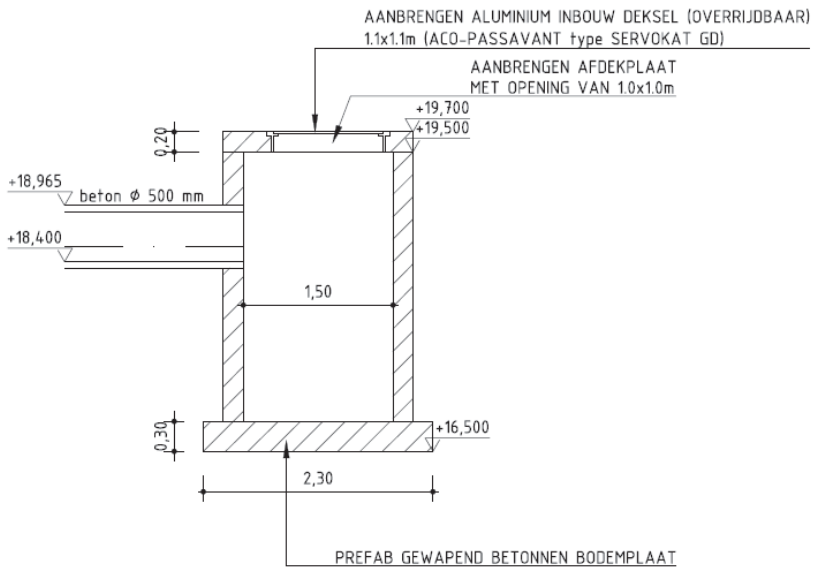
In de huidige situatie loopt er een weg bij achter het voormalig terrein van Solvay Chemie B.V. in het zuiden en achter de binnenteen van de dijk in het noorden. Deze weg dient gehandhaafd te blijven. Dit houdt in dat deze in het zuiden kan blijven liggen en dat hij in het noorden achter de teen van de nieuwe steunberm komt. Ook deze nieuwe weg wordt 3,5

meter breed en bestaat uit een verharding van 0,3 meter hydraulisch gebonden menggranulaat.

8.8. Pompopstellocatie

In § 7.4.3 is aangegeven dat de kuil achter de teen van de dijk dient te worden opgehoogd in verband met piping en heave. Om toch de functie als kwelvoorziening te behouden en het overtollige water vanuit het achterland (landbouwterrein) af te voeren wordt de kuil vervangen door een kwelvoorziening zoals ook in Stevensweert [lit. 24.] is toegepast.

Afbeelding 8.6. Doorsnede kwelput



De nieuwe kwelvoorziening is een betonnen koker met inwendige afmetingen van 1,5×1,5×3,5 m^3 (lengte×breedte×hoogte) met wanden van 0,2 meter dik en gefundeerd op een betonnen plaat. Deze plaat steunt op het grind (NAP +16,5 m) en heeft afmetingen van 0,3×2,3×2,3 m^3 (hoogte×lengte×breedte). Deze constructie is stabiel bij maatgevende omstandigheden waarbij ca 6 meter water tegen de onderkant van de kwelput aan drukt.

Een nieuwe duiker met een diameter van 0,5 meter gaat onder de weg door en verbindt de kwelput met het laagste punt in het achterland.

Tabel 8.2. Kracht op bodem kwelput (berekening: zie bijlage XV)

dijkvak [-]	dwarsprofiel [-]	beschrijving	opwaarste kracht [kN]	neerwaartse kracht [kN]
50.720.1	5	kwelvoorziening	387	475

Naast de kwelvoorziening zal een pompopstelplaats worden gerealiseerd in de vorm van doorgroeistenen. De afmetingen hiervan bedragen 6×6 meter zodat het materieel hier goed kan manoeuvreren. Naast de pompopstelplaats is een parkeervoorziening voorzien voor het voertuig waarmee de pomp wordt vervoerd. De parkeervoorziening is verhard met menggranulaat.

De betonnen balk op het buitentalud inclusief de steenbekleding voor de afvoer van het water zal niet worden vernieuwd.

Afbeelding 8.7. Betonnenbalk en steenbekleding (niet vernieuwen)

Het ontwerp van de pompopstelplaats is opgenomen in bijlage XVI.

8.9. Pompputten

Er bevinden zich een drietal wateronttrekkingspunten op de kruin van de dijk die in gebruik zijn voor monstername. Deze constructie blijft ook binnen het nieuwe ontwerp functioneren en behoeft geen verdere aanpassing of versterking.

Afbeelding 8.8. Pompput op de kruin

8.10. Ontwerptekening

In de vorige paragrafen zijn de verschillende oplossingen en knelpunten beschreven. In bijlage XVI is de uitwerking hiervan opgenomen in de vorm van gedetailleerde ontwerptekeningen. In bijlage XVI is tevens een tekening opgenomen met de perceelgrenzen en perceelnummers inclusief een projectie van het ontwerp.

8.11. Zonering legger

8.11.1. Huidige situatie

In bijlage XVII is een tekening opgenomen met daarop de leggergrenzen voor zowel de huidige- als de nieuwe situatie. De leggergrenzen uit de huidige situatie zijn overgenomen uit de leggertekeningen van Waterschap Roer en Overmaas.

8.11.2. Nieuwe situatie

Binnendijks
In de nieuwe situatie zijn de volgende grenzen aan de binnenzijde gehanteerd:
- kernzone: 1,5 meter uit de binnenteen*;
- beschermingszone: 10 meter uit de binnenteen;
- profiel van vrije ruimte: 15 meter de binnenteen.

Buitendijks
Zoals in § 7.3 is beschreven is er voor twee van de drie profielen een tekort aan kwelweg lengte (respectievelijk 19,9 m en 17,2 m in de rekenprofielen DP4 en DP7). De benodigde lengte van de kwelweg kan worden verkregen door het voorland in rekening te brengen als beschermingszone.

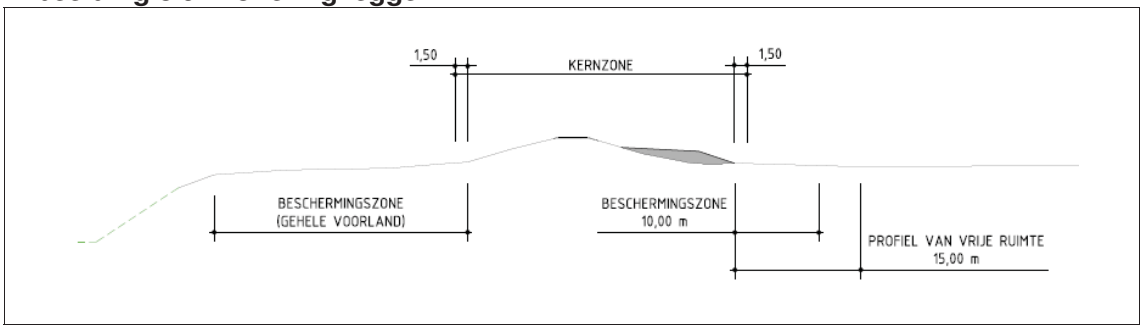
Een voorwaarde hiervoor is dat de deklaag in het gehele voorland genoeg dikte heeft. Het Technische Rapport Waterkerende Grondconstructies [lit. 15.] stelt dat een afdekkend cohesief pakket van 1,5 meter aanwezig dient te zijn. Hierbij is uitgegaan van een minimale dikte van 1 meter en een veiligheidsmarge van 0,5 meter die variaties in laagdikte en de aanwezigheid van geroerde grond in rekening brengt.

Aangezien de beschikbare boringen dicht op de teen zijn genomen, wordt geadviseerd om extra grondonderzoek uit te voeren op een grotere afstand van de teen. Indien blijkt dat de deklaagdikte niet genoeg is dienen hier maatregelen te worden genomen door het voorland op te hogen of een kleikist in te graven.

In de nieuwe situatie dient de beschermingszone buitendijks te worden vergroot in verband met het in rekening brengen van de deklaag op het voorland. De lengte van de beschermingszone buitendijks dient te zijn:
- DP 2: buitenteen +10 m (ongewijzigd);
- DP 4: buitenteen + 29,9 m;
- DP 7: buitenteen + 27,2 m (aan het einde van het dijkvak kan deze lengte worden verkort tot aan de geulrand in verband met een oplopend achterland. Op deze manier valt de geulrand niet in de beschermingszone).

In overleg met het waterschap Roer en Overmaas is besloten om het gehele voorland bij dwarsprofiel 4 en 7 in rekening te brengen als beschermingszone.

Afbeelding 8.9. Zonering legger



8.12. Geultalud

Uit § 7.6.1 blijkt dat de geulrand voor twee van de drie profielen rekenkundig niet stabiel is. Gevolg is dat het talud onder maatgevende omstandigheden mogelijk kanl afglijden waarbij er een restprofiel overblijft. Dit restprofiel heeft een talud van 1:1,9. Het gevolg is dat oeverbekleding op het steile talud als verloren moet worden beschouwd. Dit moet akkoord worden bevonden door de beheerder van de waterweg.

Bij herstel zal bekleding flauwer (1:3) aangebracht moeten worden. Het restprofiel is namelijk 1:1,9 waardoor kans op voortschrijdende erosie/afschuiven aanwezig blijft.

Tevens zal het herstel moeten plaatsvinden vóór de volgende hoogwatergolf om het risico op piping uit te sluiten.

9. HOEVEELHEDEN

9.1. Hoeveelheden

In onderstaande tabel zijn de benodigde hoeveelheden gegeven. Voor de bepaling van deze hoeveelheden is gebruik gemaakt van een 3D-model met de software Civil3D.

Tabel 9.1. Hoeveelheden dijkvak 50.720.1

post	hoeveelheid	eenheid
Grondverzet t.b.v. egalisering terrein Solvay Chemie B.V.	3500	m³
verwerken klei cat. 1 (deels leveren)		
- t.b.v. ophoging	1750	m³
- t.b.v. klink	175	m³
Verwerken overgebleven leem egalisering in berm noordzijde	200	m³
Leveren en verwerken menggranulaat	1100	m³
Inzaaien gras	8000	m²
Frezen terrein	4300	m²
Afgraven deklaag	1300	m³
Opnieuw aanbrengen deklaag	650	m³
Rooien bomen (>5m)	13	st

9.2. Grondverwerving

9.2.1. Binnendijks

In verband met de steunberm en de achterliggende weg is in het noorden grondverwerving noodzakelijk. De grond wordt aangekocht tot aan de grens van de nieuwe kernzone (1,5 m uit de binnenteen). In totaal is de benodigde oppervlakte circa 1430 m² (afbeelding 9.1). Er is rekening gehouden met het feit dat het terrein van Solvay Chemie B.V. en het perceel waarop de huidige parallelweg is gelegen niet hoeven te worden aangekocht.

Tabel 9.2. Grondverwerving binnendijks dijkvak 50.720.1

perceelnummer	oppervlakte [m²]
HTN02C3585	1135
HTN02C3586	295

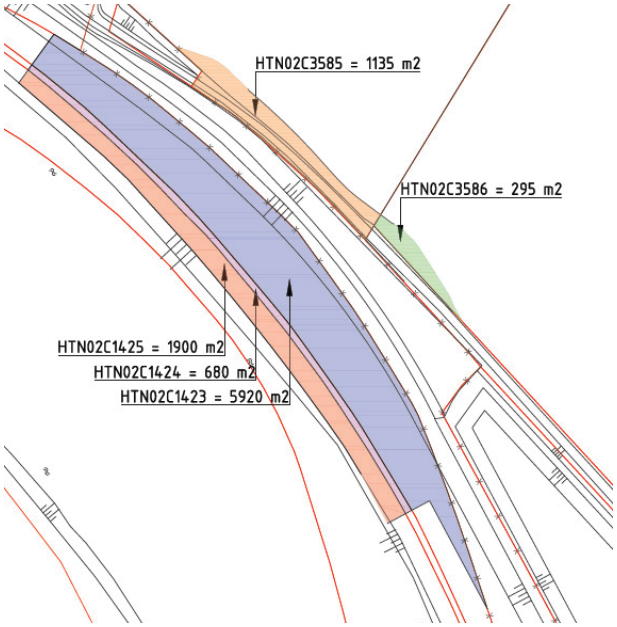
9.2.2. Buitendijks

In verband met het uitbreiden van de beschermingszone buitendijks is grondverwerving wenselijk. De oppervlakte bedraagt 8500 m². Deze oppervlakte komt niet alleen tot stand door de aankoop van grond onder de nieuwe beschermingszone, maar ook door de aankoop van grond onder de bestaande beschermingszone en een deel van het huidige buitentalud.

Tabel 9.3. Grondverwerving buitendijks dijkvak 50.720.1

perceelnummer	oppervlakte [m²]
HTN02C1423	5920
HTN02C1424	680
HTN02C1425	1900

Afbeelding 9.1. Te verwerven percelen



9.3. Kosten

De kostenraming van het definitief ontwerp is in een aparte notitie opgenomen.

10. OVERIGE ASPECTEN

10.1. Uitvoeringsuitgangspunten

Voor de uitvoering van de dijkversterking bij Merum zijn verschillende uitvoeringsuitgangspunten aangehouden:
- de sanering door Solvay Chemie B.V. is voor aanvang van de dijkversterking voltooid;
- alle vergunningen die benodigd zijn voor de dijkversterking zijn verkregen voor aanvang van de werkzaamheden;
- de werkzaamheden worden uitgevoerd buiten het stormseizoen.

10.2. Raakvlakken

10.2.1. Kabels en Leidingen

De werkzaamheden op het dijkvak zullen geen belasting vormen voor de kabels en leidingen die aangetroffen zijn in de omgeving van het dijkvak. Kabels en leidingen maken geen onderdeel uit van het DO.

10.2.2. Sanering Solvay

Het door Solvay te saneren gebied moet gesaneerd zijn voordat de werkzaamheden in het kader van de dijkversterking plaats kunnen vinden. De planning van de saneringswerkzaamheden zijn van invloed op de planning van de uitvoering van de dijkversterking. Het is hierbij belangrijk om bij Solvay Chemie B.V. te benadrukken dat de werkzaamheden tijdig en volledig moeten worden voltooid. Solvay Chemie BV dient de werkzaamheden buiten het stormseizoen uit te voeren.

In het DO is uitgegaan van oplevering van het huidige gesaneerde profiel zonder bomen. Dit dient in het bestek te worden opgenomen.

10.2.3. Pompputten

De pompputten in de kruin van de dijk bij Merum moeten tijdens de uitvoering functioneel blijven. Dit betekent dat er ook geen belemmering mag zijn in de aanrijroute.

10.2.4. Bestemmingsweg

De bestemmingsweg die aan de binnenzijde van de dijk loopt zal tijdens de dijkversterking mogelijk tijdelijk onbegaanbaar zijn. Dit moet goed worden afgestemd met de beheerder van de bestemmingsweg om ongemak zo veel mogelijk te beperken.

10.3. Risico’s

10.3.1. Deklaag in voorland

In het ontwerp is het voorland meegenomen als beschermingszone. Dit wil zeggen dat de lengte van het voorland nodig is om te kunnen voldoen aan de benodigde kwelweglengte. Hiervoor dient er een afdekkend pakket van 1,5 meter cohesief materiaal aanwezig te zijn. Om hier zeker van te zijn adviseert Witteveen+Bos om hier voor de uitvoeringsfase extra grondonderzoek uit te voeren. Indien de deklaagdikte onvoldoende blijkt kan worden gekozen om het voorland op te hogen met klei of een kleikist in te graven.

10.3.2. Materiaal ‘ruggen’ in het achterland

De kuilen in het achterland op het voormalige terrein van Solvay Chemie moeten worden opgevuld met ondoorlatend/cohesief materiaal, eventueel afkomstig uit de ruggen in het achterland. Dit zal op voorhand gecontroleerd moeten worden met een aantal handboringen.

10.3.3. Sanering Solvay

De sanering dient door Solvay te worden uitgevoerd voordat de dijkversterking aanvangt. Hierbij is uitgegaan dat 0,5 meter vervuilde grond en additioneel 0,5 meter grond wordt afgegraven om het gebied te saneren. De sanering brengt de volgende risico’s met zich mee:

- de sanering wordt niet tijdig uitgevoerd waardoor de uitvoering van de dijkversterking vertraging oploopt;
- de sanering wordt niet uitgevoerd waardoor de uitgangspunten van het ontwerp niet overeenkomen met de werkelijkheid;
- de afgegraven laag grond is meer of minder dan afgesproken. Dit zal invloed hebben op de benodigde hoeveelheid grond om het ontwerp te realiseren.

Deze risico’s zijn beheersbaar als er goede afstemming plaatsvindt met Solvay Chemie B.V. waardoor wijzigingen in de uitvoering wat betreft tijd of hoeveelheden worden beperkt.

10.3.4. Explosieven

In het rapport van de Explosive Clearance Group wordt het dijkvak 50.720.1 te Merum aangemerkt als een gebied waar niet kan worden uitgesloten dat er conventionele explosieven aanwezig zijn. Het advies is om een vervolgonderzoek uit te voeren wat de aanwezigheid van explosieven kan uitsluiten. Het daadwerkelijk vinden van explosieven draagt risico’s met zich mee wat betreft tijd, geld maar ook op het aspect veiligheid. Het vervolgonderzoek moet tijdig worden uitgevoerd om in een vroeg stadium mogelijk consequentiële risico’s vroegtijdig te identificeren en beheersen.

10.3.5. Flora en Fauna

De dijkversterking te Merum zal invloed hebben op de flora en fauna van het aangelegen gebied. Een onderdeel hiervan is dat er bomen worden gekapt om de dijkversterking en de sanering mogelijk te maken. In de natuurrapportage van Regelink wordt gesteld dat er vleermuizen in het te saneren gebied verblijven waarvan verschillende soorten hier een winterverblijfsplaats hebben. Indien er bomen worden gekapt bij het dijkvak moet aanvullend onderzoek worden uitgevoerd om de aanwezigheid van vleermuizen voldoende te kunnen uitsluiten. Daarnaast wordt in de rapportage ook geadviseerd om alle werkzaamheden uit te voeren buiten de kwetsbare periode van de vos en het konijn aangezien deze ook zijn aangetroffen in het plangebied. De kwetsbare periode loopt globaal genomen van maart tot oktober. Dit conflicteert met de uitvoering van de werkzaamheden die juist in die periode moeten worden verricht in verband met het stormseizoen. Dit knelpunt dient nader te worden besproken met de beheerder van het gebied.

De aanwezigheid van deze flora en fauna kan leiden tot vertragingen in het project. Het is daarom belangrijk om tijdig aanvullend onderzoek uit te voeren en in de planning van de uitvoering rekening te houden met de kwetsbare periodes van de verschillende diersoorten.

10.4. Beheer en onderhoud

10.4.1. Dijklichaam

Ten aanzien van beheer en onderhoud wordt voor het dijklichaam 2 maal bemaaiing per jaar voorgeschreven. Daarnaast zal een jaarlijkse of tweejaarlijkse schouw uitgevoerd moeten worden naar de staat van de bekleding en eventueel opgetreden schades aan de dijk.

10.4.2. Onderhoudsweg

Ten aanzien van beheer en onderhoud wordt voor de onderhoudsweg een jaarlijkse controle op spoorvorming of andersoortige schade voorgeschreven. Na controle volgt eventueel reparatie. Dit kan als onderdeel van de schouw worden meegenomen.

10.4.3. Pompopstelplaats

Een van de te monitoren kritische omgevingsobjecten is de pompopstelplaats. Deze zal jaarlijks gecontroleerd worden op verstopping, wanneer de pompput niet is gebruik.

10.4.4. Begroeiing

Boomgroepen worden gerooid. Jonge bomen of bosschages dienen binnen de invloedssfeer van de waterkering dient onderhouden te worden. Dit houdt in snoeien en laag houden (onder 5 meter).

10.5. Veiligheid en gezondheid (V&G)

10.5.1. Omgevingsveiligheid

Omgevingsveiligheid richt zich uitsluitend op het aantreffen van niet gesprongen explosieven. Het advies ten aanzien van V&G is het alert maken van personeel door bij het stuiten op verdachte objecten direct het werk stil te leggen en de veiligheidscoördinator in te lichten.

10.5.2. Veilige realisatie

Veilige realisatie heeft betrekking op:
- explosieven: aanvullend onderzoek en waakzaamheidstraining;
- bouwplaatsinrichting: opslag materiaal en materieel en manoeuvreerbaarheid op wegen;
- sanering: blootstelling aan vervuilde grond.

10.5.3. Veilig beheer en onderhoud

Begaanbaarheid van onderhoudswegen is een belangrijk punt. Om de onderhoudswegen op de kruin en op de berm begaanbaar te houden wordt hydraulisch gebonden menggranulaat toegepast als verharding. Het pad op de kruin dient onder een licht afschot te liggen (2 % op 2 oren) om plasvorming te voorkomen. Het pad op de steunberm wordt om zelfde reden onder afschot van 5 % aangelegd.

Maaiwerkzaamheden op het binnen- en buitentalud kunnen plaatsvinden vanaf deze onderhoudswegen.

Ten aanzien van de veilige inrichting van de pompopstelplaats zullen roosters op de putten worden aangebracht.

10.6. Overig

10.6.1. Te monitoren kritisch geachte omgevingsobjecten

De pompput is een kritisch omgevingsobject. Deze dient te worden geïnspecteerd op verstopping. Voor Dijkvak 50.720.1 komen verder geen kritische omgevingsobjecten voor.

10.6.2. Te monitoren deformaties en bouwkundige opnames

De bestaande pompopstelplaats wordt afgebroken waardoor er geen bestaande bouwkundige constructies op het dijkvak aanwezig zijn tijdens de uitvoering. Daarnaast zijn de verwachte zettingen zeer gering.

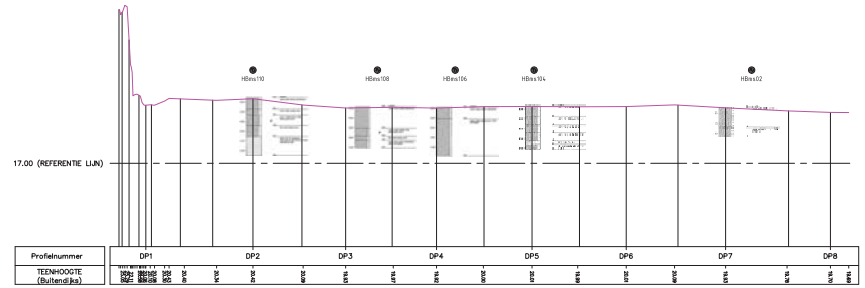
10.6.3. Beheersmaatregelen tot voorkomen van schade aan omgeving

Rijplaten zullen beschading aan Merummerbroekweg moeten uitsluiten.

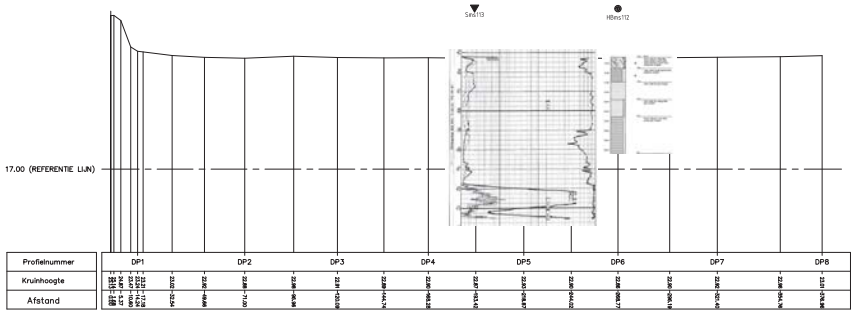
LITERATUURLIJST

1. HKV (2013) Ontwerpwaterstanden Limburgse Maas, januari 2013, kenmerk: PR2353.
2. Ministerie van Verkeer en Waterstaat (2010) Ontwerpkader nog aan te leggen Maaskaden. Het ontwerpen van overstroombare waterkeringen met een norm van 1/250 per jaar; binnen het project Maaswerken, 27 sept 2010, kenmerk:VenW/DGW-2010/1187.
3. Royal Haskoning (2012) Sluitstukkaden Maasdal, Technische ontwerpuitgangspunten voor het versterken van Primaire Waterkeringen, Royal Haskoning, februari 2012.
4. Arcadis (2010) Stappenplan schematiseringsfactor. 074497336:0.6.1, O3011.000049. 15 maart 2010.
5. Regelink Ecologie & Landschap (2012) Natuurrapportage sluitstukkaden Cluster E (concept), kenmerk: RA12292-02.
6. ECG (2012) Vooronderzoek naar het risico op het aantreffen van conventionele explosieven in het onderzoeksgebied 'Sluitstukkaden Maasdal' cluster E, kenmerk: 289-012-VOcE-01.
7. RAAP (2012) adviesdocument 594: Sluitstukkaden Maasdal: Gemeenten Roermond, Maasgouw, Echt-Susteren, Sittard-Geleen, Stein, Meerssen, Maastricht en Eijsden-Margraten. Een archeologische quickscan.
8. ENW (2007) Technisch Rapport Ontwerpbelastingen voor het rivierengebied.
9. ENW (2007) Voorschrift Toetsing op Veiligheid Primaire Waterkeringen 2006 (VTV2006).
10. ENW (2007) Leidraad Rivieren.
11. ENW (2007) Addendum I bij de Leidraad Rivieren t.b.v. het ontwerpen van rivierdijken.
12. ENW (2007) Addendum bij het Technisch Rapport Waterkerende grondconstructies.
13. TAW (2004) Technisch Rapport Waterspanningen bij dijken.
14. TAW (2003) Technisch Rapport Golfoploop en golfoverslag bij dijken.
15. TAW (2001) Technisch Rapport Waterkerende grondconstructies.
16. TAW (1999) Technisch Rapport Zandmeevoerende wellen.
17. TAW (1998) Technisch Rapport Erosiebestendigheid van grasland als dijkbekleding.
18. TAW (1998) Grondslagen voor waterkeren.
19. TAW (1996) Technisch Rapport Klei voor dijken.
20. TAW (1994) Handreiking constructief ontwerpen.
21. NEN (2012) NEN9997-1+C1: 'Geotechnisch ontwerp van constructies - Deel 1: Algemene regels.
22. NEN (2002) NEN-EN 13383-1:2002 nl: Waterbouwsteen - Deel 1: Specificatie.
23. Notitie inventarisatie bomen, Witteveen+Bos, 9 september 2010, kenmerk: STD75-1.
24. Gedetailleerde toetsing dijkring 77 (dijkvak Merum-Solvay), dijkring 80 (bracherbeek) en deel dijkring 81 (Ohé en Laak - Stevensweert), Witteveen+Bos, 08 september 2010, kenmerk: STD75-1/020.

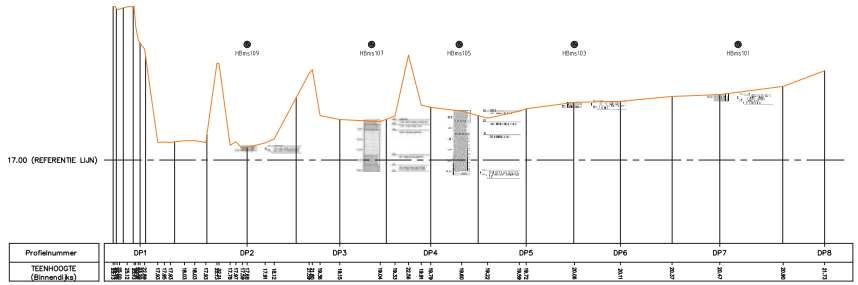
BIJLAGE I GRONDONDERZOEK



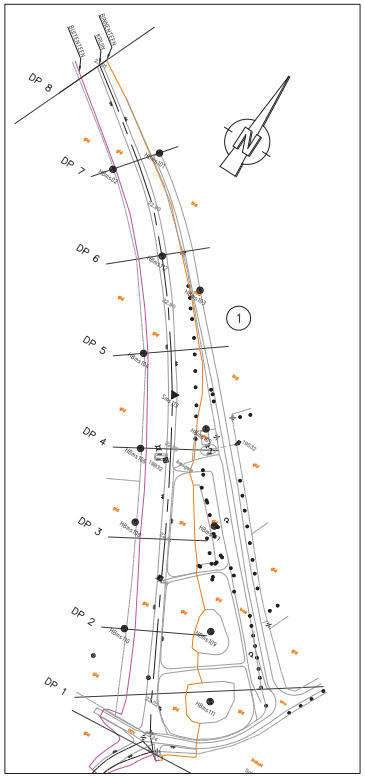
BUITENDIJKS (TEEN)
SCHAAL 1:1000
VERTICALE SCHAAL 1:100



KRUIN
HORIZONTALE SCHAAL 1:1000
VERTICALE SCHAAL 1:100



BINNENDIJKS (TEEN)
SCHAAL 1:1000
VERTICALE SCHAAL 1:100



OVERZICHT
SCHAAL 1:1000

OPMERKINGEN
- ALLE MATEN IN m TENZIJ ANDERS AANGEGEVEN
- HOOGTEMATEN IN m T.O.V. NAP
- GRONDPROFIEL GEGEVENS VAN HANDBORING HBmx111 ONTBREKEN NOG

CONCEPT 0 29/04/2019

LEGENDA
- SONDERING
- BORING
- BINNENDIJKS (TEEN)
- BUITENDIJKS (TEEN)

0 2.500mm 5.000mm
SCHAAL 1:100
0m 25m 50m
SCHAAL 1:1.000

WATERSCHAP ROER EN OVERMAAS
TOETSING DIJKRINGEN 77, 80 EN 81

Geotechnisch lengteprofiel
Dijkring 77
Dijkvak Merum-Solvay

Witteveen+Bos
Postbus 233
7420 AE Deventer
Telefoon 0570 69 79 11
Telefax 0570 69 73 44

Getekend	ing. G.V. Rosalia
Gecontroleerd	ir. M.H.A. Kaarsemaker
Goedgekeurd	ir. H.J.M.A. Mols
Datum	

Afdrukgegevens
Schaal 1:100 ; 1:1000
STD75.1.1001
Formaat A0

CAD TEK: P:\C0172\C0172-Toetsen\12 Ontwerpen voor Waterwegen\Ontwerpen\Rapportages\RAP\C0172-STD75.1.1001.dwg

BIJLAGE II NOTITIE GEVOELIGHEIDSANALYSE DEKGROND

Witteveen+Bos

notitie

Witteveen+Bos
Van Twickelostraat 2
Postbus 233
7400 AE Deventer
telefoon 0570 69 79 11
fax 0570 69 73 44
www.witteveenbos.nl

onderwerp	gevoeligheidsanalyse leem
project	Sluitstukkaden Cluster E
opdrachtgever	Waterschap Roer en Overmaas
projectcode	STD88-1
referentie	STD88-1/smid3/019
opgemaakt door	ing. L. de Gier
goedgekeurd door	ir. J. Lansink
status	definitief
datum opmaak	6 september 2013
bijlagen	I Uitvoer D-Geo Stability

paraaf

aan	Roer en Overmaas	J. Tholen
kopie	Witteveen+Bos	ir. S.T. Pwa

1. AANLEIDING

De natuurlijke dekgrond bestaat hoofdzakelijk uit leem en komt voor als aluviale afzetting (sterk kleiig silt/leem) en aeolische (löss) afzetting (zandig leem, al dan niet verspoeld). De aluviale afzettingen gedragen zich als klei en zijn gesedimenteerd in de maasgeul. De aeolische afzettingen komen vanaf het land en liggen als een 'deken' over de andere afzettingen.

Conform Tabel 2.b van de NEN-EN 1997-1+C1:2012/NB:2012 laten de sterkte-eigenschappen van de rivierafzetting zich schematiseren als 'klei, zwak zandig, matig' en sterkte-eigenschappen van de meer zandige lössafzetting als 'leem, zwak zandig, slap'. Beide soorten afzettingen hebben een volumiek droog en nat gewicht van 19 kN/m^3.

