De Innovatieversneller Hoogwaterbescherming

De Blomboogerd 1
4003 BX Tiel
Postbus 599
4001 AN Tiel

Opsteller(s)
div@wsrl.nl

Datum
26 mei 2025

Ons kenmerk
DIV-P-58

Uw kenmerk
-

Bijlage(n)
1: Onderbouwing

memo

Pipingopgave Prinses Irenesluis (nr. 58)

1. Inleiding

Bij de voorhavendijk van de Prinses Irenesluis is het niet duidelijk of er een pipingopgave is. Het gaat hier om de voorhavendijk in het deeltraject ICU (Irenesluis Culemborgse Veer) van het project Sterke Lekdijk.

Dit is een situatie waar onzekerheid bestaat over de intredeweerstand onder de bodem van de voorhaven. Hier is volgens peilbuizen een aanzienlijke intredeweerstand aanwezig, en volgens geotechnische profielen is een dunne deklaag op de bodem van het kanaal aanwezig. Echter bij de randen van het kanaal zijn lokaal verdiepingen in de kanaalbodem waardoor de vraag bestaat of deze weerstand op termijn af zal nemen, bijvoorbeeld door verdieping van deze kuilen of door baggeren van de waterbodem.

Daarnaast is er onzekerheid over de sterkte van de deklaag tegen scheurvorming. Hier wordt in het KIA Praktijkonderzoek Opbarsten bij Dijken (POD) onderzoek naar gedaan, vanuit de hypothese dat homogene deklagen dikker dan 4 meter in principe niet opbarsten. Bij ICU is onzekerheid met betrekking tot de deklaag samenstelling. Er is een zeer dikke deklaag aanwezig, echter hierin is lokaal een zandlaag aangetroffen. Deze zandlaag lijkt lokaal aanwezig onder de binnenteen, maar is onder de kruin niet aangetroffen. Het is onduidelijk wat de oorsprong van deze tussenzandlaag is.

2. Aanpak

Om deze vraag te kunnen beantwoorden heeft De Innovatieversneller met het waterschap de verschillende mogelijke ondergrondscenario's voor deze situatie in beeld gebracht. Per scenario is nagegaan hoe het piping-faalpad zou verlopen.

Deze scenario's en faalpaden zijn besproken in een workshop met deelnemers vanuit het project ICU, vanuit het project SAS waar ook dikke deklagen aanwezig zijn, leden van het technisch team Sterke Lekdijk (van het waterschap HDSR), het

onderzoeksproject Praktijkonderzoek Opbarsten bij Dijken (POD), en de Innovatieversneller (DIV). Op basis daarvan is ingeschat hoe aannemelijk het is dat deze tot een overstroming door piping zouden leiden.

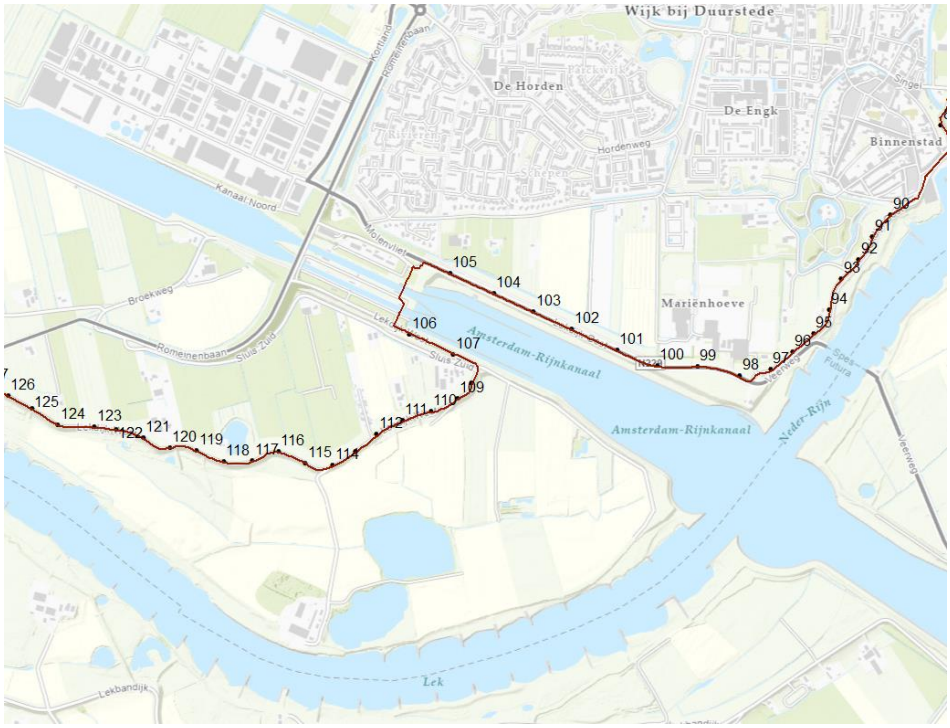
Genodigden waren:
- Vanuit HDSR: Janna van der Meer, Silvia Bersan, Arnold van der Kraan, Paul Neijenhuis (niet aanwezig), Robert de Jager.
- Vanuit abt en project SAS van Sterke Lekdijk: Jan Willem Bardoel en Matthijs van Joolingen
- Vanuit Deltares: Huub de Bruin (project opbarsten bij dijken), Jan Blinde
- Vanuit DIV: Han Knoeff & Esther Rosenbrand

