

ONTWERPNOTITIE

DO-MMU-ENG-0326-5

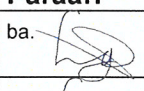
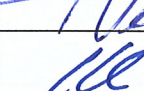
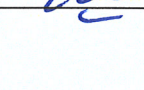
Aan: Leendert den Herder
Francois Verhoeven
Kopie: Wilma van Heugten

Project: Hoogwaterbrug en dijklichamen Maasband
Titel: Definitief ontwerp dijklichamen
Referentie: DO-MMU-ENG-0326-5
Versie: 5
Status: Definitief
Datum: 26-03-2019

Revisie geschiedenis

Revisie	Datum:	Opgesteld door:	Wijzigingen:
A	27-03-2017	D.A.A.N. Vermeij P. van den Akker	n.v.t.
1	01-05-2017	P. van den Akker	Opmerkingen WL uit overleg 19-04-2017 verwerkt.
2	10-11-2017	P. van den Akker	Opmerkingen WL (mail 27-07-2017) verwerkt.
3	18-05-2018	P. van den Akker	VO → DO: opmerkingen WL 30-11-2017 verwerkt en uitbreiding van notitie en ontwerptekeningen
4	06-08-2018	P. van den Akker	Opmerkingen WL (e-mail 15-06-2018) verwerkt
5	26-03-2019	L. de Gier	Tekst par. 4.1 geüpdatet n.a.v. opmerking WL. Aanleghoogte toegevoegd in par. 6.1 en op ontwerptekeningen.

Controle status

	Naam:	Datum:	Paraaf:
Opgesteld:	P. van den Akker	27-03-2019	ba. 
Tweede lezer:	L. de Gier	27-03-2019	
Geaccordeerd:	F. Verhoeven	20/3/19	
Vrijgave:	C.P.J. van der Veeke	29-03-19	

INHOUD	blz.
1 INLEIDING	1
1.1 Aanleiding	1
1.2 Doel notitie	1
1.2.1 Ontwerpnormen primaire waterkeringen	1
1.3 Leeswijzer	2
2 ONTWERP VAN DE DIJKLICHAMEN OP BASIS VAN DE OUDE NORMEN	3
2.1 Uitgangspunten	3
2.1.1 Ontwerpwaterstand	3
2.1.2 Dijkvakken / rekenprofielen	3
2.1.3 Maaiveldhoogte	4
2.1.4 Bodemopbouw	4
2.1.5 Schematisatie rekenprofielen	5
2.1.6 Volumiek gewicht	5
2.2 Ontwerpberekeningen	5
2.2.1 Kruinhoogte (HT)	5
2.2.2 Stabiliteit binnentalud (STBI)	6
2.2.3 Macro stabiliteit buitendijks (STBU)	6
2.2.4 Stabiliteit piping en heave (STPH)	7
2.2.5 Stabiliteit voorland (STVL)	7
2.2.6 Micro stabiliteit (STMI)	9
2.2.7 Stabiliteit bekleding (STBK)	9
3 CONSEQUENTIES VAN DE NIEUWE NORMEN OP HET ONTWERP VAN DE DIJKLICHAMEN	11
3.1 Beheerplan waterkeringen 2017-2022	11
3.2 Verschillen tussen de oude normering en nieuwe normering	11
3.2.1 Algemene verschillen	11
3.2.2 Hydraulische randvoorwaarden	12
3.3 Wijziging van de ontwerpwaterstand	13
3.4 Consequentie analyse o.b.v. ondergrens 2050	13
3.4.1 Hoogte (HT)	13
3.4.2 Stabiliteit binnentalud (STBI)	15
3.4.3 Stabiliteit buitentalud (STBU)	17
3.4.4 Piping en heave (STPH)	18
3.4.5 Stabiliteit voorland (STVL)	20
3.4.6 Micro stabiliteit (STMI)	20
3.4.7 Stabiliteit bekleding (STBK)	21
3.5 Consequentie analyse o.b.v. signaleringswaarde 2035	21
3.5.1 Hoogte (HT)	22
3.5.2 Stabiliteit binnenwaarts (STBI)	22
3.5.3 Piping en heave (STPH)	23
4 STABILITEIT TOERITTEN HOOGWATERBRUG	25
4.1 Kruinhoogte dijklichaam onder toeritten	25
4.2 Opbouw toeritten	25
4.3 Berekeningsresultaten	25
5 OVERIGE ONTWERPVRAAGSTUKKEN	26
5.1 Bomen	26
5.2 Kabels en leidingen	26
5.2.1 Air Liquide leiding (LAL-leiding)	26
5.2.2 Overige kabels en leidingen	27
5.3 Voorland van de Westdijk	28
5.4 Verharding op de kruin	28
5.4.1 Fietspad	28
5.4.2 Onderhoudspad	29
5.4.3 Aansluiting van de dijklichamen op de toeritten naar de hoogwaterbrug	29

5.4.4	Werkweg L'Ortye	29
6	CONCLUSIE EN AANDACHTSPUNTEN	30
6.1	Dimensies en eigenschappen dijklichamen op basis van de oude normering	30
6.2	Consequenties van de nieuwe normering	30
6.2.1	(aanleg) kruinhoogte in dijkvak 1	31
6.2.2	Piping en heave in dijkvak 3	31
6.3	Toeritten hoogwaterbrug	31
6.4	Overige ontwerpvragestukken	32
6.5	Aandachtspunten voor de verdere uitwerking en de uitvoeringsfase	32
6.5.1	Werkweg L'Ortye	32
6.5.2	Verdichting van het dijklichaam	32
6.5.3	Uitwerken kraanmodellen	32
	REFERENTIES	34

BIJLAGEN

1. Grondonderzoek
2. Berekeningen STBI (oude normering)
3. Berekeningen STBU (oude normering)
4. 2D ontwerpwaterstanden in hoogwatergeul
5. Berekeningen STPH (oude normering)
6. Hydraulische randvoorwaarden (nieuwe normering)
7. Berekeningen STBI (nieuwe normering)
8. Gevoeligheidsanalyse berekeningen STBI (nieuwe normering)
9. Berekeningen STBU (nieuwe normering)
10. Gevoeligheidsanalyse berekeningen STBU (nieuwe normering)
11. Helpdeskwater vraag piping en heave
12. Berekeningen STPH (nieuwe normering)
13. Berekeningen STBI (nieuwe normering, signaleringswaarde)
14. Berekeningen STPH (nieuwe normering, signaleringswaarde)
15. Verwekingszone Air Liquide leiding
16. Ontwerptekeningen

FIGUREN

Figuur 1.1: Overzicht (indicatief)	1
Figuur 2.1: Indeling van de dijkvakken	4
Figuur 2.2: Glijcirkel voorland	8
Figuur 2.3: Stroomsnelheden in de hoogwatergeul	9
Figuur 4.1: Maatgevende glijcirkel toeritten	26
Figuur 5.1: Glijcirkel dijkvak 3 (met ontgrondingskuil)	27
Figuur 5.2: Schematische weergaven van de kabel en leidingen tracés	28
Figuur 5.3: Opbouw van het fietspad op de Oostdijk	28
Figuur 5.4: Opbouw van het onderhoudspad op de Westdijk	29
Figuur 6.1: Dimensies en opbouw dijken conform oude normen	30
Figuur 6.2: Principe pipingberm t.b.v. nieuwe normering	31

TABELLEN

Tabel 2.1: Indeling van de dijkvakken	3
Tabel 2.2: Maatgevende maaiveldhoogtes	4
Tabel 2.3: Gebruikte rekenprofielen	5
Tabel 2.4: Opbarstveiligheid en rekenmethode	6
Tabel 2.5: Benodigde bermlengtes	6
Tabel 2.6: Buitenwaartse stabiliteit	7
Tabel 2.7: Resultaten pipinganalyse	7
Tabel 2.8: Resultaten pipinganalyse met maatwerkoplossing	7
Tabel 2.9: Eigenschappen van het voorland	8
Tabel 3.1: Gehanteerde faalkansruimte van de verschillende faalmechanismen bij dijken	12
Tabel 3.2: Overzicht dijktrajecten [Bijlage II en III uit de Waterwet]	12
Tabel 3.3: Ontwerppeil bij de oude en nieuwe norm	13

Tabel 3.4: Benodigde kruinhoogte bij de oude en nieuwe norm (1 l/s/m) voor zichtjaar 2050 ...	14
Tabel 3.5: Vergelijking kruinhoogtes bij overslagdebieten van 1 l/s/m en 5 l/s/m.....	14
Tabel 3.6: Resultaten van de opbarst berekeningen	15
Tabel 3.7: Factoren om de benodigde veiligheidsfactor te bepalen	16
Tabel 3.8: Gebruikte grondparameters in het D-Geo Stability model	16
Tabel 3.9: Standaard WBI-SOS waarden en eigenschappen van de Leemlagen (SH Macrostabiliteit, Bijlage C).....	16
Tabel 3.10: Resultaten van de toets op stabiliteit binnenwaarts.....	17
Tabel 3.11: Resultaten van de toets op stabiliteit binnenwaarts met c-phi model	17
Tabel 3.12 Berekening van de veiligheidsfactoren voor stabiliteit buitenwaarts	18
Tabel 3.13 Resultaten van de toets op stabiliteit buitenwaarts	18
Tabel 3.14 Resultaten van de toets op stabiliteit buitenwaarts met c-phi model	18
Tabel 3.15: Uitgangspunten piping en heave.....	19
Tabel 3.16: Resultaten berekeningen piping en heave	20
Tabel 3.17: Aanvullende resultaten berekeningen piping en heave	20
Tabel 3.18: Benodigde kruinhoogte bij de oude en nieuwe norm voor 2035.....	22
Tabel 3.19: Vergelijking kruinhoogtes bij overslagdebieten van 1 l/s/m en 5 l/s/m.....	22
Tabel 3.20: Resultaten van de toets op stabiliteit binnenwaarts.....	22
Tabel 3.21: Resultaten berekeningen piping en heave.....	23
Tabel 3.22: Aanvullende resultaten berekeningen piping en heave	23
Tabel 3.23: Benodigde maaiveldophoging.....	23
Tabel 4.1: Representatieve waarden geotechnische parameters.....	25
Tabel 4.2: Rekenwaarden geotechnische parameters	25
Tabel 6.1: Samenvatting berekeningsresultaten.....	30

1 INLEIDING

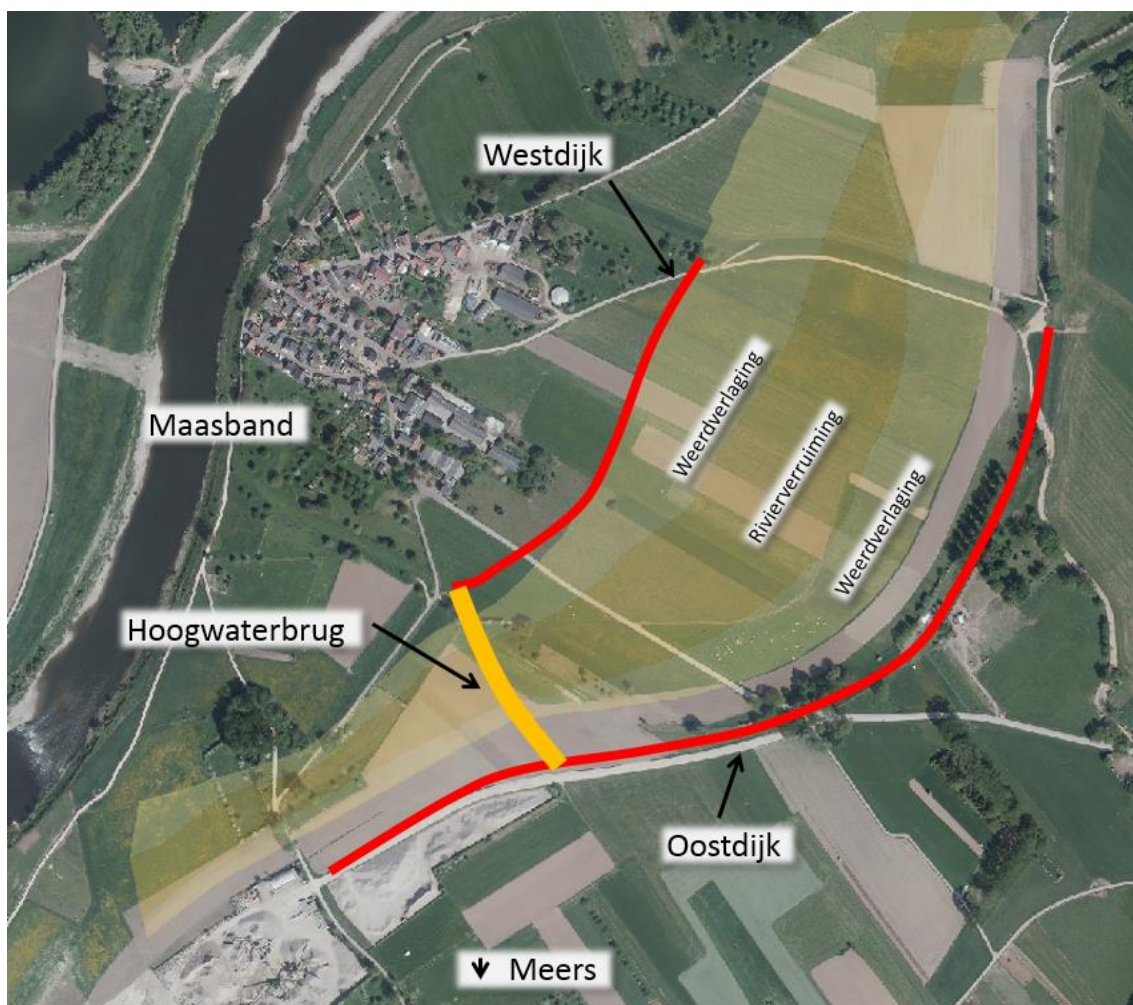
1.1 Aanleiding

Tussen de dorpskernen van Maasband en Meers wordt, in het kader van het Grensmaas project een hoogwatergeul gerealiseerd. Langs de hoogwatergeul worden twee nieuwe dijken aangelegd; De Oostdijk en de Westdijk. Om het dorp Maasband ook bij hoge waterstanden bereikbaar te houden wordt er een hoogwaterbrug gerealiseerd.

De locatie van de hoogwatergeul, de dijken en de hoogwaterbrug zijn indicatief weergegeven op onderstaand figuur.

1.2 Doel notitie

Deze notitie beschrijft het definitieve ontwerp (DO) van de toekomstige dijklichamen langs de hoogwatergeul; de Oostdijk en de Westdijk. Daarnaast wordt het ontwerp beschreven van de toeritten naar de hoogwaterbrug. Deze toeritten komen als extra aanvulling/ophoging bovenop de dijken te liggen.



Figuur 1.1: Overzicht (indicatief)

1.2.1 Ontwerpnormen primaire waterkeringen

Consortium Grensmaas (CG) heeft in de periode van 2011 tot 2016 dijkversterkingen en nieuwe dijklichamen ontworpen met de normen en richtlijnen die in deze periode vigerend waren. Vanaf nu te noemen: 'oude normen'. Sinds 1 januari 2017 is echter de

nieuwe Waterwet van kracht en zijn er nieuwe normen en richtlijnen voor de beoordeling (WBI2017) en het ontwerp (OI2014v4) van primaire waterkeringen. Vanaf nu te noemen: 'nieuwe normen'.

In deze notitie zijn de dimensies en de overige eigenschappen van de dijklichamen in eerste instantie bepaald op basis van de oude normen. Op deze manier is het ontwerp uniform aan de overige dijkversterkingen, die in het kader van het Grensmaasproject, langs de Grensmaas, en direct aansluitend op dit dijktraject, zijn gerealiseerd.

In verband met de invoering van de nieuwe Waterwet zijn de consequenties van de nieuwe normen onderzocht. Hiervoor is gebruikt gemaakt van het Ontwerp Instrumentarium (OI2014v4 [ref. 1]) en het beheerplan waterkeringen 2017-2022 [ref. 2] van Waterschap Limburg. Onderdeel van dit beheerplan zijn de beleidsregels voor het ontwerp.

1.3 Leeswijzer

In hoofdstuk 2 zijn de dimensies en de eigenschappen van de dijken vastgesteld aan de hand van berekeningen met de oude normering. In dit hoofdstuk zijn ook de aangehouden uitgangspunten benoemd op basis van de oude normering. Hoofdstuk 3 begint met een korte toelichting op de verschillen tussen de oude- en de nieuwe normen. Daarna zijn de consequenties van de nieuwe normen op de dimensies en de eigenschappen onderzocht.

In Hoofdstuk 4 wordt ingegaan op de stabiliteit, de dimensies en de eigenschappen van de grondlichamen van de toeritten richting de hoogwaterbrug. Hoofdstuk 5 gaat in op overige ontwerpvragestukken, zoals de opbouw van het fietspad, de aanwezigheid van bomen en de ligging van kabels en leidingen. Tot slot geeft hoofdstuk 6 een samenvattende beschrijving van het ontwerp en de aandachtspunten voor de uitvoeringsfase.

2 ONTWERP VAN DE DIJKLICHAMEN OP BASIS VAN DE OUDE NORMEN

In dit hoofdstuk is het ontwerp (dimensies en eigenschappen) van de dijklichamen gepresenteerd conform de eisen uit de oude normen.

2.1 Uitgangspunten

Voor het ontwerp met de oude normen zijn de uitgangspunten gehanteerd zoals beschreven in de Nota van uitgangspunten dijkversterking [ref. 3]. Dit zijn de uitgangspunten die zijn gehanteerd voor de ontwerpen van de verhogingen en versterkingen van de bestaande dijken, die in 2017 zijn gerealiseerd.

In deze paragraaf is ingegaan op de uitgangspunten die specifiek gelden voor de nieuw te realiseren Oostdijk en Westdijk nabij Maasband:

- de ontwerpwaterstand;
- de hoogteligging van het bestaande maaiveld;
- de bodemopbouw;
- het volumiek gewicht.

2.1.1 Ontwerpwaterstand

De maximale waterstand met een overschrijdingskans van 1/250 jaar is bepaald op NAP +38,0 m. Deze waterstand is als volgt tot stand gekomen:

- Waterstand van NAP +37,89 m conform het Ontwerpkader nog aan te leggen Maaskaden [ref. 4];
- Toeslag van 0,03 m i.v.m. ontwerpwijzigingen aan het grensmaas project in Urmond en Itteren [ref. 5];
- Afronding naar boven, op hele decimeters.

In de stabiliteitsberekeningen is rekening gehouden met een toekomstige ontwerpwaterstand die 0,3 meter hoger ligt [ref. 3] zodat de dijk in de toekomst eenvoudig kan worden opgehoogd. De waterstand bij de stabiliteitsberekeningen komt hiermee op NAP +38,3 m.

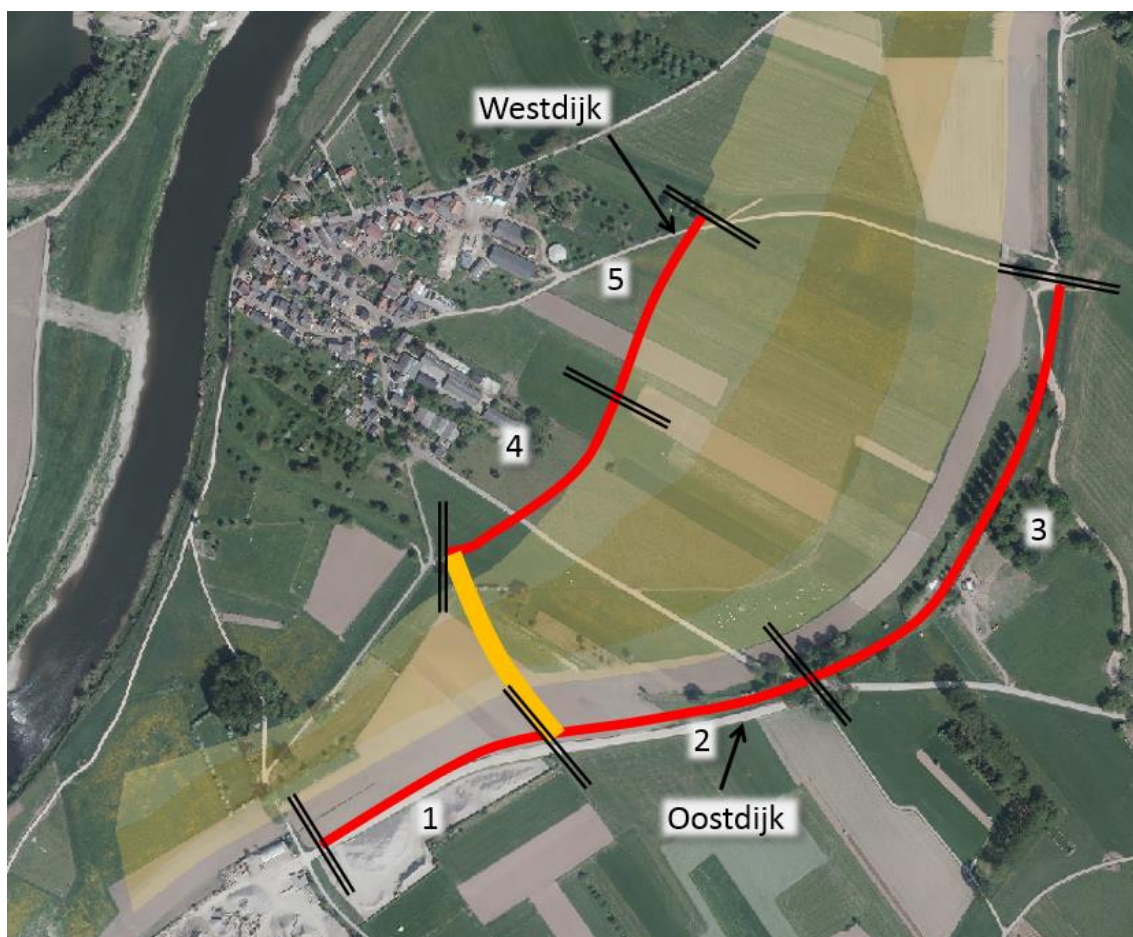
2.1.2 Dijkvakken / rekenprofielen

Vanwege het (geringe) verschil in de geometrie van het bestaande maaiveld en in de bodemopbouw (zie §2.1.3 en §2.1.4) in het gebied worden er in totaal 5 dijkvakken onderscheiden. De dijken zijn opgedeeld op basis van de hoogte van het bestaande maaiveld ter plaatse van de binnentoe van de dijk en de toekomstige functies van de dijk.

Tabel 2.1: Indeling van de dijkvakken

Dijk	Dijkvak	Functie(s)
Oostdijk	1	Dijklichaam met fietspad op de kruin
	2	Dijklichaam met fietspad op de kruin, gecombineerd met een openbare weg langs de binnenzijde van de dijk
	3	Dijklichaam met fietspad op de kruin
Westdijk	4	Dijklichaam
	5	Dijklichaam

In Figuur 2.1 is weergegeven waar de splitsing is gemaakt.



Figuur 2.1: Indeling van de dijkvakken

2.1.3 Maaiveldhoogte

Per dijkvak is de maatgevende maaiveldhoogte vastgesteld met behulp van de nulmeting van PS Survey [ref. 6].

Tabel 2.2: Maatgevende maaiveldhoogtes

Dijk	Dijkvak	Minimale maaiveldhoogte [m +NAP]
Oostdijk	1	37,0
	2	36,8
	3	35,5 ¹
Westdijk	4	36,8
	5	36,1

¹ Voor dijkvak 3 wordt opgemerkt dat op diverse plekken in het maaiveld diepe kuilen (ca. 1 meter) aanwezig zijn. Indien deze kuilen niet worden opgevuld door de aanleg van het nieuwe dijklichaam dienen deze aanvullend aan het dijkprofiel te worden opgehoogd tot minimaal NAP +35,5.

2.1.4 Bodemopbouw

Er is door Milieutechnisch Adviesbureau Heel (MAH) grondonderzoek uitgevoerd ter plaatse van de nieuwe dijklichamen. De boringen zijn voornamelijk uitgevoerd ter plaatse van de binnenteen van de dijk, omdat de dikte van de deklaag op deze locatie maatgevend is voor de stabiliteitsberekeningen. De onderzoeksresultaten zijn opgenomen bijlage 1.

2.1.5 Schematisatie rekenprofielen

Als conservatie aanname wordt per dijkvak gerekend met de meest ongunstige combinatie van maaiveldhoogte en deklaagdikte. Dit betekent dat de minimale maaiveldhoogte wordt gecombineerd met de dunste deklaag voor de berekeningen van piping en heave (STPH). Voor de berekeningen van de macrostabiliteit (STBI en STBU) wordt de dikste deklaag gebruikt. Indien geen opbarsten plaatsvindt bij deze dikte, is de dikte teruggebracht tot een dikte waarbij de opbarstveiligheid kleiner is dan 1,1, tenzij het dijkvak ook niet opbarst bij de dunst aangetroffen deklaag in het betreffende dijkvak.

De minimaal en maximaal aangetroffen deklaagdiktes per dijkvak zijn gegeven in Tabel 2.3.

Tabel 2.3: Gebruikte rekenprofielen

Dijk	Dijkvak	Boringnummers	Maaiveld [m + NAP]	Dunste deklaag [m]	Dikste deklaag [m]
Oostdijk	1	11 t/m 14	37,0	3,5	4,3
	2	15 t/m 20	36,8	2,0	4,2
	3	1 t/m 10	35,5	1,8	3,5
Westdijk	4	21 t/m 24	36,8	2,5	3,0
	5	25 t/m 28	36,1	2,0	3,2

¹ Dit is de dikste aanwezige deklaag waarbij wel opbarsten optreedt.

2.1.6 Volumiek gewicht

De nota van Uitgangspunten [ref. 3] gaat er van uit dat de dijken worden opgebouwd met klei (benaming: Leem, Löss) met een droog volumiek gewicht van 18,0 kN/m³ en een nat volumiek gewicht van 19,0 kN/m³.

Tijdens de versterking van de waterkeringen in 2017 zijn aanvullende onderzoeken gedaan en hieruit is gebleken dat het droge volumieke gewicht lager uitvalt (gemiddeld 15,2 kN/m³). Het natte volumieke gewicht komt nagenoeg overeen (gemiddeld 19,0 kN/m³). Op basis van dit onderzoek is het droge volumiek gewicht bijgesteld naar 14,7 kN/m³. Dit is het karakteristiek gemiddelde [zie ref. 7].

2.2 Ontwerpberekeningen

Primaire waterkeringen worden ontworpen aan de hand van de volgende faalmechanismen:

- Hoogte (HT);
- Macrostabiliteit binnentalud (STBI);
- Macrostabiliteit buitentalud (STBU);
- Piping en heave (STPH);
- Stabiliteit voorland (STVL);
- Microstabiliteit (STMI);
- Stabiliteit bekleding (STBK).

In deze paragraaf is per faalmechanisme de rekenmethode toegelicht en de berekeningsresultaten weergegeven op basis van de oude normen.

2.2.1 Kruinhoogte (HT)

In het ontwerp is rekening gehouden met een vaste waakhogte van 0,5 meter [ref. 3]. De kruinhoogte is daarmee NAP +38,5 m.

Kruinbreedte

De kruin krijgt een breedte van 5,8 m. Hiermee wordt rekening gehouden met een toekomstige kruinophoging van 0,3 m met taluds van 1:3 (zie §2.1.1).

2.2.2 Stabiliteit binnentalud (STBI)

Opbarstveiligheid

Afhankelijk van de opbarstveiligheid van het achterland wordt één van de volgende rekenmethodes toegepast [ref. 3]:

- Bishop;
- Uplift Van;
- Bishop met reductie van de sterkteparameters in de opbarstzone.

In Tabel 2.4 is weergegeven wat de opbarstveiligheid is en welke rekenmethode is toegepast.

Tabel 2.4: Opbarstveiligheid en rekenmethode

Dijk	Dijkvak	Waterstand [m+NAP]	Maaiveld binnenzijde [m+NAP]	Ditke deklaag [m]	Opbarst veiligheid [-]	Rekenmethode
Oostdijk	1	38,3	37,0	4,3	2,98	Bishop
	2	38,3	36,8	4,2	2,52	Bishop
	3	38,3	35,5	3,4 ¹	1,09	Bishop + reductie
Westdijk	4	38,3	36,8	3,0	1,80	Bishop
	5	38,3	36,1	2,6 ¹	1,06	Bishop + reductie

¹ Dit is de dikste aanwezige deklaag waarbij wel opbarsten optreedt.

In de dijkvakken waar opbarsten plaats kan vinden zijn ter controle ook berekeningen uitgevoerd met de methode Uplift Van.

Berekeningsresultaat

De binnenwaartse macrostabiliteit is berekend met behulp van de computersoftware D-Geo Stability van Deltares. De resultaten van de berekeningen zijn gegeven in Tabel 2.5. De maatgevende glijcirkels zijn opgenomen in bijlage 2.

Tabel 2.5: Benodigde berm lengtes

Dijk	Dijkvak	Bishop		Uplift Van	bermhoogte [m+NAP]	benodigde bermlengte [m]
		veiligheids- factor zone 1 ¹ [-]	veiligheidsfa- ctor zone 2 ² [-]			
Oostdijk	1	1,27	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
	2	1,33	n.v.t.	n.v.t.	37,0	4
	3	1,64	1,18	1,51	37,0	12
Westdijk	4	1,32	n.v.t.	n.v.t.	37,0	4
	5	1,35	1,11	1,21	37,0	7

¹ norm = 1,14

² norm = 1,07

³ norm = 1,20

2.2.3 Macrostabiliteit buitendijks (STBU)

De buitenwaartse macrostabiliteit is berekend met behulp van de computersoftware D-Geo Stability van Deltares. In Tabel 2.6 is de veiligheidsfactor van het buitentalud weergegeven. De maatgevende glijcirkels zijn opgenomen in bijlage 3.

Tabel 2.6: Buitenwaartse stabiliteit

Dijk	Dijkvak	gehanteerd talud	veiligheidsfactor ¹ [-]
Oostdijk	1	1:3	1,23
	2	1:3	1,19
	3	1:3	1,08 ²
Westdijk	4	1:3	1,20
	5	1:3	1,10

¹ norm = 1,07² in deze berekening is de sterkte van de bekleding op het buitentalud (klei, rivierafzetting) meegenomen

2.2.4 Stabiliteit piping en heave (STPH)

De benodigde kwelweglengte is berekend met de methode Bligh met een creepfactor van 22 [ref. 3]. De aanwezige kwelweglengte is gelijk genomen aan de afstand tussen de binnen- en buitenteen, inclusief een beschermingszone in het voorland van 10 meter.

Zoals aangegeven in §2.1.5 is de dunst aanwezige deklaag in het betreffende dijkvak gebruikt voor de berekeningen. De resultaten van de pipinganalyse zijn weergegeven in Tabel 2.7.

Tabel 2.7: Resultaten pipinganalyse

Dijk	Dijkvak	Afstand teen-teen [m]	beschermings- zone voorland ¹ [m]	benodigde lengte [m]	kwelwegtekort [m]
Oostdijk	1	14,2	10	n.v.t. ²	-
	2	18,8	10	n.v.t. ²	-
	3	33,4	10	49,7	6,4
Westdijk	4	18,8	10	n.v.t. ²	-
	5	25,6	10	35,2	-

¹ in alle gevallen is de beschermingszone in rekening gebracht, aangezien alle boringen uit bijlage 1 minimaal een 1,8 meter dikke deklaag tonen.² er is geen sprake van opbarsten, en dus geen sprake van piping

Maatwerkoplossing

Uit Tabel 2.7 blijkt dat de aanwezige kwelweglengte in dijkvak 3 te kort is. Om deze reden wordt er voor dit dijkvak gerekend met een 'maatwerkoplossing'. Dit wil zeggen dat er wordt gerekend met de lokale waterstand tegen het dijklichaam, in plaats van de waterstand op de as van de rivier op het bovenstroomse rivierkilometerpunt.

Op basis van de 2D ontwerpwaterstanden in de hoogwatergeul (bijlage 4) wordt bij dijkvak 3 een waterstand gehanteerd van NAP +37,6 m in plaats van NAP +38,0. Inclusief de toeslag van 0,3 m (zie §2.1.1) is de ontwerpwaterstand NAP +37,9 m. Uit onderstaande tabel blijkt dat bij toepassing van de maatwerkoplossing geen maatregel tegen piping benodigd is.

Tabel 2.8: Resultaten pipinganalyse met maatwerkoplossing

Dijk	Dijkvak	Afstand teen-teen [m]	beschermings- zone voorland [m]	benodigde lengte [m]	kwelwegtekort [m]
Oostdijk	3	33,4	10	40,9	0,0

De pipingberekeningen zijn opgenomen in bijlage 5.

2.2.5 Stabiliteit voorland (STVL)

De beoordeling van de stabiliteit van het voorland bestaat uit een toetsing op zettingsvloeiing en een toetsing op afschuiven. Daarnaast wordt in deze paragraaf

ingegaan op de stroomsnelheden in de hoogwatergeul in relatie tot (mogelijke) erosie van de oevers.

In de onderstaande tabel is de lengte van het voorland en de taludhelling van de hoogwatergeul opgenomen.

Tabel 2.9: Eigenschappen van het voorland

Dijk	Dijkvak	Lengte voorland [m]	Taludhelling [-]
Oostdijk	1	35 ¹	1:3
	2	40	1:3
	3	35	1:4,5
Westdijk	4	12	1:3
	5	12	1:5

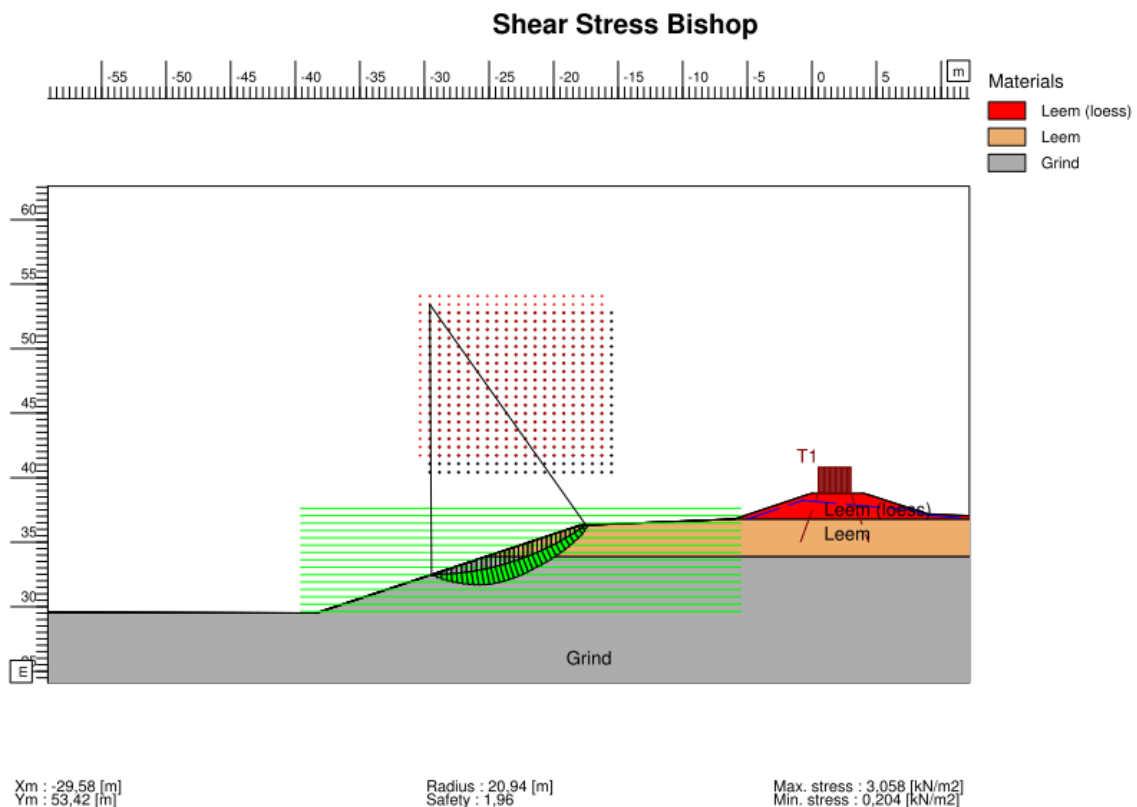
¹ De lengte van het voorland is gebaseerd op de ontwerptekening in bijlage 16. In dit dijkvak is er ook een locatie met een minder groot voorland, maar hier is het grondlichaam extra robuust uitgevoerd t.b.v. de oprit naar de hoogwaterbrug.

Zettingsvloeiing

Zettingsvloeiing kan worden uitgesloten omdat de ondergrond bestaat uit een cohesieve deklaag en grind. Deze grondsoorten zijn niet verwekingsgevoelig. Daarnaast liggen de dijken buiten het getijdengebied.

Afschuiving

Ten behoeve van de afschuiving van het voorland is één representatieve berekening uitgevoerd. De bodem van de rivierverruiming is geschematiseerd op NAP +29,5 m, het voorland heeft een lengte van 12 meter en het talud van de rivierverruiming heeft een helling van maximaal 1:3. Uit de berekening blijkt dat de veiligheidsfactor (1,96) bij deze taludhelling ruim voldoet.

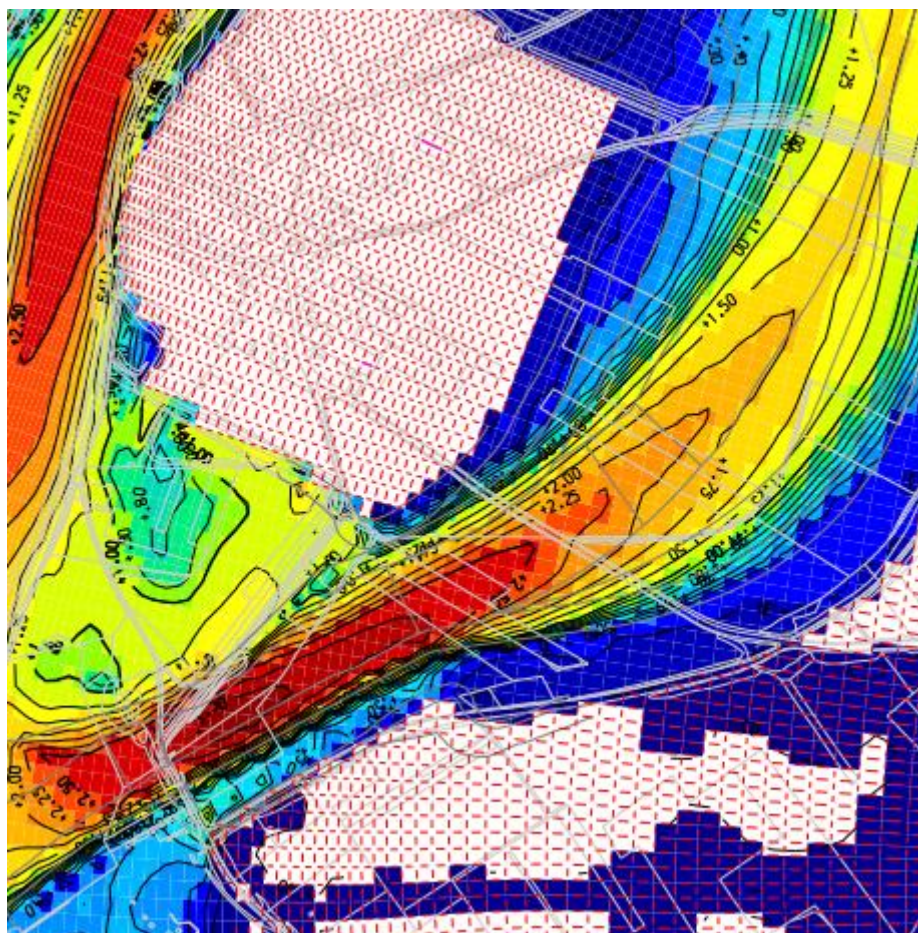


Figuur 2.2: Glijcirkel voorland

Erosie

In Figuur 2.3 zijn de maximale stroomsnelheden in de hoogwatergeul afgebeeld. Ter plaatse van dijkvakken 2 t/m 5 zijn de stroomsnelheden op de oevers van de hoogwatergeul dusdanig klein ($< 1,0$ m/s) dat er geen bestorting dient te worden aangebracht.

Ter plaatse van dijkvak 1 (zie figuur 2.1 voor de dijkvakindeling) en de landhoofden van de brug zijn de stroomsnelheden hoger. In de verdere uitwerking van het ontwerp van de hoogwatergeul en hoogwaterbrug zullen hier, indien nodig, in overleg met Rijkswaterstaat Maaswerken maatregelen worden getroffen tegen erosie.



Figuur 2.3: Stroomsnelheden in de hoogwatergeul

2.2.6 Microstabiliteit (STMI)

Het dijklichaam wordt volledig opgebouwd uit leem/klei. Microstabiliteit is daarom geen relevant faalmechanisme.