De lagen wisselen elkaar op zeer korte afstand af en komen vaak in willekeurige volgorde voor. Zo kan binnen een afstand van enkele meters een 1,0 m dikke laag zandige leem veranderen in geulvulling van 3 m rivierklei. Om deze reden is ervoor gekozen om in de berekeningen binnen het project 'Sluitstukkaden Cluster E' de meest conservatieve schematisatie van de dekgrond aan te houden.

2. GEVOELIGHEIDSANALYSE

Voor de stabiliteitsberekeningen is een gevoeligheidsanalyse uitgevoerd naar de schematisatie van de dekgrond. In deze gevoeligheidsanalyse zijn de volgende punten opgenomen:
- sterkteparameters (klei, zwak zandig, matig - leem, sterk of zwak zandig, slap);
- freatische lijn (kleidijk - zanddijk);
- zonering (kleidijk - zanddijk).

2.1. Sterkteparameters

2.1.1. Karakteristieke waarden

De karakteristieke waarden van de twee grondsoorten zijn opgenomen in Tabel 2.1 De sterkteparameters zijn afkomstig uit Tabel 2b van de NEN-9997-1+c1.

Tabel 2.1. Karakteristieke waarden sterkteparameters

grondsoort	cohesie c'_{rep} [kN/m²]	hoek van inwendige wrijving φ'_{rep} [°]
Leem, zwak zandig, slap	1,0 *	27,5
Klei, zwak zandig, matig	5,0	22,5

* Er is een cohesie van 1 kPa aangehouden omdat er relatief veel klei/ in het leem aanwezig is. De eurocode schrijft een cohesie voor van 0 bij leem, zwak zandig, slap en 1 en 2,5 bij respectievelijk consistentie matig en vast

2.1.2. Materiaalfactoren

In de materiaalfactor zijn onzekerheden ten aanzien van de beschrijving van de schuifsterkte verdisconteerd. Een overzicht van de toe te passen materiaalfactoren is gegeven in tabel 2.2. De waarden zijn afkomstig uit het Addendum bij het Technisch Rapport Waterkerende Grondconstructies en zijn afgeleid voor een basisbetrouwbaarheidsniveau β = 4,0.

Tabel 2.2. Materiaalfactoren

grondsoort	cohesie [-]	hoek van inwendige wrijving [-]
Leem, zwak zandig, slap *	1,25	1,20
Klei, zwak zandig, matig	1,25	1,20

* voor leem, zwak zandig, slap zijn de materiaalfactoren voor klei gehanteerd.

2.1.3. Rekenwaarden

De rekenwaarden van de aanwezige grondsoorten zijn opgenomen in Tabel 2.3.

Tabel 2.3. Rekenwaarden sterkteparameters

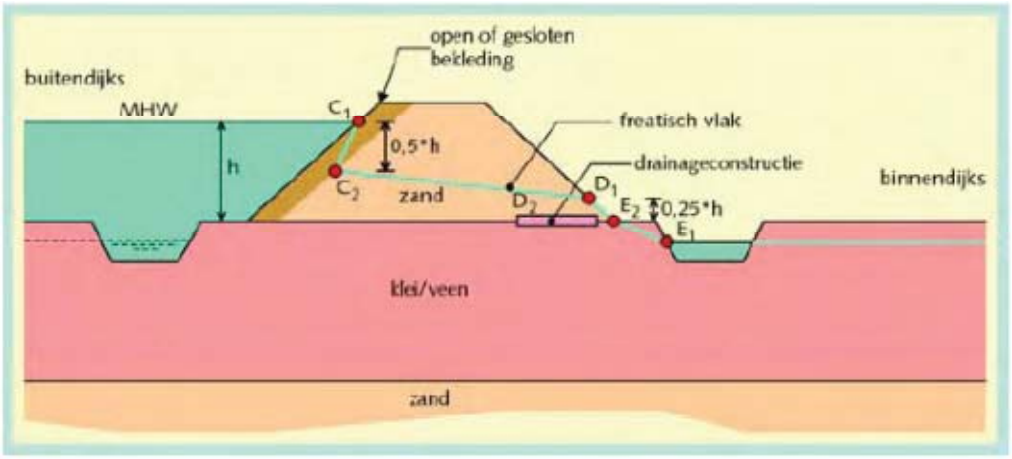
grondsoort	cohesie c'_{rep} [kN/m²]	hoek van inwendige wrijving φ'_{rep} [°]
Leem, zwak zandig, slap	0,8	23,5
Klei, zwak zandig, matig	4,0	19,0

2.2. Freatische lijn

2.2.1. Zanddijk (leem, zwak zandig, slap)

De freatische lijn wanneer wordt uitgegaan van een zanddijk is geschematiseerd op basis van figuur b1.3 uit het Technisch Rapport Waterspanningen bij Dijken. Er is geen rekening gehouden met een gesloten bekleding op het buitentalud. Dus verloopt direct van C1 naar D1.

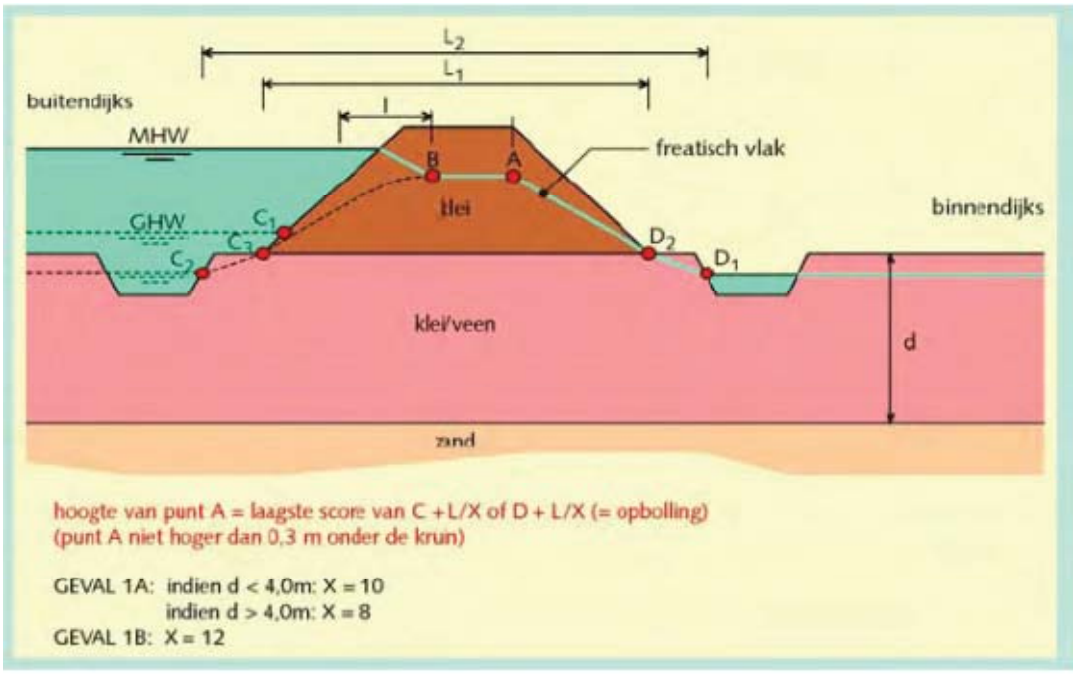
Afbeelding 2.1. Schematisatie freatische lijn



2.2.2. Kleidijk (klei, zwak zandig, matig)

De freatische lijn wanneer wordt uitgegaan van een kleidijk is geschematiseerd op basis van figuur b1.1 uit het Technisch Rapport Waterspanningen bij Dijken.

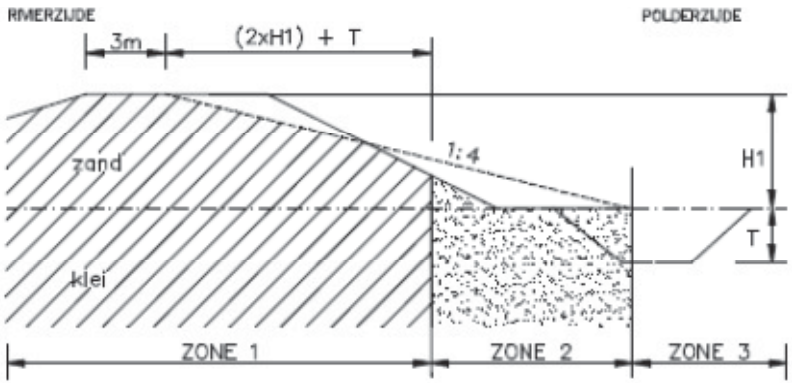
Afbeelding 2.2. Schematisatie freatische lijn



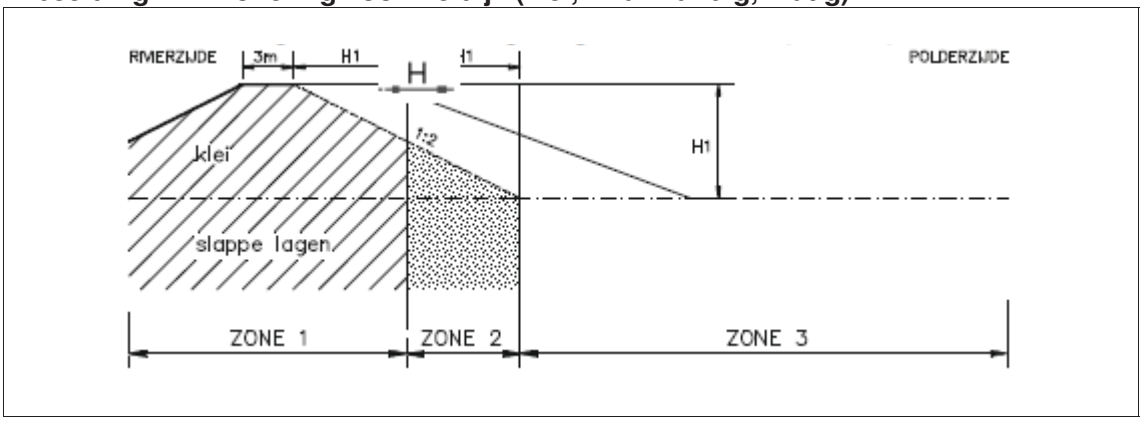
2.3. Zonering

Afhankelijk van het kernmateriaal (zand of klei) kan er volgens de Handreiking Constructief Ontwerpen voor de zonering een helling van 1:2 of van 1:4 worden aangehouden (zie afbeeldingen).

Afbeelding 2.3. Zonering voor zanddijk (leem, zwak zandig, slap)



Afbeelding 2.4. Zonering voor kleidijk (klei, zwak zandig, matig)



2.4. Rekenprofielen

Als invoer zijn de D-Geo Stability berekeningen uit de toetsingen gebruikt. De volgende profielen/dijkvakken zijn meegenomen in deze gevoeligheidsanalyse:

- 50.320.2;
- 50.320.4;
- 50.320.11;
- 50.650.1;
- 50.720.1.

3. RESULTATEN

In tabel 3.1 zijn de veiligheidsfactoren weergegeven voor zone 1 indien de dekgrond en de kern van de dijk zijn geschematiseerd als leem, zwak zandig, slap (zanddijk) of als klei, zwak zandig, matig (kleidijk).

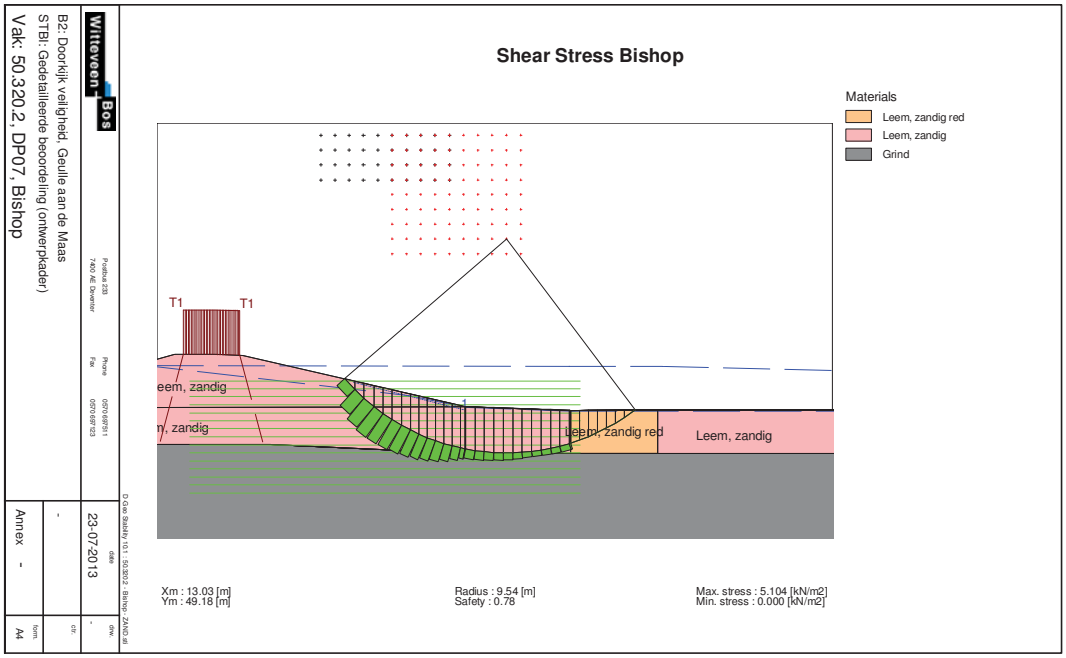
Tabel 3.1. Resultaten

dijkvak	SF zanddijk	SF kleidijk
50.320.2	0,78	1,01
50.320.4	0,93	1,10
50.320.11	0,71	0,92
50.650.1	0,66	0,76
50.720.1	0,67	0,77

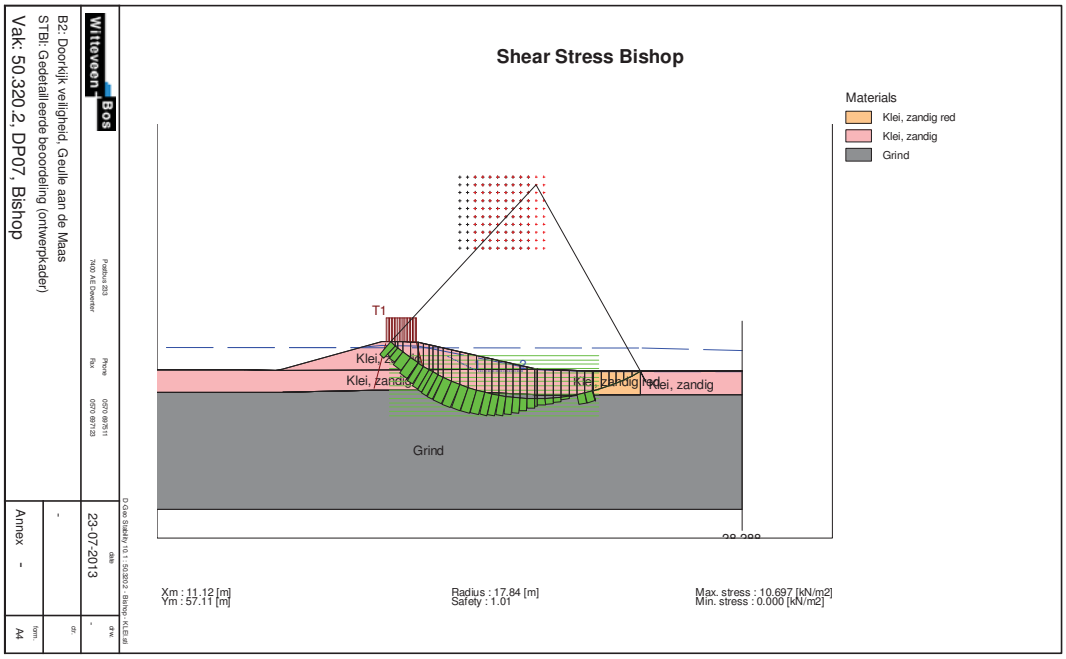
Op basis van de uitgevoerde analyse is de dekgrond en het kernmateriaal van de dijk in de stabiliteitsberekeningen voor het definitieve ontwerp geschematiseerd als leem, zwak zandig, slap.

BIJLAGE I UITVOER D-GEO STABILITY

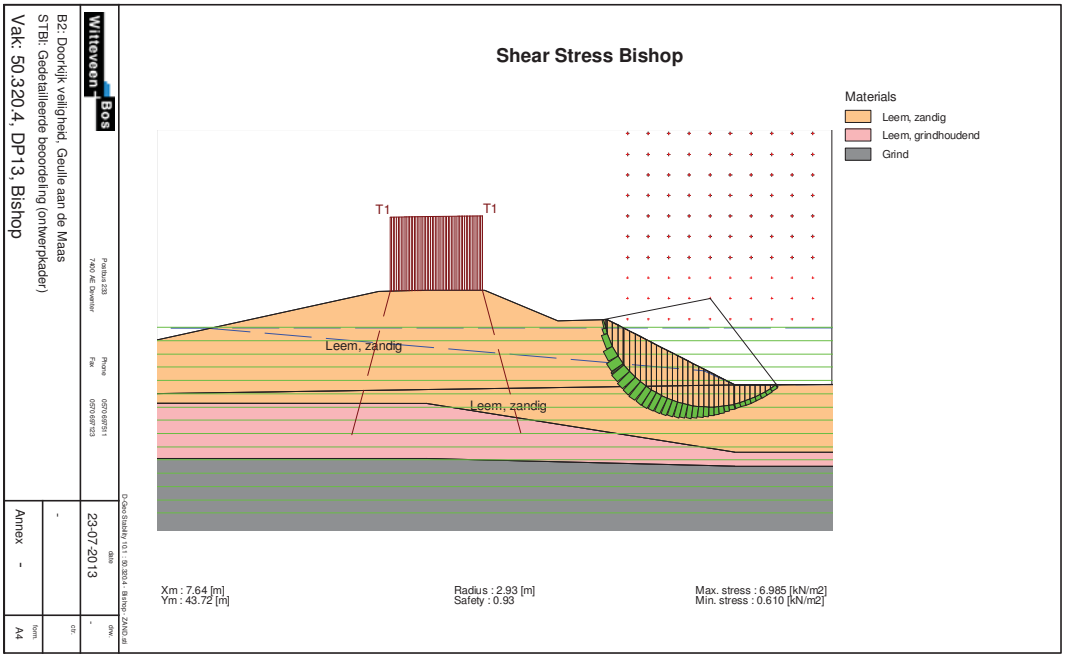
50.320.2: leem, zwak zandig, slap



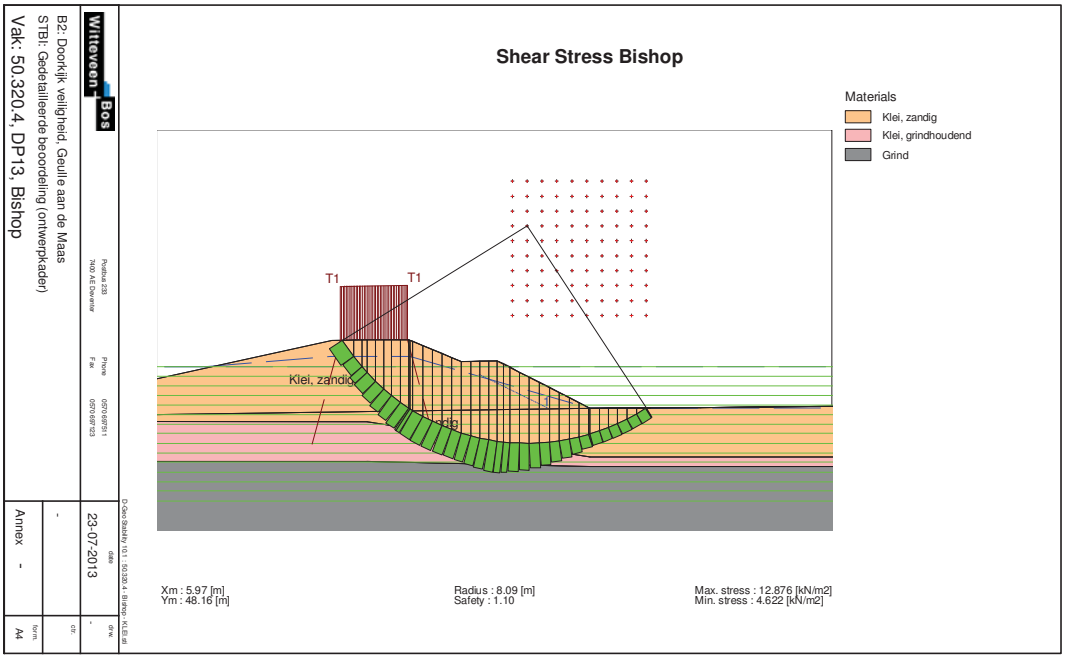
50.320.2: klei, zwak zandig, matig



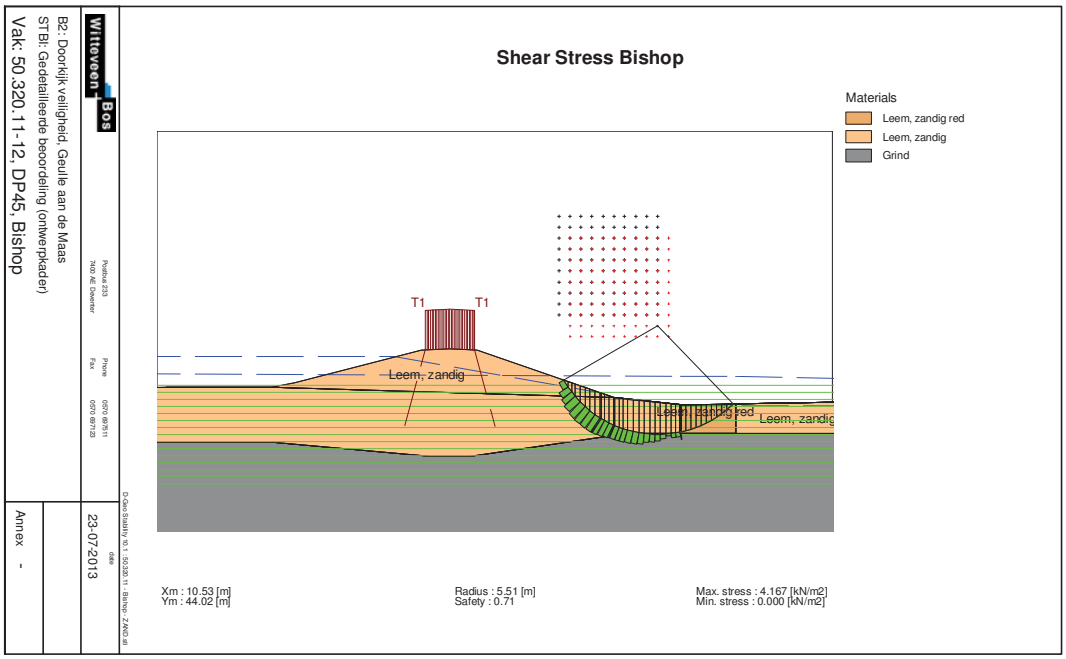
50.320.4: leem, zwak zandig, slap



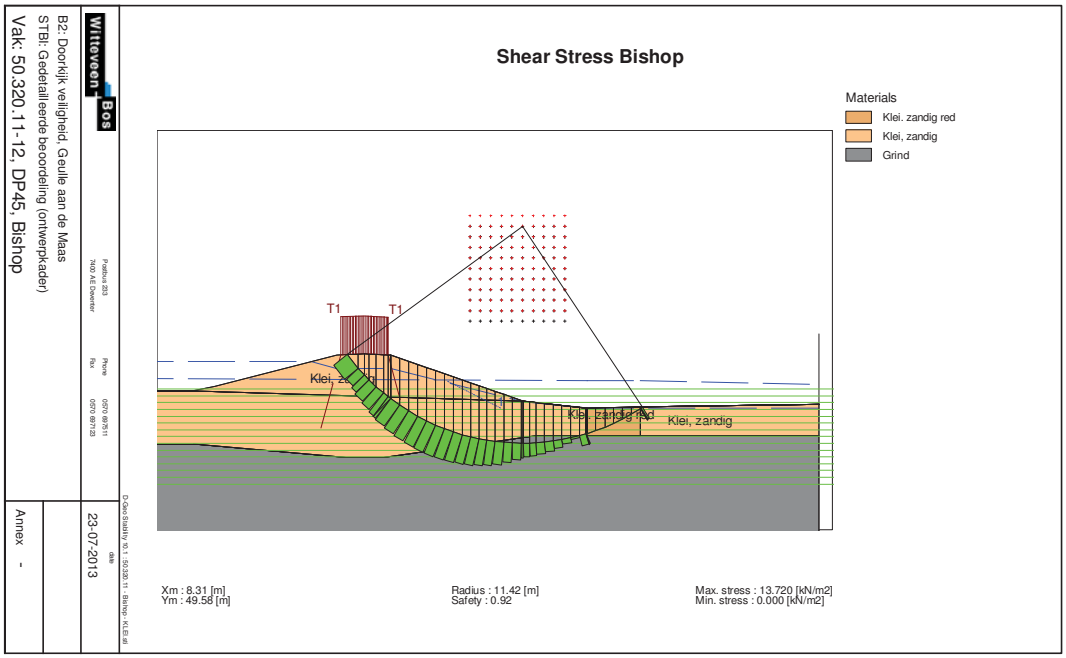
50.320.4: klei, zwak zandig, matig



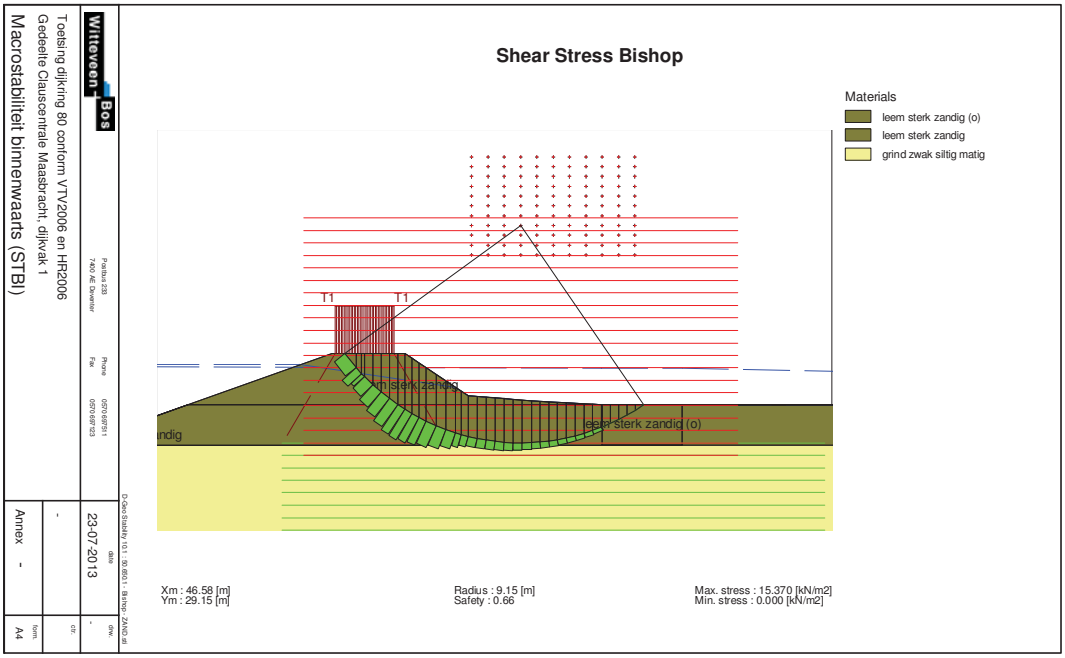
50.320.11: leem, zwak zandig, slap



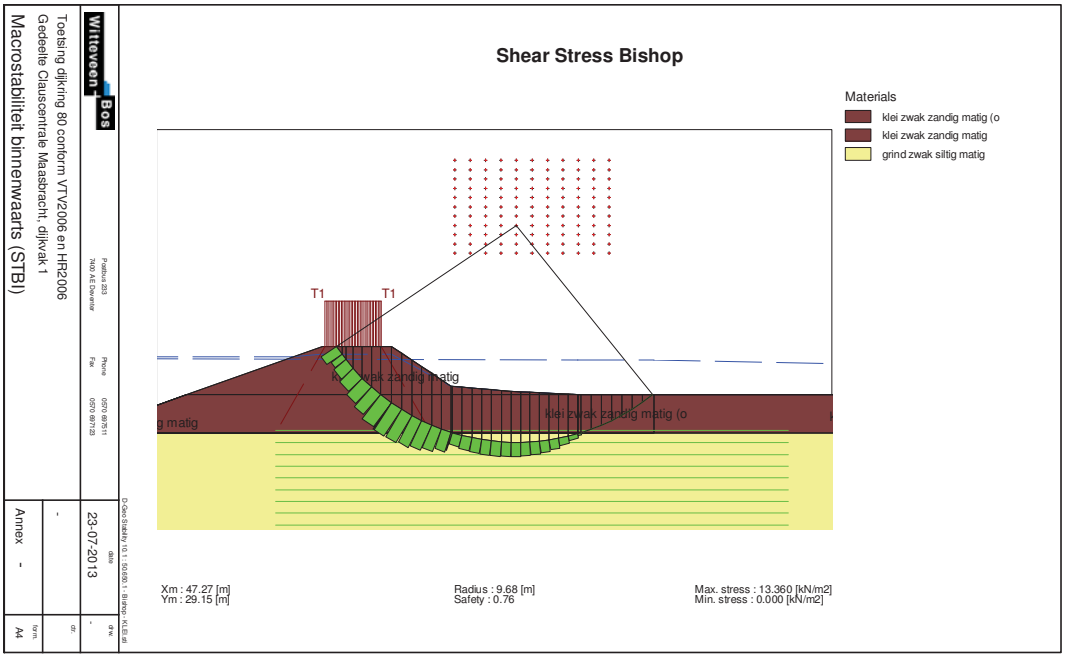
50.320.11: klei, zwak zandig, matig



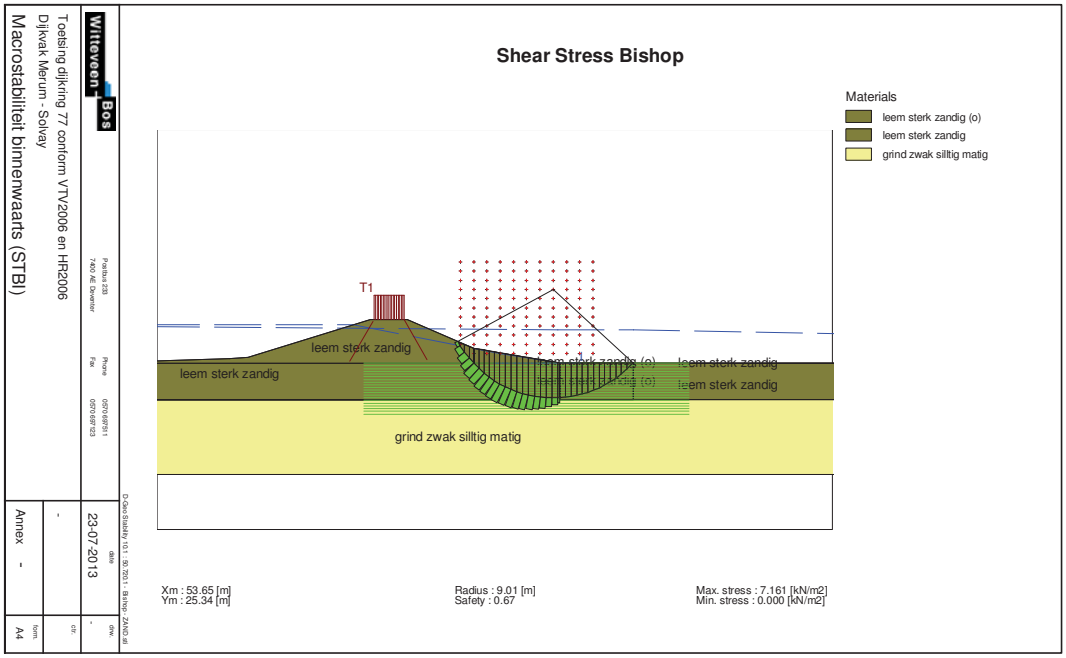
50.650.1: leem, zwak zandig, slap



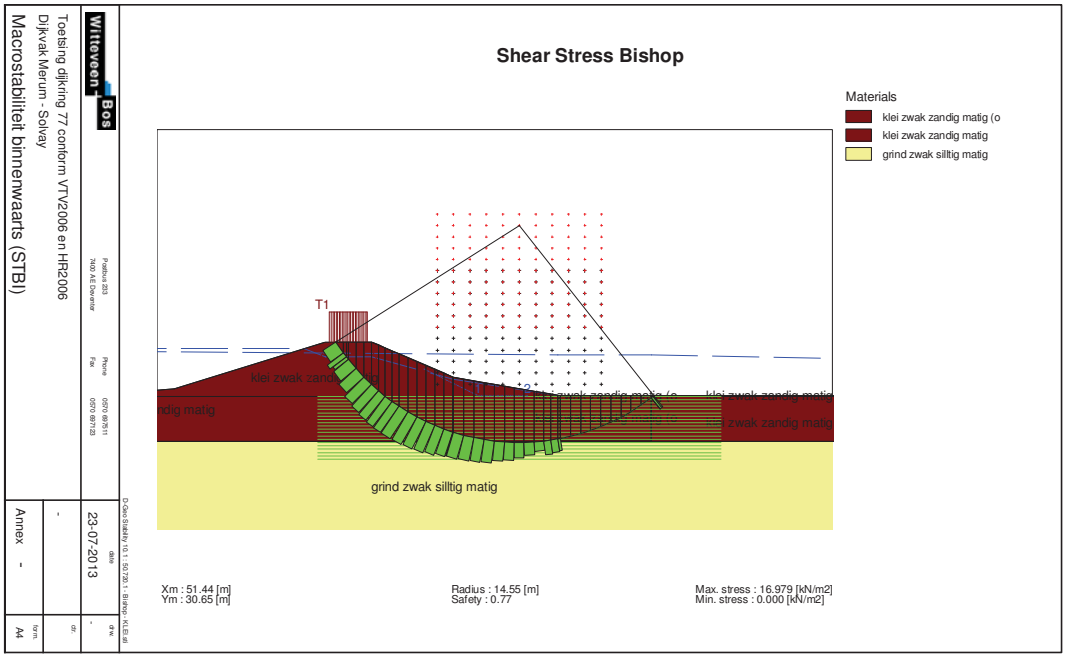
50.650.1: klei, zwak zandig, matig



50.720.1: leem, zwak zandig, slap



50.720.1: klei, zwak zandig, matig



BIJLAGE III NOTITIE REKENBLOK SCHEMATISERINGSFACTOR

Witteveen+Bos

notitie

Witteveen+Bos
Van Twickelostraat 2
Postbus 233
7400 AE Deventer
telefoon 0570 69 79 11
fax 0570 69 73 44
www.witteveenbos.nl

onderwerp	afleiding schematiseringsfactor
project	Sluitstukkaden Cluster E
opdrachtgever	Waterschap Roer en Overmaas
projectcode	STD88-1
referentie	STD88-1/smid3/030
opgemaakt door	ing. L. de Gier
goedgekeurd door	ir. J. Lansink
status	definitief 2
datum opmaak	25 september 2013
bijlagen	I Rekenblok schematiseringsfactor

paraaf

aan WRO J. Tholen

1. INLEIDING

In deze notitie is de afleiding van de schematiseringsfactor voor het definitief ontwerp van de dijkvakken binnen Sluitstukkaden Cluster E gepresenteerd. De afleiding is gebaseerd op het stappenplan schematiseringsfactor [lit. 1.].