3. Situatiebeschrijving

In de memo 'Piping scope Voorhavendijken Prinses Irenesluis (WAM, ICU)', is de situatie in detail beschreven. In deze memo wordt een korte samenvatting gegeven.

Figuur 1 laat zien waar het dijktraject loopt. De dijk aan de voorhavendijk is een schaardijk. Waar de dijk de bocht om gaat is een relatief groot voorland aanwezig.

In Figuur 2 is een close up getoond van de zuidelijke voorhavendijk (aan de zijde van ICU), met locaties van het beschikbare grondonderzoek. Hierin is gemarkeerd waar wel en geen tussenzand is aangetroffen onder de binnenteen.



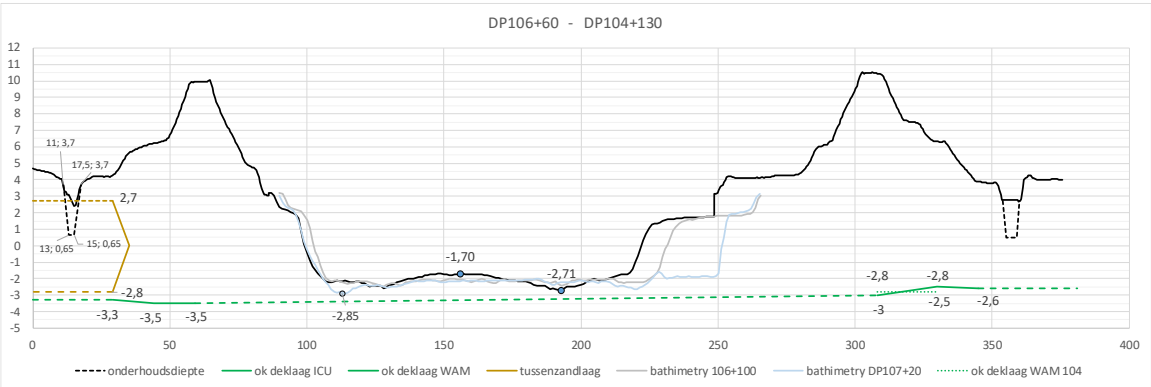
Figuur 1: Voorhaven Irenesluis met dijkpalen, ICU betreft de zijde aan de kant van dijkpaal 106.

Figuur 2: Close up van de Voorhaven Irenesluis met locaties van grondonderzoek

De Voorhaven betreft bij ICU een kleidijk. Ter hoogte van DP106 is er een tussenzandlaag aanwezig die is gescheiden van het watervoerend pakket door een relatieve dunne kleilaag: 0,5 m. Deze zandlaag is aanwezig onder de binnenteen maar niet onder de kruin of onder de insteek van de binnenberm. Ter hoogte van dijkpaal 107 (DP106+126_DKMP_BIT) is er geen tussenzandlaag.

De grondopbouw is in Figuur 3 geschetst. Het is onduidelijk wat de oorsprong is van deze tussenzandlaag, of dit onderdeel heeft uitgemaakt van de werkzaamheden voor de sluis, of dat het een stroombaan is. In januari 2024 is een aanvullende peilbuis geïnstalleerd, ter hoogte van dijkpaal DP 107. Hierin is de tussenzandlaag die bij de binnenteen bij DP 106 is aangetroffen ook niet aanwezig. Binnen de deklaag, tussen NAP+3,5 m en NAP+4,0 m is er een laag klei zwak zandig met grind. Het filter van de peilbuis is daarom in het eerste watervoerende pakket geplaatst. Peilbuismetingen zijn nog niet gedeeld.