2.2.7 Stabiliteit bekleding (STBK)

Buitenland

Op het buitentalud wordt een erosiebestendige bekleding aangebracht conform het Addendum bij de Leidraad Rivieren.

De onderlaag heeft een dikte van minimaal 0,8 meter ter plaatse van de kruin en deze loopt wigvormig, onder een talud van 1:2, naar het maaiveld. De top laag heeft een dikte van 0,3 meter. Door het verwijderen van de bestaande leeflaag wordt de bekleding 0,3 meter ingekast. Voor de top laag wordt gebruik gemaakt van de

vrijgekomen leeflaag en voor de onderlaag wordt klei met erosiebestendigheidsklasse 2 gebruikt.

Kruin en binnentalud

Op de kruin, het binnentalud en op de steunberm wordt een 0,5 m dikke erosiebestendige bekleding (klei cat. 2) aangebracht. De vrijgekomen leeflaag wordt hier weer bovenop geplaatst (0,3 m dik).

3 CONSEQUENTIES VAN DE NIEUWE NORMEN OP HET ONTWERP VAN DE DIJKLICHAMEN

Sinds 1 januari 2017 is de nieuwe Waterwet van kracht gegaan en zijn er nieuwe normen en richtlijnen voor de beoordeling (WBI2017) en het ontwerp (OI2014v4) van primaire waterkeringen.

In verband met de invoering van de nieuwe Waterwet worden in dit hoofdstuk de consequenties van de nieuwe normen onderzocht met behulp van het Ontwerp Instrumentarium (OI2014v4 [ref. 1]) en het beheerplan waterkeringen 2017-2022 [ref. 2] van Waterschap Limburg. Onderdeel van dit beheerplan zijn de beleidsregels voor het ontwerp.

3.1 Beheerplan waterkeringen 2017-2022

Het beheerplan waterkeringen 2017-2022 [ref. 2] van Waterschap Limburg is op 12 juli 2017 vastgesteld. De uitgangspunten die in dit hoofdstuk zijn gehanteerd sluiten op dit beheerplan aan. Onder andere door rekening te houden met:

- Ontwerp conform het meest actuele ontwerpinstrumentarium [ref. 1];
- Een sober en doelmatig ontwerp;
- Toekomstige onderhouds- en beheeraspecten betrekken;
- Een ontwerplevensduur van 50 jaar voor de groene waterkeringen en een ontwerplevensduur van 100 jaar voor constructies;
- Streven naar groene waterkeringen zonder constructies en zo min mogelijk demontabele keringen en coupures;
- In beginsel, rekenen met de standaard faalkansverdeling zoals is opgenomen in het ontwerpinstrumentarium;
- Eisen aan het maximaal toelaatbare overslagdebiet voor mogelijke inspectie tijdens hoogwater;
- Een ontwerpnorm conform de wettelijke normering.

Bovenstaande punten komen terug in onderstaande paragrafen.

3.2 Verschillen tussen de oude normering en nieuwe normering

3.2.1 Algemene verschillen

De oude normen gaan uit van een **overschrijdingskans** van een bepaalde waterstand. Dit betekent dat een dijkkring in staat moet zijn een waterstand met een vooraf bepaalde terugkeertijd veilig te kunnen keren. De norm gold voor een dijkkring en gaf eisen op dijkvakniveau.

De nieuwe normen gaan uit van een maximaal toelaatbare **faalkans**. Dit is een kans waarbij de waterkering mag falen. Hierin is dus direct de sterkte van de waterkering verwerkt. De dijk wordt ontworpen op basis van verschillende faalmechanismen, met ieder een aandeel in de totale faalkans. Zo kan worden aangetoond dat de dijk veilig is ontworpen. De norm is afgeleid voor een dijktraject en geeft hiervoor de eisen.

Door het verschil in uitdrukking van de norm in overschrijdingskans en faalkans is niet direct te zeggen of de oude norm (bijv. 1/250 per jaar) strenger of soepeler is dan de nieuwe norm (bijv. 1/300 per jaar). Dit komt deels door de vertaling van norm op trajectniveau naar doorsnede-eis. Hiervoor zijn twee belangrijke termen van invloed: de **faalkansruimte** en de **lengte-effect-factor**. Met de faalkansruimte wordt een overstromingskansnorm verdeeld over verschillende faalmechanismen. De faalkansruimte wordt gebruikt voor het stellen van faalkanseisen aan verschillende faalmechanismen. Als startwaarde is gebruik gemaakt van de

standaardfaalkansbegroting conform het beheerplan [ref. 2]. Bijvoorbeeld een faalkansruimtefactor van 0,24 voor piping.

Tabel 3.1: Gehanteerde faalkansruimte van de verschillende faalmechanismen bij dijken

Faalmechanisme	Faalkansruimte
Grasbekleding erosie kruin en binnentalud (GEKB)	0,24
Piping (STPH)	0,24
Macrostabiliteit binnenwaarts (STBI)	0,04
Beschadiging bekleding en erosie buitentalud (GEBU)	0,10
Betrouwbaarheid sluiten kunstwerk (BSKW)	0,04
Piping bij kunstwerk (PKW)	0,02
Sterkte en stabiliteit kunstwerk (STKWp)	0,02
Overig	0,30
Totaal	1,00

De lengte-effect-factor vertaalt de faalkans op trajectniveau naar faalkans op doorsnedeniveau. Deze factor verschilt per faalmechanisme. Dit komt terug in de onderstaande paragrafen.

3.2.2 Hydraulische randvoorwaarden

Nieuwe kennis over de hydraulische belastingen heeft geresulteerd in nieuwe wettelijk voorgeschreven hydraulische randvoorwaarden. Deze nieuwe kennis zit in beter inzicht in de hydraulische systemen, betere statistische programma's en fysieke veranderingen zoals Ruimte voor de Rivier (en het Grensmaas project). Ook worden onzekerheden integraal meegenomen in de berekeningen van de hydraulische randvoorwaarden.

Hydraulische randvoorwaarden in de oude normen

In de oude normen zijn het toetspeil en de golfoverslag de belangrijkste ontwerpparameters. Deze waarden zijn afkomstig uit Hydra-R.

Specifiek voor de Grensmaas geldt dat er gerekend moet worden met een waterstand met een overschrijdingskans van **1/250 per jaar**. De te hanteren waterstanden zijn vastgelegd in het 'Ontwerpkader voor nog aan te leggen Maaskades' [ref. 4].

Hydraulische randvoorwaarden in de nieuwe normen

In de nieuwe Waterwet is per dijktraject een ondergrens en een signaleringswaarde van de overstromingskanseis vastgelegd. Voor het ontwerp van een dijktraject wordt de ondergrens gebruikt, dit is de maximaal toelaatbare overstromingskans (MTK). De signaleringswaarde geeft informatie aan beleidsmakers over wanneer een noodmaatregel moet worden ingezet en om investeringen voor de komende 10/20 jaar te plannen. Deze is dus niet (direct) van belang voor het ontwerp.

De hydraulische randvoorwaarden zijn berekend met Hydra-NL voor een warm klimaatscenario (W+) in 2050. In de nieuwe normering maakt de Westdijk (Maasband) onderdeel uit van dijktraject 86-1 en de Oostdijk (Meers) van dijktraject 87-1. Voor de Westdijk geldt een ondergrens van **1/100 per jaar** en voor de Oostdijk is een ondergrens van **1/300 per jaar** vastgesteld, zie Tabel 3.2.

Tabel 3.2: Overzicht dijktrajecten [Bijlage II en III uit de Waterwet]

Dijk	Zijde	Dijktraject	Ondergrens	Signalerings-waarde
Oostdijk	Meers	87-1	1/300	1/1000
Westdijk	Maasband	86-1	1/100	1/300

In bijlage 6 zijn de uitgangspunten voor de afleiding van de hydraulische randvoorwaarden van de nieuwe normering opgenomen.

3.3 Wijziging van de ontwerpwaterstand

De ontwerpwaterstand is voor alle faalmechanismen, behalve voor hoogte (zie §3.4), gelijk aan de waterstand met een overschrijdingskans die getalsmatig gelijk is aan de ondergrens per dijktraject. Hierdoor leidt de nieuwe norm aanvankelijk tot een kleine verhoging van het ontwerppeil voor de Oostdijk (1/300 per jaar i.p.v. 1/250 per jaar) en voor de Westdijk een verlaging (1/100 per jaar i.p.v. 1/250 per jaar).

De nieuwe rekenmethodiek en het meenemen van de hoogwatergeul in de Grensmaas in het model resulteert uiteindelijk echter in een significant lager ontwerppeil dan het ontwerppeil bij de oude norm, zie Tabel 3.3. De ontwerppeilen in de nieuwe norm zijn bepaald met Hydra-NL (met database [ref. 8]).

Tabel 3.3: Ontwerppeil bij de oude en nieuwe norm

Dijk	Dijkvak	Ontwerpwaterstand oude norm [m + NAP]	Ontwerpwaterstand nieuwe norm (ondergrens 2050) [m + NAP]	Verschil met oude norm [m]	Waterstand bij norm (signaleringswaarde 2035) [m + NAP]	Verschil met oude norm [m]
Oostdijk	1	38,0	37,5	0,5	37,8	0,2
	2	38,0	37,2	0,8	37,6	0,4
	3	38,0	37,2	0,8	37,6	0,4
Westdijk	4	38,0	36,6	1,4	37,1	0,9
	5	38,0	36,6	1,4	37,2	0,8

3.4 Consequentie analyse o.b.v. ondergrens 2050

In deze paragraaf worden de berekeningen uit hoofdstuk 2 opnieuw uitgevoerd met de nieuwe rekenregels en de nieuwe hydraulische randvoorwaarden (met een ontwerpwaterstand conform de ondergrens in 2050). De dimensies/geometrie van de dijken is niet aangepast ten opzichte van hoofdstuk 2.

3.4.1 Hoogte (HT)

Een dijk moet voldoende hoog zijn om het water te keren. Het is toelaatbaar om een bepaald debiet over de dijk te laten stromen. Algemeen geldt: hoe kleiner het toelaatbare debiet, hoe groter de benodigde kruinhoogte.

De nieuwe normen gaan niet uit van een te keren waterhoogte, maar van een toelaatbaar overslagdebiet over de dijk. De hoogte van de dijk is daardoor direct afhankelijk van de sterkte van de bekleding van de dijk. Deze bekleding moet het overslagdebiet aan kunnen. Voortschrijdend inzicht op grasbekleding bij dijken heeft aangetoond dat dit type bekleding onder bepaalde voorwaarden sterker is dan in de oude norm werd aangenomen. Voor grasbekledingen (gesloten of open zode) op klei is het kritieke overslagdebiet 1 l/s/m. Hiervoor geldt als aanvullende eis dat een kleilaag van minimaal 0,4 m dikte moet worden aangebracht alsook dat het binnentalud stabiel moet zijn. Aan beiden wordt in het ontwerp voldaan, zie ook §3.4.7.

Voor de kruinhoogtebepaling wordt geen waakhoogte meer toegepast, omdat hiermee een veilige marge wordt geïntroduceerd die feitelijk zou betekenen dat de faalkans kleiner wordt dan strikt genomen is vereist.

Bij de bepaling van de benodigde kruinhoogte wordt afgeweken van de bepaalde ontwerpwaterstand in §3.3 en moet de overschrijdingskans van de rekenwaarde van het kritieke overslagdebiet kleiner zijn dan de getalswaarde van de faalkanseis op doorsnedeniveau. De faalkanseis op doorsnedeniveau bedraagt 1/420 per jaar voor de Westdijk en 1/1.250 per jaar voor de Oostdijk (lengte-effect-factor $N=1$ en een faalkansruimtefactor $\omega = 0,24$) [ref. 9].

De benodigde kruinhoogte wordt vervolgens berekend met Hydra NL (met database [ref. 8]). Middels Hydra-NL is de benodigde kruinhoogte voor de nieuwe norm berekend bij een 1:3 buitentalud.

De benodigde kruinhoogtes bij oude en nieuwe norm staan in Tabel 3.4. Te zien is dat de benodigde kruinhoogte in de nieuwe norm kleiner is dan in de oude norm is bepaald.

Tabel 3.4: Benodigde kruinhoogte bij de oude en nieuwe norm (1 l/s/m) voor zichtjaar 2050

Dijk	Dijkvak	Benodigde kruinhoogte oude norm [m NAP]	Benodigde kruinhoogte nieuwe norm [m NAP]	Verschil [m]
Oostdijk	1	38,5	38,4	0,1
	2	38,5	38,1	0,4
	3	38,5	38,1	0,4
Westdijk	4	38,5	37,6	0,9
	5	38,5	37,4	1,1

Gevoeligheidsanalyse voor overslagdebiet van 5 l/s/m

Om een idee te krijgen van de gevoeligheid van de hoogte van de dijk op het overslagdebiet is tevens gerekend met het kritieke overslagdebiet van 5 l/s/m. Hierbij moet in acht genomen worden dat een verhoging van het debiet weliswaar tot verlaging van de kruin leidt; echter, brengt dit wel extra eisen voor zowel de bekleding, de freatische lijn als de inspecteerbaarheid met zich mee¹. De verhoging van het overslagdebiet werkt dus ongunstig voor de overige faalmechanismen.

Het kruinhoogteverschil t.o.v. een overslagdebiet van 1 l/s/m blijft beperkt (0 tot 0,2 m lager), zie Tabel 3.5.

Tabel 3.5: Vergelijking kruinhoogtes bij overslagdebieten van 1 l/s/m en 5 l/s/m

Dijk	Locatie	Benodigde kruinhoogte nieuwe norm bij 1 l/s/m [m NAP]	Benodigde kruinhoogte nieuwe norm bij 5 l/s/m [m NAP]	Verschil [m]
Oostdijk	1	38,4	38,3	0,1
	2	38,1	38,0	0,1
	3	38,1	38,0	0,1
Westdijk	4	37,6	37,4	0,2
	5	37,4	37,4	0,0

¹ Te denken valt dan aan taludhellingen flauwer dan 1:2,3 (waar aan wordt voldaan), eisen voor eventuele objecten groter dan 0,15 x 0,15 m² op het binnentalud, een hogere grondwaterstand in de macrostabiliteitsberekeningen en het opvangen/afvoeren van het overslaand water bij normsituaties.

3.4.2 Stabiliteit binnentalud (STBI)

Macrostabiliteit van het binnentalud betreft een grootschalige afschuiving van het binnentalud, hetzij door waterdruk tegen de kering en verhoogde waterspanning in de ondergrond, hetzij door infiltratie van het overstromend water bij een combinatie van hoge waterstanden en golfoverslag. Bij een overslagdebiet van 1 l/m/s of kleiner is deze laatste geen risico. Voor een hoge buitenwaterstand en verlaagde schuifspanning vanwege de verhoging van de waterspanning in de ondergrond dient een berekening te worden gemaakt. Bij de berekeningen voor STBI is gelijk aan het faalmechanisme hoogte (HT) een overslagdebiet van 1 l/m/s.

Het verschil in de stabiliteitsberekening, ten opzichte van de oude normen, zit in de volgende elementen:

- Nieuwe veiligheidsfactoren, conform overstromingskansbenadering;
 - Veiligheid opbarsten van 1,1 naar 1,2;
 - Geen materiaalfactoren (= 1,0);
 - Gewijzigde modelfactoren (een hogere factor voor Bishop);
- Nieuw (ongedraineerd) materiaalmodel (CSSM);
- Gewijzigd glijvlakmodel;
- De zoneringsregel is komen te vervallen en is vervangen door alleen glijvlakken te beschouwen die leiden tot falen van de waterkering.

De nieuwe normen en methodieken voor de berekening van macrostabiliteit binnenwaarts resulteren voor de maaskaden over het algemeen in een groter dijklichaam [ref. 10]. Ter plaatse van de hoogwatergeul zorgt het lagere ontwerppeil echter vermoedelijk voor een kleinere opgave voor de stabiliteit binnentalud. Hoe de twee effecten zich tot elkaar verhouden is niet bekend. Daarom is het ontwerp in het kader van deze analyse doorgerekend met ongedraineerde parameters. Omdat hiervoor geen grondonderzoek beschikbaar is, is gewerkt met standaardwaarden voor de grondsterkteparameters. Dit is een conservatief uitgangspunt.

Opbarsten

De minimale vereiste veiligheid tegen opbarsten bij STBI is 1,20. Deze factor is meegenomen in de vereiste bescherming tegen opbarsten, zodat een unity check (UC) kan worden uitgevoerd. Uit de laatste kolom van Tabel 3.6 kan worden afgelezen dat één dijkvak opbarst. Hiervoor is een opbarstzone in D-Geo Stability aan de teen van de binnenberm geschematiseerd. In deze zone is de schuifsterkte gelijk aan 0 kPa geschematiseerd.

Voor de berekeningen van de macrostabiliteit (STBI en STBU) wordt de dikste deklaag gebruikt. Indien geen opbarsten plaatsvindt bij deze dikte, is de dikte teruggebracht tot een dikte waarbij er wel opbarsten plaatsvindt (UC = 1,0), tenzij het dijkvak ook niet opbarst bij de dunst aangetroffen deklaag in het betreffende dijkvak.

Tabel 3.6: Resultaten van de opbarst berekeningen

Dijk	Dijkvak	Waterstand [m+NAP]	Maaiveld binnenzijde [m+NAP]	Dikte deklaag [m]	Opbarst veiligheid [-]
Oostdijk	1	37,5	37,0	4,3	7,7
	2	37,2	36,8	4,2	9,4
	3	37,2	35,5	1,9 ¹	1,0
Westdijk	4	36,6	36,8	3,0	1,2
	5	36,6	36,1	3,2	5,8

¹ Dit is de dikste aanwezige deklaag waarbij wel opbarsten optreedt.

Stabiliteit

De volgende factoren zijn gebruikt voor het bepalen van de benodigde veiligheidsfactor:

Tabel 3.7: Factoren om de benodigde veiligheidsfactor te bepalen

Rekenmodel	86-1 Westdijk		87-1 Oostdijk	
	Bishop	LiftVan	Bishop	LiftVan
Schadefactor [ref.1]	0,94	0,94	1,01	1,01
Modelfactor [ref. 11]	1,11	1,06	1,11	1,06
Schematiseringsfactor [ref. 11]	1,10	1,10	1,10	1,10
Materiaalfactor [ref. 11]	1,00	1,00	1,00	1,00
Benodigde veiligheidsfactor (product bovenstaande factoren)	1,15	1,10	1,24	1,18

Ontwerp met standaardwaarden voor het CSSM-model

Voor het ontwerp is gebruik gemaakt van standaardwaarden voor de grondeigenschappen, materialen en veiligheidsfactoren.

Tabel 3.8: Gebruikte grondparameters in het D-Geo Stability model

Grondsoort	Schuifsterktemodel	Parameter	Waarde
Leem	Su calculated DOV	Ongedraineerde schuifsterkte ratio S	0.30
		Sterktetoename exponent m	0.80
Grind	C phi	Cohesie c	0.00
		Wrijvingshoek ϕ	30.30
Löss (Dijkprofiel)	Su measured	Su top	15 kN/m ²
		Su bottom	15 kN/m ²
Leem (0)	Su calculated DOV	Ongedraineerde schuifsterkte ratio S	0.00
		Sterktetoename exponent m	0.80

Bij gebruik van het schuifsterktemodel Su calculated DOV, is gebruik gemaakt van de karakteristieke ondergrenswaarde voor de sterktetoename exponent m en de karakteristieke waarde voor de ongedraineerde schuifsterkte ratio S voor löss [ref. 11]. Zie ook Tabel 3.9.

Tabel 3.9: Standaard WBI-SOS waarden en eigenschappen van de Leemlagen (SH Macro stabiliteit, Bijlage C)

Grondsoort	WBI-SOS code	Omschrijving	Kenmerken	Formatie	Stabiliteitsanalyse
Leem	P_Wls_s	Siltige windafzetting (löss)	Silt, los tot matig dicht, $R_f < 3\%$, $q_c \sim 3-12$ MPa. Komt veel in Zuid-Nederland voor.	Boxtel, Laagpakket van Liempde en Schimmert	Ongedraineerd

Op basis van expert judgement en ervaringen met andere projecten, is voor het aan te brengen dijkprofiel uitgegaan van een initiële schuifsterkte van 15 kN/m². Deze sterkte kan tijdens de uitvoering worden behaald door de grond goed verdicht aan te brengen. Hierdoor kan de grensspanning in de ondergrond toenemen, wat een groot effect heeft op de stabiliteit tegen afschuiven.

Resultaten macrostabiliteit binnentalud

Voor het ontwerp is gebruik gemaakt van standaardwaarden voor de materialen, zoals gegeven in Tabel 3.8. De resultaten van de toets op stabiliteit binnenwaarts staan in Tabel 3.10 en de maatgevende glijcirkels zijn opgenomen in bijlage 7.

Tabel 3.10: Resultaten van de toets op stabiliteit binnenwaarts

Dijk	Dijkvak	Waterstand [m+NAP]	Maaiveld binnenzijde [m+NAP]	Onderkant deklaag [m+NAP]	Rekenmethode	Veiligheid te- gen afschui- ven	Vereiste veilig- heid
oostdijk	1	37,5	37,0	32,7	LiftVan	1,79	1,18
	2	37,2	36,8	32,6	LiftVan	2,04	1,18
	3	37,2	35,5	33,6	LiftVan	1,64	1,18
westdijk	4	36,6	36,8	33,8	LiftVan	2,25	1,10
	5	36,6	36,1	32,9	LiftVan	2,08	1,13

Gevoeligheidsanalyse voor (on)gedraineerd gedrag

In een expertsessie van Waterschap Limburg in het kader van de WBI-beoordeling is aangegeven dat er in veel gevallen geen sprake is van ongedraineerd gedrag. Om de gevoeligheden tussen het ongedraineerde schuifsterktemodel en C-phi model te analyseren, zijn de berekeningen opnieuw uitgevoerd, waarbij voor Leem een cohesie van 0 kPa en een wrijvingshoek van 30 graden is gebruikt. De waarde van 30 graden is een eerste inschatting die tijdens dit overleg is genoemd.

De resultaten van de gevoeligheidsanalyse staan in Tabel 3.11 en de maatgevende glijcirkels zijn opgenomen in bijlage 8.

Tabel 3.11: Resultaten van de toets op stabiliteit binnenwaarts met c-phi model

Dijk	Dijkvak	Waterstand [m+NAP]	Maaiveld binnenzijde [m+NAP]	Onderkant deklaag [m+NAP]	Rekenmethode	Veiligheid te- gen afschui- ven	Vereiste veilig- heid ²
oostdijk	1	37,5	37,0	32,7	LiftVan	2,55	1,17
	2	37,2	36,8	32,6	LiftVan	2,20	1,17
	3	37,2	35,5	33,6	LiftVan	2,60	1,17
westdijk	4	36,6	36,8	33,8	LiftVan	3,33	1,12
	5	36,6	36,1	32,9	LiftVan	3,36	1,12

Uit de veiligheidsfactoren in Tabel 3.11 kan worden geconcludeerd dat het ontwerp tevens voldoende veilig is met het c-phi model. In vergelijking met het ongedraineerde schuifsterktemodel is de veiligheid tegen afschuiven zelfs verhoogd.

3.4.3 Stabiliteit buitentalud (STBU)

Net als bij STBI, zit bij STBU het verschil in de stabiliteitsberekening, ten opzichte van de oude normen, in de volgende elementen:

- Nieuwe veiligheidsfactoren, conform overstromingskansbenadering;
- Geen materiaalfactoren voor CSSM;
- Nieuw (ongedraineerd) materiaalmodel (CSSM);
- Gewijzigd glijvlakmodel;
- Gewijzigde schematisatiehandreiking (stochastisch schematiseren ondergrond en waterspanningen).

Voor STBU is geen faalkansruimte gereserveerd. Dit zit verwerkt in de schadefactor voor STBU door de faalkanseis voor de doorsnede te vermenigvuldigen met een factor 10. Dat resulteert in een lagere betrouwbaarheidsindex $\beta_{eis,dsn}$ en een reductie van de schadefactor.

² Voor Mohr-Coulomb gelden andere schadefactoren dan voor het CSSM-model

Tabel 3.12 Berekening van de veiligheidsfactoren voor stabiliteit buitenwaarts

Rekenmodel	86-1 Westdijk LiftVan	87-1 Oostdijk LiftVan
Schadefactor	0,84	0,93
Modelfactor	1,06	1,06
Schematiseringsfactor	1,10	1,10
Materiaalfactor	1,00	1,00
Benodigde veiligheidsfactor	0,98	1,08

De resultaten staan in Tabel 3.13 en de maatgevende glijcirkels zijn opgenomen in bijlage 9.

Tabel 3.13 Resultaten van de toets op stabiliteit buitenwaarts

Dijk	Dijkvak	Waterstand [m+NAP]	Maaiveld binnenzijde [m+NAP]	Onderkant deklaag [m+NAP]	Rekenmethode	Veiligheid tegen af- schuiven	Vereiste veiligheid
oostdijk	1	37,5	37,0	32,7	LiftVan	1,39	1,08
	2	37,2	36,8	32,6	LiftVan	1,42	1,08
	3	37,2	35,5	33,6	LiftVan	1,16	1,08
westdijk	4	36,6	36,8	33,8	LiftVan	1,43	0,98
	5	36,6	36,1	32,9	LiftVan	1,31	0,98

Gevoeligheidsanalyse voor (on)gedraineerd gedrag

Net zoals voor STBI zijn de berekeningen opnieuw uitgevoerd, waarbij voor Leem een cohesie van 0 kPa en een wrijvingshoek van 30 graden is gebruikt.

De resultaten staan in Tabel 3.14 en de maatgevende glijcirkels zijn opgenomen in bijlage 10.

Tabel 3.14 Resultaten van de toets op stabiliteit buitenwaarts met c-phi model

Dijk	Dijkvak	Waterstand [m+NAP]	Maaiveld binnenzijde [m+NAP]	Onderkant deklaag [m+NAP]	Rekenmethode	Veiligheid tegen af- schuiven	Vereiste veiligheid ³
oostdijk	1	37,5	37,0	32,7	LiftVan	1,82	1,06
	2	37,2	36,8	32,6	LiftVan	1,78	1,06
	3	37,2	35,5	33,6	LiftVan	1,57	1,06
westdijk	4	36,6	36,8	33,8	LiftVan	1,87	0,96
	5	36,6	36,1	32,9	LiftVan	1,70	0,96

Uit de veiligheidsfactoren in Tabel 3.14 kan worden geconcludeerd dat het ontwerp tevens voldoende veilig is met het c-phi model. In vergelijking met het ongedraineerde schuifsterktemodel is de veiligheid tegen afschuiven ook hier verhoogd.

3.4.4 Piping en heave (STPH)

Piping bestaat uit drie mechanismen, die alle drie moeten optreden om uiteindelijk falen van de waterkering te veroorzaken. Als het stijghoogteverschil binnendijs te groot is, kan *opbarsten* van de deklaag optreden. Indien er water uit het ontstane gat stroomt, spreekt men van *heave*. Als dit gat groter wordt, kan er zand worden meegevoerd. Op den duur groeit deze 'pipe' tot aan de buitenwaartse zijde van de kering: er ontstaat een directe verbinding tussen de buiten- en binnenwaartse kant. Dan spreekt men van *piping*.

³Voor Mohr-Coulomb gelden andere schadefactoren dan voor het CSSM-model

Veiligheidsfactoren zijn locatie-afhankelijk en afgeleid op basis van de normen van het dijktraject. Als faalkansruimte-factor wordt standaard 0,24 gehanteerd. Voor de dijken langs de hoogwatergeul geldt:

Tabel 3.15: Uitgangspunten piping en heave

	Trajectlengte [m]	Ondergrens	N [piping]	P [eis]	$\beta_{\max}$	β_{eis}	γ_{pip}	γ_{up}	γ_{he}
87-1 Oostdijk	5500	0,0033	17,5	4,57E-05	2,71	3,91	1,38	1,39	1,07
86-1 Westdijk	1600	0,0100	5,8	4,14E-04	2,33	3,34	1,32	1,19	0,91

Opbarsten

Opbarsten wordt op een andere manier berekend dan voor STBI. Voor STPH wordt opbarsten berekend met:

$$\Delta\phi \leq \frac{\Delta\phi_{c,u}}{\gamma_{up} \cdot \gamma_{b,up}}$$

Hierin is een extra veiligheidsfactor γ_{up} opgenomen, hierdoor is de nieuwe norm strenger dan de oude norm.

Heave

Heave wordt met de onderstaande formule berekend:

$$i = \frac{(h - h_{\text{exit}}) r_{\text{exit}}}{D_{\text{deklaag}}} \leq \frac{i_{c,h}}{\gamma_{he} \gamma_{b,h}}$$

Deze formule beschrijft dat het stijghoogteverhang over de deklaag niet groter mag zijn de kritische waarde gedeeld door de additionele veiligheidsfactor γ_{he} (traject-afhankelijk) maal de schematiseringsfactor $\gamma_{b,h}$ (=1,10).

Piping

De toets op piping wordt uitgevoerd door te stellen dat:

$$\Delta H \leq \frac{\Delta H_{c,p}}{\gamma_{pip} \cdot \gamma_{b,p}}$$

Het verschil in stijghoogte over de dijk moet kleiner zijn dan het kritieke verval gereduceerd door de veiligheidsfactor voor piping γ_{pip} en de schematiseringsfactor $\gamma_{b,p}$.

Het kritieke verval $\Delta H_{c,p}$ wordt berekend met de aangepaste rekenregel van Sellmeijer. De rekenregel van Sellmeijer kan alleen worden toegepast in de gedetailleerde berekening indien voor het meegevoerde materiaal geldt $63 \mu\text{m} < D_{70} < 500 \mu\text{m}$. Omdat de watervoerende laag bestaat uit grind en de uitredende deeltjes uit leem, is gekozen om de twee uiterste waarden voor zand te nemen (kleine deeltjes: $d_{70} = 63 \mu\text{m}$, grote doorlatendheid = $2000 \mu\text{m}$ ($k = 200 \text{ m/dag}$)). Dit is gelijk aan de aanpak zoals in een in 2009 gestelde vraag aan Helpdeskwater en is na verificatie ook voor het

OI2014v4 goedgekeurd. Ten tijde van schrijven wordt deze aanpak nader onderzocht binnen het onderzoeksprogramma POV-piping, zie bijlage 11.

Uit de berekening op basis van bovenstaande uitgangspunten blijkt dat er in dijkvak 3 een tekort is aan kwelweglengte. De resultaten van de gedetailleerde berekening voor opbarsten, heave en piping staan in de onderstaande tabel. De berekeningen zijn opgenomen in bijlage 12.

Tabel 3.16: Resultaten berekeningen piping en heave

Dijk	Dijkvak	Opbarsten	Heave	Piping
oostdijk	1	4,10	n.v.t. ²	n.v.t.
	2	2,93	n.v.t. ²	n.v.t.
	3	0,62	0,27	0,52
westdijk	4	n.v.t. ¹	n.v.t.	n.v.t.
	5	2,74	n.v.t. ²	n.v.t.

¹ Opbarsten is niet van toepassing, omdat de stijghoogte lager is dan maaiveld.

² Heave is niet van toepassing, omdat er geen opbarsten optreedt.

Nadere beschouwing piping in dijkvak 3

Uit Tabel 3.16 blijkt dat er een tekort is aan kwelweglengte in dijkvak 3 (Oostdijk). Voor dit dijkvak zijn er daarom pipingberekeningen gemaakt op verschillende locaties. Per boring is een berekening gemaakt. In onderstaande tabel zijn de berekeningsresultaten weergegeven.

Tabel 3.17: Aanvullende resultaten berekeningen piping en heave

Dijkvak	Boring	Dikte deklaag [m]	Maaiveldhoogte [m +NAP]	Piping [-]
oostdijk	1	3,0	36,2	5,54
	2	2,5	36,1	1,60
	3	1,8	36,0	0,86
	4	3,0	35,3	0,62
	5	1,8	35,4	0,49
	6	2,0	35,7	0,66
	7	2,0	34,8	0,37
	8	2,5	35,8	0,90
	9	2,5	35,6	0,70
	10	3,5	35,8	1,67

Uit de tabel blijkt dat op 3 van de 10 locaties geen tekort is aan kwelweglengte. Op de locaties waar wel een tekort is aan kwelweglengte is een maatregel benodigd tegen piping. Deze maatregel wordt verder toegelicht in §3.5.3.

3.4.5 Stabiliteit voorland (STVL)

In het ontwerp van de dijk dient rekening te worden gehouden met de stabiliteit van het voorland.

In de nieuwe beoordelingsmethode wordt de stabiliteit van het voorland meegenomen als een indirect mechanisme. Op basis van een eenvoudige toets kan instabiliteit van het voorland niet worden uitgesloten (talud is steiler dan 1:4,5). Hierdoor is een gedetailleerde toets benodigd. Deze toets is (nagenoeg) gelijk aan die in §2.2.5 vanwege het gedraineerde schuifgedrag van het toutvenant. De gevonden stabiliteitsfactoren zijn ruim voldoende.

3.4.6 Microstabiliteit (STMI)

De nieuwe dijklichamen zullen volledig worden opgebouwd uit vrijgekomen klei en leem uit de omgeving. Volgens de nieuwe norm is het faalmechanisme microstabiliteit niet van toepassing bij een golfoverslagdebiet groter dan 0,1 l/s/m [ref. 12]. De beoordeling van de stabiliteit van het binnentalud vindt dan plaats volgens het faalmechanisme *grasbekleding afschuiven binnentalud* (zie §3.4.7).

3.4.7 Stabiliteit bekleding (STBK)

De nieuwe dijken worden bekleed met gras met daaronder een erosiebestendige kleilaag. Het is ontwerpinstrumentarium is voor grasbekleding aan de buitenzijde (nog) niet volledig uitgewerkt, daarom is de redenering uit het WBI gevolgd. Een grasbekleding dient te worden ontworpen op vier verschillende ontwerpsoorten. Deze zijn hieronder gepresenteerd. Op basis van een eenvoudige toets [ref. 9] is de faalkansbijdrage van de bekleding bepaald.

Grasbekleding erosie buitentalud

Bij een kleidijk of een kleikern tot 0,5 m boven de waterstand h en de golfhoogte $H_{m0} \leq 0,6$ m, leidt erosie van het buitentalud nooit tot een doorbraak gedurende de maatgevende storm. Dan is de faalkans verwaarloosbaar klein.

Grasbekleding afschuiven buitentalud

De kleilaagdikte is groter dan de golfhoogte. Op grond van de eenvoudige toets is daardoor het oordeel: Verwaarloosbare faalkansbijdrage.

Grasbekleding erosie kruin en binnentalud

Bij een overslagdebiet kleiner of gelijk aan 1 l/s/m is de faalkans van de grasbekleding verwaarloosbaar klein in één van de volgende situaties:

- Graskwaliteit is *gesloten* zode;
- Graskwaliteit is *open* zode op een kleilaagdikte van minimaal 0,4 m.

In het ontwerp wordt met de keuze voor een overslagdebiet van 1 l/s/m aan deze voorwaarde voldaan.

Grasbekleding afschuiven binnentalud

Bij een overslagdebiet kleiner of gelijk aan 1 l/s/m is de faalkans van de grasbekleding verwaarloosbaar klein in één van de volgende situaties:

- De taludhelling van het binnentalud is flauwer of gelijk aan 1V:3H en de dijk bestaat uit stevige klei;
- De dijk bestaat uit zand, al dan niet voorzien van een kleibekleding, en heeft een goedwerkende drainage in de binnentoe.

In het ontwerp wordt met de keuze voor een overslagdebiet van 1 l/s/m aan deze voorwaarde voldaan. Op basis van bovenstaande voldoet het ontwerp conform de oude normering voor bekleding ook volgens de nieuwe norm.

3.5 Consequentie analyse o.b.v. signaleringswaarde 2035

Op verzoek van het waterschap is er ook een doorkijk gegeven van de berekeningen met de signaleringswaarde voor het zichtjaar 2035 (eind 2^e opvolgende beoordelingsronde). Gezien de verschillen tussen ontwerp en beoordeling is het echter niet 'zuiver' om te ontwerpen met signaleringswaarden. Ten opzichte van beoordelen zitten er namelijk een aantal verborgen veiligheden in het ontwerpproces. De resultaten van de berekeningen aan de hand van de signaleringswaarden zijn dan ook conservatief en in eerste instantie slechts ter indicatie.

De berekeningen zijn uitgevoerd voor de faalmechanismen waar een mogelijk effect wordt verwacht:

- Hoogte (HT);
- Stabiliteit binnenwaarts (STBI);
- Piping en heave (STPH).

3.5.1 Hoogte (HT)

De faalkanseis op doorsnedeniveau bedraagt voor de signaleringswaarde 1/1250 per jaar voor de Westdijk en 1/4167 per jaar voor de Oostdijk (lengte-effect-factor $N=1$ en een faalkansruimtefactor $\omega = 0,24$) [ref. 9].

De benodigde kruinhoogtes bij oude en nieuwe norm op basis van de signaleringswaarde staan in Tabel 3.18.

Tabel 3.18: Benodigde kruinhoogte bij de oude en nieuwe norm voor 2035

Dijk	Dijkvak	Benodigde kruinhoogte oude norm [m NAP]	Benodigde kruinhoogte nieuwe norm [m NAP]	Vershil [m]
Oostdijk	1	38,5	38,8	-0,3
	2	38,5	38,5	0,0
	3	38,5	38,5	0,0
Westdijk	4	38,5	38,3	0,2
	5	38,5	37,9	0,6

Alleen in dijkvak 1 dreigt een tekort. Dit betreft echter slechts één uitvoerpunt uit HydraNL (nr. 36) welke net buiten de nieuwe dijk ligt. De benodigde kruinhoogte is in de toekomst daarnaast gemakkelijk te realiseren vanwege de aan te leggen kruinbreedte van 5,8 meter. Hierin wordt een toekomstige uitbreiding tot NAP + 38,8 meter voorzien (zie §2.2.1).

Gevoeligheidsanalyse voor overslagdebiet van 5 l/s/m

Ten behoeve van een gevoeligheidsanalyse is de kruinhoogte tevens bepaald voor een overslagdebiet van 5 l/s/m, zie Tabel 3.19. Het kruinhoogteverschil t.o.v. een overslagdebiet van 1 l/s/m blijft beperkt (0,1 tot 0,2 m lager).

Tabel 3.19: Vergelijking kruinhoogtes bij overslagdebieten van 1 l/s/m en 5 l/s/m

Dijk	Dijkvak	Benodigde kruinhoogte nieuwe norm bij 1 l/s/m [m NAP]	Benodigde kruinhoogte nieuwe norm bij 5 l/s/m [m NAP]	Vershil [m]
Oostdijk	1	38,8	38,6	0,2
	2	38,5	38,3	0,2
	3	38,5	38,3	0,2
Westdijk	4	38,3	38,1	0,2
	5	37,9	37,8	0,1

3.5.2 Stabiliteit binnenwaarts (STBI)

De berekeningen zijn uitgevoerd conform de uitgangspunten in §3.4.2. Omdat uit de gevoeligheidsanalyse is gebleken dat berekeningen met het ongedraineerde schuifsterktemodel de laagste veiligheid oplevert, is er beoordeeld met het ongedraineerde schuifsterktemodel. De gehanteerde waterstand is aangepast naar de waterstand bij norm voor de signaleringswaarde met zichtjaar 2035, zie §3.3. Tevens zijn nieuwe opbarstberekeningen gemaakt. Hierdoor is de maatgevende dikte van de deklaag aangepast. De resultaten staan in Tabel 3.10 en de maatgevende glijcirkels zijn opgenomen in bijlage 13.

Tabel 3.20: Resultaten van de toets op stabiliteit binnenwaarts

Dijk	Dijkvak	Waterstand [m+NAP]	Maaiveld binnenzijde [m+NAP]	Onderkant deklaag [m+NAP]	Rekenmethode	Veiligheid te- gen afschui- ven	Vereiste veilig- heid
oostdijk	1	37,8	37,0	32,7	LiftVan	1,71	1,23
	2	37,6	36,8	32,6	LiftVan	1,89	1,23
	3	37,6	35,5	33,1	LiftVan	1,45	1,23

westdijk	4	37,1	36,8	33,8	LiftVan	2,10	1,15
	5	37,2	36,1	32,9	LiftVan	1,76	1,15

3.5.3 Piping en heave (STPH)

De berekeningen zijn uitgevoerd conform de uitgangspunten in §3.4.4. De gehanteerde waterstand is aangepast naar de waterstand bij norm voor de signaleringswaarde met zichtjaar 2035, zie §3.3. Ook beide β -waarden en de drie γ -waarden uit Tabel 3.15 zijn aangepast aangezien deze afhankelijk zijn van de norm. De resultaten van de gedetailleerde toets voor opbarsten, heave en piping staan in de onderstaande tabel. De berekeningen zijn opgenomen in bijlage 14.