2. AFLEIDING SCHEMATISERINGSFACTOR

2.1. Stap 1a en stap 1b: opstellen basisschematisatie en ontwerp

Voor de bepaling van de schematiseringsfactor zijn 2 dwarsprofielen beschouwd. Wanneer de berekende schematiseringsfactor hier aanleiding toe geeft kan de schematiseringsfactor ook voor de overige profielen worden bepaald. De profielen die zijn doorgerekend voor het vaststellen van de schematiseringsfactor zijn opgenomen in tabel 2.1.

Tabel 2.1. Beschouwde dwarsprofielen

Dijkring	dijkvak	dwarsprofiel (revisiemetingen)
Dijkring 77: Merum-Solvay	50.720.1	4
Dijkring 88: Geulle a/d Maas	50.320.11	45

2.2. Stap 2: nagaan of reductie van de schematiseringsfactor nuttig is

Een reductie van de schematiseringsfactor is nuttig omdat dit een reële besparing oplevert ten aanzien van de benodigde bermlengte.

2.3. Stap 3a: identificeren onzekerheden

Bij het opstellen van de basisschematisatie zijn keuzes gemaakt ten aanzien van de schematisatie. Het betreft met name de volgende onderdelen:
- bodemopbouw: niveau van laagscheidingen en het al dan niet aanwezig zijn van bepaalde lagen;
- geohydrologische uitgangspunten:
  - waterspanningsverloop en slechtdoorlatende lagen;
  - ligging freatische lijn.

De onzekerheid in het gedrag van het kernmateriaal van de dijken is reeds onderzocht in de notitie 'gevoeligheidsanalyse leem' [lit. 2.]. Op basis van deze notitie is de dijk conservatief geschematiseerd als zanddijk. De variabelen in deze notitie zijn daarom niet meegenomen in de keuze van de schematiseringsfacor:
- zoneringsregel (handreiking constructief ontwerpen [lit. 3.]);
- sterkteparameters leem;
- principe schematisatie freatische lijn (alleen kleine afwijkingen meegenomen in deze notitie).

Daarnaast is de stijghoogte in het grindpakket gelijk gehouden aan de buitenwaterstand in verband met de hoge doorlatendheid. Ook dit is een aanname van conservatieve aard en een minder gunstige schematisatie is hier bij voorbaat niet mogelijk.

Op basis van de gekozen schematisatie zijn een aantal scenario's gegenereerd. Een scenario is een schematisatie die slechts op één van de bovenstaande punten afwijkt van de basisschematisatie. Van ieder scenario is vervolgens de kans van optreden geschat. Daarbij is een onderscheid gemaakt tussen drie waarschijnlijkheden:
- $P < 0{,}1$: onwaarschijnlijk;
- $P < 0{,}01$: zeer onwaarschijnlijk;
- $P < 0{,}001$: vrijwel uitgesloten.

In de onderstaande tabel zijn de scenario's opgesomd.

Tabel 2.2. Scenario's

scenario	omschrijving	kans van voorkomen
1	maaiveld ligt 0,1 m lager	0,01
2	freatische lijn ligt 0,1 m hoger in dijkkern	0,1
3	de deklaag is 0,2 meter dunner	0,1
4	de deklaag is 0,2 meter dikker	0,1
5	gewicht van de dekgrond is 1 kN/m³ lager	0,1

2.3.1. Scenario 1: maaiveld ligt 0,1 m lager

Per dijkvak is het maatgevende profiel doorgerekend en vergeleken met de inmeting uit 2013. De kans dat het maaiveld ergens lager ligt dan in de sommen is aangehouden is daarom zeer onwaarschijnlijk.

2.3.2. Scenario 2: freatische lijn ligt 0,1 m hoger

De freatische lijn in de dijk is geschematiseerd zoals voorgeschreven in het Technisch Rapport Waterspanningen bij Dijken ([lit. 4.], figuur b1.3). Aangezien het hier gaat om een standaard schematisatie is het niet uit te sluiten dat de freatische lijn in werkelijkheid net

iets anders verloopt. De kans op grote afwijkingen is onwaarschijnlijk en is reeds meegenomen in de gevoeligheidsanalyse van de dekgrond/kernmateriaal [lit. 2.].

2.3.3. Scenario 3: De deklaag is 0,2 m dunner in het achterland

De diepteligging van de dekgrond in het achterland is bepaald op basis van de beschikbare boringen in het achterland. Er bestaat bij grondonderzoek altijd een kans op lokale afwijkingen omdat het onderzoeksgebied relatief beperkt is. De kans op voorkomen is onwaarschijnlijk.

2.3.4. Scenario 4: De deklaag is 0,2 m dikker in het achterland

De diepteligging van de dekgrond in het achterland is bepaald op basis van de beschikbare boringen in het achterland. Er bestaat bij grondonderzoek altijd een kans op lokale afwijkingen omdat het onderzoeksgebied relatief beperkt is. De kans op voorkomen is onwaarschijnlijk.

2.3.5. Scenario 5: gewicht van de dekgrond is 1 kN/m³ lager

De gewicht van de dekgrond is bepaald op basis van de NEN 9997-1+c1:2012. Er is een waarde van 19kN/m³ aangehouden wat overeenkomt met de lichtste leemsoort. Echter bestaat er de kans dat het gewicht in het veld minder groot is in verband met mogelijke bijmenging. De kans is als onwaarschijnlijk meegenomen in de bepaling van de schematiseringsfactor.

2.4. Stap 3b: bepalen schematiseringsfactor

Van alle scenario's is afzonderlijk de stabiliteitsfactor bepaald voor zone 1 en 2 [lit. 3.]. Het verschil met de stabiliteitsfactor van de basisschematisatie is ingevuld in de rekenhulp van ENW voor het bepalen van schematiseringsfactoren. Hieruit volgt een percentage van de kansruimte die door de onzekerheden wordt gebruikt. Indien dit percentage kleiner is dan 100 % is gekozen voor de juiste schematiseringsfactor, indien dit percentage groter is dan 100 % moet het ontwerp worden aangepast (zie stap 4).

2.4.1. Berekeningen zone 1

Tabel 2.3 Stabiliteitsfactor scenario's voor 50.720.1

scenario	omschrijving	SF[*1](-.)	verschil SF (-.)
basis	basisschematisatie	1,25	-
1	maaiveld ligt 0,1 m lager	1,26	0,00
2	freatische lijn ligt 0,1 m hoger	1,24	-0,01
3	de deklaag is 0,2 meter dunner	1,26	0,00
4	de deklaag is 0,2 meter dikker	1,21	-0,05
5	gewicht van de dekgrond is 1 kN/m³ lager	1,21	-0,05

[*1] SF = stabiliteitsfactor

Uit de rekenhulp volgt dat de schematiseringsfactor van 1,1 correct is gekozen.

Tabel 2.4 Stabiliteitsfactor scenario's voor 50.320.11

scenario	omschrijving	SF[*1](-.)	verschil SF (-.)
basis	basisschematisatie	1,35	-
1	maaiveld ligt 0,1 m lager	1,40	0,00
2	freatische lijn ligt 0,1 m hoger	1,34	-0,01
3	de deklaag is 0,2 meter dunner	1,39	0,00
4	de deklaag is 0,2 meter dikker	1,29	-0,06
5	gewicht van de dekgrond is 1 kN/m³ lager	1,35	0,00

[*1] SF = stabiliteitsfactor

Uit de rekenhulp volgt dat de schematiseringsfactor van 1,1 correct is gekozen.

2.4.2. Berekeningen zone 2

Tabel 2.5 Stabiliteitsfactor scenario's voor 50.720.1

scenario	omschrijving	SF[*1](-.)	verschil SF (-.)
basis	basisschematisatie	1,10	-
1	maaiveld ligt 0,1 m lager	1,10	0,00
2	freatische lijn ligt 0,1 m hoger	1,10	0,00
3	de deklaag is 0,2 meter dunner	1,13	0,00
4	de deklaag is 0,2 meter dikker	1,06	-0,04
5	gewicht van de dekgrond is 1 kN/m³ lager	1,09	-0,01

[*1] SF = stabiliteitsfactor

Uit de rekenhulp volgt dat de schematiseringsfactor van 1,1 correct is gekozen.

Tabel 2.6 Stabiliteitsfactor scenario's voor 50.320.11

scenario	omschrijving	SF[*1](-.)	verschil SF (-.)
basis	basisschematisatie	1,15	-
1	maaiveld ligt 0,1 m lager	1,12	-0,03
2	freatische lijn ligt 0,1 m hoger	1,12	-0,03
3	de deklaag is 0,2 meter dunner	1,24	0,00
4	de deklaag is 0,2 meter dikker	1,03	-0,12
5	gewicht van de dekgrond is 1 kN/m³ lager	1,13	-0,02

[*1] SF = stabiliteitsfactor

Uit de rekenhulp volgt dat de schematiseringsfactor van 1,1 correct is gekozen.

2.5. Stap 4: aanpassen ontwerp

Het ontwerp is opgesteld met een schematiseringsfactor van 1,1. Op basis van deze notitie is gesteld dat het ontwerp hiermee voldoet.

2.6. Stap 5: optimalisatie en nader onderzoek

Een schematiseringsfactor van 1,1 is de minimale waarde. Een verdere optimalisatie om de kans van optreden van de verschillende scenario's te verkleinen, heeft daardoor geen meerwaarde.

3. LITERATUUR

1. Arcadis (2010) Stappenplan schematiseringsfactor.
2. Witteveen+Bos (2013) Notitie gevoeligheidsanalyse leem STD88-1.
3. TAW (1994) Handreiking constructief ontwerpen.
4. TAW (2004) Technisch Rapport Waterspanningen bij dijken.

BIJLAGE I REKENBLOK SCHEMATISERINGSFACTOR

Gele cellen door gebruiker in te vullen!
macrostabiliteit

Ontwerpeis in termen van schadefactor γ_n :	**1.040**	
Idem in termen van betrouwbaarheidsindex β_req :	4.308	
Idem in termen van toelaatbare faalkans:	8.25E-06	
Eerste keuze schematiseringsfactor:	**1.100**	*begin met de laagste schematiseringfactor, volgens LR 1,10*
Stab. factoreis in ontwerpanalyse Fd,eis:	1.144	
Corresponderende β:	5.108	*β=4+(Fd,eis-1)/0.13*
Corresponderende faalkans:	1.63E-07	
Bijdrage ontwerpschematisering aan faalkans:	9.62E-08	

Si	**P(Si)**	**ΔFd(D;Si)**	**Fd(D; Si)**	**β**	**Psf (D;Si)**	**Psf(D; Si)*P(Si)**	**Omschrijving afwijking:**
1	5.90E-01	0	1.144	5.108	1.63E-07	9.62E-08	Basisschematisering
2	0.01	0	1.144	5.108	1.63E-07	1.63E-09	maaiveld ligt 0,1 m lager
3	0.1	-0.01	1.134	5.031	2.44E-07	2.44E-08	freatische lijn ligt 0,1 m hoger
4	0.1	0	1.144	5.108	1.63E-07	1.63E-08	de deklaag is 0,2 m dunner
5	0.1	-0.05	1.094	4.723	1.16E-06	1.16E-07	de deklaag is 0,2 m dikker
6	0.1	-0.05	1.094	4.723	1.16E-06	1.16E-07	gewicht van de dekgrond is 1 kN/m3 kager

Totale faalkans S1 … S13 : 3.71E-07

ΔFd(D;Si) geeft toename van Fd(D) tov stabiliteitsfactoreis
bij aanname van scenario Si !!! **dit is** **4%** **van de toelaatbare kans**

Nieuwe schatting voor schematiseringfactor:

Kies **nieuwe** schematiseringsfactor:	1.100	indien totale faalkans te groot, hoog dan schematiseringfactor op
Stab. factoreis in ontwerpanalyse:	1.144	Uitgangspunt bij berekening is dat dit leidt tot een nieuw ontwerp [
Corresponderende β:	5.108	waarbij de stabiliteitsfactoren bij de verschillende scenario's in gelijke mate
Corresponderende faalkans:	1.63E-07	met de ophoging van de schematiseringsfactor toe zullen nemen
Bijdrage ontwerpschematisering aan faalkans:	9.62E-08	(ten opzichte van de stabiliteitsfactoren boven)

Nieuwe bijdragen afwijkende schematiseringen:

Si	P(Si)		Fd(D; Si)	β	Psf (D;Si)	Psf(D; Si)*P(Si)
1	0.59	0	1.144	5.108	1.63E-07	9.62E-08
2	0.01	0	1.144	5.108	1.63E-07	1.63E-09
3	0.1	-0.01	1.134	5.031	2.44E-07	2.44E-08
4	0.1	0	1.144	5.108	1.63E-07	1.63E-08
5	0.1	-0.05	1.094	4.723	1.16E-06	1.16E-07
6	0.1	-0.05	1.094	4.723	1.16E-06	1.16E-07

NB: Fd(D;Si) in deze tabel = Fd(D;Si) uit bovenste tabel verhoogd met
toename stab factoreis bij nieuwe schematiseringsfactor (cel f29-f9)

Nieuwe totale faalkans: 3.71E-07

dit is 4% van de toelaatbare kans
indien kleiner dan 100%
dan is schematiseringfactor ok

Gele cellen door gebruiker in te vullen!
macrostabiliteit

Ontwerpeis in termen van schadefactor γ_n :	**1.040**	
Idem in termen van betrouwbaarheidsindex β_req :	4.308	
Idem in termen van toelaatbare faalkans:	8.25E-06	
Eerste keuze schematiseringsfactor:	**1.100**	*begin met de laagste schematiseringfactor, volgens LR 1,10*
Stab. factoreis in ontwerpanalyse Fd,eis:	1.144	
Corresponderende β:	5.108	*β=4+(Fd,eis-1)/0.13*
Corresponderende faalkans:	1.63E-07	
Bijdrage ontwerpschematisering aan faalkans:	9.62E-08	

Si	**P(Si)**	**ΔFd(D;Si)**	**Fd(D; Si)**	**β**	**Psf (D;Si)**	**Psf(D; Si)*P(Si)**	**Omschrijving afwijking:**
1	5.90E-01	0	1.144	5.108	1.63E-07	9.62E-08	Basisschematisering
2	0.01	0	1.144	5.108	1.63E-07	1.63E-09	maaiveld ligt 0,1 m lager
3	0.1	0	1.144	5.108	1.63E-07	1.63E-08	freatische lijn ligt 0,1 m hoger
4	0.1	0	1.144	5.108	1.63E-07	1.63E-08	de deklaag is 0,2 m dunner
5	0.1	-0.04	1.104	4.800	7.93E-07	7.93E-08	de deklaag is 0,2 m dikker
6	0.1	-0.01	1.134	5.031	2.44E-07	2.44E-08	gewicht van de dekgrond is 1 kN/m3 kager

Totale faalkans S1 … S13 : 2.34E-07

ΔFd(D;Si) geeft toename van Fd(D) tov stabiliteitsfactoreis
bij aanname van scenario Si !!! **dit is** **3%** **van de toelaatbare kans**

Nieuwe schatting voor schematiseringfactor:

Kies **nieuwe** schematiseringsfactor:	1.100	indien totale faalkans te groot, hoog dan schematiseringfactor op
Stab. factoreis in ontwerpanalyse:	1.144	Uitgangspunt bij berekening is dat dit leidt tot een nieuw ontwerp [
Corresponderende β:	5.108	waarbij de stabiliteitsfactoren bij de verschillende scenario's in gelijke mate
Corresponderende faalkans:	1.63E-07	met de ophoging van de schematiseringsfactor toe zullen nemen
Bijdrage ontwerpschematisering aan faalkans:	9.62E-08	(ten opzichte van de stabiliteitsfactoren boven)

Nieuwe bijdragen afwijkende schematiseringen:

Si	P(Si)		Fd(D; Si)	β	Psf (D;Si)	Psf(D; Si)*P(Si)
1	0.59	0	1.144	5.108	1.63E-07	9.62E-08
2	0.01	0	1.144	5.108	1.63E-07	1.63E-09
3	0.1	0	1.144	5.108	1.63E-07	1.63E-08
4	0.1	0	1.144	5.108	1.63E-07	1.63E-08
5	0.1	-0.04	1.104	4.800	7.93E-07	7.93E-08
6	0.1	-0.01	1.134	5.031	2.44E-07	2.44E-08

NB: Fd(D;Si) in deze tabel = Fd(D;Si) uit bovenste tabel verhoogd met
toename stab factoreis bij nieuwe schematiseringsfactor (cel f29-f9)

Nieuwe totale faalkans: 2.34E-07
dit is 3% van de toelaatbare kans
indien kleiner dan 100%
dan is schematiseringfactor ok

Gele cellen door gebruiker in te vullen!
macrostabiliteit

Ontwerpeis in termen van schadefactor γ_n :	**1.040**	
Idem in termen van betrouwbaarheidsindex β_req :	4.308	
Idem in termen van toelaatbare faalkans:	8.25E-06	
Eerste keuze schematiseringsfactor:	**1.100**	*begin met de laagste schematiseringfactor, volgens LR 1,10*
Stab. factoreis in ontwerpanalyse Fd,eis:	1.144	
Corresponderende β:	5.108	*β=4+(Fd,eis-1)/0.13*
Corresponderende faalkans:	1.63E-07	
Bijdrage ontwerpschematisering aan faalkans:	9.62E-08	

Si	**P(Si)**	**ΔFd(D;Si)**	**Fd(D; Si)**	**β**	**Psf (D;Si)**	**Psf(D; Si)*P(Si)**	**Omschrijving afwijking:**
1	5.90E-01	0	1.144	5.108	1.63E-07	9.62E-08	Basisschematisering
2	0.01	0	1.144	5.108	1.63E-07	1.63E-09	maaiveld ligt 0,1 m lager
3	0.1	-0.01	1.134	5.031	2.44E-07	2.44E-08	freatische lijn ligt 0,1 m hoger
4	0.1	0	1.144	5.108	1.63E-07	1.63E-08	de deklaag is 0,2 m dunner
5	0.1	-0.06	1.084	4.646	1.69E-06	1.69E-07	de deklaag is 0,2 m dikker
6	0.1	0	1.144	5.108	1.63E-07	1.63E-08	gewicht van de dekgrond is 1 kN/m3 kager

Totale faalkans S1 … S13 : 3.24E-07

ΔFd(D;Si) geeft toename van Fd(D) tov stabiliteitsfactoreis
bij aanname van scenario Si !!! **dit is** **4%** **van de toelaatbare kans**

Nieuwe schatting voor schematiseringfactor:

Kies **nieuwe** schematiseringsfactor:	1.100	indien totale faalkans te groot, hoog dan schematiseringfactor op
Stab. factoreis in ontwerpanalyse:	1.144	Uitgangspunt bij berekening is dat dit leidt tot een nieuw ontwerp [
Corresponderende β:	5.108	waarbij de stabiliteitsfactoren bij de verschillende scenario's in gelijke mate
Corresponderende faalkans:	1.63E-07	met de ophoging van de schematiseringsfactor toe zullen nemen
Bijdrage ontwerpschematisering aan faalkans:	9.62E-08	(ten opzichte van de stabiliteitsfactoren boven)

Nieuwe bijdragen afwijkende schematiseringen:

Si	P(Si)		Fd(D; Si)	β	Psf (D;Si)	Psf(D; Si)*P(Si)
1	0.59	0	1.144	5.108	1.63E-07	9.62E-08
2	0.01	0	1.144	5.108	1.63E-07	1.63E-09
3	0.1	-0.01	1.134	5.031	2.44E-07	2.44E-08
4	0.1	0	1.144	5.108	1.63E-07	1.63E-08
5	0.1	-0.06	1.084	4.646	1.69E-06	1.69E-07
6	0.1	0	1.144	5.108	1.63E-07	1.63E-08

NB: Fd(D;Si) in deze tabel = Fd(D;Si) uit bovenste tabel verhoogd met
toename stab factoreis bij nieuwe schematiseringsfactor (cel f29-f9)

Nieuwe totale faalkans: 3.24E-07

dit is 4% van de toelaatbare kans
indien kleiner dan 100%
dan is schematiseringfactor ok

Gele cellen door gebruiker in te vullen!
macrostabiliteit

Ontwerpeis in termen van schadefactor γ_n :	**1.040**	
Idem in termen van betrouwbaarheidsindex β_req :	4.308	
Idem in termen van toelaatbare faalkans:	8.25E-06	
Eerste keuze schematiseringsfactor:	**1.100**	*begin met de laagste schematiseringfactor, volgens LR 1,10*
Stab. factoreis in ontwerpanalyse Fd,eis:	1.144	
Corresponderende β:	5.108	*β=4+(Fd,eis-1)/0.13*
Corresponderende faalkans:	1.63E-07	
Bijdrage ontwerpschematisering aan faalkans:	9.62E-08	

Si	**P(Si)**	**ΔFd(D;Si)**	**Fd(D; Si)**	**β**	**Psf (D;Si)**	**Psf(D; Si)*P(Si)**	**Omschrijving afwijking:**
1	5.90E-01	0	1.144	5.108	1.63E-07	9.62E-08	Basisschematisering
2	0.01	-0.03	1.114	4.877	5.39E-07	5.39E-09	maaiveld ligt 0,1 m lager
3	0.1	-0.03	1.114	4.877	5.39E-07	5.39E-08	freatische lijn ligt 0,1 m hoger
4	0.1	0	1.144	5.108	1.63E-07	1.63E-08	de deklaag is 0,2 m dunner
5	0.1	-0.12	1.024	4.185	1.43E-05	1.43E-06	de deklaag is 0,2 m dikker
6	0.1	-0.02	1.124	4.954	3.64E-07	3.64E-08	gewicht van de dekgrond is 1 kN/m3 kager

Totale faalkans S1 … S13 : 1.64E-06

ΔFd(D;Si) geeft toename van Fd(D) tov stabiliteitsfactoreis
bij aanname van scenario Si !!! **dit is** **20%** **van de toelaatbare kans**

Nieuwe schatting voor schematiseringfactor:

Kies **nieuwe** schematiseringsfactor:	1.100	indien totale faalkans te groot, hoog dan schematiseringfactor op
Stab. factoreis in ontwerpanalyse:	1.144	Uitgangspunt bij berekening is dat dit leidt tot een nieuw ontwerp [
Corresponderende β:	5.108	waarbij de stabiliteitsfactoren bij de verschillende scenario's in gelijke mate
Corresponderende faalkans:	1.63E-07	met de ophoging van de schematiseringsfactor toe zullen nemen
Bijdrage ontwerpschematisering aan faalkans:	9.62E-08	(ten opzichte van de stabiliteitsfactoren boven)

Nieuwe bijdragen afwijkende schematiseringen:

Si	P(Si)		Fd(D; Si)	β	Psf (D;Si)	Psf(D; Si)*P(Si)
1	0.59	0	1.144	5.108	1.63E-07	9.62E-08
2	0.01	-0.03	1.114	4.877	5.39E-07	5.39E-09
3	0.1	-0.03	1.114	4.877	5.39E-07	5.39E-08
4	0.1	0	1.144	5.108	1.63E-07	1.63E-08
5	0.1	-0.12	1.024	4.185	1.43E-05	1.43E-06
6	0.1	-0.02	1.124	4.954	3.64E-07	3.64E-08

NB: Fd(D;Si) in deze tabel = Fd(D;Si) uit bovenste tabel verhoogd met
toename stab factoreis bij nieuwe schematiseringsfactor (cel f29-f9)

Nieuwe totale faalkans: 1.64E-06
dit is 20% van de toelaatbare kans
indien kleiner dan 100%
dan is schematiseringfactor ok

BIJLAGE IV BEREKENINGEN OPBARSTVEILIGHEID

Berekening opbarsten en piping/heave

project:	Sluitstukkaden Cluster E
projectcode:	STD88-1
datum:	4 september 2013

gegevens

locatie

dijkvak	50.720.1 dp2

waterstanden

zichtperiode	50	jaar
ontwerpwaterstand	22.42	m+NAP
verwachte stijghoogte	22.42	m+NAP
y_w	10	kN/m3
polderpeil	20	m+NAP

maaiveldniveau

mv (huidig)	20	m+NAP

sloot

d	20	m+NAP
b	50	m
talud 1:n	2	-
B	50	m

effectieve laagdikte (Bijlage 1 van TR Waterspanningen bij dijken)

H1	2.50	m	
H2	2.50	m	
H3	-13.33	m	
H	**2.50**	**m**	**20.00 m +NAP**

grondopbouw achterland

laag	grondsoort	van	tot	$y_{sat;d}$	y_d	d	y * d
1	Leem	20	17.5	19	19	2.5	47.5
2					0	0.0	0.0
3					0	0.0	0.0
4					0	0.0	0.0
5					0	0.0	0.0
6					0	0.0	0.0

onderkant lagenpakket	17.5	m+NAP
gewicht bovenliggende lagen	47.5	
waterdruk watervoerend pakket	49.2	

resultaten

grenspotentiaal	4.75	m	
grenspotentiaal	22.25	m+NAP	$h_{s;g} = h_p + d\frac{\gamma_{sat} - \gamma_w}{\gamma_w}$
opbarstveiligheid	0.97	-	

Berekening opbarsten en piping/heave

project:	Sluitstukkaden Cluster E
projectcode:	STD88-1
datum:	4 september 2013

gegevens

locatie

dijkvak	50.720.1 dp4

waterstanden

zichtperiode	50	jaar
ontwerpwaterstand	22.42	m+NAP
verwachte stijghoogte	22.42	m+NAP
y_w	10	kN/m3
polderpeil	19.33	m+NAP

maaiveldniveau

mv (huidig)	19.33	m+NAP

sloot

d	19.33	m+NAP
b	50	m
talud 1:n	2	-
B	50	m

effectieve laagdikte (Bijlage 1 van TR Waterspanningen bij dijken)

H1	2.83	m	
H2	2.83	m	
H3	-12.89	m	
H	**2.83**	**m**	**19.33 m +NAP**

grondopbouw achterland

laag	grondsoort	van	tot	$y_{sat;d}$	y_d	d	y * d
1	Leem	19.33	16.5	19	19	2.8	53.8
2					0	0.0	0.0
3					0	0.0	0.0
4					0	0.0	0.0
5					0	0.0	0.0
6					0	0.0	0.0

onderkant lagenpakket	16.5	m+NAP
gewicht bovenliggende lagen	53.8	
waterdruk watervoerend pakket	59.2	

resultaten

grenspotentiaal	5.38	m
grenspotentiaal	21.88	m+NAP
opbarstveiligheid	0.91	-

$$h_{c;g} = h_p + d\frac{\gamma_{sat} - \gamma_w}{\gamma_w}$$

Berekening opbarsten en piping/heave

project:	Sluitstukkaden Cluster E
projectcode:	STD88-1
datum:	4 september 2013

gegevens

locatie

dijkvak	50.720.1 dp 7

waterstanden

zichtperiode	50	jaar
ontwerpwaterstand	22.42	m+NAP
verwachte stijghoogte	22.42	m+NAP
y_w	10	kN/m3
polderpeil	19.92	m+NAP

maaiveldniveau

mv (huidig)	19.92	m+NAP

sloot

d	19.92	m+NAP
b	50	m
talud 1:n	2	-
B	50	m

effectieve laagdikte (Bijlage 1 van TR Waterspanningen bij dijken)

H1	0.42	m	
H2	0.42	m	
H3	-16.11	m	
H	**0.42**	**m**	**19.92 m +NAP**

grondopbouw achterland

laag	grondsoort	van	tot	$y_{sat;d}$	y_d	d	y * d
1	Leem	19.92	19.5	19	19	0.4	8.0
2					0	0.0	0.0
3					0	0.0	0.0
4					0	0.0	0.0
5					0	0.0	0.0
6					0	0.0	0.0

