



Faalkansanalyse bij dijkontwerp Zeeburgereiland- West

Addendum op het rapport
Faalkansanalyse bij dijk-
ontwerp Zeeburgereiland
met parallelle waterleiding

**Vastgesteld door de
stuurgroep Project Overstijgende Verkenning
Kabels & Leidingen (POV K&L)
op woensdag 9 oktober 2019**

Peter Ouwendijk | Hoogheemraadschap van Delfland, voorzitter

Jos Teeuwen | Waterschap Limburg

Marjo van Maurik - de Graaff | Waterschap Hollandse Delta

Hennie Roorda | Waterschap Rivierenland

Adri Bom - Lemstra | Provincie Zuid-Holland, namens IPO

Joke Cuperus | PWN

Han Slootweg | Platform Netbeheerders

Erik Wagener | Hoogwaterbeschermingsprogramma, agendalid

Aldus getekend, namens de stuurgroep POV K&L,

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Peter Ouwendijk', with a long horizontal flourish extending to the right.

Peter Ouwendijk, voorzitter

Voorwoord

Voor u ligt het rapport *Faalkansanalyse bij dijkontwerp Zeeburgereiland-West*, een addendum op het rapport *Faalkansanalyse bij dijkontwerp Zeeburgereiland met parallelle waterleiding (POV K&L, 11 september 2018)*. Dit voorwoord heeft betrekking op beide rapporten.

In het Hoogwaterbeschermingsprogramma (HWBP) werken Rijkswaterstaat en de waterschappen samen aan veilige dijken. In 2050 moeten alle primaire waterkeringen voldoen aan de nieuwe op overstromingsrisico's gebaseerde normen voor de waterkeringen, die vanaf 1 januari 2017 gelden. Het verleggen van kabels en leidingen vormt een grote kostenpost bij dijkversterkingsprojecten. Uit vrijwel alle risicodossiers blijkt dat kabels en leidingen hoog scoren als het gaat om risico op vertraging en aanvullende kosten. Binnen het HWBP is de Project Overstijgende Verkenning Kabels & Leidingen (POV K&L) in 2017 gestart met als belangrijkste doel om de risico's te minimaliseren.

Kernboodschap POV K&L

Verbinden van de werelden van waterkeringbeheerders en netbeheerders om samen kabels & leidingen zorgvuldig, toekomstbestendig en veilig in te passen in waterkeringen en bij dijkversterkingen tegen de laagst maatschappelijke kosten.

Kabels en leidingen zijn van invloed op de veiligheid van een waterkering. Het beoordelen van de veiligheid van een waterkering waarin of waarbij zich kabels & leidingen bevinden, vraagt bij de nieuwe wijze waarop primaire waterkeringen zijn genormeerd, om een aanpak waarbij de veiligheid van zowel de waterkering als de kabels & leidingen worden beoordeeld en waarbij ook de onderlinge beïnvloeding van beide wordt beschouwd. Dat betekent dat we inzicht moeten verkrijgen in de faalscenario's van een waterkering, het effect van het falen van kabels & leidingen op het falen van de waterkering en de kans dat dergelijke scenario's tot een overstroming leiden. Dit vraagt om een nieuwe integrale benadering.

Het Veiligheidsraamwerk Kabels & Leidingen (K&L) is een nog conceptuele rekenmethodiek die speciaal is ontwikkeld voor de veiligheidsbeoordeling van waterkeringen met kabels en leidingen volgens de nieuwe normering op basis van overstromingsrisico's. Het Veiligheidsraamwerk K&L is in samenwerking met Rijkswaterstaat, Deltares en de POV K&L tot stand gekomen. Vanuit de POV K&L testen we het Veiligheidsraamwerk K&L in dijkversterkingsprojecten.

Voor leidingen vormt de *NEN 3650-serie* de basis waarin eisen aan leidingen zijn vastgelegd. Onderdeel van deze serie is de *NEN 3651 Aanvullende eisen voor buisleidingen in of nabij belangrijke Waterstaatswerken*. Hierin zijn eisen opgenomen voor leidingen in of nabij waterkeringen. De NEN 3651 stelt aanvullende eisen (bovenop de basiseisen in de NEN 3650) aan ontwerp, aanleg, bedrijfsvoering en bedrijfsbeëindiging van buisleidingsystemen ten behoeve van veiligheid voor mens, milieu en goederen. Afwijken van (deterministische) eisen in deze norm is mogelijk indien (bijvoorbeeld met een risicoanalyse) hetzelfde of een hoger veiligheidsniveau wordt aangetoond. Bij de faalkansanalyses van het dijkontwerp voor Zeeburgereiland en Zeeburgereiland-West is gebruik gemaakt van de ruimte die de NEN 3650-serie biedt.

Leidingen in lengterichting zijn in het dijklichaam in principe niet toegestaan op basis van de huidige NEN 3650-serie. Slechts in zeer uitzonderlijke gevallen mag daarvan worden

afgeweken als daartoe dringende planologische redenen bestaan. De noodzaak van de ligging van een leiding in de waterkering moet eerst worden aangetoond, er moet sprake zijn van zwaarwegende maatschappelijke en/of economische redenen en er dient een gedegen onderzoek te zijn verricht naar mogelijke alternatieven (alternatieve leidingtracés). Dit betekent dat het toegepaste concept bij het dijkontwerp voor Zeeburgereiland en Zeeburgereiland-West waarbij de waterleiding in lengterichting ligt niet zonder meer mag worden gebruikt bij andere dijktrajecten.

Verder legt de combinatie van de dijk met andere functies (verkeer, leidingstrook) beperkingen op aan de mogelijkheden voor toekomstige dijkversterkingen. Het concept van een multifunctionele dijk mag eveneens niet zonder meer worden toegepast voor andere dijktrajecten. Het is aan de waterkeringbeheerder om (in het kader van de planbeoordeling en/of vergunningverlening) af te wegen in hoeverre medewerking kan worden verleend aan de aanleg van een leiding (of leidingen) in of in de nabijheid van de waterkering.

Disclaimer

Voor het dijkontwerp van Zeeburgereiland en Zeeburgereiland-West is het Veiligheidsraamwerk K&L voor het eerst toegepast en heeft tot het eindoordeel geleid dat de waterkering, inclusief de parallelle waterleiding, voldoet aan de faalkanseisen op basis van overstromingsrisico's. Een belangrijk uitgangspunt daarbij is dat de waterleiding wordt ontworpen, aangelegd en beheerd op basis van de NEN 3650 serie. Constructieve maatregelen zoals een damwand, om de gevolgen van een lekkende of barstende waterleiding te mitigeren bleken niet noodzakelijk te zijn. Hierdoor zijn hoge kosten bespaard. Bij het Zeeburgereiland is het Veiligheidsraamwerk K&L toegepast met instemming van de waterkeringbeheerder. In andere situaties en op andere locaties dient steeds door de waterkeringbeheerder te worden afgewogen of toepassing van het Veiligheidsraamwerk K&L acceptabel en toepasbaar is.

De ontwikkeling en toepassing van het Veiligheidsraamwerk K&L bevindt zich nog in een testfase. Dit betekent dat de resultaten van Zeeburgereiland en Zeeburgereiland-West niet kunnen worden toegepast voor andere projecten. Het Veiligheidsraamwerk K&L kan, voordat de werkwijze is gevalideerd en is verankerd in het wettelijke instrumentarium, alleen verantwoord worden toegepast onder deskundige begeleiding vanuit de POV K&L.

De POV K&L werkt in de laatste fase van het project (tot 1 september 2020) aan het ontwikkelen van breder toepasbare (eenvoudige) rekenregels.

We zijn bijzonder trots op het resultaat wat er nu ligt. Dit was nooit gelukt zonder de bijdrage van alle betrokkenen. Hierbij willen we dan ook alle betrokkenen hartelijk bedanken voor de open houding, gedrevenheid en inzet om hier een succes van te maken!

Peter Ouwendijk,
voorzitter van de stuurgroep POV K&L

Faalkansanalyse bij dijkontwerp Zeeburgereiland-West

**Addendum op het rapport Faalkansanalyse bij dijkontwerp
Zeeburgereiland met parallelle waterleiding (POV K&L, 11
september 2018)**

Anton van der Meer

Titel

Faalkansanalyse bij dijkontwerp Zeeburgereiland-West

Opdrachtgever	Project	Kenmerk	Pagina's
Hoogheemraadschap van Delfland, DELFT	11203636-000	11203636-000-GEO-0004	4

Trefwoorden




dijkveiligheid, faalkans, waterleiding, macrostabiliteit, integrale faalkansanalyse

Samenvatting

Dit addendum is een toevoeging op de eerder gerapporteerde integrale faalkansanalyse voor het referentieproject Zeeburgereiland: *Faalkansanalyse bij dijkontwerp Zeeburgereiland met parallelle waterleiding*. Het betreft een aansluitend tracé van de waterkering ten westen van het eerder beschouwde tracé, waarbij de aan te leggen waterleidingleiding afbuigt naar het zuiden.

In dit addendum wordt aangetoond dat het tracé van het dijkversterkingsontwerp van het referentieproject inclusief het westelijk deel van het tracé aan de eisen van de Waterwet voldoet. De integrale faalkansanalyses voor het referentieproject Zeeburgereiland, inclusief het aansluitende tracé, hebben tot het eindoordeel geleid dat het ontwerp van de waterkering, inclusief de lagedruk parallelle waterleiding ter plaatse van de binnenkruinlijn voldoet aan de faalkanseisen op basis van overstromingskansen. Het plaatsen van damwanden met een waterkerende functie is niet nodig.

Voor de volledigheid wordt aangegeven dat, zoals in de rapportage van de integrale faalkansanalyse voor het referentieproject Zeeburgereiland is beschreven in het hoofdstuk met de conclusies, het een belangrijk uitgangspunt is dat de leiding conform het vereiste veiligheidsniveau wordt ontworpen. Het uitgangspunt hierbij is dat de leiding wordt ontworpen, aangelegd en beheerd op basis van de NEN 3650 serie. Voor het ontwerp van de leiding zijn in dit addendum enkele aandachtspunten benoemd.

Versie	Datum	Auteur	Paraaf	Review	Paraaf	Goedkeuring	Paraaf
0.1	mrt. 2019	Anton van der Meer		Henk Kruse		Joris van Ruijven	
0.2	okt. 2019	Anton van der Meer		Henk Kruse		Joris van Ruijven	
1.0	okt. 2019	Anton van der Meer		Henk Kruse		Joris van Ruijven	

Status

definitief

Inhoud

Afkortingen en symbolen	3
1 Introductie	5
1.1 Addendum	5
1.2 Projectomschrijving	5
1.3 Leeswijzer	6
2 Uitgangspunten	7
2.1 Relevante faalmechanismen en faalkanseisen	7
2.2 Additionele dwarsdoorsneden van de dijk	7
2.2.1 Dwarsprofielen	8
2.2.2 Selectie maatgevende dwarsprofielen	9
2.2.3 Grondopbouw en grondeigenschappen	10
3 Klassieke ontwerpberekeningen	13
3.1 Algemeen	13
3.1 Gras erosie kruin en binnentalud / Hoogte (GEKB/HT)	13
3.2 Macrostabieliteit binnenwaarts en buitenwaarts (STBI & STBU)	14
3.3 Conclusie klassieke ontwerpberekeningen	15
4 Toepassing systematiek WBI veiligheidsraamwerk met semi-probabilistische benaderingen	17
4.1 Faalkans leiding	18
4.2 Hydraulische belasting vóór herstel	18
4.3 Faalkans waterkering	18
4.3.1 Gras erosie kruin en binnentalud / Hoogte (GEKB/HT)	18
4.3.2 Macro-instabiliteit binnenwaarts en buitenwaarts (STBI & STBU)	19
4.3.3 Direct falen door 'grote krater'	19
4.4 Resultaat integrale beschouwing met semi-probabilistische benaderingen	21
4.4.1 Gras erosie kruin en binnentalud / Hoogte (GEKB/HT)	21
4.4.2 Macro-instabiliteit binnenwaarts en buitenwaarts (STBI & STBU)	22
4.5 Lengte effect	22
5 Veiligheidsbeoordeling	24
6 Referenties	26
Bijlage(n)	
A Aangeleverde profielen	A-1
B Berekende glijvlakken	B-1
C Gebeurtenissenbomen met resultaten	C-1
C.1 Gras erosie kruin en binnentalud / Hoogte (GEKB/HT)	C-1
C.2 Macro-instabiliteit binnenwaarts (STBI)	C-2

C.3 Macro-instabiliteit buitenwaarts (STBU)

C-3

D Grond parameters

D-5

Afkortingen en symbolen

β	Betrouwbaarheidsindex (maat voor de faalkans, op jaarbasis)
Bevi	Handleiding Risicoberekeningen Bevi (opgesteld door RIVM)
HT	Faalmechanisme hoogte (overloop en golfoverslag, gras erosie kruin en binnentalud)
HWBP	Hoogwaterbeschermingsprogramma
NEN	Nederlandse Norm
NPR	Nederlandse Praktijkrichtlijn
OI	Ontwerpinstrumentarium (regelwerk voor ontwerpen van waterkeringen)
P_f	Faalkans (per jaar)
POV	Projectoverstijgende verkenning (HWBP)
POV-KL	Projectoverstijgende verkenning Kabels & Leidingen (HWBP)
SF	stabiliteitsfactor (verhouding sterkte/belasting in stabiliteitsanalyses)
STBI	Faalmechanisme macro-instabiliteit binnenwaarts
STBU	Faalmechanisme macro-instabiliteit buitenwaarts
WBI	Wettelijk Beoordelingsinstrumentarium (voor beoordelen veiligheid bestaande waterkeringen)

1 Introductie

De POV Kabels en Leidingen (POV K&L) wordt uitgevoerd binnen het Hoogwaterbeschermingsprogramma met als belangrijkste doel om de risico's van kabels en leidingen bij dijkversterkingsprojecten te minimaliseren. De POV Kabels en Leidingen (POV K&L) heeft in 2018 aan Deltares gevraagd om de systematiek van het WBI Veiligheidsraamwerk K&L toe te passen in referentieprojecten en op die manier een integrale faalkansanalyse mogelijk te maken in de praktijk. Voor het referentieproject dijkversterking Zeeburgereiland is de toepassing voor het eerst uitgevoerd. De resultaten zijn opgenomen in de rapportage *Faalkansanalyse bij dijkontwerp Zeeburgereiland met parallelle waterleiding* (Deltares, 2018b).

Dit voorliggende rapport is een addendum bij de eerder uitgebrachte rapportage over de faalkansanalyse bij het dijkontwerp van het Zeeburgereiland.

1.1 Addendum

Dit addendum betreft een aanvullende beschouwing van het dijkontwerp Zeeburgereiland inclusief een aansluitend tracé ten westen van het eerder beschouwde tracé, waarbij de aan te leggen waterleidingleiding afbuigt naar het zuiden.

Het eerder beschouwde tracé van de waterleiding is na het uitkomen van het rapport met de faalkansanalyse aangepast en loopt nu over een grotere lengte parallel aan de nieuwe waterkering van het Zeeburgereiland. In dit addendum bij de reeds uitgevoerde faalkansanalyse wordt de invloed van het aansluitende deel van de waterkering met de parallelle waterleiding beschouwd en wordt aangetoond of het dijkversterkingsontwerp inclusief het westelijk gelegen tracé van het referentieproject al dan niet aan de eisen van de Waterwet voldoet.

1.2 Projectomschrijving

In het rapport *Faalkansanalyse bij dijkontwerp Zeeburgereiland met parallelle waterleiding* (Deltares, 2018b) is een beknopte omschrijving van het dijkversterkingsproject Zeeburgereiland opgenomen. Het reeds beschouwde deel van de waterkering met de parallel gelegen waterleiding is in blauw weergegeven in figuur 1.1. Het aanvullende dijksegment met het waterleiding tracé is in rood weergegeven in figuur 1.1. Door de aanvullende lengte van het dijksegment met de parallelle waterleiding bedraagt de totale te beschouwen lengte van de waterkering met de waterleiding 300 meter.



Figuur 1.1 Het oorspronkelijk (blauw) en aanvullend (rood)dijksegment.

1.3 Leeswijzer

In dit addendum rapportage zijn achtereenvolgens de uitgangspunten (hoofdstuk 2), klassieke berekeningen (hoofdstuk 3) en toepassing van het veiligheidsraamwerk (hoofdstuk 4) opgenomen. In hoofdstuk 5, is de beoordeling van de gehele waterkering met de parallelle waterleiding opgenomen.