Tabel 3.21: Resultaten berekeningen piping en heave

Dijk	Dijkvak	Opbarsten	Heave	Piping
oostdijk	1	2,50	n.v.t. ¹	n.v.t.
	2	1,43	n.v.t. ¹	n.v.t.
	3	0,49	0,21	0,45
westdijk	4	5,55	n.v.t. ¹	n.v.t.
	5	1,21	n.v.t. ¹	n.v.t.

¹ Heave is niet van toepassing, omdat er geen opbarsten optreedt.

Nadere beschouwing piping in dijkvak 3

Uit Tabel 3.21 blijkt dat er een tekort is aan kwelweglengte in dijkvak 3 (oostdijk). Voor dit dijkvak zijn er daarom pipingberekeningen gemaakt op verschillende locaties. Per boring is een berekening gemaakt. In onderstaande tabel zijn de berekeningsresultaten weergegeven.

Tabel 3.22: Aanvullende resultaten berekeningen piping en heave

Dijkvak	Boring	Dikte deklaag [m]	Maaiveldhoogte [m +NAP]	Piping [-]
oostdijk	1	3,0	36,2	1,29
	2	2,5	36,1	0,87
	3	1,8	36,0	0,63
	4	3,0	35,3	0,52
	5	1,8	35,4	0,43
	6	2,0	35,7	0,53
	7	2,0	34,8	0,35
	8	2,5	35,8	0,65
	9	2,5	35,6	0,56
	10	3,5	35,8	0,91

Pipingberm

Uit de tabel blijkt dat op 1 locatie geen tekort is aan kwelweglengte en op 9 locaties wel. Op de locaties waar een tekort is aan kwelweglengte wordt het maaiveld in het achterland opgehoogd. In onderstaande tabel en in bijlage 14 is weergegeven hoe hoog het maaiveld dient te worden opgehoogd.

Tabel 3.23: Benodigde maaiveldophoging

Dijkvak	Boring	Dikte deklaag [m]	Benodigde maaiveldhoogte [m +NAP]	Ophoging [m]	Piping [-]
oostdijk	1	3,0	36,2	0,0	1,29
	2	2,6	36,2	0,1	0,87
	3	2,2	36,4	0,4	0,63
	4	3,6	35,9	0,6	0,52
	5	2,6	36,2	0,8	0,43
	6	2,6	36,3	0,6	0,53
	7	3,2	36,0	1,2	0,35
	8	2,9	36,2	0,4	0,65
	9	3,0	36,1	0,5	0,56
	10	3,6	35,9	0,1	0,91

Om tot een eenduidig ontwerp te komen is het maaiveld als volgt opgehoogd:

- ophoging tot NAP +36,2 t.p.v. boringen 1 en 2;
- ophoging tot NAP +36,4 t.p.v. boringen 3 t/m 6;
- ophoging tot NAP +36,2 t.p.v. boringen 7 t/m 10.

De maaiveldophoging/pipingberm loopt onder een flauw afschot (1:50) richting het bestaande maaiveld in het achterland.

4 STABILITEIT TOERITTEN HOOGWATERBRUG

4.1 Kruinhoogte dijklichaam onder toeritten

De toeritten van de toekomstige hoogwaterbrug komen 'bovenop' de dijklichamen te liggen. De ondergrens van het hydraulisch belastingniveau bij een ontwerplevensduur van 100 jaar is NAP + 37,94 m voor de Westdijk en NAP + 38,46 m voor de Oostdijk. Deze hoogtes zijn lager dan de benodigde kruinhoogte bij de oude normering (NAP+ 38,5 m). De dijklichamen die onder de toeritten van de brug komen te liggen worden daarom, net als de rest van het traject, uitgevoerd met een kruinhoogte van NAP +38,5 m. De fundering van de weg op de toeritten dient hoger te komen liggen dan dit niveau.

4.2 Opbouw toeritten

De kern van de toeritten naar de hoogwaterbrug worden opgebouwd uit ophoogzand en de taluds worden bekleed met vrijgekomen dekgrond. De taluds van de kern hebben een helling van 1:1 en de taluds van de bekleding hebben een helling van 1:3.

De gehanteerde geotechnische parameters zijn opgenomen in Tabel 4.1. De parameters voor de bekleding zijn afkomstig uit [ref. 3] (leem, löss).

Tabel 4.1: Representatieve waarden geotechnische parameters

Grondsoort	Cohesie [kPa]	Hoek van inwendige wrijving [°]	Volumiek gewicht droog [kN/m³]	Volumiek gewicht nat [kN/m³]
Ophoogzand	0	32,5	18,0	20,0
Leem, löss	1,0	30,0	18,0	19,0

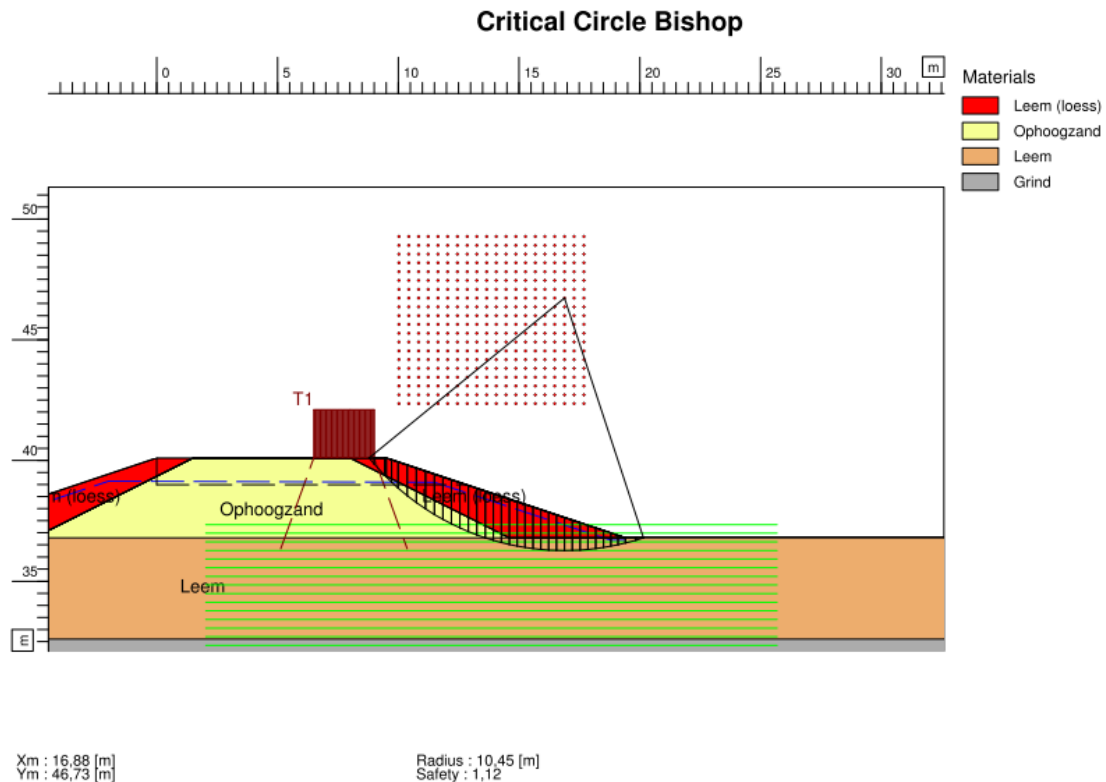
De toe te passen materiaalfactoren zijn overgenomen uit de Eurocode (RC1) en bedragen 1,3 voor de cohesie en 1,2 voor de hoek van inwendige wrijving. De rekenwaardes zijn weergegeven in Tabel 4.2.

Tabel 4.2: Rekenwaarden geotechnische parameters

Grondsoort	Cohesie [kPa]	Hoek van inwendige wrijving [°]	Volumiek gewicht droog [kN/m³]	Volumiek gewicht nat [kN/m³]
Ophoogzand	0	28,0	18,0	20,0
Leem, löss	0,8	25,7	18,0	19,0

4.3 Berekeningsresultaten

Het maatgevende dwarsprofiel is doorgerekend. Er is gerekend conform de eisen en uitgangspunten uit de 'oude normering' voor waterkeringen. De veiligheidsfactor van dit profiel is 1,12 en is getoetst aan een veiligheidsfactor van 1,0 aangezien het een grondlichaam betreft en geen primaire waterkering..



Figuur 4.1: Maatgevende glijcirkel toeritten

5 OVERIGE ONTWERPVRAAGSTUKKEN

5.1 Bomen

Ten behoeve van de aanleg van het dijklichaam en de toekomstige obstakelvrije zones dienen de bomen tot 4 meter uit de teen van de toekomstige dijk te worden gekapt.

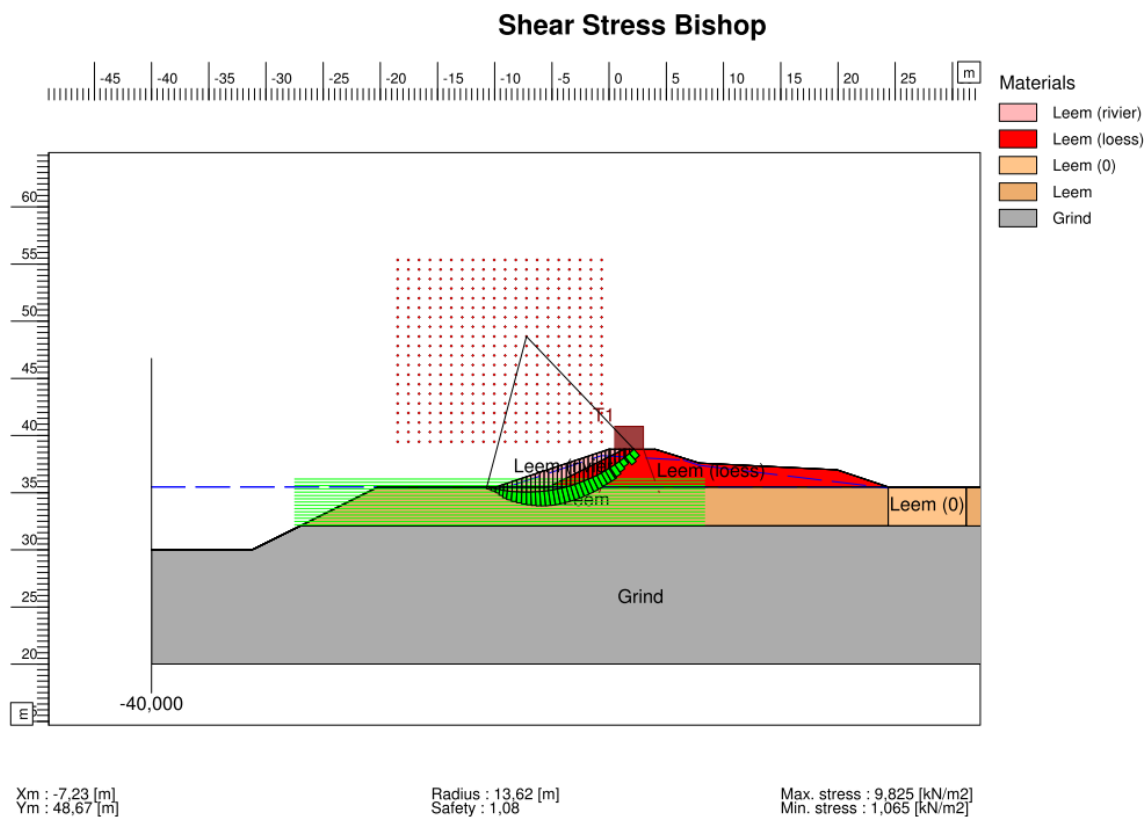
5.2 Kabels en leidingen

5.2.1 Air Liquide leiding (LAL-leiding)

Bij het verleggen van de LAL-leiding in 2010 is door Air Liquide rekening gehouden met de toekomstige dijklichamen. Deze leiding is door Tebodin ontworpen op basis van de NEN3650-1 [ref. 13] en NEN3651 [ref. 14]. De maatgevende verwekingszone is berekend op 14,7 m, zie bijlage 15.

De minimale afstand van de LAL-leiding tot de buitenteen van de dijk is 25 meter. Dit betekent dat er een strook van 10,3 meter langs de dijk niet wordt beïnvloed door een eventueel falen van de LAL-leiding.

Ten behoeve van de buitenwaartse macrostabiliteit (STBU) is er voor dijkvak 3 een berekening gemaakt waarin er een ontgrondingskuil op 10,3 m van de buitenteen is geschematiseerd. De veiligheidsfactor is 1,08 en is gelijk aan de originele berekening (§2.2.3). Het falen van de LAL-leiding heeft dus geen invloed op de buitenwaartse macrostabiliteit. De berekening is weergegeven in onderstaand figuur.



Figuur 5.1: Glijcirkel dijkvak 3 (met ontgrondingskuil)

Voor piping (STPH) is er gerekend met een deklaag in de buitendijkse beschermingszone van 10 meter breed (§2.2.4). De LAL-leiding ligt op minimaal 25 meter afstand en de verwekingszone is 14,7 meter. Bij een eventuele explosiekrater blijft de volledige beschermingszone van 10 meter aanwezig.

5.2.2 Overige kabels en leidingen

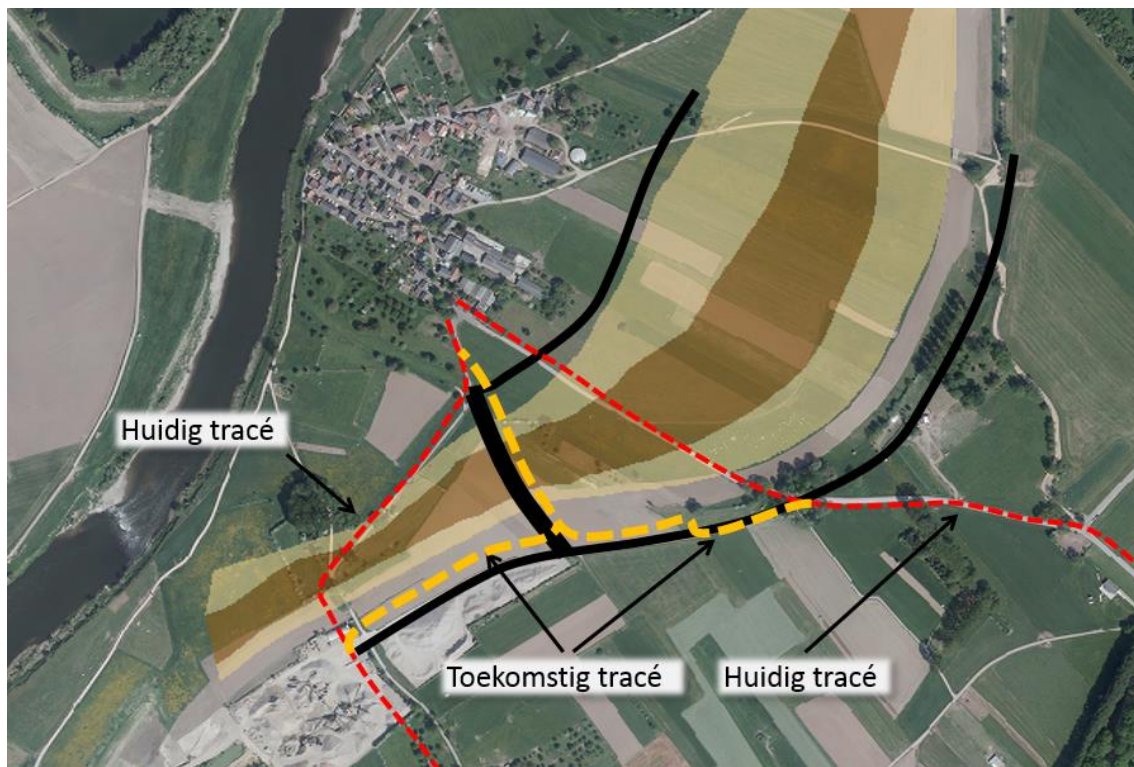
In de huidige situatie lopen de kabels en leidingen via de Veldschuurdijk en de Maasbanderkerkweg richting Maasband. Deze wegen komen te vervallen door de aanleg van de hoogwatergeul. In de nieuwe situatie wordt er parallel aan de hoogwaterbrug een zinker aangebracht die onder de geul doorgaat.

De kabels en leidingen vanuit de Veldschuurdijk lopen parallel aan de buitenteen (op ca. 10-15 meter afstand) richting de zinkerleiding. De kabels en leidingen vanuit de Maasbanderkerkweg volgen over het eerste traject de nieuwe toegangsweg naar de hoogwaterbrug, kruisen de waterkering haaks en lopen daarna eveneens parallel aan de waterkering (min. 20 meter afstand) richting de zinkerleiding.⁴

De Zinkerleiding begint en eindigt buiten de waterkering. De waterkering wordt dus gekruist door losse kabels en leidingen en niet door een zinker.

De gedetailleerde uitwerking van dit ontwerp wordt opgesteld door de kabels en leidingbeheerders. Tevens zullen zij toetsen/onderbouwen dat dit ontwerp voldoet aan de regels voor kabels en leidingen nabij waterkeringen conform de NEN-3650 en de NEN-3651.

⁴ In verband met beschikbare grondeigendommen loopt het tracé hier niet buitenlangs zoals het tracé vanaf de Veldschuurdijk. Indien deze gronden toch (tijdig) worden verworven zal alsnog de afweging worden gemaakt om de kabels en leidingen hier naartoe te verplaatsen.



Figuur 5.2: Schematische weergaven van de kabel en leidingen tracés

5.3 Voorland van de Westdijk

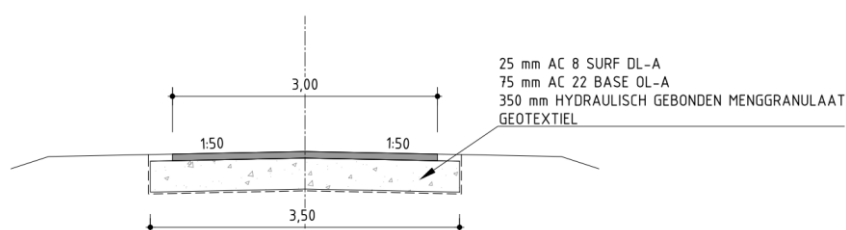
Ten behoeve van de hoogwatergeul wordt het voorland van de Westdijk gedeeltelijk afgegraven. Ter plaatse van de buitenteen van de dijk vindt er geen afgraving plaats en ter plaatse van de insteek van de hoogwatergeul, op 12 meter uit de teen van de dijk, bedraagt de afgraving ca. 50 cm. De afgraving verloopt vloeiend tussen de buitenteen van de dijk en de insteek van de hoogwatergeul onder een afschot van ca. 1:24.

Ten behoeve van deze afgraving zijn er boringen uitgevoerd in het voorland van de Westdijk (zie bijlage 1). Deze boringen tonen aan dat de minimale deklaagdikte in het voorland 2 meter bedraagt. Ook na de gedeeltelijke afgraving van het voorland blijft de deklaag voldoende dik om binnen de beschermingszone van de dijk een intredepunt voor piping te voorkomen.

5.4 Verharding op de kruin

5.4.1 Fietspad

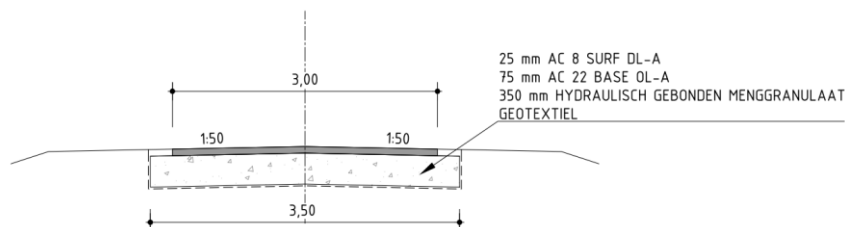
Op de kruin van de oostdijk wordt een fietspad aangelegd. De opbouw van dit fietspad is afgestemd met het waterschap Limburg en met gemeente Stein. De opbouw is weergegeven in onderstaand figuur.



Figuur 5.3: Opbouw van het fietspad op de Oostdijk

5.4.2 Onderhoudspad

Op de kruin van de westdijk wordt een onderhoudspad aangelegd. Dit onderhoudspad bestaat uit hydraulisch menggranulaat met een dikte van 0,3 meter en een breedte van 3,0 meter. Het pad wordt afgewerkt met 2 cm Ardenner Gres. Ten behoeve van de bereikbaarheid van de hoogwatergeul en de onderhoudsstroken binnen- en buitendijs worden op diverse locaties op- en afritten gerealiseerd. De locaties hiervan zijn weergegeven op de ontwerptekening in bijlage 16.



Figuur 5.4: Opbouw van het onderhoudspad op de Westdijk

5.4.3 Aansluiting van de dijklichamen op de toeritten naar de hoogwaterbrug

Zoals beschreven in hoofdstuk 4 komen de toeritten naar de hoogwaterbrug 'bovenop' de dijklichamen te liggen. Om de fietspaden en de onderhoudspaden op de kruin van de dijk aan te sluiten op de toeritten wordt het grondlichaam van de dijk lokaal opgehoogd en verbreed. Deze ophoging wordt uitgevoerd in gebiedseigen dekgrond aangezien deze ophoging ver boven het maximale waterpeil op de hoogwatergeul wordt uitgevoerd.

5.4.4 Werkweg L'Ortye

De bestaande werkweg naar het terrein van L'Ortye (Oeverendijk) dient plaats te maken voor de realisatie van dijkvakken 1 en 2. In dijkvak 2 wordt het dijklichaam gecombineerd met de toegangsweg naar de hoogwaterbrug. Het vrachtverkeer naar L'Ortye kan gebruik maken van deze openbare weg waardoor de werkweg op dit traject kan komen te vervallen.

Ter plaatse van dijkvak 1 wordt de werkweg van L'Ortye verplaatst naar de nieuwe binnentoeegang van het dijklichaam. De werkweg (bestaande uit stol/grind) wordt bovenop het aanwezige maaiveld aangebracht, waardoor de aanleg van de werkweg geen negatieve consequenties heeft voor de stabiliteit van het dijklichaam. Op de ontwerptekening in bijlage 16 is de ligging van de werkweg opgenomen.

6 CONCLUSIE EN AANDACHTSPUNTEN

Dit hoofdstuk presenteert de conclusies van deze ontwerpnotitie. Eerst is een samenvatting gegeven van het ontwerp op basis van de oude normering. Vervolgens zijn, per faalmechanisme, de consequenties weergegeven van de nieuwe normering. Tot slot volgen de conclusies en de aandachtspunten voor de uitvoeringsfase.

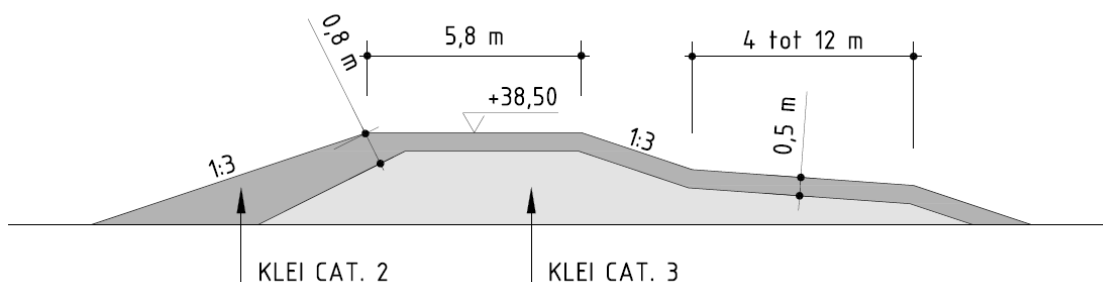
6.1 Dimensies en eigenschappen dijklichamen op basis van de oude normering

In Tabel 6.1 zijn de berekeningsresultaten van de verschillende dijkvakken samengevat. Het principeprofiel van het dijklichaam is weergegeven in Figuur 6.1.

Tabel 6.1: Samenvatting berekeningsresultaten

Faalmechanisme	Oostdijk			Westdijk	
	1	2	3	4	5
HT (Kruinhoogte)	NAP +38,5 m	NAP +38,5 m	NAP +38,5 m	NAP +38,5 m	NAP +38,5 m
HT (Kruinbreedte)	5,8 m	5,8 m	5,8 m	5,8 m	5,8 m
STBI (Bermlengte)	0 m	4 m ¹	12 m	4 m	7 m
STBU (Helling buitentalud)	1:3	1:3	1:3	1:3	1:3
STPH	-	-	-	-	-
STVL	-	-	-	-	-
STMI	-	-	-	-	-
STBK (Bekleding buitentalud)	0,8 m klei cat. 2 (in wigvorm)	0,8 m klei cat. 2 (in wigvorm)	0,8 m klei cat. 2 (in wigvorm)	0,8 m klei cat. 2 (in wigvorm)	0,8 m klei cat. 2 (in wigvorm)
STBK (Bekleding kruin en binnentalud)	0,5 m klei cat.2	0,5 m klei cat.2	0,5 m klei cat.2	0,5 m klei cat.2	0,5 m klei cat.2

¹ In verband met de weg richting de hoogwaterbrug wordt in dijkvak 2 een bredere steunberm toegepast dan noodzakelijk



In verband met mogelijke zettingen wordt de kruin van beide dijken aangelegd op een hoogte van NAP +38,6 m, waarbij de taluds iets steiler worden opgetrokken.

Figuur 6.1: Dimensies en opbouw dijken conform oude normen

Voor piping en heave is een maatwerkoplossing toegepast waarbij is gerekend met de lokale ontwerpwaterstand tegen het dijklichaam in plaats van de ontwerpwaterstand op het bovenstroomse rivierkilometer. Met deze maatwerkoplossing is er geen maatregel noodzakelijk voor piping.

6.2 Consequenties van de nieuwe normering

In de nieuwe normering is het ontwerppeil ter hoogte van de nieuwe dijken lager dan in de oude normering. Dit komt met name doordat de nog aan te leggen hoogwatergeul direct is meegenomen in de afleiding van de waterstand.

Veel van de rekenregels in de nieuwe normering zijn veranderd. Vanwege het lagere ontwerppeil hebben deze veranderingen niet per definitie een negatief effect op het ontwerp. Het ontwerp op basis van de oude normering is over het algemeen robuuster dan vereist op basis van de nieuwe normering (met de uitgangspunten uit OI2014v4).

Er gelden twee uitzonderingen:

- De (aanleg)kruinhoogte in dijkvak 1;
- Piping en heave in dijkvak 3.

6.2.1 (aanleg) kruinhoogte in dijkvak 1

De (aanleg)kruinhoogte is in dijkvak 1 net te laag bij toepassing van de signaleringswaarde 2035. De dijk wordt aangelegd op een niveau van NAP +38,5 m en er is een niveau van NAP +38,8 m benodigd.

In verband met de breder aangelegde kruin (zie §2.2.1) is er echter rekening gehouden met een toekomstige ophoging tot NAP +38,8 m. In het ontwerp zijn hier dan ook geen (aanvullende) maatregelen voor opgenomen.

6.2.2 Piping en heave in dijkvak 3

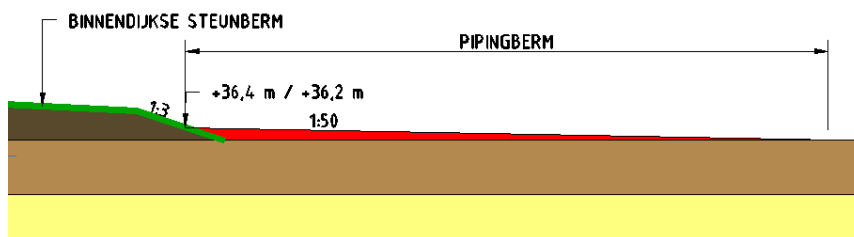
Zowel bij toepassing van de ondergrens 2050 als de signaleringswaarde 2035 is er een tekort aan kwelweglengte in dijkvak 3. Als maatregel wordt het achterland opgehoogd (pipingberm).

De pipingberm is ontworpen op de maatgevende berekening, namelijk de signaleringswaarde 2035. Strikt gezien is dit niet noodzakelijk voor het ontwerp, maar aangezien het verschil in de benodigde ophoging t.o.v. noodzakelijke ophoging bij de ondergrens 2050 minimaal is, is dit wel meegenomen in het ontwerp. Dit voorkomt dat de dijk bij de toetsing in 2035 wordt afgekeurd op piping en er alsnog een maatregel genomen moet worden.

Het maaiveld wordt tot de volgende niveaus opgehoogd:

- ophoging tot NAP +36,2 t.p.v. boringen 1 en 2;
- ophoging tot NAP +36,4 t.p.v. boringen 3 t/m 6;
- ophoging tot NAP +36,2 t.p.v. boringen 7 t/m 10.

In Figuur 6.2 is het principe van de pipingberm weergegeven. Na realisatie van de pipingberm kan de grond weer in gebruik worden genomen door de eigenaar, mits de hoogte van het maaiveld gegarandeerd blijft.



Figuur 6.2: Principe pipingberm t.b.v. nieuwe normering

6.3 Toeritten hoogwaterbrug

De toeritten van de hoogwaterbrug komen 'bovenop' de dijk te liggen. De toeritten worden opgebouwd uit ophoogzand en een bekleding van vrijgekomen dekgrond. De taluds van de toeritten dienen een helling te hebben van 1:3.

De (klei)lichamen van de primaire waterkering lopen onder de toeritten door. De te hanteren kruinhoogte is hier, net als op de rest van de dijk NAP +38,5 m.

6.4 Overige ontwerpvragestukken

Ten behoeve van de aanleg van de primaire waterkering worden alle bomen tot 4 meter uit de teen van de toekomstige dijk gekapt. De Air Liquide leiding ligt op een veilige afstand ten opzichte van de buitenteen van de Oostdijk.

Op de kruin van de Oostdijk wordt een fietspad aangelegd en op de kruin van de Westdijk komt een onderhoudspad. Voor de aansluiting van deze paden op de toeritten naar de hoogwaterbrug wordt het dijklichaam lokaal extra hoog en breed uitgevoerd. Deze ophoging wordt uitgevoerd met vrijgekomen dekgrond. Langs de binnenteen van dijkvak 1 wordt de werkweg van L'Ortye opnieuw aangelegd. Deze werkweg wordt bovenop het maaiveld aangebracht zodat deze geen negatieve invloed heeft op de stabiliteit van het dijklichaam.

6.5 Aandachtspunten voor de verdere uitwerking en de uitvoeringsfase

6.5.1 Werkweg L'Ortye

Op het tracé van dijkvakken 1 en 2 loopt in de huidige situatie de werkweg naar het terrein van L'Ortye. Deze werkweg is opgebouwd van stol/toutvenant en dient voor de aanleg van de dijk te worden verwijderd. Op de tekeningen is een aanname gedaan van de dikte van deze werkweg. In de praktijk kan deze dikte afwijken. Dit dient kenbaar te worden gemaakt bij de kraanmachinist zodat niet het theoretische profiel wordt gevolgd.

Langs de binnenteen van dijkvak 1 wordt de werkweg van L'Ortye opnieuw aangelegd. Deze werkweg wordt bovenop het maaiveld aangebracht zodat deze geen negatieve invloed heeft op de stabiliteit van het dijklichaam. Het is onbekend hoe lang deze werkweg operationeel blijft. In het ontwerp is daarom uitgegaan van de situatie inclusief werkweg.

6.5.2 Verdichting van het dijklichaam

In de stabiliteitsberekeningen voor de nieuwe normering is uitgegaan dat de minimale schuifsterkte in de dijk na aanbrengen 15 kPa bedraagt. Dit kan worden behaald door een goede verdichting tijdens het aanbrengen. Omdat deze schuifsterkte een direct verband heeft met de stabiliteit van de waterkering dient hier in de uitvoeringsfase op te worden gecontroleerd. Uitvoeren conform de Standaard RAW bepalingen 2015 is hiervoor voldoende.

6.5.3 Uitwerken kraanmodellen

Ten behoeve van het voorliggende DO is een Autocad 3D model gemaakt met daarin de uiteindelijke hoogte van de dijklichamen inclusief de toeritten naar de brug. De beide grondlichamen zullen worden opgebouwd met verschillende grondsoorten. Het onderscheid tussen de verschillende grondsoorten dient uitgewerkt te worden in de kraanmodellen.

Vanuit het waterschap is verzocht om een minimale ophoging uit te voeren in klei (cat. 2) in plaats van gebiedseigen dekgrond of zand. Voordat het kraanmodel wordt uitgewerkt is het daarom raadzaam om een overleg te plannen met het waterschap.

Ook zullen enkele details, zoals opritjes, nog verder moeten worden uitgewerkt in de kraanmodellen. Voor de opritjes die over de steunberm heen gaan geldt het aandachtspunt dat deze passeerbaar worden gemaakt voor 'doorgaande' onderhoudsvoertuigen over de steunberm.

Tot slot dient er in overleg met het waterschap te worden gekeken naar de landhoofden van de Hoogwaterbrug. Deze worden in het grondlichaam aangebracht waardoor er hier mogelijk aanvullend eisen aan het grondlichaam worden gesteld.

REFERENTIES

1. RWS (2017). *Handreiking ontwerpen met overstromingskansen*.
2. Waterschap Limburg. *Beheersplan waterkeringen 2017-2022*. Versie 12 juli 2017.
3. Consortium Grensmaas (2015). *Nota van uitgangspunten Kadeontwerp CG*. Kenmerk: DO-GM-ENG-0220-4
4. RWS (2010). *Ontwerpkader nog aan te Leggen Maaskaden* – Het ontwerpen van overstroombare waterkeringen met een norm van 1/250 per jaar, binnen het project Maaswerken. Kenmerk: VenW/DGW-2010/1187.
5. RWS (2014). *Brief Ontwerpwaterstanden Grensmaas*. Kenmerk: RWS2014/55409, d.d. 10-12-2014.
6. PS Survey (2018) *Nulmeting Maasband*. Kenmerk: TE-MB-MET-020-1, d.d. 06-03-2018.
7. Consortium Grensmaas (2017). *Gevoeligheidsanalyse volumiek gewicht klei dijkversterking*. Kenmer: 2017/0051, d.d. 17-01-2018.
8. RWS (2016). *Database WBI2017_Bovenmaas_hoge_kades_83-1_85-1_86-1_91-1_92-1_93-1_v01*.
9. Ministerie van Infrastructuur en Milieu (2017). *Regeling veiligheid primaire waterkeringen 2017. Bijlage III Sterkte en veiligheid*.
10. RWS. (2016). *Consequentieanalyse Nieuwe Normering & WBI2017*.
11. Ministerie van Infrastructuur en Milieu (2016b). *Schematiseringshandleiding macrostabiliteit*.
12. Ministerie van Infrastructuur en Milieu (2016a). *Schematiseringshandleiding microstabiliteit*.
13. NNI (2006). *NEN 3650-1, Eisen voor buisleidingsystemen - Deel 1*.
14. NNI (2006). *NEN 3651, Aanvullende eisen voor leidingen in kruisingen met belangrijke waterstaatswerken*.

BIJLAGE 1 Grondonderzoek

Tabel 1: Beschikbare boringen t.p.v. de binnenteen

Dijk	Dijkvak	Boring	Maaiveld [m + NAP]	Dikte deklaag [m]	Onderkant deklaag [m+NAP]
Oostdijk	1	11	37,6	4,3	33,3
		12	38,1	4,3	33,8
		13	37,8	3,9	33,9
		14	37,0	3,5	33,5
Oostdijk	2	15	37,0	3,5	33,5
		16	37,0	3,5	33,5
		17	36,8	3,5	33,3
		18	37,1	3,0	34,1
		19	37,0	4,2	32,8
		20	36,9	2,0	34,9
Oostdijk	3	1	36,2	3,0	33,2
		2	36,1	2,5	33,6
		3	36,0	1,8	34,2
		4	35,3	3,0	32,3
		5	35,4	1,8	33,6
		6	35,7	2,0	33,7
		7	34,8	2,0	32,8
		8	35,8	2,5	33,3
		9	35,6	2,5	33,1
		10	35,8	3,5	32,3
Westdijk	4	21	37,0	3,0	34,0
		22	37,0	2,5	34,5
		23	37,2	2,5	34,7
		24	36,9	2,5	34,4
Westdijk	5	25	36,8	3,2	33,6
		26	36,4	2,5	33,9
		27	36,2	2,0	34,2
		28	36,8	2,5	34,3

Tabel 2: Beschikbare boringen t.p.v. het voorland van de Westdijk

Dijk	Dijkvak	Boring	Maaiveld [m + NAP]	Dikte deklaag [m]	Onderkant deklaag [m+NAP]
Westdijk	4	29	37,0	3,0	34,0
		30	37,1	3,5	33,6
		31	37,0	3,0	34,0
		32	37,0	2,4	34,6
		33	37,0	2,7	34,3
Westdijk	5	34	37,0	2,1	34,9
		35	36,9	2,0	34,9
		36	36,2	2,0	34,2
		37	36,3	4,3	32,0



MILIEUTECHNISCH ADVIESBUREAU HEEL BV

St. Antoniusstraat 10
6097 ND Panheel
Postbus 5049
6097 ZG Heel
Telefoon
(0475) 57 32 31
Telefax
(0475) 57 15 09
E-mail: info@mah-bv.nl
Website: www.mah-bv.nl

ABN AMRO bank
NL47 ABNA 060 35 70 186
KvK Roermond
13038100
BTW-nummer
NL8048.57.544.B01

Consortium Grensmaas
Dhr. L. de Gier
Postbus 36
6120 AA Born

uw ref: -

onze ref: 945CGM/17/R1

Panheel, 17 oktober 2017

Betreft : Profielboringen naast nieuwe dijk te Maasband
Behandeld door : Dhr. ing. E. van Horen

Geachte heer de Gier,

Hierbij ontvangt u de profielboringen die door MAH BV zijn uitgevoerd op een traject naast de nieuwe dijk te Maasband.

Doel

Het doel van de profielboringen is het bepalen van de bodemopbouw op het traject en de diepte waarop het toutvenant pakket begint.

Waarborg

Het veldwerk is door dhr. M. Linssen uitgevoerd onder certificaat EC-SIK-20307 "Veldwerk bij milieuhygiënisch bodemonderzoek (vigerende versie) en conform VKB protocol 2001 'Plaatsen van handboringen en peilbuizen, maken van boorbeschrijvingen het nemen van grondmonsters en waterpassen' (vigerende versie). Hierbij zij tevens vermeld dat MAH BV of de overige aan dit bedrijf gelieerde ondernemingen binnen de holding Bloem Beheer BV geen eigenaar is van de onderzoekslocatie. De avegaarboringen zijn uitgevoerd onder certificaat 2013-146 "Mechanisch boren" door Puttenboorbedrijf L. Kurstjens BV conform protocol 2101 "Mechanisch boren" (vigerende versie).

Dit bodemonderzoek is door MAH BV met de grootste zorg en conform de vigerende richtlijnen uitgevoerd. Desondanks kunnen de onderzoeksresultaten afwijkingen vertonen met de werkelijke situatie aangezien de resultaten een momentopname zijn en onderhevig kunnen zijn aan veranderingen als gevolg van biologische, chemische en/of fysische processen in de bodem.

Uitvoering veldwerk

Het veldwerk is op 17 oktober 2017 uitgevoerd met behulp van een avegaarboor. In bijlage 1 is een luchtfoto met de ligging van de boorpunten (01 t/m 10) opgenomen. De boorpunten zijn voorafgaand aan het veldwerk middels piketten uitgezet door PS Survey. De x- en y-coördinaten van de piketten zijn opgenomen in bijlage 2. De boorprofielen zijn opgenomen in bijlage 3.

Bespreking bevindingen

Uit de boorprofielen blijkt dat er overwegend sprake is van een deklaag die in dikte varieert van 1,8 tot 3,5 meter en bestaat uit leem en plaatselijk klei met een bijmenging van grind. Onder de deklaag is het toutvenant pakket aanwezig.

Wij vertrouwen erop u hiermee voldoende te hebben geïnformeerd. Heeft u naar aanleiding van deze briefrapportage nog vragen c.q. opmerkingen dan kunt u met ondergetekende contact opnemen.

