



Voortgangsbericht KPP-project Versterking Onderzoek Waterveiligheid

no 7



Inhoudsopgave

Onderzoeksprojecten

- 1 Quick reaction force
- 2 Kennisalliantie slachtoffers en evacuaties bij overstromingen
- 3 Brandslangmethode voor het testen van dijkbekledingen
- 4 Beheer- en noodmaatregelen bij dreigende overstromingen
- 5 Handreiking voor trillingen van windturbines op waterkeringen
- 6 Bouwstenen voor een BOS voor beheer en onderhoud van svk's
- 7 Invloed waterdiepte op golfoverslag
- 8 Scenario's overstromingen
- 9 Graverij door dieren
- 10 Damwanden
- 11 Kunstwerken
- 12 Beoordeling open steen asfalt
- 13 Optimalisatie kribben
- 14 Morfologie en scheepvaart



Samen met andere partijen voert Deltares onderzoek uit voor Rijkswaterstaat op het gebied van waterveiligheid. Dit gebeurt in het kader van het KPP-project Versterking Onderzoek Waterveiligheid (VOW), waarin KPP staat voor kennis primaire processen van Rijkswaterstaat.

Rijkswaterstaat gebruikt de uitkomsten van het onderzoek om zijn primaire proces rondom waterveiligheid te verbeteren. Hierbij gaat het om kostenbesparingen bij aanleg, beheer en onderhoud, om betere risicobeheersing en om versterking van het imago van Rijkswaterstaat.

Het merendeel van de projecten wordt in NKWK-kader uitgevoerd, dus samen met en met medefinanciering van andere partijen uit de sector, zoals STOWA, individuele waterschappen en TU Delft.

Dit voortgangsbericht brengt de werkzaamheden in beeld die we in 2021 hebben uitgevoerd. Bij de projecten heeft Rijkswaterstaat kort aangegeven welke meerwaarde het project voor Rijkswaterstaat heeft.

Inhoudsopgave

Onderzoeksprojecten

- 1 [Quick reaction force](#)
- 2 Kennisalliantie slachtoffers en evacuaties bij overstromingen
- 3 Brandslangmethode voor het testen van dijkbekledingen
- 4 Beheer- en noodmaatregelen bij dreigende overstromingen
- 5 Handreiking voor trillingen van windturbines op waterkeringen
- 6 Bouwstenen voor een BOS voor beheer en onderhoud van svk's
- 7 Invloed waterdiepte op golfoverslag
- 8 Scenario's overstromingen
- 9 Graverij door dieren
- 10 Damwanden
- 11 Kunstwerken
- 12 Beoordeling open steen asfalt
- 13 Optimalisatie kribben
- 14 Morfologie en scheepvaart

1. Quick reaction force

Waar werken we aan / waar werken we naar toe

Het doel van de Quick Reaction Force (QRF) is om waterveiligheidskennis te verbeteren door betere verwerving, ontsluiting en gebruik van velddata rondom stormen en hoogwaters. Het project is verdeeld in twee aspecten: QRF-kust en QRF-rivieren.

QRF-kust richt zich in 2022 op de dynamiek van strand en duinen. Samen met Universiteit Utrecht worden door QRF-kust in Noord-Holland op het strand en de duinen met nieuwe technieken bodemhoogtemetingen en golfhoogtemetingen uitgevoerd. Een XBeach model van de kust bij Egmond aan Zee dat in het kader van QRF werd opgezet is in 2021 gekalibreerd. In 2022 willen we voorafgaand aan een storm snel een inschatting maken van de strand- en duinerosie. Na de storm willen we het model valideren en verbeteren. Doel is uiteindelijk om deze technieken voor een groter deel van de kust toe te passen.

QRF-rivieren richt zich op de vraag hoe goed golf- en stromingsberekeningen zijn met de huidige instrumenten (bijv. WBI). Er zijn nauwelijks golf- en stromingsmetingen beschikbaar om de instrumenten te verifiëren en te verbeteren, vooral in de uiterwaarden. QRF-rivieren richt zich daarom in 2022 op golfhoogten in uiterwaarden. In voorgaande jaren zijn metingen gedaan met een drone die zijn vergeleken met modelberekeningen. In de eerste helft van 2022 verwerken we data van metingen in de Westerschelde. Naast golven zijn ook afvoeren in de uiterwaard van belang bij de kalibratie van de 2D riviermodellen. Daarom is het plan in 2022 ook om te kijken naar mogelijkheden om debieten in de uiterwaard te meten.

Wat kunnen we al laten zien

Onderstaande linker foto toont een meting van QRF-kust van het strand bij Egmond met een drone door Shore Monitoring vlak na storm Eunice van 18 februari 2022. De rechter foto toont het plaatsen van golfhoogtemeters door de Universiteit Utrecht en de auto met terrestriale laser scanner waarmee strand en duinen zijn ingemeten vlak voor die storm. We gebruiken deze metingen om het XBeach model te actualiseren en om voorafgaand aan een volgende storm in 2022 snel een inschatting te maken van de strand- en duinerosie.



Inhoudsopgave

Onderzoeksprojecten

- 1 Quick reaction force
- 2 Kennisalliantie slachtoffers en evacuaties bij overstromingen
- 3 Brandslangmethode voor het testen van dijkbekledingen
- 4 Beheer- en noodmaatregelen bij dreigende overstromingen
- 5 Handreiking voor trillingen van windturbines op waterkeringen
- 6 Bouwstenen voor een BOS voor beheer en onderhoud van svk's
- 7 Invloed waterdiepte op golfoverslag
- 8 Scenario's overstromingen
- 9 Graverij door dieren
- 10 Damwanden
- 11 Kunstwerken
- 12 Beoordeling open steen asfalt
- 13 Optimalisatie kribben
- 14 Morfologie en scheepvaart

Onderstaande figuur toont de locatie van dronemetingen, aangegeven met 'interessegebied', en de locatie van de puntmetingen met twee druksensoren en een ADV, die door QRF-rivieren in 2021 zijn gedaan bij Bath in de Westerschelde. We vergelijken de metingen met Delft3D-modelberekeningen en een eenvoudige benadering om golfhoogten uit de strijklengte van de wind te bepalen. Naast de uitwerking van deze metingen gaan we in 2022 wederom metingen uitvoeren tijdens een hoogwater aan de hand van het in 2021 opgestelde QRF-protocol. Voor het verzamelen van beelden sluiten we aan bij de mogelijkheden die waterschappen bieden.



Hoe wordt het gebruikt, wat is daarvan de zichtbare en nog te verwachten meerwaarde, voor RWS en/of maatschappelijk.

Doel van QRF-kust is uiteindelijk om deze technieken voor een groter deel van de kust toe te passen en de strand- en duinerosie mee te kunnen nemen in de stormeffectrapportages die door het Water Management Centrum Nederland (WMCN) worden gepubliceerd.

Doel van QRF-rivieren is uiteindelijk om de voorspellingen van hydraulische condities in rivieren bij hoog water met de huidige instrumentaria (bijv. WBI), te verbeteren.

- 1 Quick reaction force
- 2 Kennisalliantie slachtoffers en evacuaties bij overstromingen
- 3 Brandslangmethode voor het testen van dijkbekledingen
- 4 Beheer- en noodmaatregelen bij dreigende overstromingen
- 5 Handreiking voor trillingen van windturbines op waterkeringen
- 6 Bouwstenen voor een BOS voor beheer en onderhoud van svk's
- 7 Invloed waterdiepte op golfoverslag
- 8 Scenario's overstromingen
- 9 Graverij door dieren
- 10 Damwanden
- 11 Kunstwerken
- 12 Beoordeling open steen asfalt
- 13 Optimalisatie kribben
- 14 Morfologie en scheepvaart

2. Kennisalliantie slachtoffers en evacuaties bij overstromingen

De kennisalliantie "Slachtoffers en evacuatie", waarin RWS, TUD, HKV en Deltares sinds 2017 participeren, doet onderzoek naar evacuatie, mortaliteit en slachtofferschattingen van overstromingen om daarmee de waterveiligheid en het crisismanagement te verbeteren.

De kennisalliantie werkt aan de volgende hoofdvragen:

- Hoe kan een evacuatie effectief uitgevoerd worden en wat bepaalt die effectiviteit?
- Hoe kan de bij een overstroming te verwachten mortaliteit en het aantal slachtoffers het best bepaald worden, rekening houdend met (nieuwe) kennis over evacuatie, gedrag, gebouwsterkte en andere factoren?

In de afgelopen jaren is een slachtoffer- en evacuatiedatabase gemaakt en is er onderzoek gedaan naar slachtofferfuncties, de invloed van vertrekcurves op evacuatie, de invloed van huissterkte (zie onderstaande foto's) en de modelleringsaanpak op slachtofferuitkomsten. Ook zijn er storylines gebruikt om dreigings- en overstromingsscenario's te beschouwen vanaf het signaleren van hoogwater tot het begin van de herstelfase en alle belangrijke momenten daartussen. In de Kennisalliantie wordt samengewerkt met onderzoekers in binnen- en buitenland.

