



Voortgangsbericht KPP-project Versterking Onderzoek Waterveiligheid

no 4



Inhoudsopgave

Onderzoeksprojecten

P1 Asset management

P2 Quick reaction force

P3 Kennisalliantie
slachtoffers&evacuaties

P4 Overgangen dijkbekledingen

P5 Beheer- en noodmaatregelen

P6 Toestand bekledingen

P7 Scheuren in dijken

P8 Multifunctioneel gebruik
dijken (windturbines)

P9 Coïncidentie IJsselmeer

P10 Piping

P11 Economie klimaatadaptatie



Samen met enkele andere partijen doet Deltares voor Rijkswaterstaat onderzoek op het gebied van waterveiligheid. Dit gebeurt in het kader van het KPP-project Versterking Onderzoek Waterveiligheid, waarbij KPP staat voor kennis primaire processen. Rijkswaterstaat gebruikt de uitkomsten van het onderzoek om zijn primaire proces rondom waterveiligheid te verbeteren. Bij deze verbeteringen gaat het om kostenbesparingen bij aanleg, beheer en onderhoud, en ook om betere risicobeheersing en 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 2018 hebben uitgevoerd. Daarbij geven we een inschatting van de meerwaarde van de projecten voor Rijkswaterstaat. Bij sommige projecten geeft Rijkswaterstaat ook zelf aan waarom het project van belang is.



Inhoudsopgave

Onderzoeksprojecten

P1 Asset management

P2 Quick reaction force

P3 Kennisalliantie slachtoffers&evacuaties

P4 Overgangen dijkbekledingen

P5 Beheer- en noodmaatregelen

P6 Toestand bekledingen

P7 Scheuren in dijken

P8 Multifunctioneel gebruik dijken (windturbines)

P9 Coïncidentie IJsselmeer

P10 Piping

P11 Economie klimaatadaptatie

P1 Asset management

Bij asset management, 'het realiseren van waarde uit assets', gaat het om het vinden van een optimale balans tussen kosten, prestaties en risico's. Het programma ROBAMCI (Risk and Opportunity Based Asset Management for Critical Infrastructures) is gericht op het verbeteren van het beheer en onderhoud van publieke infrastructuur door een risicogestuurde en systeemgerichte aanpak. Het programma loopt van 2015 tot 2019. De centrale hypothese van het programma is dat een efficiëntieverbetering van meer dan tien procent mogelijk is door toepassing van risicogestuurd asset management. In Nederland kan dat leiden tot een effect van één tot twee miljard euro per jaar.

Binnen het programma ROBAMCI werken overheid, private bedrijven en onderzoeksinstituten samen, wat zorgt voor een brede en complete basis van relevante kennis, ervaring en data. Deltares is initiatiefnemer en penvoerder van ROBAMCI. Een van de doelen van het programma is het ontwikkelen van een generieke aanpak voor de analyse van levenscycli, van zowel een systeem als van de individuele assets waaruit een systeem is opgebouwd. Er wordt een model ontwikkeld waarmee het mogelijk is om prestaties, kosten en risico's te berekenen gedurende de levenscycli, en waarmee interventieplanningen kunnen worden bepaald. Dit model wordt in 2019 opgeleverd.

Case "Risico-gestuurd inspecteren voor de Oesterdam".

Het doel van de case was om voor de Oesterdam te komen tot een duidelijkere samenhang tussen de eisen vanuit het Wettelijk Beoordelings Instrumentarium (WBI), de middelen voor inspectie vanuit de Digigids en de nu door de beheerder (RWS) gehanteerde aanpak van risico-gestuurd inspecteren en het daaraan gekoppelde onderhoud. De onderliggende vraag is of de huidige, op de Digigids gebaseerde, visuele inspectie geschikt is om aan te tonen dat de Oesterdam aan de veiligheidseisen voldoet.

In de case is voor het toetspoot 'graserosie buitentalud' en meer in het bijzonder het deelmechanisme 'erosie door golfloop' voor vier schadebeelden onderzocht hoe visuele inspectie gekoppeld kan worden aan de WBI

beoordelingscategorieën. Uit de koppeling van de zodekwaliteit van de grasbekleding op de Oesterdam aan de WBI beoordeling blijkt dat de grasbekleding voldoet aan de norm in het geval van een gesloten of een open zode. Door de visuele inspectie te koppelen aan WBI beoordelingscategorieën kan de beheerder door middel van inspectie aantonen dat de waterkering voldoet aan de veiligheidseisen en dat daarmee aan de zorgplicht voldaan wordt.



Foto: <https://beeldbank.rws.nl>, Rijkswaterstaat / Joop van Houdt.