2 Uitgangspunten

De uitgangspunten in dit addendum zijn grotendeels gelijk aan de uitgangspunten in *Faalkansanalyse bij dijkontwerp Zeeburgereiland met parallelle waterleiding* (Deltares, 2018b).

Deze hierboven genoemde rapportage beschouwt de inpassing van een aan te leggen parallelle lagedruk waterleiding in het ontwerp van een multifunctionele waterkering aan de zuidkant van het Zeeburgereiland. In verband met planologische eisen is besloten om een multifunctionele waterkering te ontwerpen met een verkeersfunctie en met ondergrondse infrastructuur.

In het rapport is aangegeven dat is uitgegaan van de wettelijke waterveiligheidsnormen voor dijktraject 44-2 (signaleringswaarde 1:300 per jaar en ondergrenswaarde 1:100 per jaar). De verlegging van de primaire waterkering naar de oostrand van het Zeeburgereiland zorgt ervoor dat het Zeeburgereiland binnendijks komt te liggen. Op het Zeeburgereiland wordt een hoogwaardig stedelijk gebied gerealiseerd met zo'n 6.000 nieuwe woningen (ca. 10.000 bewoners). Dit kan de vraag oproepen of de wettelijke waterveiligheidsnorm voor deze locatie wel voldoende robuust is, mede gezien de planperiode van 100 jaar. Op het Zeeburgereiland zullen volgens de gemeente Amsterdam alle woonpercelen op een maaiveld komen te liggen, boven NAP +1,00 m. Het overstromingsrisico is daarmee zeer beperkt en de gehanteerde veiligheidsnormering is dan voldoende robuust.

De relevante faalmechanismen en faalkanseisen die al beschreven zijn (Deltares, 2018b) zijn ten behoeve van de leesbaarheid opgenomen in § 2.1.

2.1 Relevante faalmechanismen en faalkanseisen

De uitgangspunten en randvoorwaarden bij het aanvullende deel van de waterkering bij de dijkversterking Zeeburgereiland zijn gelijk aan het reeds beschouwde deel van de waterkering daarom zijn hier ook de volgende faalmechanismen van belang als het gaat om de invloed van de waterleiding en de mogelijke gevolgen van falen van de leiding:

- 1 gras erosie kruin en binnentalud / hoogte (GEKB/HT)
- 2 macrostabiliteit binnenwaarts (STBI)
- 3 macrostabiliteit buitenwaarts (STBU)

De relevante faalkanseisen zijn in de onderstaande tabel samengevat.

Tabel 2.1 Vereiste faalkans en betrouwbaarheid per jaar voor de verschillende faalmechanismen.

Faalmechanisme	Toelaatbare faalkans	Vereiste betrouwbaarheid
Gras erosie kruin en binnentalud / Hoogte (GEKB/HT)	1,2 E-3 (1/833)	3,0
Macrostabiliteit binnenwaarts (STBI)	2,0 E-5	4,1
Macrostabiliteit buitenwaarts (STBU)	2,0 E-4	3,5

2.2 Additionele dwarsdoorsneden van de dijk

De aanvullende lengte van de dijksectie met de waterleiding bevindt zich ten westen van het reeds beschouwde deel van de waterkering van het Zeeburgereiland. Voor dit aanvullende dijkvak heeft het ingenieursbureau van gemeente Amsterdam dwarsprofielen aangeleverd

(bijgevoegd in bijlage A). Ook heeft gemeente Amsterdam stabiliteitsberekeningen met daarin de geschematiseerde grondopbouw aangeleverd (Ingenieursbureau van Amsterdam, 2018).

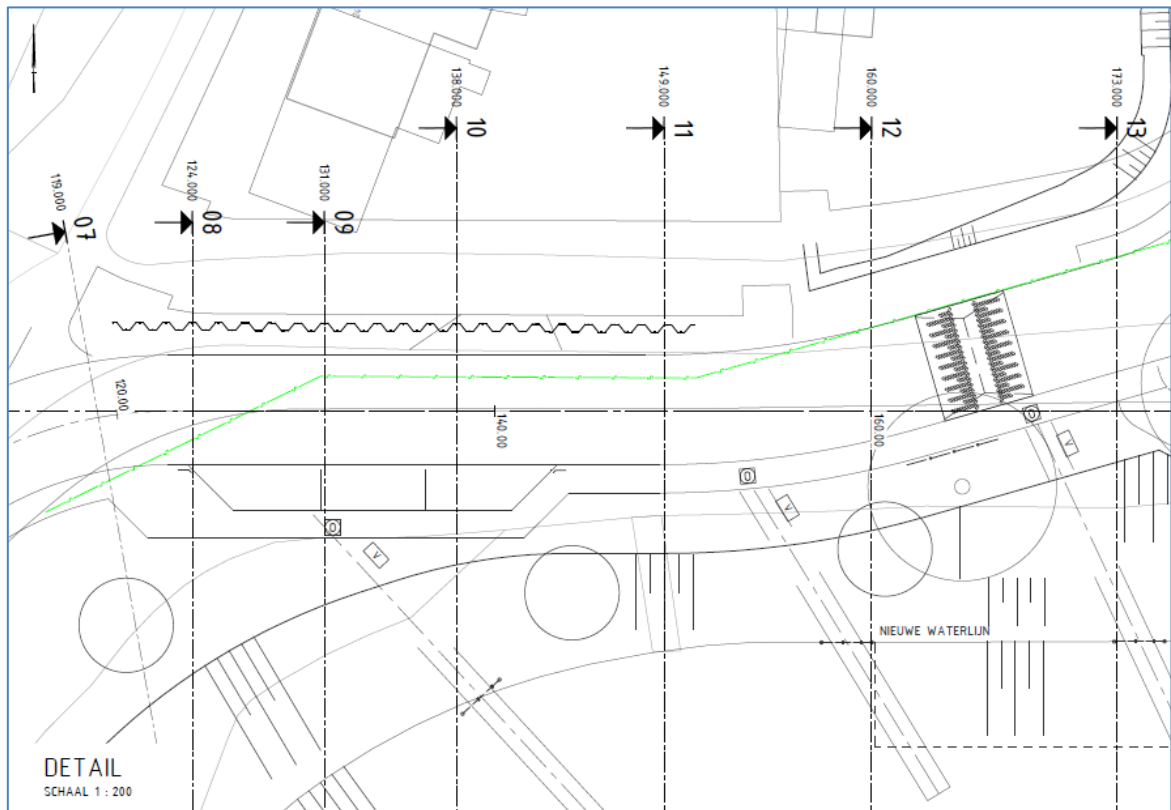
2.2.1 Dwarsprofielen

Een detailoverzicht van het aanvullend te beschouwen dijksegment is door het Ingenieursbureau Amsterdam aangeleverd en opgenomen in Figuur 2.1. In het overzicht zijn de locaties van de dwarsprofielen ingetekend. Ter plaatse van de binnendijks gelegen woning is door de gemeente Amsterdam een leidingencalamiteiten damwand gepland om de woning te beschermen tegen mogelijke leidinglekkage. Er is geen analyse beschikbaar met betrekking tot het ontwerp van deze damwand. De damwand heeft geen waterkerende functie. In verband met de aanleg van de damwand is enige ruimte tussen de damwand en de waterleiding gereserveerd.

Een overzicht van alle dwarsprofielen is opgenomen in bijlage A. De verschillende dwarsprofielen hebben de volgende kenmerken:

- Alle dwarsprofielen (7 t/m 13) hebben een 1:4 buitentalud. De reeds beschouwde profielen DWP3 en DWP5 (Deltares, 2018b) hebben een steiler buitentalud (1:3).
- Dwarsprofielen 7 t/m 11 hebben een verheeld hoog gelegen achterland.
- Van de dwarsprofielen 12 en 13) zijn de binnendijkse taluds vergelijkbaar met de reeds beschouwde profielen DWP3 en DWP5. Het hoogteverschil tussen het achterland en de kruin van de waterkering is bij profiel 13 groter dan bij profiel 12.
- In profiel 11 ligt de waterleiding het dichtst bij de buitenkruinlijn. De afstand tussen de leiding en de buitenkruinlijn (NAP+1,7 m) is hier ongeveer 10 m.

Door de gemeente Amsterdam is aangegeven dat het hierboven getoonde tracé van de waterleiding hydraulisch gezien optimaal is en er nagenoeg geen verlies van de capaciteit is. De leiding zal worden aangelegd met voorgebogen bochten. (Op basis van het definitieve ontwerp zal nog een waterslaganalyse en een sterkteberekening, beide conform NEN 3650/3651 beschikbaar moeten komen. De verantwoordelijkheid voor het opnemen van de vigerende eisen en normen (NEN 3650/3651) in de vergunningsvoorwaarden ligt bij de waterkeringsbeheerder; de verantwoordelijkheid voor het voldoen aan die vergunningsvoorwaarden ligt bij de leidingexploitant).



Figuur 2.1 Aanvullend te beschouwen dijksegment, zonder vervangende waterkering, met daarin in groen aangegeven de ligging van de geplande waterleiding. De ingetekende damwand heeft geen waterkerende functie en valt buiten de scope van deze rapportage.

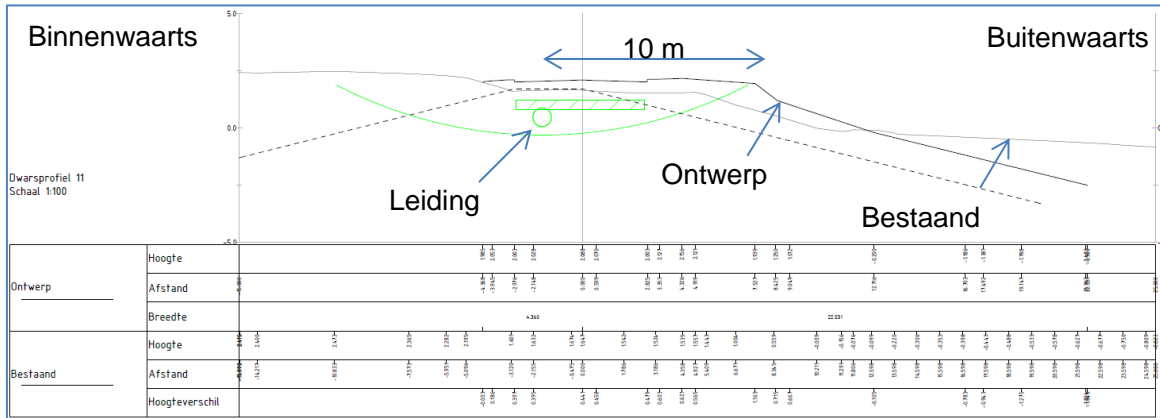
2.2.2 Selectie maatgevende dwarsprofielen

Uit de hierboven beschreven informatie omtrent de dwarsprofielen van het aanvullende dijksegment kan het volgende worden afgeleid:

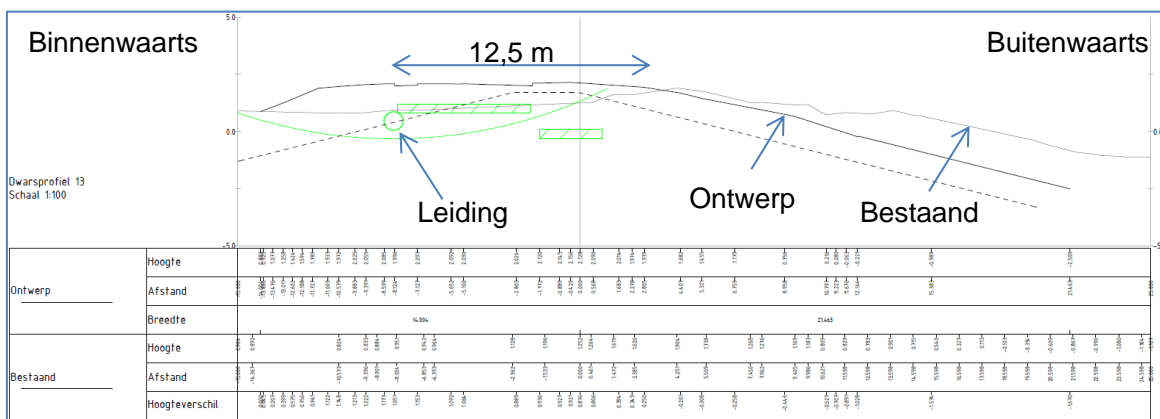
- De steilheid van het buitentalud van de aanvullende dwarsprofielen is gelijk en bedraagt 1:4.
- Ter plaatse van de profielen 12 en 13 bevindt het maaiveld niveau van het achterland zich significant lager dan de kruin van de dijk.
- Ter plaatse van profiel 13 is het maaiveld niveau van het achterland het laagste.
- De waterleiding is ter plaatse van profiel 11 het dichtste bij de buitenkruinlijn gelegen.
- Ter plaatse van de profielen 7 tot en met 11 is sprake van een hoog achterland en kan overstromen alleen optreden als in de toekomst het maaiveld niveau van het achterland wordt aangepast. De hoge ligging van het achterland is in de faalkansanalyse niet meegenomen.
- De hoogteligging van de bodem buitenwaarts is NAP-2,5 m.

Uit het bovenstaande volgt dat de geometrie van profiel 13 bij stabiliteitsberekeningen voor een sluipend en een gapend lek maatgevend zal zijn (voor de faalmechanismen macrostabiliteit STBI en STBU). Bij een beschouwing van het faalmechanisme hoogte is de situatie van een gapend lek van belang. Profiel 11 is daarom maatgevend voor dit faalmechanisme (GEKB/HT). Het dient te worden opgemerkt dat profiel 11 een theoretisch maatgevend profiel is in verband met de hoge ligging van het achterland (het feit dat er hier met dit hoge achterland geen overstroming plaats kan vinden is in de waterveiligheidsanalyse conservatief buiten beschouwing gelaten).

De Profielen 11 en 13 zijn opgenomen in Figuur 2.2 en Figuur 2.3.



Figuur 2.2 Dwarsprofiel 11.

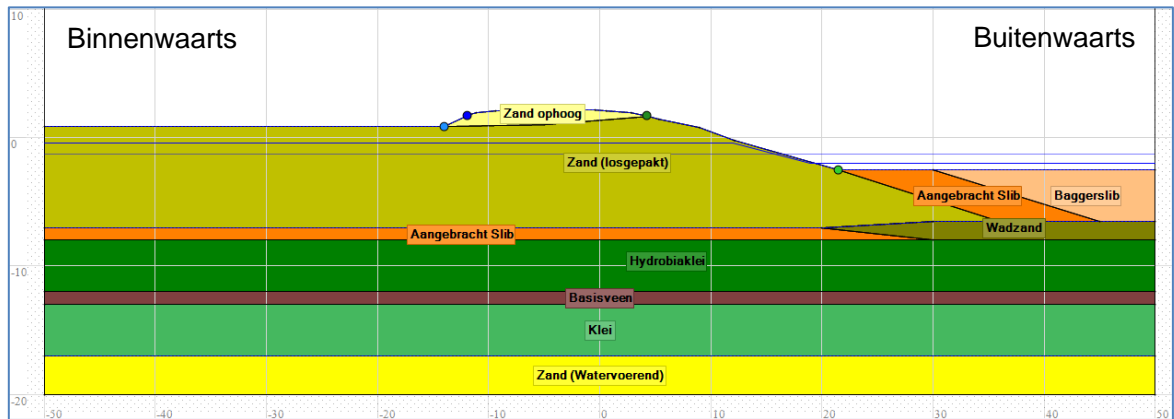


Figuur 2.3 Dwarsprofiel 13.

2.2.3 Grondopbouw en grondeigenschappen

Informatie over de ondergrond en stabiliteitsberekeningen zijn aangeleverd door de gemeente Amsterdam (Ingenieursbureau van Amsterdam, 2018). De grondopbouw is vergelijkbaar met de grondopbouw van DWP3 en DWP5 uit (Deltares, 2018b). Uit de aangeleverde informatie volgt een geringe variatie in grondopbouw in de lengterichting van de waterkering.

Uit de aangeleverde informatie omtrent de grondopbouw is een conservatieve schematisatie afgeleid voor de stabiliteitsberekeningen. De effecten van de voorbelasting van het buitentalud door een tijdelijke bouwweg zijn conservatief niet meegenomen. Het wel meenemen van de voorbelasting zou tot een hogere sterkte van de grond leiden. De schematisatie van profiel 13 is opgenomen in Figuur 2.4.