Met vriendelijke groet
Milieutechnisch Adviesbureau Heel BV



Ing. E.G.C. van Horen
Directeur

Bijlagen:

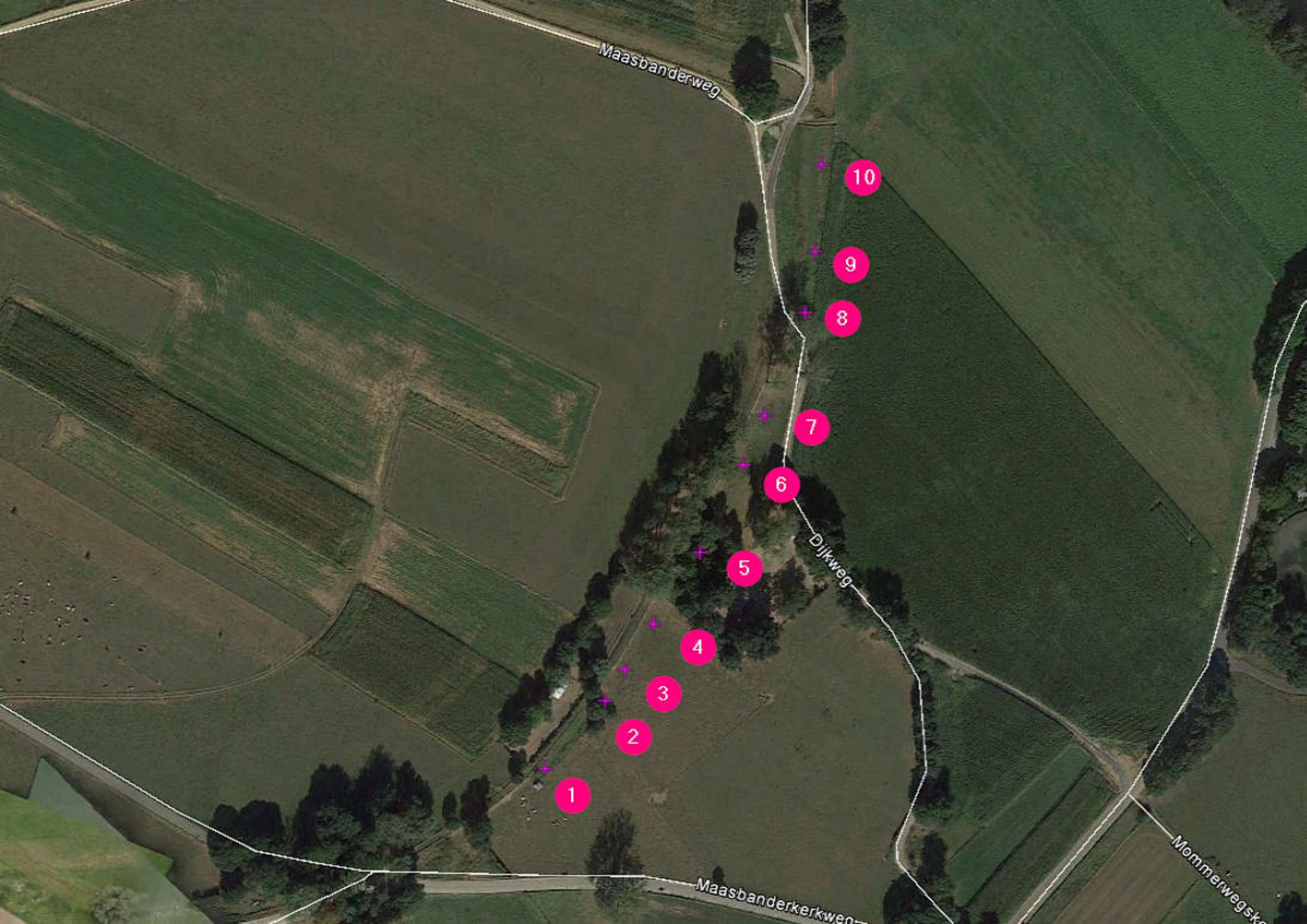
- 1 Luchtfoto met boorpunten
- 2 X- en Y-coördinaten
- 3 Profielbeschrijvingen



BIJLAGEN



BIJLAGE 1
LUCHTFOTO MET BOORPUNTEN



Maasbanderweg

10

9

8

7

6

Dijkweg

5

4

3

2

1

Maasbanderkerkweg

Mommerwegsk



BIJLAGE 2
X- EN Y-COORDINATEN



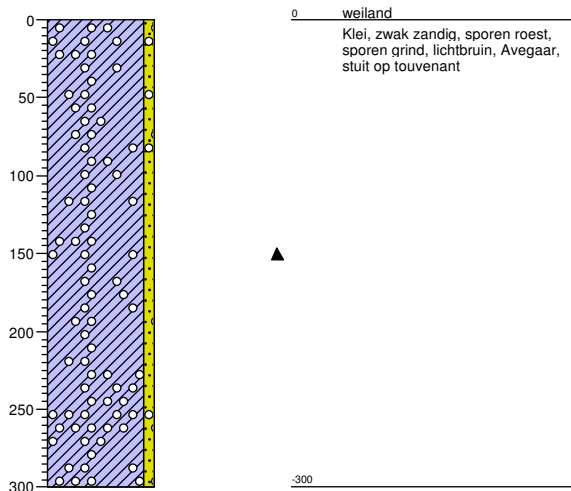
NR.	X	Y	Z	PERCEEL
1	180186.30	331526.42	36.19	STE E 20
2	180216.26	331560.82	36.08	STE E 20
3	180226.03	331576.34	36.01	STE E 2095
4	180240.40	331599.50	35.28	STE E 2095
5	180263.89	331635.74	35.41	STE E 2094
6	180285.46	331679.80	35.70	STE E 7
7	180296.05	331704.72	34.76	STE A 986
8	180316.20	331756.45	35.77	STE A 3516
9	180321.22	331787.43	35.55	STE A 3516
10	180324.04	331831.12	35.77	STE A 3516



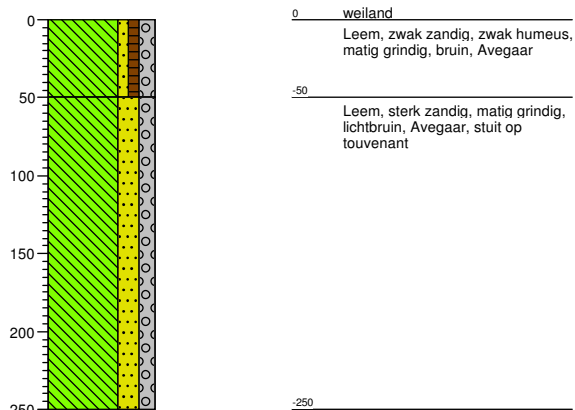
BIJLAGE 3

PROFIELBESCHRIJVINGEN

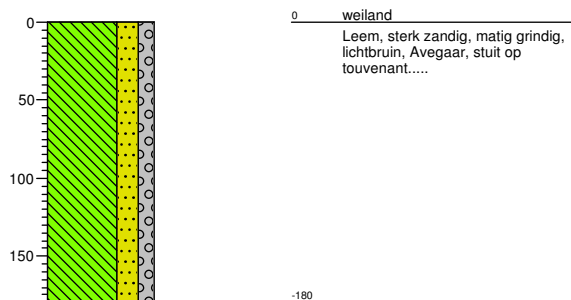
Boring: 01



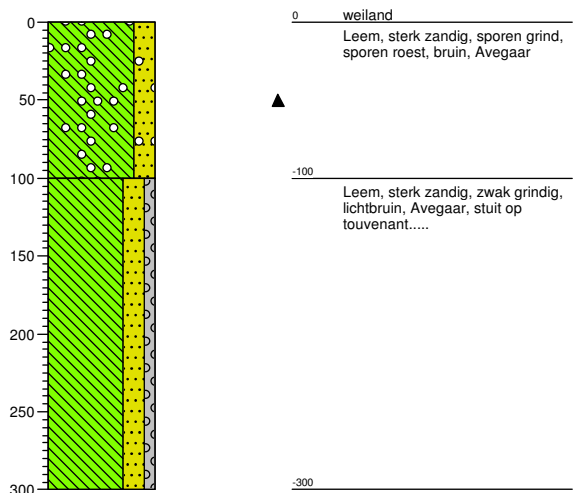
Boring: 02



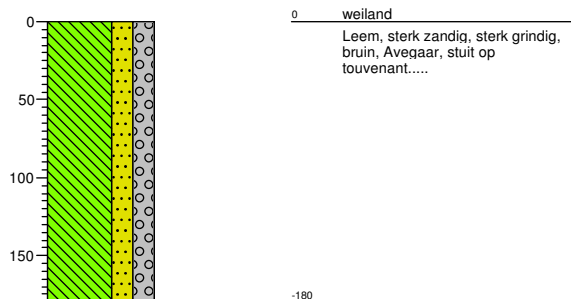
Boring: 03



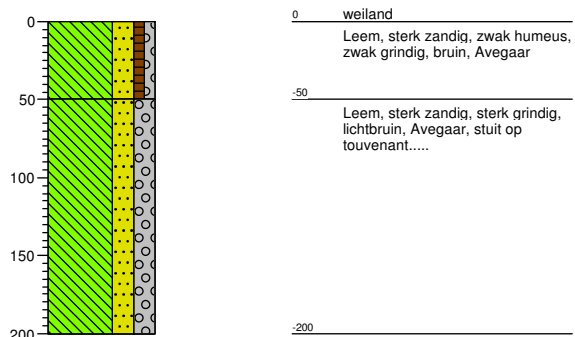
Boring: 04



Boring: 05



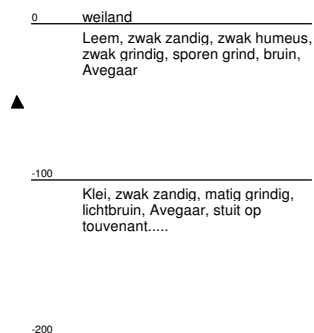
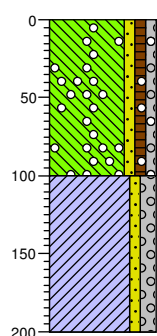
Boring: 06



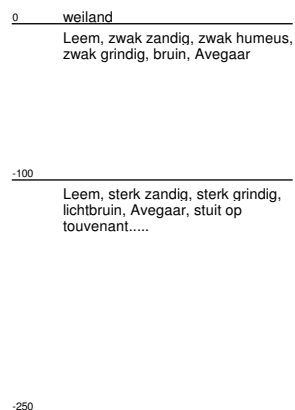
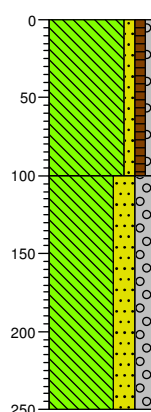
Boringen naast nieuwe dijk te Maasband

Projectcode: 945CGM/17-2

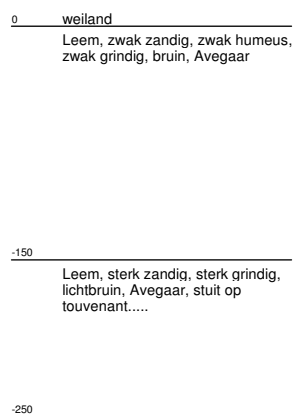
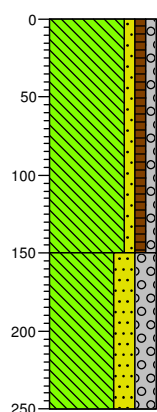
Boring: 07



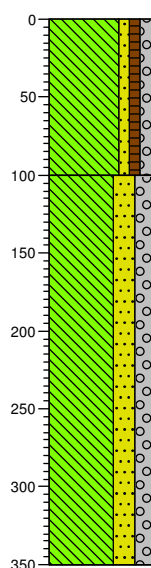
Boring: 08



Boring: 09



Boring: 10

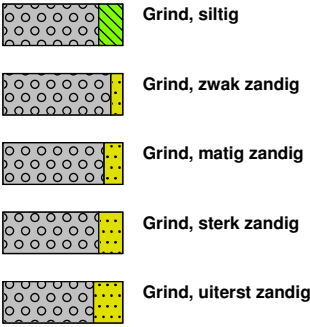


Boringen naast nieuwe dijk te Maasband

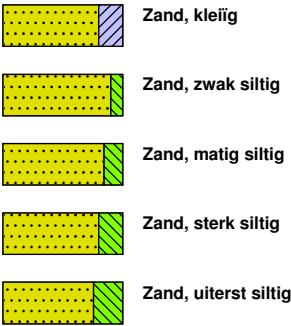
Projectcode: 945CGM/17-2

Legenda (conform NEN 5104)

grind



zand



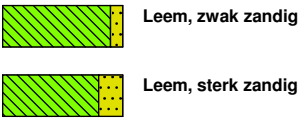
veen



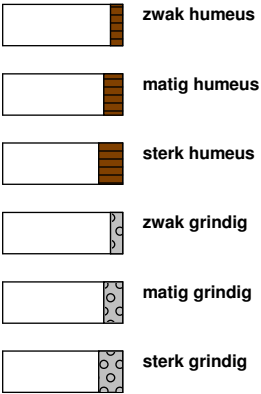
klei



leem



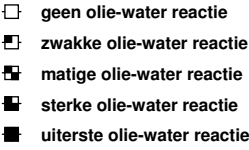
overige toevoegingen



geur



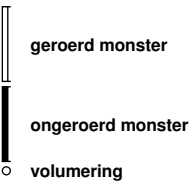
olie



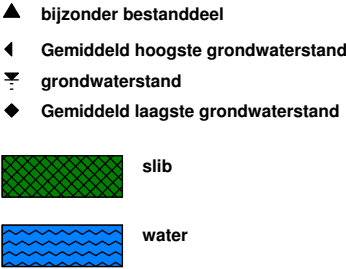
p.i.d.-waarde



monsters



overig





MILIEUTECHNISCH ADVIESBUREAU HEEL BV

St. Antoniusstraat 10
6097 ND Panheel
Postbus 5049
6097 ZG Heel
Telefoon
(0475) 57 32 31
Telefax
(0475) 57 15 09
E-mail: info@mah-bv.nl
Website: www.mah-bv.nl

ABN AMRO bank
NL47 ABNA 060 35 70 186
KvK Roermond
13038100
BTW-nummer
NL8048.57.544.B01

Consortium Grensmaas
Dhr. L. de Gier
Postbus 36
6120 AA Born

uw ref: -

onze ref: 158CGM/18/R1

Panheel, 28 februari 2018

Betreft : Profielboringen naast nieuwe dijk te Maasband
Behandeld door : Dhr. ing. E. van Horen

Geachte heer de Gier,

Hierbij ontvangt u de profielboringen die door MAH BV zijn uitgevoerd op een traject naast de nieuwe dijk te Maasband.

Doel

Het doel van de profielboringen is het bepalen van de bodemopbouw op het traject en de diepte waarop het toutvenant pakket begint.

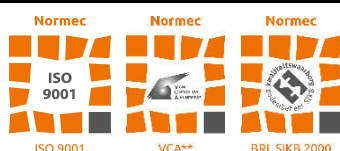
Waarborg

Het veldwerk is door dhr. M. Angenent van MAH BV uitgevoerd onder certificaat EC-SIK-20307 "Veldwerk bij milieuhygiënisch bodemonderzoek (vigerende versie) en conform VKB protocol 2001 'Plaatsen van handboringen en peilbuizen, maken van boorbeschrijvingen het nemen van grondmonsters en waterpassen' (vigerende versie). Hierbij zij tevens vermeld dat MAH BV of de overige aan dit bedrijf gelieerde ondernemingen binnen de holding Bloem Beheer BV geen eigenaar is van de onderzoekslocatie. De avegaarboringen zijn uitgevoerd onder certificaat NCK.2016.366.BRL2100 door Puttenboorbedrijf L. Kurstjens B.V. conform protocol 2101 "Mechanisch boren" (vigerende versie).

Dit bodemonderzoek is door MAH BV met de grootste zorg en conform de vigerende richtlijnen uitgevoerd. Desondanks kunnen de onderzoeksresultaten afwijkingen vertonen met de werkelijke situatie aangezien de resultaten een momentopname zijn en onderhevig kunnen zijn aan veranderingen als gevolg van biologische, chemische en/of fysische processen in de bodem.

Uitvoering veldwerk

Het veldwerk is op 27 en 28 februari 2018 uitgevoerd met behulp van een avegaarboor. In bijlage 1 is een luchtfoto met de ligging van de boorpunten (11 t/m 37) opgenomen. De boorpunten zijn voorafgaand aan het veldwerk middels piketten uitgezet door PS Survey. De x- en y-coördinaten van de piketten zijn opgenomen in bijlage 2. De boorprofielen zijn opgenomen in bijlage 3.



Foto's van de boorpunten 12, 13 en 14, die vanwege de aanwezigheid van een afrastering / depot met grind niet ter plaatse van de piketten gezet konden worden en derhalve enigszins zijn verplaatst, zijn opgenomen in bijlage 4.

Bespreking bevindingen

Uit de boorprofielen blijkt dat er sprake is van een deklaag die in dikte varieert van 2,0 tot 4,2 meter en bestaat uit leem en plaatselijk klei met een bijmenging van grind. Onder de deklaag is het toutvenant pakket aanwezig. De boringen 12, 13 en 14 zijn zoals eerder beschreven enigszins verplaatst ten opzichte van het boorplan. Ter plaatse van boring 11 en 12 is het toutvenant pakket niet bereikt binnen de maximale boordiepte van de avegaarboor van 4,3 meter. Verder is ter plaatse van de boringen 11 en 15 (terrein L'Ortye) een laag kiezel (ca. 1,0 meter) aanwezig als gevolg van de ophoging van het terrein (geen natuurlijke bodemopbouw). Ter plaatse van boring 13 is een grindlaag aanwezig als gevolg van de funderingslaag van de weg.

Wij vertrouwen erop u hiermee voldoende te hebben geïnformeerd. Heeft u naar aanleiding van deze briefrapportage nog vragen c.q. opmerkingen dan kunt u met ondergetekende contact opnemen.

Met vriendelijke groet
Milieutechnisch Adviesbureau Heel BV

Ing. E.G.C. van Horen
Directeur

Bijlagen:

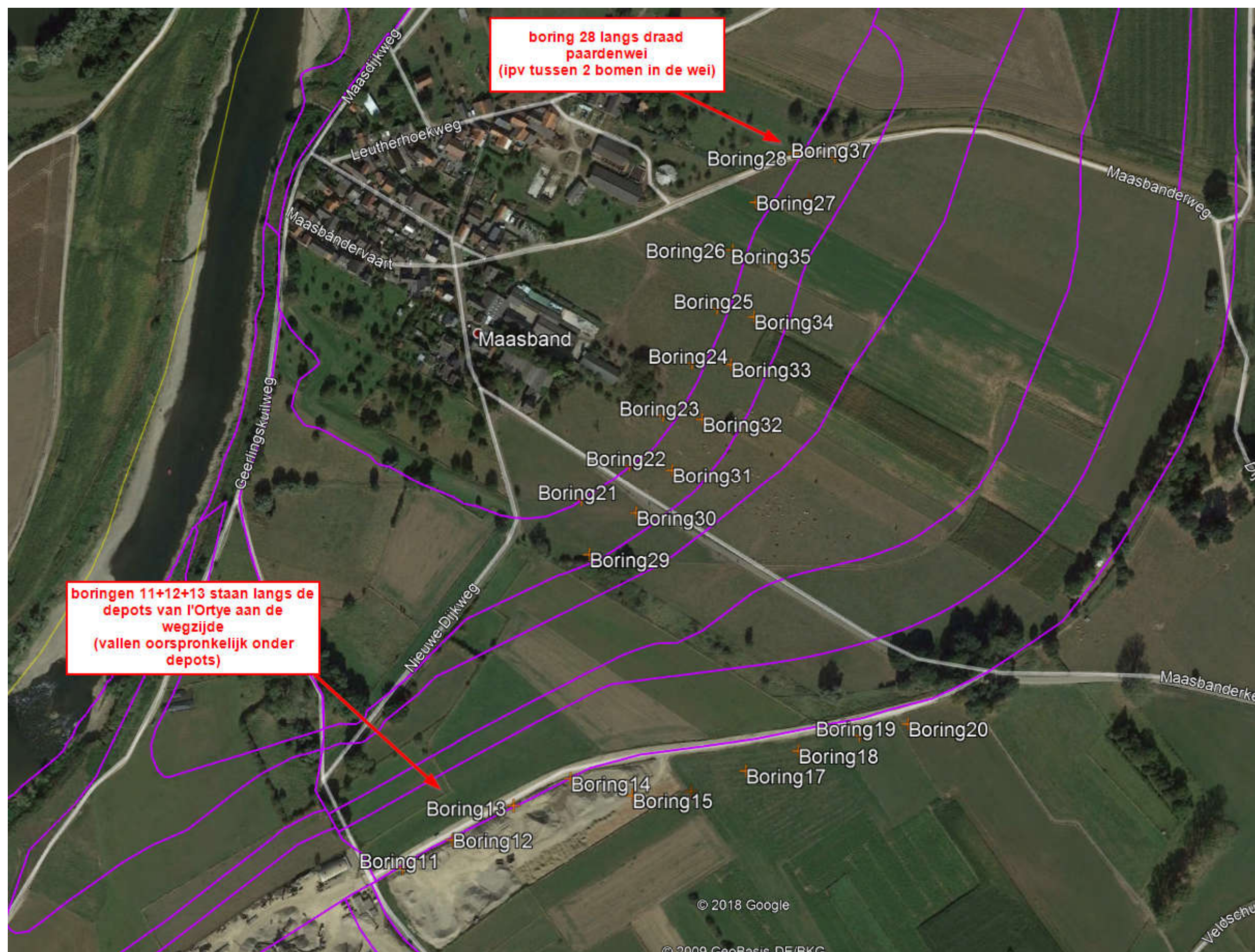
- 1 Luchtfoto met boorpunten
- 2 X- en Y-coördinaten en Z-hoogten
- 3 Profielbeschrijvingen
- 4 Foto's verplaatste boringen



BIJLAGEN



BIJLAGE 1
LUCHTFOTO MET BOORPUNTEN





BIJLAGE 2

X- EN Y-COORDINATEN EN Z-HOOGTEN



Nr	X	Y	Z
Boring11	179609.753	331307.926	37.630
Boring12	179651.296	331331.471	38.062
Boring13	179702.238	331360.216	37.770
Boring14	179750.125	331382.884	37.035
Boring15	179801.992	331368.981	37.045
Boring16	179850.991	331373.005	36.957
Boring17	179896.983	331390.009	36.839
Boring18	179940.997	331407.019	37.057
Boring19	179992.012	331420.009	36.986
Boring20	180032.975	331429.974	36.894
Boring21	179757.994	331615.978	36.997
Boring22	179798.021	331644.999	36.991
Boring23	179826.003	331687.003	37.185
Boring24	179850.028	331730.985	36.931
Boring25	179870.978	331776.980	36.847
Boring26	179884.015	331826.005	36.355
Boring27	179903.014	331866.026	36.171
Boring28	179935.166	331907.302	36.803
Boring29	179765.005	331570.007	36.966
Boring30	179804.000	331605.002	37.101
Boring31	179834.018	331640.999	37.026
Boring32	179858.999	331683.990	37.000
Boring33	179883.007	331730.014	37.022
Boring34	179901.989	331769.990	36.902

NB: de boringen 12, 13 en 14 zijn verplaatst, waardoor de X,Y-coördinaten en Z-hoogte (mogelijk) niet meer kloppen (zie ook foto's bijlage 4).

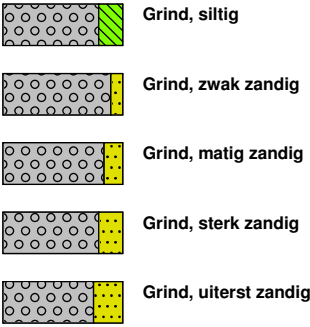


BIJLAGE 3

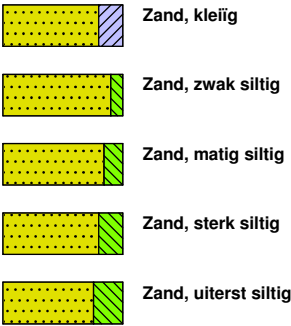
PROFIELBESCHRIJVINGEN

Legenda (conform NEN 5104)

grind



zand



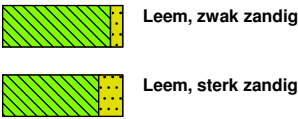
veen



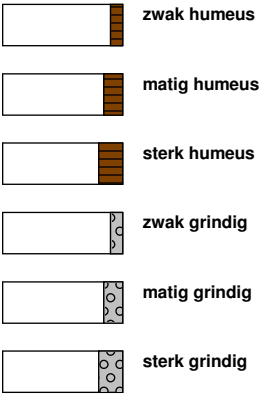
klei



leem



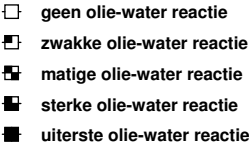
overige toevoegingen



geur



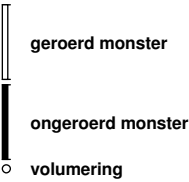
olie



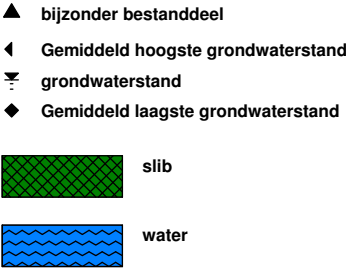
p.i.d.-waarde



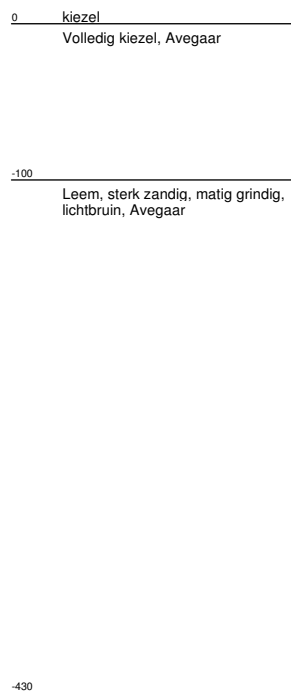
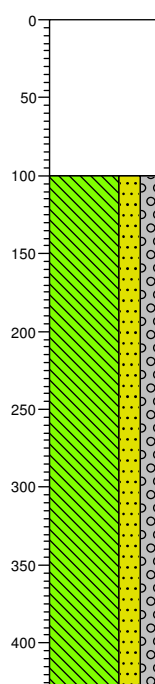
monsters



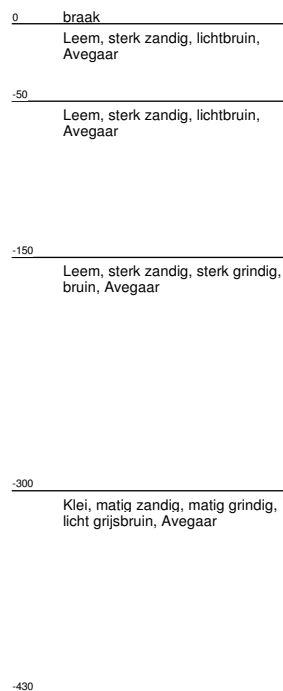
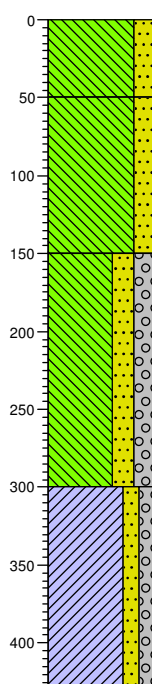
overig



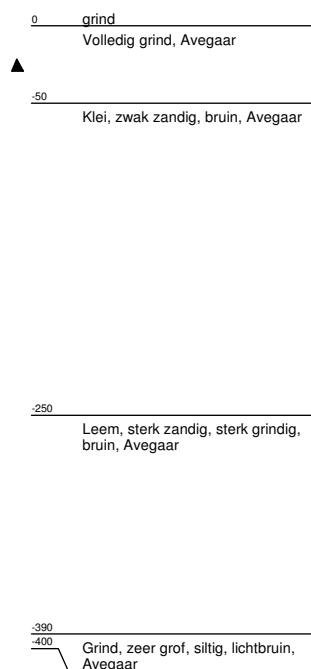
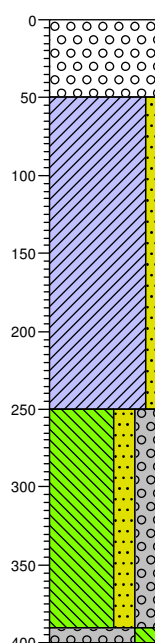
Boring: 11



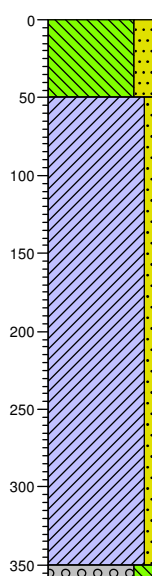
Boring: 12



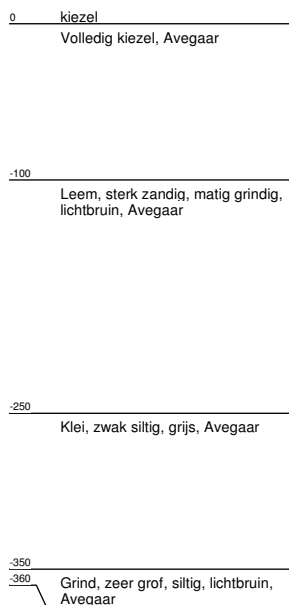
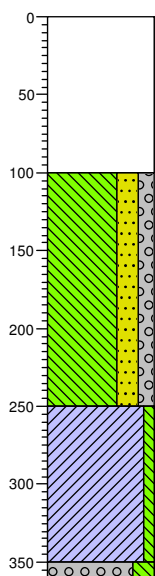
Boring: 13



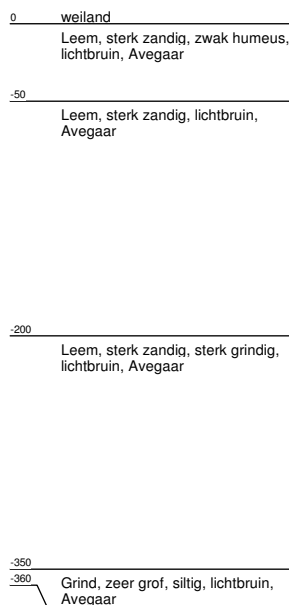
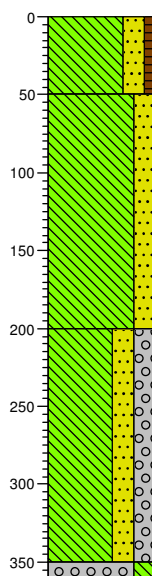
Boring: 14



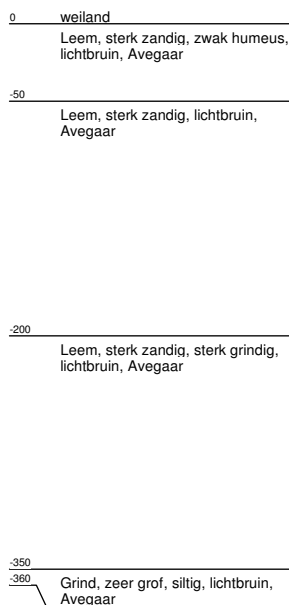
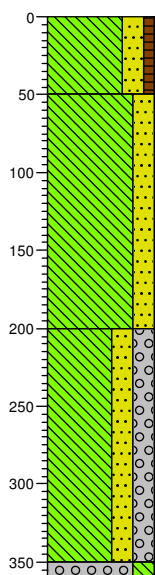
Boring: 15



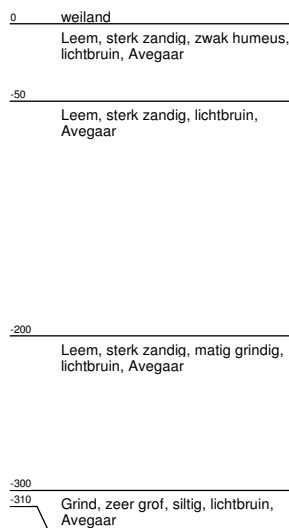
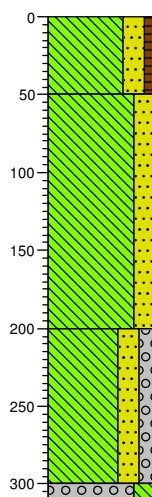
Boring: 16



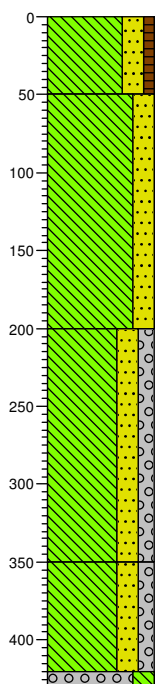
Boring: 17



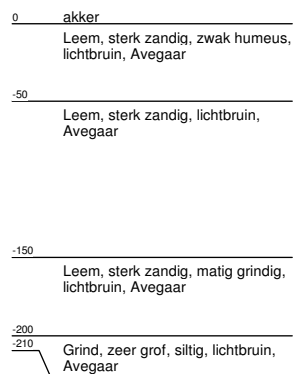
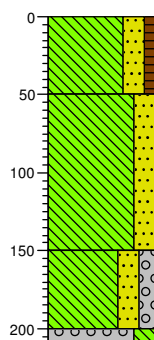
Boring: 18



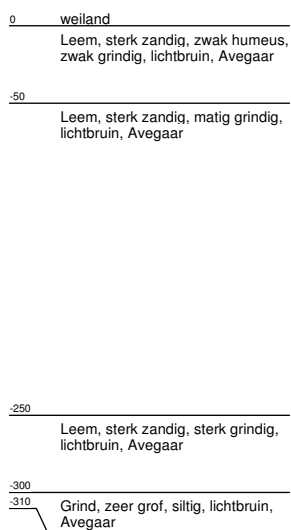
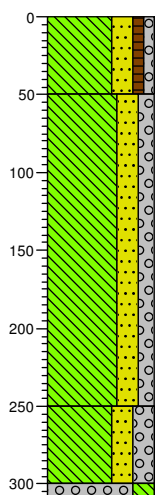
Boring: 19



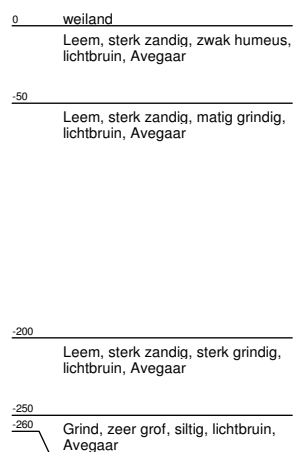
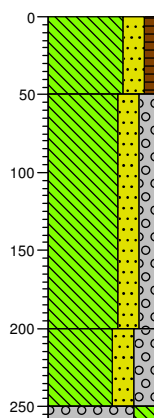
Boring: 20



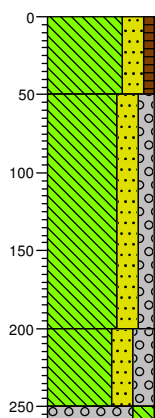
Boring: 21



Boring: 22

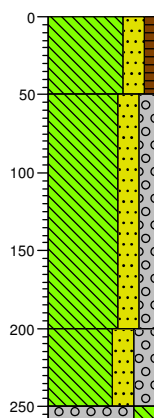


Boring: 23



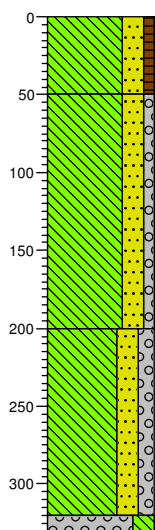
0	weiland
	Leem, sterk zandig, zwak humeus, lichtbruin, Avegaar
-50	
	Leem, sterk zandig, matig grindig, lichtbruin, Avegaar
-200	
	Leem, sterk zandig, sterk grindig, lichtbruin, Avegaar
-250	
-260	Grind, zeer grof, siltig, lichtbruin, Avegaar

Boring: 24



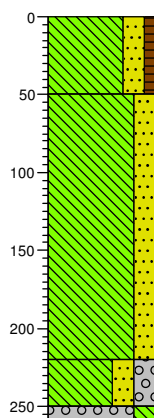
0	weiland
	Leem, sterk zandig, zwak humeus, lichtbruin, Avegaar
-50	
	Leem, sterk zandig, matig grindig, lichtbruin, Avegaar
-200	
	Leem, sterk zandig, sterk grindig, lichtbruin, Avegaar
-250	
-260	Grind, zeer grof, siltig, lichtbruin, Avegaar

Boring: 25



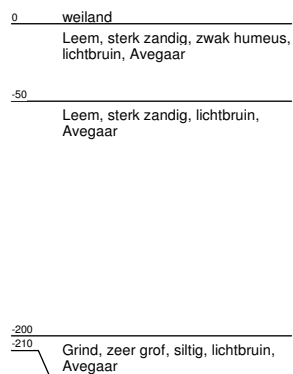
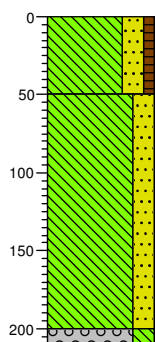
0	weiland
	Leem, sterk zandig, zwak humeus, lichtbruin, Avegaar
-50	
	Leem, sterk zandig, zwak grindig, lichtbruin, Avegaar
-200	
	Leem, sterk zandig, matig grindig, lichtbruin, Avegaar
-320	
-330	Grind, zeer grof, siltig, lichtbruin, Avegaar

Boring: 26

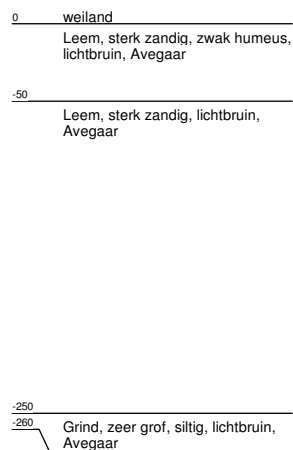
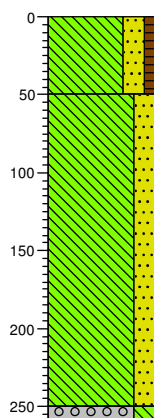


0	weiland
	Leem, sterk zandig, zwak humeus, lichtbruin, Avegaar
-50	
	Leem, sterk zandig, lichtbruin, Avegaar
-220	
	Leem, sterk zandig, sterk grindig, lichtbruin, Avegaar
-250	
-260	Grind, zeer grof, siltig, lichtbruin, Avegaar

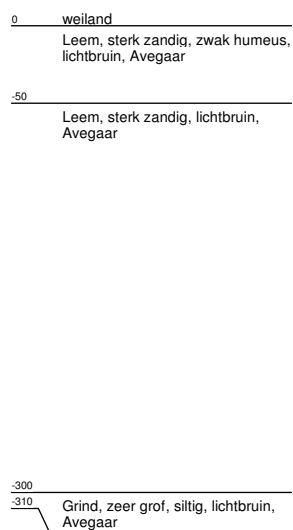
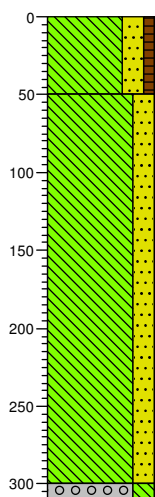
Boring: 27



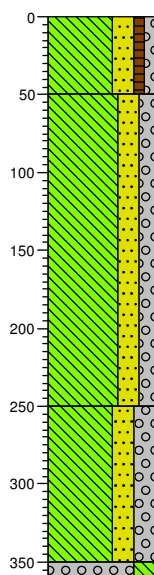
Boring: 28



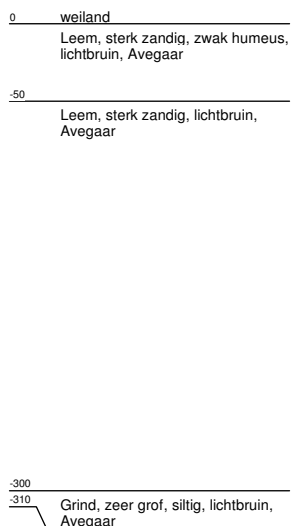
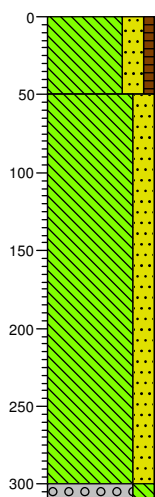
Boring: 29



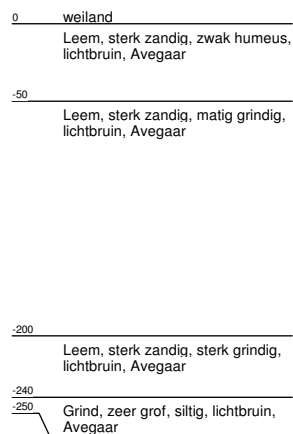
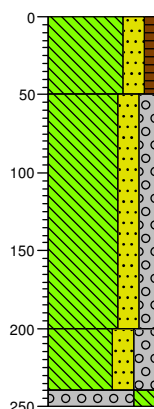
Boring: 30