Inhoudsopgave

Onderzoeksprojecten

P1 **Asset management**

P2 **Quick reaction force**

P3 **Kennisalliantie**

slachtoffers&evacuaties

P4 **Overgangen dijkbekledingen**

P5 **Beheer- en noodmaatregelen**

P6 **Toestand bekledingen**

P7 **Scheuren in dijken**

P8 **Multifunctioneel gebruik dijken (windturbines)**

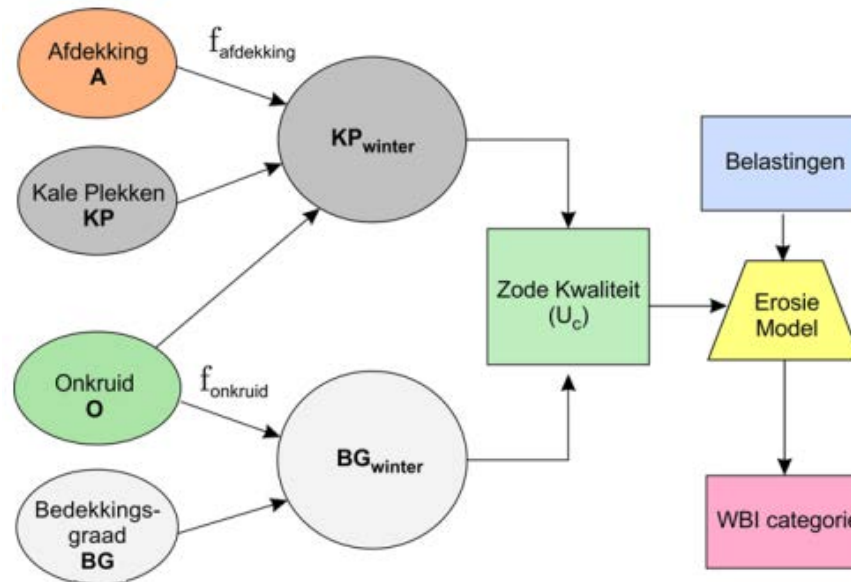
P9 **Coïncidentie IJsselmeer**

P10 **Piping**

P11 **Economie klimaatadaptatie**

Belang voor Rijkswaterstaat

Tijdens de case zijn eisen opgesteld waaraan visuele inspecties moeten voldoen om een eenduidige uitspraak te kunnen doen over de zodekwaliteit van de grasbekleding. Dit heeft geresulteerd in een inspectiemethode die is vergeleken met de huidige inspectiepraktijk. Hierbij is ook aandacht besteed aan de rol van datakwaliteit bij het inspecteren en monitoren van assets, in het bijzonder bij het invulling geven aan de zorgplicht. De belangrijkste constatering is dat de visuele inspecties op basis van de Digigids niet afdoende zijn voor de beheerder van de Oesterdam om aan te tonen dat aan de zorgplicht voldaan wordt. Hiervoor is in deze case een voorstel gedaan tot verbetering van de visuele inspectiemethode en een model om de inspectieresultaten te vertalen naar een waterveiligheidsoordeel.



Inhoudsopgave

Onderzoeksprojecten

P1 Asset management

P2 Quick reaction force

P3 Kennisalliantie
slachtoffers&evacuaties

P4 Overgangen dijkbekledingen

P5 Beheer- en noodmaatregelen

P6 Toestand bekledingen

P7 Scheuren in dijken

P8 Multifunctioneel gebruik
dijken (windturbines)

P9 Coïncidentie IJsselmeer

P10 Piping

P11 Economie klimaatadaptatie

P2 Quick Reaction Force QRF

QRF kust

In Groningen is een samenwerking gestart met het project Meerjarige Veldmetingen Eems-Dollard (MVED) dat wordt uitgevoerd door Arcadis in opdracht van waterschap Noorderzijvest. Gedurende twaalf jaar worden innovatieve veldmetingen in het Eems-Dollardgebied uitgevoerd. Doel is om de huidige onzekerheden te verkleinen in de hydraulische belastingen die ten grondslag liggen aan beoordeling en ontwerp van de primaire waterkering. Er zijn twee meetlocaties geselecteerd, namelijk het Uithuizerwad (UHW) bij de Emmapolder en de Dubbele Dijk (DD) bij Eemshaven,.

QRF en MVED gaan samenwerken door gezamenlijk metingen uit te voeren, meetgegevens te delen en databases op vergelijkbare wijze uit te voeren. Metingen betreffen o.a. golfmetingen met drie nieuwe meetboeien, golfmetingen met twee WaveDroids (flexibel te gebruiken kleine golfmeetboeien), windmeting op een bestaande meetpaal (DukeGat), metingen van waterstand, stroming en golven met ADCP op locaties UHW en DD, golfoverslag op locaties UHW en DD, golfmetingen met X-bandradar bij Eemshaven. Er worden eveneens LiDAR metingen uitgevoerd.

De analyses die worden uitgevoerd bestaan uit numerieke modelstudies voor waterbeweging en golfvoortplanting tijdens (extreme) stormen.

In Noord-Holland worden op het strand en de duinen bodemhoogtemetingen en golfhoogtemetingen uitgevoerd. De bodemhoogtemetingen worden vooral uitgevoerd met een zogenaamde Terrestrial Laser over een strandgebied van 4 km kustlans. Er is reeds een dataset vanaf december 2013 tot op heden (34 surveys rondom stormen). De metingen zijn aanvullend op KustLiDAR door Rijkswaterstaat. Naast de Terrestrial Laser is het plan ook de zogenaamde Structure for Motion (SfM) techniek toe te passen. Hierbij wordt gebruik gemaakt van een drone.