Figuur 2.4 Dwarsprofiel 13 inclusief grondopbouw.

De bij de stabiliteitsberekeningen gebruikte grondparameters zijn gelijk aan de grondparameters zoals die in de reeds uitgevoerde faalkansanalyse zijn gebruikt (Deltares, 2018b). De grondparameters van de grondlagen die in de voorgaande analyse niet aanwezig/relevant waren zijn verkregen uit de Schematiseringshandleiding Macrostabiliteit van het WBI (I&M 2017a). Dit zijn conservatieve tabelwaarden. Alle gebruikte grondparameters zijn weergegeven in bijlage D.

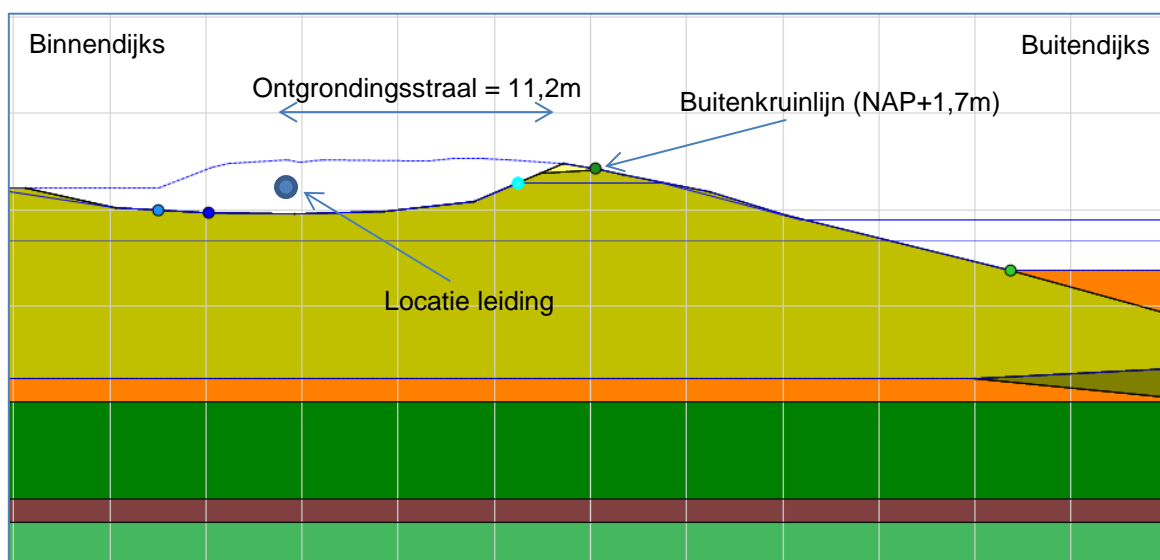
3 Klassieke ontwerpberoeeningen

3.1 Algemeen

In de klassieke ontwerpberoeening van de waterkering wordt de faalkans van de leiding niet meegenomen (we gaan uit van de worstcase situatie dat de leiding faalt) en worden alle scenario's getoetst aan de gestelde veiligheidseisen.

De erosiekrater c.q. ontgrondingskuil in geval van een *gapend lek* is volgens NEN 3651 (met rekenwaarden) berekend. Dit is beschreven in de reeds uitgebrachte rapportage (Deltares 2018b). Het resultaat is een straal van 11,13 m en een diepte van 2,16 m (zie illustratie in Figuur 3.1). Het restprofiel van de waterkering na optreden van de erosiekrater conform de formules uit bijlage A van NEN3651 heeft een kruinbreedte van minder dan, de minimaal vereiste, 2 m. In het geval van een gapend lek en het ontstaan van een erosie krater met de afmetingen conform NEN 3651 is er dus direct sprake van falen.

Toepassing van de systematiek van het WBI-veiligheidsraamwerk K&L met semi-probabilistische benaderingen is dus nodig om tot een oordeel over de veiligheid van de dijk te kunnen komen. Om inzicht te krijgen welke scenario's wel en welke scenario's niet voldoen op basis van de klassieke berekeningen zijn deze klassieke berekeningen toch uitgevoerd. Zoals aangegeven in paragraaf 2.2.2 is profiel 13 maatgevend voor STBI/STBU en is profiel 11 maatgevend voor GEKB/HT. De maatgevende profielen zijn beschouwd in de klassieke berekeningen.



Figuur 3.1 Illustratie erosiekrater (ontgrondingskuil) in schematisch dwarsprofiel.

3.1 Gras erosie kruin en binnentalud / Hoogte (GEKB/HT)

Voor verschillende relevante overslaggebieden is de overschrijdingskans berekend met de Rijkswaterstaat software Hydra-NL. De uitgangspunten zijn identiek aan Deltares (2018b), uitgezonderd de steilheid van het buitentalud. De effecten van de steilheid 1:4 in plaats van 1:3 zijn doorgerekend. De resultaten zijn opgenomen in Tabel 3.1.

Tabel 3.1 Overschrijdingskansen golfoverslag voor verschillende kritieke overslagdebieten (Hydra-NL).

Kritiek overslagdebiet, q_c [l/s/m]	Terugkeertijd [jaar]	Overschrijdingskans [/jaar]
0,1	33.100	3,0E-5
1,0	53.331	1,9E-5
5,0	72.357	1,4E-5
10,0	82.782	1,2E-5

Voor de scenario's 'niet falen leiding' en 'sluipend lek' is het kritieke overslagdebiet 10 l/s/m. Voor het scenario met een gapend lek is het kritieke overslagdebiet 0,1 l/s/m. Echter, omdat er gegeven de afmetingen van de krater volgens de formules in NEN 3651 bij een gapend lek minder dan de vereiste 2 meter kruinbreedte overblijft, kan dit worden beschouwd als direct gefaald. De faalkansen zijn gekoppeld aan de scenario's en opgenomen in Tabel 3.2.

Tabel 3.2 Faalkansen voor verschillende scenario's van leiding falen.

	geen leiding falen ($q_c=10$ l/s/m)	sluipend lek ($q_c=10$ l/s/m)	gapend lek	vereist*
GEKB/HT	1,2E-5	1,2E-5	direct falen	1,2E-3

In de scenario's 'niet falen van de leiding' en 'sluipend lek' voldoet de waterkering voor het faalmechanisme GEKB/HT.

3.2 Macrostabieliteit binnenwaarts en buitenwaarts (STBI & STBU)

Voor dezelfde drie belastinggevallen als in (Deltares, 2018b) is de macrostabieliteit berekend. De drie belastinggevallen zijn:

- Hoogwater, falen op macrostabieliteit binnenwaarts;
- Val na hoogwater, falen op macrostabieliteit buitenwaarts;
- Val naar extreem laagwater, falen op macrostabieliteit buitenwaarts.

De berekende stabiliteitsfactoren en de eisen zijn opgenomen in Tabel 3.3 (visualisaties van de glijvlakken zijn opgenomen in bijlage B). Voor een gapend lek is geen stabiliteitsfactor berekend aangezien de dijk gegeven een gapend lek al kan worden beschouwd als direct gefaald.

De macrostabieliteit is berekend met de software D-Stability. Deze software maakt gebruik van het macrostabieliteit rekenhart van het WBI2017.

Tabel 3.3 Stabiliteitsfactoren (met rekenwaarden) voor verschillende scenario's van hydraulische belasting en effecten van leiding falen.

	geen leiding falen	sluipend lek	gapend lek	vereist*
STBI	5,02	3,95	direct falen	(1,41/1,09)
STBU val na HW	1,69	1,51	direct falen	(1,30/1,00)
STBU extreem LW	1,37	1,20	direct falen	(1,30/1,00)

* vereiste stabiliteitsfactor SF met schematiseringsfactor 1,3 / 1,0

In overeenstemming met (Deltares, 2018b) is voor macrostabieliteit buitenwaarts *val naar extreem laagwater* maatgevend ten opzichte van de *val na hoogwater*. Uitgezonderd het scenario met een gapend lek voldoet alleen het scenario STBU extreem laagwater met een sluipend lek niet indien de schematiseringsfactor gelijk is aan 1,3.

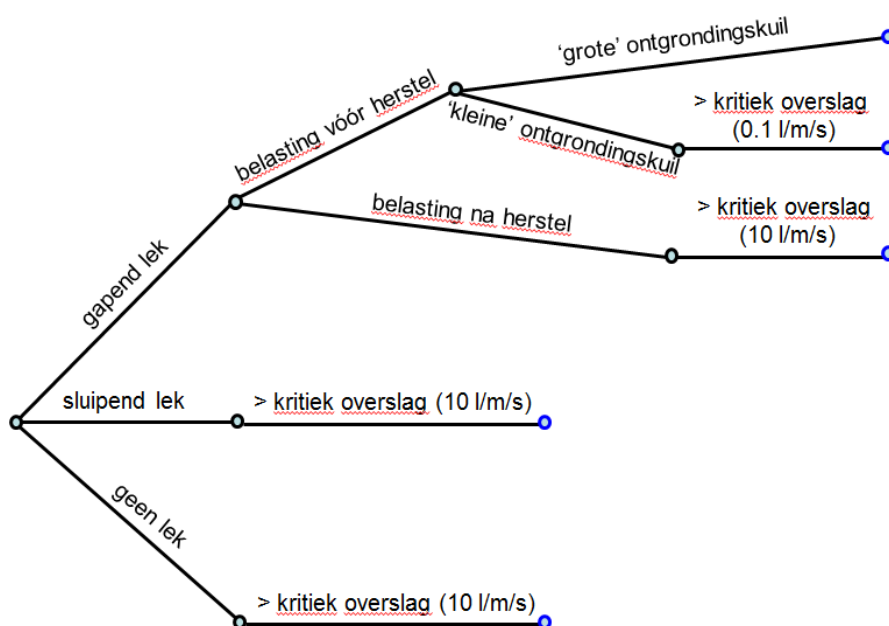
3.3 Conclusie klassieke ontwerpberekeningen

Aangezien de overgebleven kruinbreedte bij de afmeting van de erosiekrater kleiner is dan de vereiste 2 meter breedte (een keuze voor een meer binnenwaarts gelegen leidingtracé had dit wellicht kunnen voorkomen), voldoet de waterkering niet op basis van de klassieke ontwerpberekeningen. Ook voldoet de situatie met een sluipend lek niet aan de eis voor buitenwaartse macrostabiliteit. Toepassing van het WBI veiligheidsraamwerk met semi-probabilistische benaderingen (hoofdstuk 4) is dus nodig om tot een meer gedetailleerde beschouwing van de veiligheid van de dijk met de waterleiding te komen.

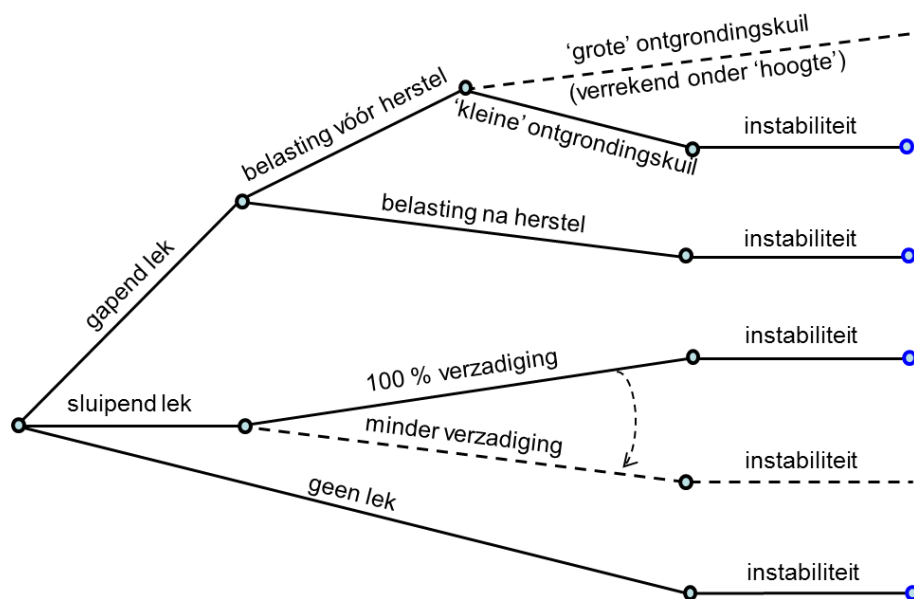
4 Toepassing systematiek WBI veiligheidsraamwerk met semi-probabilistische benaderingen

In dit hoofdstuk wordt het WBI-veiligheidsraamwerk (Deltares, 2018) specifiek uitgewerkt voor het aanvullende dijksegment op het Zeeburgereiland. Het gaat om een integrale analyse van leiding falen en de effecten hiervan op de dijkveiligheid. De uitwerking is identiek aan (Deltares, 2018b) en uitgebreid omschreven in § 4 van het betreffende rapport.

De gebeurtenisbomen zijn ongewijzigd ten opzichte van (Deltares, 2018b) en zijn voor de leesbaarheid opgenomen in dit addendum (Figuur 4.1 en Figuur 4.2). De gebeurtenissen uit de boom: falen leiding (§ 4.1), samenvallen gapend lek en hydraulische belasting (§ 4.2) en falen van de waterkering (§ 4.3) zijn in dit hoofdstuk achtereenvolgens beschouwd. In § 4.4 zijn de kansen gecombineerd in de integrale beschouwing.



Figuur 4.1 Gebeurtenissenboom (faalpaden) voor golfoverslag, gras erosie kruin en binnentalud / hoogte (GEKB/HT).



Figuur 4.2 Gebeurtenissenboom (faalpaden) voor macro-instabiliteit (STBI & STBU).

4.1 Faalkans leiding

De faalkans van de leiding per meter per jaar is ongewijzigd ten opzichte van de rapportage *Faalkansanalyse bij dijkontwerp Zeeburgereiland met parallelle waterleiding* (Deltares, 2018b). De totale faalkans is wel gewijzigd aangezien er een additionele leiding lengte bijgekomen is. De lengte van de leiding is aangepast van 270 naar 300 meter. De nieuwe faalkans van de leiding voor een lengte van 300 m is opgenomen in de onderstaande tabel.

Tabel 4.1 Faalkans van de leiding per jaar.

Staal (lage druk)	Per meter	Per vaklengte (300 m)
Totaal	2,6E-04*	7,7E-02
Gapend lek	6,5E-05	1,9E-02
Sluipend lek	1,9E-04	5,8E-02

* Afkomstig uit de Nederlandse praktijkrichtlijn *Ondergrondse pijpleidingen (NPR 3659, 2003)*. De herkomst van deze faalkans is niet meer te herleiden. De waarde van de faalkans wordt voor de betreffende waterleiding (staal, diameter 800mm in combinatie met een wanddikte 16 mm) door experts als conservatief beschouwd

4.2 Hydraulische belasting vóór herstel

De kans op gelijktijdig optreden van de hydraulische belasting en een gapend lek is:

- Voor hoogwater en een gapend lek 0,21;
- Voor extreem laagwater en een gapend lek 0,05.

In § 4.3 en bijlage E van de rapportage *Faalkansanalyse bij dijkontwerp Zeeburgereiland met parallelle waterleiding* (Deltares, 2018b) is de onderbouwing van de bovenstaande getallen opgenomen. Gegeven een sluipend lek is de kans dat deze samenvalt met hoogwater 1,00. Hier is aangenomen dat een sluipend lek niet ontdekt wordt.

4.3 Faalkans waterkering

4.3.1 Gras erosie kruin en binnentalud / Hoogte (GEKB/HT)

Voor verschillende relevante overslagdebieten is de overschrijdingskans berekend met HydrANL. De kansen zijn opgenomen in Tabel 4.2 (zie ook tabel 3.1).

Tabel 4.2 Overschrijdingskansen golfoverslag voor verschillende kritieke overslaggebieten (Hydra-NL).