Aan de overzijde van het kanaal bij WAM zijn weliswaar tussenzandlagen aanwezig maar deze zijn veel minder dik dan die bij ICU is aangetroffen.



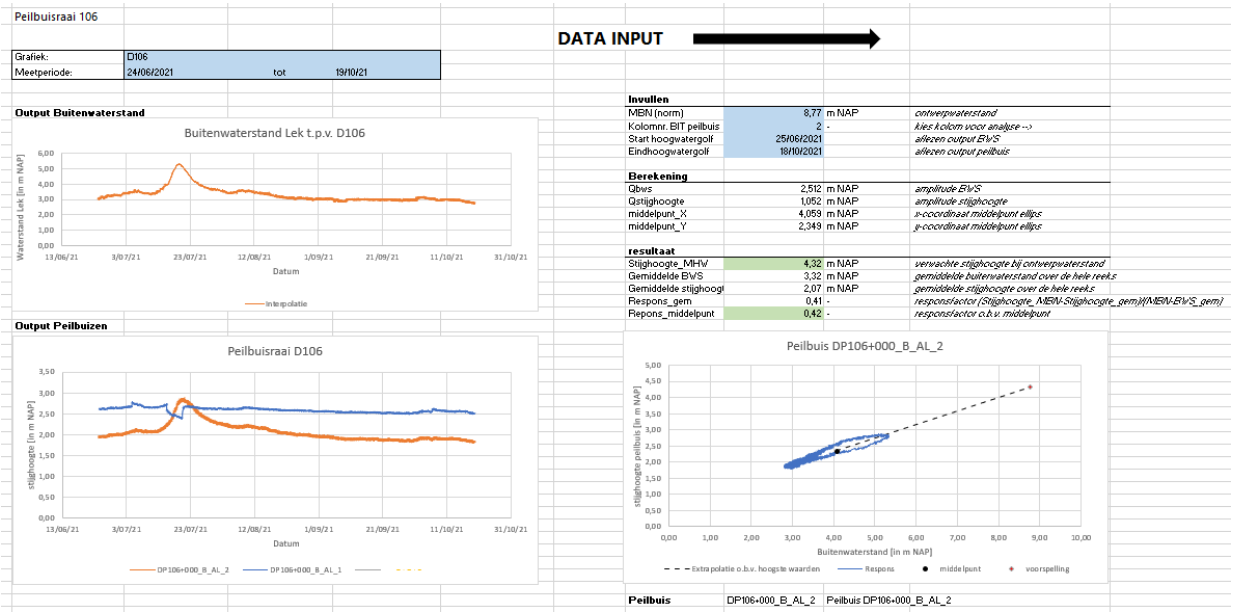
Figuur 3: Geometrie en grondopbouw DP104 tot DP107

Ter plaatse van de teensloot, die tussen dijkpaal 106 en 107 aanwezig is, is de deklaag dikker dan 6 m.

De kanaalbodem heeft een gemiddelde diepte van NAP -2 m, waarbij verdiepingen aan de zijkanten zijn, die naar verwachting het resultaat van schroefbewegingen

zijn. Op de kanaalbodem is een deklaag met een gemiddelde dikte van 1 m aanwezig, die op de diepste punten van de verdiepingen ca. 0,3 – 0,5 m dik is.

Er is een peilbuis aanwezig bij de binnenteen ter hoogte van DP 106. Deze heeft twee filters, één in de tussenzandlaag en één in het watervoerend pakket. In 2021 is een significant hoogwater gemeten. Figuur 4 toont de metingen en interpretatie van deze peilbuis in 2021.



Figuur 4: Metingen en interpretatie peilbuis DP106 voor hoogwater 2021

De stijghoogte in de diepere laag reageert op het hoogwater in de rivier. De respons is laag (0,42). De stijghoogte in de tussenzandlaag reageert niet mee met de rivier, wat suggereert dat deze zandlaag niet in contact staat met het kanaal.