Naast bodemhoogtemetingen worden op het strand van Egmond tijdens het stormseizoen ook golfhoogtemetingen uitgevoerd met 14 druksensoren. Aanvullend op de stormmetingen worden tenminste twee keer per jaar metingen uitgevoerd van de bodemhoogte van de ondiepe vooroever over een kustlangse afstand van ongeveer 4 km en kustdwars ongeveer 1 km. Samen met de Universiteit Utrecht wordt er een XBeach-model opgezet en gevalideerd met de gezamenlijk ingewonnen gegevens. Het model kan vervolgens worden toegepast voor stormscenario's.



Inhoudsopgave

Onderzoeksprojecten

P1 Asset management

P2 Quick reaction force

P3 Kennisalliantie
slachtoffers&evacuaties

P4 Overgangen dijkbekledingen

P5 Beheer- en noodmaatregelen

P6 Toestand bekledingen

P7 Scheuren in dijken

P8 Multifunctioneel gebruik
dijken (windturbines)

P9 Coïncidentie IJsselmeer

P10 Piping

P11 Economie klimaatadaptatie

Lessen geleerd uit stormseizoen 2017-2018

Samengevat zijn de lessen uit het stormseizoen 2017-2018 de volgende:

- LiDAR metingen met een drone waren op Ameland vanwege beperkingen door windsnelheden (de drone kan niet vliegen boven windkracht 4), beperkingen door getij (het strand ligt overdag niet altijd droog), en beperkingen in bereikbaarheid (de drone-piloot moet met de veerboot naar Ameland) niet gemakkelijk uit te voeren vlak voor en na een storm. Daarom zijn deze uitgevoerd voor en na het stormseizoen. Een helikopter met LiDAR is hiervoor een beter middel.
- Plaatsen en ophalen van druksensoren was vanwege beperkingen door getij (laagste druksensor bij laagwaterlijn en dus niet altijd droog), en beperkingen in bereikbaarheid (in winter korte dagen) op Ameland niet mogelijk vlak voor en na een storm. Daarom zijn ze geplaatst voor het stormseizoen en opgehaald erna.
- Modellen voor strand- en duinerosie bij Ameland lagen niet kant-en-klaar op de plank waardoor deze instrumenten niet snel ingezet kon worden. Daarom is een betrekkelijk eenvoudig kustdwars profielmodel opgezet en vergeleken met de metingen. Dit kost veel tijd. Het verdient aanbeveling om vooraf een model van het aandachtsgebied klaar te hebben om snel de effecten van stormen mee te kunnen beoordelen.
- Het ontbrak aan gedetailleerde bodemhoogte-informatie van de ondiepe vooroever met voldoende resolutie in ruimte en tijd bij Ameland NW om daarmee het model te voeden en vergelijken. Het verdient aanbeveling om ook dit gebied voor en na het stormseizoen goed in te meten.

QRF rivieren

In de Westerschelde bij Bath is eind 2018 een pilotmeting uitgevoerd met nieuwe technieken voor het meten van golven en stroming. De metingen zijn uitgevoerd met zowel een varende drone als een vliegende drone. In 2019 zullen de resultaten worden uitgewerkt.

In 2019 zal de QRF een evaluatie uitvoeren van de diverse methodes voor het verkrijgen van ruimtelijke golf- stromings informatie in rivieren. Een van de opties die zal worden bekeken is het gebruiken van de relatief dicht bemeten Westerschelde als proeftuin voor gedrag van golven in rivieren.

Het verdient aanbeveling meer aan te sluiten bij langlopende projecten zodat 'fast follow-up studies' een bredere basis hebben en daardoor ook daadwerkelijk 'quick' kunnen worden uitgevoerd.

Belang voor Rijkswaterstaat

De QRF zorgt ervoor dat relevante gegevens van een extreme storm verzameld worden en op een overzichtelijke en toegankelijke wijze beschikbaar komen voor onderzoek. Zo kunnen we meer leren van extreme stormen en ons kust- en rivierbeheer (en dat van onze partners) verbeteren. Aantrekkelijk is verder dat de QRF hierbij een succesvolle samenwerking met Waterschappen en Universiteiten is aangegaan.