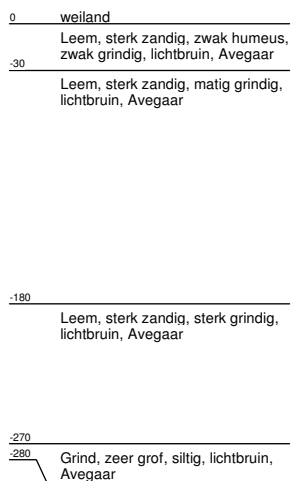
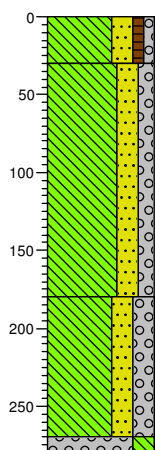
Boring: 31



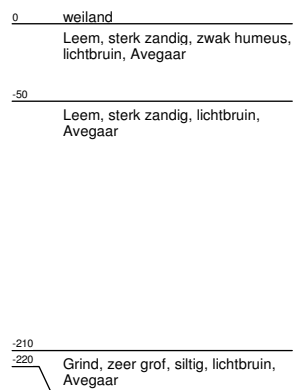
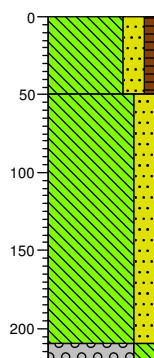
Boring: 32



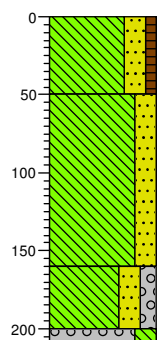
Boring: 33



Boring: 34

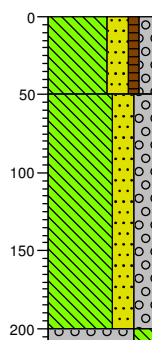


Boring: 35



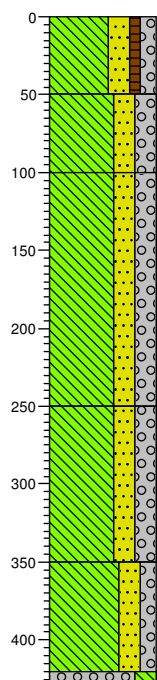
0	weiland
	Leem, sterk zandig, zwak humeus, lichtbruin, Avegaar
-50	
	Leem, sterk zandig, lichtbruin, Avegaar
-160	
	Leem, sterk zandig, matig grindig, lichtbruin, Avegaar
-200	
-210	Grind, zeer grof, siltig, lichtbruin, Avegaar

Boring: 36



0	weiland
	Leem, sterk zandig, zwak humeus, matig grindig, lichtbruin, Avegaar
-50	
	Leem, sterk zandig, sterk grindig, lichtbruin, Avegaar
-200	
-210	Grind, zeer grof, siltig, lichtbruin, Avegaar

Boring: 37



0	weiland
	Leem, sterk zandig, zwak humeus, matig grindig, lichtbruin, Avegaar
-50	
	Leem, sterk zandig, sterk grindig, lichtbruin, Avegaar
-100	
	Leem, sterk zandig, sterk grindig, lichtbruin, Avegaar
-250	
	Leem, sterk zandig, sterk grindig, lichtbruin, Avegaar
-350	
	Leem, sterk zandig, matig grindig, lichtbruin, Avegaar
-420	
-430	Grind, zeer grof, siltig, lichtbruin, Avegaar



BIJLAGE 4
FOTO'S VERPLAATSTE BORINGEN

Boring 12



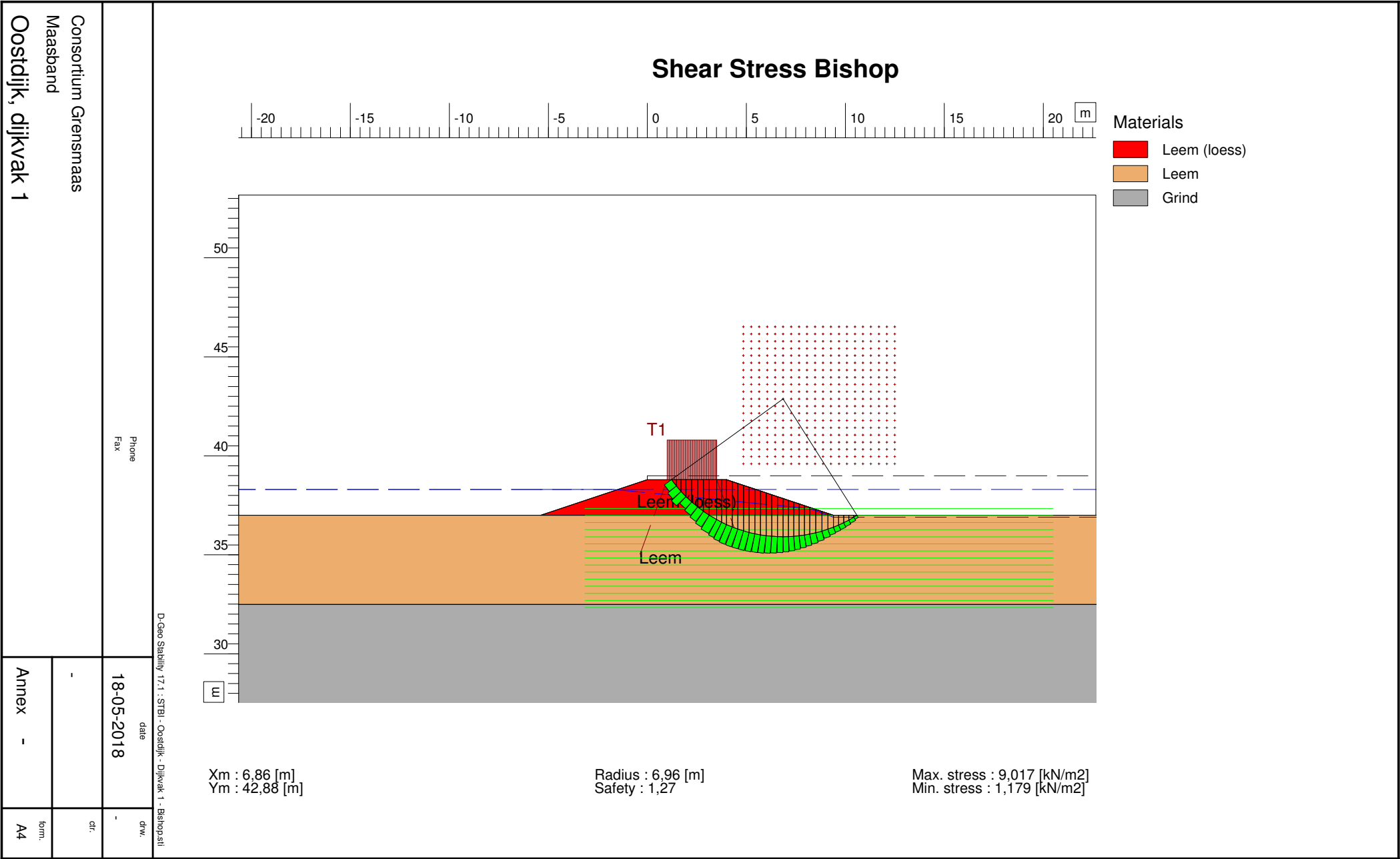
Boring 13



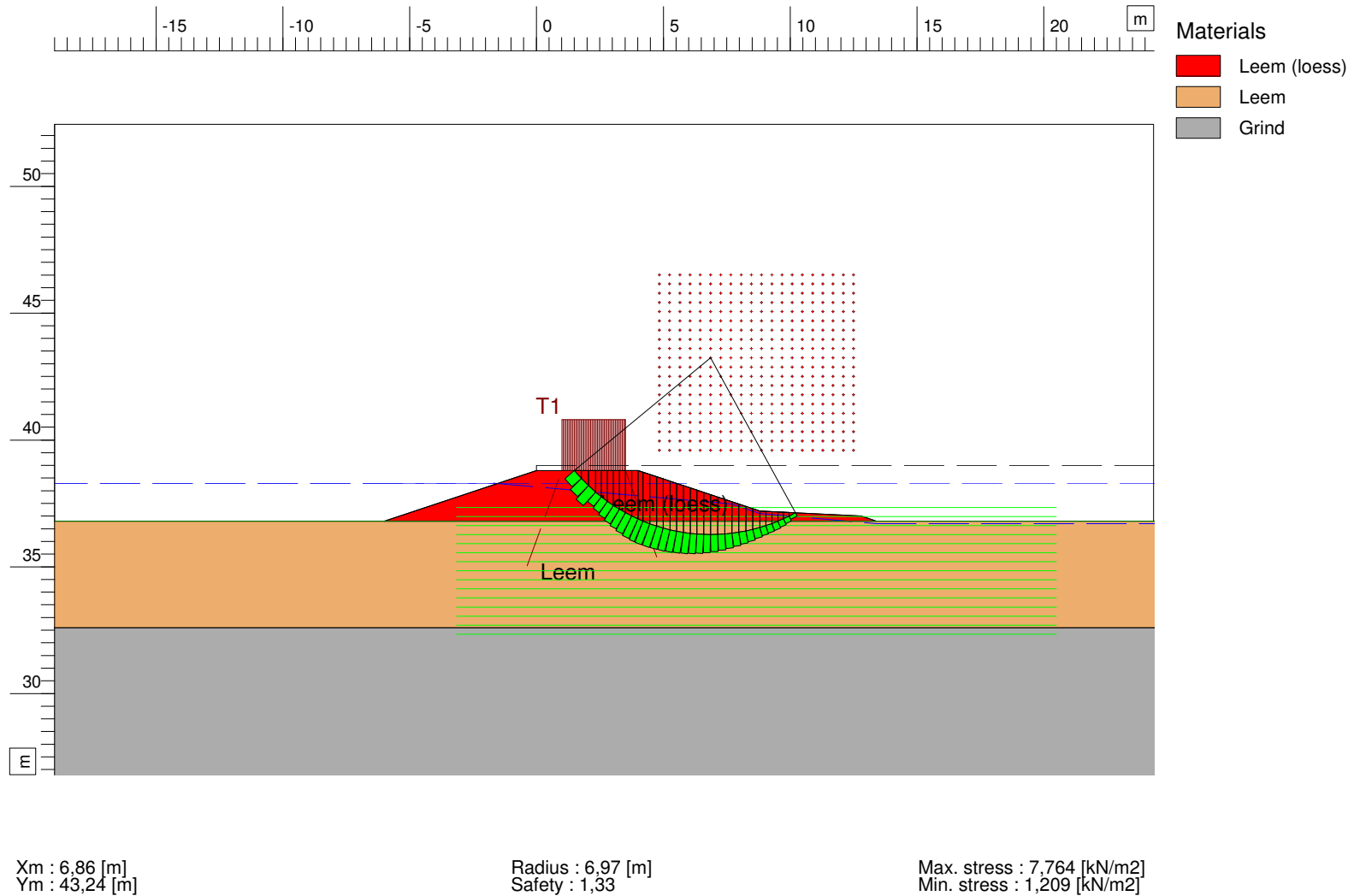
Boring 14



BIJLAGE 2 Berekeningen STBI (oude normering)



Shear Stress Bishop



Xm : 6,86 [m]
Ym : 43,24 [m]

Radius : 6,97 [m]
Safety : 1,33

Max. stress : 7,764 [kN/m²]
Min. stress : 1,209 [kN/m²]

Consortium Grensmaas
Maasband
Oostdijk, dijkvak 2

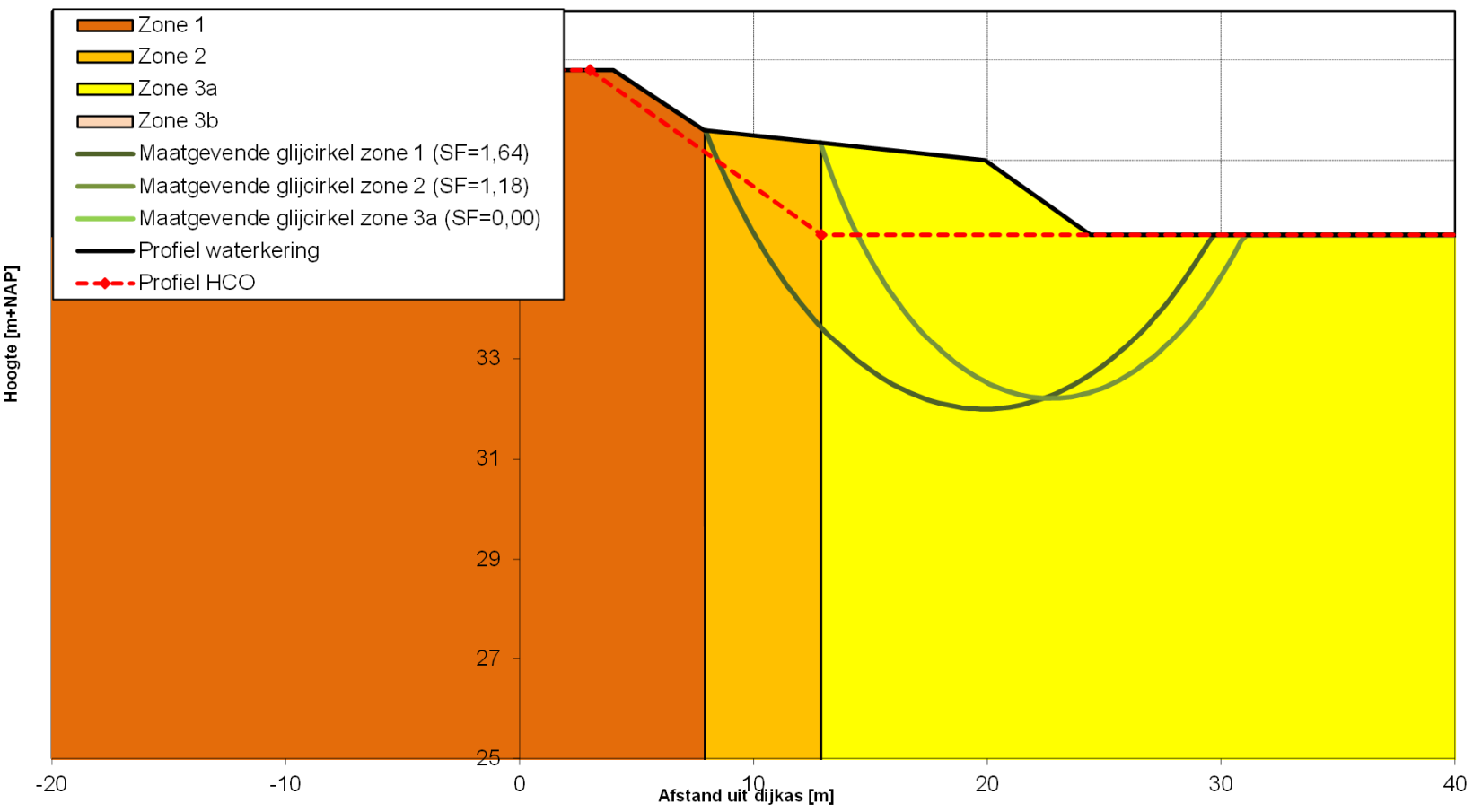
Phone
Fax

date
18-05-2018

D-Geo Stability 17.1 : STBI - Oostdijk - Dijkvak 2 - Bishop.sli

Annex

form.
A4



Witteveen - Bos

Postbus 233
7400 AE Deventer
Tel: 0570 697911

Fax: 0570 697944

date
18-05-2018

dw.

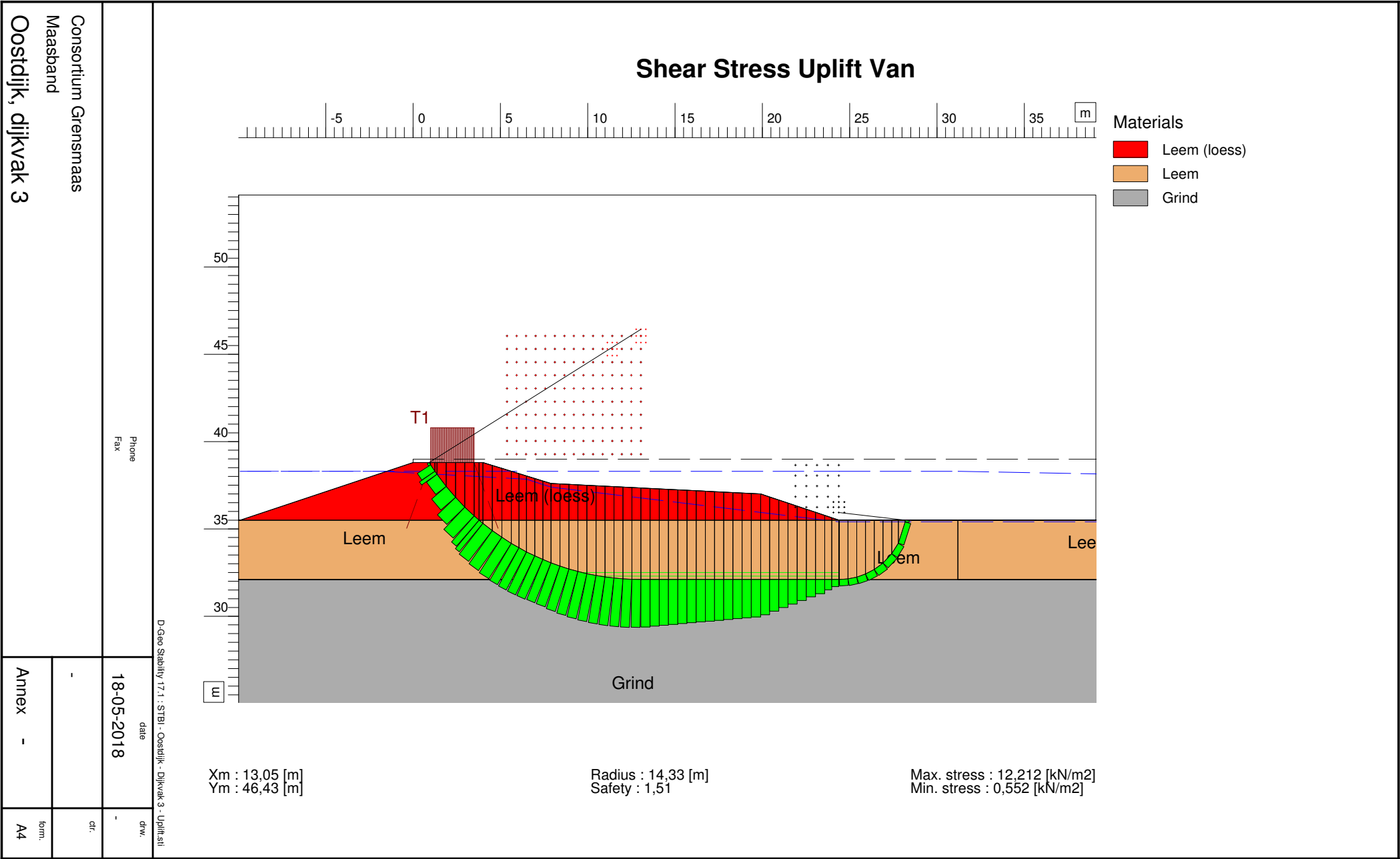
Consortium Grensmaas
Maasband

Oostdijk, dijkvak 3

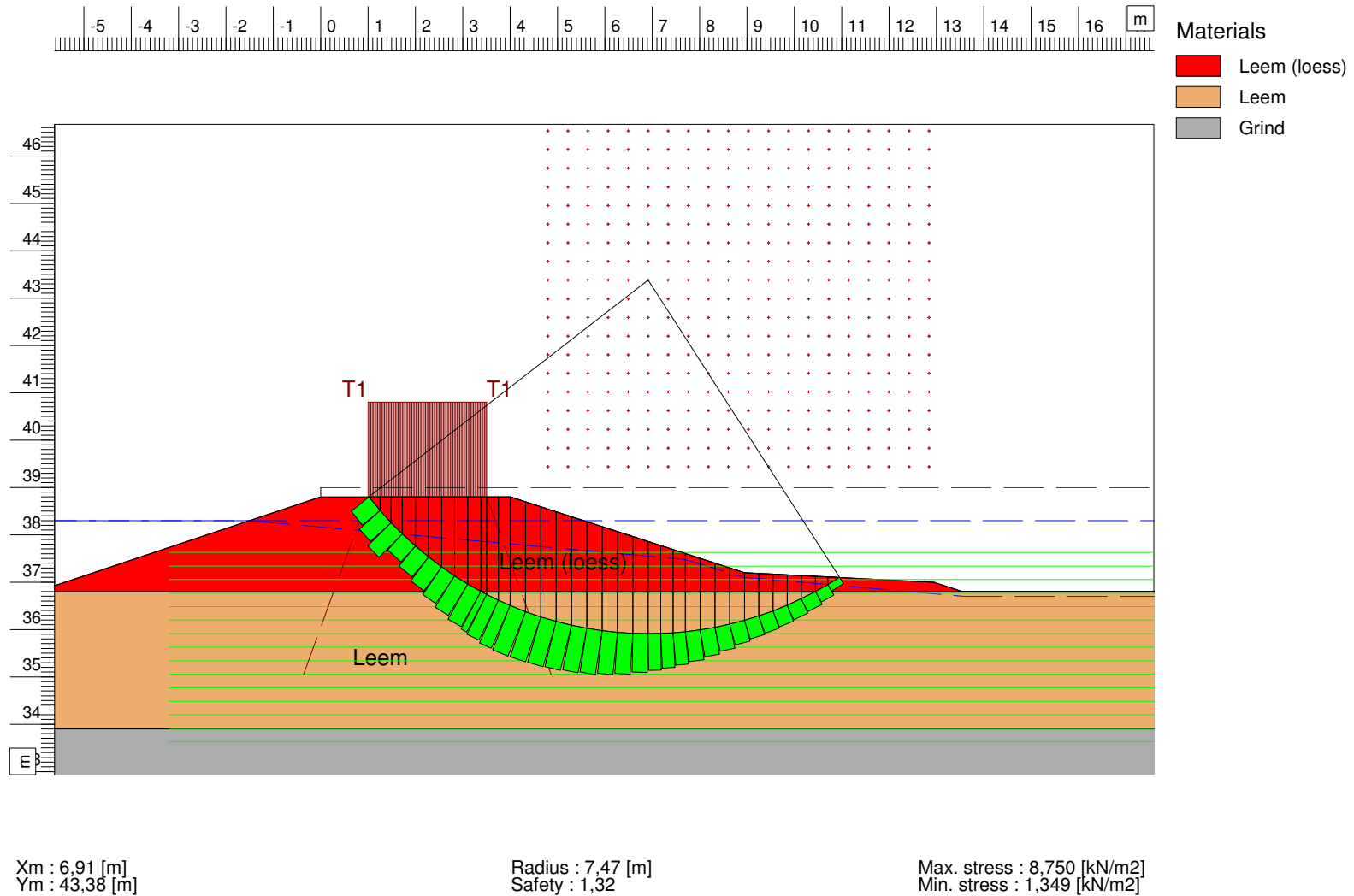
Annex -

EDM70-14

frm
A4



Shear Stress Bishop



Xm : 6,91 [m]
Ym : 43,38 [m]

Radius : 7,47 [m]
Safety : 1,32

Max. stress : 8,750 [kN/m²]
Min. stress : 1,349 [kN/m²]

Consortium Grensmaas
Maasband
Westdijk, dijkvak 4

Annex

date
18-05-2018

D-Geo Stabilty 17.1 : STBI - Westdijk - Dijkvak 4 - Bishop.sti

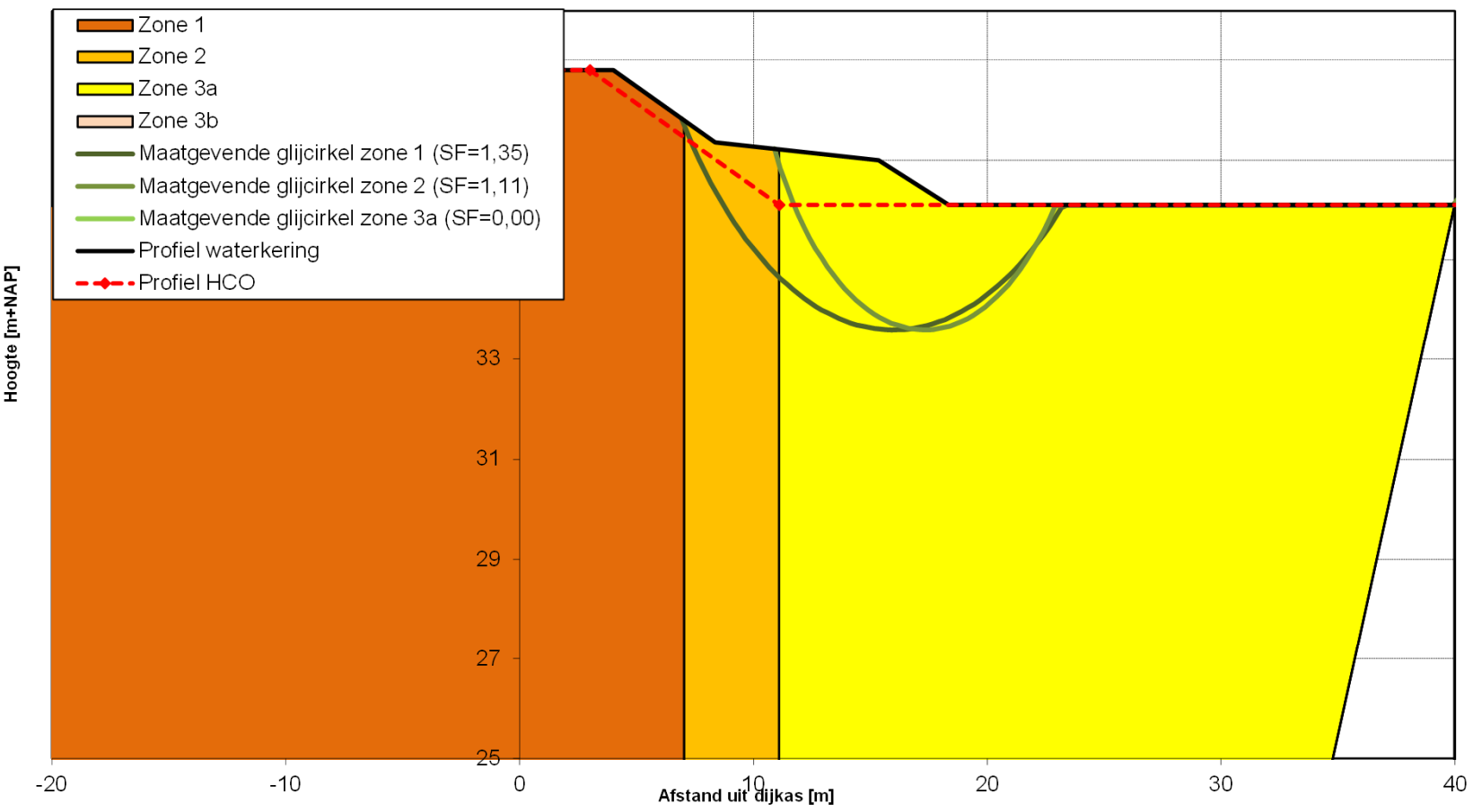
Phone
Fax

Materials

 Leem (loess)

 Leem

 Grind

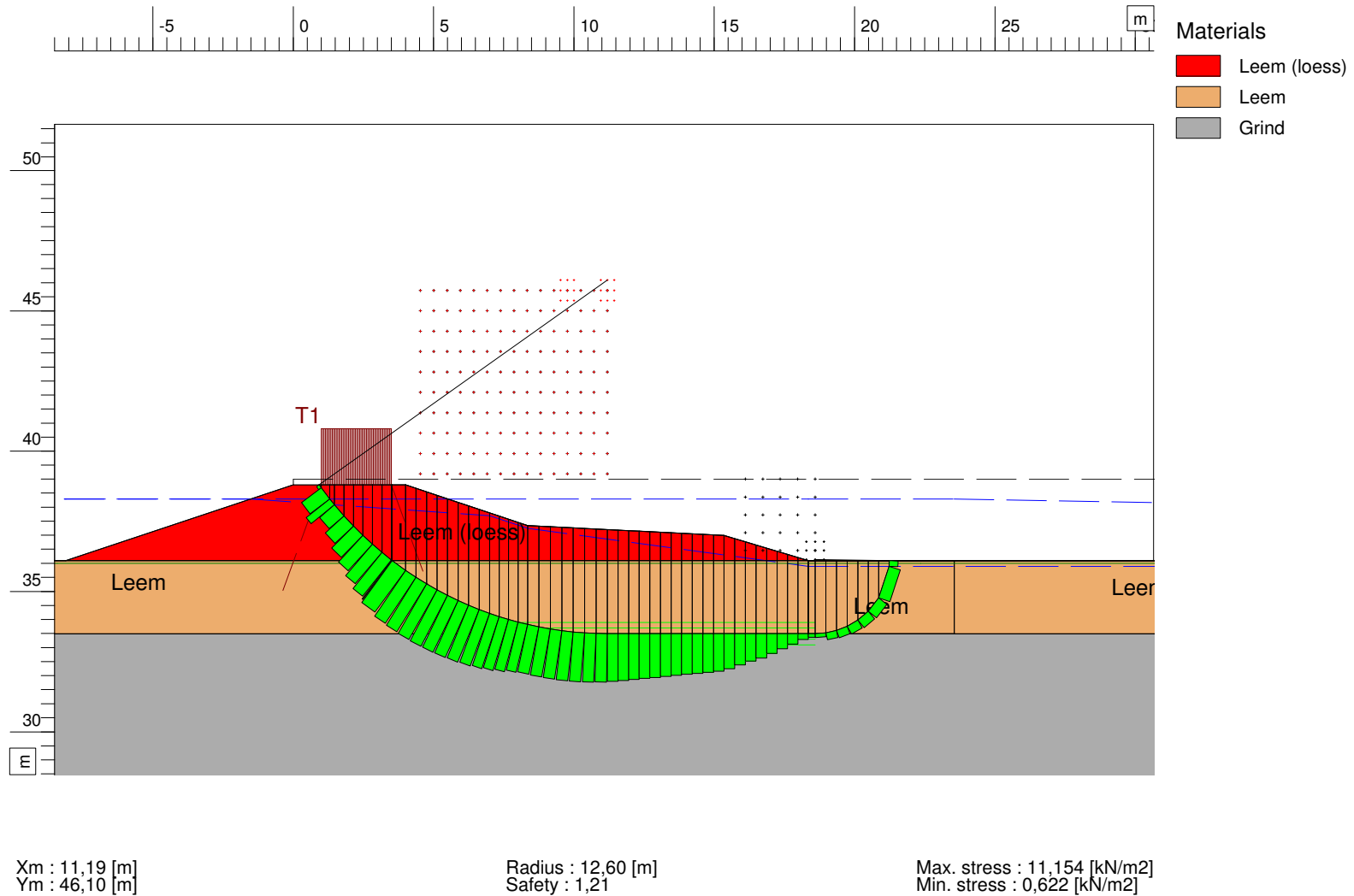


Bos	Postbus 233 7400 AE Deventer	Fax: 0570 697944 Tel: 0570 697911	date 18-05-2018	dw. -
------------	---------------------------------	--------------------------------------	--------------------	----------

Consortium Grensmaas Maasband	EDM70-14	Annex -	fm A4
----------------------------------	----------	---------	----------

Westdijk, dijkvak 5

Shear Stress Uplift Van



X_m : 11,19 [m]
Y_m : 46,10 [m]

Radius : 12,60 [m]
Safety : 1,21

Max. stress : 11,154 [kN/m²]
Min. stress : 0,622 [kN/m²]

Consortium Grensmaas
Maasband
Westdijk, dijkvak 5

Annex

date
18-05-2018

D-Geo Stability 17.1 : STBI - Westdijk - Dijkvak 5 - Uplift.sti

Phone
Fax

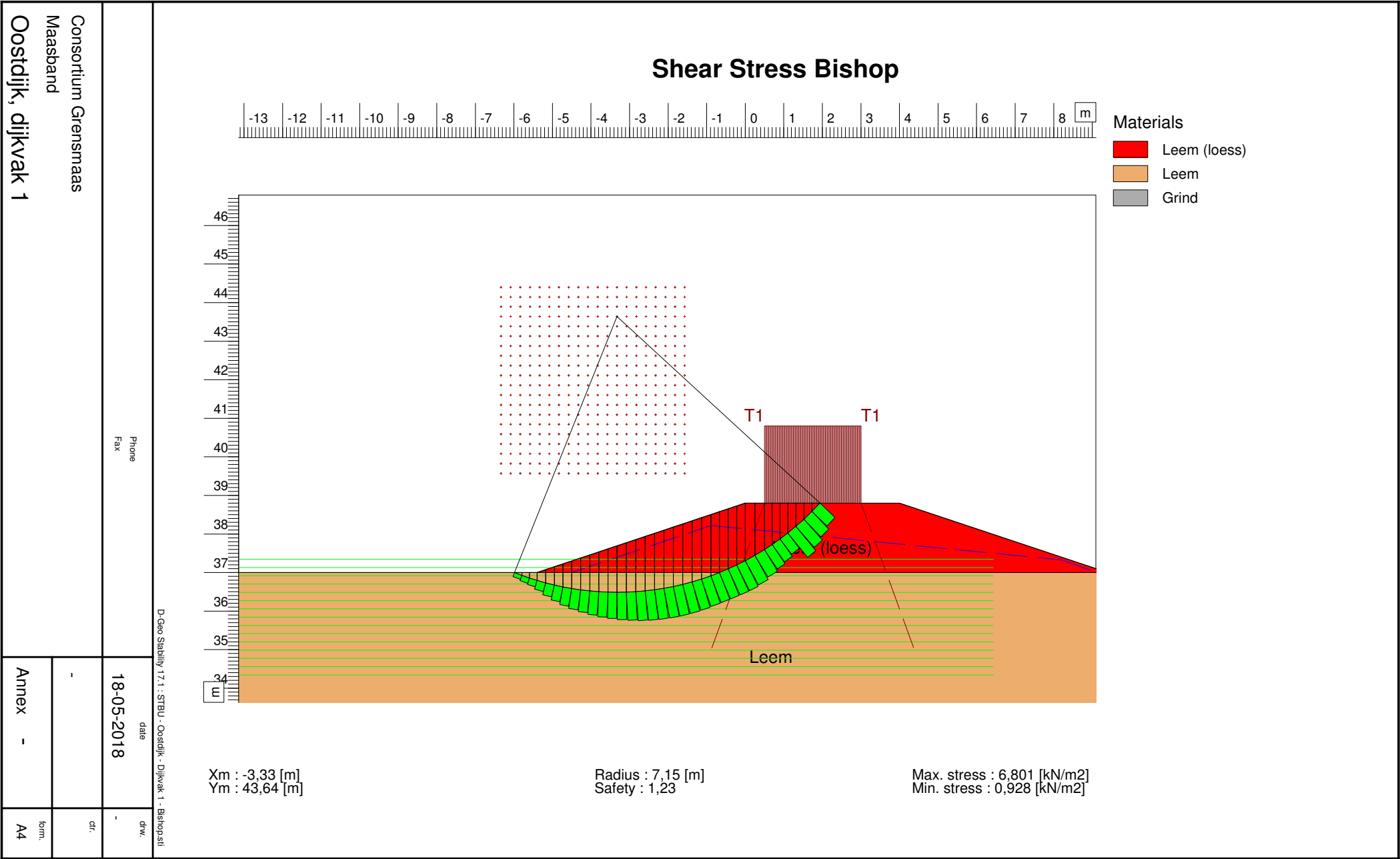
Materials

 Leem (loess)