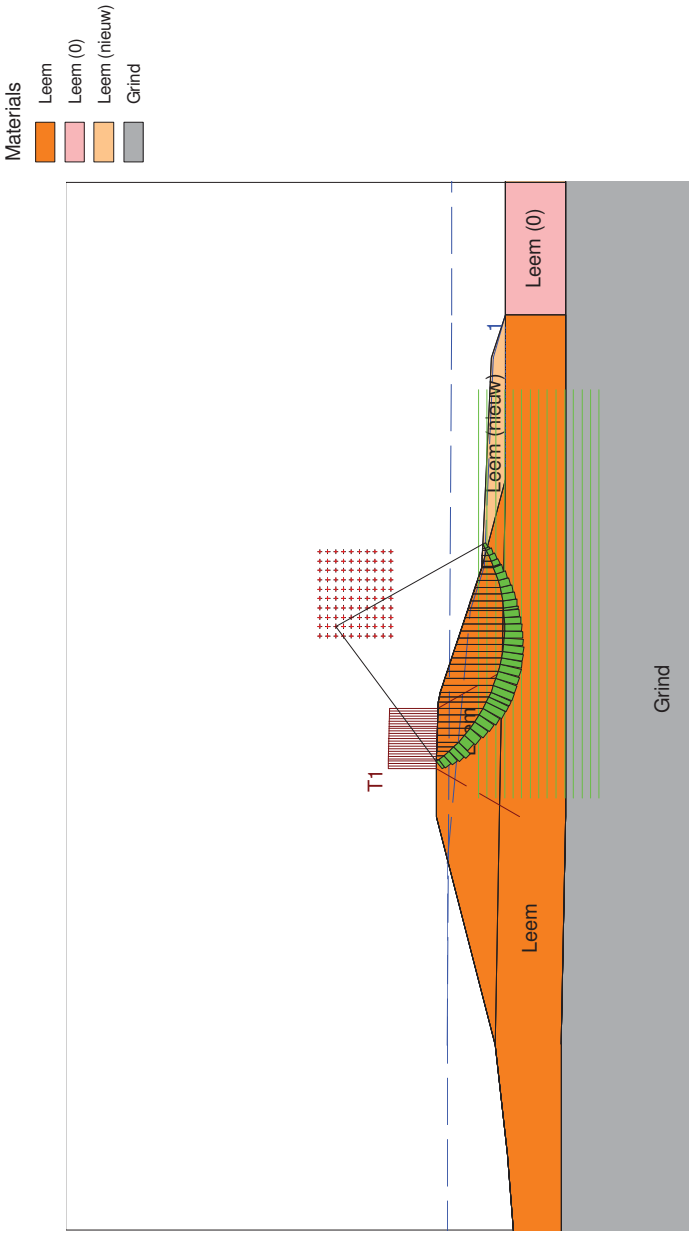
onderkant lagenpakket	19.5	m+NAP
gewicht bovenliggende lagen	8.0	
waterdruk watervoerend pakket	29.2	

resultaten

grenspotentiaal	0.80	m	
grenspotentiaal	20.30	m+NAP	$h_{c;g} = h_p + d\frac{\gamma_{sat} - \gamma_w}{\gamma_w}$
opbarstveiligheid	0.27	-	

BIJLAGE V BEREKENINGEN STABILITEIT BINNENWAARS (STBI)

Shear Stress Bishop



Max. stress : 9.746 [kN/m2]
Min. stress : 1.350 [kN/m2]

Radius : 7.00 [m]
Safety : 1.17

Xm : 5.55 [m]
Ym : 27.06 [m]

D-Geo Stability 10.1 : Dijkring 77 Merum 50.720. 1 Dwarsprofiel 2 - Bishop - zone 1 - versie 2.sti

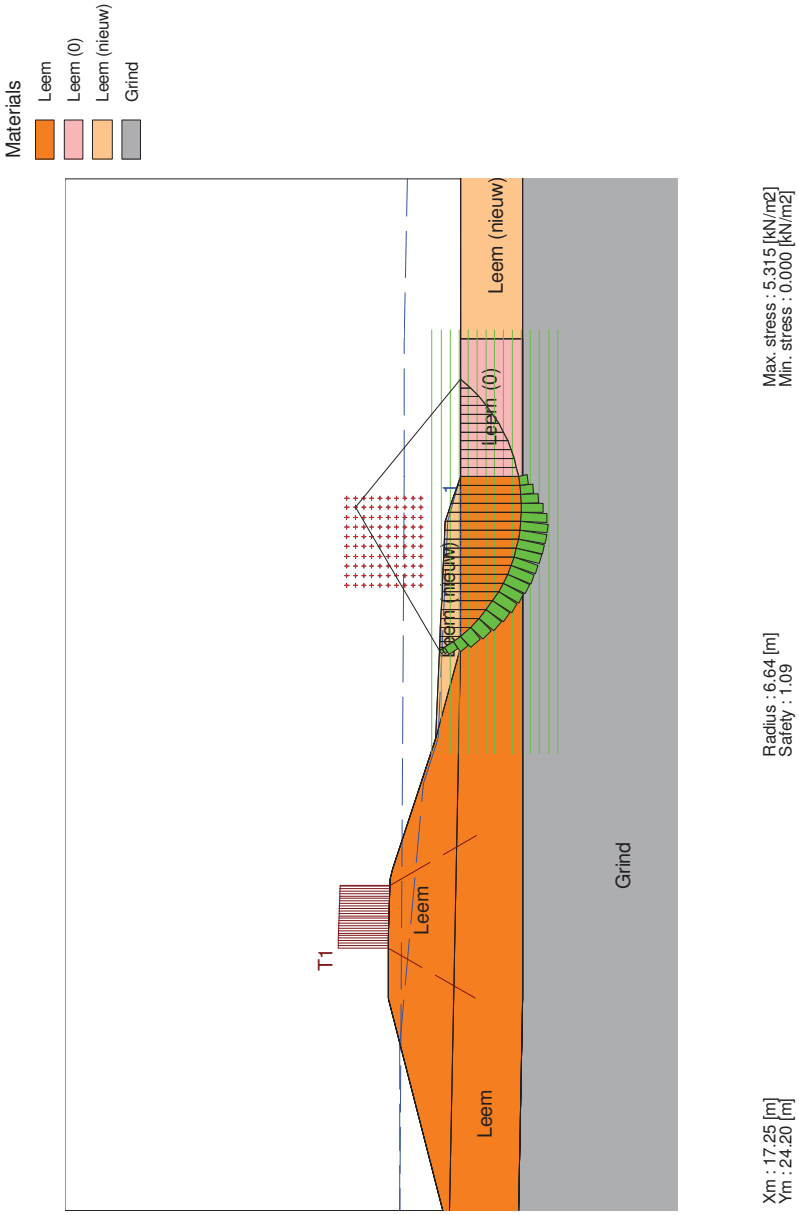
Witteveen + Bos
Postbus 233
7400 AE Deventer
Phone 0570 697511
Fax 0570 697123

date 13-09-2013	drw. -	
-	dtr.	
Annex -	form. A4	

Sluitstukkaden Cluster E
DO Dijkring 77 - Merum (50.720.1)

dwp 2 - Bishop (zone 1)

Shear Stress Bishop

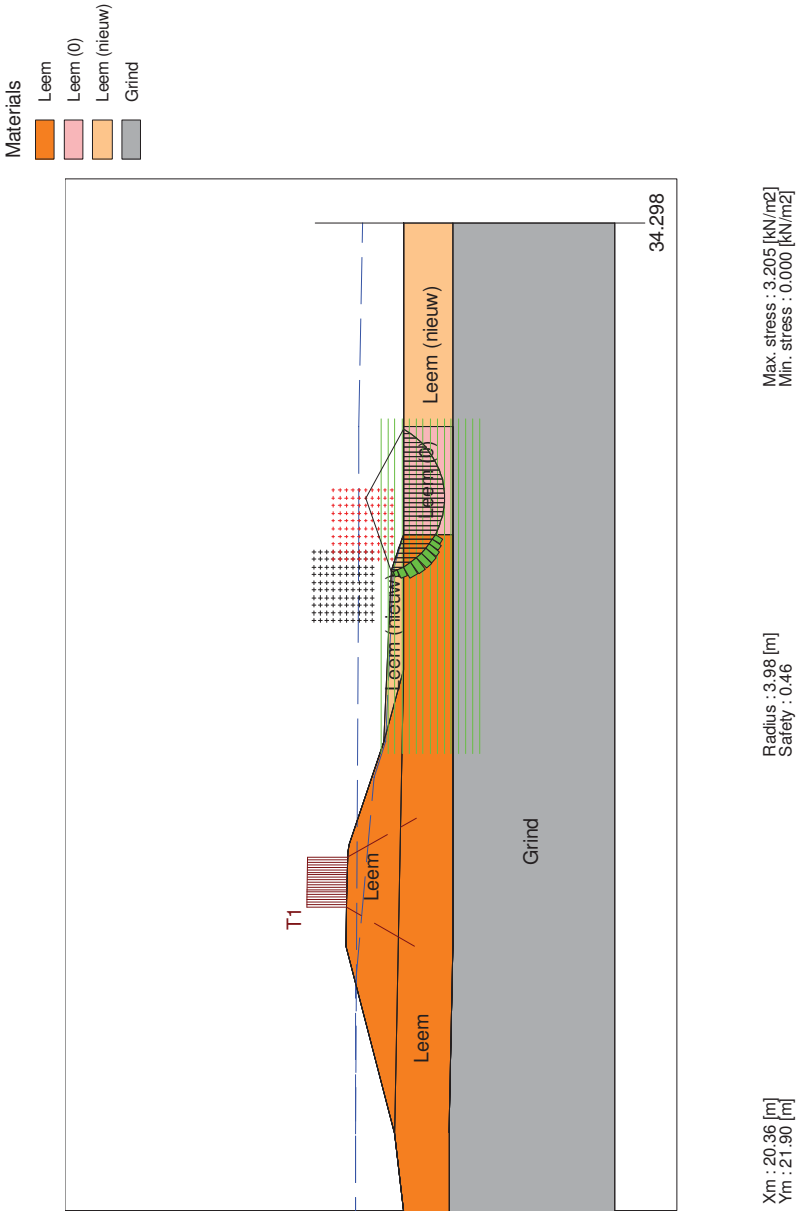


D-Geo Stability 10.1 : Dijkring 77 Merum 50.720. 1 Dwarsprofiel 2 - Bishop - zone 2 - versie 2.sti

Witteveen + Bos
Postbus 233
7400 AE Deventer
Phone 0570 697511
Fax 0570 697123

Sluitstukkaden Cluster E DO Dijkring 77 - Merum (50.720.1) dwp 2 - Bishop (zone 2)	date 13-09-2013	drw. -
	-	ctr.
	Annex -	form. A4

Shear Stress Bishop



D-Geo Stability 10.1 : Dijkring 77 Merum 50.720. 1 Dwarsprofiel 2 - Bishop - zone 3 - versie 2.sti

Witteveen + Bos
Postbus 233
7400 AE Deventer
Phone 0570 697511
Fax 0570 697123

Sluitstukkaden Cluster E DO Dijkring 77 - Merum (50.720.1) dwp 2 - Bishop (zone 2)	date 13-09-2013	drw. -
	-	ctr.
	Annex -	form. A4

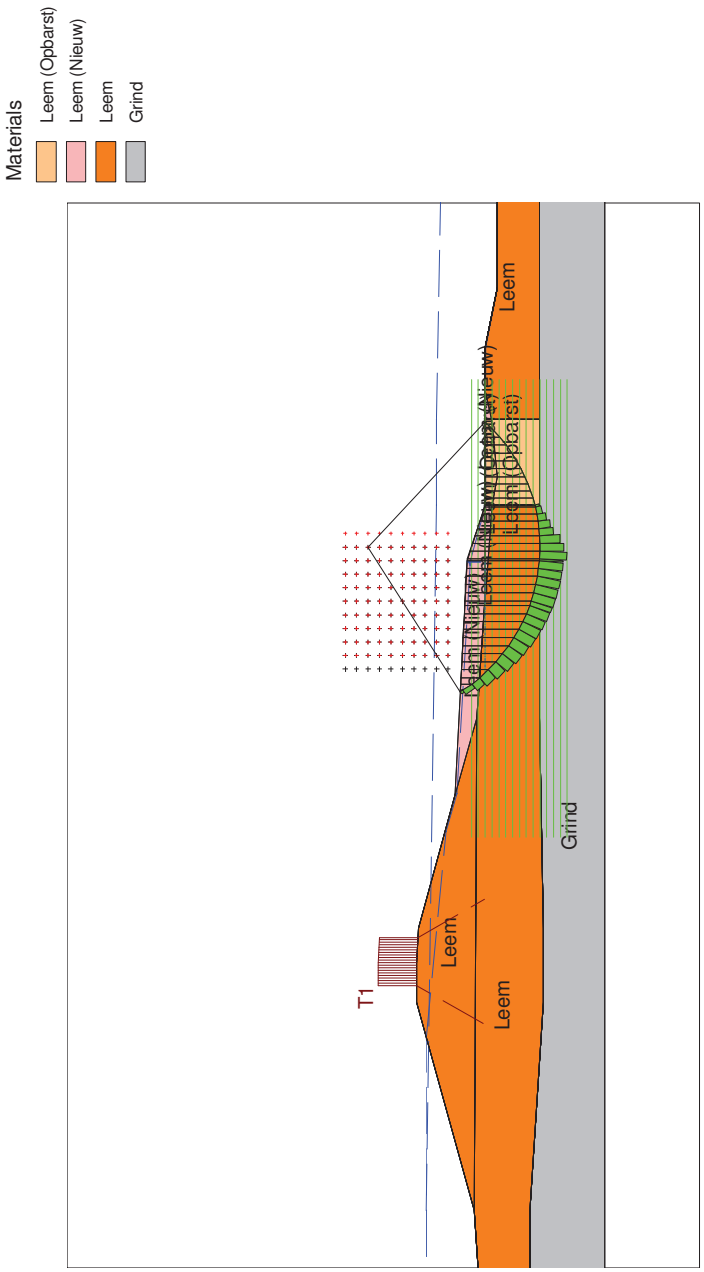
Shear Stress Bishop

D-Geo Stability 10.1 : Dijkring 77 Merum 50.720. 1 Dwarsprofiel 4 - Bishop - zone 1 - versie 2.sti

Witteveen + Bos
Postbus 233
7400 AE Deventer
Phone 0570 697511
Fax 0570 697123

Sluitstukkaden Cluster E DO Dijkring 88 - Merum (50.720.1) dwp 4 - Bishop (zone 1)	date 13-09-2013	drw. -
	STD88/1	ctr.
	Annex -	form. A4

Shear Stress Bishop



Max. stress : 8.760 [kN/m2]
Min. stress : 0.000 [kN/m2]

Radius : 8.97 [m]
Safety : 1.13

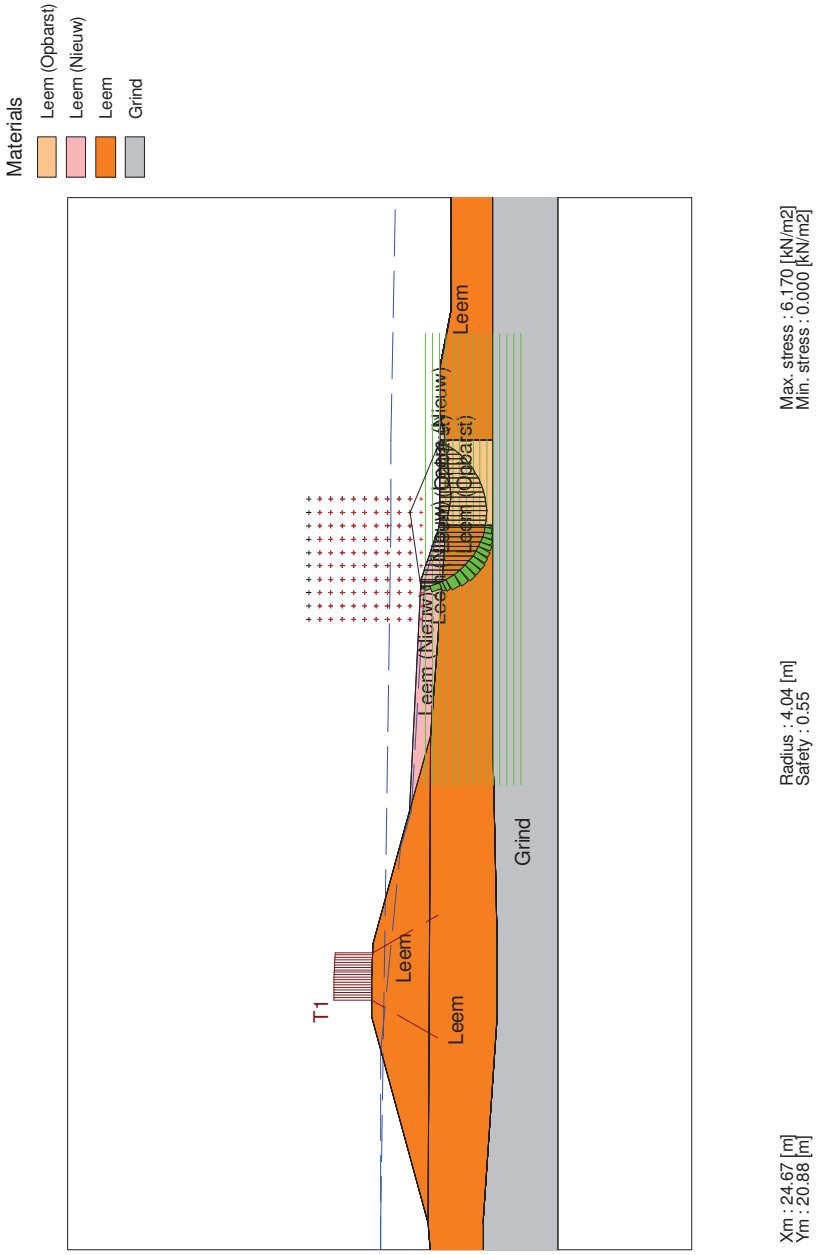
Xm : 21.79 [m]
Ym : 25.45 [m]

D-Geo Stability 10.1 : Dijkring 77 Merum 50.720. 1 Dwarsprofiel 4 - Bishop - zone 2 - versie 2.sti

Witteveen + Bos
Postbus 233
7400 AE Deventer
Phone 0570 697511
Fax 0570 697123

Sluitstukkaden Cluster E DO Dijkring 88 - Merum (50.720.1) dwp 4 - Bishop (zone 2)	date 13-09-2013	drw. -
	STD88/1	ctr.
	Annex -	form. A4

Shear Stress Bishop

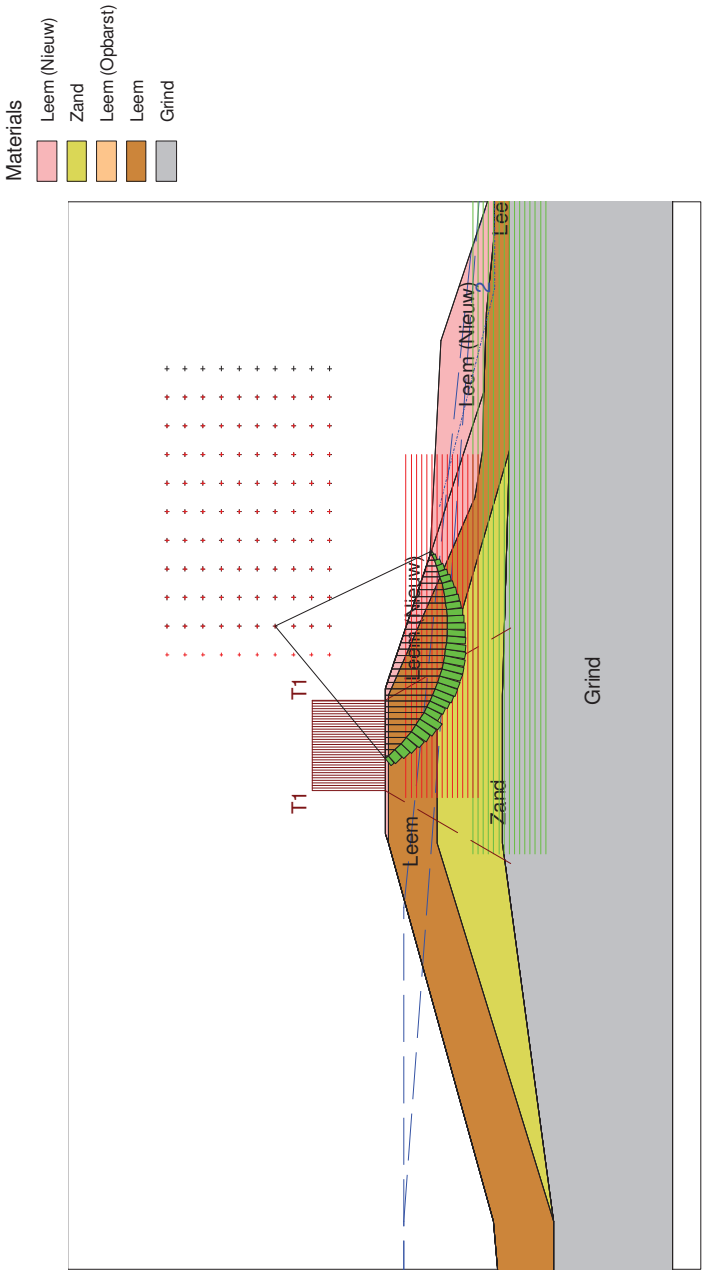


D-Geo Stability 10.1 : Dijkring 77 Merum 50.720. 1 Dwarsprofiel 4 - Bishop - zone 3 - versie 2.sti

Witteveen + Bos
Postbus 233
7400 AE Deventer
Phone 0570 697511
Fax 0570 697123

Sluitstukkaden Cluster E DO Dijkring 88 - Merum (50.720.1) dwp 4 - Bishop (zone 1)	date 13-09-2013	drw. -
	STD88/1	ctr.
	Annex -	form. A4

Shear Stress Bishop



Max. stress : 7.029 [kN/m2]
Min. stress : 0.616 [kN/m2]

Radius : 4.74 [m]
Safety : 1.62

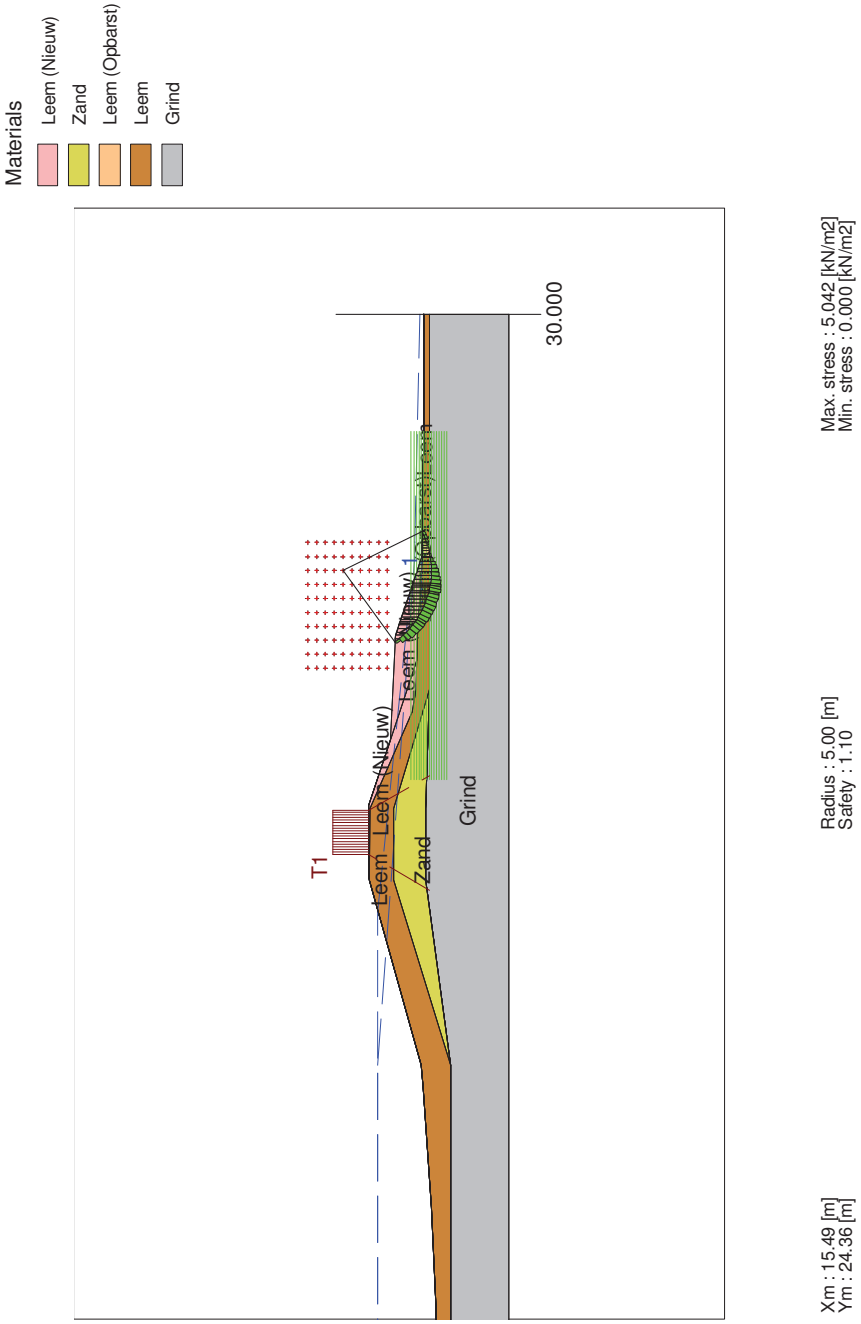
Xm : 3.93 [m]
Ym : 25.97 [m]

D-Geo Stability 10.1 : Dijkring 77 Merum 50.720. 1 Dwarsprofiel 7 - Bishop - zone 1 - versie 2.sti

Witteveen + Bos
Postbus 233
7400 AE Deventer
Phone 0570 697511
Fax 0570 697123

Sluitstukkaden Cluster E DO Dijkring 77 - Merum (50.720.1) dwp 7 - Bishop (zone 1)	date 13-09-2013	drw. -
	-	ctr.
	Annex -	form. A4

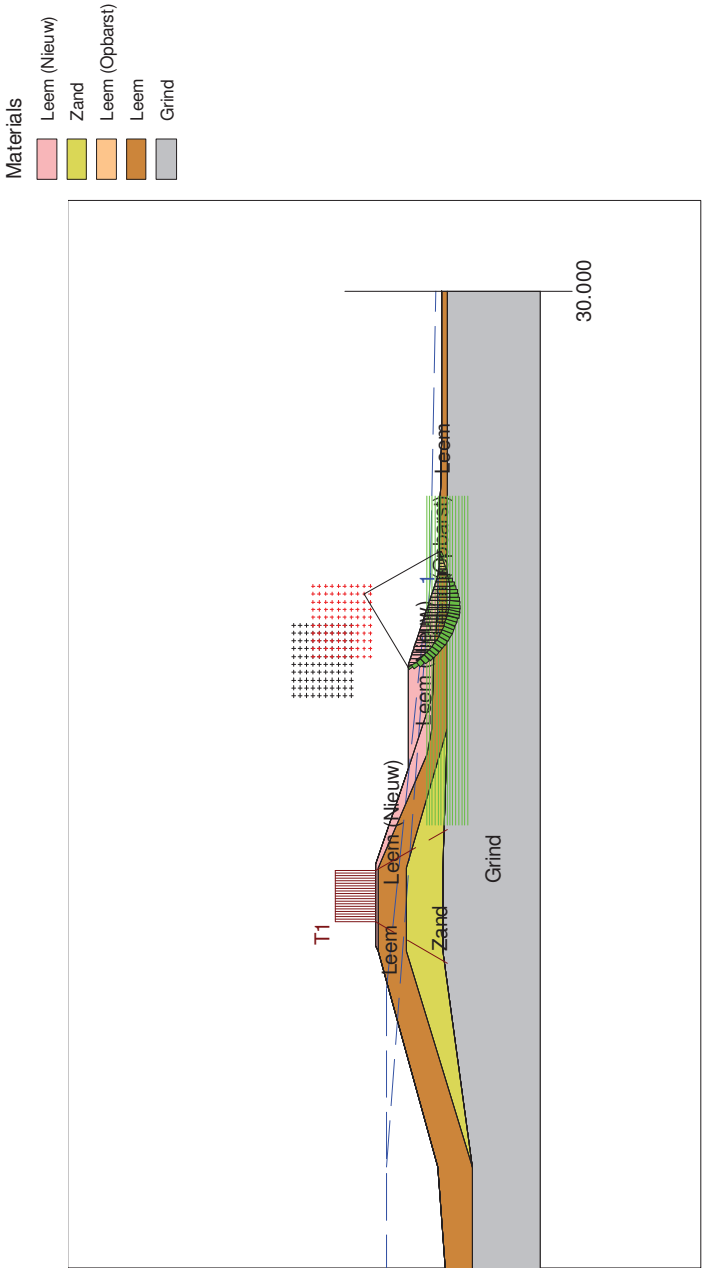
Shear Stress Bishop



D-Geo Stability 10.1 : Dijkring 77 Merum 50.720. 1 Dwarsprofiel 7 - Bishop - zone 2 - versie 2.sti

Witteveen + Bos	Postbus 233 7400 AE Deventer	Phone 0570 697511 Fax 0570 697123	date 13-09-2013	drw. -
Sluitstukkaden Cluster E DO Dijkring 77 - Merum (50.720.1)			-	ctr.
dwp 7 - Bishop (zone 2)			Annex -	form. A4

Shear Stress Bishop



Max. stress : 5.355 [kN/m2]
Min. stress : 0.000 [kN/m2]

Radius : 4.17 [m]
Safety : 1.10

Xm : 15.30 [m]
Ym : 23.53 [m]

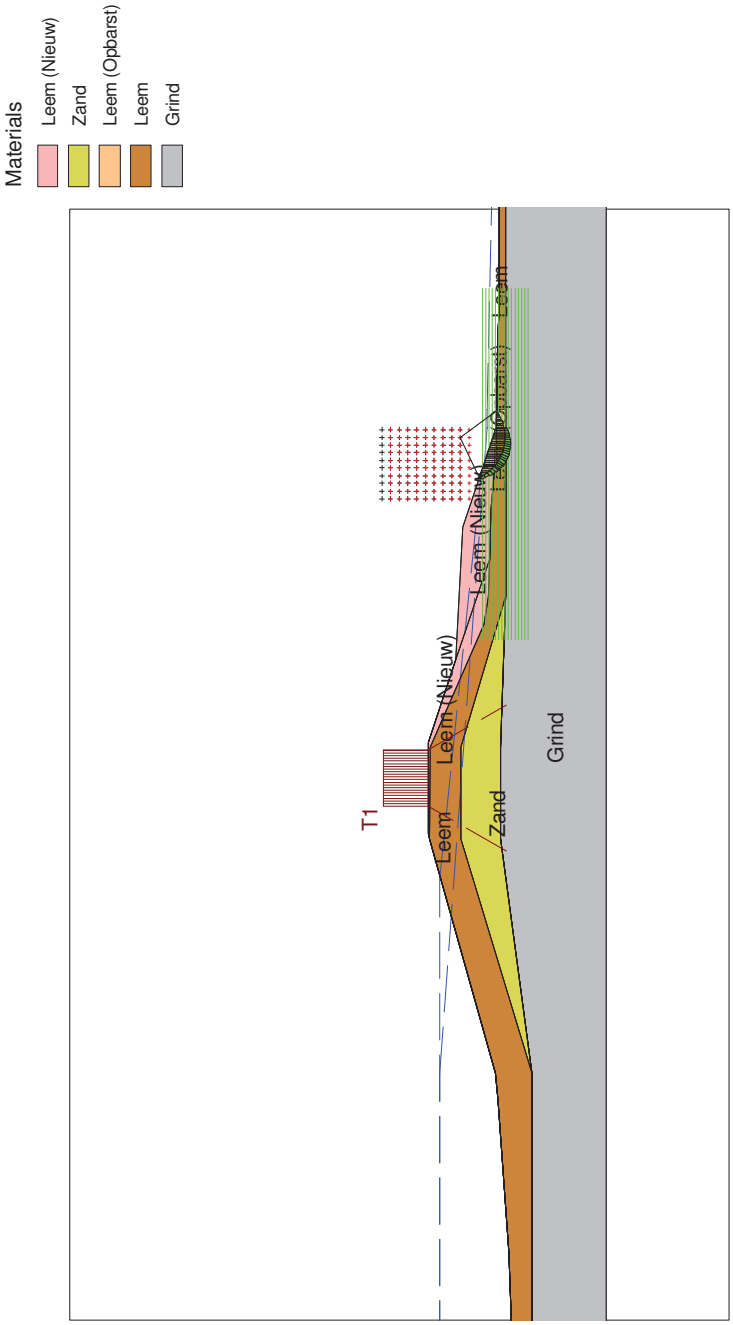
D-Geo Stability 10.1 : Dijkring 77 Merum 50.720. 1 Dwarsprofiel 7 - Bishop - zone 2.sti