Inhoudsopgave

Onderzoeksprojecten

P1 Asset management

P2 Quick reaction force

**P3 Kennisalliantie
slachtoffers&evacuaties**

P4 Overgangen dijkbekledingen

P5 Beheer- en noodmaatregelen

P6 Toestand bekledingen

P7 Scheuren in dijken

P8 Multifunctioneel gebruik
dijken (windturbines)

P9 Coïncidentie IJsselmeer

P10 Piping

P11 Economie klimaatadaptatie

P3 Kennisalliantie slachtoffers en evacuaties

Kennisalliantie slachtoffers en evacuatie 2018: Leren van recente overstromingen

Overstromingen veroorzaken nog steeds slachtoffers in vele landen. Als we niet leren van het verleden kunnen de slachtofferaantallen in de toekomst zelfs toenemen. Om effectieve maatregelen en plannen te ontwikkelen, is betrouwbare kennis nodig over slachtofferaantallen, de oorzaken van de slachtoffers en de factoren die bijdragen aan het voorkomen van slachtoffers. Voor het ontwikkelen van deze kennis zijn gegevens over recente overstromingen nodig.

De bestaande kennis over factoren zoals huissterkte, beschikbare tijd, gedrag van mensen en communicatie is grotendeels gebaseerd op overstromingen uit de vorige eeuw en is niet meer actueel. Deze kennis is samengevat in modellen en slachtofferfuncties. Om deze modellen te kunnen verbeteren zijn nieuwe gegevens cruciaal. Door meer factoren expliciet te beschouwen kunnen ook overstromingen uit andere landen gebruikt worden om van te leren. De verschillen tussen die landen en Nederland worden dan expliciet meegenomen. Het inrichten van een database en het uitwisselen van gegevens is hierin een eerste stap.

In 2018 is een slachtofferdatabase gebouwd. De database bevat gegevens van overstromingen wereldwijd en zorgt dat deze bewaard blijven en gedeeld kunnen worden met instituten en onderzoekers in verschillende landen. Van ieder event worden overstromingskarakteristieken, slachtoffers en schades aan gebouwen en gegevens over de voorbereiding en response opgeslagen. De database is open en vrij toegankelijk.



De database is ontwikkeld door HKV, Deltares en WVL in overleg met BC Hydro uit Canada en de USACE uit de VS en bevat ook gegevens uit Amerika. We nodigen onderzoekers en instituten uit om de database te gebruiken, gegevens toe te voegen en te gebruiken voor het verbeteren van slachtofferisicoanalyses en evacuatieplannen. De database is toegankelijk via: <http://floodfatalities.tudelft.nl/floodfatality/>

Inhoudsopgave

Onderzoeksprojecten

P1 Asset management

P2 Quick reaction force

P3 Kennisalliantie

slachtoffers&evacuaties

P4 Overgangen dijkbekledingen

P5 Beheer- en noodmaatregelen

P6 Toestand bekledingen

P7 Scheuren in dijken

P8 Multifunctioneel gebruik dijken (windturbines)

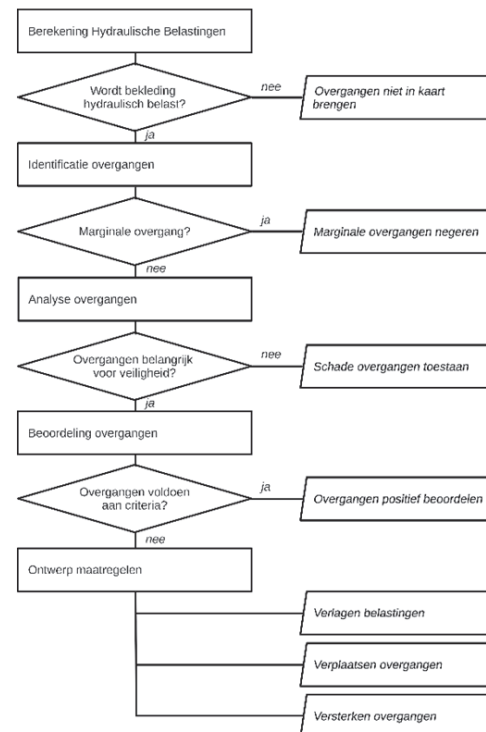
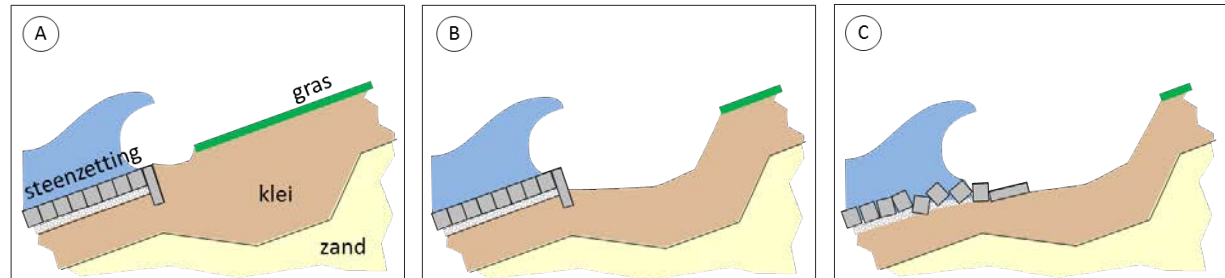
P9 Coïncidentie IJsselmeer

P10 Piping

P11 Economie klimaatadaptatie

P4 Overgangen dijkbekledingen

Een belangrijk onderdeel van het deelproject overgangen dijkbekledingen betreft de inrichting van overgangsconstructies en vervolgens uitvoering van experimenten op een Friese zeedijk. De proefopstellingen zijn aangelegd in 2016 en 2017. Het wachten is op een voldoende sterke grasmat om de experimenten uit te kunnen voeren. In 2018 is het gras gemonitord vanwege de extreme droogte en heeft er onderhoud plaatsgevonden.