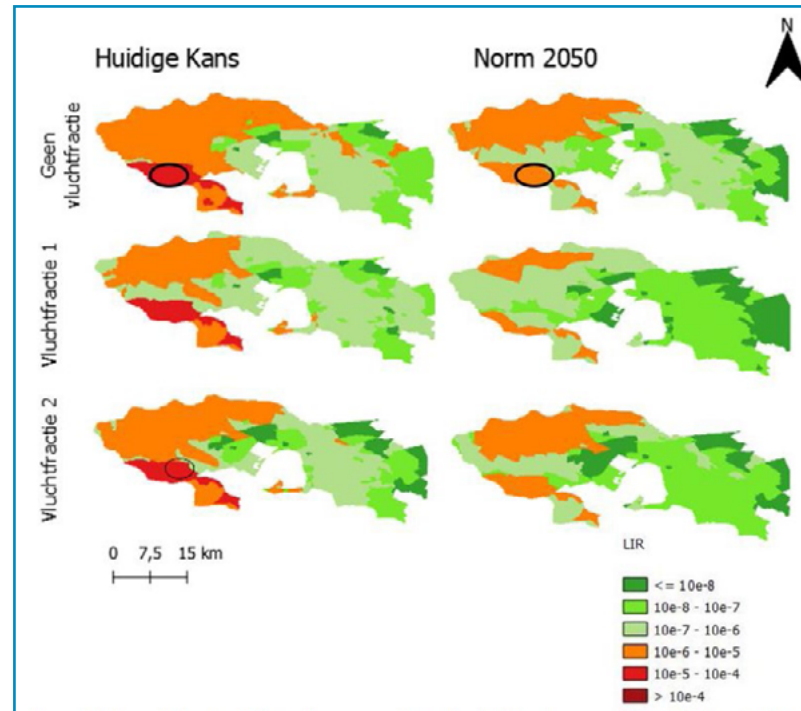
In 2021 is onderzocht wat het effect van het meenemen van aankomsttijden op slachtoffer risico's is. Aankomsttijden worden in alle grotere buitenlandse methoden meegenomen, maar tegelijkertijd kan het overstroomd gebied, de overstromingsduur en de maximale waterdiepte maar bijvoorbeeld ook de bevolkingsdichtheid in Nederland groter zijn waardoor buitenlandse inzichten niet 1:1 gebruikt kunnen worden. Toch kan het ook in Nederland meerwaarde bieden aankomsttijden mee te nemen door rekening te houden met de verschillen in aankomsttijden tussen locaties binnen het getroffen gebied. Dit kan bijvoorbeeld door verschillen te vertalen in een ruimtelijk gedifferentieerde vluchtfractie. Het meenemen van aankomsttijden is toegepast op dijkkring 43 en 48, waaruit valt te concluderen dat het gebruik van een vluchtfractie veel effect heeft op slachtofferaantallen van doorbraakscenario's waarbij de aankomsttijd van het water langer dan een dag is en er veel mensen wonen in het betreffende gebied. In dijkkring 48 namen de slachtofferaantallen horend bij doorbraken in het Duitse deel van de dijkkring bijvoorbeeld met 57-87% af.

Bovendien leidt het rekening houden met aankomsttijden tot beter inzicht in gevaarlijke plekken. Het maakt namelijk onderscheid tussen locaties die snel diep worden en een korte aankomsttijd hebben, en locaties met vergelijkbare karakteristieken maar lange aankomsttijden en ook Lokaal Individueel Risico (LIR) waardes worden lager waar lange aankomsttijden maatgevend zijn. Kortom: het meenemen en gebruiken van aankomsttijden biedt veel mogelijkheden voor het verbeteren van overstromingsrisicobeleid.

Inhoudsopgave

Onderzoeksprojecten

- 1 Quick reaction force
- 2 Kennisalliantie slachtoffers en evacuaties bij overstromingen
- 3 Brandslangmethode voor het testen van dijkbekledingen
- 4 Beheer- en noodmaatregelen bij dreigende overstromingen
- 5 Handreiking voor trillingen van windturbines op waterkeringen
- 6 Bouwstenen voor een BOS voor beheer en onderhoud van svk's
- 7 Invloed waterdiepte op golfoverslag
- 8 Scenario's overstromingen
- 9 Graverij door dieren
- 10 Damwanden
- 11 Kunstwerken
- 12 Beoordeling open steen asfalt
- 13 Optimalisatie kribben
- 14 Morfologie en scheepvaart



Effect van meenemen aankomsttijden op Dijkkring 48 (uit De Bruijn en Maas, 2022)

middels fragility curves uit OKADER en faaldefinities, rekenregels en waterstandsverlopen van het WBI. De methode combineert de sterkte van de waterkering met de verwachting van de waterstand om tot een schatting van de tijd tot aan doorbraak te komen. Omdat de faaldefinitie van het WBI niet gelijk is aan de overstromingskans wordt dit resterende deel ingeschat met expertschattingen. Deze expertschattingen zijn opnieuw afgeleid op basis van de huidige kennis van keringen voor enkele fictieve scenario's.

Daarnaast is gekeken naar de (onzekerheid in) de beschikbare tijd vanaf een hoogwatervoorspelling of inspectie tot aan een doorbraak voor twee fictieve cases, een in het kustgebied en een in het bovenrivierengebied.

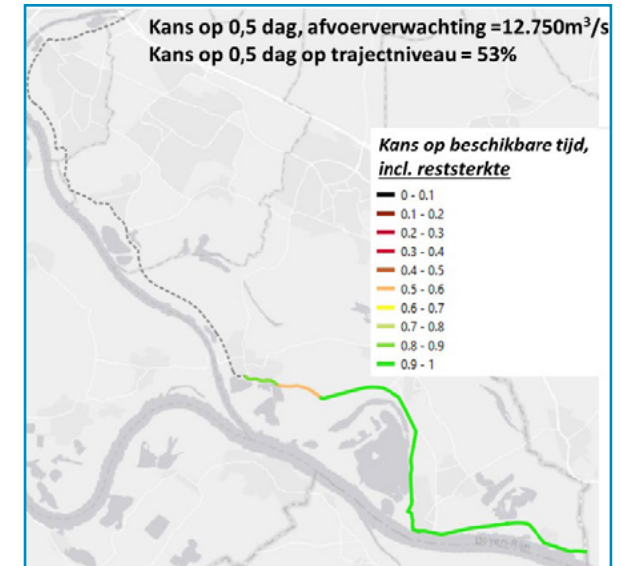
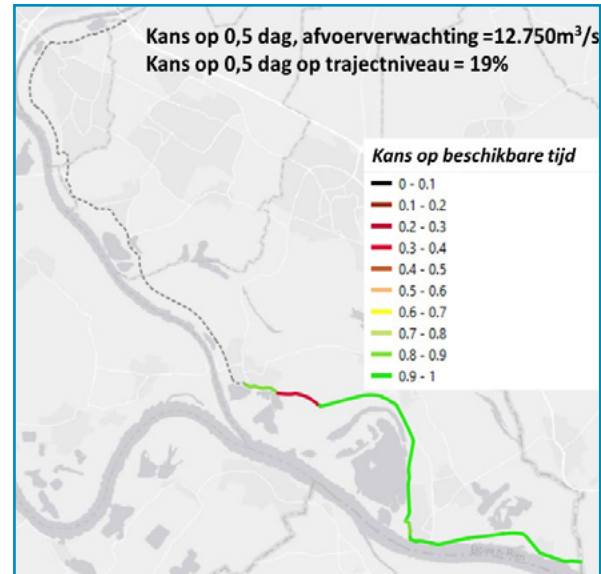
De beschikbare tijd tot een dijkdoorbraak wordt bepaald op basis van een actuele waterstand, het verwachte waterstandsverloop en de sterkte van de waterkering.

Er zijn schattingen opgesteld voor de beschikbare tijd vanaf het optreden van code rood tot aan een dijkdoorbraak. Hierbij is voortgebouwd op de methode uit 2005 met het gebruik van expertschattingen voor reststerkte. In de nieuwe methode is gebruik gemaakt van recente inzichten in de sterkte van waterkeringen

Inhoudsopgave

Onderzoeksprojecten

- 1 Quick reaction force
- 2 Kennisalliantie slachtoffers en evacuaties bij overstromingen
- 3 Brandslangmethode voor het testen van dijkbekledingen
- 4 Beheer- en noodmaatregelen bij dreigende overstromingen
- 5 Handreiking voor trillingen van windturbines op waterkeringen
- 6 Bouwstenen voor een BOS voor beheer en onderhoud van svk's
- 7 Invloed waterdiepte op golfoverslag
- 8 Scenario's overstromingen
- 9 Graverij door dieren
- 10 Damwanden
- 11 Kunstwerken
- 12 Beoordeling open steen asfalt
- 13 Optimalisatie kribben
- 14 Morfologie en scheepvaart



Trajectoverzicht locatie Bovenrijn, spietsingspunt fictieve case kansen op 0,5 dag, gegeven 12.750 m³/s, initieel falen zonder en met reststerkte.

Links: Kans op vakniveau en de trajectkans zonder zwakke vakken, Rechts: Het beeld zonder zwakke vakken inclusief reststerkte. Uit Knops, Rongen en Kolen (2022).

Op basis van de toepassing in de twee fictieve cases is geconcludeerd dat de methode toepasbaar is op ieder dijkvak in Nederland, voorwaarde is wel dat je fragility curves afleidt op basis van de lokale situatie en deze kennis in deze kennis ten grondslag ligt aan het expertoordeel. de relevantie voor kustoverstromingen is minder dan voor rivieroverstromingen: immers langs de kust is de waterstandsverwachting doorslaggevend voor de beschikbare tijd. Omdat in de methode een verwachting van de afvoer (of waterstand) toegepast kan worden, is de methode ook bruikbaar in crisissituaties. Zo kan aan de hand van de verwachting per locatie een inschatting gemaakt worden van de kans dat er meer dan een halve dag, of dag beschikbare tijd is tot aan dijkdoorbraak.