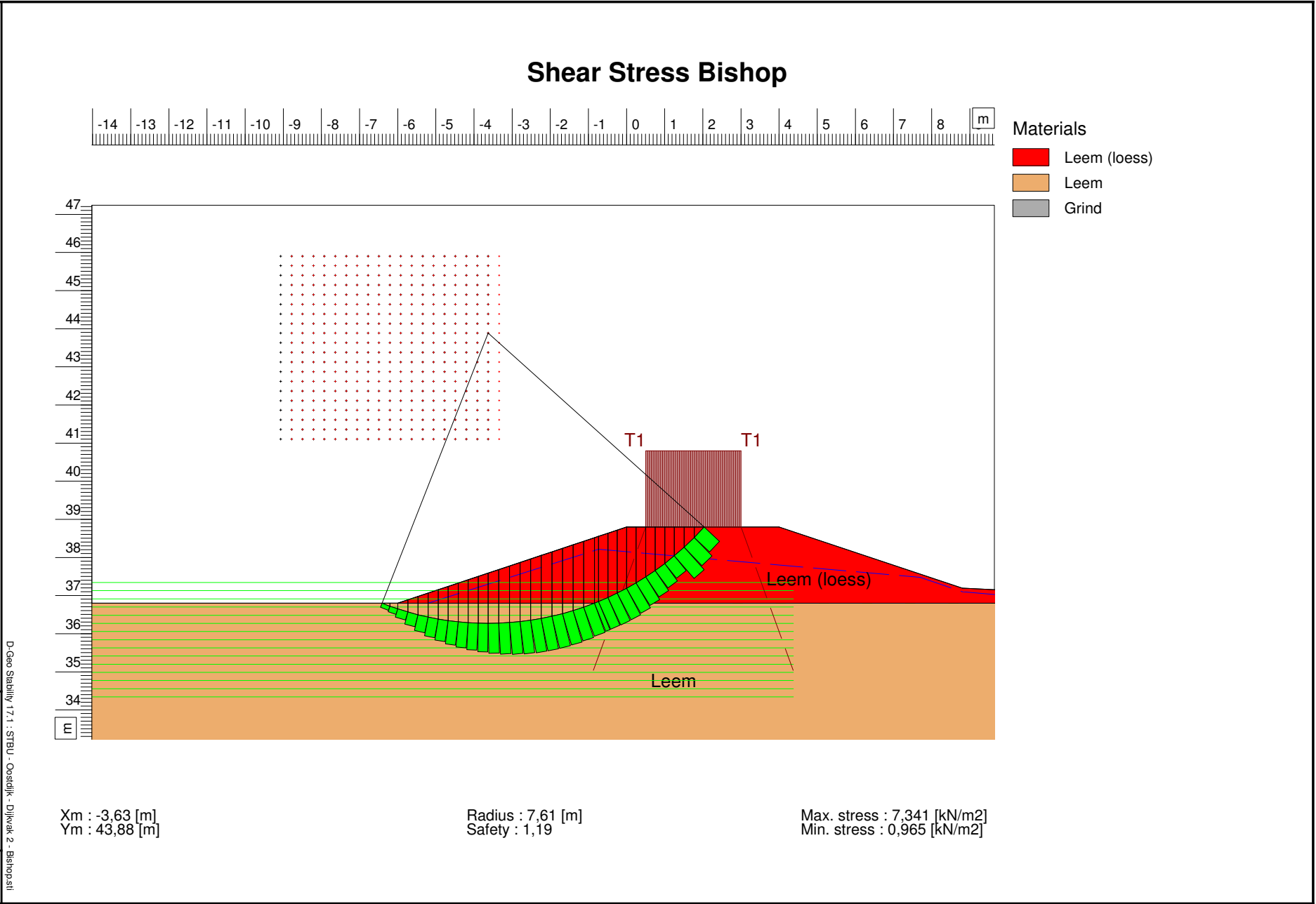
 Leem

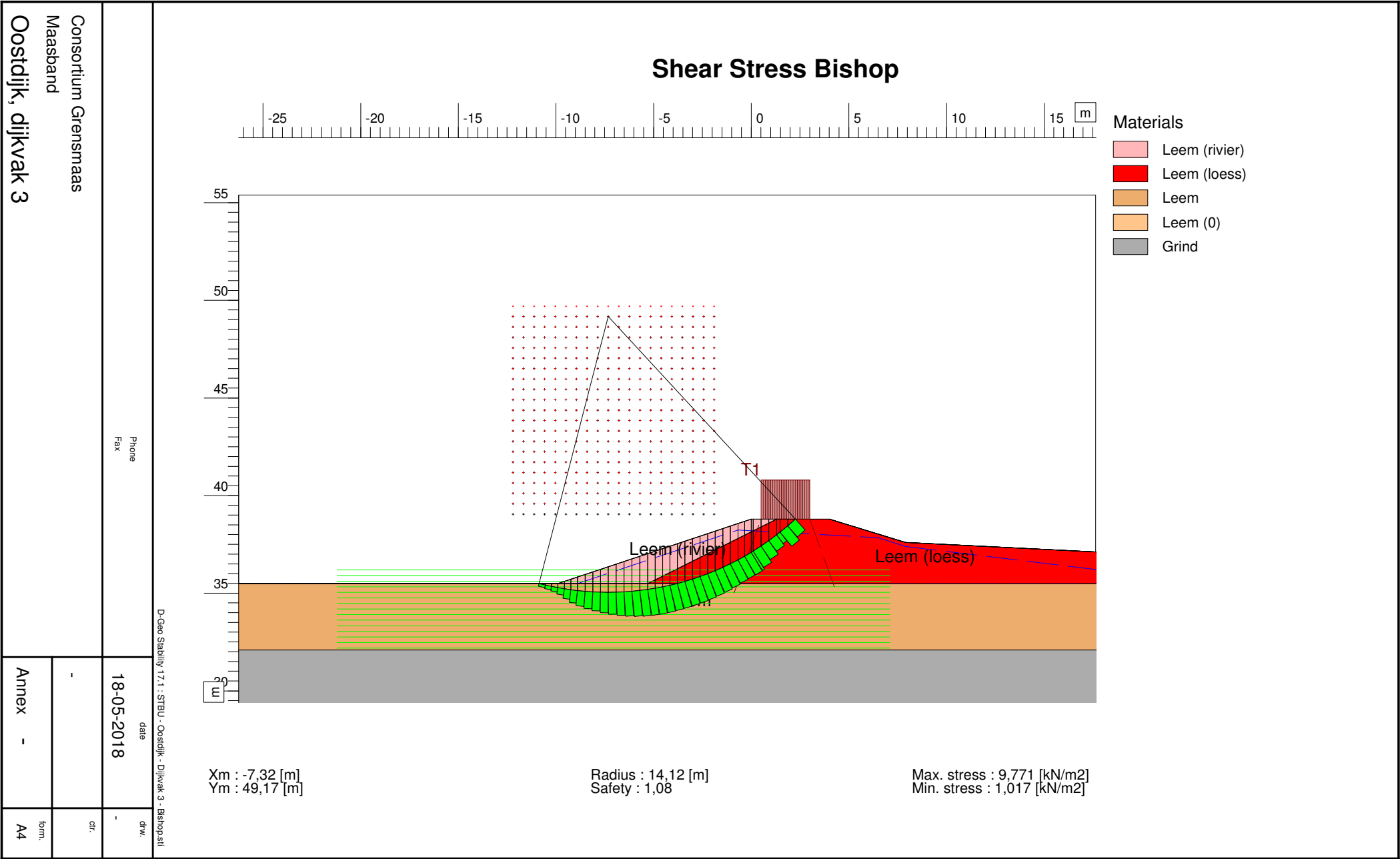
 Grind

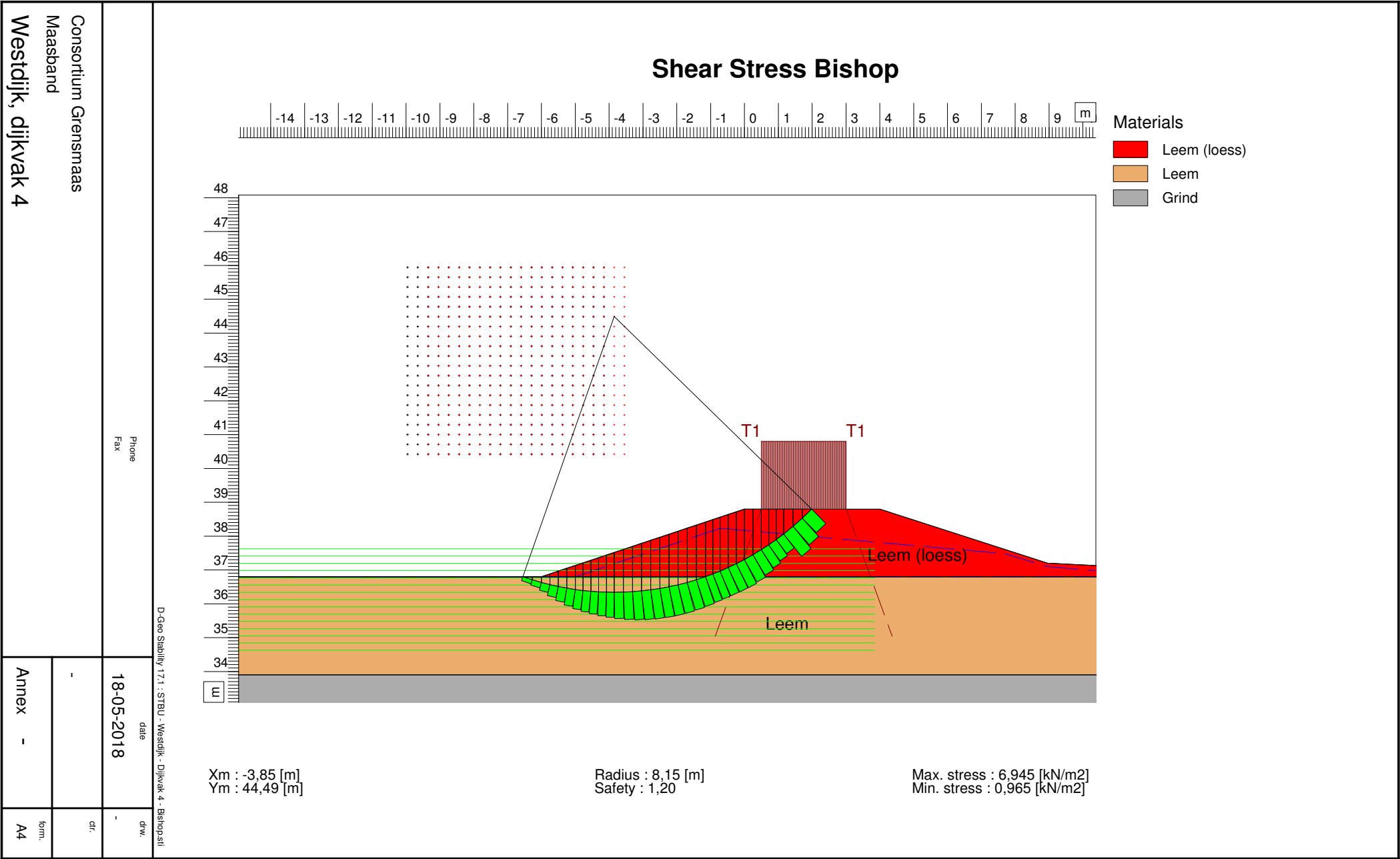
BIJLAGE 3 Berekeningen STBU (oude normering)



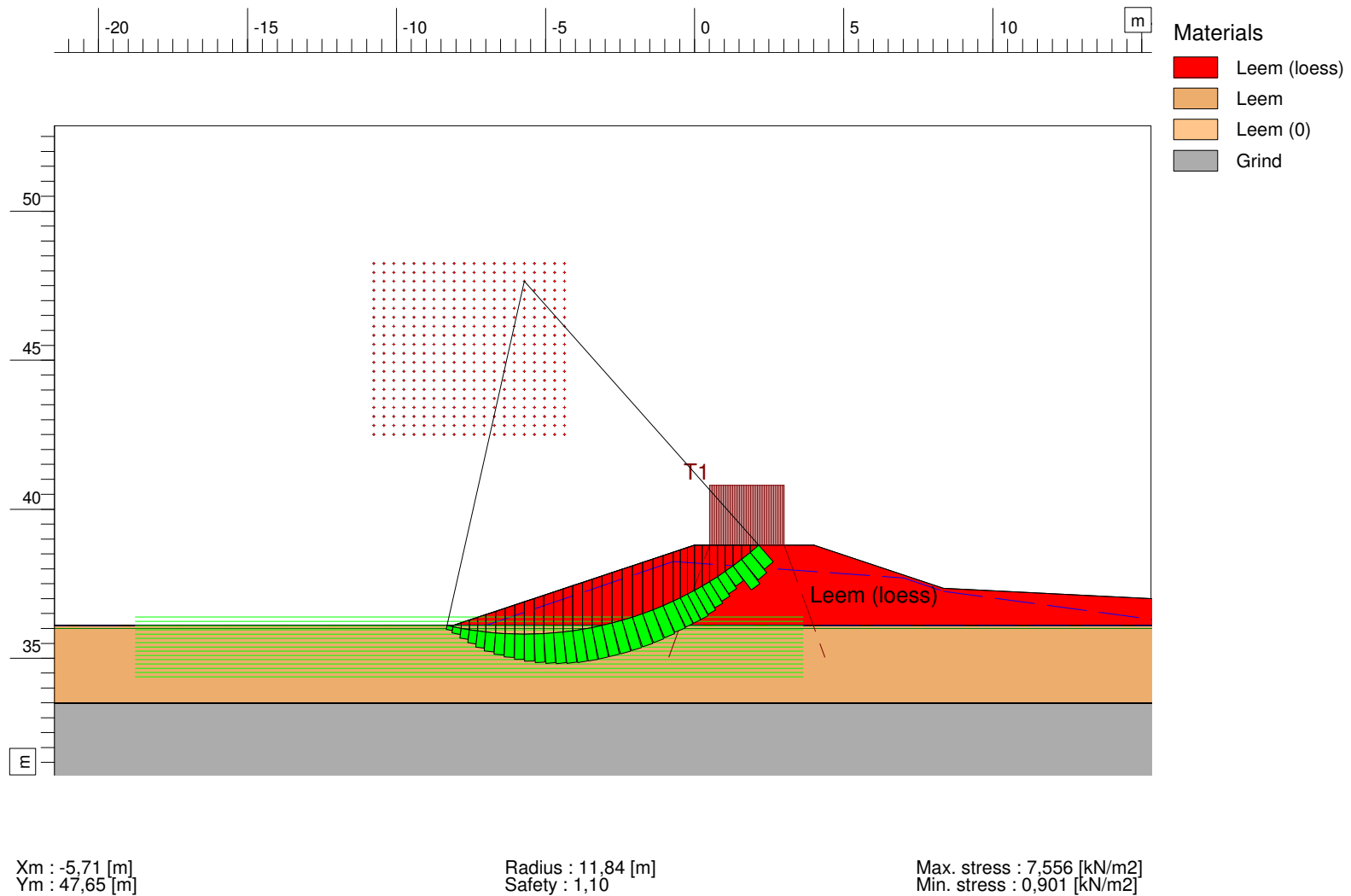
Consortium Grensmaas Maasband		Phone Fax	
Oostdijk, dijkvak 2		date 18-05-2018	
Annex	-	drw.	-
A4	form.	dr.	-







Shear Stress Bishop



Xm : -5,71 [m]
Ym : 47,65 [m]

Radius : 11,84 [m]
Safety : 1,10

Max. stress : 7,556 [kN/m²]
Min. stress : 0,901 [kN/m²]

Consortium Grensmaas
Maasband
Westdijk, dijkvak 5

Annex

date
18-05-2018

D-Geo Stability 17.1 : STBU - Westdijk - Dijkvak 5 - Bishopsti

Phone
Fax

drw.

0
-
0

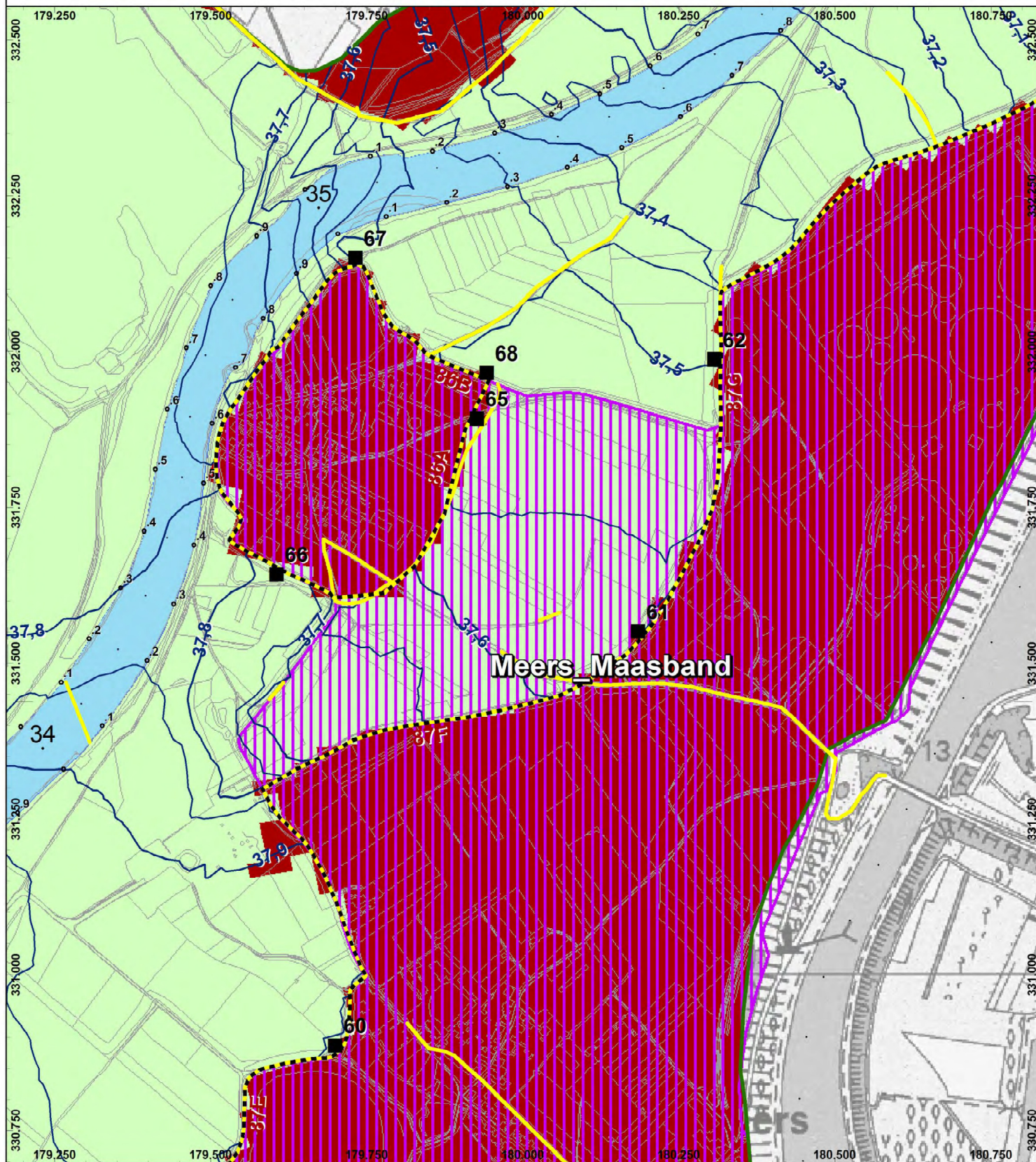
Maasband

Annex

A4

BIJLAGE 4 2D ontwerpwaterstand hoogwatergeul

Controlekaart diverse digitale bestanden Maaswerken



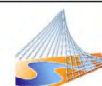
Legenda

- | | |
|--------------------------------|------------------------|
| ■ Punten bij kade op teen 10 m | • Rivierkilometer |
| ----- kade_dgr_4 | • Hectometerpunt oever |
| — kade_maas2015hk_3 | Winterbedgrens hk 3 |
| drooggevallen rekencellen | Zomerbed |
| MW prioritaire kade maatr | Kribvak |
| Isolijnen waterstand om 0,05 m | Winterbed |



Auteur: C. H. Michels
 Datum: 7-9-2011
 Kaartnummer: Maas 14
 Referentie: SHM406
 Akkoord: S. Folkertsma
 Gecontroleerd: R. Agtersloot
 Schaal: 1:6.000

0 250 100 150 200 m



Acima

BIJLAGE 5 Berekeningen STPH (oude normering)

Opbarstveiligheid

Dijk	Dijkvak	Waterstand [m +NAP]	Maaiveld [m +NAP]	Dikte deklaag [m]	Onderkant deklaag [m +NAP]	Opbarstveili gheid	Grenspotent iaal
<i>dunste deklaag</i>							
oostdijk	1	38,3	37	3,5	33,5	2,42	40,15
	2	38,3	36,8	2	34,8	1,20	38,60
	3	38,3	35,5	1,8	33,7	0,58	37,12
	4	38,3	36,8	2,5	34,3	1,50	39,05
	5	38,3	36,1	2	34,1	0,82	37,90
<i>westdijk</i>							
<i>dikste (aanwezige) deklaag waar nog opbarsten plaatsvindt</i>							
oostdijk	1	38,3	37	4,3	32,7	2,98	40,87
	2	38,3	36,8	4,2	32,6	2,52	40,58
	3	38,3	35,5	3,4	32,1	1,09	38,56
	4	38,3	36,8	3	33,8	1,80	39,50
	5	38,3	36,1	2,6	33,5	1,06	38,44
<i>westdijk</i>							

Maatwerkoplossing

Dijk	Dijkvak	Waterstand [m +NAP]	Maaiveld [m +NAP]	Dikte deklaag [m]	Onderkant deklaag [m +NAP]	Opbarstveili gheid	Grenspotent iaal
<i>dunste deklaag</i>							
oostdijk	3	37,9	35,5	1,8	33,7	0,67	37,12

Bligh $L > Ccr * \Delta H - 0,3d$

Dijk	Dijkvak	Piping relevant [-]	Creepfactor (Ccr) Bligh [-]	Afstand teen-teen [m]	Voorlandlen gte [m]	Lengte horizontale kwelweg (L) [m]	Verval (ΔH) [m]	Dikte deklaag (d) [m]	Veiligheid [-]	Benodigde kwelweglen gte [m]	Kwelweglen gte tekort [m]
oostdijk	1	nee	22	14,2	10	24	1,3	3,5	4,40	5,5	0,0
	2	nee	22	18,8	10	29	1,5	2	1,45	19,8	0,0
westdijk	3	ja	22	33,4	10	43	2,8	1,8	0,87	49,7	6,3
	4	nee	22	18,8	10	29	1,5	2,5	1,75	16,5	0,0
	5	ja	22	25,6	10	36	2,2	2	1,01	35,2	0,0

Maatwerkoplossing

Dijk	Dijkvak	Piping relevant [-]	Creepfactor (Ccr) Bligh [-]	Afstand teen-teen [m]	Voorlandlen gte [m]	Lengte horizontale kwelweg (L) [m]	Verval (ΔH) [m]	Dikte deklaag (d) [m]	Veiligheid [-]	Benodigde kwelweglen gte [m]	Kwelweglen gte tekort [m]
oostdijk	3	ja	22	33,4	10	43	2,4	1,8	1,06	40,9	0,0

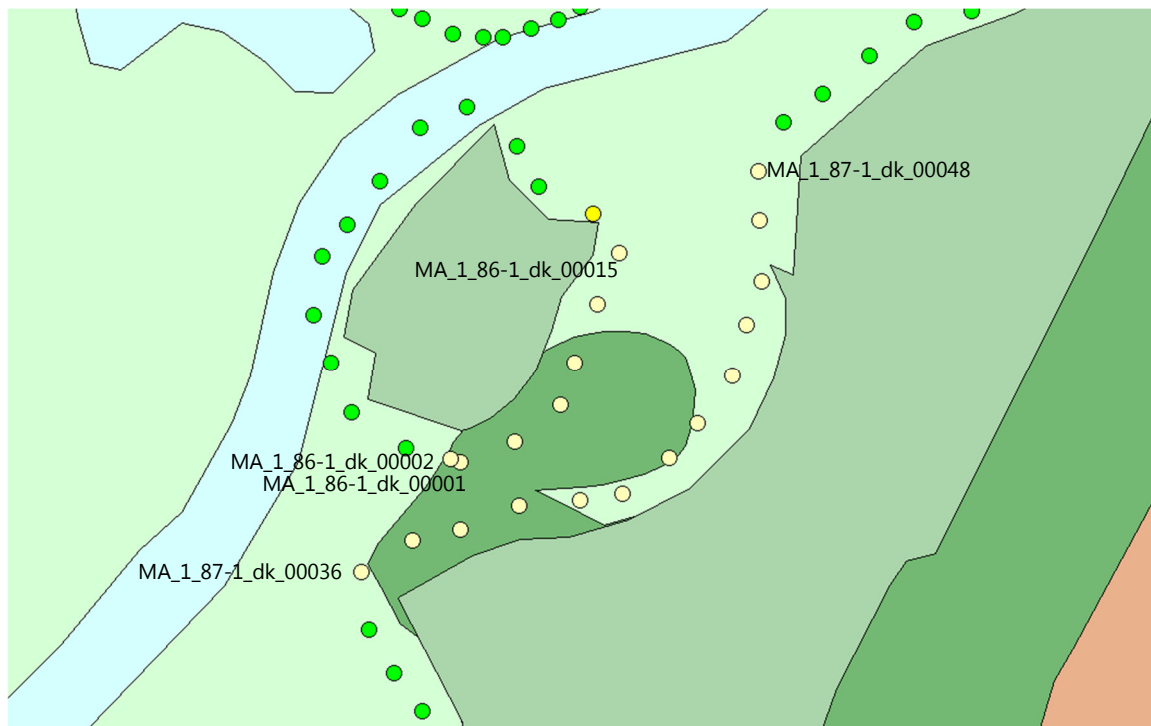
BIJLAGE 6 Hydraulische randvoorwaarden (nieuwe normering)

1 INHOUD

Deze bijlage bevat de resultaten van de HydraNL berekeningen bij de hoogwatergeul Meers-Maasband.

2 GEBRUIKTE PUNTEN

De punten die gebruikt zijn in de HydraNL berekeningen staan hieronder in Figuur 1.



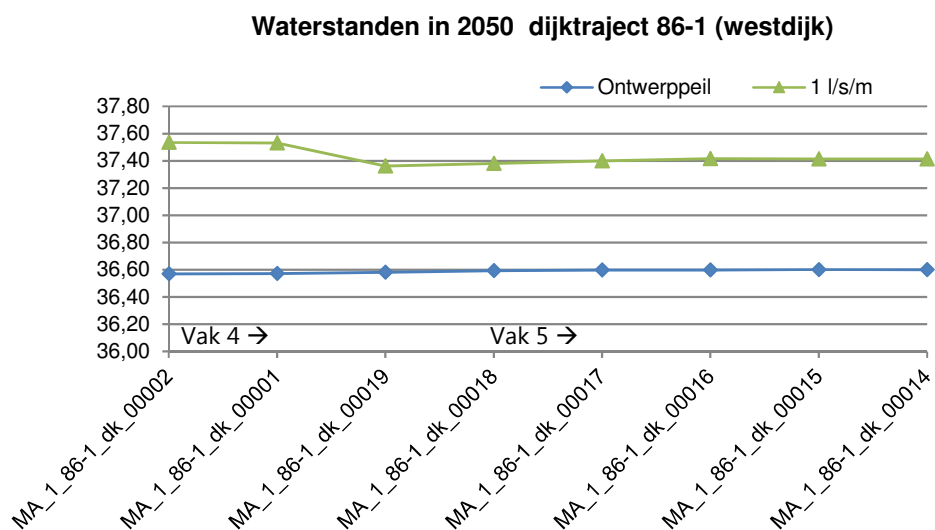
Figuur 1: Overzicht van de punten zoals meegenomen in de berekening

3 WATERSTANDEN BEREKEND MET HYDRA-NL

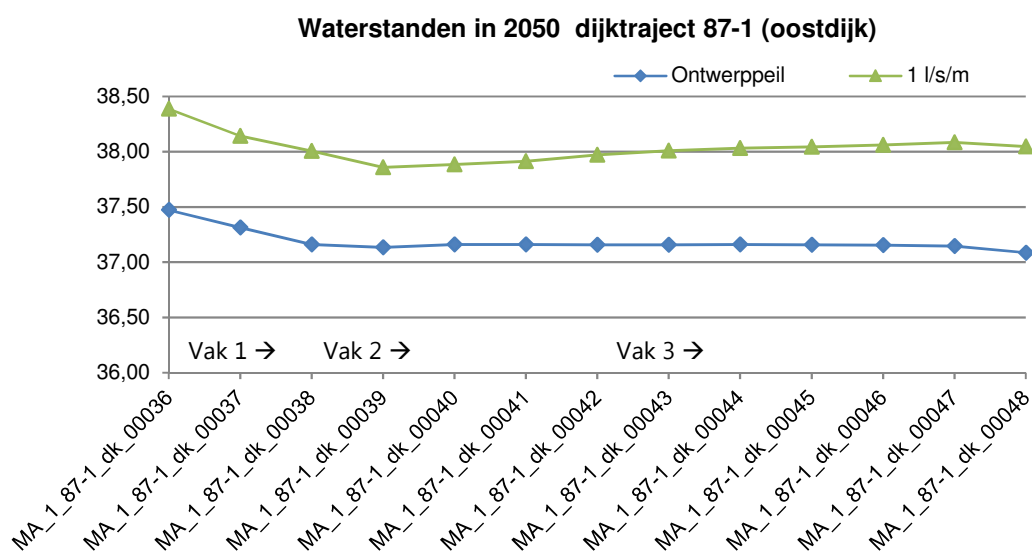
De waterstanden zijn in HydraNL berekend. In de berekeningen is de onzekerheid meegenomen; een toeslag van 0,30 m. De norm voor dijktraject 86-1 (westdijk) is 1/100 jaar en die voor dijktraject 87-1 (oostdijk) is 1/300 jaar, zie Figuur 1, Figuur 2, Figuur 3 en Tabel 1.

Het hydraulisch belastingniveau is berekend bij een overslagdebiet van 1 l/s/m. Bij de bepaling van het hydraulisch belastingsniveau is de faalkansruimte voor overslag en erosie op de kruin en binnentalud meegenomen ($\omega=0,24$). Dit betekent een norm voor dijktraject 86-1 (westdijk) van 1/420 jaar en voor dijktraject 87-1 (oostdijk) van 1/1250 jaar.

Voor de berekening is gebruik gemaakt van HydraNL 2.2.1; de meest recente versie die officieel is vrijgegeven. De gebruikte database; WBI2017_Bovenmaas_hoge_kades_83-1_85-1_86-1_91-1_92-1_93-1_v01. Deze database is officieel vrijgegeven, nadat deze is getoetst tijdens de generale repetitie.



Figuur 2: Waterstanden en hydraulisch belastingniveau voor dijktraject 86-1



Figuur 3: Waterstanden en hydraulisch belastingniveau voor dijktraject 87-1

Tabel 1: Ontwerpwaterstanden voor de hoogwatergeul Meers-Maasband

Dijk	Locatie	Ontwerpwaterstand nieuwe norm [m NAP]	Benodigde kruinhoogte nieuwe norm [m NAP]
86-1 Westdijk	Noord	36,6	37,4
	Zuid	36,6	37,6
87-1 Oostdijk	Noord	37,2	38,1
	Zuid	37,5	38,4

4 UITGANGSPUNTEN IN DE BEREKENING

4.1 Afvoerlocatie

Voor de statistiek van de hydraulische randvoorwaarden is gerekend met de afvoerdebieten bij meetstation Borgharen.

4.2 Ontwerpjaar

Als ontwerpjaar is het jaar 2050 gekozen, omdat ontwerpen met 2100 in het vooruitzicht een te grote onzekerheid met zich meeneemt.

4.3 Klimaatscenario

Vanuit het WBI2017 wordt voorgeschreven dat bij het ontwerpen in 2050 rekening moet worden gehouden met het klimaatscenario W+. Er mag worden uitgeweken naar G of G+, indien uitbreidbaarheid mogelijk is. Dit is niet meegenomen. De tekst hieronder is overgenomen uit het OI2014.

Voor elke ontwerplevensduur kan worden uitgegaan van het W+ klimaatscenario. Uiteraard is het effect van dit klimaatscenario veel kleiner bij een kortere ontwerplevensduur. Het verkorten van de ontwerplevensduur kan een economische manier zijn om bij het ontwerp met de onzekerheid ten aanzien van de klimaatverandering om te gaan, als aanpassingen van constructieonderdelen nadien relatief weinig kosten.

Opgemerkt wordt ook dat een ontwerp weliswaar op "einde levensduur" aan de eis van W+ zou moeten voldoen, maar adaptief kan worden aangelegd op een middenscenario (G of G+), mits het dijkontwerp uitbreidbaar is.

Onzekerheid

Onzekerheid wordt meegenomen in de berekeningen om tot een conservatieve waterstand te komen. Dit is gedaan in de vorm van een opslag van 0,30 m. Tabel 2 komt uit het OI2014.

Tabel 2: Onzekerheidstoeslag per watersysteem

Watersysteem	Parameter	Onzekerheidstoeslag OI2014v4
Rivieren (inclusief rivieren in benedenrivierengebied)	Waterstand	+ 0,30m
Meren (inclusief Ketelmeer)	Waterstand Golfhoogte ($H_{m,0}$) Golfperiode ($T_{m-1,0}$)	+ 0,40m + 10% + 10%
Brede wateren in benedenrivierengebied (o.a. Haringvliet, Hollandsch Diep)	Waterstand Golfhoogte ($H_{m,0}$) Golfperiode ($T_{m-1,0}$)	+ 0,40m + 10% + 10%
Waddenzee en Kust, Westerschelde en Oosterschelde	Waterstand Golfhoogte ($H_{m,0}$) Golfperiode ($T_{m-1,0}$)	+ 0,40m * + 10% + 10%

* De onzekerheidstoeslag voor de kustgebieden is nog niet definitief vastgesteld. Neem bij kustgebieden contact op met de Helpdesk Water (www.helpdeskwater.nl) om vast te stellen of de toeslag van +0,40m van toepassing is.

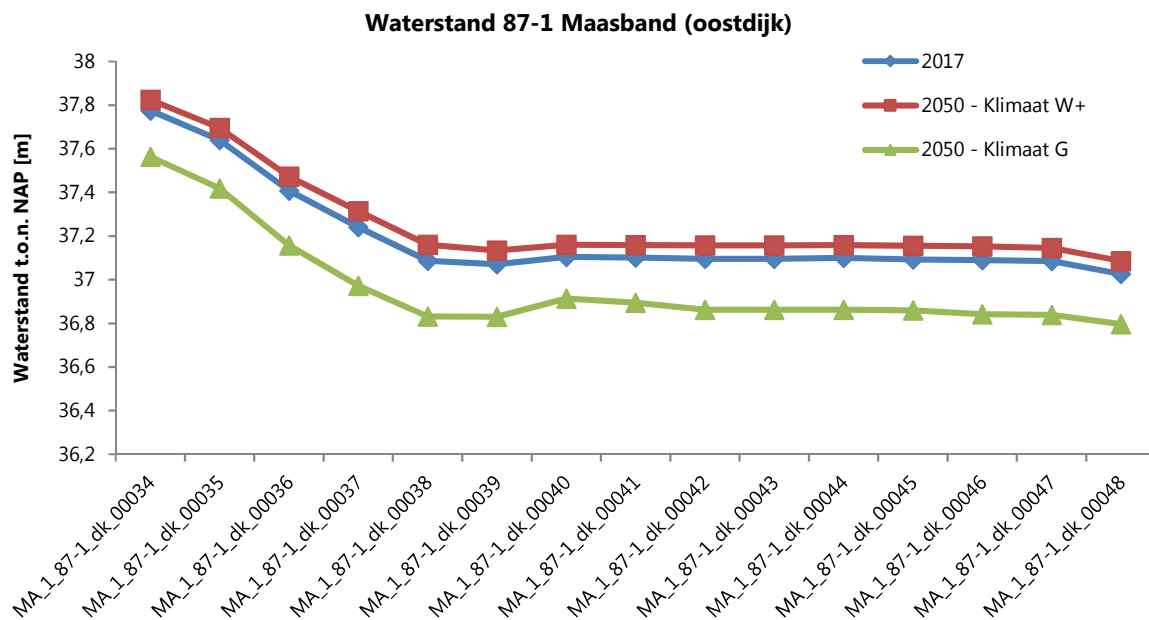
4.4 Windstatistiek

Voor het bepalen van de golfrandvoorwaarden is in de database uitgegaan van de windstatistiek nabij Schiphol. Vanwege hogere windsnelheden is rekenen met deze gegevens conservatief boven de meetgegevens van bijvoorbeeld Eindhoven.

4.5 Gevoeligheid van de zichtjaren

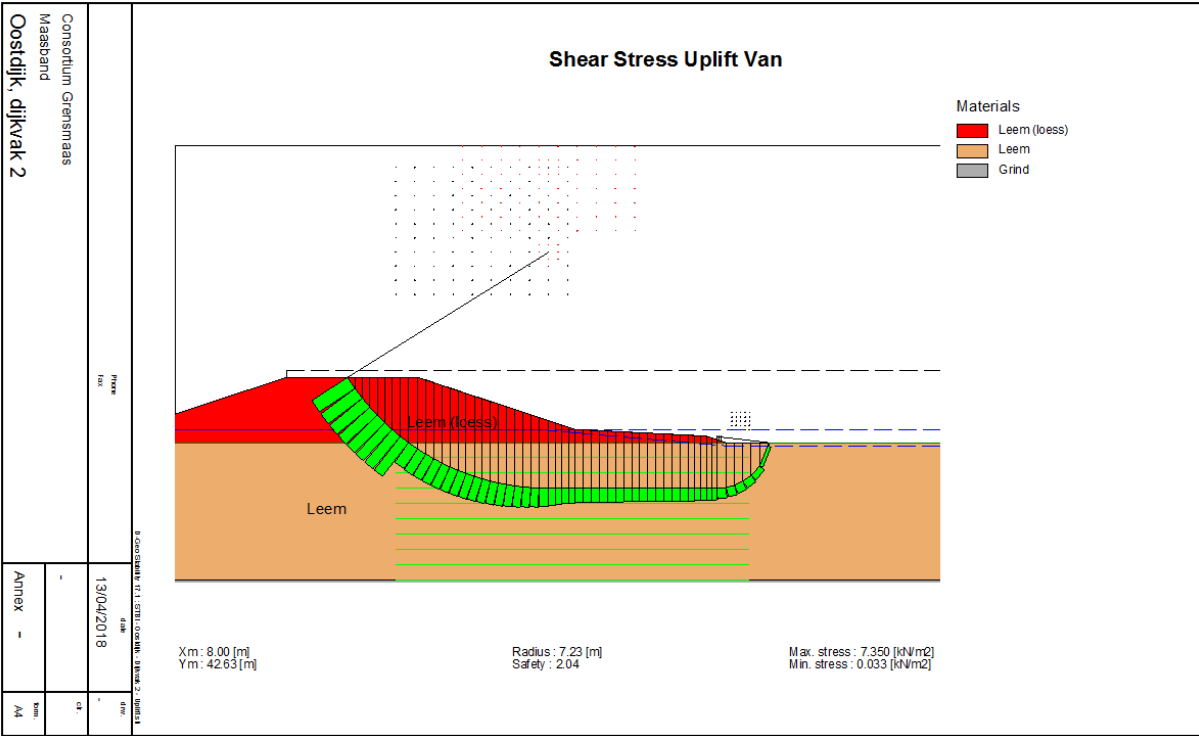
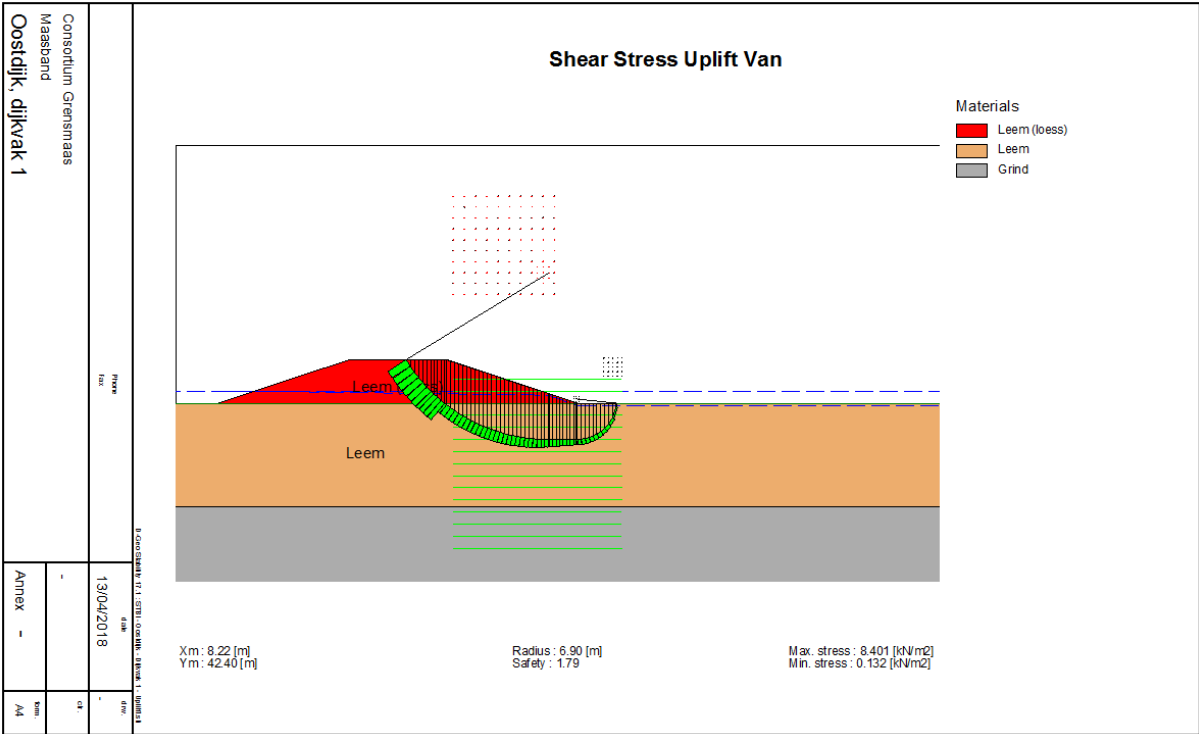
De waterstanden zijn ter vergelijking berekend voor een terugkeertijd van 1/300 jaar in het jaar 2017 en 2050, zie Figuur 4. Voor het zichtjaar 2050 zijn de twee mogelijke klimaatscenario's doorgerekend. Opvallend is dat de waterstand in klimaatscenario G in onderstaande grafiek lager is dan de waterstand in 2017. Dit komt doordat HydraNL voor de ontwerppeilen in 2050 rekening houdt met de verruimingsprojecten in de Maas.

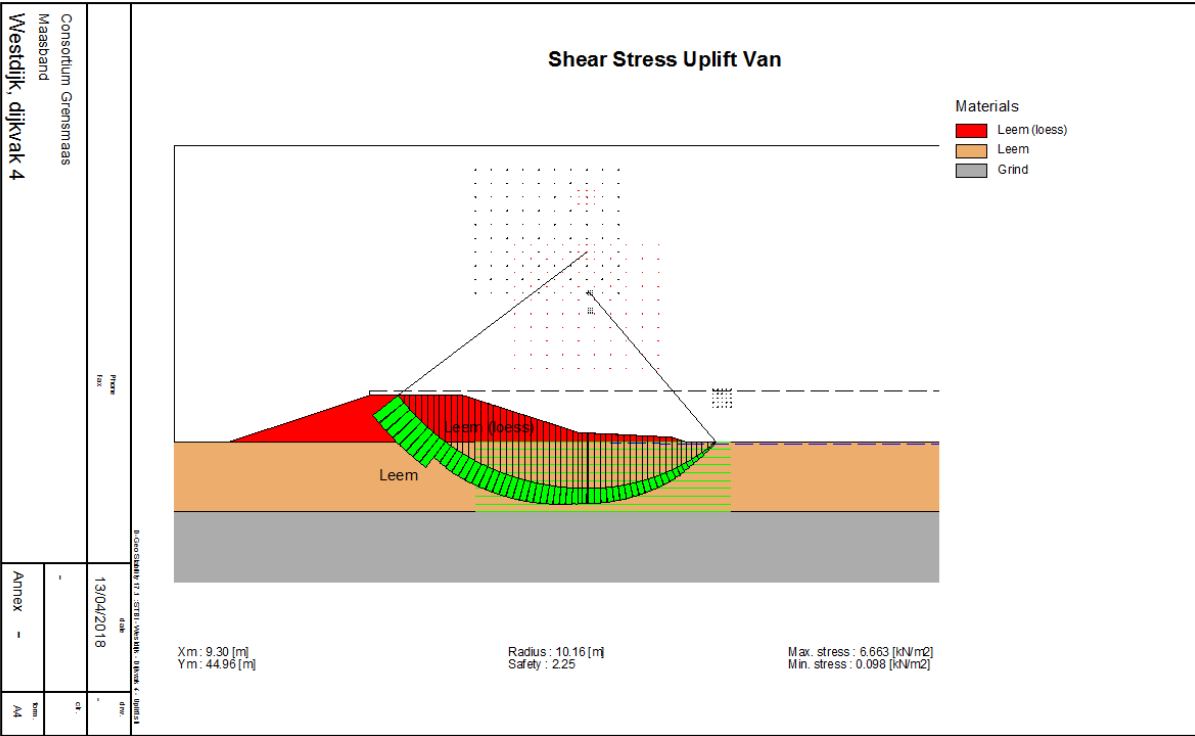
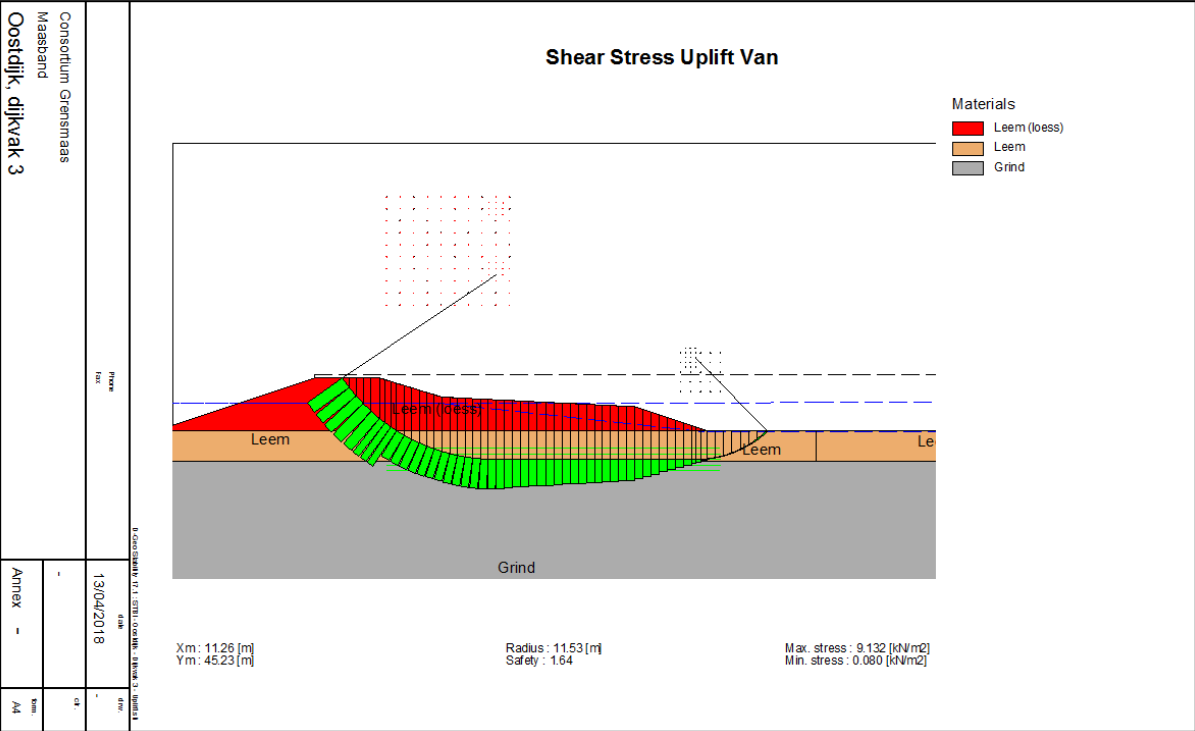
Het klimaatscenario W+ in combinatie met het zichtjaar 2050 geeft hogere waarden voor het ontwerppeil dan het zichtjaar 2017 en is daarom een veilig uitgangspunt. Dit is gehanteerd in het ontwerp.