In een verkennend onderzoek is gekeken naar de mogelijkheden om overgangen te versterken door het inbedden van een overgang in een dikke laag klei, om vervolgens erosie toe te staan. Deze oplossingsrichting heeft veel bezwaren en wordt niet als kansrijk beschouwd, tenzij het kleipakket zeer goede erosieve eigenschappen bezit en behoud in de tijd (niet gestructureerd raakt). Aanbevolen wordt dit laatste nog nader te onderzoeken.

In een verkennende studie zijn de volgende handelingsperspectieven voor het omgaan met bekledingen uitgewerkt met behulp van een conceptuele beslisboom:

- Overgangen worden niet in kaart gebracht
- Marginale overgangen worden genegeerd
- Er wordt schade aan overgangen toegestaan
- Overgangen krijgen een positieve beoordeling
- De belasting op overgangen wordt verlaagd
- Overgangen worden verplaatst
- Overgangen worden versterkt



Inhoudsopgave

Onderzoeksprojecten

P1 Asset management

P2 Quick reaction force

P3 Kennisalliantie

slachtoffers&evacuaties

P4 Overgangen dijkbekledingen

P5 Beheer- en noodmaatregelen

P6 Toestand bekledingen

P7 Scheuren in dijken

P8 Multifunctioneel gebruik dijken (windturbines)

P9 Coïncidentie IJsselmeer

P10 Piping

P11 Economie klimaatadaptatie

Op dit moment ontbreken er nog de nodige methoden, richtlijnen en software om elk van deze handelingsperspectieven daadwerkelijk uit te kunnen voeren. Daarom worden er aanbevelingen gedaan om de manier van werken in de toekomst verder mogelijk te maken.

Referenties:

Deltares. 2018A. Overgangen in dijkbekledingen ingebed in klei; Verkennende studie. Rapport 11202189-004-ZWS-0003.

Deltares. 2018B. Handelingsperspectieven voor overgangen in bekledingen op primaire waterkeringen; Een verkennende studie. Rapport 11202189-004-ZWS-0007.

Belang voor Rijkswaterstaat

Voor het ontwerpen van dijken en dammen worden restrictieve eisen gesteld aan het kritieke overslagdebiet bij overgangen, aansluitconstructies en objecten aanwezig op de dijk/dam. Overgangen zijn eigenlijk altijd wel aanwezig door aanwezigheid van verkeerswegen op de dijk of vanwege een harde bekleding die overgaat op een grasbekleding. Het OI stelt daarbij eisen aan de kwaliteit van de overgang maar zegt niet hoe dit kan worden bewerkstelligd. Voor beheerders is dat belangrijke informatie waarbij ze moeten worden geholpen. Ook voor Rijkswaterstaat is dit van groot belang vanwege haar eigen dijken en dammen. RWS GPO volgt deze studie dan ook nauwgezet en zal nog haar reactie op het rapport geven.



Inhoudsopgave

Onderzoeksprojecten

P1 Asset management

P2 Quick reaction force

P3 Kennisalliantie

slachtoffers&evacuaties

P4 Overgangen dijkbekledingen

P5 Beheer- en noodmaatregelen

P6 Toestand bekledingen

P7 Scheuren in dijken

P8 Multifunctioneel gebruik dijken (windturbines)

P9 Coïncidentie IJsselmeer

P10 Piping

P11 Economie klimaatadaptatie

P5 Beheer- en noodmaatregelen

Voor een succesvolle toepassing van de meerlaagse veiligheidsbenadering is veel kennis en ervaring nodig om de calamiteitenzorg (laag 3) goed in te vullen. Bij dreigende overstromingssituaties is het van groot belang snel de juiste maatregelen te nemen en deze maatregelen ook correct uit te voeren, zodat de gevolgen van een overstroming worden voorkomen of geminimaliseerd.

Op verzoek van Rijkswaterstaat en STOWA heeft Deltares de Wiki Noodmaatregelen opgezet. Deze Wiki geeft een overzicht van robuuste en betrouwbare stabiliteitsverhogende noodmaatregelen, die bij een (dreigende) overstroming kunnen worden toegepast. Bovendien wordt ook gewerkt aan een kennismanagementsysteem, waarbij de in Nederland en het buitenland beschikbare en ontwikkelde kennis, ervaring en tools op het gebied van noodmaatregelen ontsloten en beschikbaar wordt gesteld. 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.