Ook het hoogwater in 2023 is gemeten. Tabel 1 toont de gegevens hiervan. Hier is sprake van een langere hoogwatergolf dan in 2021. De stijghoogte in de tussenzandlaag is ca. 1 m lager dan in het diepere zand. Het slootpeil varieerde tijdens de hoogwatergolf, en het is goed mogelijk dat de stijghoogte in de tussenzandlaag gelijk was aan het slootpeil.

Tabel 1: Gemeten stijghoogten peilbuis DP106 en polderpeil/slootpeil tijdens hoogwatergolf 2023

Polderpeil (Winterpeil)	2,15 m+NAP
Maaiveld (laagste waarde)	3,6 m+NAP
Slootpeil tijdens hoogwater	Ergens tussen 2,15 en 3,6 m+NAP
Stijghoogte tussenzandlaag tijdens hoogwater (misschien gelijk aan polderpeil)	2,5 m+NAP
Stijghoogte Pleistoceen max 2023	3,75 m+NAP
Stijghoogte Pleistoceen aanwezig over 8 dagen hoogwater	3,4 m+NAP

Er zijn hier geen observaties van wellen, echter het is de vraag of de stijghoogte in het onderliggende zand hoog genoeg is geworden (hoger dan maaiveld) om

eventuele bestaande gaten te kunnen zien door uitstromend kwelwater. Uit Tabel 1 lijkt dat dit bij het recente hoogwater net wel of net niet het geval was.

4. Ondergrondscenario's en faalpaden

4.1. Ondergrondscenario's

Op basis van de bovenstaande gegevens zijn vier ondergrondscenario's opgesteld. Voor ieder van deze scenario's is een variant met en een variant zonder weerstand op de kanaalbodem mogelijk.

De vier ondergrondscenario's betreffen:
1. Situatie met een doorlopende tussenzandlaag. Er is geen contact tussen de tussenzandlaag en het pleistoceen;
2. Situatie zonder een doorlopende tussenzandlaag. Er is geen contact tussen de tussenzandlaag en het pleistoceen;
3. Situatie zonder doorlopende tussenzandlaag. Er is wel contact tussen de tussenzandlaag en het pleistoceen;
4. Situatie waarbij geen tussenzandlaag aanwezig is.

Op basis van de beschikbare informatie is tijdens de workshops de aannemelijkheid van het voorkomen van de scenario's besproken. Deze is op een schaal van 1 tot 5 ingeschat waar 1 zeer onaannemelijk (klein) is en 5 zeer aannemelijk (groot).

De ondergrondscenario's, en de onderbouwing van de aannemelijkheid dat deze aanwezig zijn, is samengevat in de bijlage in Tabel B1.

4.1.1. Meest aannemelijke scenario's

Op basis van de beschikbare data wordt de aannemelijkheid van het aanwezig zijn van scenario's 2 en 4 het hoogste geschat.
- Scenario 2: De tussenzandlaag is in sondering 106 aangetroffen bij binnenteen (en niet onder insteek of kruin). Peilbuismetingen tonen een beperkte respons op het buitenwater in het diepere zand en geen respons in tussenzand in 2021. Peilbuismetingen bij het hoogwater uit 2023 zijn in lijn met die uit 2021.
- Scenario 4: de tussenzandlaag is slechts lokaal aangetroffen.

Het lijkt voor de bovenstaande twee scenario's aannemelijk dat er intredeweerstand op de kanaalbodem is. Het is niet aannemelijk dat de weerstand in de kanaalbodem afneemt met tijd: er is geen stroming in de voorhaven en lokale ontgrondingskuilen door schepen vullen zich weer deels met slib. Het lijkt daarom aannemelijk dat er altijd enige mate van slib aanwezig is.

4.2. Faalpaden

Voor ieder ondergrondscenario is overwogen hoe het faalpad voor piping zou verlopen en wat de bepalende gebeurtenissen voor de overstromingskans zijn. Aan de hand hiervan is een inschatting gemaakt van hoe aannemelijk het is dat gegeven dit scenario, een overstroming door piping op kan treden.

Deze overwegingen en de aannemelijkheden zijn in de bijlage in Tabel B2 weergegeven.

Het is met name de vraag hoe het fysische proces van opbarsten in geval van een niet doorlopende tussenzandlaag (scenario 2) in zijn werk gaat, en over de aannemelijkheid van het optreden van de vervolgmechanismen, heave en terugschrijdende erosie, die daar mogelijk op volgen (zie bijlage). Op basis van de redeneringen in Tabel B2 is de aannemelijkheid van een overstroming als relatief laag ingeschat (1 met weerstand in de bodem van het kanaal, 3 zonder die weerstand).