Witteveen + Bos
Postbus 233
7400 AE Deventer
Phone 0570 697511
Fax 0570 697123

date 04-09-2013	drw. -	
-	ctr.	
Annex -	form. A4	

Sluitstukkaden Cluster E
DO Dijkring 77 - Merum (50.720.1)
dwp 7 - Bishop (zone 2)

Shear Stress Bishop



Max. stress : 2.937 [kN/m2]
Min. stress : 0.000 [kN/m2]

Radius : 1.99 [m]
Safety : 0.92

Xm : 15.84 [m]
Ym : 21.50 [m]

D-Geo Stability 10.1 : Dijkring 77 Merum 50.720. 1 Dwarsprofiel 7 - Bishop - zone 3 - versie 2.sti

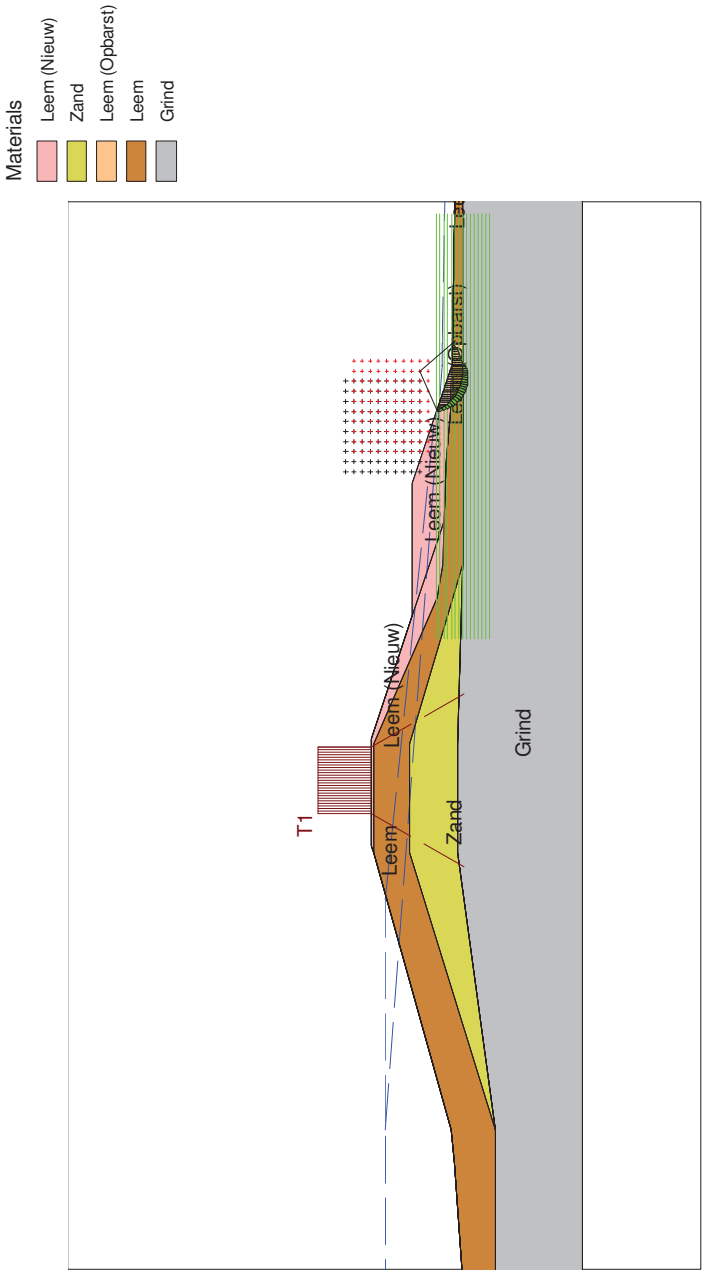
Witteveen + Bos
Postbus 233
7400 AE Deventer
Phone 0570 697511
Fax 0570 697123

date 13-09-2013	drw. -	
-	ctr.	
Annex -	form. A4	

Sluitstukkaden Cluster E
DO Dijkring 77 - Merum (50.720.1)

dwp 7 - Bishop (zone 3)

Shear Stress Bishop



Max. stress : 2.402 [kN/m2]
Min. stress : 0.000 [kN/m2]

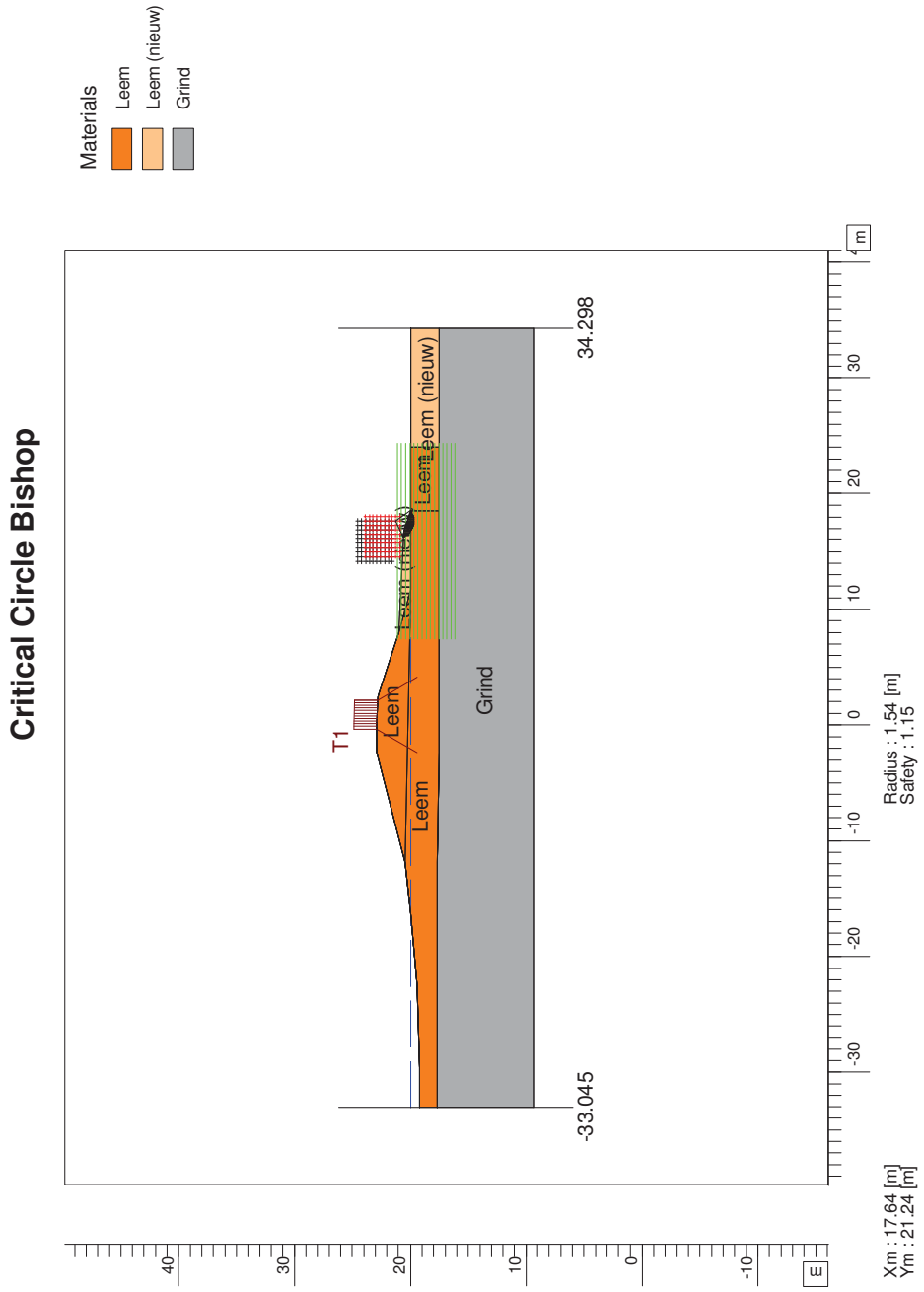
Radius : 1.62 [m]
Safety : 0.90

Xm : 16.05 [m]
Ym : 21.12 [m]

D-Geo Stability 10.1 : Dijkring 77 Merum 50.720. 1 Dwarsprofiel 7 - Bishop - zone 3.sti

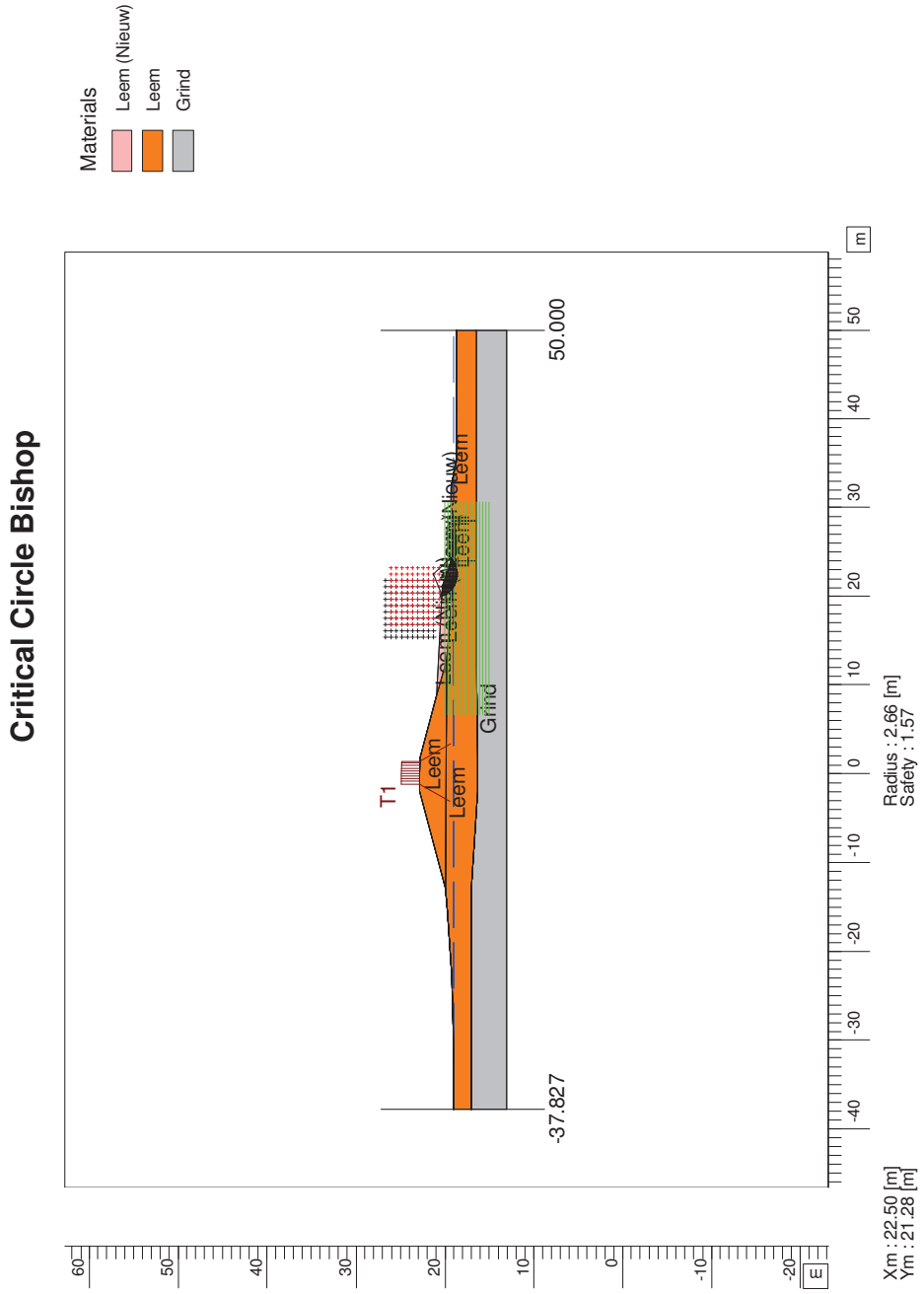
Witteveen + Bos
Postbus 233
7400 AE Deventer
Phone 0570 697511
Fax 0570 697123

Sluitstukkaden Cluster E DO Dijkring 77 - Merum (50.720.1) dwp 7 - Bishop (zone 3)	date 04-09-2013	drw. -
	-	ctr.
	Annex -	form. A4



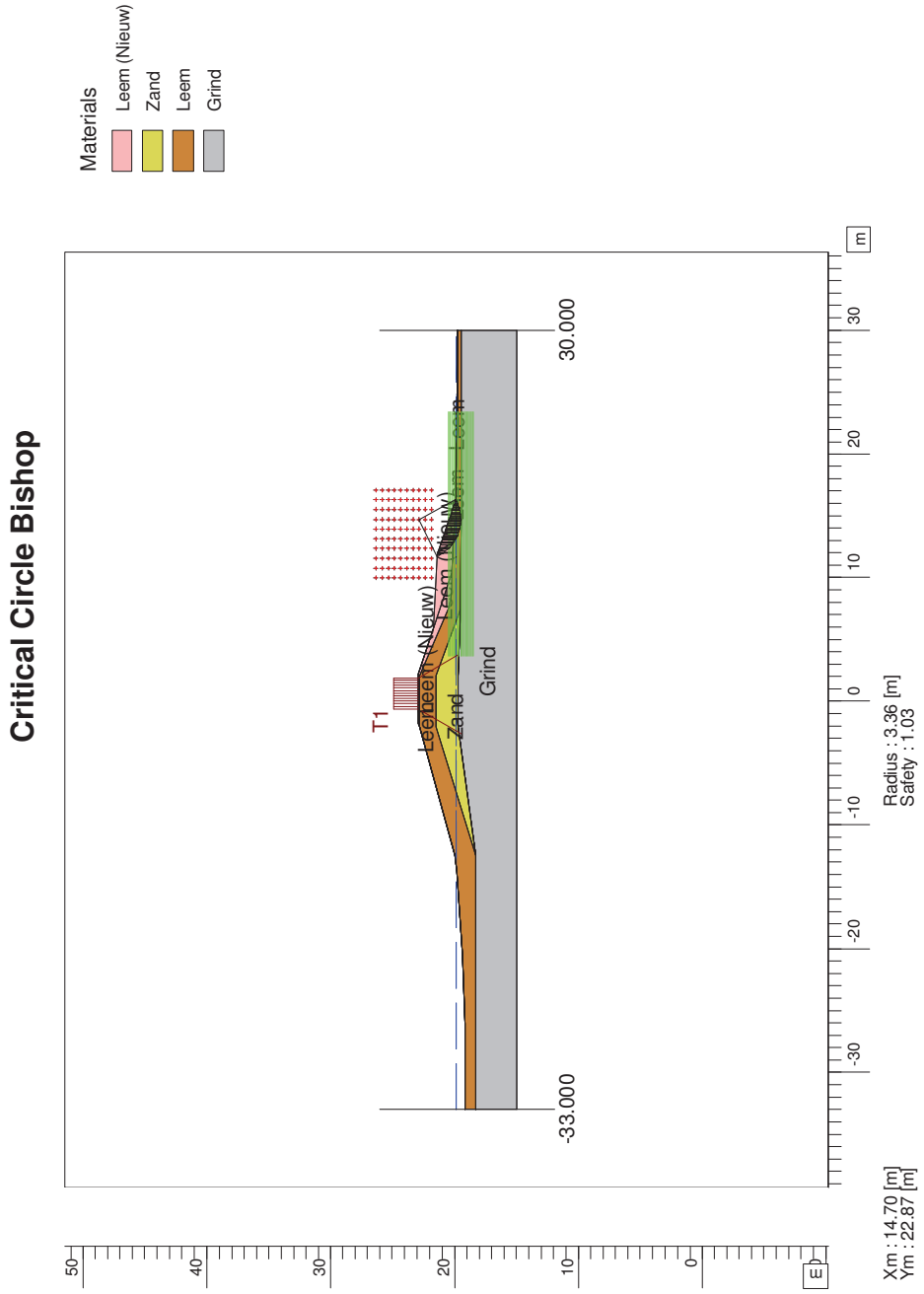
D-Geo Stability 10.1 : Dijkring 77 Merum 50.720. 1 Dwarsprofiel 2 - Bishop - uitvoeringsfase.sti

Witteveen + Bos	Leeuwenbrug 8 7400 AE Deventer	Phone 0570-697511 Fax	date 17-09-2013	drw. -
Sluitstukkaden Cluster E DO Dijkring 77 - Merum (50.720.1)			-	ctr.
dwp 2 - Bishop (uitvoering)			Annex -	form. A4



D-Geo Stability 10.1 : Dijkring 77 Merum 50.720. 1 Dwarsprofiel 4 - Bishop - uitvoeringsfase.sti

Witteveen + Bos	Leeuwenbrug 8 7400 AE Deventer	Phone 0570-697511 Fax	date 17-09-2013	drw. -
Sluitstukkaden Cluster E DO Dijkring 88 - Merum (50.720.1) dwp 4 - Bishop (uitvoering)			STD88/1 Annex -	ctr. form. A4



D-Geo Stability 10.1 : Dijkring 77 Merum 50.720. 1 Dwarsprofiel 7 - Bishop - uitvoeringsfase.sti

Witteveen + Bos	Leeuwenbrug 8 7400 AE Deventer	Phone 0570-697511 Fax	date 17-09-2013	drw. -
Sluitstukkaden Cluster E DO Dijkring 77 - Merum (50.720.1) dwp 7 - Bishop (uitvoering)			- Annex -	ctr. form. A4

BIJLAGE VI BEREKENINGEN STABILITEIT BUITENWAARTS (STBU)

Shear Stress Bishop

D-Geo Stability 10.1 : Dijkring 77 Merum 50.720. 1 Dwarsprofiel 2 - STBU.sti

Witteveen + Bos

Postbus 233
7400 AE Deventer

Phone 0570 697511
Fax 0570 697123

	date	drw.
	04-09-2013	-
Sluitstukkaden Cluster E DO Dijkring 77 - Merum (50.720.1)	-	ctr.
dwp 2 - STBU	Annex -	form. A4

Shear Stress Bishop

D-Geo Stability 10.1 : Dijkring 77 Merum 50.720. 1 Dwarsprofiel 4 - STBU.sti

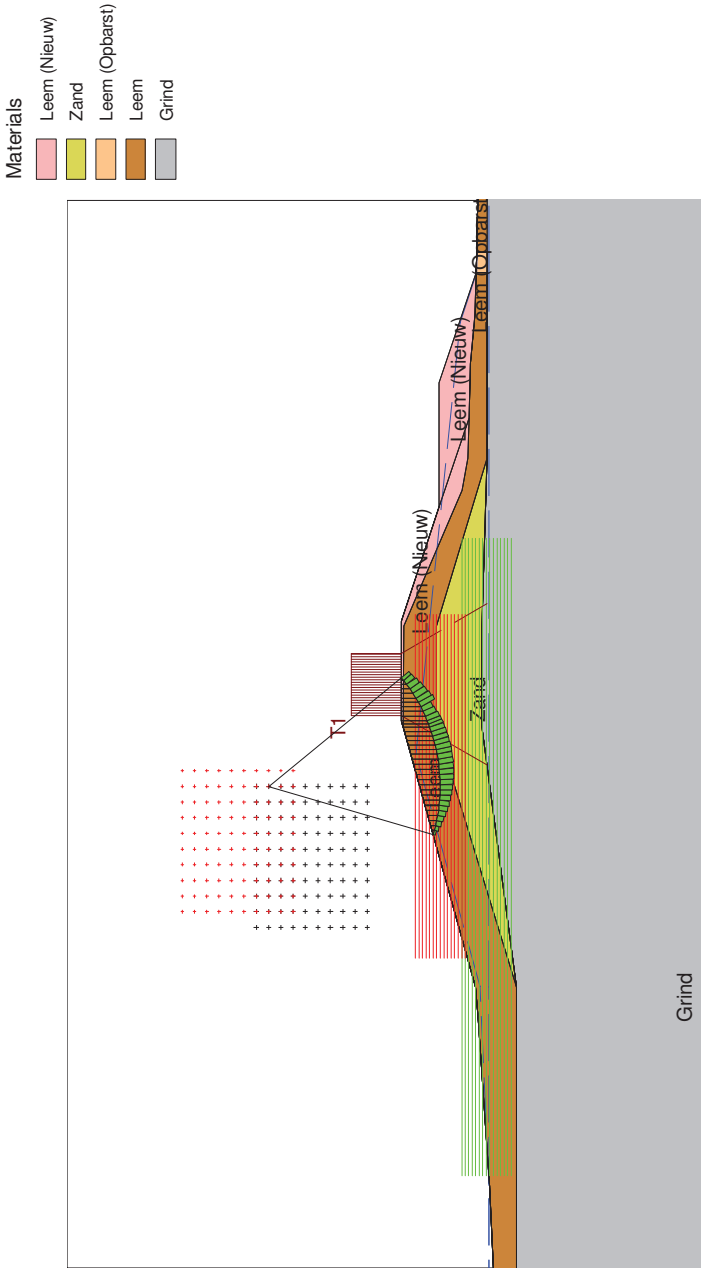
Witteveen + Bos

Postbus 233
7400 AE Deventer

Phone 0570 697511
Fax 0570 697123

Sluitstukkaden Cluster E DO Dijkring 77 - Merum (50.720.1) dwp 4 - STBU	date 04-09-2013	drw. -
	STD88/1	ctr.
	Annex -	form. A4

Shear Stress Bishop



Max. stress : 5.682 [kN/m2]
Min. stress : 0.760 [kN/m2]

Radius : 6.92 [m]
Safety : 1.74

Xm : -4.44 [m]
Ym : 28.28 [m]

D-Geo Stability 10.1 : Dijkring 77 Merum 50.720. 1 Dwarsprofiel 7 - STBU.sti

Witteveen + Bos
Postbus 233
7400 AE Deventer
Phone 0570 697511
Fax 0570 697123

date 04-09-2013		drw. -
-		ctr.
Annex -		form. A4

Sluitstukkaden Cluster E
DO Dijkring 77 - Merum (50.720.1)
dwp 7 - STBU

BIJLAGE VII HELPDESK WATER VRAAG

Vraag 0907-0170: Creepfactor Bligh

Geachte heer Bouw,

Hierbij berichten wij dat uw vraag genummerd 0907-0170, is afgehandeld.

Ons antwoord luidt:
De geschetste situatie wijkt af van de situatie die voor het toepassen van de regel van Bligh, conform het toetsvoorschrift, voor ogen staat. De vraagsteller geeft aan dat de (onderkant van de) afdekkende leemlaag erosiegevoelig is, waardoor zowel op erosie in de zandlaag als erosie in de leemlaag getoetst moet worden. Met name voor toetsing op erosie van een leemlaag zijn in het VTV geen duidelijke voorschriften voorhanden. Dit zal onder de aandacht gebracht worden van de projectgroep die verantwoordelijk is voor het onderhoud van het wettelijk toetsinstrumentarium (WTI). De hieronder gesuggereerde aanbevolen werkwijze moet dan ook gezien worden als een voorlopige, gebaseerd op raadpleging van deskundigen op dit gebied. Formeel valt de beoordeling onder "beheerdersoordeel".

Om te beginnen moet natuurlijk sprake zijn van stroming in de watervoerende zandlaag naar een uittreepunt op het binnendijkse maaiveld. Zolang de leemlaag zo dik is dat die niet op kan barsten en overal ononderbroken aanwezig (en afgesloten) is, is daar geen sprake van en hoeft niet op erosie van de zand/grindlaag en de onderkant van de leemlaag te worden getoetst.

Wel kan bij leemlagen van beperkte dikte, die lange tijd droog staan, sprake zijn van spleetvorming en kan bij plotseling stijgende rivierstand spleetstroming ontstaan, waardoor interne erosie optreedt. Dit verschijnsel wordt zeker niet afgedekt door bestaande toetsvoorschriften. Mocht zich die situatie voordoen dan is het zeker aan te bevelen om terzake deskundigen te raadplegen. Echter, wanneer de dikte van de leemlaag, zoals aangegeven door de vraagsteller, overal enige meters is, of wanneer de leemlaag doorgaans verzadigd is speelt dit probleem niet.

Blijft over de erosie van de bovenkant van de zand/grindlaag en van de onderkant van de leemlaag.
Wanneer de zand/grindlaag (aan de bovenkant) overwegend uit zand bestaat dient voor de controle op erosie van de zandlaag met behulp van de regel van Bligh de creepfactor te worden gekozen die bij de zandfractie hoort. Er is dan immers geen grindskelet dat, na wegspoelen van zand, zakkingen verhindert. Bestaat de laag overwegend uit grind, dus een grindskelet waartussen zand zit, dan kan worden getoetst met de creepfactor die bij het grind hoort; deze situatie komt overigens zelden voor in de bovenkant van een zand/grindpakket in Nederland.

De situatie ten aanzien van de onderkant van de leemlaag zou, qua schematisatie, bij benadering het best beschreven kunnen worden met de theorie van Sellmeijer. Een relatief doorlatende watervoerende laag, met bovenin deze laag fijn tot zeer fijn materiaal (van de onderkant van de leemlaag) dat betrekkelijk gemakkelijk door de grondwaterstroming bovenin de zand/grindlaag richting het uittreepunt wordt meegenomen. Het, gegeven de beperkingen, beste zou daarom zijn de toetsing uit te voeren met de regel van Sellmeijer, waarbij voor de doorlatendheid die van het grind/zandpakket wordt gekozen en voor de d70 de diameter van zeer fijn zand.

Als, niettemin, toch gekozen wordt voor een eenvoudige Bligh-achtige toets, dan wordt aanbevolen om voor de creepfactor minimaal uit te gaan van de grootste (C_creep = 18), maar, bij voorkeur, een nog groter waarde, bijvoorbeeld C-creep = 22 (equivalent aan de creepfactor van Lane voor silt).

Uw vraag luidde:
In Limburg zijn veel kades met succes opgebouwd met leem (kleiig tot zandig met cohesie 3 kPa en hoek van inwendige wrijving 29 graden). Een afdekkende leemlaag van ongeveer 3 m op een

dik pakket grind (zandig) is een veelvoorkomende bodemopbouw. Leem verweekt snel, is erosiegevoelig en slecht waterdoorlatend ten opzichte van grind.

Moet bij deze kades rekeninggehouden worden met piping en zo ja hoe moeten deze dan beoordeeld worden?

Als leem gezien moet worden als klei, dan ontstaan de kanaaltjes in de bovenkant van het grindpakket. De factor Ccreep in Bligh is dan laag en de kans op piping klein.

Als leem beschouwd moet worden als fijn zand, is leem erosiegevoeliger dan grind. In dat geval ontstaan de kanaaltjes aan de onderkant van de leemlaag. Moet dan een Ccreep van 18 worden aangehouden?

Met vriendelijke groet,

Helpdesk Water
Telefoon: 0800-NLWATER (0800 - 659 28 37)
E-mail: contact@helpdeskwater.nl
Internet: www.helpdeskwater.nl

De Helpdesk Water is primair bedoeld voor het beantwoorden van vragen van mensen die beroepsmatig betrokken zijn bij het waterbeleid, het waterbeheer en het watermanagement. De Helpdesk Water is opgezet door rijk, provincies, gemeenten en waterschappen, onder bestuurlijke verantwoordelijkheid van het Nationaal WaterOverleg (voorheen LBOW).