De Werkgroep Wiki Noodmaatregelen bestaat uit waterkeringbeheerders van Rijkswaterstaat en waterschappen, deskundigen van het Ministerie van Defensie en uit verschillende netwerken. De Werkgroep signaleert kansen voor professionalisering, initieert activiteiten en onderhoudt contacten met diverse gremia en professionals. Hieruit is in de loop der jaren een community of practice ontstaan, waarin partijen van elkaar leren, gemeenschappelijke onderzoeksdoelen definiëren, kennis ontwikkelen en samen aan nieuwe producten werken. In dit project zijn in het afgelopen jaar verschillende oefeningen, trainingen en werkinstructies ontwikkeld en is meer samenwerking op het gebied van crisisbeheersing van waterkeringen bereikt.



De werkgroep Wiki Noodmaatregelen is onderdeel van de Samenwerking Crisisexpertise Waterkeringen. Binnen deze samenwerking werken alle crisispartners in Nederland samen voor de benodigde crisisexpertise. In het bijzonder gaat de werkgroep samenwerken met het Crisis Expert Team- waterkeringen (CET-w). Het CET-w is een flexibel inzetbaar team van Rijkswaterstaat en Waterschappen dat landelijk alle waterbeheerders desgewenst kan bijstaan bij dreiging van overstromingen en op verzoek beschikbaar is om (in situ) te adviseren op het gebied van het (dreigend) falen van waterkeringen en over het inzetten van noodmaatregelen.

Inhoudsopgave

Onderzoeksprojecten

P1 Asset management

P2 Quick reaction force

P3 Kennisalliantie

slachtoffers&evacuaties

P4 Overgangen dijkbekledingen

P5 Beheer- en noodmaatregelen

P6 Toestand bekledingen

P7 Scheuren in dijken

P8 Multifunctioneel gebruik dijken (windturbines)

P9 Coïncidentie IJsselmeer

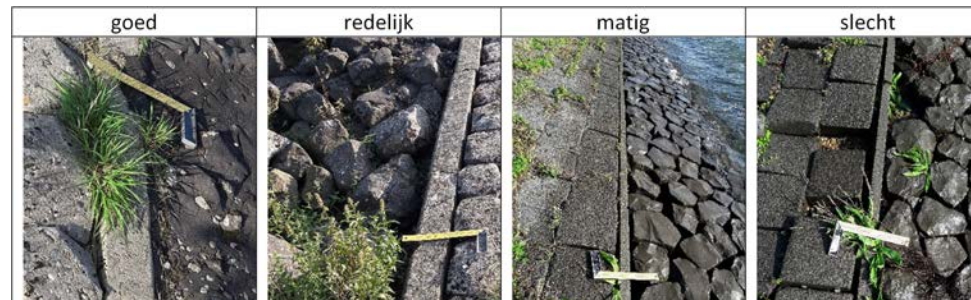
P10 Piping

P11 Economie klimaatadaptatie

P6 Toestand bekledingen - inspectie dijkbekledingen en overgangen

Overgangen in bekledingen vormen een kwetsbare plek, waar tijdens hoogwater gemakkelijk een begin van falen kan ontstaan. Het is daarom belangrijk dat waterkeringbeheerders tijdens jaarlijkse inspecties goed nagaan of de overgangen in de bekledingen in goede staat verkeren. In dit project zijn nieuwe inspectieparameters gedefinieerd waarmee de staat van overgangen in asfalt- en steenbekleding kunnen worden beoordeeld. Voor deze inspectieparameters zijn op een aantal dijken in Nederland foto's gemaakt die kunnen worden gebruikt door de dijkspecteur. Het is de bedoeling dat de resultaten uit dit project worden opgenomen in de digigids voor waterkeringbeheerders (<http://digigids.hetwaterschapshuis.nl>).

Onderstaande foto's tonen als voorbeeld foto's behorende bij de inspectieparameter "Steenbekledingen - Zuilen of Blokken - Onderliggende Steun" voor een steenbekleding met een opsluitband. Dit is een voorbeeld van een aansluiting tussen twee typen verschillende bekledingen.



Daarnaast zijn er ook inspectieparameters voor de aansluiting van de bekledingen op constructies of niet waterkerende objecten. Onderstaande foto's tonen een voorbeeld van de inspectieparameter Asfaltbekledingen - Waterasfaltbeton - Palen en Leidingen.



Referentie: Deltares. 2018. Classificatie van toestand overgangen in dijkbekledingen. Rapport 11202189-007

Belang voor Rijkswaterstaat

Overgangen zijn eigenlijk altijd wel aanwezig door aanwezigheid van verkeerswegen op de dijk of vanwege een harde bekleding die overgaat op een grasbekleding of vanwege de aanwezigheid van objecten en aansluitconstructies. Het OI stelt daarbij eisen aan de kwaliteit van de overgang maar zegt niet hoe dit kan worden bewerkstelligd. Voor beheerders is dat belangrijke informatie waarbij ze moeten worden geholpen. Ook voor Rijkswaterstaat is dit van groot belang vanwege haar eigen dijken en dammen, als Brouwersdam, Afsluitdijk, Houtribdijk etc..