In 2022 richten we ons vooral op de analyse van het hoogwater in Limburg, België en Duitsland (juli 2021). Er worden zo veel mogelijk datapunten verzameld die indicatief zijn voor het al dan niet voorkomen van slachtoffers. Hierbij valt te denken aan gegevens over stroom- en stijgsnelheden, waterstanden, de instorting van gebouwen en de aanwezigheid en het gedrag van mensen. We kijken hierbij naar de plekken die overstroomd zijn en de omstandigheden waarin slachtoffers zijn gevallen, maar ook waar wel overstromingen hebben plaatsgevonden maar geen slachtoffers zijn gevallen. Het doel is om hiermee beter inzicht te krijgen in welke omstandigheden bepalend waren voor het wel of niet van dodelijke slachtoffers, en hoe dit zich verhoudt tot uitgangspunten en functies die nu gebruikt worden in bijvoorbeeld SSM2017.

Inhoudsopgave

Onderzoeksprojecten

- 1 Quick reaction force
- 2 Kennisalliantie slachtoffers en evacuaties bij overstromingen
- 3 Brandslangmethode voor het testen van dijkbekledingen
- 4 Beheer- en noodmaatregelen bij dreigende overstromingen
- 5 Handreiking voor trillingen van windturbines op waterkeringen
- 6 Bouwstenen voor een BOS voor beheer en onderhoud van svk's
- 7 Invloed waterdiepte op golfoverslag
- 8 Scenario's overstromingen
- 9 Graverij door dieren
- 10 Damwanden
- 11 Kunstwerken
- 12 Beoordeling open steen asfalt
- 13 Optimalisatie kribben
- 14 Morfologie en scheepvaart

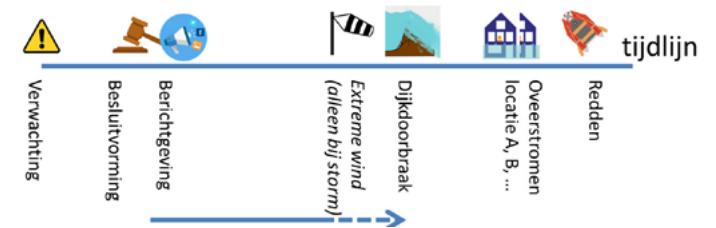


Daarnaast wordt de effectiviteit van de evacuatie en evacuatiegedrag tijdens het hoogwater van afgelopen zomer in Nederland beschouwd aan de hand van tijdlijnen voor verschillende individuen. De focus ligt hierbij op de informatie en wanneer ze die gekregen hebben, en de handelingen die ze vervolgens hebben verricht.

Op basis van het onderzoek worden aanbevelingen opgesteld om de kennis die is opgedaan rond slachtoffers en evacuatie te verbeteren en te laten landen in beleid en tools en welke kennisvragen nog beantwoord moeten worden.

Meerwaarde voor Rijkswaterstaat

Voor de te hanteren evacuatiestrategie (blijven, weggaan of mix daarvan) is de beschikbare tijd waarin nog een veilige locatie kan worden bereikt cruciaal, net als de onzekerheid daarbij. Wanneer van een te positieve schatting uitgegaan wordt, kunnen gebieden overstromen terwijl er nog inwoners aan het evacueren zijn wat het risico op slachtoffers vergroot. In 2021 zijn daartoe door experts inschattingen gemaakt van de beschikbare tijd als gevolg van reststerkte (per faalmechanisme), zijnde de tijd tussen beginnend falen en een bres. Tevens is onderzoek gedaan naar de aankomsttijd van het water na een dijkdoorbraak als 'bonus'-tijd voor evacuatie. In sommige gebieden in Nederland is 'flood arrival time' aanzienlijk waardoor de risico's in die gebieden lager zijn dan tot nog toe ingeschat.



Overstromingen komen in Nederland gelukkig nauwelijks voor en events in het buitenland zijn meestal niet goed vergelijkbaar met de situatie in Nederland. Als er zich dan een overstroming(sdreiging) voordoet in Nederland zoals afgelopen zomer, is het van groot belang daar zo veel mogelijk lessen uit te trekken m.b.t. slachtofferfuncties en evacuatie(gedrag). Daarop richt de kennisalliantie zich in 2022.

Referenties:

De Bruijn en Maas (2022), Het meenemen van aankomsttijden in de analyse van slachtofferfuncties, rapport 11206793-008. Deltares.
Knops, Rongen en Kolen (2022), Schattingen voor de beschikbare tijd tot een dijkdoorbraak, rapport PR3591.50, HKV Lijn in Water

Onderzoeksprojecten

- 1 Quick reaction force
- 2 Kennisalliantie slachtoffers en evacuaties bij overstromingen
- 3 **Brandslangmethode voor het testen van dijkbekledingen**
- 4 Beheer- en noodmaatregelen bij dreigende overstromingen
- 5 Handreiking voor trillingen van windturbines op waterkeringen
- 6 Bouwstenen voor een BOS voor beheer en onderhoud van svk's
- 7 Invloed waterdiepte op golfoverslag
- 8 Scenario's overstromingen
- 9 Graverij door dieren
- 10 Damwanden
- 11 Kunstwerken
- 12 Beoordeling open steen asfalt
- 13 Optimalisatie kribben
- 14 Morfologie en scheepvaart

3. Brandslangmethode voor het testen van dijkbekledingen

Gras en klei zijn veelgebruikte materialen om de kern van een dijk te beschermen tegen hydraulische belasting. De erosieve eigenschappen van beide materialen zijn echter moeilijk te bepalen en hiervoor is veel data nodig. Vaak worden grootschalige onderzoeksmethoden ingezet, zoals de Deltagoot en verschillende in-situ simulatoren zoals de overslagsimulator en de oploopsimulator. Hoewel deze methoden een natuurgetrouwe belasting simuleren zijn dit logistiek gezien complexe, en omvangrijke en relatief dure onderzoeken. De brandslangmethode is een potentieel alternatief; het is een laagdrempelige aanpak waarmee twee personen in een paar uur veel gegevens kunnen verzamelen. Bij deze methode wordt het talud blootgesteld aan een waterstraal met een gestandaardiseerde belasting. De respons van de grasbekleding wordt gedurende de proef gemonitord.

Begin 2021 zijn drie oriënterende proeven uitgevoerd op een graszode afkomstig van de Waddenzeedijk. Deze proeven hebben inzicht gegeven in de schade-ontwikkeling van een graszode als gevolg van het belasten met de brandslangmethode. Daarna zijn in september 2021 acht aanvullende in-situ proeven uitgevoerd op het binnentalud van de Waddenzeedijk in Friesland. De proeven op gras en klei zijn uitgevoerd om het effect van verschillende instellingen (met name de spuithoek en de stroomsnelheid) beter in beeld te krijgen. Vijf van de proeven waren herhalingsproeven. De resultaten van de herhalingsproeven laten een fors verschil zien in schadediepte, -lengte en -breedte door de heterogeniteit van gras op klei. Deze heterogeniteit

is groot vanwege de schaal van de experimenten die in de orde van decimeters ligt, waardoor deze methode gevoeliger is voor kale plekken van dezelfde orde grootte. De brandslangmethode lijkt, in samenhang met andere onderzoeksmethoden voor kalibratie, geschikt om proeven uit te voeren op gras en klei. Uit de proeven bleek dat het mogelijk was om de erosie goed te monitoren en veel bruikbare informatie te verzamelen.



Inhoudsopgave

Onderzoeksprojecten

- 1 Quick reaction force
- 2 Kennisalliantie slachtoffers en evacuaties bij overstromingen
- 3 **Brandslangmethode voor het testen van dijkbekledingen**
- 4 Beheer- en noodmaatregelen bij dreigende overstromingen
- 5 Handreiking voor trillingen van windturbines op waterkeringen
- 6 Bouwstenen voor een BOS voor beheer en onderhoud van svk's
- 7 Invloed waterdiepte op golfoverslag
- 8 Scenario's overstromingen
- 9 Graverij door dieren
- 10 Damwanden
- 11 Kunstwerken
- 12 Beoordeling open steen asfalt
- 13 Optimalisatie kribben
- 14 Morfologie en scheepvaart



De ingewonnen data kan gebruikt worden om meer inzicht te verkrijgen in de werking van het systeem, namelijk de respons (op grond van erosieve eigenschappen) van een graszode op verschillende belastingen die worden aangebracht door de spuitmond. Deze data kan ook worden gebruikt om de brandslangmethode verder te ontwikkelen. Er dient nog een framework opgesteld te worden waarmee de resultaten verder kunnen worden geanalyseerd. Dit framework dient zowel een fysische als een statistische component te hebben.

- 1 Quick reaction force
- 2 Kennisalliantie slachtoffers en evacuaties bij overstromingen
- 3 Brandslangmethode voor het testen van dijkbekledingen
- 4 **Beheer- en noodmaatregelen bij dreigende overstromingen**
- 5 Handreiking voor trillingen van windturbines op waterkeringen
- 6 Bouwstenen voor een BOS voor beheer en onderhoud van svk's
- 7 Invloed waterdiepte op golfoverslag
- 8 Scenario's overstromingen
- 9 Graverij door dieren
- 10 Damwanden
- 11 Kunstwerken
- 12 Beoordeling open steen asfalt
- 13 Optimalisatie kribben
- 14 Morfologie en scheepvaart

4. Beheer- en noodmaatregelen bij dreigende overstromingen

Dit project richt zich op laag 3 van de meerlaagse veiligheidsbenadering, de calamiteitenzorg. Bij een dreigende overstroming is het van groot belang snel de juiste maatregelen te nemen en deze maatregelen correct uit te voeren, zodat de overstroming kan worden voorkomen of tenminste de gevolgen ervan geminimaliseerd. Hiervoor is veel kennis en ervaring nodig.