Kritiek overslagdebiet [l/s/m]	Terugkeertijd [jaar]	Overschrijdingskans [/jaar]
0,1	33.100	3,0E-5
1,0	53.331	1,9E-5
5,0	72.357	1,4E-5
10,0	82.782	1,2E-5

4.3.2 Macro-instabiliteit binnenwaarts en buitenwaarts (STBI & STBU)

De stabiliteitsfactoren voor STBI en STBU van de berekeningen van het maatgevende dwarsprofiel 13 zijn opgenomen in Bijlage B. Aan de hand van deze stabiliteitsfactoren is conform paragraaf 4.4.2 uit de rapportage met de faalkansanalyse (Deltares 2018b) de faalkans en de bijhorende betrouwbaarheidsindex bepaald. In de onderstaande tabel 4.3 zijn de semi-probabilistisch bepaalde faalkansen en betrouwbaarheidsindices weergegeven. Zonder rekening te houden met de kans op leiding falen en het gelijktijdig optreden van een hydraulische belasting zouden de berekende betrouwbaarheidsindices aan de eisen van $\beta = 4,1$ voor STBI en $\beta = 3,5$ voor STBU voldoen.

Tabel 4.3 Faalkansen en betrouwbaarheidsindices op jaarbasis voor Profiel 13 op basis van semi-probabilistische schattingen middels de WBI kalibratie.

		geen leiding falen	sluipend lek	gapend lek
STBI	P_f	< 1,0E-09	< 1,0E-09	3,4E-06
	β	> 6,0	> 6,0	4,5
STBU (extreem LW)	P_f	2,0E-09	7,4E-07	< 1,0E-9
	β	5,9	4,8	6,0

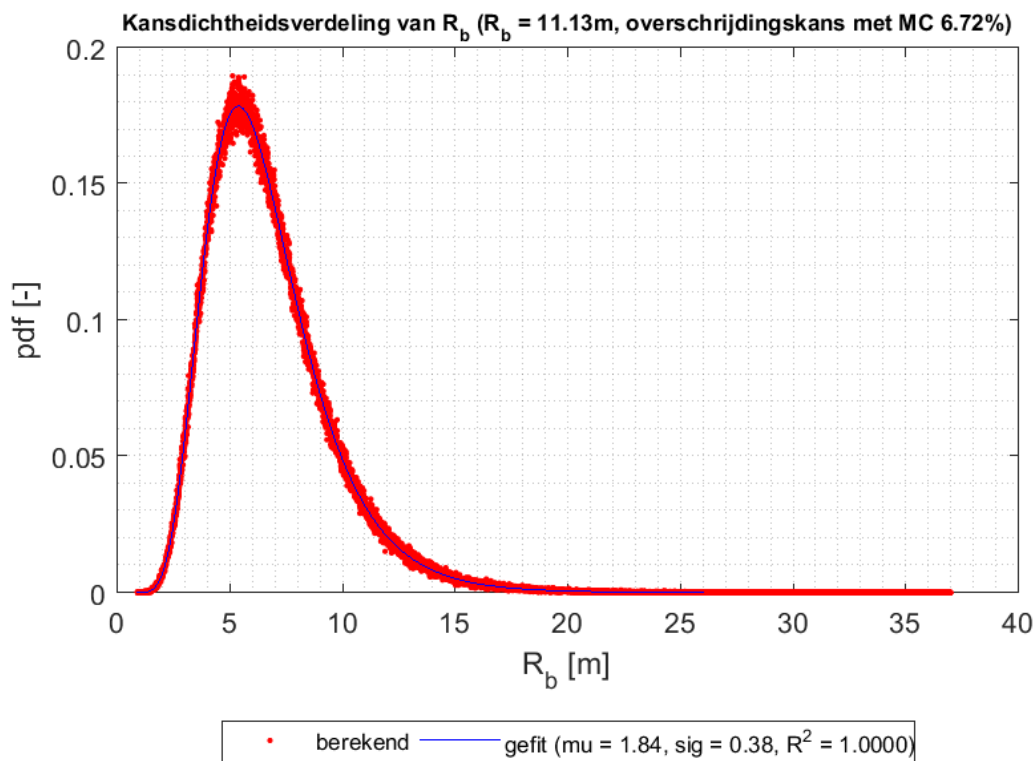
Voor stabiliteit buitenwaarts is de val naar extreem laagwater maatgevend. De bijdrage van de val na hoogwater is in vergelijking verwaarloosbaar. Verder is het opvallend dat de stabiliteitsfactor gegeven een gapend lek groter is dan gegeven geen leiding falen. Een gapend lek werkt in dit geval positief aangezien een gedeelte van het aandrijvend gewicht geïrodeerd is (bijlage B).

Door het hoge achterland en de relatief lage grondwaterstand en de opbouw van de dijk (zand) is het dijklichaam aan de binnendijkse zijde (zijde van de waterleiding) zeer stabiel. Dit volgt uit de hoge waarden voor de binnenwaartse stabiliteit (voor kleine en grote glijcirkels). Hierdoor zijn tweede orde effecten op de waterleiding door grondvervormingen en kleinere afschuivingen niet aan de orde.

4.3.3 Direct falen door 'grote krater'

Zoals in (Deltares, 2018b) beschreven geldt als conservatieve aanname dat indien het benodigde restprofiel van 2 meter kruinbreedte wordt aangetast er direct falen van de waterkering optreedt.

De aantasting van het restprofiel kan ook gebeuren door het optreden van een grote erosiekrater. Om de kans op deze gebeurtenis te bepalen zijn de berekeningen van de erosiekrater probabilistisch uitgevoerd (zie bijlage C in Deltares, 2018b). De berekende kans op een 'grote ontgrondingskuil' wordt meegenomen in de GEKB/HT gebeurtenissenboom, zoals weergegeven in Figuur 4.1.



Figuur 4.3 Lognormale kansverdeling van de straal van de erosiekrater rekening houdend met de modelonzekerheid (coëfficiënt C in formule van bijlage A van NEN3651) en de maatgevende gatgrootte van 0,35 m.

Figuur 4.3 toont de kansverdeling van de grootte van de erosiekrater rekening houdend met de modelonzekerheid in de vergelijking voor de kraterberekening in bijlage A van NEN 3651. De kraterberekening is conservatief. Zo wordt een 'worst case' gatgrootte diameter van 0,35 m aangehouden. Dat is de waarde die tot de grootste erosiekrater leidt. De berekening van de maatgevende gatdiameter is beschreven in bijlage C van de rapportage *Faalkansanalyse bij dijkontwerp Zeeburgereiland met parallelle waterleiding* (Deltares, 2018b).

Uitgaande van de bij bijlage A van NEN 3651 horende kansverdeling is de kans dat de erosiekrater het restprofiel van 2 m kruinbreedte aantast berekend. De volgende vergelijking geeft de kans op aantasting:

$$P(k > K) = 1 - CDF_k(K) = 1 - \left(\frac{1}{2} + \frac{1}{2} \operatorname{erf} \left[\frac{\ln(K) - \mu}{\sigma\sqrt{2}} \right] \right)$$

Waarin K de kritieke kratergrootte; μ het gemiddelde van de lognormale verdeling van de krater, 1,84 (Figuur 4.3); en σ de standaardafwijking van de lognormale verdeling, 0,38 (Figuur 4.3).

Voor het theoretisch maatgevende profiel 11 voor het faalmechanisme Hoogte (GEKB/HT) is de kans op aantasting van het restprofiel met een 2 m kruinbreedte 0,26 (dit is het geval bij een krater, K , van 8,0 m of meer, zie Figuur 2.2). Bij profiel 13 is deze kans op aantasting 0,09 (een krater, K , van 10,05 m of meer, zie Figuur 2.3).

De leiding bevindt zich in de hierboven genoemde dwarsprofielen 11 en 13 dichter bij de buitenkruinlijn dan in andere dwarsprofielen die zijn beschreven in de rapportage

Faalkansanalyse bij dijkontwerp Zeeburgereiland met parallelle waterleiding (Deltares, 2018b). De kans op direct falen van de waterkering, doordat het restprofiel met 2 m kruinbreedte wordt aangetast, is dus groter dan op basis van de reeds beschouwde dwarsprofielen uit de rapportage *Faalkansanalyse bij dijkontwerp Zeeburgereiland met parallelle waterleiding* (Deltares, 2018b) is berekend.

4.4 Resultaat integrale beschouwing met semi-probabilistische benaderingen

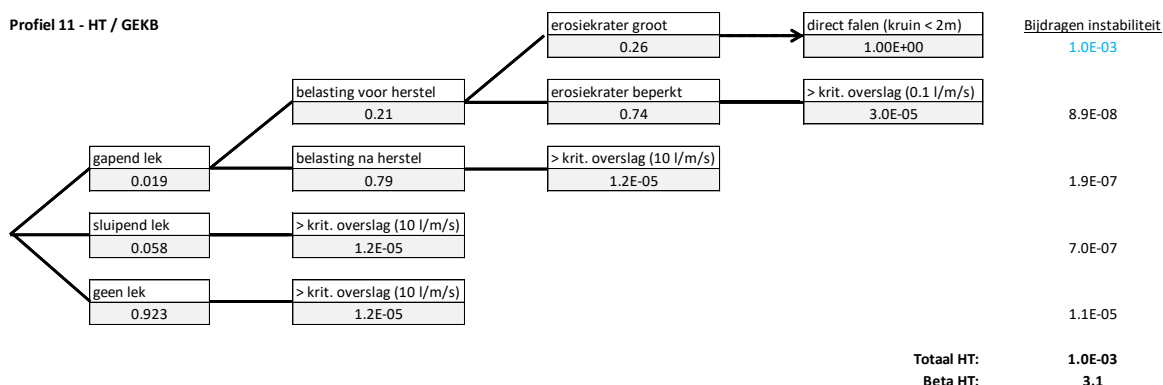
In deze paragraaf worden alle deelresultaten van de voorgaande secties geïntegreerd in de gebeurtenissenbomen die gelden voor de gehele dijksectie met de parallelle waterleiding over een lengte van 300 m. Alle gebeurtenissenbomen zijn opgenomen in bijlage C.

4.4.1 Gras erosie kruin en binnentalud / Hoogte (GEKB/HT)

De ingevulde gebeurtenissenboom voor het maatgevende profiel 11 is weergegeven in Figuur 4.4. Aan de rechterkant van de figuur staan de faalkansbijdragen van de aparte takken (vermenigvuldigde deelkans per tak). Voor GEKB/HT komt de dominante faalkansbijdrage voort uit het scenario van een gapend lek met een dermate grote erosiekrater dat direct falen optreedt (resterende kruin < 2 m).

Vergelijking van figuur 4.4 met de figuren I.1 en I.6 van het reeds verschenen rapport (Deltares 2018b) laat zien dat de faalkans voor het faalmechanisme (GEKB/HT) is toegenomen. De berekende faalkans van $1,0E-3$ per jaar voldoet aan de eis van $1,2E-3$. Bij de berekening van deze faalkans is uitgegaan van conservatieve uitgangspunten. Zo is aangenomen dat de afstand tussen de leiding en de buitenkruinlijn in het gehele dijksegment van 300 meter gelijk is aan 10 meter terwijl dit slechts over een lengte van enkele meters in de buurt van profiel 11 het geval is, zodat de toepassing van de gehele lengte van het dijksegment voor het mechanisme hoogte/overloop en overslag hier conservatief is. Met deze conservatieve verwerking van het lengte effect en de conservatieve faalkans van de leiding betekent dit dat er voldoende ruimte over is voor andere leidingen.

Tevens is het effect van hoog achterland ter plaatse van de profielen 7 t/m 11 is niet in de beschouwing meegenomen. Ter plaatse van profiel 11 is het optreden van overstrooming door de aanwezigheid van hoog achteland eigenlijk niet mogelijk, zodat de gevolgde benadering conservatief is.

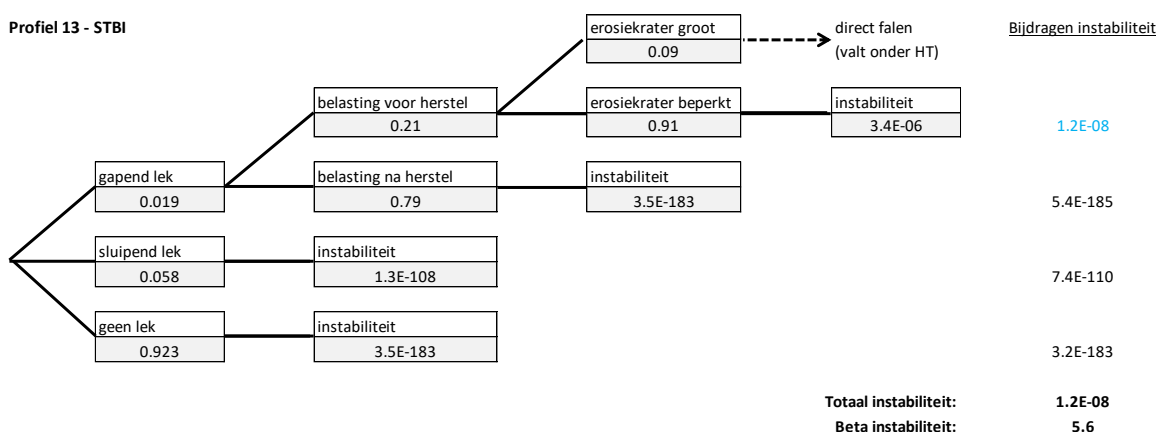


Figuur 4.4 Gebeurtenissenboom profiel 11 voor Gras erosie kruin en binnentalud / Hoogte (GEKB/HT), ingevuld met conservatieve uitgangspunten en semi-probabilistische benaderingen.

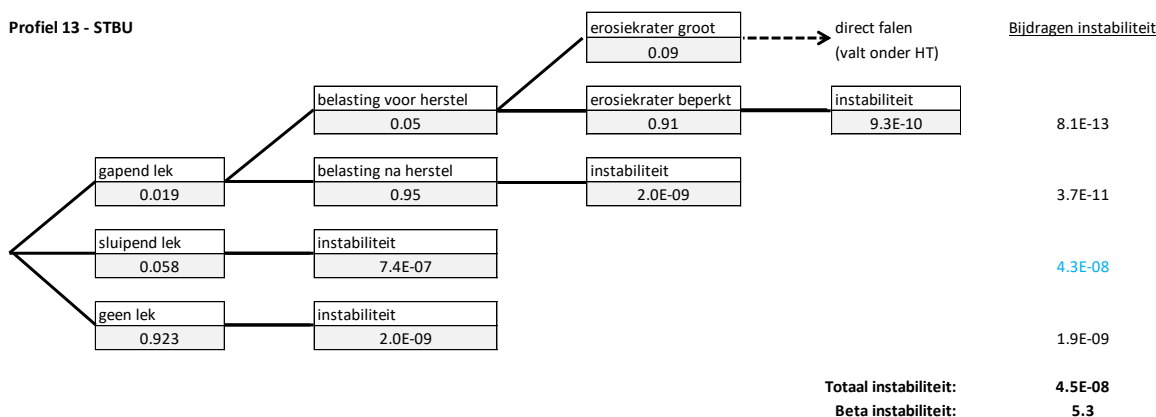
4.4.2 Macro-instabiliteit binnenwaarts en buitenwaarts (STBI & STBU)

De ingevulde gebeurtenissenbomen voor het maatgevende profiel 13 is weergegeven in Figuur 4.5 en Figuur 4.6. Voor zowel STBI als STBU voldoet de berekende faalkans, $1,2E-8$ (STBI) en $4,5E-8$ (STBU), aan de eis van $2,0E-5$ (STBI) en $2,0E-4$ (STBU).

Voor STBI is de dominante bijdrage voor de faalkans het scenario met een erosiekrater. Voor STBU het scenario met een sluipend lek.



Figuur 4.5 Gebeurtenissenboom profiel 13 voor macro-instabiliteit binnenwaarts (STBI), ingevuld met conservatieve uitgangspunten en semi-probabilistische benaderingen.



Figuur 4.6 Gebeurtenissenboom profiel 13 voor macro-instabiliteit buitenwaarts (STBU), ingevuld met conservatieve uitgangspunten en semi-probabilistische benaderingen.

4.5 Lengte effect

In het WBI Veiligheidsraamwerk Kabels en Leidingen wordt gesteld dat de standaard manier van verdiscontering van het lengte-effect middels een lengte-effect factor, geijkt per dijkfaalmechanisme, ook toegepast kan worden op doorsnedes of vakken met leidingen (zowel parallel als kruising), voor geotechnische faalmechanismen. Het lengte-effect wordt immers door de aanwezigheid van leidingen voor geotechnische faalmechanismen met korte mechanismelengte (c.q. auto-correlatielengte) niet verergerd. Dat ligt echter anders voor faalmechanismen met lange mechanismelengtes zoals golfoverslag, waarvoor standaard weinig lengte-effect in rekening wordt gebracht (factor 1 á 3). Hier kan de aanwezigheid van leidingen of andere NWO's voor een groter lengte-effect zorgen dan aangehouden in het afleiden van de faalkanseis voor een doorsnede. Een eenvoudig voorbeeld hiervoor is een

dijktraject met 10 leidingkruisingen waarbij telkens leiding falen in de centrale zone van de dijk de kans op overloop/overslag domineert. Uitgaande van 10 onafhankelijke objecten kan het lengte-effect tot een factor 10 oplopen, terwijl slechts een factor 1 á 3 in de faalkanseis in rekening wordt gebracht.