Voor scenario 4, wat ook een aannemelijk scenario is, is de aannemelijkheid van een overstroming door piping relatief laag door de dikke deklaag, hiervoor wordt verwezen naar de beslisboom van Sterke Lekdijk en het Handelingsperspectief opbarsten van DIV.

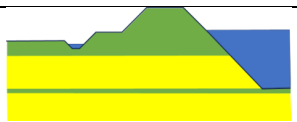
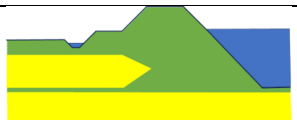
4.3. Samenvatting

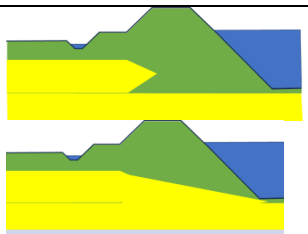
Door de aannemelijkheid van de aanwezigheid van een scenario te koppelen aan de aannemelijkheid van een overstroming door piping gegeven dat dit scenario aanwezig is wordt kwalitatief een indruk verkregen van de aannemelijkheid dat voor deze situatie een overstroming door piping optreedt.

Tabel 2 vat de aannemelijkheid van de scenario's en faalpaden samen. Hierbij is het van belang te overwegen dat:

- Als het minder aannemelijk is dat een scenario aanwezig is, is het onaannemelijk dat dit scenario hier tot een overstroming leidt
- Als het minder aannemelijk is dat een overstroming optreedt, gegeven dat een scenario aanwezig is, is het ook minder aannemelijk dat dit scenario tot een overstroming leidt.

Tabel 2: Aannemelijkheid scenario's en faalpaden, groene vlakken benadrukken waar de lage aannemelijkheid van toepassing is voor ofwel het aanwezig zijn van het scenario, ofwel dat een dergelijk scenario tot een overstroming leidt.

		Beschrijving	Weerstand in kanaal Aannemelijkheid		Zonder weerstand in kanaal Aannemelijkheid	
			scenario	faalpad	scenario	faalpad
1		Doorlopende tussenzandlaag Piping in tussenzandlaag	1	5	1	5
2		Niet doorlopende tussenzandlaag Piping door dieper zand (met verticaal kanaal door tussenzandlaag)	5	1	3	3

3		Contact tussenzandlaag en diepere zandlaag. Piping door tussenzandlaag en diepere zandlaag.	1	3	1	4
4		Geen tussenzandlaag. Piping door diepere zandlaag	5	1	3	2

5. Conclusies en aanbevelingen

De scenario's die het meest aannemelijk zijn, voor wat betreft de bodemopbouw, zijn scenario 2 en 4. Dit zijn de scenario's waar de aannemelijkheid dat piping tot een overstroming zou leiden juist relatief lager is dan voor de andere scenario's.

Scenario 4 betreft het opbarsten bij een dikke homogene deklaag. Hiervoor wordt verwezen naar de beslisboom piping van Sterke Lekdijken en het Handelings-perspectief opbarsten van DIV (zie colofon). Bij een 6 meter dikke homogene deklaag, zonder situaties die leiden tot spanningsconcentratie, is op basis van de huidige kennis geen aanleiding om te verwachten dat de deklaag scheurt bij opdrijven.

Scenario 2 betreft het opbarsten van een deklaag met een niet doorlopende tussenzandlaag en het optreden van terugschrijdende erosie in het diepere zand. Dit scenario komt - om vooralsnog onverklaarde reden - bij ICU voor, maar is meer generiek representatief van situaties waar de tussenzandlaag door een heavescherm wordt afgesloten.