BIJLAGE VIII BEREKENINGEN PIPING EN HEAVE (STPH)

Witteveen + Bos

50.720.1

			dwp 2	dwp 4	dwp 4 opgehoogd	dwp 4 landbouw	dwp 7	ontgrondingskuil (bomen) dwp 4 010	dwp 4 017	dwp 4 033
invoerparameters										
lengte horizontale kwelweg	L	m	41	46	46	56	38.5	39.5	55	56
maaiveldhoogte		m	20	18.5	19.5	18.4	19.8	18	18	18
onderkant deklaag binnendijks		m	17.5	16.5	16.5	16.5	19.5	16.5	16.5	16.5
volumegewicht deklaag	γ	kN/m3	19	19	19	19	19	19	19	19
70 percentiel waarde van de korrelverdeling	d70	mm	2.00E-01	2.00E-01	2.00E-01	2.00E-01	2.00E-01	2.00E-01	2.00E-01	2.00E-01
verticale kwelweg	d		2.5	2	3	1.9	0.3	1.5	1.5	1.5
d factor	fd	-	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
creepfactor van Bligh	Ccreep	-	22	22	22	22	22	22	22	22
MHW	MHW	m+NAP	22.42	22.42	22.42	22.42	22.42	22.42	22.42	22.42
polderpeil	MLW	m+NAP	20	18.5	19.5	18.4	19.8	18	18	18
opbarstveiligheid										
neerwaartse druk			47.5	38	57	36.1	5.7	28.5	28.5	28.5
opwaartse druk			49.20	59.20	59.20	59.20	29.20	59.20	59.20	59.20
opbarstveiligheid		-	0.97	0.64	0.96	0.61	0.20	0.48	0.48	0.48
pipingcriterium										
kritiek verval	ΔHc	m	1.86	2.09	2.09	2.55	1.75	1.80	2.50	2.55
veiligheidsfactor	γ	-	1	1	1	1	1	1	1	1
verval	ΔH	m	2.42	3.92	2.92	4.02	2.62	4.42	4.42	4.42
	γ (ΔH-fd·d)	m	1.67	3.32	2.02	3.45	2.53	3.97	3.97	3.97
	ΔHc > γ (ΔH-fd·d)		**ja**	**nee**	**ja**	**nee**	**nee**	**nee**	**nee**	**nee**
Benodigde kwelweglengte		m	36.7	73.0	44.4	75.9	55.7	87.3	87.3	87.3
Kwelweglengtetekort		m	-	27.0	-	19.9	17.2	47.8	32.3	31.3

BIJLAGE IX ONDERWATERPROFIEL MAAS

Legenda

Waterkering_DWK

- primair; groene kade
- primair; kademuur
- primair; demontabele kademuur
- primair; noodplan
- regionaal, groene kade
- regionaal, kademuur
- overig, groene kade
- overig, noodplan
- planvorming
- buiten bedrijf
- niet meer aanwezig

Loding_2011

Value

High : 15,36

Low : 8,8

Profiel_Locatie

GBKN symbolen

GBKN

Luchtfoto 2012_10cm

Red: Band_1

Green: Band_2

Blue: Band_3

Overzichtskaart hydrografische meting uit 2011 ter hoogte van Merum

Get.:	29-07-'13 HT
Gew.:	-
Schaal:	1 : 500
Tek.nr.:	M24-162.001
Blad:	1 van 1 Bladen
Formaat:	A0

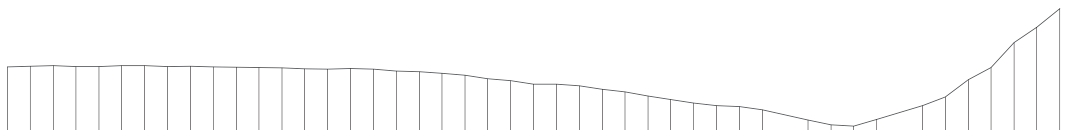
Waterschap Roer en Overmaas
Postbus 185
6130 AD Sittard
Tel. 046-4203700

© Topografische Dienst Kadaster

Dwarsprofiel hydrografische meting 2011 te Merum

Profiel_1

Hoogte schaal 1 : 100
Lengte schaal 1 : 100



loding_merum2																																												
Hoogte (m NAP)	12.04	12.08	12.10	12.06	12.06	12.10	12.10	12.06	12.07	12.04	12.03	12.02	12.00	11.96	11.95	11.97	11.95	11.87	11.84	11.77	11.69	11.53	11.45	11.29	11.29	11.22	11.07	10.96	10.77	10.62	10.47	10.36	10.31	10.17	9.72	9.52	9.46	9.75	10.36	10.73	11.49	12.02	13.11	13.78	14.59
Lengte (m)	0.00	1.00	2.00	3.00	4.00	5.00	6.00	7.00	8.00	9.00	10.00	11.00	12.00	13.00	14.00	15.00	16.00	17.00	18.00	19.00	20.00	21.00	22.00	23.00	24.00	25.00	26.00	27.00	28.00	29.00	30.00	31.00	32.00	33.00	35.00	36.00	37.00	38.00	40.00	41.00	42.00	43.00	44.00	45.00	46.00

Overzicht Puntcodes

22 Waterlijn
23 Beginpunt
24 Linkerinsteek
25 Linkerbodem
26 As bodem
27 Rechterbodem
28 Rechterinsteek
31 Linkeroever lengteprofiel
32 Rechteroever lengteprofiel
50 Linkerteen plasberm
51 Linkerinsteek plasberm
52 Rechterinsteek plasberm
53 Rechterteen plasberm
99 Overige meetpunt

BETUINING
BESCHOEING
ASFALT
ONVERHARD
ERFSIERTUIN
BETON
TEGELS
KEER- OF KADEMUUR
STORTSTEEN
DAMWAND
WEILAND
AFRASTERING
BOS
BOMENRIJ
HAG/HEG
HEK
ASLIJN
TALUD-EN BODEMBEKLEDING
BEBOUWING LINKS
BEBOUWING RECHTS
KANT VERHARDING
BOOM
SCHUTTING
MUUR

0 1 2 4 m

Profiel:
Gemaakt door: HT
Gemaakt op: 29-07-2013
Papierformaat: A2

Waterschap Roer en Overmaas

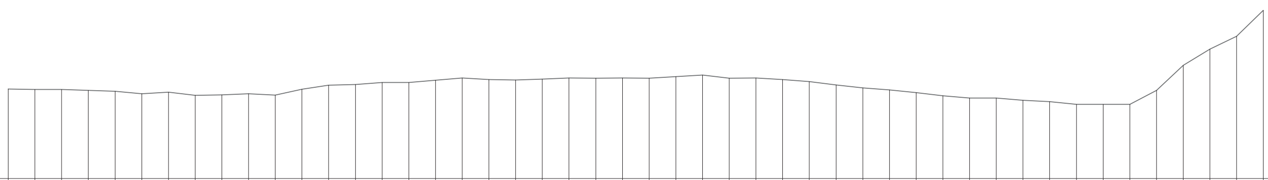
GBKN, Kadastrale en Topografische ondergrond Copyright © dienst voor het kadaster en de openbare registers, Apeldoorn, 2013; © Alterra; Adviesdienst Geo-informatie en ICT Rijkswaterstaat; Copyright Aerodata Int. Surveys, aeroGRID NL 2013; Provincie Limburg

Aan deze kaart kunnen geen rechten worden ontleend

Dwarsprofiel hydrografische meting 2011 te Merum

Profiel_2

Hoogte schaal 1 : 100
Lengte schaal 1 : 100



loding_merum2

Lengte (m)	Hoogte (m NAP)
0.00	10.36
1.00	10.34
2.00	10.34
3.00	10.31
4.00	10.27
5.00	10.18
6.00	10.24
7.00	10.12
8.00	10.14
9.00	10.18
10.00	10.13
11.00	10.35
12.00	10.50
13.00	10.53
14.00	10.60
15.00	10.60
16.00	10.69
17.00	10.77
18.00	10.71
19.00	10.70
20.00	10.73
21.00	10.77
22.00	10.76
23.00	10.77
24.00	10.76
25.00	10.82
26.00	10.88
27.00	10.76
28.00	10.77
29.00	10.71
30.00	10.64
31.00	10.51
32.00	10.40
33.00	10.32
34.00	10.22
35.00	10.10
36.00	10.02
37.00	10.02
38.00	9.93
39.00	9.88
40.00	9.78
41.00	9.78
42.00	9.78
43.00	10.31
44.00	11.25
45.00	11.86
46.00	12.34
47.00	13.31

Overzicht Puntcodes		
22 Waterlijn	26 As bodem	50 Linkerteen plasberm
23 Beginpunt	27 Rechterbodem	51 Linkerinsteek plasberm
24 Linkerinsteek	28 Rechterinsteek	52 Rechterinsteek plasberm
25 Linkerbodem	31 Linkeroever lengteprofiel	53 Rechterteen plasberm
	32 Rechteroever lengteprofiel	99 Overige meetpunt

0 1 2 4m
Profiel:
Gemaakt door: HT
Gemaakt op: 29-07-2013
Papierformaat: A1

Waterschap Roer en Overmaas

Aan deze kaart kunnen geen rechten worden ontleend

GBKN, Kadastrale en Topografische ondergrond Copyright © dienst voor het kadaster en de openbare registers, Apeldoorn, 2013; © Alterra; Adviesdienst Geo-informatie en ICT Rijkswaterstaat; Copyright Aerodata Int. Surveys, aeroGRID NL 2013; Provincie Limburg

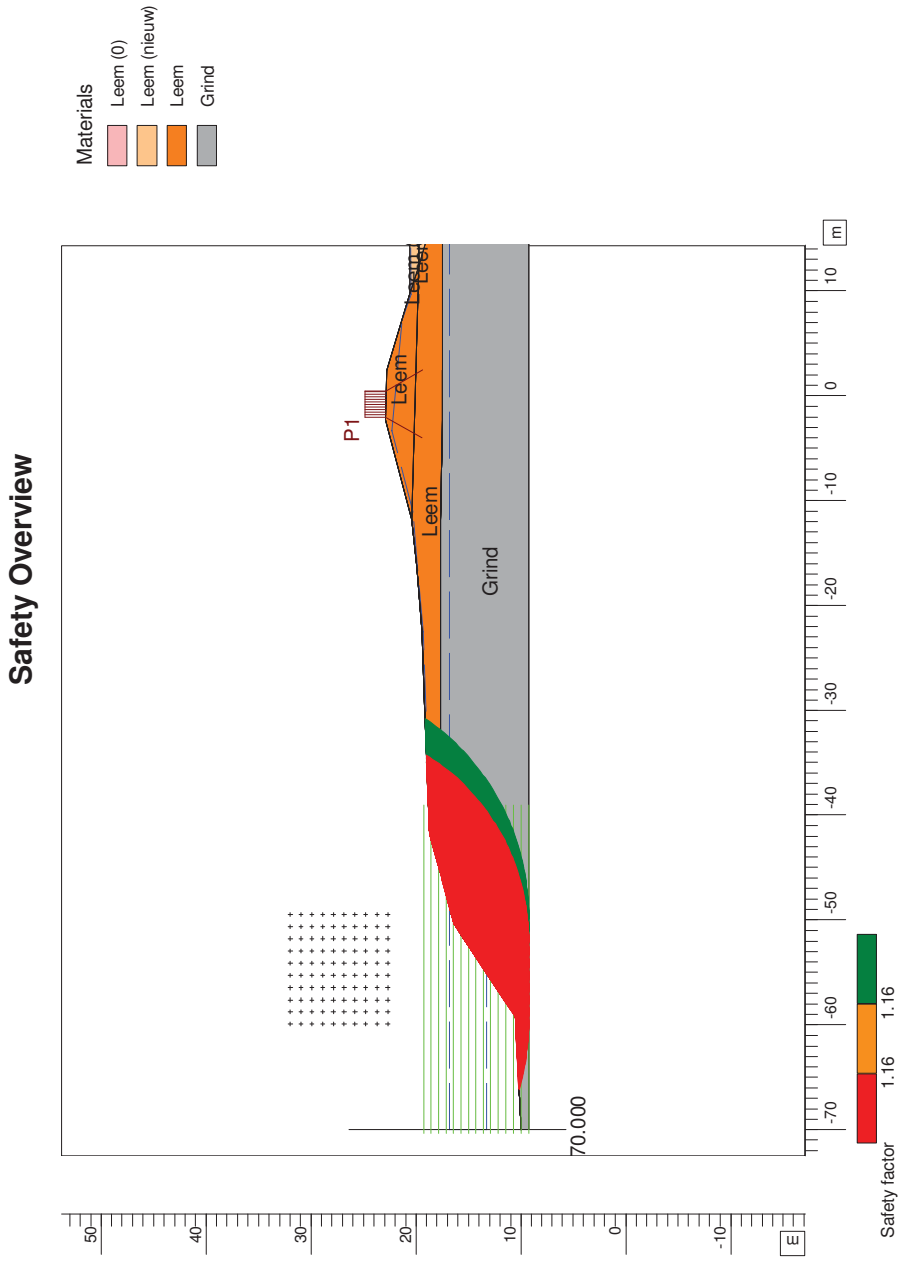
BIJLAGE X BEREKENINGEN STABILITEIT VOORLAND (STVL)

invoerparameters

		DP2	DP4	DP7	opmerking
honder	[m]	15.66	15.3	15.18	extreem laagwater: NAP 13,3 m
hboven	[m]	7.42	7.78	7.58	
αboven	[-]	8.62068966	6.4516129	5.84795322	
αonder	[-]	1.75	1.75	1.42	
fictieve diepte	[m]	**17.17**	**17.41**	**17.02**	
snijpunt dijklichaam	[m NAP]	26.63	26.81	26.71	

Afschuiving

invoerparameters		DP2	DP4	DP7
niveau kruin	[m NAP]	22,92	22,92	22,92
niveau voorland	[m NAP]	19,21	19,03	19,13
niveau geul	[m NAP]	9,46	9,46	9,78
geuldiepte H:	[m]	9,75	9,57	9,35
x coordinaat teen	[m]	-12	-12	-12
S_{sign}:	[m t.o.v. hartlijn dijk]	**-55,88**	**-55,07**	**-54,08**
S_{af}:	[m t.o.v. hartlijn dijk]	-48,01	-45,71	-43,01



D-Geo Stability 10.1 : Dijkring 77 Merum 50.720. 1 Dwarsprofiel 2 - STVL.sti

Witteveen + Bos
Leeuwenbrug 8
7400 AE Deventer
Phone 0570-697511
Fax

Sluitstukkaden Cluster E Dijkring 77 - Merum (50.720.1) dwp 2 - STBU	date 25-09-2013	drw. -
	-	ctr.
	Annex -	form. A4

Zettingsvloeiing

invoerparameters		DP2	DP4	DP7
niveau kruin	[m NAP]	22,92	22,92	22,92
niveau voorland	[m NAP]	19,21	19,03	19,13
niveau geul	[m NAP]	9,46	9,46	9,78
geuldiepte H:	[m]	9,75	9,57	9,35
x coordinaat teen	[m]	-12	-12	-12
S_{sign}:	[m t.o.v. hartlijn dijk]	**-109,5**	**-107,7**	**-105,5**
S_{zv}:	[m t.o.v. hartlijn dijk]	**-50,0**	**-47,7**	**-44,6**

BIJLAGE XI BEREKENING OPDRUKKEN KLEIBEKLEDING (STMI)

Toetsing op STMI

project
projectcode
onderwerp
door
datum #######

Berekeningsmethode

Toets op afdrukken (conform TRWG)

$$\frac{2cd}{\gamma_{m,c}} + \frac{\rho_g g}{\gamma_{m,\rho}} \Delta x t \cos\alpha + \frac{\rho_g g}{\gamma_{m,\rho}} \Delta x d \sin\alpha \frac{\tan\phi}{\gamma_{m,\phi}} \geq \gamma_n \gamma_d (\Delta h - \frac{1}{2} \Delta x \sin\alpha) \frac{\rho_w g}{\gamma_{m,\rho}} \Delta x$$

Toets op afschuiven (conform TRWG)

$$\gamma_n \gamma_d \left[\Delta h d \frac{\rho_g g}{\gamma_{m,\rho}} - \left[\frac{cd}{\gamma_{m,c}} + \frac{c\Delta h}{\gamma_{m,c} \sin\alpha} + \left[\frac{\Delta h}{\tan\alpha} d \frac{\rho_g g}{\gamma_{m,\rho}} - \frac{1}{2} \frac{\rho_w g \Delta h^2}{\gamma_{m,\rho} \sin\alpha} \right] \frac{\tan\phi}{\gamma_{m,\phi}} \right] \right] \leq \frac{cd}{\gamma_{m,c} \sin\alpha} + \frac{1}{2} \frac{d^2 \rho_g g}{\sin\alpha \gamma_{m,\rho}}$$

Toets op uitspoelen (conform TRWG)

$$\tan\alpha \leq \sqrt{\frac{\rho_g - \rho_w}{\rho_w \gamma_d \gamma_{m,\rho} \gamma_n}}$$

Uitgangspunten

algemene uitgangspunten

ρ_w	1025	volumieke massa water
g	9.81	valversnelling

partiële factoren

$\gamma_{m;c}$	1.25	materiaalfactor voor cohesie
$\gamma_{m;\phi}$	1.10	materiaalfactor voor hoek van inwendige wrijving
$\gamma_{m;\rho}$	1.00	materiaalfactor voor volumieke massa
γ_n x γ_d	2.00	totale veiligheid bij opdrukken
γ_n	1.10	schadefactor bij afschuiven
γ_d	1.10	modelfactor bij afschuiven

Toetsing

dijkvak 50.720.1	dwp 2		
kleilaag			
ρ_g	1900	kg/m^3	*volumieke massa grond*
c	0.8	kN/m^2	*cohesie kleilaag*
ϕ	23.5	graden	*hoek van inwendige wrijving klei*
d	1.3	m	*dikte kleilaag uit boring*
d $\perp$	1.23	m	*dikte kleilaag loodrecht op talud*
geometrie			
toetspeil	22.42	m+NAP	
z	20.00	m+NAP	*niveau opdruklocatie*
h	21.40	m+NAP	*grondwaterstand in dijk*
Δh	1.40	m	*verval over bekleding*
n	3.0	-	*talud 1:n*
α	18.43	graden	*taludhelling*
toetsing opdrukken kleilaag			
Δx_{max}	4.4	m	*maximale breedte opdrukkende moot*
Δx	1.0	m	*breedte opdrukkende moot*
R	26.3	kN/m	*weerstand kleilaag*
S	25.0	kN/m	*belasting op kleilaag*
R/S	1.1	-	
oordeel	**V**	-	
toetsing afschuiven kleilaag			
R	47.3	kN/m	*weerstand kleilaag*
S	3.3	kN/m	*belasting op kleilaag*
oordeel	**V**	-	

toetsing uitspoelen			
tan(α)	0.33	kN/m	*weerstand tegen uitspoelen*
toetswaarde	0.65	kN/m	*belasting op kleilaag*
oordeel	**V**	-	

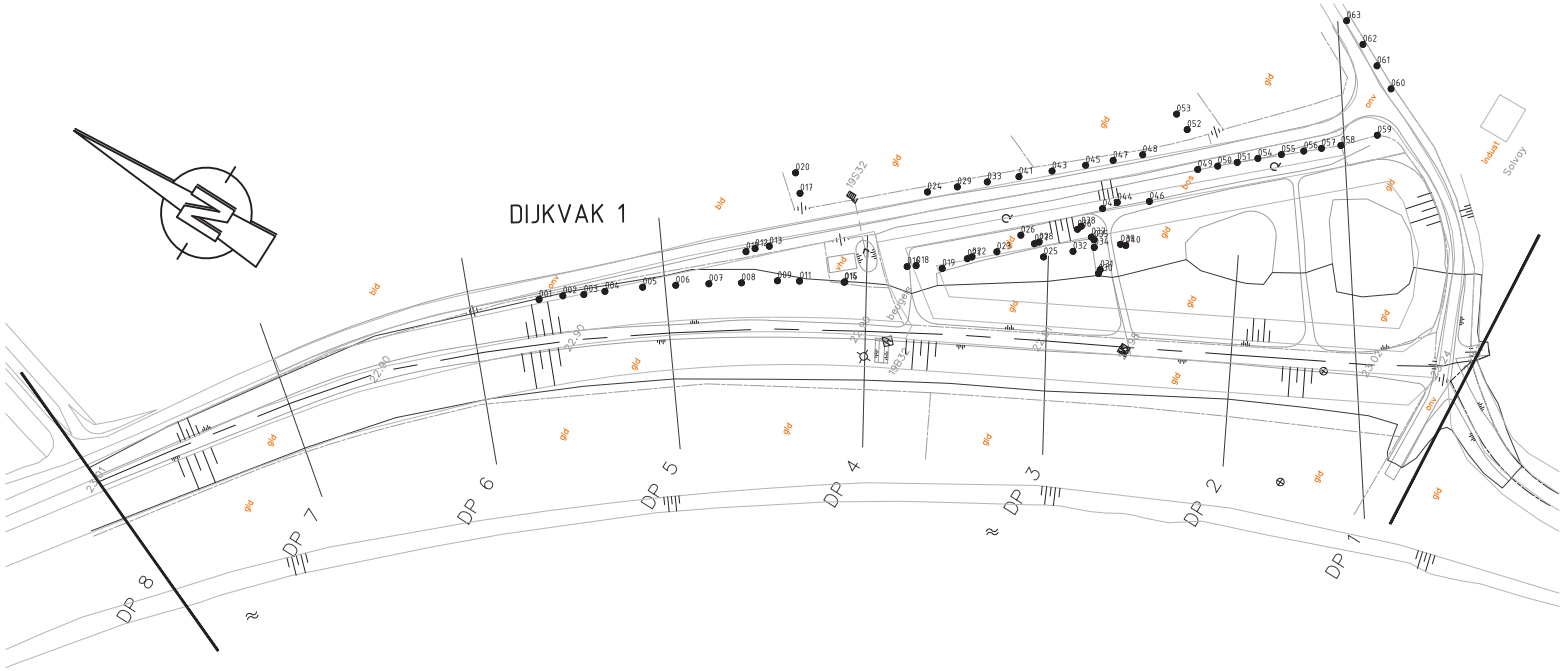
NB: V = voldoet ; X = voldoet niet

BIJLAGE XII BEREKENING STABILITEIT BEKLEDING (STBK)

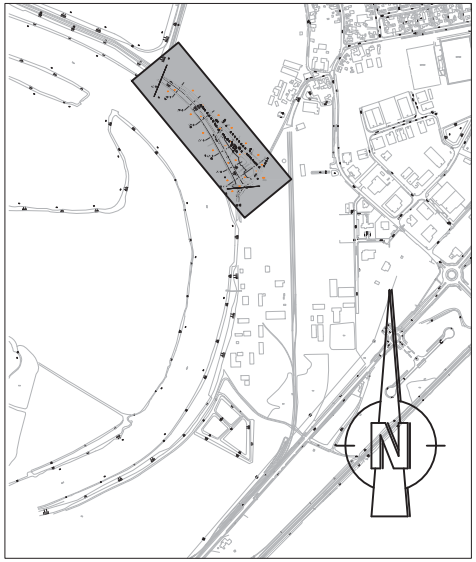
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	L	M	N	O	P	Q	R	T	U	V	W	X	Y
2	Bekleding - Grasmat																						
3	Dijkringgebied	dijkring 77																					
4	Waterkering	Merum-Solvay			Zone A								Zone B							Zone C			
5		Rivierengebied		Eindscore voor het gehele profiel	Ondergrens zone A	Bovengrens zone A	Plan maatregelen beheerder	Gedrag	Afschuiving	Erosie door golfklap	Erosie onderlagen	Eindscore zone A	Ondergrens zone B	Bovengrens zone B	Plan maatregelen beheerder	Afschuiving	Erosie door golfklap	Erosie onderlagen	Eindscore zone B	Ondergrens zone C	Bovengrens zone C	Plan maatregelen	Erosie door golfoploop
6		Subvakgrenzen			[NAP+m]	[NAP+m]							[m + NAP]	[m + NAP]						[m + NAP]	[m + NAP]		
7		Van	Tot				Plan beheerder	Gedrag	GAF buta	GEKL	GEO				Plan Beheerder	GAF	GEKL	GEO				Plan maatregelen	GEOP
8	Opmerkingen																						
9	Dijkvak 1 (DP2)	0,05	0,15	Voldoende	20,44	20,44	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	20,44	21,56	n.v.t.	Goed	Voldoende	n.v.t.	Voldoende	22,42	22,92	n.v.t.	Goed
10	Dijkvak 1 (DP4)	0,15	0,28	Voldoende	19,92	19,92	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	19,92	21,20	n.v.t.	Goed	Voldoende	n.v.t.	Voldoende	22,42	22,92	n.v.t.	Goed
11	Dijkvak 1 (DP7)	0,28	0,36	Voldoende	19,94	19,94	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	19,94	21,28	n.v.t.	Goed	Voldoende	n.v.t.	Voldoende	22,42	22,92	n.v.t.	Goed
12																							
13																							
14																							

	AA	AB	AC	AE	AF	AG	AI	AJ	AK
2									
3									
4		Zone D					binnentalud		
5	Eindscore zone C	Niveau buitenkruinlijn	Niveau binnenkruinlijn	Niveau teen binnentalud	Plan maatregelen	Erosie door golfoverslag	Afschuiving binnentalud	Eindscore zone D	Waarschuwingen bij de berekeningen
6		[m + NAP]	[m + NAP]	[m + NAP]					
7					Plan				
8					maatregelen	GEOV	GAF bita		
9	Goed	22,92	22,92	20,56	n.v.t.	Goed	Goed	Goed	
10	Goed	22,92	22,89	20,23	n.v.t.	Goed	Goed	Goed	
11	Goed	22,92	22,85	19,96	n.v.t.	Goed	Goed	Goed	
12									
13									
14									

BIJLAGE XIII TEKENING BOMENINVENTARISATIE



OVERZICHT
SCHAAL 1:1000



SITUATIE
SCHAAL 1:10000

0m 25m 50m
SCHAAL 1:1.000

0m 250m 500m
SCHAAL 1:10.000

LEGENDA
• BOMEN

WATERSCHAP ROER EN OVERMAAS
TOETSING DIJKRINGEN 77, 80 EN 81

Bomen inventarisatie
Dijkring 77
Dijkvak Merum-Solvay

Witteveen + Bos
Postbus 233
7400 AE Deventer
Telefoon 0570 69 79 11
Telefax 0570 69 73 44

Getekend	ing. M.C. van Hulzen
Gecontroleerd	ir. M.H.A. Kaarsemaker
Goedgekeurd	ir. H.J.M.A. Mols
Datum	26-08-2010

G
F
E
D
C
B
A
Wijzigingen

Schaal 1:1.000 ; 10.000

STD75.1.1106

Formaat A2

CAD TEK: P:\SS\STD\STD75-1\cad\1000\STD75.1.1106.dwg

BIJLAGE XIV ZETTINGSBEREKENINGEN

Report for D-Settlement 9.2

Settlement Calculations
Developed by Deltares

Company:	Witteveen+Bos
Date of report:	09-09-2013
Time of report:	13:38:04
Date of calculation:	06-09-2013
Time of calculation:	10:39:57
Filename:	D:\..\Merum\50.720.1 dwp 2 - 01 Zettingen versterkingsopgave 2020

1 Table of Contents

1 Table of Contents 2
2 Echo of the Input 3
2.1 Layer Boundaries 3
2.2 PL Lines 3
2.3 General Data 3
2.4 Soil Profiles 3
2.5 Soil Properties 4
2.6 Non-Uniform Loads 4
2.7 Verticals 4
3 Settlements 5
3.1 Settlements 5
3.2 Maintain Profile Calculation Results 5

2 Echo of the Input

2.1 Layer Boundaries

Boundary number	Co-ordinates [m]				
3 - X -	-33,045	-29,610	-22,470	-16,370	-11,854
3 - Y -	19,210	19,210	19,450	19,930	20,441
3 - X -	-2,360	0,000	2,410	2,800	9,700
3 - Y -	22,890	22,880	22,810	22,720	20,600
3 - X -	11,650	19,000	34,298		
3 - Y -	20,000	17,680	17,680		
2 - X -	-33,045	-29,610	-22,470	-16,370	-11,854
2 - Y -	19,210	19,210	19,450	19,930	20,441
2 - X -	11,650	19,000	34,298		
2 - Y -	20,000	17,680	17,680		
1 - X -	-33,045	-11,810	-2,360	2,410	34,298
1 - Y -	17,700	17,700	17,500	17,500	17,500
0 - X -	-33,045	34,298			
0 - Y -	9,290	9,290			

2.2 PL Lines

PL line number	Co-ordinates [m]				
1 - X -	-33,045	34,298			
1 - Y -	17,680	17,680			

2.3 General Data

Soil model:	NEN Bjerrum
Consolidation model:	Darcy
Strain model:	Linear
Groundwater level:	Initial determined by PL-line number 1
Unit weight of water:	9,81 [kN/m³]
Stress distribution	
- Soil:	Buisman
- Loads:	Simulate
End of consolidation:	13140,00 [days]
With maintain profile	
(only for non uniform loads)	
- Material:	Superelevation
- Time:	2,00 [days]
- Unit weight above phreatic.:	19,00 [kN/m³]
- Unit weight below phreatic:	19,00 [kN/m³]
- Iteration stop criterium:	0,10 [m]
Pc (initial):	Variable parallel to the initial effective stress
Pc (per step):	Automatic increased to the final effective stresses
Creep rate reference time:	1,000 [days]
No imaginary surface	
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]

2.4 Soil Profiles

Layer number	Material name	PL-line top	PL-line bottom
3	leem, zz, slap	1	1
2	leem, zz, slap	1	1
1	grind, zs, matig	1	1

2.5 Soil Properties

Layer number	Drained	Unit weight	
		Unsaturated [kN/m³]	Saturated [kN/m³]
3	No	19,00	19,00
2	No	19,00	19,00
1	Yes	18,00	20,00

Layer number	Storage type	Vert. consolid. coefficient Cv [m²/s]	Vertical permeability [m/s]	Permeability strain mod. [m/s]	Initial vertical permeability [m/s]
3	Vert. cons.	1,00E-07	-	-	-
2	Vert. cons.	1,00E-07	-	-	-
1	Vert. cons.	-	-	-	-

Layer number	POP [kN/m²]	OCR [-]	Equiv. age [days]
3	10,00	-	-
2	10,00	-	-
1	10,00	-	-

Layer number	Secondary swelling type	Secondary swelling factor[-]	Unloading stress ratio[-]
3	Full	-	-
2	Full	-	-
1	Full	-	-

Layer number	Reloading/ swelling ratio RR [-]	Compression ratio CR [-]	Coeff. of sec. compression Ca [-]	Reloading/ swelling index Cr [-]	Compression index Cc [-]	Initial void ratio (e0) [-]
3	0,0307000	0,0920000	0,0037000	-	-	-
2	0,0307000	0,0920000	0,0037000	-	-	-
1	0,0008000	0,0023000	0,0000000	-	-	-

2.6 Non-Uniform Loads

Load number	Time [days]	Unit weight	
		Unsaturated [kN/m³]	Saturated [kN/m³]
1	1	19,00	19,00

Load number	Co-ordinates [m]					
1 - X -	9,70	17,20	19,00	34,30	34,30	
1 - Y -	20,60	20,60	20,00	20,00	17,68	

2.7 Verticals

Vertical number	X co-ordinates [m]				
1 - 5	-33,045	-29,610	-22,470	-16,370	-11,854
6 - 10	-11,810	-2,360	0,000	2,410	2,800
11 - 15	9,700	11,650	17,200	19,000	27,000
16	34,298				

Calculation of cross section at Z = 0,000 m
Discretisation = 100

3 Settlements

3.1 Settlements

Vertical number	X co-ordinate [m]	Surface level [m]	Settlement [m]
1	-33,05	19,21	0,004
2	-29,61	19,21	0,004
3	-22,47	19,45	0,006
4	-16,37	19,93	0,010
5	-11,85	20,44	0,015
6	-11,81	20,45	0,015
7	-2,36	22,89	0,046
8	0,00	22,88	0,046
9	2,41	22,81	0,045
10	2,80	22,72	0,044
11	9,70	20,60	0,029
12	11,65	20,00	0,063
13	17,20	18,25	0,060
14	19,00	17,68	0,025
15	27,00	17,68	0,025
16	34,30	17,68	0,018

3.2 Maintain Profile Calculation Results

Load 1 consists of 48,472 m3 per Width
The extra amount of soil to be added is 0,867 m3 per Width
This equals the found settlements for non-uniform loads

End of Report

Report for D-Settlement 9.2

Settlement Calculations
Developed by Deltares

Company:	Witteveen+Bos
Date of report:	09-09-2013
Time of report:	13:38:26
Date of calculation:	06-09-2013
Time of calculation:	10:32:57
Filename:	D:\..\Merum\50.720.1 dwp 4 - 01 Zettingen versterkingsopgave 2020

1 Table of Contents

1 Table of Contents 2
2 Echo of the Input 3
2.1 Layer Boundaries 3
2.2 PL Lines 3
2.3 General Data 3
2.4 Soil Profiles 4
2.5 Soil Properties 4
2.6 Non-Uniform Loads 4
2.7 Verticals 4
3 Settlements 6
3.1 Settlements 6
3.2 Maintain Profile Calculation Results 6

2 Echo of the Input

2.1 Layer Boundaries

Boundary number	Co-ordinates [m]				
3 - X -	-37,827	-30,650	-22,770	-15,420	-12,910
3 - Y -	19,030	19,030	19,270	19,720	19,920
3 - X -	-2,010	0,000	1,850	11,020	12,860
3 - Y -	22,900	22,900	22,840	20,300	19,790
3 - X -	18,746	18,988	22,930	23,032	25,470
3 - Y -	19,352	19,330	18,971	18,962	18,730
3 - X -	27,500	30,000	32,250	35,350	50,000
3 - Y -	18,999	19,330	19,330	18,730	18,730
2 - X -	-37,827	-30,650	-22,770	-15,420	-12,910
2 - Y -	19,030	19,030	19,270	19,720	19,920
2 - X -	12,860	18,746	18,988	22,930	23,032
2 - Y -	19,790	19,352	19,330	18,971	18,962
2 - X -	25,470	27,500	30,000	32,250	35,350
2 - Y -	18,730	18,999	19,330	19,330	18,730
2 - X -	50,000				
2 - Y -	18,730				
1 - X -	-37,827	-12,910	-2,010	1,850	12,860
1 - Y -	17,000	17,000	16,300	16,300	16,500
1 - X -	50,000				
1 - Y -	16,500				
0 - X -	-37,827	50,000			
0 - Y -	13,078	13,078			