Ideeën over een breed toepasbare aanpak bevinden zich nog in een conceptuele fase. Daarom wordt er in dit rapport ook niet voor gekozen om de analyses omtrent deze geconstateerde principiële tekortkoming aan te passen. In plaats daarvan geven we hieronder een beschouwing van de orde van grootte van het effect op het resultaat in relatie tot de impliciete marges in de conservatieve keuzes in het bepalen van de faalkans van de leiding. De resultaten in paragraaf 4.4 laten zien dat 'hoogte' (overloop/overslag) inderdaad voor Zeeburgereiland het kritieke faalmechanisme is, met een faalkans die qua orde van grootte vergelijkbaar is met de eis. Een manier om met de hierboven geschetste tekortkoming om te gaan is om de lengte-effect factor aan te scherpen in verband met de aanwezigheid van NWO's. Dit zal hooguit tot een verzwaring van de eis van een factor 10 leiden. Hier staat tegenover dat in de gehele studie buitengewoon conservatieve keuzes voor de faalkans van de leiding zijn gemaakt, zowel voor de faalfrequentie als voor de in rekening gebrachte lengte. Voor de faalfrequentie is bijvoorbeeld uitgegaan van de categorie 'staal (lage druk)' als meest conservatieve keuze uit de kentallen in de NPR 3659, omdat de resultaten geen aanleiding gaven tot aanscherping. Er is echter door experts meervoudig opgemerkt dat de categorie 'staal (hoge druk)' een passendere keuze zou zijn voor een nieuw aan te leggen stalen waterleiding (die voldoet aan eisen vanuit de NEN3650 serie). De faalkans voor deze categorie (staal, hoge druk) is ruim een factor 300 lager dan de nu aangehouden categorie, wat ruimschoots opweegt tegen een eventuele verzwaring van de faalkanseis. Ook recent beschouwde casuïstiek van grote diameter waterleidingen geeft onderbouwing dezelfde orde van grootte voor de faalfrequentie (ca. 1 per 1000 km jaar) en daarmee een vergelijkbare marge.

In de uitgevoerde analyses is derhalve extra veiligheidsreserve aanwezig.

5 Veiligheidsbeoordeling

Dit addendum is een toevoeging op de eerder gerapporteerde integrale faalkansanalyse voor het referentieproject Zeeburgereiland: *Faalkansanalyse bij dijkontwerp Zeeburgereiland met parallelle waterleiding* (Deltares 2018b). Het betreft een aansluitend tracé van de waterkering ten westen van het eerder beschouwde tracé, waarbij de aan te leggen waterleidingleiding afbuigt naar het zuiden.

Voor de dijkversterking Zeeburgereiland, inclusief het aansluitende tracé, zijn de volgende faalmechanismen van belang als het gaat om de invloed van de waterleiding en de mogelijke gevolgen van falen van de leiding:

- gras erosie kruin en binnentalud / hoogte (GEKB/HT)
- macro-instabiliteit binnenwaarts (STBI)
- macro-instabiliteit buitenwaarts (STBU)

Bij de ligging van de waterleiding in het dijklichaam kon de veiligheid van de waterkering met klassieke ontwerpberekeningen niet worden aangetoond. Uit de uitgevoerde integrale faalkansanalyse (in stappen van grof naar fijn), bleek de waterkering inclusief de parallelle waterleiding wel aan de veiligheidseisen te voldoen.

In de integrale analyse beschreven in dit addendum is rekening gehouden met de kans van optreden van leiding falen en met de kans van gelijktijdig optreden van schade en de hydraulische belasting. Uit semi-probabilistische analyses volgden de kritieke onderdelen met significante faalkansbijdragen. Door vergelijking van deze faalkansen met de vereiste kansen per mechanisme is aangetoond dat het tracé van het dijkversterkingsontwerp van het referentieproject inclusief het westelijk deel van het tracé aan de eisen van de Waterwet voldoet. De integrale faalkansanalyses voor het referentieproject Zeeburgereiland, inclusief het aansluitende tracé, hebben tot het eindoordeel geleid dat het ontwerp van de waterkering, inclusief de lagedruk parallelle waterleiding ter plaatse van de binnenkruinlijn voldoet aan de faalkanseisen op basis van overstromingskansen. Het plaatsen van damwanden met een waterkerende functie is niet nodig (de in enkele dwarsprofielen aanwezige damwand heeft geen waterkerende functie).

Bij de waterkering van het Zeeburgereiland is een grote maat aan reststerkte aanwezig door het hoge maaiveldniveau in het achterland. Deze reststerkte is in deze studie niet 'verzilverd' omdat dit niet nodig is gebleken.

Opgemerkt wordt dat de resultaten specifiek voor dit project zijn vastgesteld en niet zonder meer mogen worden toegepast bij andere waterkeringen en leidingen (Zo is parallellegging van leidingen in waterkeringen volgens 7.3.3. van NEN 3651 in principe niet toegestaan). Indien het definitieve ontwerp van de waterkering of leiding afwijkt van de in deze studie gehanteerde gegevens moeten zo nodig controleberekeningen worden uitgevoerd voor het eindoordeel over de veiligheid van de waterkering. De verantwoordelijkheid hiervoor ligt bij de waterkeringbeheerder.

Uitgangspunt voor de conclusies is dat de leiding wordt ontworpen en aangelegd en beheerd op basis van de NEN 3650 serie. Specifieke aandachtspunten bij de sterkteberekening van de leiding die voortvloeien uit deze studie zijn:

- Verdiscontering van verschilzettingen en verkeersbelasting;
- Beschouwing van de bochten in de leiding;

Daarbij dient onder andere een uitgebreide sterkteberekening en een waterslagberekening te worden gemaakt. Ook dient nog te worden vastgesteld dat de daadwerkelijk gerealiseerde pompkromme van de waterleiding tot een kleinere maximale erosiekrater leidt, in vergelijking met de nu gebruikte 'virtuele' pompkromme van de nog aan te leggen leiding.

Deze studie is beperkt tot het falen van de waterleiding, welke een dominante invloed heeft op de waterveiligheid. Het effect van andere parallelle leidingen op de stabiliteit van de waterkering kan verwaarloosbaar worden geacht als deze dusdanig in het dwarsprofiel ontwerp worden gepositioneerd dat de schadecontouren van deze leidingen (zoals erosiekraters, verwekingzones of verstoringzones) binnen de erosiekrater van de waterleiding liggen. In dat geval is er alleen nog rekening te houden met onderlinge beïnvloeding van de leidingen in termen van domino-effecten (cq. falen van een leiding leidt tot falen van een andere leiding).

Zoals beschreven in de eerder verschenen rapportage (Deltares 2018b) dienen de afmetingen van de erosie en explosie krater van de geplande gasleiding naast de waterleiding binnen de afmeting van de erosie krater van de waterleiding te vallen. Verweking is bij de gasleiding niet aan de orde, vanwege de lage grondwaterstand.

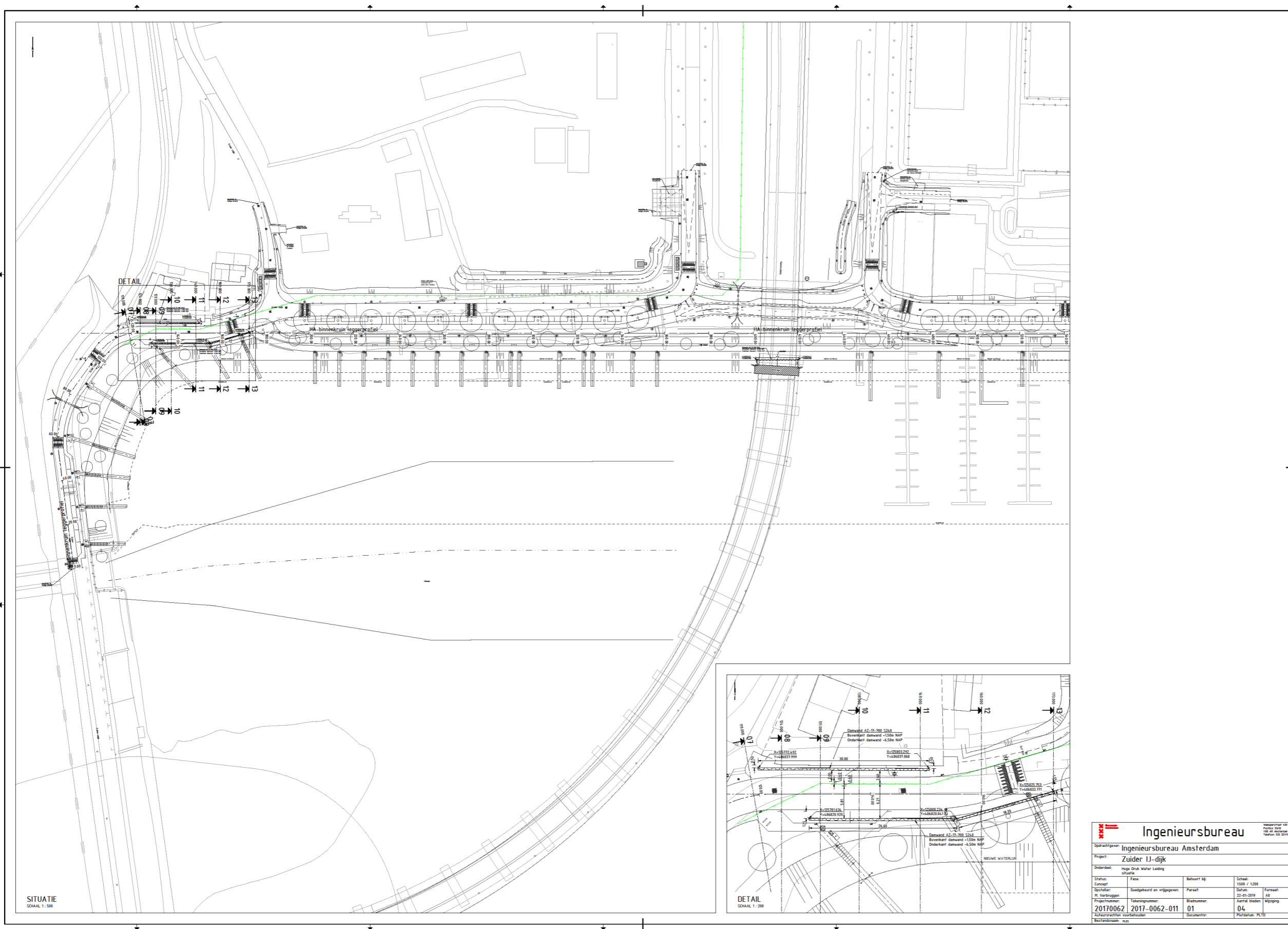
Bij de beschouwde waterkering met waterleiding ter plaatse van het Zeeburgereiland is het lengte effect op een praktische wijze op een conservatieve manier in de analyse verwerkt. Hierdoor is er voldoende ruimte (gereserveerde faalkansen per mechanisme, voornamelijk voor het mechanisme hoogte en overslag) voor mogelijk aanwezige leidingen in aangrenzende leidinggedeelten.

6 Referenties

- Deltares (2018). WBI Veiligheidsraamwerk Kabels en Leidingen - Generieke uitgangspunten als vertrekpunt voor nadere uitwerking in (pilot) projecten. Deltares rapport 11202225-005-GEO-0001.
- Deltares (2018b). Faalkansanalyse bij dijkontwerp Zeeburgereiland met parallelle waterleiding. Deltares rapport 11202871-002-GEO-0001-v02-r.
- Ingenieursbureau van Amsterdam (2018). Stabiliteits- en zettingsberekening bypass voor verkeer buitenzijde ZuiderIjdijk. Technische notitie: 1218-0079-000.TN01.
- NPR (2003). Nederlandse praktijkrichtlijn Ondergrondse pijpleidingen - Grondslagen voor de sterkteberekening - Wijzigingsblad. NPR 3659/A1 (nl).
- WBI (I&M, 2017a). Regeling veiligheid primaire waterkeringen 2017 – Bijlage III Sterkte en Veiligheid. Ministerie van Infrastructuur en Milieu.

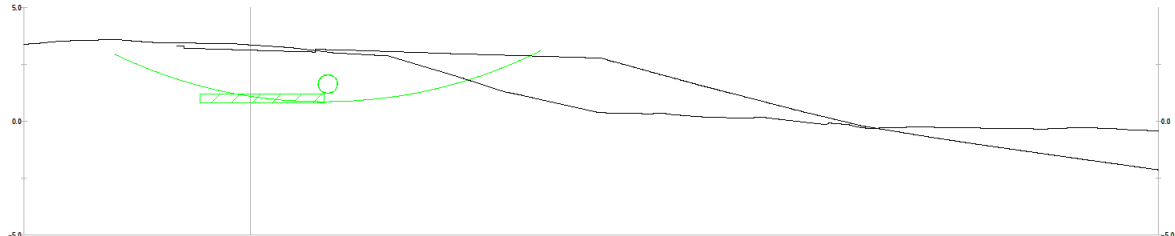
A Aangeleverde profielen

In deze bijlage zijn de aangeleverde profielen bijgevoegd. In deze profielen is de damwand, die indien de waterkering met leiding niet voldoet aan de Waterwet de waterkerende functie moet overnemen, opgenomen. Met de analyse in dit rapport is aangetoond dat deze damwand niet noodzakelijk is om aan de veiligheidseisen van de Waterwet te voldoen.