Het faalpad bevat een aantal kennisleemtes, maar alles samen beschouwd lijkt het onwaarschijnlijk dat falen door piping kan optreden. De volgende argumenten zijn aangedragen:

- Opdrijven: zal worden belemmerd door het gewicht van de dikke deklaag (inclusief tussenzandlaag). Indien het opdrijft is het voorstelbaar dat de laag tussen de tussenzandlaag en het diepere zand als eerste scheurt. Vervolgens stroomt het water naar de tussenzandlaag en neemt de stijghoogte in de tussenzandlaag toe, totdat de slootbodem opdrijft en opbarst. Het is ook mogelijk dat de bovenste dunne deklaag niet meer intact is door reeds aanwezige scheuren.
- Heave: het fysische proces dat optreedt bij een tussenzandlaag, is nog onbekend. Er zijn verschillende voorstelbare mogelijkheden, er zou een verticale pipe door de tussenzandlaag tussen de scheur bij het diepere zand en de slootbodem kunnen vormen, of het zand in de tussenzandlaag zou kunnen fluïdiseren. Het debiet door de tussenzandlaag moet ook voldoende zijn om korrels verticaal te transporteren, maar wordt beperkt door de afmeting van de scheur.
- Terugschrijdende erosie: ook hier zou het debiet voldoende moeten zijn om korrels verticaal door de tussenzandlaag te transporteren. De drukval in het

kanaal door de tussenzandlaag is naar verwachting ook hoger dan bij reguliere piping (hoger dan 0,3d) doordat hier het zand van de tussenzandlaag vanaf de zijkanten heen stroomt.

Voor situaties waar het faalpad bij Scenario 2 aannemelijk wordt geacht zijn verschillende mogelijkheden om de kans van optreden nader te analyseren:

- Met gevoeligheidsanalyses voor terugschrijdende erosie nagaan bij welke weerstand in het opbarstkanaal de kans op piping voldoende klein is. Deze waarden kunnen worden vergeleken met literatuur of verwachtingen van mogelijke drukval, rekening houdend met de naar verwachting hogere drukval door het zand uit de tussenzandlaag, en deze beschouwen in het licht van het totaal aan onzekerheden en de beslisvraag.
- Nader onderzoek met geohydrologische (lokale) modellen is mogelijk om gevoeligheidsanalyses te doen naar de stroming door een scheur naar de tussenzandlaag en hoe afmetingen van scheur en tussenzandlaag, en doorlatendheden van de verschillende lagen, de waterspanningen en debieten beïnvloeden en wat dit zou betekenen voor fluïdisatie en zandtransport.
- Nader onderzoek naar het fysische proces van scheurvorming door een deklaag met een tussenzandlaag zou inzicht kunnen geven in hoe dit ontstaat. Hoewel het hier een dikke deklaag betreft, wanneer het totaal van de tussenzandlaag en de boven en onderliggende kleilagen wordt beschouwd, is de kleilaag tussen het diepere zand en de tussenzandlaag dun, en mogelijk siltig, waardoor er naar verwachting minder sterkte tegen scheurvorming is. Voor het scheuren, en het proces van scheurvorming door de tussenzandlaag was in deze workshop geen kennis aanwezig.

Om nader te onderbouwen dat de aanwezigheid van scenario 1 en 3 niet waarschijnlijk zijn, is door Sterke Lekdijken al een aanvullende peilbuis geïnstalleerd om waterspanning in de tussenzandlaag te meten. Op de gekozen locatie is echter geen tussenzandlaag aangetroffen: een enkele filter is in het pleistoceen zand aangebracht. De gegevens hiervan zijn nog niet beschikbaar. Indien het nodig blijkt kan met beperkte inspanning de invloed van een hellende deklaag op het kritieke verval voor terugschrijdende erosie worden ingeschat door gevoeligheidsanalyses met een aanpassing op de rekenregel van Sellmeijer, om na te gaan in hoeverre het aannemelijk is dat Scenario 3 tot overstroming leidt.

Feedback belangrijk voor DIV

In het kader van "samen innoveren en kennis ontwikkelen" zou DIV graag een feedback van de vraagsteller ontvangen en evalueren. De feedback kan ook gebruikt worden voor het verbeteren of aanscherpen van het handelingsperspectief dat in publicaties wordt aangeboden.