Wiki Noodmaatregelen

Op verzoek van Rijkswaterstaat en STOWA heeft Deltares de website Wiki Noodmaatregelen opgezet. Deze Wiki geeft een overzicht van stabiliteitsverhogende noodmaatregelen, die bij een (dreigende) overstroming op waterkeringen kunnen worden toegepast. Daarnaast wordt ook aan een kennismanagementsysteem gewerkt, waarbij de in Nederland en in het buitenland ontwikkelde en beschikbare kennis, ervaring en tools op het gebied van noodmaatregelen ontsloten en aan iedereen beschikbaar gesteld worden. Het gaat hierbij om een proces dat start met de waarneming van schadebeelden, dan vaststelt wat de bijbehorende faalmechanismen zijn, en uitmondt in het kiezen, dimensioneren en uitvoeren van geschikte noodmaatregelen.

Community of Practice Wiki Noodmaatregelen

De CoP Wiki Noodmaatregelen bestaat uit waterkeringsbeheerders van Rijkswaterstaat en waterschappen, deskundigen van het Ministerie van Defensie en uit verschillende netwerken. De CoP signaleert kansen voor professionalisering, initieert activiteiten en onderhoudt contacten met diverse gremia en professionals. Op deze wijze leren partijen van elkaar, definiëren zij gemeenschappelijke onderzoeksdoelen, wordt kennis ontwikkeld en samengewerkt aan nieuwe producten.

In dit project zijn het afgelopen jaar verschillende oefeningen en werkinstructies ontwikkeld, waarbij ook met Coronamaatregelen rekening is gehouden. Zo is de samenwerking op het gebied van crisisbeheersing van waterkeringen verder uitgebouwd. Het afgelopen jaar is hard gewerkt aan het ontwikkelen van werkinstructies voor het gebruik van steunbermen, big bags en zogenaamde bekrappingen. Ook is onderzoek gedaan naar de treksterkte van verschillende soorten krammen en naar de invloed van verschillende soorten doeken en geotextielen op de graskwaliteit en de erosiebestendigheid bij overloop. In 2021 is in Maagdenburg een Duits-Nederlandse workshop georganiseerd om kennis uit beide landen rondom hoogwatervoorspelling en ervaringen met het nemen van noodmaatregelen te delen, waarbij o.a. ook de hoogwatergebeurtenissen in de zomer van 2021 aandacht kregen.

Inhoudsopgave

Onderzoeksprojecten

- 1 Quick reaction force
- 2 Kennisalliantie slachtoffers en evacuaties bij overstromingen
- 3 Brandslangmethode voor het testen van dijkbekledingen
- 4 **Beheer- en noodmaatregelen bij dreigende overstromingen**
- 5 Handreiking voor trillingen van windturbines op waterkeringen
- 6 Bouwstenen voor een BOS voor beheer en onderhoud van svk's
- 7 Invloed waterdiepte op golfoverslag
- 8 Scenario's overstromingen
- 9 Graverij door dieren
- 10 Damwanden
- 11 Kunstwerken
- 12 Beoordeling open steen asfalt
- 13 Optimalisatie kribben
- 14 Morfologie en scheepvaart



Diverse typen bevestigingen op een dijkwalud

In 2022 wordt het aandachtsveld uitgebreid met de kustwaterschappen en hun behoeften, en wordt de community verbreed en geïntensiveerd met deskundigen uit het aandachtsveld waterkerende kunstwerken. Ook zal dit jaar worden ingezet op het ontwikkelen van een handreiking en werkinstructie voor de correcte inzet van big bags. Bovendien wordt binnen de CoP meer aandacht besteed aan het aspect “veilig werken”, zal de werkgroep Wiki Noodmaatregelen als klankborggroep meedenken bij het ontwikkelen van een Nederlands Technische Afspraak voor tijdelijke / mobiele waterkeringen en zullen weer kleine oefeningen voor het Crisis Expert Team Waterkeringen (CTW) worden georganiseerd.

Relatie CoP Wiki Noodmaatregelen met SCW

De CoP Wiki Noodmaatregelen is onderdeel van de Samenwerking Crisisexpertise Waterkeringen (SCW). Binnen de SCW werken alle crisispartners in Nederland samen aan de benodigde crisisexpertise, in het bijzonder met het Crisis Team Waterkeringen (CTW). Het CTW is een flexibel inzetbaar team van Rijkswaterstaat, de waterschappen en Deltares dat landelijk (en eventueel internationaal) alle waterbeheerders desgewenst kan bijstaan bij een dreiging van overstromingen en op verzoek beschikbaar is om (in situ) te adviseren op het gebied van het dreigend falen van waterkeringen en het correct inzetten van noodmaatregelen.

Voor de CoP Wiki Noodmaatregelen zal in 2022 in Nederland een vervolgworkshop met Duitse partners worden georganiseerd om de kennisuitwisseling te versterken. Ook zogenaamde “lessons learned” van hoogwatergebeurtenissen 2021 in Nederland, België en Duitsland en ervaringen bij het Europese onderzoeksproject Polder 2C's in het Living Lab Hedwige- en Prosperpolder worden bij de Wiki Noodmaatregelen ingebracht. Daardoor kan de opgedane ervaring beter en breder worden ontsloten. Dit is voor alle waterkeringbeheerders van belang.

Onderzoeksprojecten

- 1 Quick reaction force
- 2 Kennisalliantie slachtoffers en evacuaties bij overstromingen
- 3 Brandslangmethode voor het testen van dijkbekledingen
- 4 Beheer- en noodmaatregelen bij dreigende overstromingen
- 5 **Handreiking voor trillingen van windturbines op waterkeringen**
- 6 Bouwstenen voor een BOS voor beheer en onderhoud van svk's
- 7 Invloed waterdiepte op golfoverslag
- 8 Scenario's overstromingen
- 9 Graverij door dieren
- 10 Damwanden
- 11 Kunstwerken
- 12 Beoordeling open steen asfalt
- 13 Optimalisatie kribben
- 14 Morfologie en scheepvaart

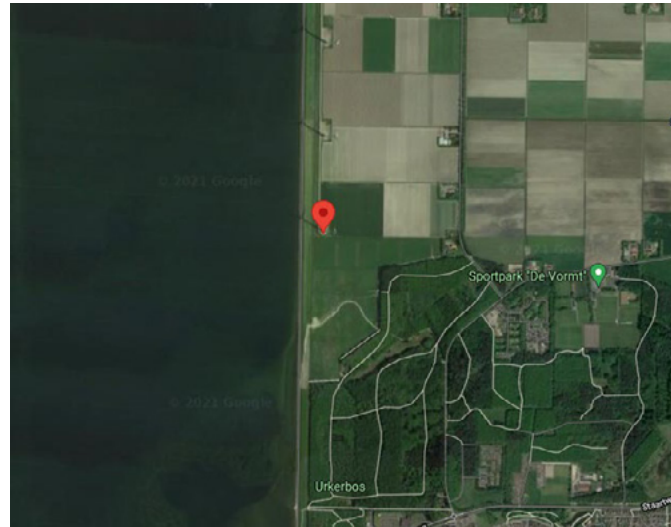
5. Handreiking voor trillingen van windturbines op waterkeringen

Een draaiende windturbine genereert trillingen in de bodem. Als de windturbine op een waterkering staat, kan dat nadelige effecten hebben op de stabiliteit van de waterkering. Er is daarom eerder in dit project een handreiking ontwikkeld, die een beheerder van een waterkering ondersteunt bij de beoordeling van de toelaatbaarheid van een windturbine op een waterkering.

Om de handreiking betrouwbaarder te maken en verder te verbeteren is in 2021 een meting uitgevoerd bij een 7.5 MW windturbine in het windpark 'NOP Agrowind' nabij de Westmeerdijk in de Noordoostpolder. De trillingen worden gemeten op het funderingsblok, aan het maaiveld en in de zandlaag nabij de funderingspalen. De metingen zijn door overmacht minder voorspoedig verlopen. Dit heeft geleid tot een complexere interpretatie, terwijl niet alle doelen konden worden bereikt. In 2022 zal het resultaat in samenspraak met de praktijk in de handreiking worden verwerkt.

Meerwaarde voor Rijkswaterstaat

De resultaten van de analyses zijn primair bedoeld als invoer voor de opgestelde handreiking voor de beoordeling van de trillingen door windturbines op waterkeringen. Het resultaat van deze meting is ook interessant voor de uitvoering en beoordeling van controle metingen bij nieuwe windturbines. Er is waardevolle informatie gevonden voor de reductie van de bodemtrillingen bij het parkeren van de windturbine.



Daarnaast is de onzekerheid over het werkelijke trillingsniveau in de bodem een belangrijke factor in de onzekerheid over de toelaatbaarheid van windturbines op dijken. Deze trillingsmeting is door het uitvallen van opnemers lastig te interpreteren, maar geeft daarbij wel aan dat de interpretatie van gemeten bodemtrillingen nader moet worden beoordeeld.

Locatie windturbine 26 Windmolenpark Westermeerdijk Urk

- 1 Quick reaction force
- 2 Kennisalliantie slachtoffers en evacuaties bij overstromingen
- 3 Brandslangmethode voor het testen van dijkbekledingen
- 4 Beheer- en noodmaatregelen bij dreigende overstromingen
- 5 Handreiking voor trillingen van windturbines op waterkeringen
- 6 **Bouwstenen voor een BOS voor beheer en onderhoud van svk's**
- 7 Invloed waterdiepte op golfoverslag
- 8 Scenario's overstromingen
- 9 Graverij door dieren
- 10 Damwanden
- 11 Kunstwerken
- 12 Beoordeling open steen asfalt
- 13 Optimalisatie kribben
- 14 Morfologie en scheepvaart

6. **Bouwstenen voor een beslisondersteunend systeem voor beheer en onderhoud van stormvloedkeringen**

Periodiek onderhoud aan stormvloedkeringen is nodig om hun functionaliteit in stand te houden. Traditioneel gezien voert de beheerder van de keringen, Rijkswaterstaat, onderhoud uit tijdens relatief kalme condities, om het risico op niet sluiten tijdens het stormseizoen zo klein mogelijk te houden. Door zeespiegelstijging zullen de stormvloedkeringen vaker moeten sluiten, en deze sluitingen zullen tijdens een langere periode plaats gaan vinden. Effectief gezien wordt het regulier onderhoudsseizoen korter. Gecombineerd met de veroudering van de kunstwerken wordt het voor Rijkswaterstaat relevant om te weten wat de mogelijkheden zijn om onderhoud gedurende het stormseizoen uit te voeren. Hiervoor is een degelijke inschatting van de risico's noodzakelijk. Die inschatting kan vervolgens door middel van een beslisondersteunend systeem gebruikt worden om een besluit te nemen of bepaalde onderhoudswerkzaamheden doorgang kunnen vinden, gegeven de voorspelde condities.