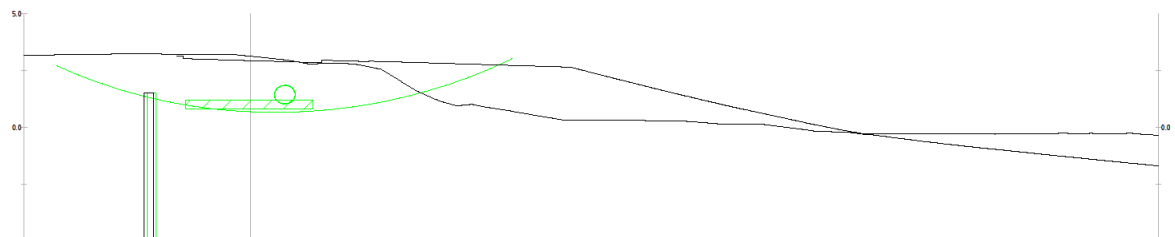
Ingenieursbureau		<small>Westerstraat 142 1017 CA Amsterdam t 020 688 8888</small>	
Opdrachtgever: Ingenieursbureau Amsterdam			
Project: Zuider IJ-dijk			
Onderdeel: Hogedruk Water Leiding			
Stadium:	Plan:	Behoort bij:	Schaal:
Concept:	Geodetekur en wijzigingen:	Parasat:	1500 / 1200
H. Waterwegen:	Projectnummer:	Bladnummer:	Datum:
20170062	2017-0062-011	01	22-01-2019
Auteursrechten voorbehouden	Tekeningnummer:	Aantal bladen:	Formaat:
		04	A4
	Documentnr:	Platdatum:	Meting:
		PL10	

Dwarsprofiel 07
Schaal 1:100



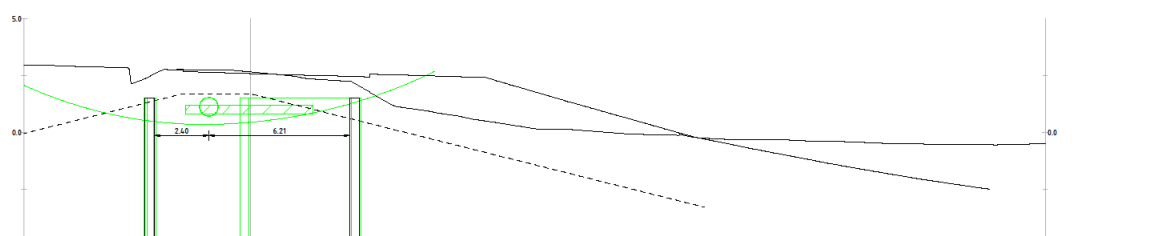
Ontwerp	Hoogte	2.20	2.10	2.00	1.90	1.80	1.70	1.60	1.50	1.40	1.30	1.20	1.10	1.00	0.90	0.80	0.70	0.60	0.50	0.40	0.30	0.20	0.10	0.00	-0.10	-0.20	-0.30	-0.40	-0.50	
	Afstand	0.00	0.25	0.50	0.75	1.00	1.25	1.50	1.75	2.00	2.25	2.50	2.75	3.00	3.25	3.50	3.75	4.00	4.25	4.50	4.75	5.00	5.25	5.50	5.75	6.00	6.25	6.50	6.75	7.00
Bestaand	Hoogte	2.20	2.10	2.00	1.90	1.80	1.70	1.60	1.50	1.40	1.30	1.20	1.10	1.00	0.90	0.80	0.70	0.60	0.50	0.40	0.30	0.20	0.10	0.00	-0.10	-0.20	-0.30	-0.40	-0.50	
	Afstand	0.00	0.25	0.50	0.75	1.00	1.25	1.50	1.75	2.00	2.25	2.50	2.75	3.00	3.25	3.50	3.75	4.00	4.25	4.50	4.75	5.00	5.25	5.50	5.75	6.00	6.25	6.50	6.75	7.00
Hoogteverschil		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Dwarsprofiel 08
Schaal 1:100



Ontwerp	Hoogte	2.20	2.10	2.00	1.90	1.80	1.70	1.60	1.50	1.40	1.30	1.20	1.10	1.00	0.90	0.80	0.70	0.60	0.50	0.40	0.30	0.20	0.10	0.00	-0.10	-0.20	-0.30	-0.40	-0.50	
	Afstand	0.00	0.25	0.50	0.75	1.00	1.25	1.50	1.75	2.00	2.25	2.50	2.75	3.00	3.25	3.50	3.75	4.00	4.25	4.50	4.75	5.00	5.25	5.50	5.75	6.00	6.25	6.50	6.75	7.00
Bestaand	Hoogte	2.20	2.10	2.00	1.90	1.80	1.70	1.60	1.50	1.40	1.30	1.20	1.10	1.00	0.90	0.80	0.70	0.60	0.50	0.40	0.30	0.20	0.10	0.00	-0.10	-0.20	-0.30	-0.40	-0.50	
	Afstand	0.00	0.25	0.50	0.75	1.00	1.25	1.50	1.75	2.00	2.25	2.50	2.75	3.00	3.25	3.50	3.75	4.00	4.25	4.50	4.75	5.00	5.25	5.50	5.75	6.00	6.25	6.50	6.75	7.00
Hoogteverschil		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Dwarsprofiel 09
Schaal 1:100



Ontwerp	Hoogte	2.20	2.10	2.00	1.90	1.80	1.70	1.60	1.50	1.40	1.30	1.20	1.10	1.00	0.90	0.80	0.70	0.60	0.50	0.40	0.30	0.20	0.10	0.00	-0.10	-0.20	-0.30	-0.40	-0.50	
	Afstand	0.00	0.25	0.50	0.75	1.00	1.25	1.50	1.75	2.00	2.25	2.50	2.75	3.00	3.25	3.50	3.75	4.00	4.25	4.50	4.75	5.00	5.25	5.50	5.75	6.00	6.25	6.50	6.75	7.00
Bestaand	Hoogte	2.20	2.10	2.00	1.90	1.80	1.70	1.60	1.50	1.40	1.30	1.20	1.10	1.00	0.90	0.80	0.70	0.60	0.50	0.40	0.30	0.20	0.10	0.00	-0.10	-0.20	-0.30	-0.40	-0.50	
	Afstand	0.00	0.25	0.50	0.75	1.00	1.25	1.50	1.75	2.00	2.25	2.50	2.75	3.00	3.25	3.50	3.75	4.00	4.25	4.50	4.75	5.00	5.25	5.50	5.75	6.00	6.25	6.50	6.75	7.00
Hoogteverschil		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

- Legenda**
- nieuwe kabels en leidingen
 - ontwerp kabels en leidingstrook
 - huidige situatie
 - toekomstige situatie
 - minimaal @profiel
 - referentie kruislijn (situatie)
 - referentie kruislijn (dwarsprofiel)

Ingenieursbureau
 Westerveld 105
 1016 CA Amsterdam
 T +31 (0) 20 692 5200
 F +31 (0) 20 692 5201

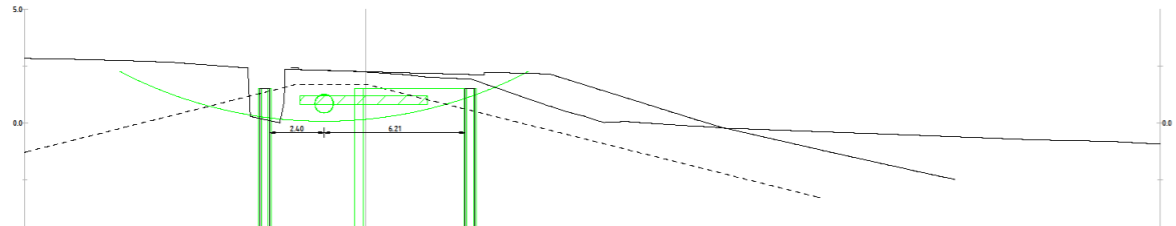
Opdrachtgever: Ingenieursbureau Amsterdam

Project: Zuider IJ-dijk

Onderdeel: Hoge Druk Water Leiding
Dwarsprofielen

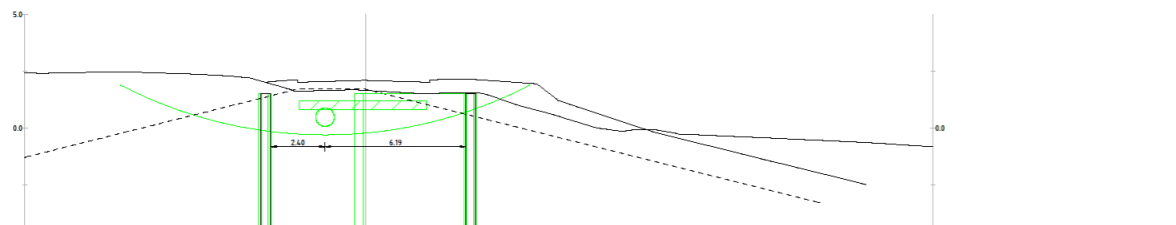
Staat:	Concept	Behoort bij:	Schaal:
Opsteller:	M. Verbruggen	Goedgekeurd en vrijgegeven:	Paraf:
Projectnummer:	20170062	Tekeningnummer:	2017-0062-011
Tekeningrechten:	voorbehouden	Bladnummer:	02
Bestand:		Aantal bladen:	04
		Wijziging:	
		DocuNummer:	PLD

Dwarsprofiel 10
Schaal 1:100



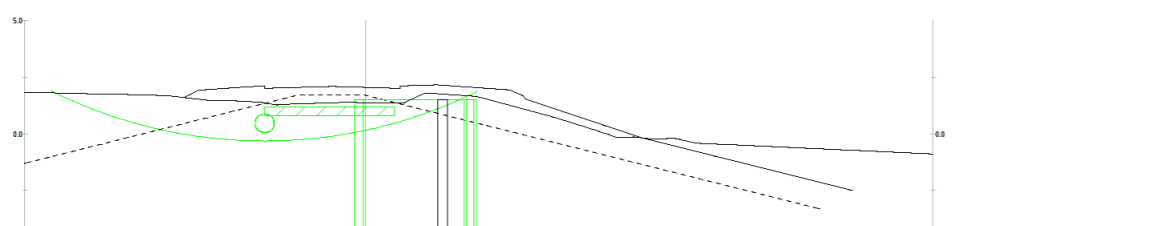
	Hoogte	Ontwerp		Hoogte	Afstand	Breedte	Hoogte	Afstand	Hoogteverschil
		Afstand	Breedte						
Bestaand									

Dwarsprofiel 11
Schaal 1:100



	Hoogte	Ontwerp		Hoogte	Afstand	Breedte	Hoogte	Afstand	Hoogteverschil
		Afstand	Breedte						
Bestaand									

Dwarsprofiel 12
Schaal 1:100



	Hoogte	Ontwerp		Hoogte	Afstand	Breedte	Hoogte	Afstand	Hoogteverschil
		Afstand	Breedte						
Bestaand									

- Legenda**
- nieuwe kabels en leidingen
 - ontwerp kabels en leidingstrook
 - huidige situatie
 - toekomstige situatie
 - minimaal @profiel
 - referentie kruislijn (huidprofiel)
 - referentie kruislijn (dwarsprofiel)

Ingenieursbureau Wespertuin 405
Postbus 1000
1000 BA Amsterdam
T: 020 695 0100
F: 020 695 0101

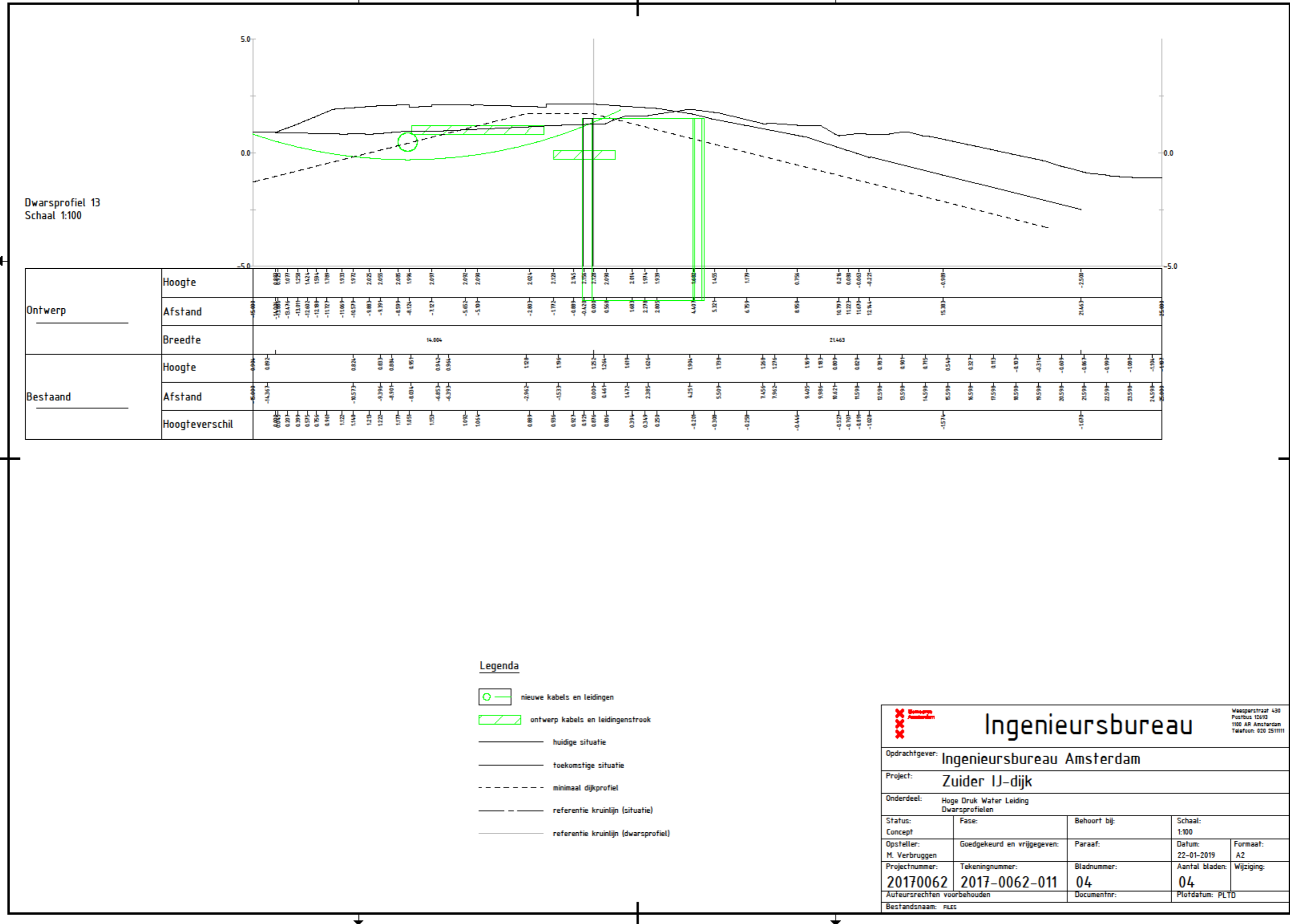
Opdrachtgever: **Ingenieursbureau Amsterdam**

Project: **Zuider IJ-dijk**

Onderdeel: **Hoge Druk Water Leiding Overgronden**

Status: Concept	Goedgekeurd en vrijgegeven:	Paraaf:	Behoort bij:	Schaal: 1:100
Opsteller: H. Verbruggen				Formaat: A0
Projectnummer: 20170062	Tekeningnummer: 2017-0062-011	Blaadnummer: 03	Datum: 22-01-2019	Aantal bladen: 04
Tekeningrechten: voorbehouden		Documentnr: P1078A01		Wijziging:

Bestandplaats: 7441



- Legenda**
- nieuwe kabels en leidingen
 - ontwerp kabels en leidingenstrook
 - huidige situatie
 - toekomstige situatie
 - minimaal dijkprofiel
 - referentie kruinlijn (situatie)
 - referentie kruinlijn (dwarsprofiel)

Ingenieursbureau

Weesperstraat 430
Postbus 12693
1100 AR Amsterdam
Telefoon: 020 2511111

Oprachtgever: **Ingenieursbureau Amsterdam**

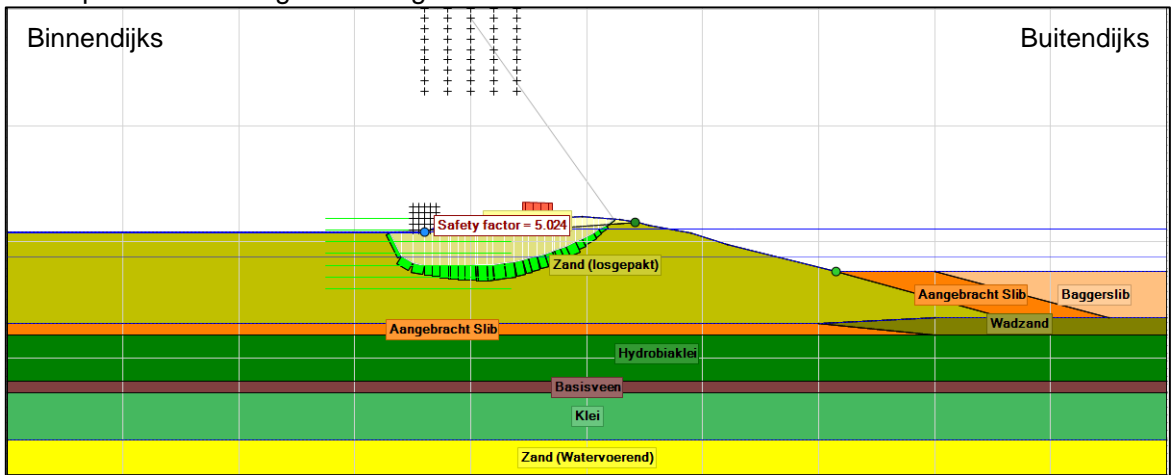
Project: **Zuider IJ-dijk**

Onderdeel: **Hoge Druk Water Leiding Dwarsprofielen**

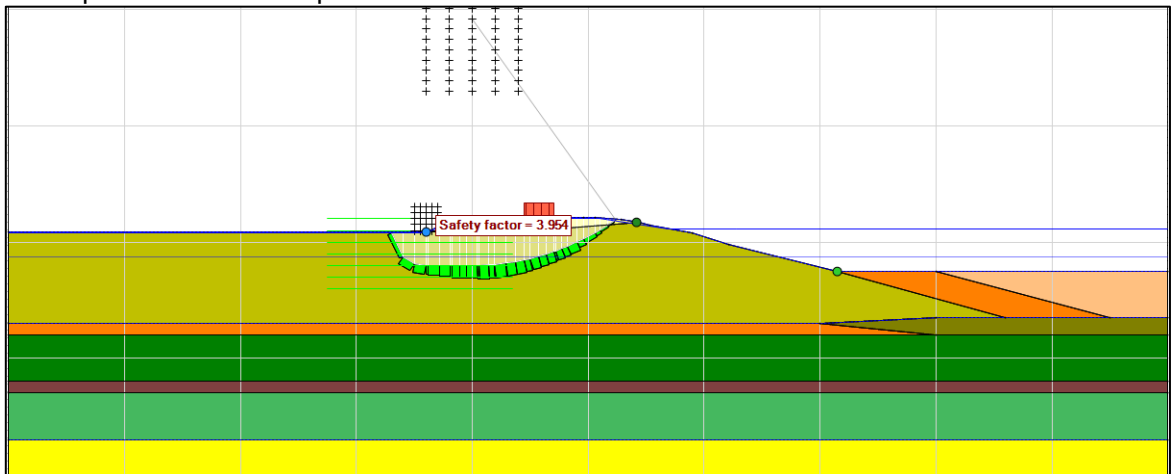
Status: Concept	Fase: Goedgekeurd en vrijgegeven	Behoort bij: 04	Schaal: 1:100
Opsteller: M. Verbruggen	Tekeningnummer: 2017-0062-011	Paraaf:	Datum: 22-01-2019
Projectnummer: 20170062	Bladnummer: 04	Formaat: A2	Aantal bladen: 04
Auteursrechten voorbehouden	Documentnr:	Wijziging: 04	
Bestandsnaam: FILES	Plotdatum: PLTD		