2.2 PL Lines

PL line number	Co-ordinates [m]				
1 - X -	-37,827	50,000			
1 - Y -	18,730	18,730			

2.3 General Data

Soil model:	NEN Bjerrum
Consolidation model:	Darcy
Strain model:	Linear
Groundwater level:	Initial determined by PL-line number 1
Unit weight of water:	9,81 [kN/m³]
Stress distribution	
- Soil:	Buisman
- Loads:	Simulate
End of consolidation:	13140,00 [days]
With maintain profile	
(only for non uniform loads)	
- Material:	Superelevation
- Time:	2,00 [days]
- Unit weight above phreatic.:	19,00 [kN/m³]
- Unit weight below phreatic:	19,00 [kN/m³]
- Iteration stop criterium:	0,10 [m]
Pc (initial):	Variable parallel to the initial effective stress
Pc (per step):	Automatic increased to the final effective stresses
Creep rate reference time:	1,000 [days]
No imaginary surface	
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]

2.4 Soil Profiles

Layer number	Material name	PL-line top	PL-line bottom
3	leem, zz, slap	1	1
2	leem, zz, slap	1	1
1	grind, zs, matig	1	1

2.5 Soil Properties

Layer number	Drained	Unit weight	
		Unsaturated [kN/m³]	Saturated [kN/m³]
3	No	19,00	19,00
2	No	19,00	19,00
1	Yes	18,00	20,00

Layer number	Storage type	Vert. consolid. coefficient Cv [m²/s]	Vertical permeability [m/s]	Permeability strain mod. [m/s]	Initial vertical permeability [m/s]
3	Vert. cons.	1,00E-07	-	-	-
2	Vert. cons.	1,00E-07	-	-	-
1	Vert. cons.	-	-	-	-

Layer number	POP [kN/m²]	OCR [-]	Equiv. age [days]
3	10,00	-	-
2	10,00	-	-
1	10,00	-	-

Layer number	Secondary swelling type	Secondary swelling factor[-]	Unloading stress ratio[-]
3	Full	-	-
2	Full	-	-
1	Full	-	-

Layer number	Reloading/ swelling ratio RR [-]	Compression ratio CR [-]	Coeff. of sec. compression Ca [-]	Reloading/ swelling index Cr [-]	Compression index Cc [-]	Initial void ratio (e0) [-]
3	0,0307000	0,0920000	0,0037000	-	-	-
2	0,0307000	0,0920000	0,0037000	-	-	-
1	0,0008000	0,0023000	0,0000000	-	-	-

2.6 Non-Uniform Loads

Load number	Time [days]	Unit weight	
		Unsaturated [kN/m³]	Saturated [kN/m³]
1	1	19,00	19,00

Load number	Co-ordinates [m]					
1 - X -	11,02	20,02	22,93	30,00		
1 - Y -	20,30	20,30	19,33	19,33		

2.7 Verticals

Vertical number	X co-ordinates [m]				
1 - 5	-37,827	-30,650	-22,770	-15,420	-12,910
6 - 10	-2,010	0,000	1,850	11,020	12,860
11 - 15	16,000	18,746	18,988	20,020	22,930
16 - 20	23,032	25,470	27,500	30,000	32,250
21 - 23	35,350	43,000	50,000		

Calculation of cross section at Z = 0,000 m
Discretisation = 100

3 Settlements

3.1 Settlements

Vertical number	X co-ordinate [m]	Surface level [m]	Settlement [m]
1	-37,83	19,03	0,003
2	-30,65	19,03	0,003
3	-22,77	19,27	0,006
4	-15,42	19,72	0,012
5	-12,91	19,92	0,015
6	-2,01	22,90	0,060
7	0,00	22,90	0,060
8	1,85	22,84	0,059
9	11,02	20,30	0,037
10	12,86	19,79	0,068
11	16,00	19,56	0,090
12	18,75	19,35	0,098
13	18,99	19,33	0,100
14	20,02	19,24	0,098
15	22,93	18,97	0,060
16	23,03	18,96	0,060
17	25,47	18,73	0,069
18	27,50	19,00	0,043
19	30,00	19,33	0,016
20	32,25	19,33	0,011
21	35,35	18,73	0,003
22	43,00	18,73	0,003
23	50,00	18,73	0,003

3.2 Maintain Profile Calculation Results

Load 1 consists of 10,688 m3 per Width
The extra amount of soil to be added is 1,301 m3 per Width
This equals the found settlements for non-uniform loads

End of Report

Report for D-Settlement 9.2

Settlement Calculations
Developed by Deltares

Company:	Witteveen+Bos
Date of report:	09-09-2013
Time of report:	13:38:48
Date of calculation:	06-09-2013
Time of calculation:	10:37:00
Filename:	D:\..\Merum\50.720.1 dwp 7 - 01 Zettingen versterkingsopgave 2020

1 Table of Contents

1 Table of Contents 2
2 Echo of the Input 3
2.1 Layer Boundaries 3
2.2 PL Lines 3
2.3 General Data 3
2.4 Soil Profiles 3
2.5 Soil Properties 4
2.6 Non-Uniform Loads 4
2.7 Verticals 4
3 Settlements 5
3.1 Settlements 5
3.2 Maintain Profile Calculation Results 5

2 Echo of the Input

2.1 Layer Boundaries

Boundary number	Co-ordinates [m]				
3 - X -	-33,000	-26,100	-20,540	-13,730	-12,510
3 - Y -	19,130	19,130	19,360	19,840	19,940
3 - X -	-2,060	2,030	7,498	8,770	10,400
3 - Y -	22,859	22,850	20,471	20,260	20,210
3 - X -	12,600	14,540	16,260	17,100	22,600
3 - Y -	20,140	19,960	19,920	19,903	19,790
3 - X -	30,000				
3 - Y -	19,790				
2 - X -	-33,000	-12,510	-2,060	2,030	8,770
2 - Y -	18,300	18,300	21,500	21,500	19,500
2 - X -	30,000				
2 - Y -	19,500				
1 - X -	-33,000	-12,510	-2,060	2,030	8,770
1 - Y -	18,300	18,300	19,700	19,700	19,500
1 - X -	30,000				
1 - Y -	19,500				
0 - X -	-33,000	30,000			
0 - Y -	15,000	15,000			

2.2 PL Lines

PL line number	Co-ordinates [m]				
1 - X -	-33,000	-9,900	7,820	30,000	
1 - Y -	19,130	19,130	19,790	19,790	

2.3 General Data

Soil model:	NEN Bjerrum
Consolidation model:	Darcy
Strain model:	Linear
Groundwater level:	Initial determined by PL-line number 1
Unit weight of water:	9,81 [kN/m³]
Stress distribution	
- Soil:	Buisman
- Loads:	Simulate
End of consolidation:	13140,00 [days]
With maintain profile	
(only for non uniform loads)	
- Material:	Superelevation
- Time:	1,00 [days]
- Unit weight above phreatic.:	19,00 [kN/m³]
- Unit weight below phreatic:	19,00 [kN/m³]
- Iteration stop criterium:	0,10 [m]
Pc (initial):	Variable parallel to the initial effective stress
Pc (per step):	Automatic increased to the final effective stresses
Creep rate reference time:	1,000 [days]
No imaginary surface	
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]

2.4 Soil Profiles

Layer number	Material name	PL-line top	PL-line bottom
3	leem, zz, slap	1	1

Layer number	Material name	PL-line top	PL-line bottom
2	zand, schoon, matig	1	1
1	grind, zs, matig	1	1

2.5 Soil Properties

Layer number	Drained	Unit weight	
		Unsaturated [kN/m³]	Saturated [kN/m³]
3	No	19,00	19,00
2	Yes	18,00	20,00
1	Yes	18,00	20,00

Layer number	Storage type	Vert. consolid. coefficient Cv [m²/s]	Vertical permeability [m/s]	Permeability strain mod. [m/s]	Initial vertical permeability [m/s]
3	Vert. cons.	1,00E-07	-	-	-
2	Vert. cons.	-	-	-	-
1	Vert. cons.	-	-	-	-

Layer number	POP [kN/m²]	OCR [-]	Equiv. age [days]
3	10,00	-	-
2	10,00	-	-
1	10,00	-	-

Layer number	Secondary swelling type	Secondary swelling factor[-]	Unloading stress ratio[-]
3	Full	-	-
2	Full	-	-
1	Full	-	-

Layer number	Reloading/ swelling ratio RR [-]	Compression ratio CR [-]	Coeff. of sec. compression Ca [-]	Reloading/ swelling index Cr [-]	Compression index Cc [-]	Initial void ratio (e0) [-]
3	0,0307000	0,0920000	0,0037000	-	-	-
2	0,0013000	0,0038000	0,0000000	-	-	-
1	0,0008000	0,0023000	0,0000000	-	-	-

2.6 Non-Uniform Loads

Load number	Time [days]	Unit weight	
		Unsaturated [kN/m³]	Saturated [kN/m³]
1	1	19,00	19,00

Load number	Co-ordinates [m]					
1 - X -	2,03	2,47	6,83	11,83	16,26	
1 - Y -	22,85	22,85	21,40	21,40	19,92	

2.7 Verticals

Vertical number	X co-ordinates [m]				
1 - 5	-33,000	-26,100	-20,540	-13,730	-12,510
6 - 10	-9,900	-2,060	-1,800	0,000	2,030
11 - 15	2,200	6,830	7,498	7,820	8,770
16 - 20	10,400	11,830	12,600	14,540	16,315
21 - 23	17,100	22,600	30,000		

Calculation of cross section at Z = 0,000 m
Discretisation = 100

3 Settlements

3.1 Settlements

Vertical number	X co-ordinate [m]	Surface level [m]	Settlement [m]
1	-33,00	19,13	0,000
2	-26,10	19,13	0,000
3	-20,54	19,36	0,000
4	-13,73	19,84	0,003
5	-12,51	19,94	0,004
6	-9,90	20,67	0,004
7	-2,06	22,86	0,003
8	-1,80	22,86	0,003
9	0,00	22,85	0,003
10	2,03	22,85	0,005
11	2,20	22,78	0,008
12	6,83	20,76	0,029
13	7,50	20,47	0,030
14	7,82	20,42	0,035
15	8,77	20,26	0,041
16	10,40	20,21	0,041
17	11,83	20,16	0,039
18	12,60	20,14	0,034
19	14,54	19,96	0,017
20	16,32	19,92	0,001
21	17,10	19,90	0,000
22	22,60	19,79	0,000
23	30,00	19,79	0,000

3.2 Maintain Profile Calculation Results

Load 1 consists of 10,137 m3 per Width
The extra amount of soil to be added is 0,371 m3 per Width
This equals the found settlements for non-uniform loads

End of Report

Report for D-Settlement 9.2

Settlement Calculations
Developed by Deltares

Company:	Witteveen+Bos
Date of report:	09-09-2013
Time of report:	13:39:03
Date of calculation:	06-09-2013
Time of calculation:	10:34:35
Filename:	D:\..\50.720.1 dwp 7 - 02 Zettingen uitbreidbaarheidsprofiel 2050

1 Table of Contents

1 Table of Contents 2
2 Echo of the Input 3
2.1 Layer Boundaries 3
2.2 PL Lines 3
2.3 General Data 3
2.4 Soil Profiles 3
2.5 Soil Properties 4
2.6 Non-Uniform Loads 4
2.7 Verticals 4
3 Settlements 6
3.1 Settlements 6
3.2 Maintain Profile Calculation Results 6

2 Echo of the Input

2.1 Layer Boundaries

Boundary number	Co-ordinates [m]				
3 - X -	-33,000	-26,100	-20,540	-13,730	-12,510
3 - Y -	19,130	19,130	19,360	19,840	19,940
3 - X -	-2,060	2,030	7,498	8,770	10,400
3 - Y -	22,859	22,850	20,471	20,260	20,210
3 - X -	12,600	14,540	16,260	17,100	22,600
3 - Y -	20,140	19,960	19,920	19,903	19,790
3 - X -	30,000				
3 - Y -	19,790				
2 - X -	-33,000	-12,510	-2,060	2,030	8,770
2 - Y -	18,300	18,300	21,500	21,500	19,500
2 - X -	30,000				
2 - Y -	19,500				
1 - X -	-33,000	-12,510	-2,060	2,030	8,770
1 - Y -	18,300	18,300	19,700	19,700	19,500
1 - X -	30,000				
1 - Y -	19,500				
0 - X -	-33,000	30,000			
0 - Y -	15,000	15,000			

2.2 PL Lines

PL line number	Co-ordinates [m]				
1 - X -	-33,000	-9,900	7,820	30,000	
1 - Y -	19,130	19,130	19,790	19,790	

2.3 General Data

Soil model:	NEN Bjerrum
Consolidation model:	Darcy
Strain model:	Linear
Groundwater level:	Initial determined by PL-line number 1
Unit weight of water:	9,81 [kN/m³]
Stress distribution	
- Soil:	Buisman
- Loads:	Simulate
End of consolidation:	13140,00 [days]
With maintain profile	
(only for non uniform loads)	
- Material:	Superelevation
- Time:	1,00 [days]
- Unit weight above phreatic.:	19,00 [kN/m³]
- Unit weight below phreatic:	19,00 [kN/m³]
- Iteration stop criterium:	0,10 [m]
Pc (initial):	Variable parallel to the initial effective stress
Pc (per step):	Automatic increased to the final effective stresses
Creep rate reference time:	1,000 [days]
No imaginary surface	
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]

2.4 Soil Profiles

Layer number	Material name	PL-line top	PL-line bottom
3	leem, zz, slap	1	1

Layer number	Material name	PL-line top	PL-line bottom
2	zand, schoon, matig	1	1
1	grind, zs, matig	1	1

2.5 Soil Properties

Layer number	Drained	Unit weight	
		Unsaturated [kN/m³]	Saturated [kN/m³]
3	No	19,00	19,00
2	Yes	18,00	20,00
1	Yes	18,00	20,00

Layer number	Storage type	Vert. consolid. coefficient Cv [m²/s]	Vertical permeability [m/s]	Permeability strain mod. [m/s]	Initial vertical permeability [m/s]
3	Vert. cons.	1,00E-07	-	-	-
2	Vert. cons.	-	-	-	-
1	Vert. cons.	-	-	-	-

Layer number	POP [kN/m²]	OCR [-]	Equiv. age [days]
3	10,00	-	-
2	10,00	-	-
1	10,00	-	-

Layer number	Secondary swelling type	Secondary swelling factor[-]	Unloading stress ratio[-]
3	Full	-	-
2	Full	-	-
1	Full	-	-

Layer number	Reloading/ swelling ratio RR [-]	Compression ratio CR [-]	Coeff. of sec. compression Ca [-]	Reloading/ swelling index Cr [-]	Compression index Cc [-]	Initial void ratio (e0) [-]
3	0,0307000	0,0920000	0,0037000	-	-	-
2	0,0013000	0,0038000	0,0000000	-	-	-
1	0,0008000	0,0023000	0,0000000	-	-	-

2.6 Non-Uniform Loads

Load number	Time [days]	Unit weight	
		Unsaturated [kN/m³]	Saturated [kN/m³]
1	1	19,00	19,00
2	1	19,00	19,00

Load number	Co-ordinates [m]					
1 - X -	2,03	2,47	6,83	11,83	16,26	
1 - Y -	22,85	22,85	21,40	21,40	19,92	
2 - X -	-2,06	-1,80	2,20	2,47		
2 - Y -	22,86	22,94	22,94	22,85		

2.7 Verticals

Vertical number	X co-ordinates [m]				
1 - 5	-33,000	-26,100	-20,540	-13,730	-12,510
6 - 10	-9,900	-2,060	-1,800	0,000	2,030
11 - 15	2,200	6,830	7,498	7,820	8,770
16 - 20	10,400	11,830	12,600	14,540	16,315
21 - 23	17,100	22,600	30,000		

Calculation of cross section at Z = 0,000 m
Discretisation = 100

3 Settlements

3.1 Settlements

Vertical number	X co-ordinate [m]	Surface level [m]	Settlement [m]
1	-33,00	19,13	0,000
2	-26,10	19,13	0,000
3	-20,54	19,36	0,000
4	-13,73	19,84	0,003
5	-12,51	19,94	0,004
6	-9,90	20,67	0,004
7	-2,06	22,86	0,005
8	-1,80	22,86	0,007
9	0,00	22,85	0,009
10	2,03	22,85	0,011
11	2,20	22,78	0,012
12	6,83	20,76	0,029
13	7,50	20,47	0,030
14	7,82	20,42	0,035
15	8,77	20,26	0,041
16	10,40	20,21	0,041
17	11,83	20,16	0,039
18	12,60	20,14	0,034
19	14,54	19,96	0,017
20	16,32	19,92	0,001
21	17,10	19,90	0,000
22	22,60	19,79	0,000
23	30,00	19,79	0,000

3.2 Maintain Profile Calculation Results

Load 1 consists of 10,137 m3 per Width
Load 2 consists of 0,367 m3 per Width
The extra amount of soil to be added is 0,417 m3 per Width
This equals the found settlements for non-uniform loads

End of Report

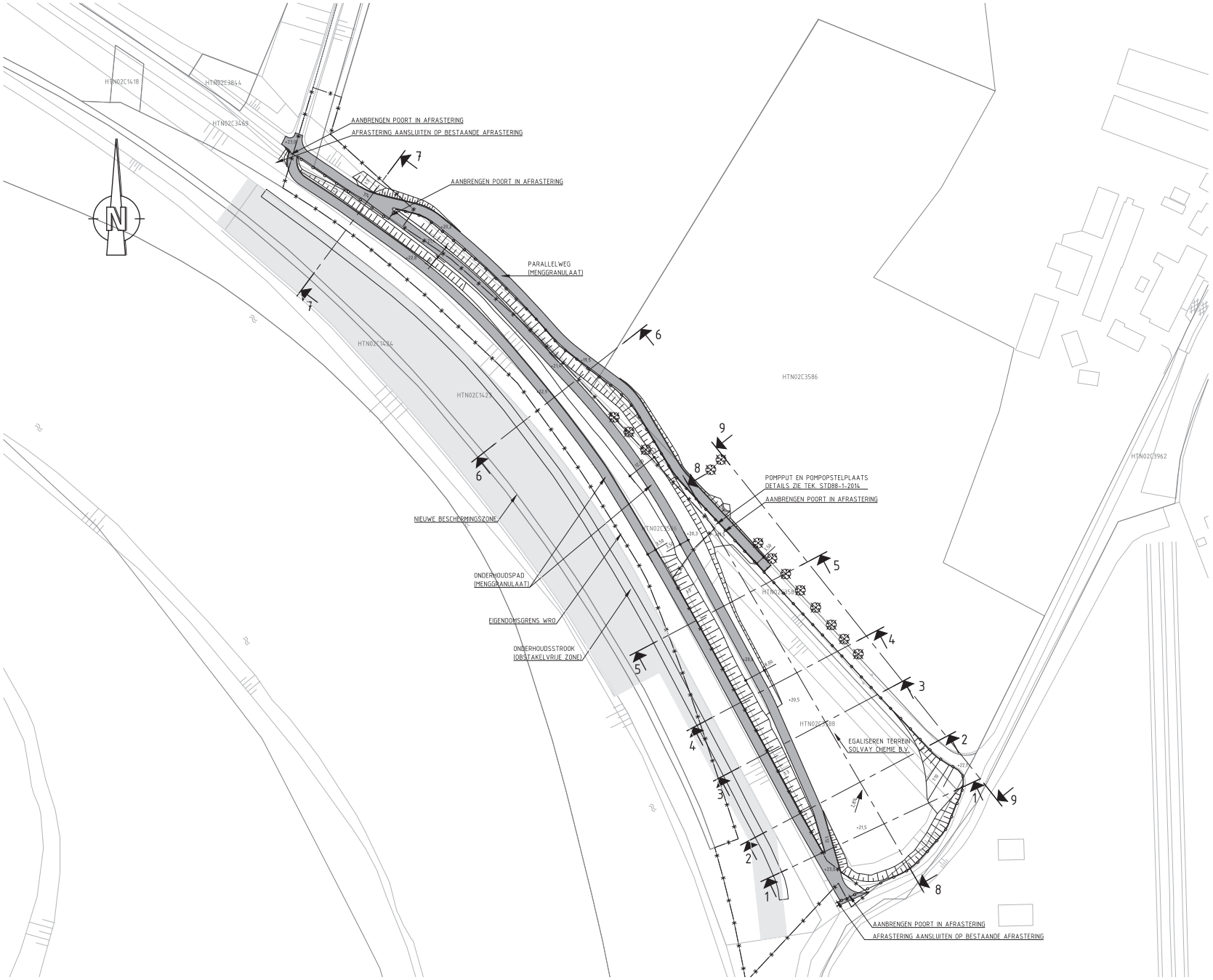
BIJLAGE XV BEREKENING KWELPUT

ontwerp pompopstelplaats (DP5)

afmetingen:

inwendig:		1,5	m	
wand:	dikte	0,2	m	
	hoogte:	3	m	
bodemplaat:	dikte:	0,3	m	
	oor:	0,2	m	
	breedte:	2,3	m	
MHW	NAP +	22,42	m	
maaiveldniveau	NAP +	19,5	m	
niveau onderkant deklaag	NAP +	16,5	m	
Opwaartse kracht:		387	kN	inclusief 1,2 veiligheid
Neerwaartse kracht:				inclusief 0,9 veiligheid
	wand:	441	kN	
	bodemplaat	34	kN	
	totaal:	475	kN	

BIJLAGE XVI ONTWERPTEKENINGEN



SITUATIE MERUM

SCHAAL 1:750

LEGENDA:

- afrastering
- stabiliteitsberm / kruinverhoging
- eigendomsgrens WRO
- perceelgrenzen
- onderhoudspad / parallelweg
- beschermingszone
- te verwijderen bomen

OPMERKINGEN:

- Dwarsprofielen zijn weergegeven op tekening STD88-1-2011 t/m 2013
- Hoogtematen in meters ten opzichte van NAP
- Maten in meters

WATERSCHAP ROER EN OVERMAAS
SLUITSTUKKADEN MAAS

Definitief Ontwerp Merum - Solvay
Dijkring 77 - 50.720.1
Bovenaanzicht

Witteveen + Bos
Postbus 233
7400 AE Deventer
Telefoon 0570 69 79 11
Telefax 0570 69 73 44

Getekend	J. Heerssema
Gecontroleerd	E. Kaspers
Goedgekeurd	S.T. Pwa
Datum	27-09-2013

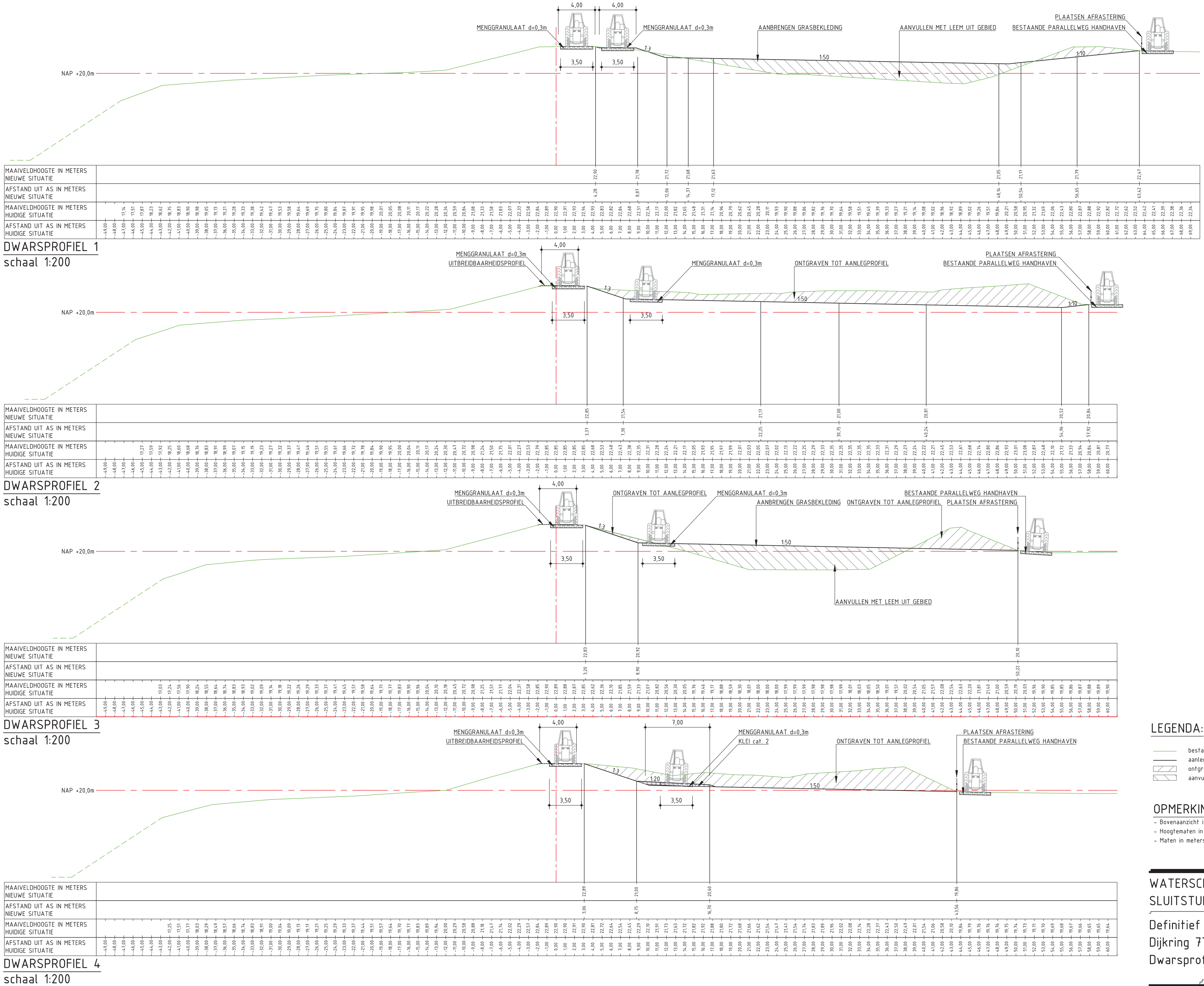
Wijzigingen: G, F, E, D, C, B, A

Schaal 1:750

STD88-1-2010

Formaat A1

CAD TEK.: P:\S\STD\STD88-1\ced\2010\STD88-1-2010fm2013 - Merum.dwg



LEGENDA:

- bestaande situatie
- aanlegprofiel
- ontgraven
- aanvullen

OPMERKINGEN:

- Bovenaanzicht is weergegeven op tekening STD88-1-2010
- Hoogtematen in meters ten opzichte van NAP
- Maten in meters

0 5m 10m
SCHAAL 1:200

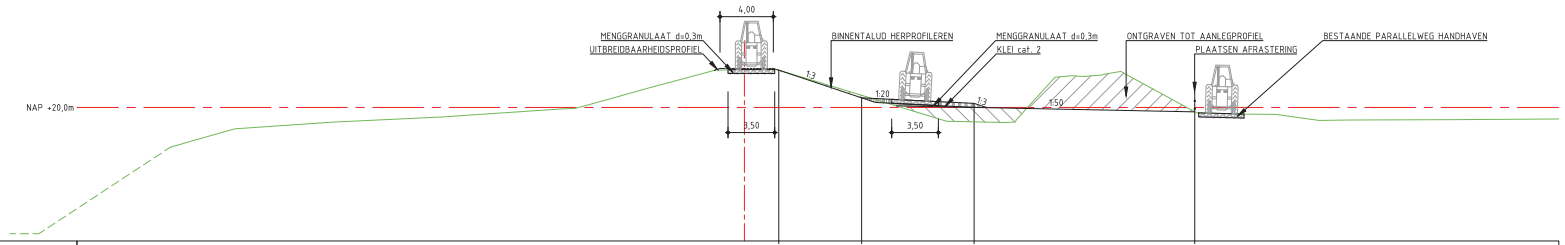
WATERSCHAP ROER EN OVERMAAS
SLUITSTUKKADEN MAAS

Definitief Ontwerp Merum - Solvay
Dijkring 77 - 50.720.1
Dwarsprofielen (blad 1 van 3)

Witteveen+Bos
Postbus 233
7400 AE Deventer
Telefoon 0570 69 79 11
Telefax 0570 69 73 44

Getekend	J. Heerssema
Gecontroleerd	E. Kaspers
Goedgekeurd	S.T. Pwa
Datum	27-09-2013
Wijzigingen	G, F, E, D, C, B, A
Schaal	1:200
	STD88-1-2011
Formaat	A1

CAD TEK.: P:\S\STD\STD88-1\cad\2000\STD88-1-2010fm2013 - Merum.dwg

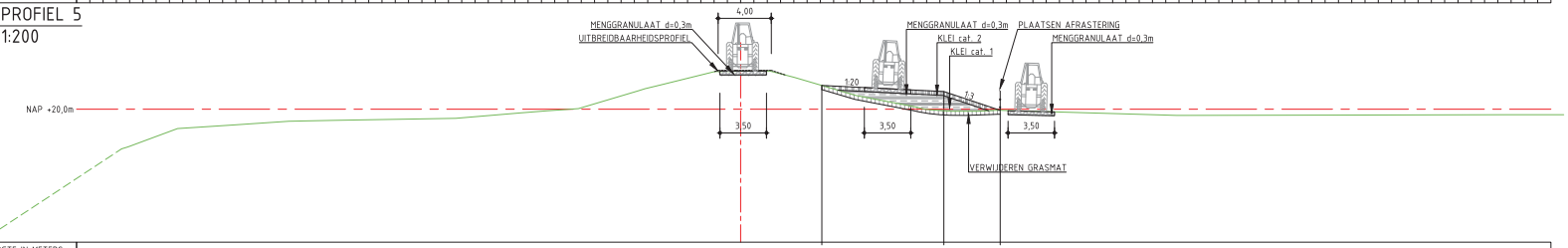


MAAIVELDHOOGTE IN METERS NIEUWE SITUATIE	22,79 · 24,72 · 24,30 · 19,61
AFSTAND UIT AS IN METERS NIEUWE SITUATIE	2,57 · 6,39 · 17,00 · 33,72

MAAIVELDHOOGTE IN METERS HUIDIGE SITUATIE / AFSTAND UIT AS IN METERS HUIDIGE SITUATIE

Afstand uit as (m)	Maaiveldhoogte (m)
-43,00	19,21
-42,00	19,31
-41,00	19,60
-40,00	19,69
-39,00	19,76
-38,00	19,83
-37,00	19,89
-36,00	19,96
-35,00	19,83
-34,00	19,69
-33,00	19,71
-32,00	19,75
-31,00	19,78
-30,00	19,81
-29,00	19,84
-28,00	19,87
-27,00	19,89
-26,00	19,91
-25,00	19,93
-24,00	19,95
-23,00	19,96
-22,00	19,98
-21,00	19,99
-20,00	20,01
-19,00	20,02
-18,00	20,03
-17,00	20,04
-16,00	20,05
-15,00	20,06
-14,00	20,07
-13,00	20,08
-12,00	20,09
-11,00	20,09
-10,00	20,08
-9,00	20,07
-8,00	20,06
-7,00	20,05
-6,00	20,04
-5,00	20,03
-4,00	20,02
-3,00	20,01
-2,00	20,00
-1,00	19,99
0,00	19,98
1,00	19,97
2,00	19,96
3,00	19,95
4,00	19,94
5,00	19,93
6,00	19,92
7,00	19,91
8,00	19,90
9,00	19,89
10,00	19,88
11,00	19,87
12,00	19,86
13,00	19,85
14,00	19,84
15,00	19,83
16,00	19,82
17,00	19,81
18,00	19,80
19,00	19,79
20,00	19,78
21,00	19,77
22,00	19,76
23,00	19,75
24,00	19,74
25,00	19,73
26,00	19,72
27,00	19,71
28,00	19,70
29,00	19,69
30,00	19,68
31,00	19,67
32,00	19,66
33,00	19,65
34,00	19,64
35,00	19,63
36,00	19,62
37,00	19,61
38,00	19,60
39,00	19,59
40,00	19,58
41,00	19,57
42,00	19,56
43,00	19,55
44,00	19,54
45,00	19,53
46,00	19,52
47,00	19,51
48,00	19,50
49,00	19,49
50,00	19,48
51,00	19,47
52,00	19,46
53,00	19,45
54,00	19,44
55,00	19,43
56,00	19,42
57,00	19,41
58,00	19,40
59,00	19,39
60,00	19,38