In het Plan van Aanpak Beslissysteem Spoor 2 Stormseizoen Jaarrond zijn een aantal elementen genoemd die in ieder geval meegewogen moeten worden bij het nemen van een beslissing. Het belangrijkste uitgangspunt dat is genoemd is dat te allen tijde de situatie overzien wordt, ook in relatie tot de in de Waterwet vastgestelde waterveiligheidseisen, en de risico's beheersbaar blijven.

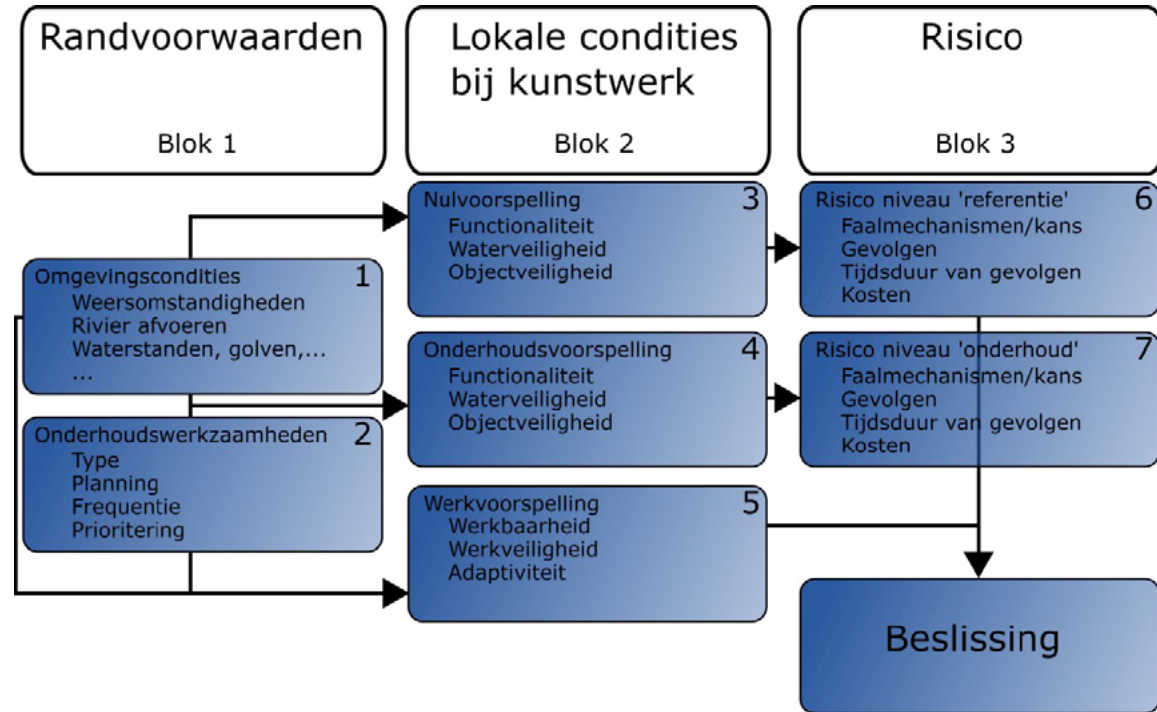
Een eerste beschrijving door Rijkswaterstaat (Vos en Saman, 2021) hoe een dergelijk systeem eruit zou kunnen zien en welke aspecten allemaal meegewogen moeten worden is door Deltares verder uitgewerkt. Het doel daarvan is enerzijds de discussie rond nut en noodzaak van een beslisondersteunend systeem te ondersteunen en anderzijds een duidelijk overzicht te geven van het beoogde beslisondersteunend systeem en de bijbehorende bouwstenen te definiëren. Dit is samengevat in bijgevoegde figuur waarin simpelweg de omgevingscondities in combinatie met de uit te voeren werkzaamheden (blok 1) worden vertaald naar lokale condities bij het kunstwerk (blok 2), waarmee de risico's van het onderhoud (blok 3) gewogen kunnen worden. Op basis hiervan kan dan een beslissing omtrent het onderhoud gemaakt worden. In de basis is dit toepasbaar voor alle stormvloedkeringen; per kering zijn natuurlijk de specifieke omstandigheden van groot belang.

Inhoudsopgave

Onderzoeksprojecten

- 1 Quick reaction force
- 2 Kennisalliantie slachtoffers en evacuaties bij overstromingen
- 3 Brandslangmethode voor het testen van dijkbekledingen
- 4 Beheer- en noodmaatregelen bij dreigende overstromingen
- 5 Handreiking voor trillingen van windturbines op waterkeringen
- 6 **Bouwstenen voor een BOS voor beheer en onderhoud van svk's**
- 7 Invloed waterdiepte op golfverslag
- 8 Scenario's overstromingen
- 9 Graverij door dieren
- 10 Damwanden
- 11 Kunstwerken
- 12 Beoordeling open steen asfalt
- 13 Optimalisatie kribben
- 14 Morfologie en scheepvaart

In 2022 zullen we diverse onderdelen in meer detail uitwerken.



Inhoudsopgave

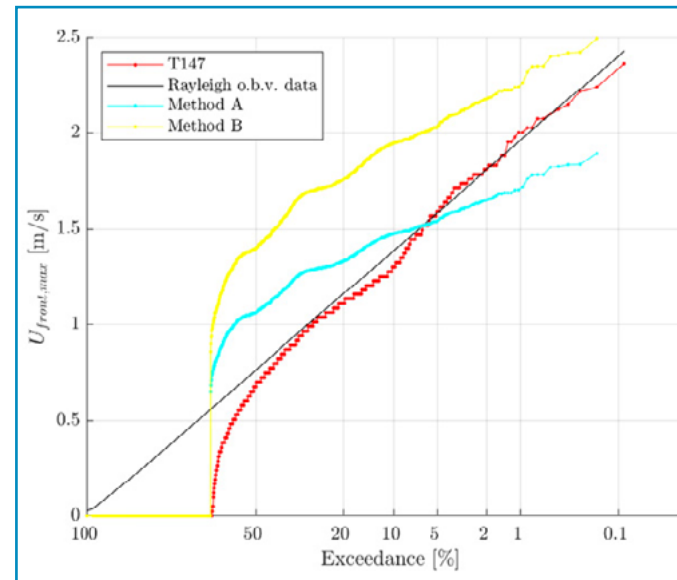
Onderzoeksprojecten

- 1 Quick reaction force
- 2 Kennisalliantie slachtoffers en evacuaties bij overstromingen
- 3 Brandslangmethode voor het testen van dijkbekledingen
- 4 Beheer- en noodmaatregelen bij dreigende overstromingen
- 5 Handreiking voor trillingen van windturbines op waterkeringen
- 6 Bouwstenen voor een BOS voor beheer en onderhoud van svk's
- 7 Invloed waterdiepte op golfverslag
- 8 Scenario's overstromingen
- 9 Graverij door dieren
- 10 Damwanden
- 11 Kunstwerken
- 12 Beoordeling open steen asfalt
- 13 Optimalisatie kribben
- 14 Morfologie en scheepvaart

7. Invloed waterdiepte op golfverslag

In Nederland is een groot deel van de dijken tenminste deels bekleed met een grasbekleding waaraan sterkte wordt ontleend die van belang is bij golfbelasting. De kans op falen van de grasbekleding onder golfbelasting moet zo goed mogelijk ingeschat kunnen worden. Indien deze kans niet goed wordt ingeschat kan dit leiden tot óf een (onbewuste) situatie waarbij de daadwerkelijke faalkans groter is dan de volgens de wettelijke normen gehanteerde faalkans óf tot een inefficiënt dijkontwerp, ofwel onnodige versterking van een dijk.

Voorgaand KPP-VOW onderzoek heeft laten zien dat de waterdiepte voor een dijk significante invloed kan hebben op het overslagdebiet en dus ook de benodigde kruinhoogte. Deze invloed is tot nu toe gekoppeld aan bestaande modelbeschrijvingen in termen van de golfploophoogte tegen dijken, en meer recent ook in termen van het gemiddelde golfverslagdebiet. In de toekomst zal voor de faalkansbepaling in Nederland worden overgestapt naar de zogenoemde cumulatieve overbelastingmethode (COBM). De invloed van waterdiepte op het falen van grasbekledingen door golfverslag zal daarom vertaald moeten worden naar deze nieuwe methode. Uit de gevoeligheidsanalyse en relevantiestudie van afgelopen jaar is gebleken dat waterdiepte ook significante invloed kan hebben op de resultaten van de COBM. Dit jaar zal door middel van fysieke en numerieke experimenten de invloed van waterdiepte in het licht van de COBM nader worden gekwantificeerd.



Dit onderzoek wordt integraal met twee andere Rijkswaterstaat deelprojecten opgepakt die binnen hetzelfde kader van de Cumulatieve Overbelastingmethode vallen. Deze deelprojecten zijn het deelproject KPP-VOW Parameters Stroomsnelheden Dijktaalud en het Kennis-voor-Keringen-deelproject Stroomsnelheden Grasbekleding.