Inhoudsopgave

Onderzoeksprojecten

P1 Asset management

P2 Quick reaction force

P3 Kennisalliantie

slachtoffers&evacuaties

P4 Overgangen dijkbekledingen

P5 Beheer- en noodmaatregelen

P6 Toestand bekledingen

P7 Scheuren in kleidijken

P8 Multifunctioneel gebruik dijken (windturbines)

P9 Coïncidentie IJsselmeer

P10 Piping

P11 Economie klimaatadaptatie

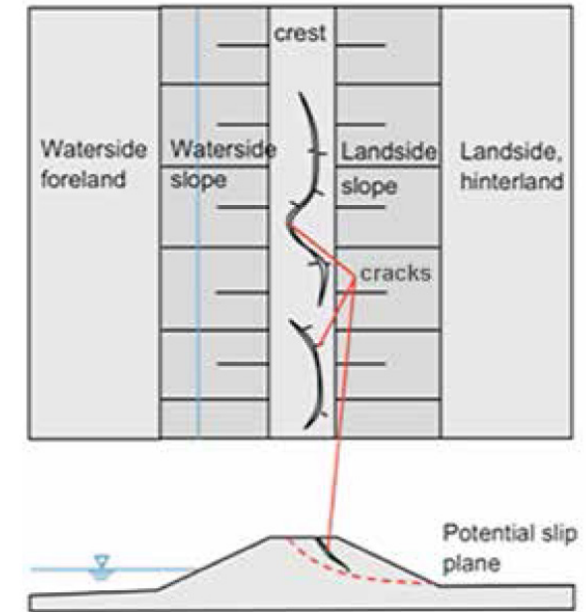
P7 Scheuren in kleidijken

Dat scheuren in regionale waterkeringen, met name veenkaden, grote gevolgen kunnen hebben was al eerder onderzocht. Scheuren kunnen ontstaan door diverse oorzaken zoals volumeverandering (onder andere als gevolg van droogte) of externe belasting en verminderde stabiliteit. In Nederland worden scheuren niet beschouwd in de beoordeling (WBI -2017) van de primaire waterkeringen voor wat betreft de macrostabiliteit, in andere landen is dat wel het geval (USA, Frankrijk).

Doel van het onderzoek is om aan te geven of de (negatieve) invloed van langsscheuren op de macrostabiliteit van belang is voor de veiligheid van de Nederlandse primaire waterkeringen en zo ja, om een voorstel te doen hoe deze invloed kan worden gekwantificeerd. Tevens is het doel om voor de beheerpraktijk praktische aanbevelingen te geven voor het berekenen van de invloed en het voorkomen en repareren van scheuren.

Uit onderzoek volgt dat trekscheuren niet als gevolg van het optreden van hoogwater voorkomen. Daarom wordt gesteld dat bij de schematisatie van de sterkte van een dijklichaam bestaande uit klei ten behoeve van de stabiliteit tijdens maatgevende waterstanden geen rekening behoeft te worden gehouden met trekscheuren (tenzij deze voor het optreden van hoogwater al aanwezig zijn).

Uit macrostabiliteit-analyses is gebleken dat de invloed van scheuren op stabiliteit binnenwaarts gering is maar niet verwaarloosbaar. Indien sprake is van scheuren (diep en over lange lengte t.o.v. het potentiële glijvlak) die vol kunnen stromen met (overslaand) water in relatief kleine dijken, kan de berekende stabiliteitsfactor met 4% afnemen. Als het water in de scheuren doordringt tot in de dijkskern, bijvoorbeeld als gevolg van infiltratie door golfoverslag, dan is de afname groter, namelijk tot 10%.



Inhoudsopgave

Onderzoeksprojecten

P1 Asset management

P2 Quick reaction force

P3 Kennisalliantie
slachtoffers&evacuaties

P4 Overgangen dijkbekledingen

P5 Beheer- en noodmaatregelen

P6 Toestand bekledingen

P7 Scheuren in kleidijken

P8 Multifunctioneel gebruik
dijken (windturbines)

P9 Coïncidentie IJsselmeer

P10 Piping

P11 Economie klimaatadaptatie



Bij het ontwerp van primaire waterkeringen hoeft geen rekening te worden gehouden met het optreden van scheuren mits voldoende maatregelen worden getroffen om scheuren te voorkomen. Voor de beoordeling geldt hetzelfde tenzij scheuren zijn gedetecteerd.

Als toch scheuren ontstaan kan de invloed worden onderzocht met in de studie aangegeven methoden. Als de invloed van scheuren significant is wordt aanbevolen de in het rapport beschreven maatregelen te nemen.

Het effect van infiltratie van water in de dijkskern als gevolg van bijvoorbeeld golfoverslag verdient nader onderzoek.

Belang voor Rijkswaterstaat

Rijkswaterstaat verzorgt het instrumentarium voor de periodieke beoordeling van de veiligheid van de primaire waterkeringen. Voor een betrouwbaar beeld van de veiligheid is het belang de invloed van eventueel aanwezige scheuren op de stabiliteit van een kering te kennen. Dit onderzoek heeft daarmee bijgedragen aan het ontwikkelen van inzicht in de invloed van veroudering cq. degradatie van een dijk op de sterkte ervan.