DWARSPROFIEL 5
schaal 1:200

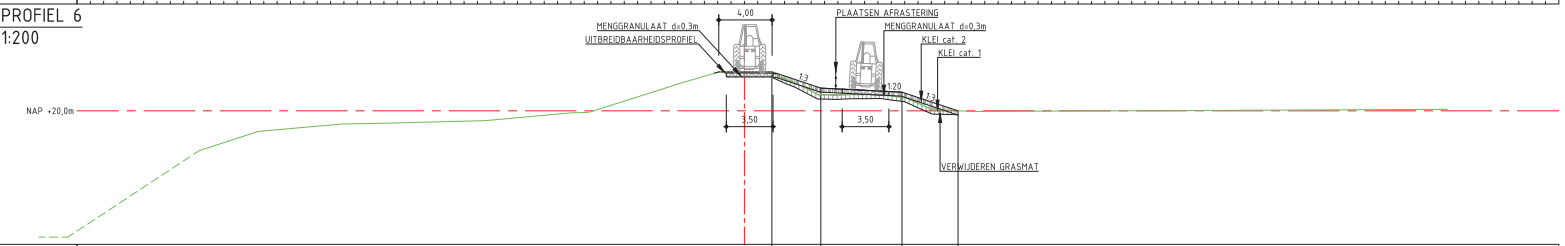


MAAIVELDHOOGTE IN METERS NIEUWE SITUATIE	21,79 · 21,33 · 19,51
AFSTAND UIT AS IN METERS NIEUWE SITUATIE	6,11 · 15,29 · 19,53

MAAIVELDHOOGTE IN METERS HUIDIGE SITUATIE / AFSTAND UIT AS IN METERS HUIDIGE SITUATIE

Afstand uit as (m)	Maaiveldhoogte (m)
-43,00	19,21
-42,00	19,31
-41,00	19,60
-40,00	19,69
-39,00	19,76
-38,00	19,83
-37,00	19,89
-36,00	19,96
-35,00	19,83
-34,00	19,69
-33,00	19,71
-32,00	19,75
-31,00	19,78
-30,00	19,81
-29,00	19,84
-28,00	19,87
-27,00	19,89
-26,00	19,91
-25,00	19,93
-24,00	19,95
-23,00	19,96
-22,00	19,98
-21,00	19,99
-20,00	20,01
-19,00	20,02
-18,00	20,03
-17,00	20,04
-16,00	20,05
-15,00	20,06
-14,00	20,07
-13,00	20,08
-12,00	20,09
-11,00	20,09
-10,00	20,08
-9,00	20,07
-8,00	20,06
-7,00	20,05
-6,00	20,04
-5,00	20,03
-4,00	20,02
-3,00	20,01
-2,00	20,00
-1,00	19,99
0,00	19,98
1,00	19,97
2,00	19,96
3,00	19,95
4,00	19,94
5,00	19,93
6,00	19,92
7,00	19,91
8,00	19,90
9,00	19,89
10,00	19,88
11,00	19,87
12,00	19,86
13,00	19,85
14,00	19,84
15,00	19,83
16,00	19,82
17,00	19,81
18,00	19,80
19,00	19,79
20,00	19,78
21,00	19,77
22,00	19,76
23,00	19,75
24,00	19,74
25,00	19,73
26,00	19,72
27,00	19,71
28,00	19,70
29,00	19,69
30,00	19,68
31,00	19,67
32,00	19,66
33,00	19,65
34,00	19,64
35,00	19,63
36,00	19,62
37,00	19,61
38,00	19,60
39,00	19,59
40,00	19,58
41,00	19,57
42,00	19,56
43,00	19,55
44,00	19,54
45,00	19,53
46,00	19,52
47,00	19,51
48,00	19,50
49,00	19,49
50,00	19,48
51,00	19,47
52,00	19,46
53,00	19,45
54,00	19,44
55,00	19,43
56,00	19,42
57,00	19,41
58,00	19,40
59,00	19,39
60,00	19,38

DWARSPROFIEL 6
schaal 1:200



MAAIVELDHOOGTE IN METERS NIEUWE SITUATIE	22,80 · 20,70 · 21,43 · 20,00
AFSTAND UIT AS IN METERS NIEUWE SITUATIE	2,06 · 5,72 · 11,80 · 16,00

MAAIVELDHOOGTE IN METERS HUIDIGE SITUATIE / AFSTAND UIT AS IN METERS HUIDIGE SITUATIE

Afstand uit as (m)	Maaiveldhoogte (m)
-43,00	19,21
-42,00	19,31
-41,00	19,60
-40,00	19,29
-39,00	19,62
-38,00	19,94
-37,00	19,77
-36,00	19,50
-35,00	19,58
-34,00	19,67
-33,00	19,76
-32,00	19,84
-31,00	19,93
-30,00	19,91
-29,00	19,93
-28,00	19,95
-27,00	19,97
-26,00	19,99
-25,00	20,02
-24,00	19,94
-23,00	19,93
-22,00	19,92
-21,00	19,91
-20,00	19,90
-19,00	19,89
-18,00	19,88
-17,00	19,48
-16,00	19,57
-15,00	19,66
-14,00	19,76
-13,00	19,84
-12,00	19,87
-11,00	20,09
-10,00	20,41
-9,00	20,73
-8,00	21,04
-7,00	21,36
-6,00	21,68
-5,00	22,00
-4,00	22,30
-3,00	22,59
-2,00	22,89
-1,00	22,86
0,00	22,84
1,00	22,82
2,00	22,80
3,00	22,41
4,00	22,00
5,00	21,67
6,00	21,98
7,00	21,96
8,00	21,91
9,00	21,91
10,00	21,91
11,00	21,91
12,00	20,99
13,00	20,55
14,00	20,13
15,00	20,13
16,00	20,13
17,00	19,96
18,00	19,95
19,00	19,94
20,00	19,94
21,00	19,93
22,00	19,93
23,00	19,98
24,00	19,98
25,00	19,99
26,00	19,99
27,00	19,99
28,00	20,00
29,00	20,00
30,00	20,01
31,00	20,01
32,00	20,01
33,00	20,02
34,00	20,02
35,00	20,03
36,00	20,03
37,00	20,04
38,00	20,04
39,00	20,04
40,00	20,05
41,00	20,05
42,00	20,06
43,00	20,06
44,00	20,07
45,00	20,07
46,00	20,08
47,00	20,08
48,00	20,09
49,00	20,09
50,00	20,10
51,00	20,10
52,00	20,11
53,00	
54,00	
55,00	
56,00	
57,00	
58,00	
59,00	
60,00	

DWARSPROFIEL 7
schaal 1:200

LEGENDA:

- bestaande situatie
- aanlegprofiel
- ontgraven
- aanvullen

OPMERKINGEN:

- Bovenaanzicht is weergegeven op tekening STD88-1-2010
- Hoogtematen in meters ten opzichte van NAP
- Maten in meters

0 5m 10m
SCHAAL 1:200

WATERSCHAP ROER EN OVERMAAS
SLUITSTUKKADEN MAAS

Definitief Ontwerp Merum - Solvay
Dijkring 77 - 50.720.1
Dwarsprofielen (blad 2 van 3)

Witteveen + Bos
Postbus 233
7400 AE Deventer
Telefoon 0570 69 79 11
Telefax 0570 69 73 44

Gefiekend	J. Heerssema
Gecontroleerd	E. Kaspers
Goedgekeurd	S.T. Pwa
Datum	27-09-2013

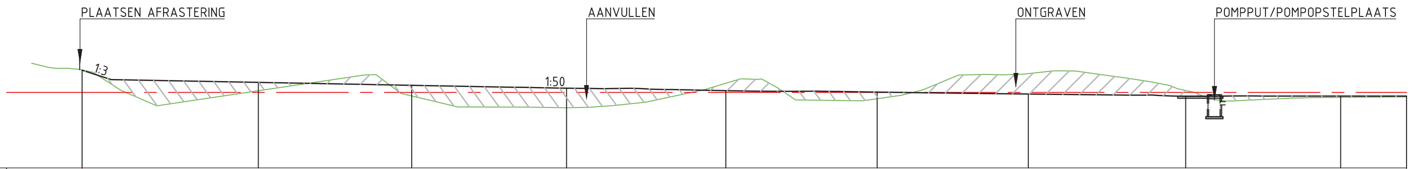
G
F
E
D
C
B
A
Wijzigingen

Schaal 1:200

STD88-1-2012

Formaat A1

CAD TEK: P:\S\STD\STD88-71cad\2000\STD88-1-2010merp093 - MerumDwg



AFSTAND UIT AS IN METERS NIEUWE SITUATIE	MAAIVELDHOOGTE IN METERS NIEUWE SITUATIE
0,00	22,94
23,34	21,31
43,64	20,93
64,12	20,55
85,20	20,22
105,22	20,04
125,23	19,79
146,04	19,50
166,56	19,50
175,28	19,50

AFSTAND UIT AS IN METERS HUIDIGE SITUATIE	MAAIVELDHOOGTE IN METERS HUIDIGE SITUATIE
-8,00	
-6,00	23,68
-4,00	23,24
-2,00	23,17
0,00	22,94
2,00	22,31
4,00	21,01
6,00	19,90
8,00	19,04
10,00	18,23
12,00	18,53
14,00	18,83
16,00	19,13
18,00	19,42
20,00	19,72
22,00	20,02
24,00	20,31
26,00	20,61
28,00	20,91
30,00	21,20
32,00	21,50
34,00	21,80
36,00	22,09
38,00	22,33
40,00	21,52
42,00	20,00
44,00	19,43
46,00	18,96
48,00	18,48
50,00	18,07
52,00	18,06
54,00	18,06
56,00	18,06
58,00	18,06
60,00	18,03
62,00	18,00
64,00	17,96
66,00	18,00
68,00	18,09
70,00	18,24
72,00	18,43
74,00	18,63
76,00	18,99
78,00	19,42
80,00	19,85
82,00	20,28
84,00	20,85
86,00	21,45
88,00	21,77
90,00	21,75
92,00	20,62
94,00	19,28
96,00	18,97
98,00	18,94
100,00	18,91
102,00	18,89
104,00	18,98
106,00	19,26
108,00	19,55
110,00	20,00
112,00	20,63
114,00	21,45
116,00	22,28
118,00	22,34
120,00	22,37
122,00	22,33
124,00	22,39
126,00	22,57
128,00	22,79
130,00	22,85
132,00	22,75
134,00	22,46
136,00	22,18
138,00	21,92
140,00	21,62
142,00	21,30
144,00	20,89
146,00	20,26
148,00	19,66
150,00	19,01
152,00	18,85
154,00	18,95
156,00	19,05
158,00	19,15
160,00	19,23
162,00	19,29
164,00	19,32
166,00	19,34
168,00	19,36
170,00	19,38
172,00	19,39
174,00	19,40

DWARSPROFIEL 8
schaal 1:500

MAAIVELDHOOGTE IN METERS NIEUWE SITUATIE	AFSTAND UIT AS IN METERS NIEUWE SITUATIE

AFSTAND UIT AS IN METERS HUIDIGE SITUATIE	MAAIVELDHOOGTE IN METERS HUIDIGE SITUATIE
-8,00	
-6,00	
-4,00	
-2,00	
0,00	22,68
2,00	22,39
4,00	22,26
6,00	22,14
8,00	21,99
10,00	21,85
12,00	21,70
14,00	21,50
16,00	21,30
18,00	21,11
20,00	21,05
22,00	21,00
24,00	20,92
26,00	20,85
28,00	20,77
30,00	20,70
32,00	20,63
34,00	20,55
36,00	20,48
38,00	20,40
40,00	20,33
42,00	20,25
44,00	20,18
46,00	20,10
48,00	20,03
50,00	19,95
52,00	19,91
54,00	19,87
56,00	19,84
58,00	19,80
60,00	19,79
62,00	19,81
64,00	19,79
66,00	19,77
68,00	19,74
70,00	19,71
72,00	19,68
74,00	19,65
76,00	19,63
78,00	19,62
80,00	19,61
82,00	19,60
84,00	19,60
86,00	19,59
88,00	19,59
90,00	19,57
92,00	19,48
94,00	19,43
96,00	19,39
98,00	19,34
100,00	19,29
102,00	19,24
104,00	19,21
106,00	19,18
108,00	19,14
110,00	19,08
112,00	19,03
114,00	18,98
116,00	18,92
118,00	18,87
120,00	18,82
122,00	18,78
124,00	18,76
126,00	18,75
128,00	18,73
130,00	18,71
132,00	18,69
134,00	18,68
136,00	18,66
138,00	18,65
140,00	18,65
142,00	18,65
144,00	18,66
146,00	18,67
148,00	18,67
150,00	18,68
152,00	18,69
154,00	18,69
156,00	18,72
158,00	18,76
160,00	18,80
162,00	18,84
164,00	18,88
166,00	18,91
168,00	18,89
170,00	18,88
172,00	18,87
174,00	18,87

DWARSPROFIEL 9
schaal 1:500

LEGENDA:

- bestaande situatie
- aanlegprofiel
- ontgraven
- aanvullen

OPMERKINGEN:

- Bovenaanzicht is weergegeven op tekening STD88-1-2010
- Hoogtematen in meters ten opzichte van NAP
- Maten in meters

0 12.5m 25m
SCHAAL 1:500

WATERSCHAP ROER EN OVERMAAS
SLUITSTUKKADEN MAAS

Definitief Ontwerp Merum - Solvay
Dijkring 77 - 50.720.1
Dwarsprofielen (blad 3 van 3)

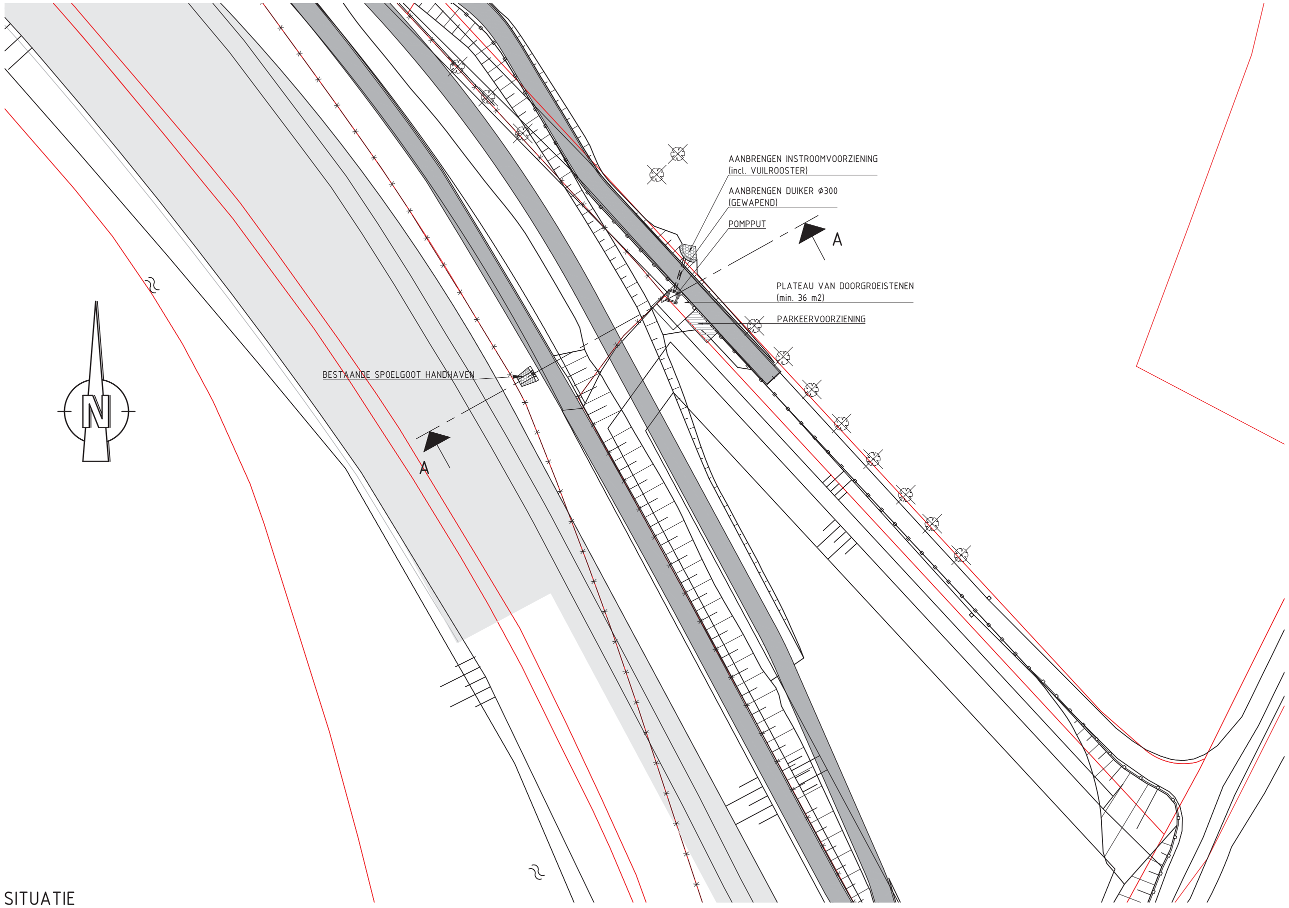
Witteveen+Bo
Postbus 233
7400 AE Deventer
Telefoon 0570 69 79 11
Telefax 0570 69 73 44

Getekend	J. Heerssema
Gecontroleerd	E. Kaspers
Goedgekeurd	S.T. Pwa
Datum	27-09-2013

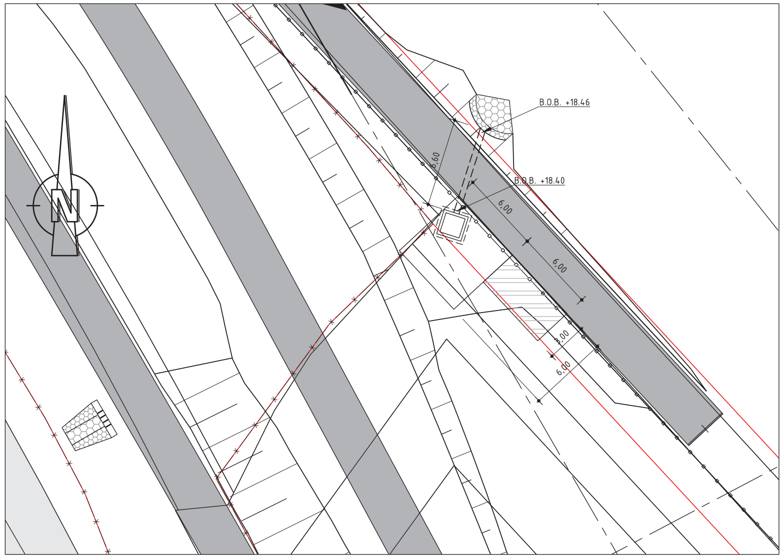
G
F
E
D
C
B
A
Wijzigingen

Schaal	1:500
	STD88-1-2013
Formaat	A2

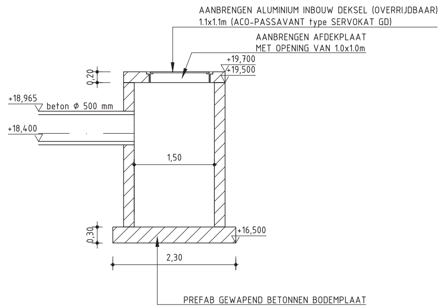
CAD TEK.: P:\S\STD\STD88-1\cad\2000\STD88-1-2010tm2013 - Merum.dwg



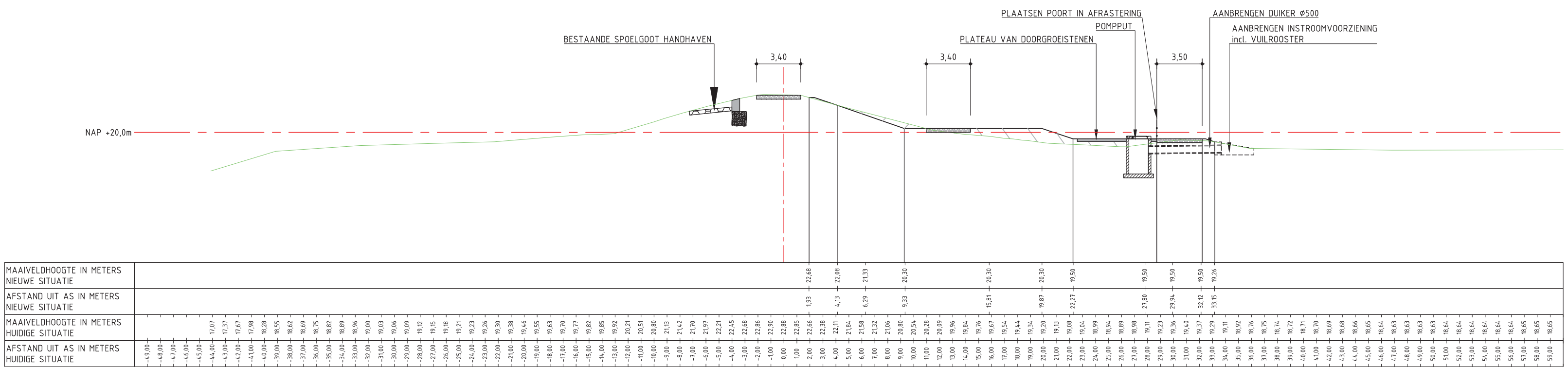
SITUATIE
SCHAAL 1:500



SITUATIE PLATEAU
SCHAAL 1:200



DETAIL PUT
SCHAAL 1:50



DWARSPROFIEL A-A
schaal 1:200

LEGENDA:

- Bestaand maaiveld
- Maaiveld in toekomstige situatie
- Ontgraving
- Ophoging

OPMERKINGEN:

- Hoogtematen in meters ten opzichte van NAP
- Maten in meters

SCHAAL 1:50 — 0 / 1.250mm / 2.500mm
SCHAAL 1:200 — 0 / 5m / 10m
SCHAAL 1:500 — 0 / 12.5m / 25m

WATERSCHAP ROER EN OVERMAAS
SLUITSTUKKADEN MAAS

Definitief Ontwerp Pompopstelplaats Merum
Dijkring 77 - 50.720.1
Dwarsprofielen

Witteveen+Bos
Postbus 233
7400 AE Deventer
Telefoon 0570 69 79 11
Telefax 0570 69 73 44

Getekend	J. Heerssema	Schaal	1:500 1:200 1:50
Gecontroleerd	E. Kaspers		STD88-1-2014
Goedgekeurd	S.T. Pwa		
Datum	27-09-2013	Formaat	A1

Wijzigingen: G, F, E, D, C, B, A

CAD TEK.: P:\STD\STD88-1\ad\2000\STD88-1-2014 - Merum - pompopstelplaats.dwg

SITUATIE MERUM

SCHAAL 1:750

LEGENDA:

- afrastering
- stabiliteitsberm / kruinverhoging
- eigendomsgrens WRO
- perceelgrenzen
- onderhoudspad / parallelweg
- te verwijderen bomen

OPMERKINGEN:

- Hoogtematen in meters ten opzichte van NAP
- Maten in meters

WATERSCHAP ROER EN OVERMAAS
SLUITSTUKKADEN MAAS

Percelen Merum - Solvay
Dijkring 77 - 50.720.1
Bovenaanzicht

Witteveen + Bos
Postbus 233
7400 AE Deventer
Telefoon 0570 69 79 11
Telefax 0570 69 79 44

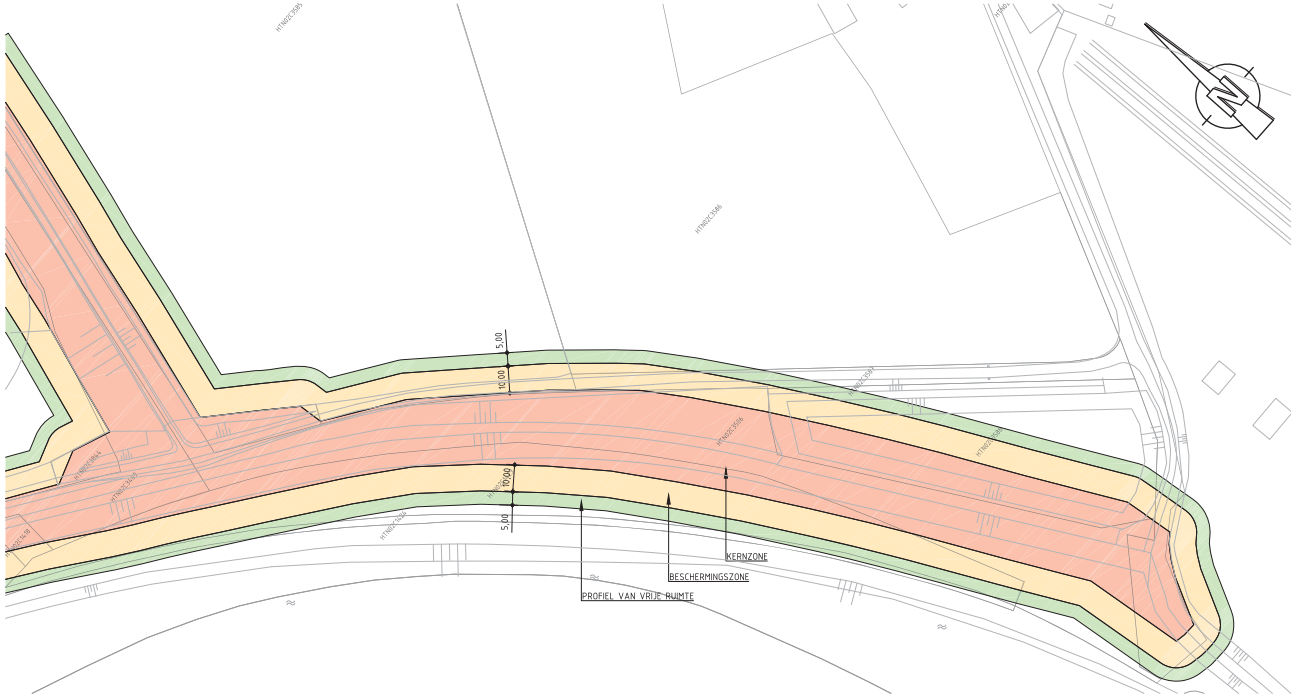
Getekend	J. Heerssema
Gecontroleerd	E. Kaspers
Goedgekeurd	S.T. Pwa
Datum	27-09-2013

G
F
E
D
C
B
A
Wijzigingen

Schaal	1:750
	STD88-1-2016
Formaat	A1

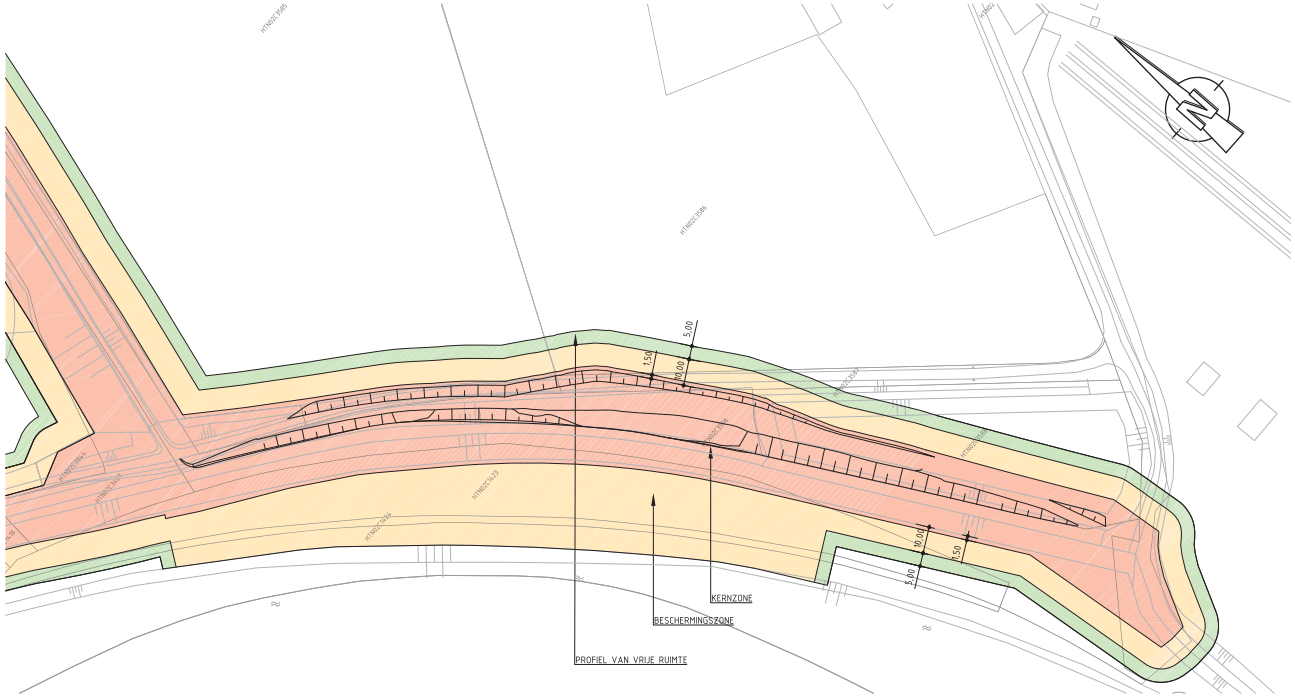
CAD TEK: P:\S\STD\STD88-1\cad\2000\STD88-1-2016 - Merum - grondgebonden.dwg

BIJLAGE XVII TEKENING ZONERING LEGGER



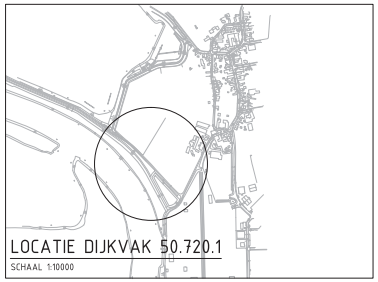
BOVENAANZICHT: LEGGERZONERING HUIDIGE SITUATIE

SCHAAL 1:1000



BOVENAANZICHT: LEGGERZONERING NIEUWE SITUATIE

SCHAAL 1:1000



LOCATIE DIJKVAK 50.720.1

SCHAAL 1:10000

LEGENDA:

- KERNZONE
- BESCHERMINGSZONE
- PROFIEL VAN VRIJE RUIMTE

OPMERKINGEN:

MATEN IN METERS

0m 25m 50m

SCHAAL 1:1000

WATERSCHAP ROER EN OVERMAAS
SLUITSTUKKADEN MAAS

Dijkring 77: Merum - Solvay
Dijkvak 50.720.1
Definitief Ontwerp: Zonering legger

Witteveen + Bos
Postbus 233
7400 AE Deventer
Telefoon 0570 69 39 11
Telefax 0570 69 39 44

Getekend	ing. L. de Gier
Gecontroleerd	ir. E. Kaspers
Goedgekeurd	ir. S.T. Pwa
Datum	27-09-13

G
F
E
D
C
B
A
Wijzigingen

Schaal	1:1000
	STD88-1-2015
Formaat	A1

CAD TEK: P:\S\STD\STD88-1\cad\2000\STD88-1-2015 - Merum - legger.dwg