Verskil tussen een meting in een golfgoot (rode lijn) en theorie voor relatief diep water, $H_{mo}/d < 0,3$

- 1 Quick reaction force
- 2 Kennisalliantie slachtoffers en evacuaties bij overstromingen
- 3 Brandslangmethode voor het testen van dijkbekledingen
- 4 Beheer- en noodmaatregelen bij dreigende overstromingen
- 5 Handreiking voor trillingen van windturbines op waterkeringen
- 6 Bouwstenen voor een BOS voor beheer en onderhoud van svk's
- 7 Invloed waterdiepte op golfoverslag
- 8 Scenario's overstromingen
- 9 Graverij door dieren
- 10 Damwanden
- 11 Kunstwerken
- 12 Beoordeling open steen asfalt
- 13 Optimalisatie kribben
- 14 Morfologie en scheepvaart

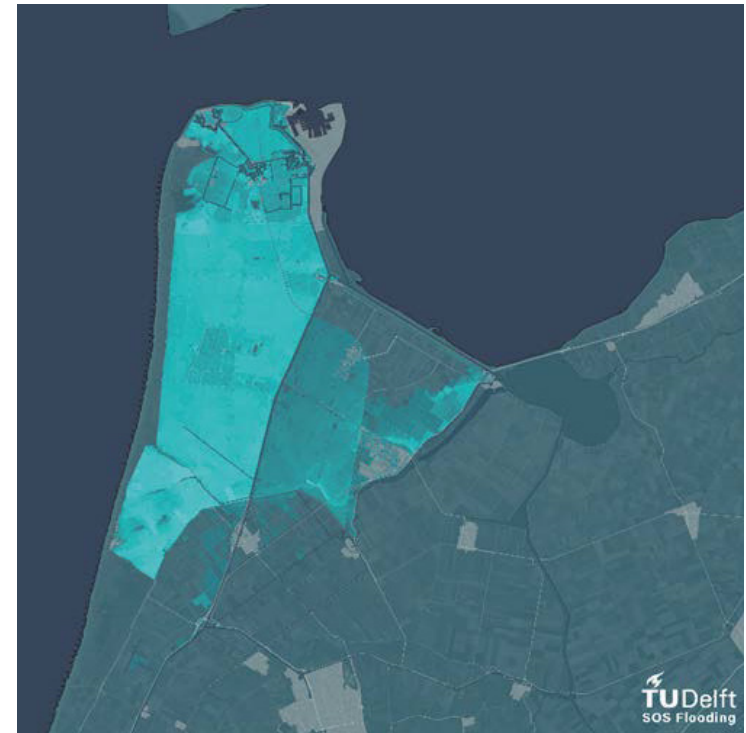
8. Scenario's overstromingen

Bij hoogwatersituaties horen duivelse dilemma's, en daarvoor zijn adviezen nodig. Op 2 november '21 is een werksessie geweest rond zulke dilemma's. Belangrijke uitkomsten waren dat ze zwaar wegen op de schouders van adviseurs, en dat het helpt om vooraf zulke omvangrijke en impactvolle besluiten te hebben voorbereid, afgewogen en doorleefd. Andere belangrijke leerpunten van die sessie waren:

- Zorg dat een breed veld van experts betrokken is en elkaar kent bij (de voorbereiding van) dergelijke grote besluiten.
- Denk buiten de bestaande kaders: niet alleen wat we verwachten maar wat we kunnen bedenken in het licht van klimaatverandering, respons van het watersysteem en mogelijke respons van professionals.
- Zorg voor flexibiliteit in systemen.
- Breng de grote lijnen en impactvolle mogelijke maatregelen vooraf in beeld, zodat in een warme fase de mogelijkheden en maatregelen in een afweegkader met aandacht voor de timing van besluiten en pad-afhankelijkheden of routekaarten beschikbaar zijn.

Een deel van die conclusies werd ook in de context van de overstromingen in Limburg, Duitsland en België geplaatst. Ook daar speelden weerfenomenen en lagen moeilijke dilemma's voor die in de koude fase niet altijd voorzien en voorbereid waren met als gevolg een enorme verantwoordelijkheid bij bestuurders en adviseurs in de warme fase. Denk aan evacuatiebeslissingen maar ook aan de afweging over het opblazen van de stuw van Monsin. Daar kunnen we lessen uit trekken om de aanpak voor de toekomst beter te maken. Dat moeten we ook doen in het licht van de grote dynamiek in ons fysische systeem als gevolg van klimaatverandering. Samengevat: er kan veel op ons af komen, ook dingen die we nu nog niet voorzien, waar we ons wel op moeten zien voor te bereiden.

In het Verenigd Koninkrijk geldt het mantra voor de overheidsrespons bij dreigende overstromingen: Think Big, Act Early, Be Visible. Dit mantra gaat ons ook in Nederland verder brengen. Daarom willen we in 2022 hierop verder voortborduren.



Inhoudsopgave

Onderzoeksprojecten

- 1 Quick reaction force
- 2 Kennisalliantie slachtoffers en evacuaties bij overstromingen
- 3 Brandslangmethode voor het testen van dijkbekledingen
- 4 Beheer- en noodmaatregelen bij dreigende overstromingen
- 5 Handreiking voor trillingen van windturbines op waterkeringen
- 6 Bouwstenen voor een BOS voor beheer en onderhoud van svk's
- 7 Invloed waterdiepte op golfoverslag
- 8 Scenario's overstromingen
- 9 Graverij door dieren
- 10 Damwanden
- 11 Kunstwerken
- 12 Beoordeling open steen asfalt
- 13 Optimalisatie kribben
- 14 Morfologie en scheepvaart

Think Big: Wat kan er allemaal op ons afkomen vanuit veranderingen in het watersysteem. Denk daarbij ook aan het effect van het nog onderhoud zijn van onze waterwerken in de zomer. Het gaat hier om het samenstellen van een breed palet mogelijke overstromingsgebeurtenissen en verhaallijnen om op grond daarvan te bedenken waar Nederland mee geconfronteerd kan worden en waar we ons op kunnen voorbereiden.

Act Early: Nu we een breed beeld hebben van wat er op ons af kan komen, kunnen we nadenken over reële, soms grote handelingsperspectieven die er zijn. Deze stap beoogt overzichtelijk te maken welk handelingsperspectieven er zijn, en welke criteria, tijdstermijnen en onzekerheden bepalend zijn voor beslissingen. Hoe gaan we om met onzekerheid, en wat is de prijs en het effect van het uitstellen van een besluit

Be Visible: We hebben een beeld van wat op ons af kan komen, en we weten hoe we dan kunnen reageren. Dit biedt adviseurs de kans bestuurders goed te informeren en met collega's binnen en buiten de eigen organisatie eenduidige adviezen te formuleren. Ze kunnen in gezamenlijkheid duidelijke adviezen opstellen zodat bestuurders gedragen besluiten kunnen nemen. Dit werkt vertrouwen en een passende reactie van burgers in de hand.

De uitkomsten leggen we samen met de lessen van voorgaande jaren vast in een visiedocument dat schetst wat crisismanagement in 2030 kan inhouden. Een visie waarin we als Nederland beter voorbereid zijn op voorziene maar soms onverwachte watergerelateerde risico's en in staat sneller, meer gedragen en met een betere voorbereiding te adviseren en reageren. Zo wordt de Nederlandse reactie bij een (dreigende) watercrisis voorspelbaar, betrouwbaar en zichtbaar.

Onderzoeksprojecten

- 1 Quick reaction force
- 2 Kennisalliantie slachtoffers en evacuaties bij overstromingen
- 3 Brandslangmethode voor het testen van dijkbekledingen
- 4 Beheer- en noodmaatregelen bij dreigende overstromingen
- 5 Handreiking voor trillingen van windturbines op waterkeringen
- 6 Bouwstenen voor een BOS voor beheer en onderhoud van svk's
- 7 Invloed waterdiepte op golfoverslag
- 8 Scenario's overstromingen
- 9 Graverij door dieren
- 10 Damwanden
- 11 Kunstwerken
- 12 Beoordeling open steen asfalt
- 13 Optimalisatie kribben
- 14 Morfologie en scheepvaart

9. Graverij door dieren

In 2021 is de stand van kennis vastgelegd van dierlijke graverijen in dijken. Het onderzoek heeft plaatsgevonden door middel van een literatuuronderzoek, het houden van een schriftelijke enquête onder waterkeringbeheerders, veldbezoeken en gesprekken met beheerders.

Uit dit onderzoek volgt dat de risico's van dierlijke graverijen moeilijk eenduidig te kwantificeren zijn. Dit komt doordat er te veel variabelen zijn. Variabelen die een rol spelen zijn onder andere; soort dijk (zand, klei), staat er permanent water tegen de dijk of niet, soort dier, locatie graverij, faalmechanisme waar elk type graverij invloed op heeft.

Uit observaties en inspecties volgt dat de kans dat een dier en graverij in een kering aanwezig is tijdens hoogwater zeer groot is. Tevens is uit diverse cases en overloop- en overslagproeven gebleken dat als er een dierlijke graverij in een kering aanwezig is, de kans op falen beduidend groter is dan bij een vergelijkbare kering zonder graverijen.

Verder is in 2021 een verkenning uitgevoerd naar scheuren en andere holten in dijken die niet primair door dieren worden veroorzaakt.