B Berekende glijvlakken

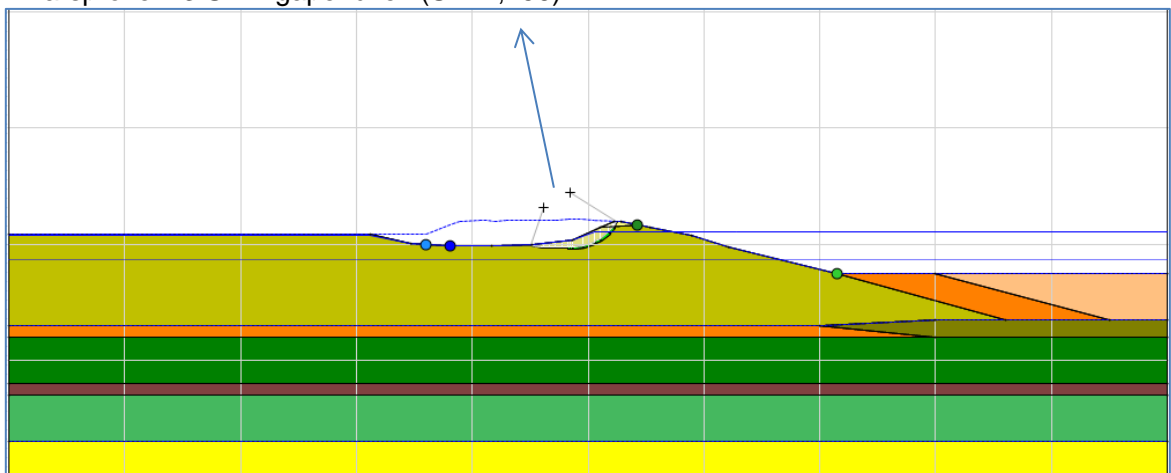
Dwarsprofiel 13 STBI geen leiding falen



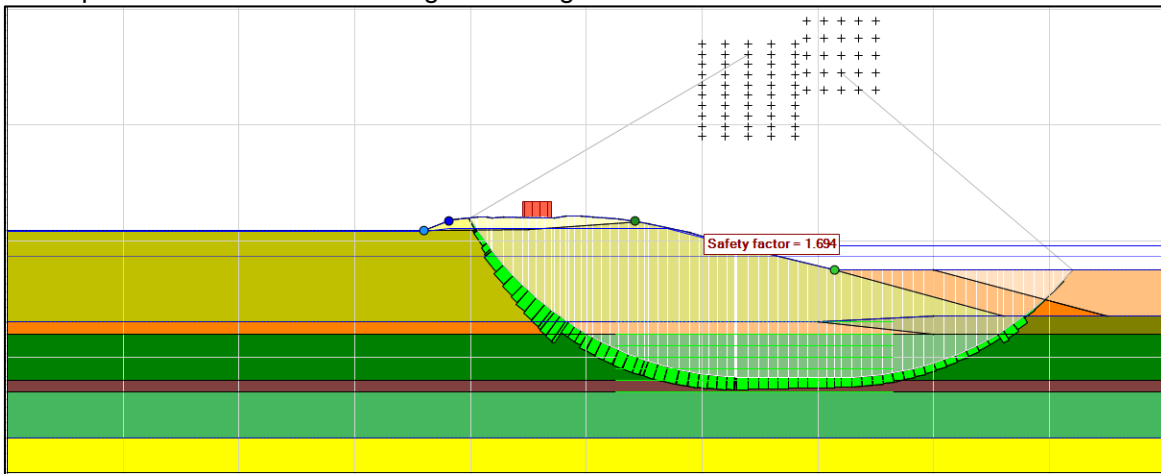
Dwarsprofiel 13 STBI sluipend lek



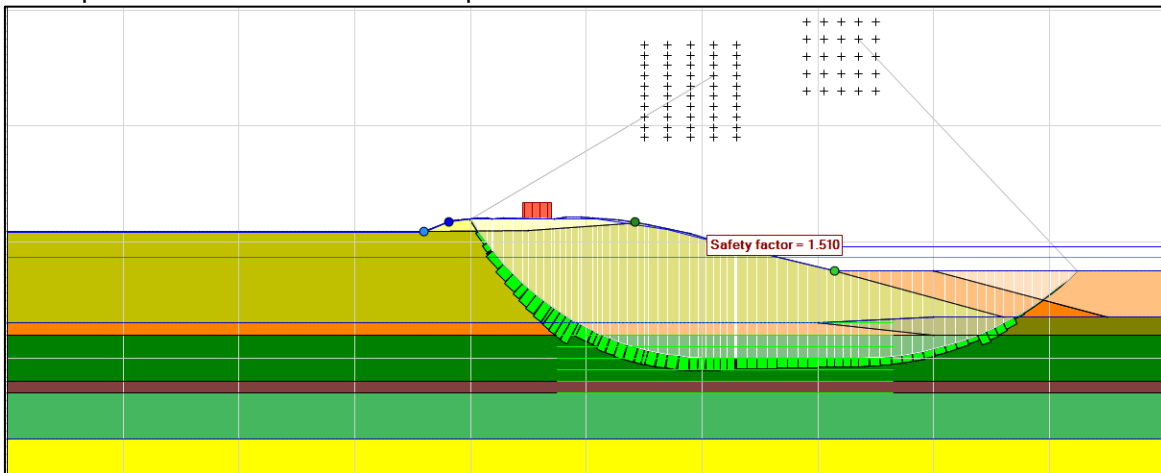
Dwarsprofiel 13 STBI gapend lek (SF=1,156)



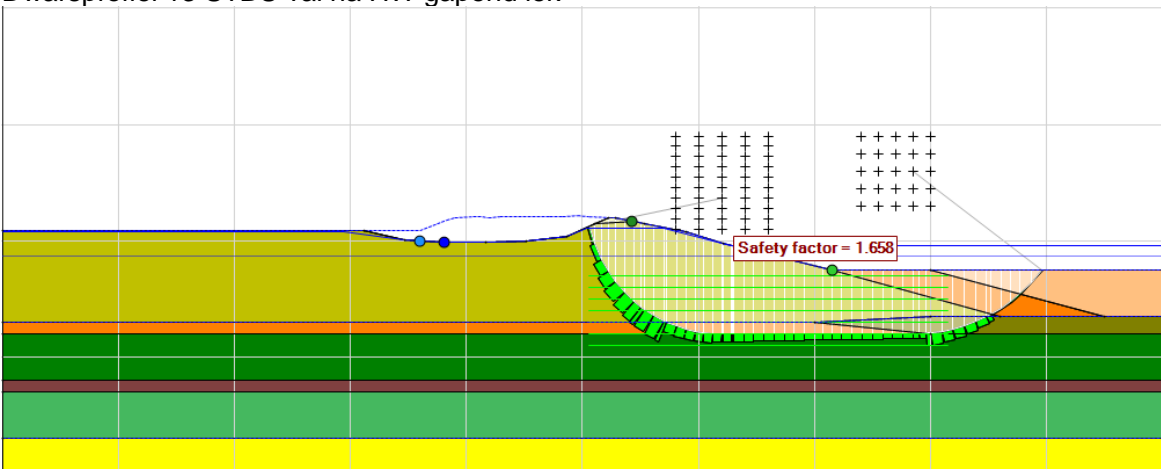
Dwarsprofiel 13 STBU val na HW geen leiding falen



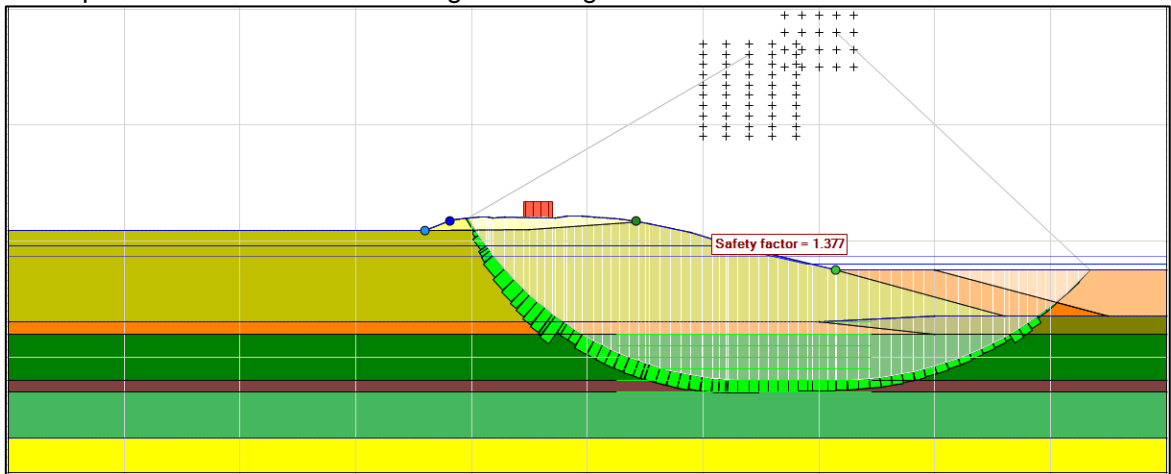
Dwarsprofiel 13 STBU val na HW sluipend lek



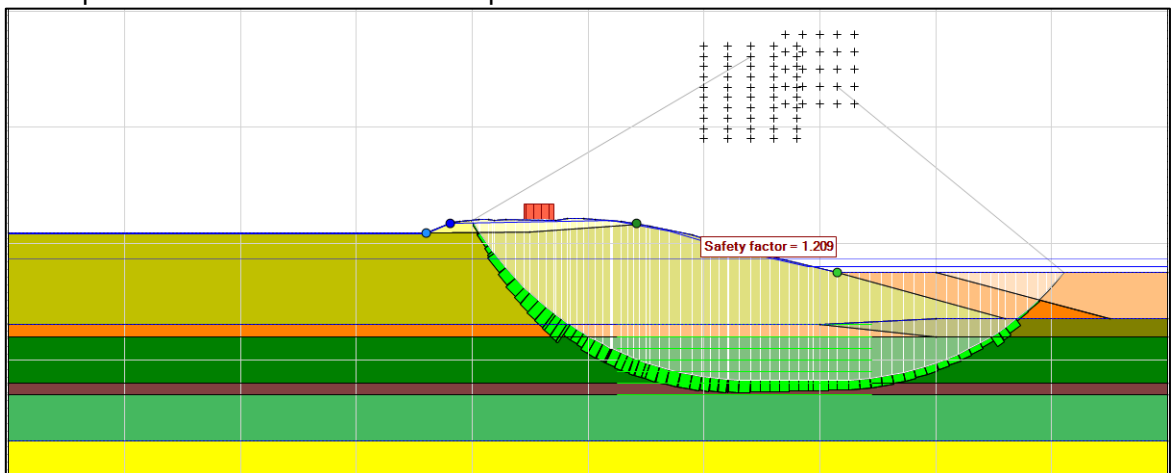
Dwarsprofiel 13 STBU val na HW gapend lek



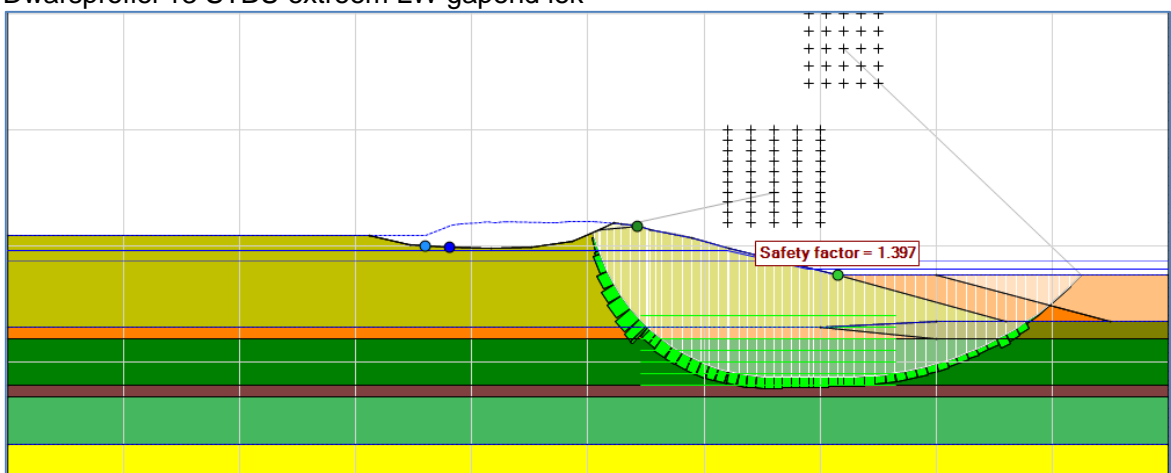
Dwarsprofiel 13 STBU extreem LW geen leiding falen