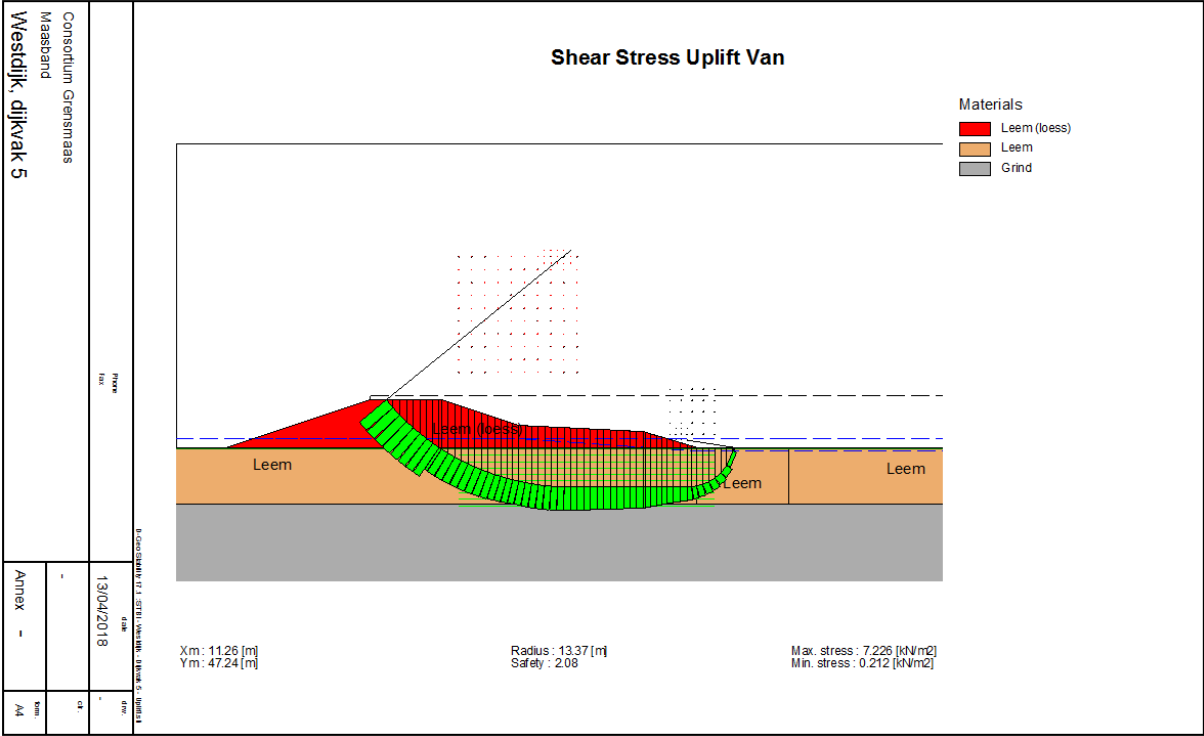


Figuur 4: Overzicht gevoeligheid waterstanden

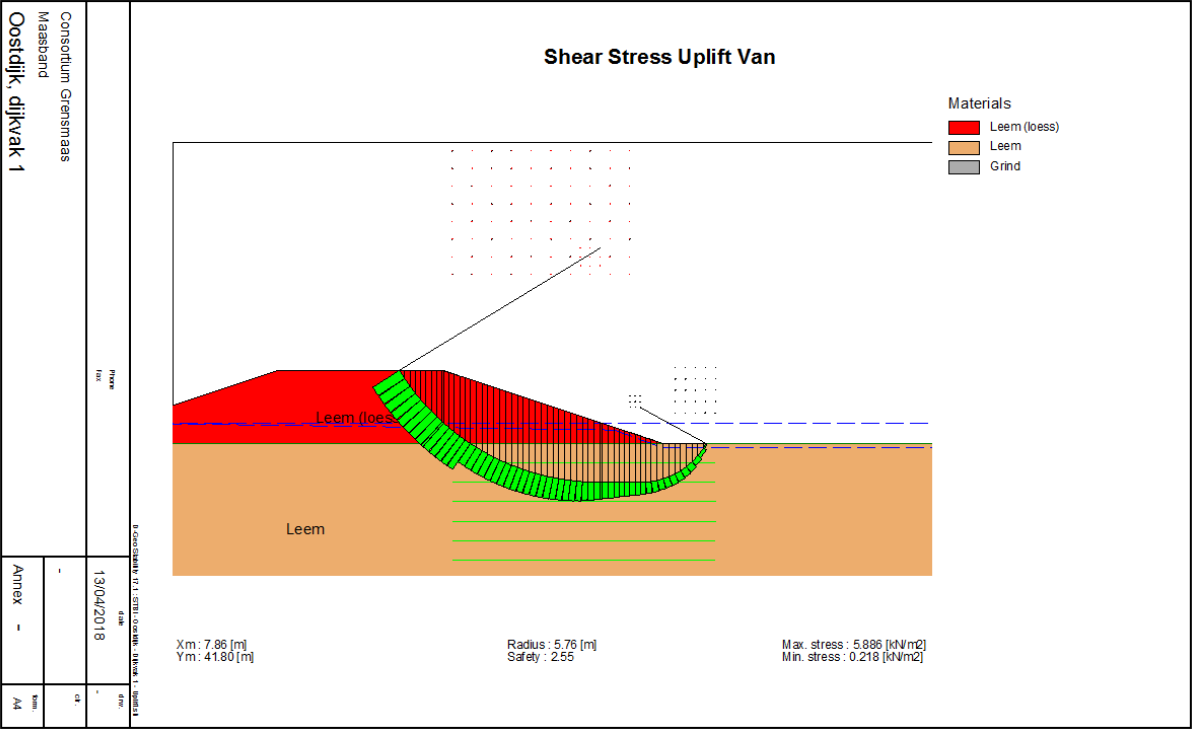
BIJLAGE 7 Berekeningen STBI (nieuwe normering)







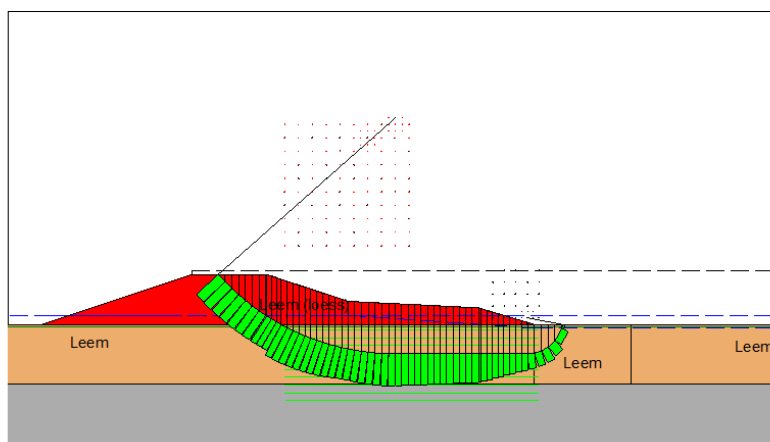
BIJLAGE 8 Gevoeligheidsanalyse berekeningen STBI (nieuwe normering)



Shear Stress Uplift Van

Materials

-  Leem (loess)
 Leem
 Grind



Xm: 10.89 [m]
Ym: 47.24 [m]

Radius : 12.70 [m]
Safety : 3.36

Max. stress : 5.241 [kN/m²]
Min. stress : 0.296 [kN/m²]

Phone _____
Fax _____

D-Glossibility 17.1 : STEI - Workshop - District 5 - Upstairs

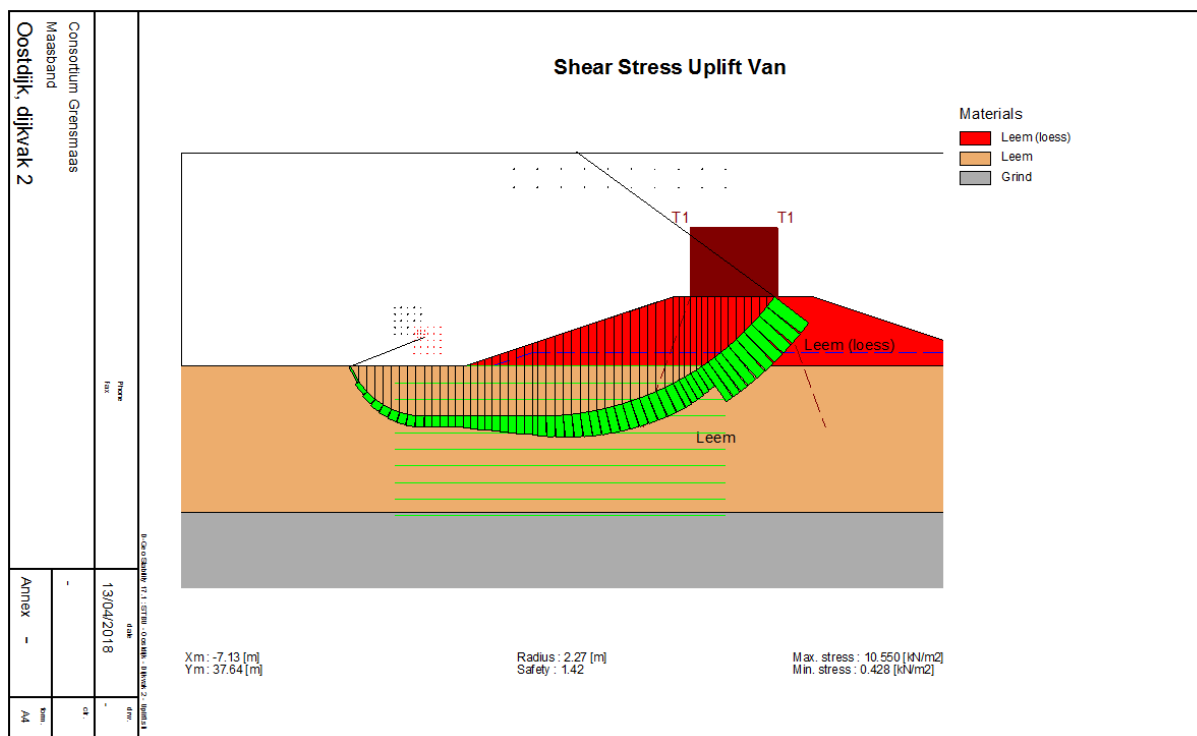
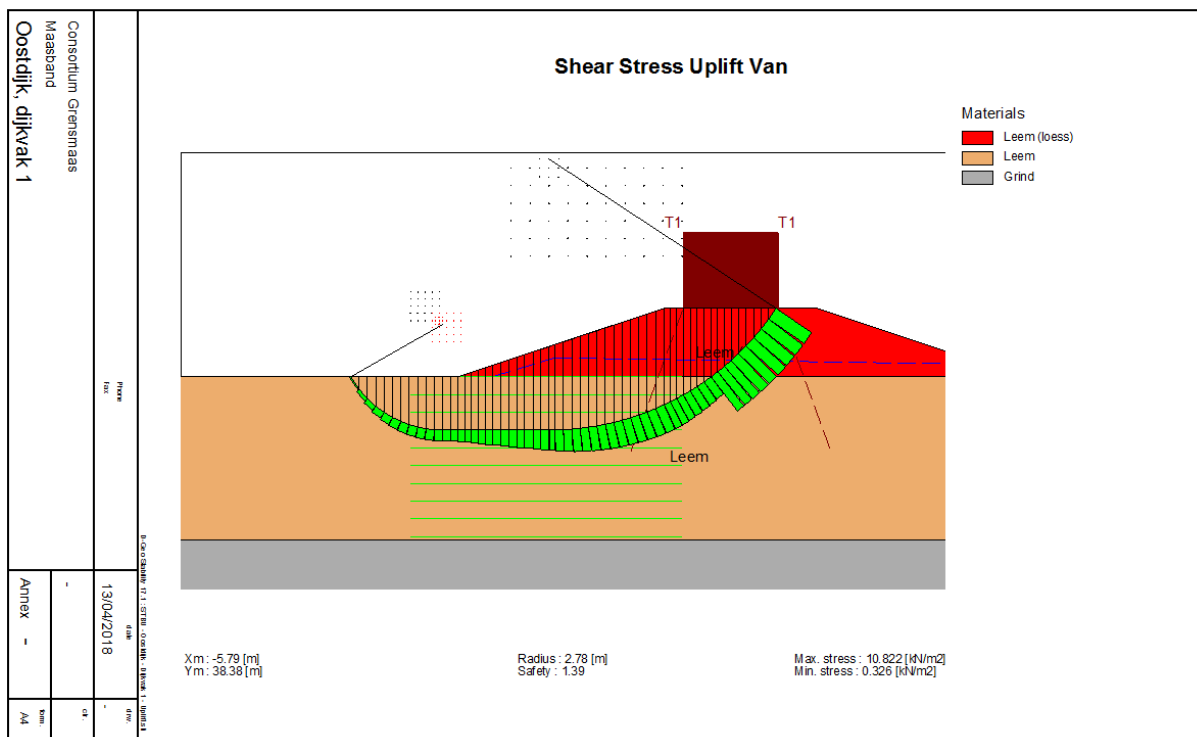
4/2018

Consortium Grensmaas
Maasband
Westdijk, dijkvak 5

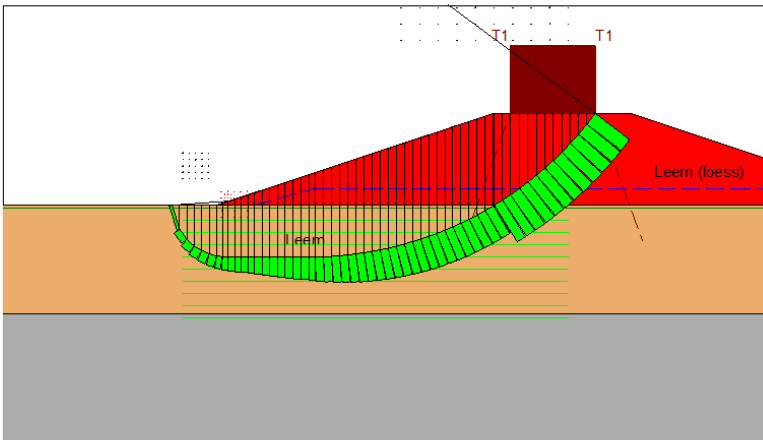
Ann

A

BIJLAGE 9 Berekeningen STBU (nieuwe normering)



Shear Stress Uplift Van



Xm: -7.77 [m]
Ym: 36.22 [m]

Radius : 1.64 [m]
Safety : 1.31

Max. stress : 11.470 [kN/m²]
Min. stress : 0.744 [kN/m²]

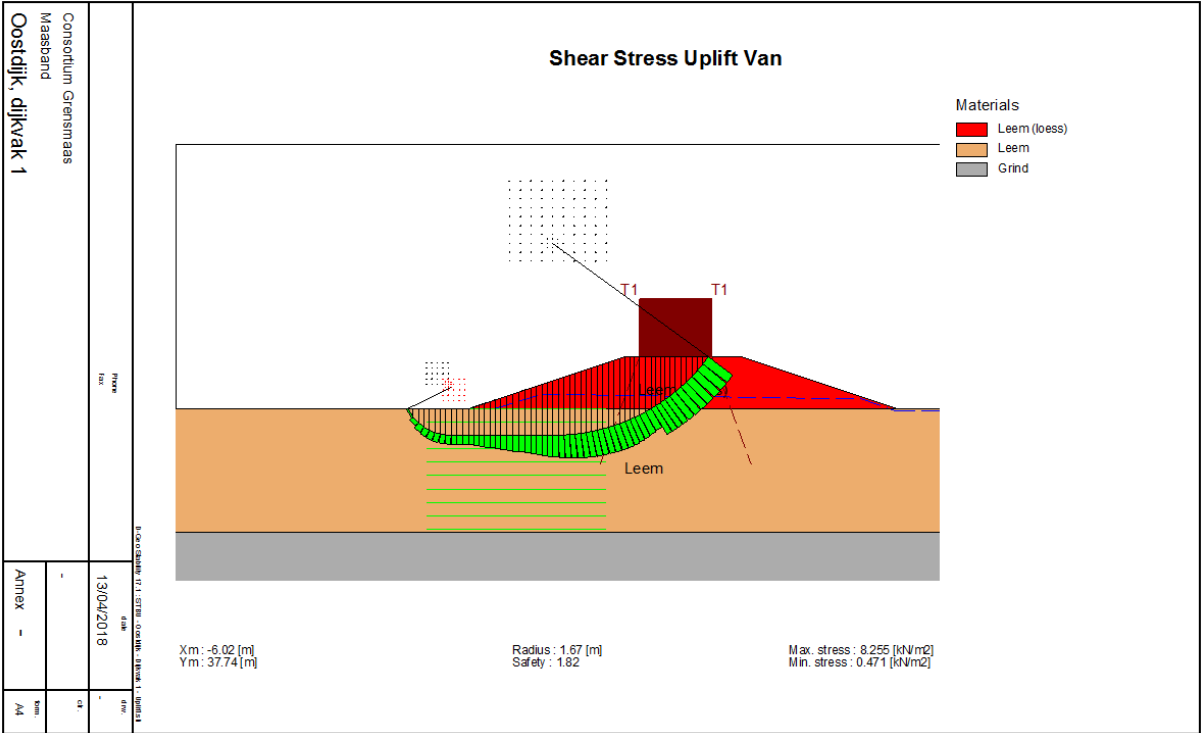
Shear Stress Uplift Van

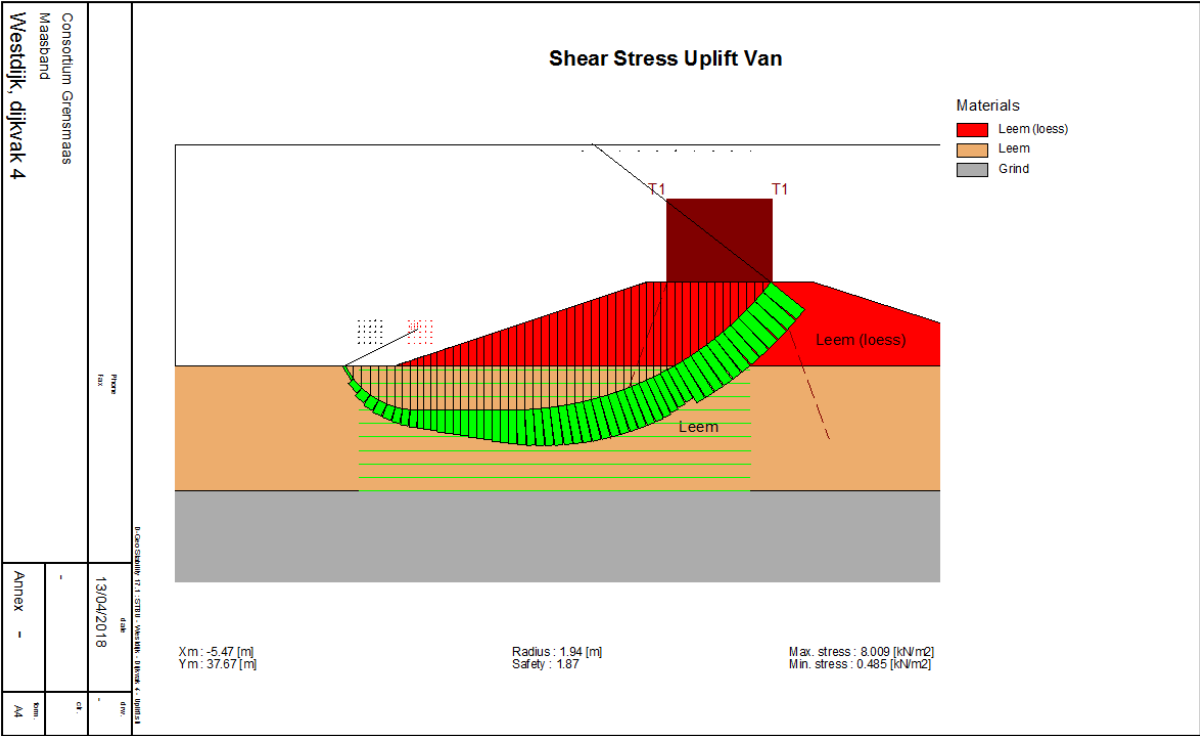
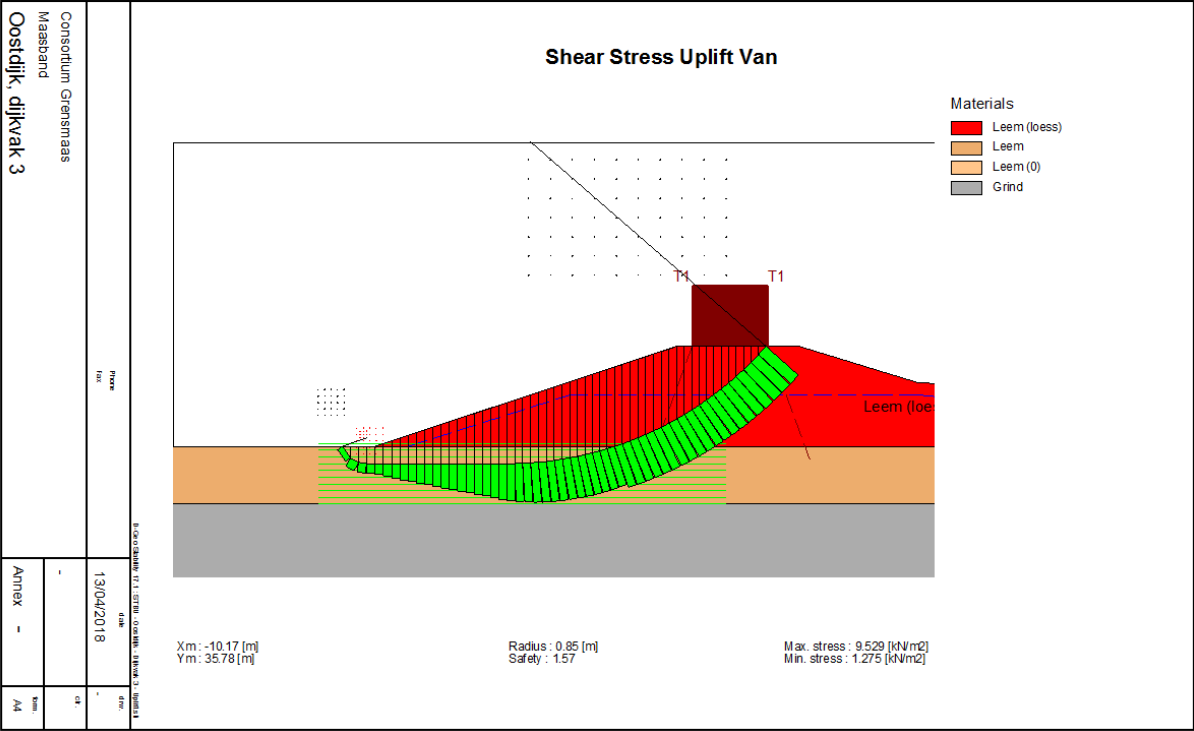
Materials

- Leem (loess)
- Leem
- Grind

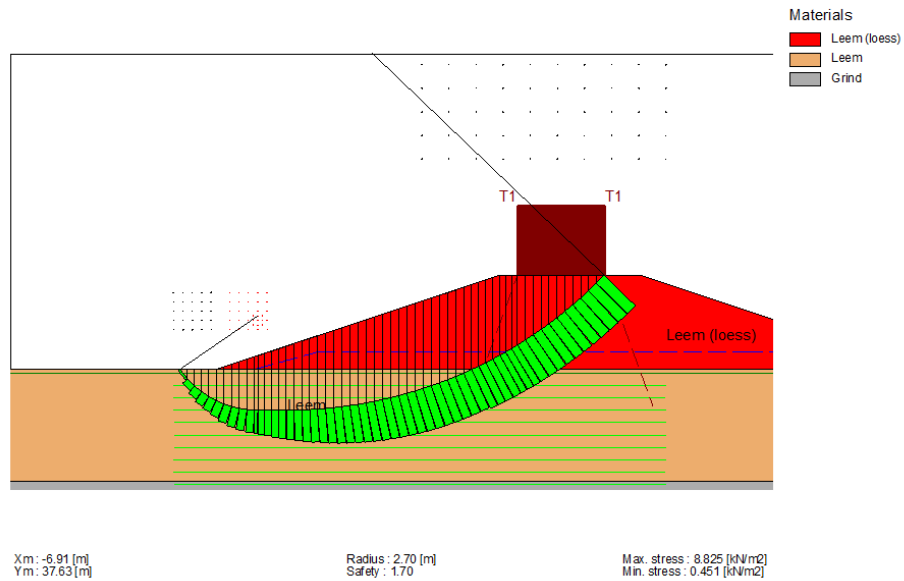
Dimensions Xm: -7.77 [m] Ym: 36.22 [m]	Radius: 1.64 [m] Safety: 1.31	Max. stress: 11.470 [kN/m²] Min. stress: 0.744 [kN/m²]
---	--	---

BIJLAGE 10 Gevoeligheidsanalyse berekeningen STBU (nieuwe normering)





Shear Stress Uplift Van



	PRINCE Tent	data 13/04/2018	-
Consortium Grensmas Maasband Westdijk, dilkvak 5	-		Ad
	Amex	-	Ad

BIJLAGE 11 Helpdesk water vraag piping

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 uitteerpunt 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 uitteerpunt 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 d_{70} 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 ($C_{\text{creep}} = 18$), maar, bij voorkeur, een nog groter waarde, bijvoorbeeld $C_{\text{creep}} = 22$ (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).

From: <helpdeskwater@rws.nl>
To: <pim.van.den.akker@witteveenbos.com>
Date: 25/07/2017 08:05
Subject: Afhandeling van uw vraag met # 17 07 1618

Geachte heer van den Akker,

Uw vraag met referentienummer 17 07 1618 is afgehandeld.

In antwoord op uw vraag geven wij de volgende informatie:

Het eerdere advies is nog steeds van toepassing met uitzondering van de laatste alinea, betreffende het toepassen van de regel van Bligh. Deze regel is, zoals vraagsteller terecht heeft geconstateerd, inmiddels afgeschaft voor de beoordeling op piping, zodat alleen nog met de regel van Sellmeijer kan worden getoetst.

Binnen de POV-P wordt op dit moment op een aantal locaties onderzoek gedaan naar piping in de Limburgse situatie.

Omdat de situatie in Limburg eigenlijk buiten het toepassingsgebied van de Sellmeijer regel valt (buiten het gebied, waarvoor de regel is gevalideerd), wordt aanbevolen de beoordeling met een geavanceerder model D-Geo Flow uit te voeren waarin met meerdere lagen kan worden gerekend.

Wij hopen dat bovenstaand antwoord aan uw verwachting voldoet. Als u ons nadere of andere vragen wilt stellen vragen wij u vriendelijk dat ook weer via de helpdesk Water te willen doen.

De vraag die u ons stelde was:

In het verleden is door mijn collega een vraag gesteld m.b.t. de beoordeling van piping van Limburgse dijken. (Deze vraag met antwoord heeft nummer 0907-0170 en is tevens toegevoegd in de bijlage.) Inmiddels wordt conform WBI2017 beoordeeld met de theorie van Sellmeijer en wordt de creepfactor van Bligh niet meer gebruikt. Geldt het advies in de vijfde paragraaf van het destijds gekregen antwoord (beginnende met "De situatie ten aanzien van ...") nog steeds of zijn er nieuwe inzichten voor piping bij een leem/grind ondergrond?

Met vriendelijke groet,

Rijkswaterstaat
Helpdesk Water
088 - 79 77 102 (kies optie 4)
Op werkdagen bereikbaar tussen 9.00 en 16.30 uur of via ons digitaal contactformulier. Dit kunt u vinden op <https://www.helpdeskwater.nl/stel-vraag/>

* Er verschijnt maandelijks een Helpdesk Water Nieuwsbrief. Interesse? Abonneer u dan via onze website <http://www.helpdeskwater.nl/service-functies/nieuwsbrieven/>

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 de Stuurgroep Water

Disclaimer:

Dit bericht kan informatie bevatten die niet voor u is bestemd. Indien u niet de geadresseerde bent of dit bericht abusievelijk aan u is toegezonden, wordt u verzocht dat aan de afzender te melden en het bericht te verwijderen. De Staat aanvaardt geen aansprakelijkheid voor schade, van welke aard ook, die verband houdt met risico's verbonden aan het elektronisch verzenden van berichten.

This message may contain information that is not intended for you. If you are not the addressee or if this message was sent to you by mistake, you are requested to inform the sender and delete the message. The State accepts no liability for damage of any kind resulting from the risks inherent in the electronic transmission of messages.

BIJLAGE 12 Berekeningen STPH (nieuwe normering)

Opbarstveiligheid



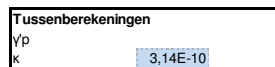
Traject	Dijk	Dijkvak	Waterstand [m +NAP]	Maaiveld [m +NAP]	Dikte deklaag [m]	Onderkant deklaag [m +NAP]	Kritisch stijghoogte verschil [m]	Optredend stijghoogte verschil [m]	Nieuwe norm Kritische, red	UC
87-1	oostdijk	1	37,5	37	3,5	33,5	3,15	0,50	2,05	4,10
		2	37,2	36,8	2	34,8	1,80	0,40	1,17	2,93
		3	37,2	35,5	1,8	33,7	1,62	1,70	1,06	0,62
86-1	westdijk	4	36,6	36,8	2,5	34,3	2,25	-0,20	1,72	n.v.t.
		5	36,6	36,1	2	34,1	1,80	0,50	1,37	2,74

Opbarstveiligheid



Dijk	Dijkvak	Waterstand [m +NAP]	Maaiveld [m +NAP]	Dikte deklaag [m]	Onderkant deklaag [m +NAP]	Kritieke gradient	Heave gradient	UC
oostdijk	1	37,5	37	3,5	33,5	0,25	0,00	n.v.t.
	2	37,2	36,8	2	34,8	0,25	0,00	n.v.t.
	3	37,2	35,5	1,8	33,7	0,25	0,94	0,27
westdijk	4	36,6	36,8	2,5	34,3	0,30	0,00	n.v.t.
	5	36,6	36,1	2	34,1	0,30	0,00	n.v.t.

r[exit]	1
i[c,h]	0,3
schematiseringsfactor	1,1

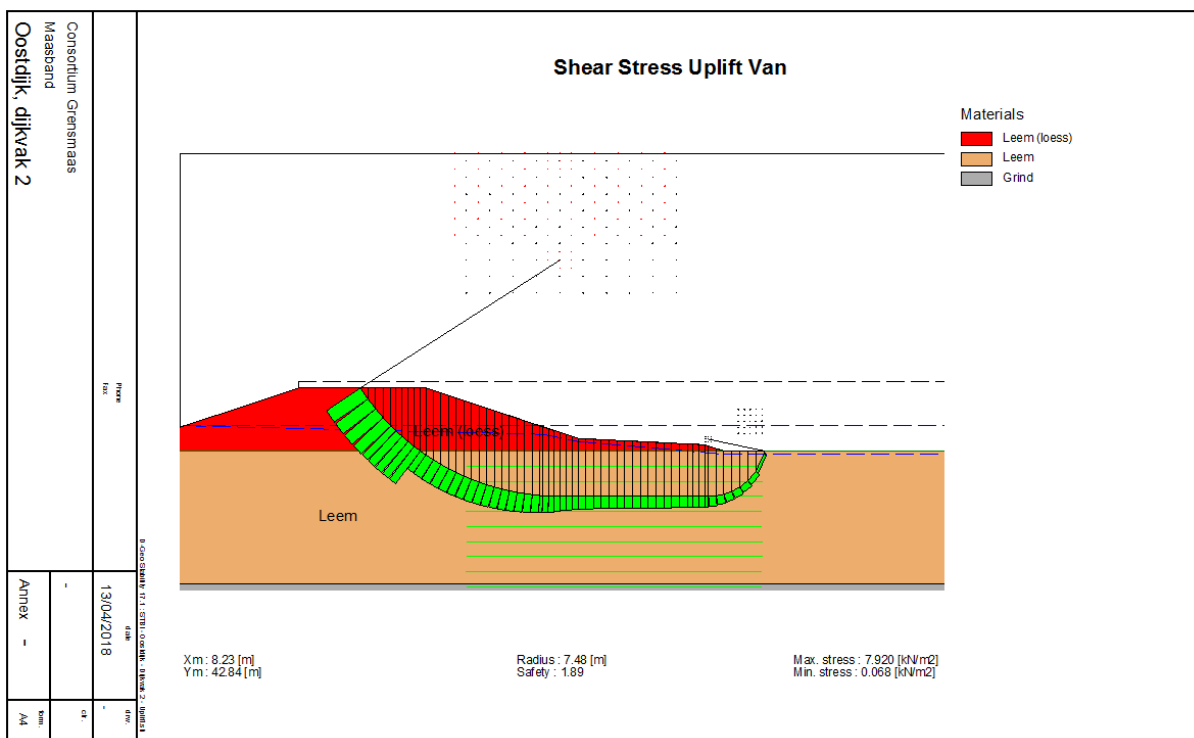
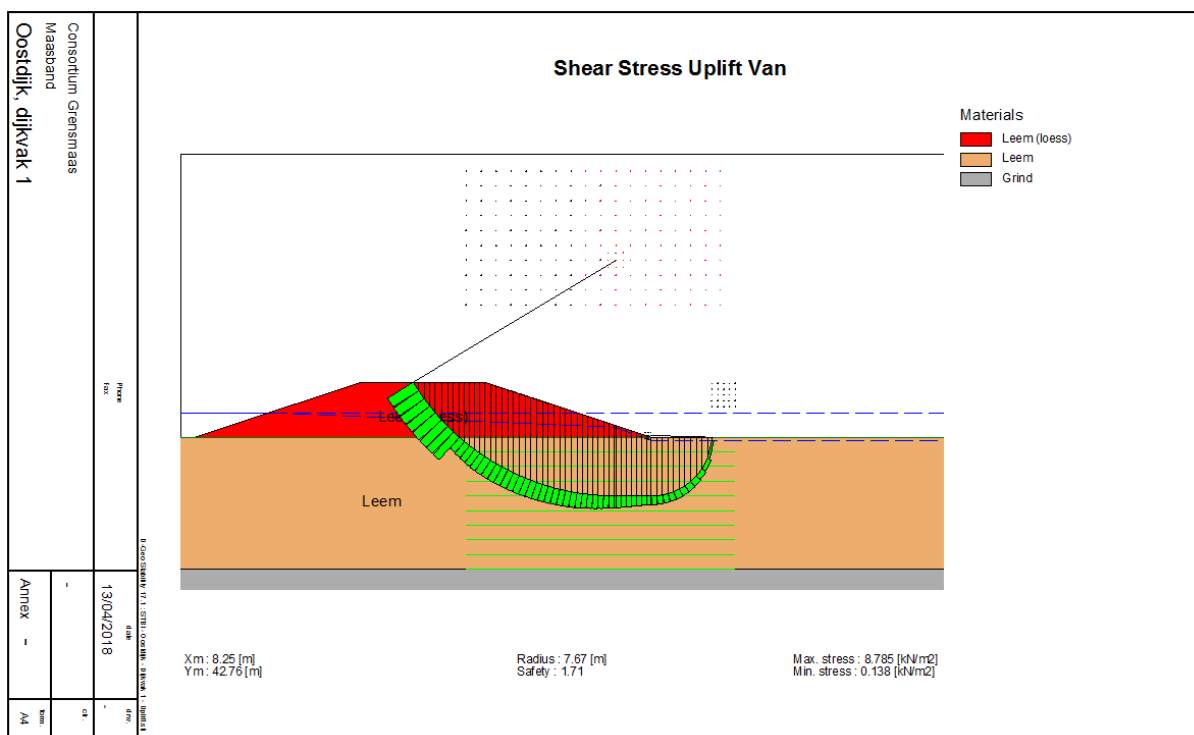


Dijk	Dijkvak	Geometrie					Factoren Sellmeijer					Kritieke verval					Toets		
		D [m]	L [m]	D_kar [m]	L_kar [m]	d [m]	Fresistance	Fscale	Fgeometry	ΔHc [m]	ypip*yb H rivier [m NAP]	H uitree [m NAP]	ΔH aanwezig [m]	ΔHc/(ypip*yb) [m]	ΔH-0.3d [m]	<0 (verschil) [-]	UC [-]		
oostdijk	1	10	24,2	11,65	24,20	3,5	0,31	0,07	1,12	0,55	1,52	37,5	37	0,50	0,36	-0,55	0,00 n.v.t.		
	2	10	28,8	11,65	28,80	2	0,31	0,06	1,16	0,64	1,52	37,2	36,8	0,40	0,42	-0,20	0,00 n.v.t.		
	3	10	43,4	11,65	43,40	1,8	0,31	0,05	1,26	0,92	1,52	37,2	35,5	1,70	0,61	1,16	-0,55 0,52		
westdijk	4	10	28,8	11,65	28,80	2,5	0,31	0,06	1,16	0,64	1,45	36,6	36,8	-0,20	0,44	-0,95	0,00 n.v.t.		
	5	10	35,55	11,65	35,55	2	0,31	0,06	1,21	0,77	1,45	36,6	36,1	0,50	0,53	-0,10	0,00 n.v.t.		