Om op bovenstaande zaken meer grip te krijgen zal in 2022:

De enquête zal aangevuld worden met diepte-interviews van beheerders, waar mogelijk in combinatie met concrete voorvallen van dierlijke graverijen die ingemeten en gekarakteriseerd kunnen worden voordat de dijk wordt hersteld. Hierbij zal ook opvolging worden gegeven aan het onderzoek naar scheuren en andere holten. De verzameling van cases die hiermee kan worden opgebouwd zal verder helpen om inspectie-, monitoring- en herstelmethoden te verbeteren, maar ook om waar nodig, mogelijk en gewenst de ontwerp- en beoordelingscriteria aan te passen.

Op basis van de verzamelde informatie worden vastgesteld hoe er verder met dierlijke graverijen in waterkeringen moet worden omgegaan. Deze vaststelling dient te worden uitgevoerd met de verschillende stakeholders (HWBP, DGWB, RWS en de waterschappen).



De onder een uitgegraven moot aanwezige mollengaten

Onderzoeksprojecten

- 1 Quick reaction force
- 2 Kennisalliantie slachtoffers en evacuaties bij overstromingen
- 3 Brandslangmethode voor het testen van dijkbekledingen
- 4 Beheer- en noodmaatregelen bij dreigende overstromingen
- 5 Handreiking voor trillingen van windturbines op waterkeringen
- 6 Bouwstenen voor een BOS voor beheer en onderhoud van svk's
- 7 Invloed waterdiepte op golfoverslag
- 8 Scenario's overstromingen
- 9 Graverij door dieren
- 10 **Damwanden**
- 11 Kunstwerken
- 12 Beoordeling open steen asfalt
- 13 Optimalisatie kribben
- 14 Morfologie en scheepvaart

10. Damwanden

Wat kunnen we al laten zien

In 2021 is een nieuwe verfijndere beoordelingsmethode van bestaande damwanden in regionale waterkeringen opgesteld, zoals beschreven in artikel 5.2.15 van het 'Voorschrift toetsen op veiligheid niet-primaire waterkeringen in rijksbeheer', waarin ook de laatste inzichten op corrosiegebied zijn verwerkt.

In het kader van standaardisering van metingen is, op basis van het CROW-protocol voor diktemetingen, een vereenvoudigd protocol opgesteld voor het meten van de initiële dikten en beschreven op welke wijze diktemetingen op aan het einde van de levensduur vrijkomende damwanden kunnen worden verricht. Daarnaast is voor het RWS-protocol voor prepareren en slaan van een testplank een beperkte actualisering van de meetmethode en kwalificatie van personeel opgesteld.



Als laatste is een eerste versie van een beoordelingsschema vergunningsaanvragen voor het aanbrengen van doorvoeren in damwanden opgesteld.

Waar werken we aan

In 2022 wordt de eerste fase van een probabilistisch onderzoek uitgevoerd, dat naar verwachting binnen twee jaar leidt tot een scherpere beoordelingsmethodiek met minder onnodige afkeur van bestaande langsconstructies (damwanden) in het buitentalud van regionale keringen. Anders dan de CUR166-aanpak wordt bij aanpak het aspect "bewezen sterkte" meegenomen en is de aanpak gebaseerd op jaarkansen. Daarnaast wordt er in 2022 een naar verwachting meerjarig onderzoek opgestart naar het beoordelen complexe bouwkuipen in waterkeringen. Met een expertsessie wordt 2022 een eerste inventarisatie gemaakt van problemen waar de RWS-praktijk bij deze complexe materie tegenaan loopt. De ambitie voor 2022 is om een probleembeschrijving op te stellen op basis waarvan gerichte onderzoeksdoelen kunnen worden geformuleerd voor een volgende fase van het onderzoek.

Meerwaarde voor Rijkswaterstaat

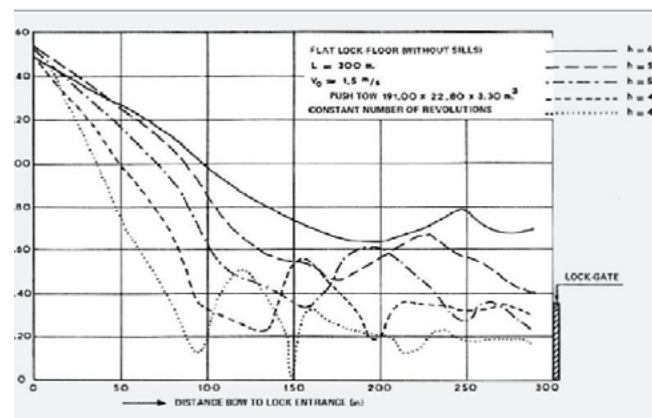
Rijkswaterstaat heeft veel kanalen met damwanden in beheer. Veel van die kanalen hebben zowel een waterveiligheidsfunctie als een functie als onderdeel van het hoofdvaarwegennet. De onderzoeken ondersteunen het beheer, monitoring en de beoordeling van de damwanden.

- 1 Quick reaction force
- 2 Kennisalliantie slachtoffers en evacuaties bij overstromingen
- 3 Brandslangmethode voor het testen van dijkbekledingen
- 4 Beheer- en noodmaatregelen bij dreigende overstromingen
- 5 Handreiking voor trillingen van windturbines op waterkeringen
- 6 Bouwstenen voor een BOS voor beheer en onderhoud van svk's
- 7 Invloed waterdiepte op golfoverslag
- 8 Scenario's overstromingen
- 9 Graverij door dieren
- 10 Damwanden
- 11 Kunstwerken
- 12 Beoordeling open steen asfalt
- 13 Optimalisatie kribben
- 14 Morfologie en scheepvaart

11. Kunstwerken

Het aanvaren van deuren in een schutsluis bij binnenvaren, bijvoorbeeld door een verkeerde manoeuvre van het schip, kan leiden tot significante schade aan sluisdeuren, sluisconstructie en schip. En uiteindelijk zelfs tot verlies van de waterkerende functie. Een en ander is afhankelijk van bijvoorbeeld de scheepsbelading, de vaarsnelheid en aanvaarhoek. In PIANC-rapport 151 "Design of lock gates for ship collision" (2014) wordt een overzicht gegeven van de nationale richtlijnen die gebruikt worden om tijdens de ontwerpfase op het aanvaringsrisico bij binnenvaartsluisdeuren te anticiperen. Deze richtlijnen komen vooral tot uiting in de noodzaak van de beschermingsconstructies om een aanvaring te voorkomen of de aanvaringsbelasting te verminderen. In PIANC-rapport 151 wordt ook een overzicht gegeven van de manier waarop de aanvaringsbelasting berekend kan worden met analytische of empirische methodes.

In 1992 heeft WL|Delft Hydraulics voor de aanvaarrisico's voor sluisdeuren een nog steeds bruikbare methode beschreven om de kansverdeling van de aanvaarenergie, gegeven een aanvaring, te berekenen (Vrijburcht, ref. Q1399). Destijds is inzicht gegeven in de kans van optreden van een ongeval met behulp van casuïstiek. De input kwam uit metingen door Rijkswaterstaat in de buurt van verschillende schutsluizen (Eefde, Gaarkeuken, Grave, Heel, Beatrixsluizen, Volkeraksluizen en Kreekraksluizen). De omvang van deze meetcampagne was beperkt, en de vloot is sindsdien erg veranderd. Zo zijn de meeste grotere schepen nu uitgerust met een boegschroef. In aansluiting op een van de conclusies uit 1992 – "dat er nieuwe berekeningen noodzakelijk zijn indien aangenomen kan worden dat deze in een te onderzoeken situatie duidelijk verschillen met de hier gehanteerde waarden" – is aan Deltares de vraag gesteld: Wat is er nodig voor een update en verdere uitwerking van de methode Vrijburcht, om voor de huidige situatie tot betrouwbare statistiek van de aanvaarbelasting op sluisdeuren te komen?



Snelheidsverandering van een duwbakcombinatie die een 24 m brede sluis invaart, bij verschillende waterdiepten (Kooman 1973).

Deltares heeft een raamwerk met te doorlopen stappen beschreven, die uitgevoerd moeten worden om de kans op aanvaren en de kansverdelingen van aanvaarsnelheid en -energie van de binnenvaart te bepalen. Dit raamwerk biedt de mogelijkheid om de afzonderlijke stappen (vanuit één overkoepelende beschouwing) afzonderlijk op te pakken.

Onderzoeksprojecten

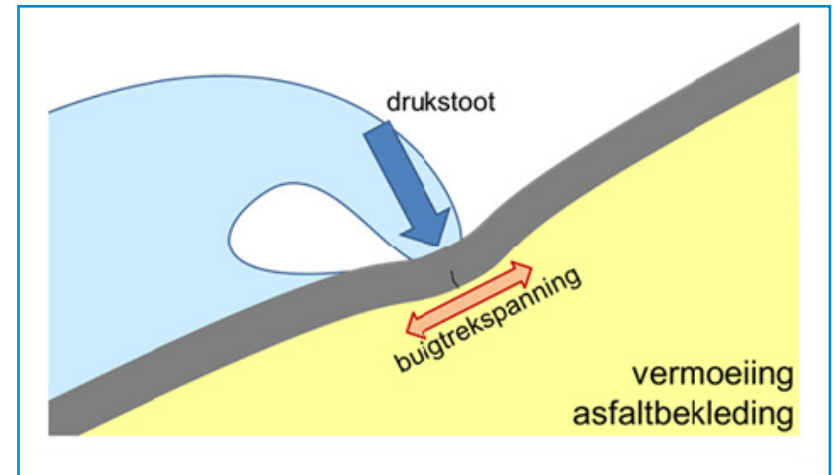
- 1 Quick reaction force
- 2 Kennisalliantie slachtoffers en evacuaties bij overstromingen
- 3 Brandslangmethode voor het testen van dijkbekledingen
- 4 Beheer- en noodmaatregelen bij dreigende overstromingen
- 5 Handreiking voor trillingen van windturbines op waterkeringen
- 6 Bouwstenen voor een BOS voor beheer en onderhoud van svk's
- 7 Invloed waterdiepte op golfoverslag
- 8 Scenario's overstromingen
- 9 Graverij door dieren
- 10 Damwanden
- 11 Kunstwerken
- 12 **Beoordeling open steen asfalt**
- 13 Optimalisatie kribben
- 14 Morfologie en scheepvaart

12. Beoordeling open steen asfalt

Waterkeringen kunnen door verschillende mechanisme falen. Een van deze zogenaamde faalmechanismen is golfklap. Het toetspoot voor dit faalmechanisme golfklap op asfaltbekleding (AGK) heeft als doel om de vermoeiing van het asfalt tijdens een storm te toetsen aan de norm. De belasting wordt gevormd door de wisselingen in trekspanning in de bekleding ten gevolge van de gedurende een storm optredende golfklappen. Voor de asfaltbekleding open steen asfalt (OSA) is in 2021 een eerste aanzet gegeven voor een probabilistische berekening op doorsnedeniveau door een case door te rekenen met deze ontwikkelde systematiek. Tot nu toe is er alleen een (semi)-deterministische methode voorhanden met een grote onzekerheidsmarge.