Dwarsprofiel 13 STBU extreem LW sluipend lek

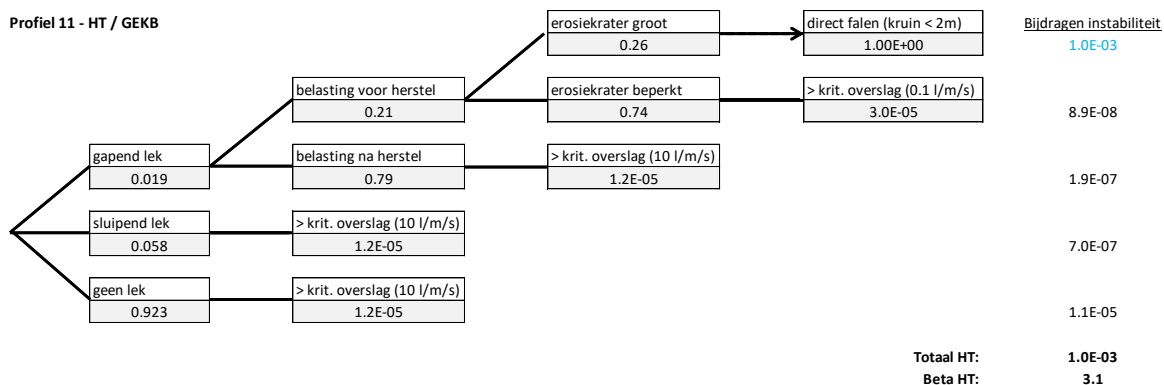
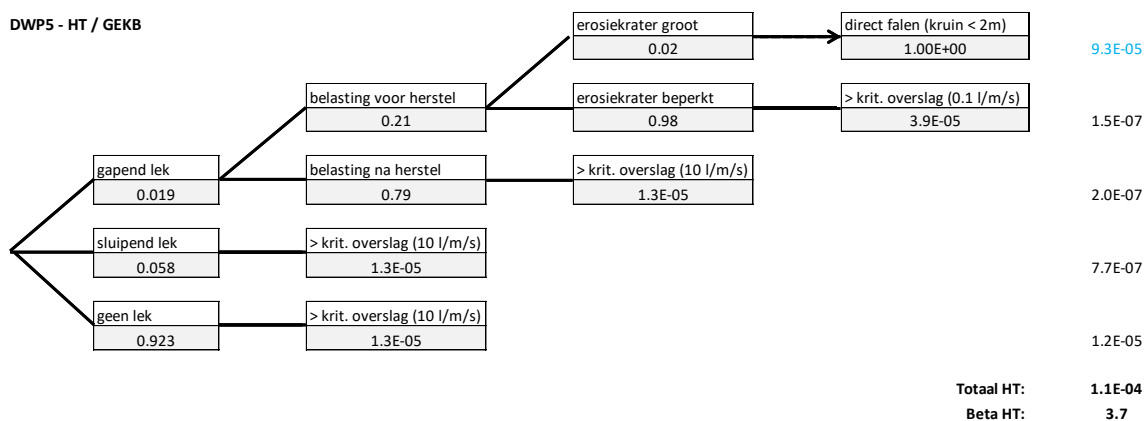
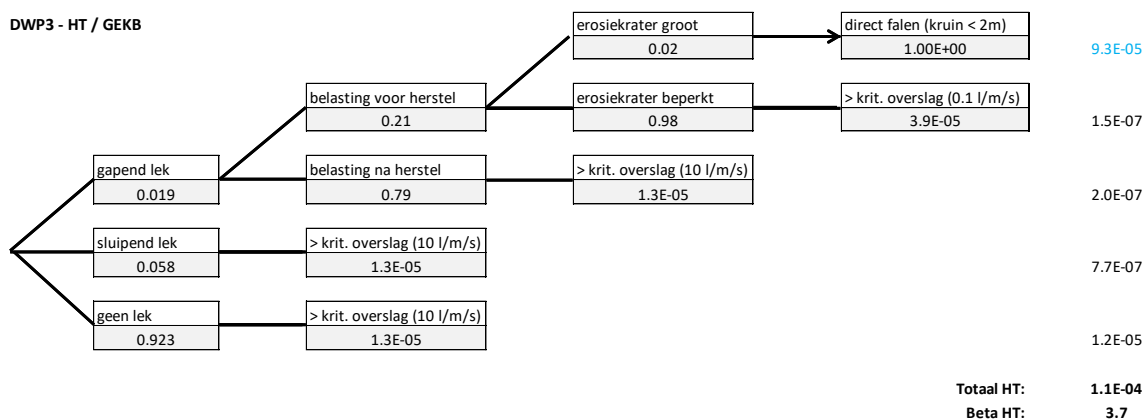


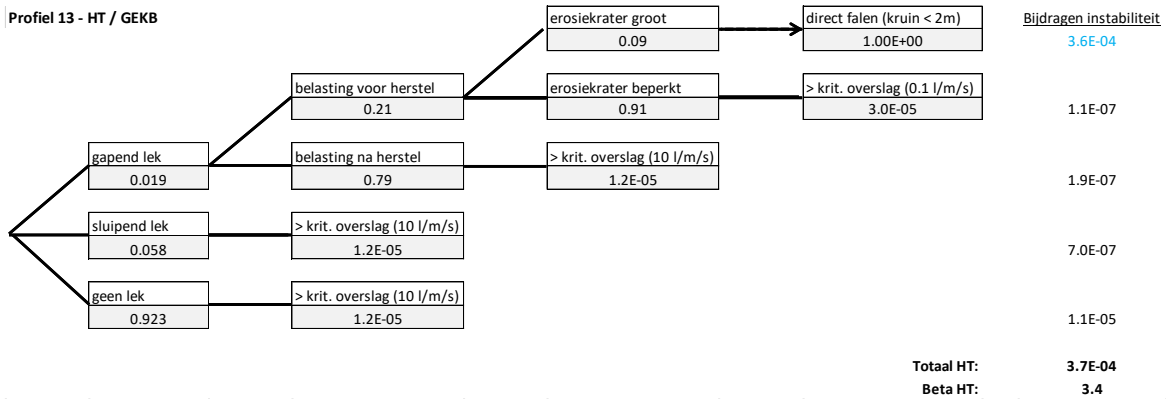
Dwarsprofiel 13 STBU extreem LW gapend lek



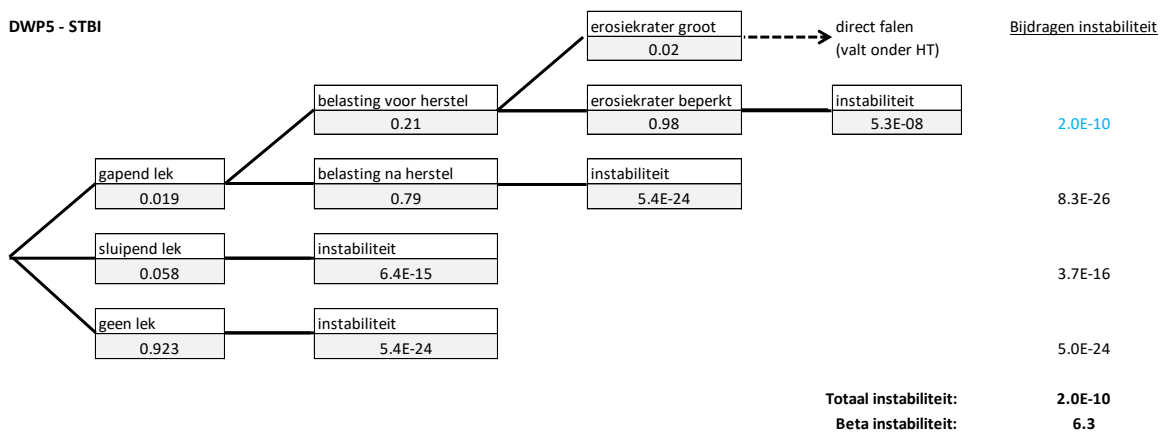
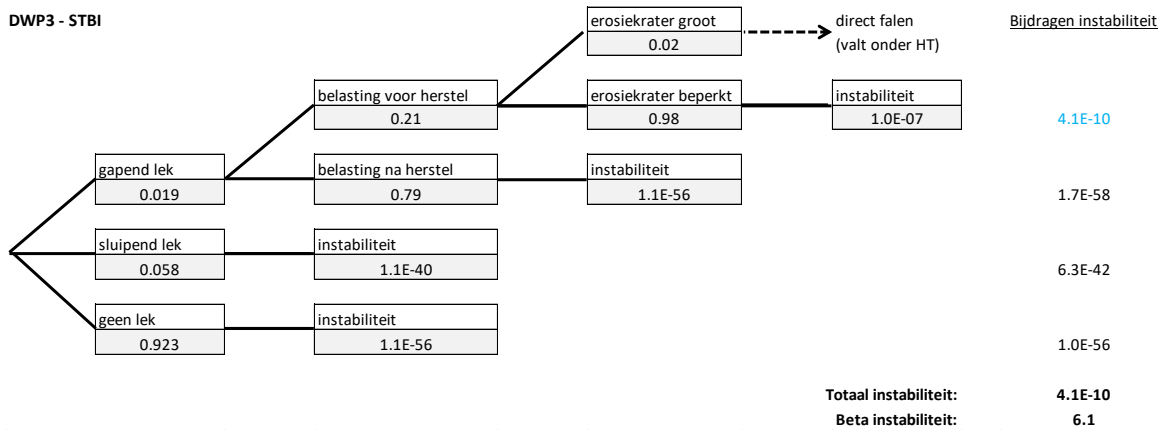
C Gebeurtenissenbomen met resultaten

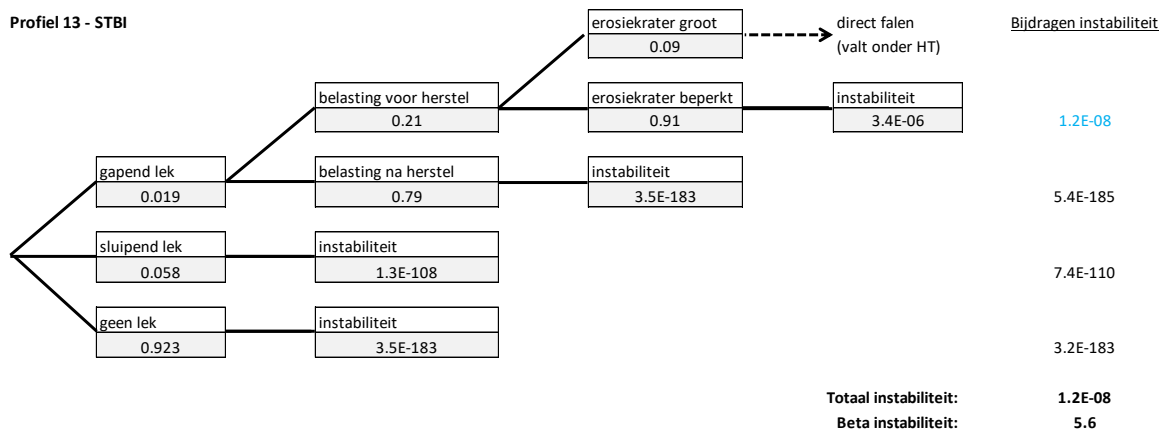
C.1 Gras erosie kruin en binnentalud / Hoogte (GEKB/HT)



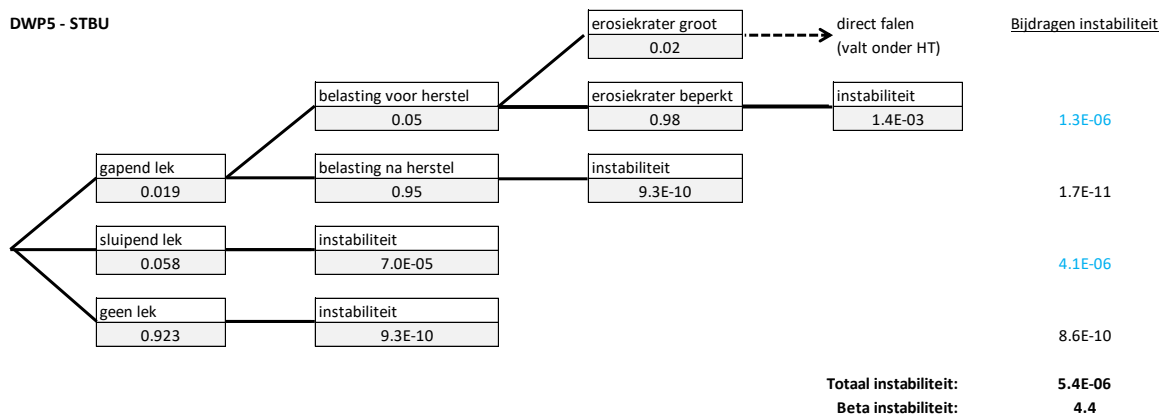
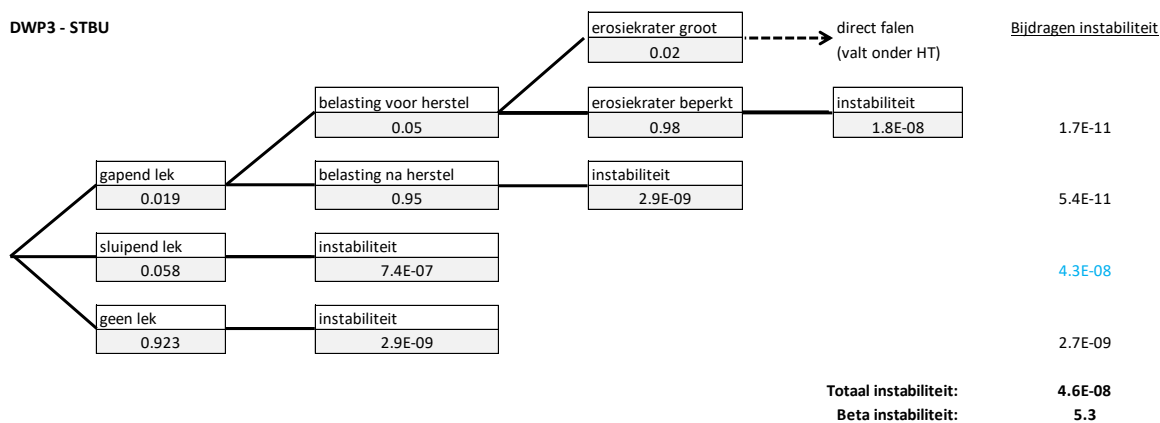


C.2 Macro-instabiliteit binnenwaarts (STBI)

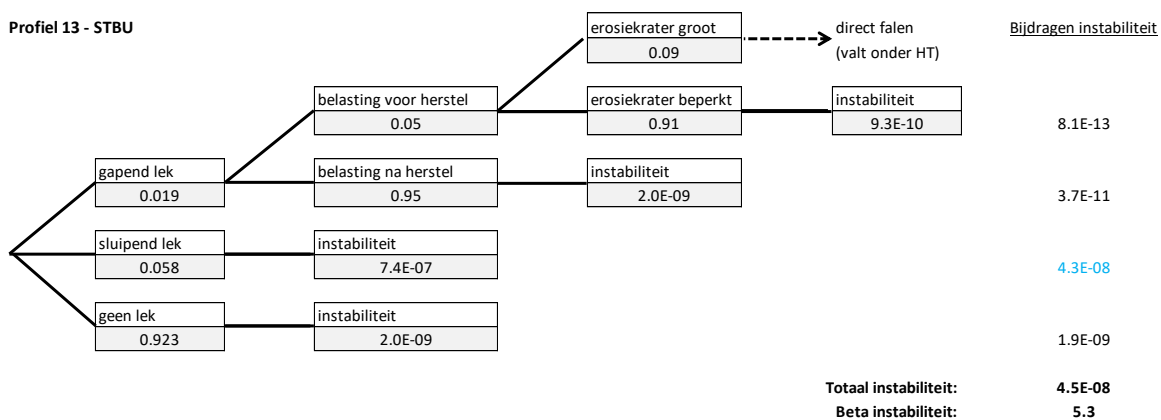




C.3 Macro-instabiliteit buitenwaarts (STBU)



Profiel 13 - STBU



D Grond parameters

In de onderstaande tabel zijn de grondeigenschappen die gebruikt zijn voor de stabiliteitsberekeningen weergegeven. Vanwege een diepere ligging van de glijcirkels zijn ook de grondparameters van diepe grondlagen weergegeven.

Parameter	Waarde	Opmerking
Zand, ophoog, ϕ	32,5	Teruggerekend van de gedraineerde parameters (zonder materiaalfactor)
Zand losgepakt, ϕ	30	Teruggerekend van de gedraineerde parameters (zonder materiaalfactor)
Wadzand, ϕ	30	Teruggerekend van de gedraineerde parameters (zonder materiaalfactor)
Hydrobiaklei, S	0,22	Minimum waarde volgens het WBI2017 (Klei)
Hydrobiaklei, m	0,86	Volgens het WBI2017 (μ ; ν)=(0,90;0,03)
Hydrobiaklei, POP	15 kPa	
Basisveen, S	0,3	Minimum waarde volgens het WBI2017 (Veen compact)
Basisveen, m	0,86	Volgens het WBI2017 (μ ; ν)=(0,90;0,03)
Basisveen, POP	15 kPa	
Klei, S	0,2	Minimum waarde volgens het WBI2017
Klei, m	0,86	Volgens het WBI2017 (μ ; ν)=(0,90;0,03)
Klei, POP	15 kPa	
Opgebracht slib, S	0,2	Minimum waarde volgens het WBI2017
Opgebracht slib, m	0,86	Volgens het WBI2017 (μ ; ν)=(0,90;0,03)
Opgebracht slib, POP	5 kPa	
Baggerslib, S	0,2	Minimum waarde volgens het WBI2017
Baggerslib, m	0,86	Volgens het WBI2017 (μ ; ν)=(0,90;0,03)
Baggerslib, POP	0 kPa	

Colofon

Auteurs

Anton van der Meer | Deltares

Betrokkenen

Franco Pantano | Gemeente Amsterdam Ingenieursbureau

Bas Molenkamp | Waternet

Martin Nieuwjaar | voorheen Waternet

Reviews

Gert Dijkstra | GJ-Dconsult

Lambert Vendrik | Waterschap Scheldestromen

Harry Schelfhout | namens Hoogheemraadschap van Delfland, projectteam POV K&L

Vaststelling

Stuurgroep POV Kabels & Leidingen