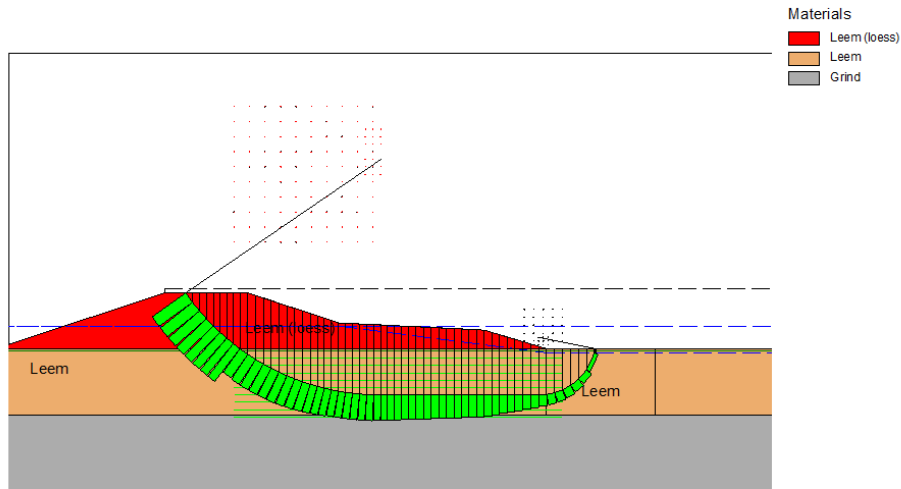
Dijk	Boring	Geometrie					Factoren Sellmeijer					Kritieke verval				Toets		
		D [m]	L [m]	D_kar [m]	L_kar [m]	d [m]	Fresistance	Fscale	Fgeometry	ΔHc [m]	ypip*yb H rivier [m NAP]	H uitteer [m NAP]	ΔH aanwezig [m]	ΔHc/yb [m]	ΔH-0.3d [m]	<0 (verschil)	UC [-]	
oostdijk dijkvak 3	1	10	39,2	11,65	39,20	3	0,31	0,06	1,23	0,84	1,52	37,2	36,2	1,00	0,55	0,10	0,45	5,54
	2	10	39,8	11,65	39,80	2,5	0,31	0,06	1,24	0,85	1,52	37,2	36,1	1,10	0,56	0,35	0,21	1,60
	3	10	40,4	11,65	40,40	1,8	0,31	0,06	1,24	0,86	1,52	37,2	36	1,20	0,57	0,66	-0,09	0,86
	4	10	44,6	11,65	44,60	3	0,31	0,05	1,27	0,94	1,52	37,2	35,3	1,90	0,62	1,00	-0,38	0,62
	5	10	44,0	11,65	44,00	1,8	0,31	0,05	1,26	0,93	1,52	37,2	35,4	1,80	0,61	1,26	-0,65	0,49
	6	10	42,2	11,65	42,20	2	0,31	0,05	1,25	0,90	1,52	37,2	35,7	1,50	0,59	0,90	-0,31	0,66
	7	10	47,6	11,65	47,60	2	0,31	0,05	1,29	1,00	1,52	37,2	34,8	2,40	0,66	1,80	-1,14	0,37
	8	10	41,6	11,65	41,60	2,5	0,31	0,05	1,25	0,88	1,52	37,2	35,8	1,40	0,58	0,65	-0,07	0,90
	9	10	42,8	11,65	42,80	2,5	0,31	0,05	1,26	0,91	1,52	37,2	35,6	1,60	0,60	0,85	-0,25	0,70
	10	10	41,6	11,65	41,60	3,5	0,31	0,05	1,25	0,88	1,52	37,2	35,8	1,40	0,58	0,35	0,23	1,67

Dijk	Boring	Geometrie					Factoren Sellmeijer					Kritieke verval				Toets		
		D [m]	L [m]	D_kar [m]	L_kar [m]	d [m]	Fresistance	Fscale	Fgeometry	ΔHc [-]	ypip*vb H rivier [m NAP]	H uitteer [m NAP]	ΔH aanwezig [m]	ΔHc/yb [m]	ΔH-0.3d [m]	<0 (verschil) [-]	UC	
oostdijk dijkvak 3	1	10	39,2	11,65	39,20	3	0,31	0,06	1,23	0,84	1,52	37,2	36,2	1,00	0,55	0,10	0,45	5,54
	2	10	39,8	11,65	39,80	2,5	0,31	0,06	1,24	0,85	1,52	37,2	36,1	1,10	0,56	0,35	0,21	1,60
	3	10	39,8	11,65	39,80	1,9	0,31	0,06	1,24	0,85	1,52	37,2	36,1	1,10	0,56	0,53	0,03	1,06
	4	10	42,2	11,65	42,20	3,4	0,31	0,05	1,25	0,90	1,52	37,2	35,7	1,50	0,59	0,48	0,11	1,23
	5	10	40,4	11,65	40,40	2,4	0,31	0,06	1,24	0,86	1,52	37,2	36	1,20	0,57	0,48	0,09	1,18
	6	10	40,4	11,65	40,40	2,3	0,31	0,06	1,24	0,86	1,52	37,2	36	1,20	0,57	0,51	0,06	1,11
	7	10	41,6	11,65	41,60	3	0,31	0,05	1,25	0,88	1,52	37,2	35,8	1,40	0,58	0,50	0,08	1,17
	8	10	41,0	11,65	41,00	2,6	0,31	0,06	1,24	0,87	1,52	37,2	35,9	1,30	0,58	0,52	0,06	1,11
	9	10	41,0	11,65	41,00	2,8	0,31	0,06	1,24	0,87	1,52	37,2	35,9	1,30	0,58	0,46	0,12	1,25
	10	10	41,6	11,65	41,60	3,5	0,31	0,05	1,25	0,88	1,52	37,2	35,8	1,40	0,58	0,35	0,23	1,67

BIJLAGE 13 Berekeningen STBI (nieuwe normering, signaleringswaarde)



Shear Stress Uplift Van



Xm: 10.39 [m]
Ym: 45.23 [m]

Radius : 11.37 [m]
Safety : 1.76

Max. stress : 8.497 [kN/m²]
Min. stress : 0.250 [kN/m²]

Shear Stress Uplift Van

Materials

- Leem (loess)
- Leem
- Grind

Diagram showing a cross-section of a dike structure with a shear stress uplift van. The diagram includes a legend for materials: Leem (loess) (red), Leem (orange), and Grind (grey). The dike cross-section shows a red core (Leem (loess)) and an orange outer layer (Leem) on a grey base (Grind). A green curved line represents the shear stress uplift van. A red dotted grid is shown above the dike. A blue dashed line indicates the water level. The diagram is titled 'Shear Stress Uplift Van'.

Coordinates and dimensions:

- Xm: 10.39 [m]
- Ym: 45.23 [m]
- Radius: 11.37 [m]
- Safety: 1.76
- Max. stress: 8.497 [kN/m²]
- Min. stress: 0.250 [kN/m²]

BIJLAGE 14 Berekeningen STPH (nieuwe normering, signaleringswaarde)

Opbarstveiligheid



Traject	Dijk	Dijkvak	Waterstand [m +NAP]	Maaiveld [m +NAP]	Dikte deklaag [m]	Onderkant deklaag [m +NAP]	Kritisch stijghoogte verschil [m]	Optredend stijghoogte verschil [m]	Nieuwe norm Kritische, red	UC
87-1	oostdijk	1	37,8	37	3,5	33,5	3,15	0,80	2,00	2,50
		2	37,6	36,8	2	34,8	1,80	0,80	1,14	1,43
		3	37,6	35,5	1,8	33,7	1,62	2,10	1,03	0,49
86-1	westdijk	4	37,1	36,8	2,5	34,3	2,25	0,30	1,66	5,55
		5	37,2	36,1	2	34,1	1,80	1,10	1,33	1,21

Opbarstveiligheid



Dijk	Dijkvak	Waterstand [m +NAP]	Maaiveld [m +NAP]	Dikte deklaag [m]	Onderkant deklaag [m +NAP]	Kritieke gradient	Heave gradient	UC
oostdijk	1	37,8	37	3,5	33,5	0,25	0,00	n.v.t.
	2	37,6	36,8	2	34,8	0,25	0,00	n.v.t.
	3	37,6	35,5	1,8	33,7	0,25	1,17	0,21
westdijk	4	37,1	36,8	2,5	34,3	0,29	0,00	n.v.t.
	5	37,2	36,1	2	34,1	0,29	0,00	n.v.t.

r[exit]	1
i[c,h]	0,3
schematiseringsfactor	1,1

Vaste waarden	
yp	16,5
yw	10
θ	37
η	0,25
v	1,33E-06
g	9,81
d70m	0,000208
Vc	0,1
In te vullen waarden	
k	200 m/etmaal
k	0,002315 m/s
d70	63 um
d70	0,000063 m

Tussenberekeningen	
yp	
k	3,14E-10

Dijk	Dijkvak	Geometrie					Factoren Sellmeijer					Kritieke verval					Toets		
		D [m]	L [m]	D_kar [m]	L_kar [m]	d [m]	Fresistance	Fscale	Fgeometry	ΔHc [m]	ypip [-]	H rivier [m NAP]	H uittree [m NAP]	ΔH aanwezig [m]	ΔHc/(ypip*yb) [m]	ΔH-0.3d [m]	<0 (verschil) [-]	UC [-]	
oostdijk	1	10	24,2	11,65	24,20	3,5	0,31	0,07	1,12	0,55	1,30	37,8	37	0,80	0,42	-0,25	0,00 n.v.t.		
	2	10	28,8	11,65	28,80	2	0,31	0,06	1,16	0,64	1,30	37,6	36,8	0,80	0,49	0,20	0,29	2,46	
	3	10	43,4	11,65	43,40	1,8	0,31	0,05	1,26	0,92	1,30	37,6	35,5	2,10	0,71	1,56	-0,85	0,45	
westdijk	4	10	28,8	11,65	28,80	2,5	0,31	0,06	1,16	0,64	1,24	37,1	36,8	0,30	0,52	-0,45	0,00 n.v.t.		
	5	10	35,55	11,65	35,55	2	0,31	0,06	1,21	0,77	1,24	37,2	36,1	1,10	0,62	0,50	0,12	1,24	

Dijk	Boring	Geometrie					Factoren Sellmeijer					Kritieke verval				Toets		
		D [m]	L [m]	D_kar [m]	L_kar [m]	d [m]	Fresistance	Fscale	Fgeometry	ΔHc [m]	ypip [-]	H rivier [m NAP]	H uittree [m NAP]	ΔH aanwezig [m]	ΔHc/yb [m]	ΔH-0.3d [m]	<0 (verschil) [-]	UC [-]
oostdijk dijkvak 3	1	10	39,2	11,65	39,20	3	0,31	0,06	1,23	0,84	1,30	37,6	36,2	1,40	0,65	0,50	0,15	1,29
	2	10	39,8	11,65	39,80	2,5	0,31	0,06	1,24	0,85	1,30	37,6	36,1	1,50	0,65	0,75	-0,10	0,87
	3	10	40,4	11,65	40,40	1,8	0,31	0,06	1,24	0,86	1,30	37,6	36	1,60	0,66	1,06	-0,40	0,63
	4	10	44,6	11,65	44,60	3	0,31	0,05	1,27	0,94	1,30	37,6	35,3	2,30	0,72	1,40	-0,68	0,52
	5	10	44,0	11,65	44,00	1,8	0,31	0,05	1,26	0,93	1,30	37,6	35,4	2,20	0,71	1,66	-0,95	0,43
	6	10	42,2	11,65	42,20	2	0,31	0,05	1,25	0,90	1,30	37,6	35,7	1,90	0,69	1,30	-0,61	0,53
	7	10	47,6	11,65	47,60	2	0,31	0,05	1,29	1,00	1,30	37,6	34,8	2,80	0,77	2,20	-1,43	0,35
	8	10	41,6	11,65	41,60	2,5	0,31	0,05	1,25	0,88	1,30	37,6	35,8	1,80	0,68	1,05	-0,37	0,65
	9	10	42,8	11,65	42,80	2,5	0,31	0,05	1,26	0,91	1,30	37,6	35,6	2,00	0,70	1,25	-0,55	0,56
	10	10	41,6	11,65	41,60	3,5	0,31	0,05	1,25	0,88	1,30	37,6	35,8	1,80	0,68	0,75	-0,07	0,91

Dijk	Boring	Geometrie					Factoren Sellmeijer					Kritieke verval				Toets		
		D [m]	L [m]	D_kar [m]	L_kar [m]	d [m]	Fresistance	Fscale	Fgeometry	ΔHc [m]	y _{pip} [-]	H rivier [m NAP]	H uittree [m NAP]	ΔH aanwezig [m]	ΔHc/yb [m]	ΔH-0.3d [m]	<0 (verschil) [-]	UC [-]
oostdijk dijkvak 3	1	10	39,2	11,65	39,20	3	0,31	0,06	1,23	0,84	1,30	37,6	36,2	1,40	0,65	0,50	0,15	1,29
	2	10	39,2	11,65	39,20	2,6	0,31	0,06	1,23	0,84	1,30	37,6	36,2	1,40	0,65	0,62	0,03	1,04
	3	10	38,0	11,65	38,00	2,2	0,31	0,06	1,22	0,82	1,30	37,6	36,4	1,20	0,63	0,54	0,09	1,16
	4	10	41,0	11,65	41,00	3,6	0,31	0,06	1,24	0,87	1,30	37,6	35,9	1,70	0,67	0,62	0,05	1,08
	5	10	39,2	11,65	39,20	2,6	0,31	0,06	1,23	0,84	1,30	37,6	36,2	1,40	0,65	0,62	0,03	1,04
	6	10	38,6	11,65	38,60	2,6	0,31	0,06	1,23	0,83	1,30	37,6	36,3	1,30	0,64	0,52	0,12	1,22
	7	10	40,4	11,65	40,40	3,2	0,31	0,06	1,24	0,86	1,30	37,6	36	1,60	0,66	0,64	0,02	1,04
	8	10	39,2	11,65	39,20	2,9	0,31	0,06	1,23	0,84	1,30	37,6	36,2	1,40	0,65	0,53	0,12	1,22
	9	10	39,8	11,65	39,80	3	0,31	0,06	1,24	0,85	1,30	37,6	36,1	1,50	0,65	0,60	0,05	1,09
	10	10	41,0	11,65	41,00	3,6	0,31	0,06	1,24	0,87	1,30	37,6	35,9	1,70	0,67	0,62	0,05	1,08

BIJLAGE 15 Verwekingszone Air Liquide leiding



TEBODIN Pijpleidingen

Consultants & Engineers

**Bepaling verstoringszones
voor gasleidingen**
conform NEN 3651 en PIJPLEIDINGCODE

Project: Grensmaas
Opdrachtgever: Air Liquide
Ordernummer: 40841
Case: N2 leiding, 10"
Datum: 20-10-09

Algemene invoergevens

Soort berekening	Driedimensionale uitstroming			
Gronddekking	H	=	1,20	m
Valversnelling	g	=	9,81	m/s ²
Uitwendige leidingdiameter	D _u	=	273	mm
Wanddikte leiding	t	=	4,8	mm
Maximale bedrijfsdruk	P _o	=	64,0	bar
Ontwerp druk	P _d	=	64,0	bar
Atmosferische druk	P _{atm}	=	1	bar
Gasdichtheid in gat (P =atm., T=20 °C)	ρ	=	1,254	kg/m ³
Inwendige diameter	D _i	=	263	mm
Tijdsduur erosieproces	t	=	600	s

- Aannames:**
- uitbreidingssnelheid van krater is (1/ 7200) m/s
 - w het vochtgehalte van de grond is 5%
 - de waarde van R(w) is 0.04 bij een w van 5 %
 - diepte krater D is: 1,6 * Du + gronddekking
 - max. uitstroombelasting gas is gelijk aan plaatselijke geluidssnelheid
 - voor aardgas (κ=1.4) in het gat geldt (adiabatisch): $p_x = 0.53 \cdot p_0$; $\rho_x = 0.635 \cdot \rho_0$

Specifieke gegevens

Vochtafhankelijke constante	R(w)	=	0,04	voor vochtige grond
Gasconstante	k	=	1,4	
Fluxconstante	c	=	655	m/s
Diepte krater	D	=	1,64	m voor vochtige grond
Uitbreidingssnelheid erosiekrater	v _{uibr}	=	0,000139	m/s
Dichtheid gas bij maximale bedrijfsdruk p ₀	ρ ₀	=	80,26	kg/m ³
Dichtheid ter plaatse van uitstroomopening	ρ _x	=	50,96	kg/m ³
Breedte uitstroomopening	b ₀	=	0,263	m

Tussenresultaten

Oppervlakte uitstroomopening	A	=	0,0543	m ²
Impulsflux straal	i	=	441555	N
Locale geluidssnelheid bij ontwerpcondities	a _o	=	334	m/s
Maximale uitstroombelasting uit gat	v _{gat}	=	305	m/s
Max haalbaar debiet	Q _{max}	=	844	kg/s
Max haalbare impulsflux	i _{max}	=	553119	N

Erosiezone

Driedimensionale uitstroming

Max. breedte ontgraving	G _B	=	11,9	m
Lengte ontgraving	G _L	=	6,1	m

Toets

Mag het model ja/nee voor driedimensionale uitstroming worden toegepast of dient de erosiezone volgens het tweedimensionale model voor uitstroming of het model voor het overgangsgebied worden berekend.

Ja



TEBODIN Pijpleidingen

Consultants & Engineers

Project: Grensmaas
Opdrachtgever: Air Liquide
Ordernummer: 40841
Case: N2 leiding, 10"
Datum: 20-10-09

**Bepaling verstoringszones
voor gasleidingen**
conform NEN 3651 en PIJPLEIDINGCODE

Verwekingszone

Verwekingszone- parallelle ligging	E_1	=	14,7	m
Verwekingszone-kruising	E_k	=	7,3	m

Explosiekrater

Straal explosiekrater	t_{explosie}	=	0,4	m
Straal plastische zone	t_p	=	1,1	m
Diepte krater (vóór terugval opgeworpen grond)	D_{krater}	=	1,5	m
Straal bolvormige plastische zone (indien $t_{\text{explosie}} \approx 0$)	r	=	7,5	m
Ladinggewicht TNT-equivalent	L	=	0,46	kg



TEBODIN Pijpleidingen

Consultants & Engineers

**Bepaling verstoringszones
voor gasleidingen**
conform NEN 3651 en PIJPLEIDINGCODE

Project: Grensmaas
Opdrachtgever: Air Liquide
Ordernummer: 40841
Case: O2 leiding, 6"
Datum: 20-10-09

Algemene invoergevens

Soort berekening	Driedimensionale uitstroming			
Gronddekking	H	=	1,30	m
Valversnelling	g	=	9,81	m/s ²
Uitwendige leidingdiameter	D _u	=	168	mm
Wanddikte leiding	t	=	4,0	mm
Maximale bedrijfsdruk	P _o	=	64,0	bar
Ontwerp druk	P _d	=	64,0	bar
Atmosferische druk	P _{atm}	=	1	bar
Gasdichtheid in gat (P =atm., T=20 °C)	ρ	=	1,429	kg/m ³
Inwendige diameter	D _i	=	160	mm
Diameter gatopening	b _o	=	0,160	m
Lengte gatopening	l	=	0,002	m
Tijdsduur erosieproces	t	=	600	s

- Aannames:**
- uitbreidingssnelheid van krater is (1/ 7200) m/s
 - w het vochtgehalte van de grond is 5%
 - de waarde van R(w) is 0.04 bij een w van 5 %
 - diepte krater D is: 1,6 * Du + gronddekking
 - max. uitstroomsnelheid gas is gelijk aan plaatselijke geluidssnelheid
 - voor aardgas (k=1.4) in het gat geldt (adiabatisch): $p_x = 0.53 \cdot p_0$; $\rho_x = 0.635 \cdot \rho_0$

Specifieke gegevens

Vochtafhankelijke constante	R(w)	=	0,04	voor vochtige grond
Gasconstante	k	=	1,4	
Fluxconstante	c	=	655	m/s
Diepte krater	D	=	1,57	m voor vochtige grond
Uitbreidingssnelheid erosiekrater	v _{uitbr}	=	0,000139	m/s
Dichtheid gas bij maximale bedrijfsdruk p ₀	ρ ₀	=	91,46	kg/m ³
Dichtheid ter plaatse van uitstroomopening	ρ _x	=	58,07	kg/m ³
Breedte uitstroomopening	b ₀	=	0,160	m

Tussenresultaten

Oppervlakte uitstroomopening	A	=	0,0201	m ²
Impulsflux straal	i	=	163423	N
Locale geluidssnelheid bij ontwerpcondities	a _o	=	313	m/s
Maximale uitstroomsnelheid uit gat	v _{gat}	=	286	m/s
Max haalbaar debiet	Q _{max}	=	334	kg/s
Max haalbare impulsflux	i _{max}	=	218532	N

Erosiezone

Driedimensionale uitstroming

Max. breedte ontgronding	G _B	=	7,9	m
Lengte ontgronding	G _L	=	4,0	m

Toets

Mag het model ja/nee voor driedimensionale uitstroming worden toegepast of dient de erosiezone volgens het tweedimensionale model voor uitstroming of het model voor het overgangsgebied worden berekend.

Ja



TEBODIN Pijpleidingen

Consultants & Engineers

Bepaling verstoringszones voor gasleidingen

conform NEN 3651 en PIJPLEIDINGCODE

Project: Grensmaas
Opdrachtgever: Air Liquide
Ordernummer: 40841
Case: O2 leiding, 6"
Datum: 20-10-09

Verwekingszone

Verwekingszone- parallelle ligging	E_1	=	8,9	m
Verwekingszone-kruising	E_k	=	4,5	m

Explosiekrater

Straal explosiekrater	t_{explosie}	=	#NUM!	m
Straal plastische zone	t_p	=	#NUM!	m
Diepte krater (vóór terugval opgeworpen grond)	D_{krater}	=	1,5	m
Straal bolvormige plastische zone (indien $t_{\text{explosie}} \approx 0$)	r	=	#NUM!	m
Ladinggewicht TNT-equivalent	L	=	0,10	kg

BIJLAGE 16 Ontwerptekeningen

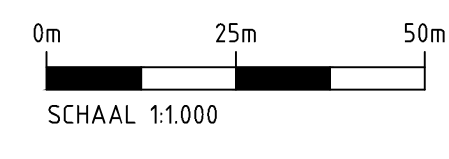


LEGENDA

- GRENS VASTGESTELD RIJNTESLAG
- AMOVEREN BESTAANDE DIJKEN EN WEGEN
- VULLEN KUIL
- AIR LIQUIDE LEIDING
- ASFALT
- BESTRATING
- FIETSPAD
- GRASBETONTGELS
- HALFVERHARDING
- TALUD
- VLAK
- ONGERHOUDSSTROOK

OPMERKINGEN

MATEN IN m, TENZIJ ANDERS AANGEGEVEN
HOOGTEMAAI VOERING IN m T.O.V. N.A.P.
HOEKEN IN BOUWGRADEN

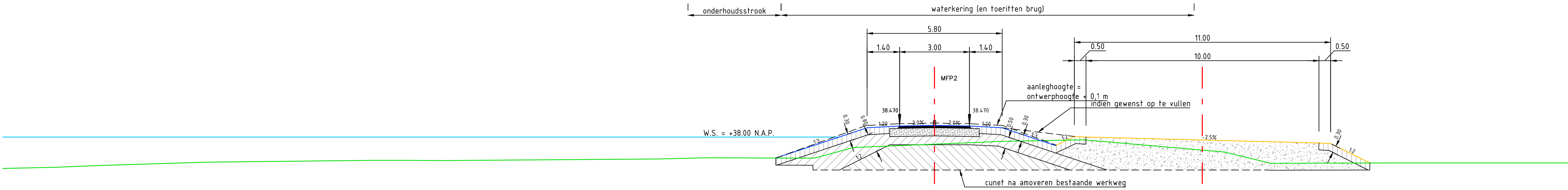


CONSORTIUM GRENSMAAS
DIJKEN EN HOOGWATERBRUG MAASBAND

Definitief ontwerp
Overzicht dijklchamen
Situatie

Witteveen Bos	getekend		D.B.F. Vredenburg	105925-2031	Schaal 1: 1000
	gecontroleerd		P. van den Akker		
	gegegekeurd		L. de Gier		
	Datum		31-01-2019		
Postbus 233 1400 AE Deventer Telefoon 0576 69 79 11 Telefax 0576 69 73 44			Formaat		A0

Dwarsprofiel 1 van MPP2
Metingering : 100.000
Hor. schaal 1: 100
Vert. schaal 1: 100

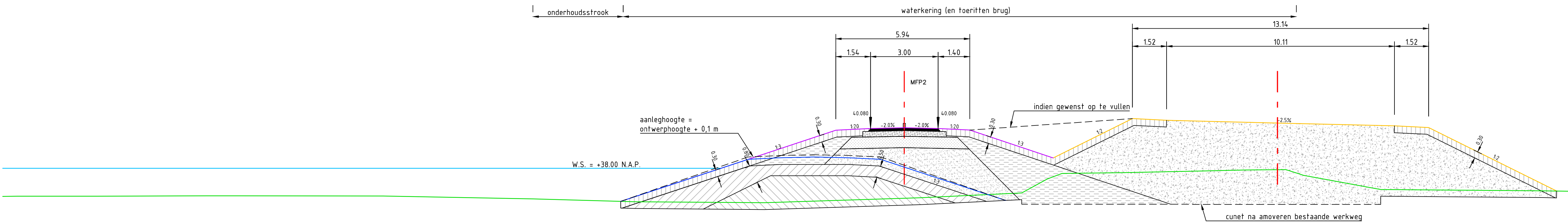


3x300px N.A.P.

As	Hoogte	
	Afstand	
Bestaand terrein	Hoogte	-44.037 -46.614
	Afstand	-44.037 -46.614
Dijklichaam	Hoogte	
	Afstand	
Werkweg	Hoogte	
	Afstand	

Dwarsprofiel 1-1

Dwarsprofiel 2 van MPP2
Metingering : 200.000
Hor. schaal 1: 100
Vert. schaal 1: 100

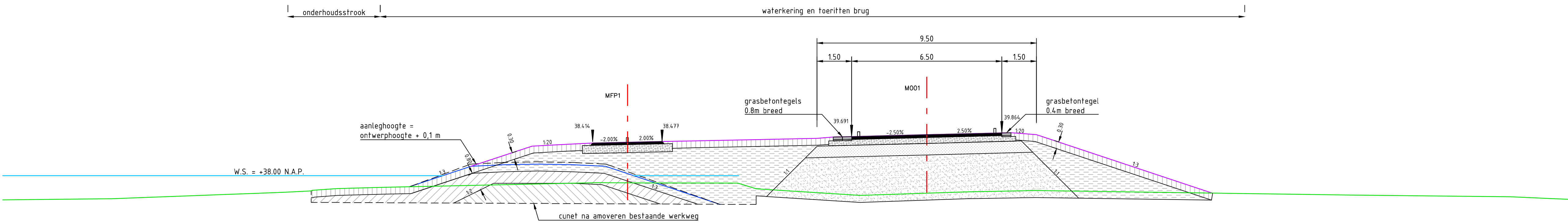


3x300px N.A.P.

As	Hoogte	
	Afstand	
Bestaand terrein	Hoogte	-44.037 -46.614
	Afstand	-44.037 -46.614
Dijklichaam	Hoogte	
	Afstand	
Toerit brug	Hoogte	
	Afstand	
Werkweg	Hoogte	
	Afstand	

Dwarsprofiel 2-2

Dwarsprofiel 3 van M001
Metingering : 390.000
Hor. schaal 1: 100
Vert. schaal 1: 100



3x300px N.A.P.

As	Hoogte	
	Afstand	
Bestaand terrein	Hoogte	-44.037 -46.614
	Afstand	-44.037 -46.614
Dijklichaam	Hoogte	
	Afstand	
Toerit brug	Hoogte	
	Afstand	

Dwarsprofiel 3-3

LEGENDA

- AS
- BESTAAND TERREIN
- DIJKLICHAAM
- TOERIT BRUG
- WERKWEI
- WATERLIJN
- AANBRENGEN ASFALTVERHARDING
- AANBRENGEN HYDRAULISCH GEBOUDEN MENGGRANULAAT
- AAN BRENGEN LEEFLAAG
- AANBRENGEN ZAND VOOR ZANBED
- AANBRENGEN ZAND VOOR OPHOGING
- AANBRENGEN GROND/LEEM VRIJGEKOMEN BIJ ONTGRAVING
- AANBRENGEN KLEI EROSIESTENDIGHEIDSKLASSE 2
- AANBRENGEN KLEI EROSIESTENDIGHEIDSKLASSE 3
- AANBRENGEN GRIND VOOR WERKWEI

OPMERKINGEN

MATEN IN m, TENZIJ ANDERS AANGEGEVEN
HOOGTEMAAT VOERING IN m T.O.V. N.A.P.
HOEKEN IN BOUWGRADEN

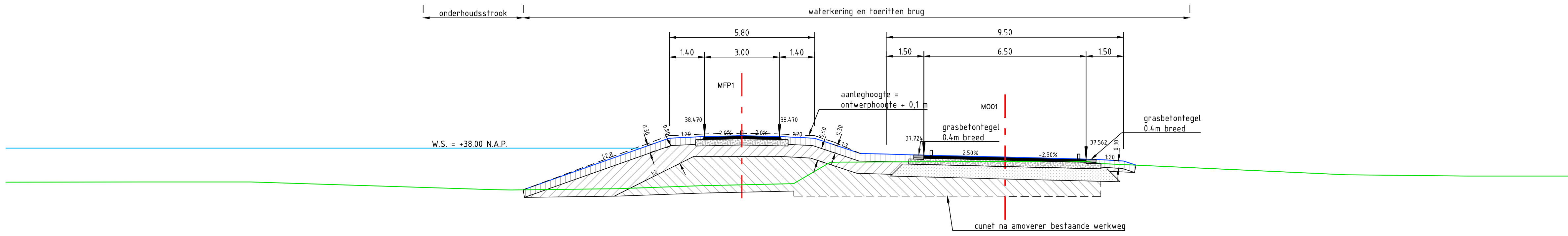
0 2.500mm 5.000mm
SCHAAL 1:100

CONSORTIUM GRENSMAAS
DIJKEN EN HOOGWATERBRUG MAASBAND

Definitief ontwerp
Dijken en wegen
Doorsneden (blad 1 van 4)

Witteveen-Bos
Planbuis 233
2408 HE, Overmeer
Telefoon 0570 69 39 11
Telefax 0570 69 39 44
Getekend D.B.F. Vredenburg
Gecontroleerd P. van den Akker
Goedgekeurd L. de Gier
Datum 31-01-2019
Schaal 1: 100
105925-2032
Formaat A0

Dwarsprof. t.o.v. M001
Metreering : 230.000
Hor. schaal 1: 100
Vert. schaal 1: 100

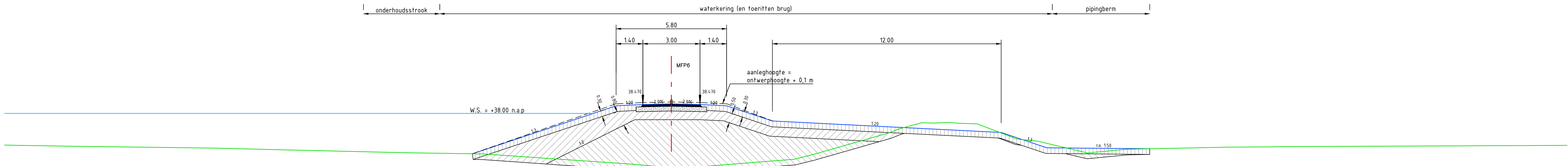


34.000 o.v. N.A.P.

As	Hoogte	
	Afstand	
Bestaand terrein	Hoogte	
	Afstand	
Dijklichaam	Breedte	
	Hoogte	
	Afstand	

Dwarsprofiel 4-4

Dwarsprof. t.o.v. MPP6
Metreering : 130.000
Hor. schaal 1: 100
Vert. schaal 1: 100

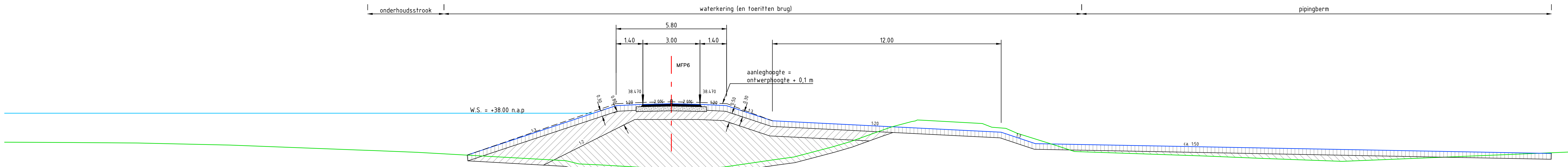


34.000f o.v. N.A.P.

As	Hoogte	
	Afstand	
Bestaand terrein	Hoogte	
	Afstand	
Dijklichaam	Breedte	
	Hoogte	
	Afstand	

Dwarsprofiel 5-5

Dwarsprof. t.o.v. MPP6
Metreering : 240.000
Hor. schaal 1: 100
Vert. schaal 1: 100



34.000 o.v. N.A.P.

As	Hoogte	
	Afstand	
Bestaand terrein	Hoogte	
	Afstand	
Dijklichaam	Breedte	
	Hoogte	
	Afstand	

Dwarsprofiel 6-6

LEGENDA

- AS
- BESTAAND TERREIN
- DIJKLICHAAM
- TOERT BRUG
- WERKWEI
- WATERLIJN
- AANBRENGEN ASFALTVERHARDING
- AANBRENGEN HYDRAULISCH GEBONDEN MENGGRANULAAT
- AAN TE BRENGEN LEEFLAAG
- AANBRENGEN ZAND VOOR ZANBED
- AANBRENGEN ZAND VOOR OPHOGING
- AANBRENGEN GROND/LEEM VRIJGEKOMEN BIJ ONTGRAVING
- AANBRENGEN KLEI EROSIESTENDIGHEIDSKLASSE 2
- AANBRENGEN KLEI EROSIESTENDIGHEIDSKLASSE 3
- AANBRENGEN GRIND VOOR WERKWEI

OPMERKINGEN

MATEN IN m, TENZIJ ANDERS AANGEGEVEN
HOOGTEMAAKTVOERING IN m T.O.V. N.A.P.
HOEKEN IN BOUWGRADEN

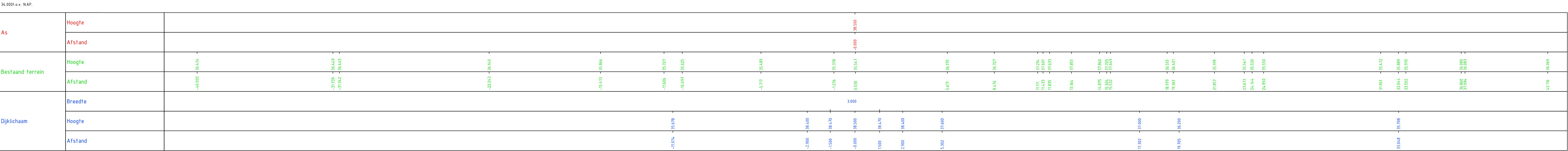
0 2.500mm 5.000mm
SCHAAL 1:100

CONSORTIUM GRENSMAAS
DIJKEN EN HOOGWATERBRUG MAASBAND

Definitief ontwerp
Dijken en wegen
Doorsneden (blad 2 van 4)

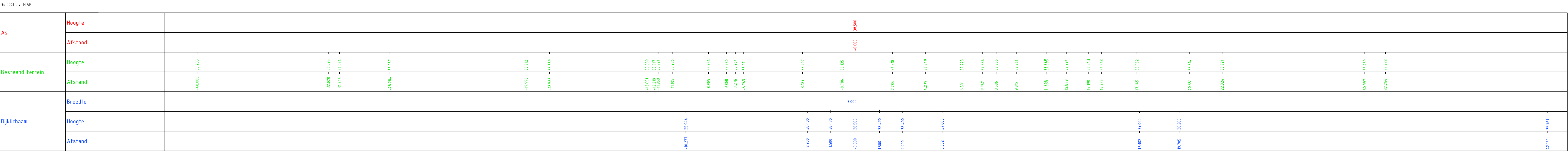
Witteveen+Bos
Pruittus 233
3438 HK, Steenker
Telefoon 0570 69 39 11
Telefax 0570 69 39 44
getekend D.B.F. Vredenburg
gecontroleerd P. van den Akker
getekend L. de Gier
datum 31-01-2019
Schaal 1: 100
105925-2033
Formaat A0

Dwarsprof. 1.x.v. HFFS
Metrening : 320.000
Hor. schaal 1: 100
Vert. schaal 1: 100



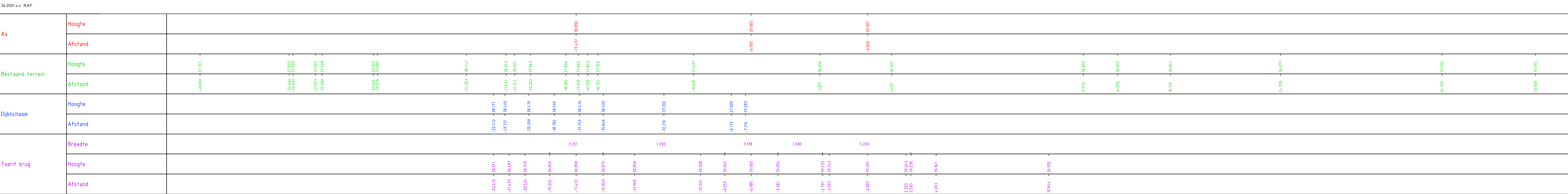
Dwarsprofiel 7-7

Dwarsprof. 1.x.v. HFFS
Metrening : 420.000
Hor. schaal 1: 100
Vert. schaal 1: 100



Dwarsprofiel 8-8

Dwarsprof. 1.x.v. P001
Metrening : 625.000
Hor. schaal 1: 100
Vert. schaal 1: 100



Dwarsprofiel 9-9

LEGENDA

- AS
- BESTAAND TERREIN
- DIJKLICHAAM
- TOERIT BRUG
- WERKWEI
- WATERLIJN
- AANBRENGEN ASFALTVERHARDING
- AANBRENGEN HYDRAULISCH GEBOUDEN MENGGRANULAAT
- AAN TE BRENGEN LEEFLAAG
- AANBRENGEN ZAND VOOR ZANBED
- AANBRENGEN ZAND VOOR OPHOGING
- AANBRENGEN GROND/LEEM VRIJGEKOMEN BIJ ONTGRAVING
- AANBRENGEN KLEI EROSIEBESTENDIGHEIDSKLASSE 2
- AANBRENGEN KLEI EROSIEBESTENDIGHEIDSKLASSE 3
- AANBRENGEN GRIND VOOR WERKWEI

OPMERKINGEN

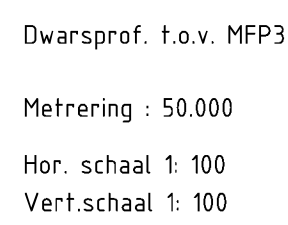
MATEN IN m, TENZIJ ANDERS AANGEGEVEN
HOOGTEMAATVOERING IN m T.O.V. N.A.P.
HOEKEN IN BOUWGRADEN

0 2.500mm 5.000mm
SCHAAL 1:100

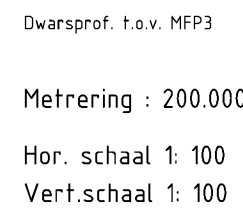
CONSORTIUM GREN SMAAS
DIJKEN EN HOOGWATERBRUG MAASBAND

Definitief ontwerp
Dijken en wegen
Doorsneden (blad 3 van 4)

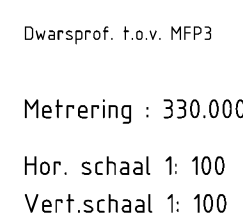
Witteveen-Bos
Piaatsbu 233
3438 HK, Overster
Telefoon: 0570 69 31 11
Telefax: 0570 69 31 44
Gefreund: D.B.F. Vredenberg
Gecontroleerd: P. van den Akker
Geopkeurd: L. de Gier
Datum: 31-01-2019
Schaal: 1: 100
105925-2034
Formaat: A0



Dwarsprofiel 10-10



Dwarsprofiel 11-11



Dwarsprofiel 12-12

- | | | |
|------------------|--|---|
| AS | | AANBRENGEN ASFALTVERHARDING |
| BESTAAND TERREIN | | AANBRENGEN HYDRAULISCH GEBOUDEN MENGGRANULAAT |
| DIJKLICHAM | | AAN TE BRENGEN LEEFLAAG |
| TOERIT BRUG | | AANBRENGEN ZAND VOOR ZANDBED |
| WERKWEI | | AANBRENGEN ZAND VOOR OPHOGING |
| WATERLIJN | | AANBRENGEN GROND/LEEN VRUGGEKOMEN BIJ ONTGRAVEN |
| | | AANBRENGEN KLEI EROSIEBESTENDIGHEIDSKLASSE 2 |
| | | AANBRENGEN KLEI EROSIEBESTENDIGHEIDSKLASSE 3 |
| | | AANBRENGEN GRIND VOOR WERKWEI |

MATEN IN m, TENZIJ ANDERS AANGEGEVEN
HOOGTEMAATVOERING IN m T.O.V. N.A.P.
HOEKEN IN BOOGGRADEN



Witteveen **Bos**
 Postbus 233
 7400 AE Deventer
 Telefoon 0570 69 39 11
 Telefax 0570 69 33 44

Gefekend	D.B.F. Vredenburg	Schaal	1: 100
Gecontroleerd	P. van den Akker	105925-2035	
Goedgekeurd	L. de Gier		
Datum	31-01-2019	Formaat	A0

Schaal 1: 100

105925-2035

Format	A0
--------	----