Colofon

Vraagsteller(s): Silvia Bersan, HDSR
Project: ICU
Waterschap: HDSR

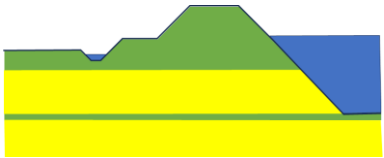
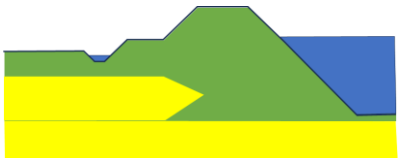
Auteur(s): Esther Rosenbrand & Han Knoeff (DIV), Silvia Bersan (HDSR)

Kwaliteitsborging: Vera van Beek (Deltares), Maurits van Dijk (DIV)

Referenties: Beslisboom HDSR, Handelingsperspectief dikke deklagen (POD)

Bijlage 1: Onderbouwing

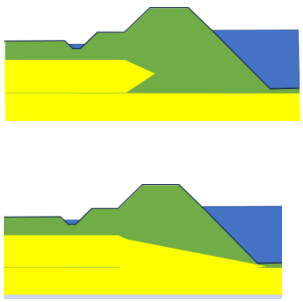
Tabel B1: Ondergrondscenario's met inschatting van de aannemelijkheid van voorkomen (1 t/m 5) en de onderbouwing voor deze inschatting.

	Afbeelding scenario	Met weerstand in kanaalbodem	Zonder weerstand in kanaalbodem
1		1 Tussenzandlaag is in sondering 106 aangetroffen bij binnenteen (en niet onder insteek of kruin). Peilbuismetingen tonen een beperkte respons op het buitenwater in het diepere zand en geen respons in tussenzand in 2021. Peilbuismetingen bij het hoogwater uit 2023 zijn in lijn met die uit 2021. Dunne kleilaag zou op de kanaalbodem aanwezig zijn aan de hand van grondonderzoek onder de dijk en bathymetrie.	1 Minder aannemelijk dan scenario met weerstand. Niet aannemelijk dat weerstand kanaalbodem afneemt met tijd: er is geen stroming in voorhaven en lokale ontgrondingskuilen door schepen vullen zich weer deels met slib. Het lijkt aannemelijk dat er altijd enige mate van slib aanwezig is.
2		5 Zie onderbouwing bij scenario 1	3 Zie onderbouwing bij scenario 1
3		1 Minder aannemelijk dan scenario 2: de kleilaag is dun maar peilbuismetingen tonen dat waterspanning in tussenzandlaag niet meebeweegt met waterspanning in her diepere watervoerend pakket. Zelfs bij een dunne kleilaag zou enige respons in het tussenzand verwacht worden. Dat er geen respons is maakt dit scenario erg onaannemelijk	1 Minder aannemelijk dan scenario met weerstand.
4		5 Tussenzandlaag is slechts heel lokaal aangetroffen. Onduidelijkheid rondom oorsprong tussenzandlaag.	3 Zie boven

Tabel B2*:* Faalpaden en inschatting van aannemelijkheid van een overstroming door piping met de onderbouwing voor deze inschatting. De verschillende gebeurtenissen in het faalpad zijn in dikgedrukt.

	Afbeelding scenario	Met weerstand in kanaal	Zonder weerstand in kanaal
1		5 voor piping door tussenzandlaag **Opbarsten** aannemelijk, dunne deklaag. **Terugschrijdende erosie:** aannemelijk, bij korte kwelweg en naar verwachting relatief kleine invloed van weerstand door slib op de oever van het kanaal, de beperkte dikte van de tussenzandlaag beperkt het debiet naar de pipe.	5 Zie links