Het resultaat van deze inspanning was dat er geen grote belemmeringen gevonden zijn voor het uitvoeren van probabilistische analyses. De grootste kennisleemtes zijn de modelonzekerheid, de waterstands- en golfstatistiek en een levensduurmodel voor voorspelling verder vooruit dan enkele jaren. Voor de doorgerekende case is op dit moment geen gecombineerde statistiek van golfparameters en waterstand voorhanden, d.w.z. deze is nog niet uit HydraRing afgeleid. Hierdoor is in 2021 als eerste benadering gerekend met een conservatieve vaste waterstand en met de voor de beschouwde locaties geldende marginale golfstatistiek. Deze marginale golfstatistiek is verkregen uit Riskeer. De conservatieve vaste waterstand is zo gekozen dat het OSA maximaal door de golven wordt belast.

In 2022 zal de mogelijkheid onderzocht worden om een volledige belastingmodel uit HydraRing en de kansdichtheidsfunctie voor de modelonzekerheid mee te nemen als invoer voor de berekening om zo de onzekerheden in de uitkomst van de toetsing verder te verkleinen. Hierdoor zal er een accurater beeld ontstaan van de werkelijke sterkte van het OSA onder golfbelasting. Verder zal in 2022 worden onderzocht of het mogelijk is om een voldoende breed toepasbare gedetailleerde en eenvoudige beoordeling voor OSA te ontwikkelen.



Grafische weergave van de situatie bij Golfklap-belasting.

Inhoudsopgave

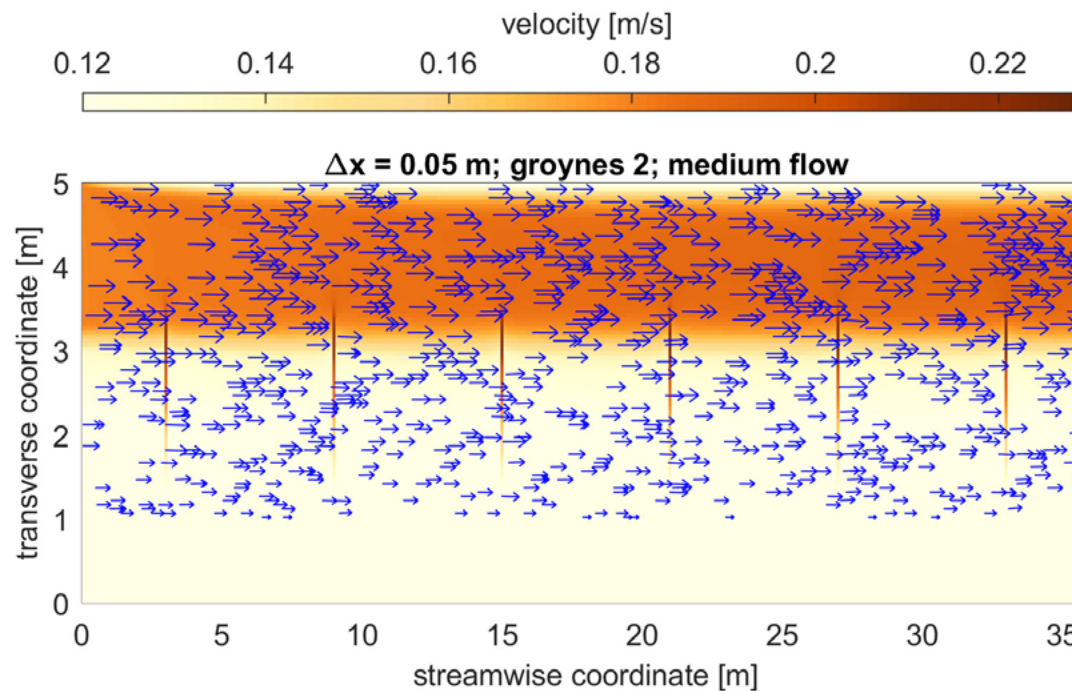
Onderzoeksprojecten

- 1 Quick reaction force
- 2 Kennisalliantie slachtoffers en evacuaties bij overstromingen
- 3 Brandslangmethode voor het testen van dijkbekledingen
- 4 Beheer- en noodmaatregelen bij dreigende overstromingen
- 5 Handreiking voor trillingen van windturbines op waterkeringen
- 6 Bouwstenen voor een BOS voor beheer en onderhoud van svk's
- 7 Invloed waterdiepte op golfoverslag
- 8 Scenario's overstromingen
- 9 Graverij door dieren
- 10 Damwanden
- 11 Kunstwerken
- 12 Beoordeling open steen asfalt
- 13 **Optimalisatie kribben**
- 14 Morfologie en scheepvaart

13. Optimalisatie kribben

In de operationele modellen van Rijkswaterstaat worden kribben als stuwën gemodelleerd. De weerstand die een krib veroorzaakt tegen de stroming wordt beschouwd als de combinatie van de weerstand van een stuw met dezelfde geometrie als de krib en een specifieke weerstand voor een krib. Dit vereenvoudigt de werkelijkheid, want in feite hebben kribben een substantieel tweedimensionaal effect op de stroming die niet wordt opgevangen door de stuwformulering. Bovendien zijn de gebruikelijke stuwformuleringen niet afgeleid voor de omstandigheden waarin ze worden toegepast en de geometrieën die ze vertegenwoordigen.

Het doel van dit project is om inzicht te krijgen in de stroming over kribben om uiteindelijk de huidige modelformuleringen te kunnen verbeteren. We hebben het effect van de huidige formuleringen laten zien en vergeleken met 3D-simulatiesresultaten. Dit jaar zullen we de modelresultaten vergelijken met laboratoriummetingen die vorig jaar zijn uitgevoerd om kanttekeningen en beperkingen te identificeren.



- 1 Quick reaction force
- 2 Kennisalliantie slachtoffers en evacuaties bij overstromingen
- 3 Brandslangmethode voor het testen van dijkbekledingen
- 4 Beheer- en noodmaatregelen bij dreigende overstromingen
- 5 Handreiking voor trillingen van windturbines op waterkeringen
- 6 Bouwstenen voor een BOS voor beheer en onderhoud van svk's
- 7 Invloed waterdiepte op golfoverslag
- 8 Scenario's overstromingen
- 9 Graverij door dieren
- 10 Damwanden
- 11 Kunstwerken
- 12 Beoordeling open steen asfalt
- 13 Optimalisatie kribben
- 14 **Morfologie en scheepvaart**

14. Morfologie en scheepvaart

Een van de taken van Rijkswaterstaat is om het riviersysteem in Nederland te onderhouden. Daarbij is het van belang in de rivier goed de bodemveranderingen te kunnen voorspellen. Het huidige onderzoek richt zich specifiek op het ontstaan en opbreken van harde lagen in rivierbodems. Het gaat hierbij om niet-cohesief sediment waarin het sediment voornamelijk als bodemtransport beweegt.

In 2021 is een nieuw concept voor het modelleren van harde lagen in de rivier in een onderzoeksversie van Delft3D ingebouwd (Chavarrías et al. 2022). Dit is een uitbreiding van het actieve-laagconcept van Hirano (1971) waarin het ontstaan en opbreken van harde lagen is toegevoegd.

Dit concept is vervolgens toegepast op een gootexperiment (Blom et al. 2003) waarin het opbreken en het vervolgens weer formeren van een grove top laag naar tevredenheid is berekend. Vervolgens zijn enkele schematische 1D en 2D modellen opgezet, waarmee inzicht is verkregen in de belangrijke parameters in het model.

Voor 2022 zal met het nieuwe concept een suppletie worden berekend in de Boven-Waal. Hiermee hopen we uiteindelijk gerichter suppleties uit te kunnen voeren, bijvoorbeeld voor het tegengaan van de rivierbodemerrosie in de Boven-Waal.



Meer informatie: rien.van.zetten@rws.nl en willem.ottevanger@deltares.nl

Blom, A., J. S. Ribberink and H. J. de Vriend, 2003. "Vertical sorting in bed forms: Flume experiments with a natural and a trimodal sediment mixture." *Water Resour. Res.* 39 (2): 1025. DOI:10.1029/2001WR001088, ISSN 1944-7973.

Chavarrías, V., W. Ottevanger, K. Sloff and E. Mosselman, 2022. "Modelling morphodynamic development in the presence of immobile sediment." submitted to *Geomorphology*.

Hirano, M., 1971. "River bed degradation with armoring." *Proc. Jpn. Soc. Civ. Eng.* 195: 55-65. DOI:10.2208/jscej1969.1971.195_55.