2		1 **Opbarsten** Voordat de deklaag scheurt moet hij eerst opdrijven, het gewicht van een dikke deklaag met zandige tussenzandlaag is relatief hoog waardoor een hoge waterspanning in de diepere zandlaag nodig is voor opbarsten. Indien ook intredeweerstand op de kanaalbodem aanwezig is zou een hoge waterstand nodig zijn om de deklaag te doen opdrijven. De weerstand tegen scheuren wordt bepaald door de dikte en sterkte van de deklaag. In dit geval met een dunne siltige kleilaag en daarboven een tussenzandlaag is naar verwachting minder sterkte dan bij een deklaag die veen bevat. Het is niet duidelijk hoe het proces van scheurvorming na opdrijven verloopt; het lijkt voorstelbaar dat de laag tussen de tussenzandlaag en het diepere zand als eerste scheurt. Als de deklaag tussen sloot en tussenzandlaag nog intact is stroomt water naar de tussenzandlaag en neemt de stijghoogte in de tussenzandlaag toe, totdat de slootbodem opdrijft en opbarst. De toename van waterspanning in de tussenzandlaag wordt beïnvloed door of water horizontaal door de tussenzandlaag naar het achterland stroomt, of door de deklaag weglekt naar maaiveld. De vervorming die optreedt bij het scheuren van de onderste kleilaag zou echter ook al kunnen leiden tot vervorming en scheuren van de bovenste deklaag. Het is ook mogelijk dat de bovenste dunne deklaag niet meer intact is door reeds aanwezige scheuren. Bij dunne deklagen is dit vaker het geval. Dan hoeft er geen opdrijven en opbarsten van de bovenste deklaag op te treden. **Heave** Het is onduidelijk hoe zich een verticaal erosiekanaal in de tussenzandlaag vormt. Het debiet door de tussenzandlaag moet voldoende zijn om korrels verticaal te transporteren. Dat zou op verschillende manieren mogelijk zijn, door een verticale pipe die door de tussenzandlaag vormt tussen de scheur bij het diepere zand en de slootbodem, of door fluïdisatie van het zand in de tussenzandlaag. Merk op dat het sowieso anders is als bij reguliere piping waarbij de pipe gevuld wordt met een zand slurry. In deze situatie moet het zand wel echt fluïdiseren, al dan niet lokaal. Het debiet naar de tussenzandlaag wordt beperkt door de afmeting van de scheur. *Het fysische proces dat hierboven beschreven staat is voorstelbaar, maar het is niet onderbouwd door onderzoek of observaties.* **Terugschrijdende erosie** Een verticaal erosiekanaal moet over de hele hoogte tussenzandlaag aanwezig zijn, en het debiet door het kanaal moet hoog genoeg zijn om korrels verticaal te transporteren. Het debiet naar de tussenzandlaag wordt naar verwachting beperkt door de afmetingen van de scheur in de onderliggende kleilaag. Daarnaast kan water naar verwachting ook horizontaal/radiaal door de tussenzandlaag stromen (in tegenstelling tot een	3 Grotere aannemelijkheid van faalpad door geen intredeweer-stand

		scheur door een kleilaag waar het water naar verwachting voornamelijk verticaal omhoog stroomt). Het verticale kanaal zal de neiging hebben in te storten. Dit leidt mogelijk tot een groter kanaal (hogere diameter lagere stroomsnelheid) De drukval in het kanaal door de tussenzandlaag is naar verwachting hoger doordat hier het zand van de tussenzandlaag heen stroomt. (naar verwachting hoger dan 0,3d, en naar verwachting meer weerstand bij lager debiet). *Onzekerheid over weerstand in verticaal kanaal, gevoeligheidsanalyses mogelijk met hogere drukval o.b.v. literatuur in Publicatie Heaveschermen.* **Kortsluiting** Geen direct intredepunt door weerstand in kanaalbodem, echter het lijkt minder aannemelijk dat een dunne sliblaag fysiek kan voorkomen dat de pipe doorbreekt en dat kortsluiting plaatsvindt. *Onzeker hoe kortsluiting optreedt door dunne laag op kanaalbodem.*	
3		**3** **Terugschrijdende erosie** de pipe start in de tussenzandlaag en moet daarna door het diepere zand terug groeien. Hoe dit gebeurt hangt sterk af van de geometrie van de tussenzandlaag, in het onderste scenario kan de pipe langs de hellende deklaag terug groeien. Deze helling zorgt wel voor aanvullende weerstand te gen erosie. *Onzekerheid over de helling van de tussenzandlaag. Gevoeligheidsanalyses zijn mogelijk met een aangepaste formule van Sellmeijer voor piping onder een constante helling. Op basis hiervan zou besloten kunnen worden of het relevant is om de daadwerkelijke helling te bepalen.*	4 Grotere aannemelijkheid van faalpad door geen intredeweer-stand
4		1 **Opbarsten** Grensgeval toepassing beslisboom piping van Sterke Lekdijken: met spanningsspreiding onder de sloot is de dikte van de deklaag > 6 m, zonder spanningsspreiding is de dikte net < 6. In het Handelingsperspectief van DIV wordt met een 4 m dikke deklaag gewerkt, waarbij wordt gerekend met spanningsspreiding onder sloot. *Hier aandacht of er bestaande wellen zijn, voor ICU zijn die niet waargenomen. In het Handelingsperspectief van DIV wordt met een 4 m dikke deklaag gewerkt.*	2 Grotere aannemelijkheid van faalpad door geen intredeweerstand