Inhoudsopgave

Onderzoeksprojecten

P1 Asset management

P2 Quick reaction force

P3 Kennisalliantie
slachtoffers&evacuaties

P4 Overgangen dijkbekledingen

P5 Beheer- en noodmaatregelen

P6 Toestand bekledingen

P7 Scheuren in dijken

**P8 Multifunctioneel gebruik
dijken (windturbines)**

P9 Coïncidentie IJsselmeer

P10 Piping

P11 Economie klimaatadaptatie

P8 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. Om deze effecten te helpen beoordelen is een handreiking ontwikkeld, die een beheerder van een waterkering ondersteunt bij de beoordeling van de toelaatbaarheid van een windturbine op een waterkering. De handreiking is gebaseerd op de kennis die op de TU Delft is ontwikkeld. Deze kennis is binnen dit project aangepast aan het nieuwe toetsinstrumentarium en vertaald naar de praktijk.

Door de lage frequentie van de overheersende trillingen tijdens de exploitatie van de windturbine resulteert voor de bodem een quasi-statische belasting. De trillingen hebben dan alleen invloed in de nabijheid van de fundering. Het zijn relatief kleine trillingen, maar gedurende de levensduur van de windturbine zijn het wel heel veel trillingen. Daarom moet wel rekening worden gehouden met verdichting van de grond en vermoeiing van aansluitmaterialen.

In een samenvattende tabel is aangegeven of, en in welke mate, een windturbine effect heeft op de verschillende faalmechanismen van een primaire waterkering (zoals die zijn benoemd in het WBI). Voor elk faalmechanisme wordt per invloedsfactor aangegeven of de invloed van belang is. De invloedsfactoren zijn het optreden van een versnelling, van cyclische verplaatsingen (wisselingen), verdichting door veel wisselingen en de grote statische belasting van de fundering.

mechanisme	versnelling	wisselingen	verdichting	extra kracht
macro-stabiliteit	klein	geen	geen	klein
piping	geen	klein	groot	groot
micro-stabiliteit	klein	matig	(geen)	nabij
bekleding				
asfalt	klein	groot	groot	groot
gras	klein	matig	(geen)	matig
steenzetting	klein	matig	matig	groot
voorland				
golfafslag	klein	klein	(geen)	(matig)
afschuiving	klein	geen	geen	klein
zettingsvloeiing	klein	klein	geen	geen
piping langs fundering	(geen)	groot	groot	matig

Tabel 1 Overzicht belang van de invloeden per faalmechanisme



Inhoudsopgave

Onderzoeksprojecten

P1 Asset management

P2 Quick reaction force

P3 Kennisalliantie

slachtoffers&evacuaties

P4 Overgangen dijkbekledingen

P5 Beheer- en noodmaatregelen

P6 Toestand bekledingen

P7 Scheuren in dijken

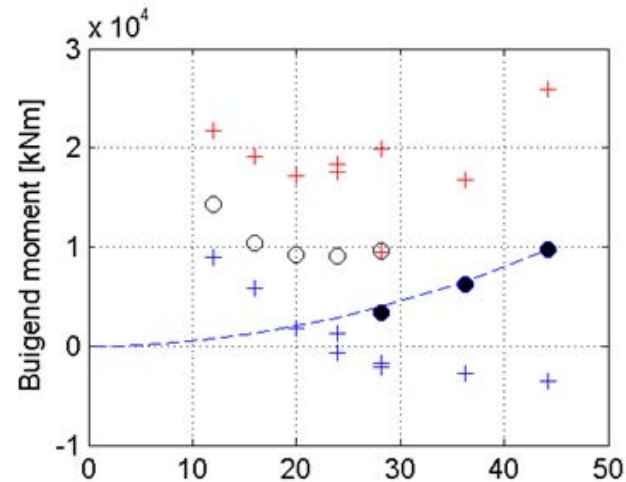
P8 Multifunctioneel gebruik dijken (windturbines)

P9 Coïncidentie IJsselmeer

P10 Piping

P11 Economie klimaatadaptatie

Deze handreiking is een belangrijke eerste stap, maar voor praktische toepassing van de kennis is nog een verdere ontwikkeling noodzakelijk. Hierbij wordt gedacht aan een uitgebreidere experimentele verificatie van de onderliggende modellen voor recent ontwikkelde grote windturbines, het specificeren van handzame criteria om te beoordelen wanneer een toets op maat noodzakelijk is en het uitwerken van een aantal voorbeeld cases.



Figuur 1.

Buigend momentbelasting op een windturbinefundering als functie van de windsnelheid.

Symbolen: o gemiddelde statische belasting, + extreme waarde in 10 minuteninterval.

Bij windsnelheid 28 m/s wordt de windturbine gearpkeerd en neemt de belasting enigszins af, maar verdwijnt niet.

Belang voor Rijkswaterstaat

Het 'medegebruik' van waterkeringen door windturbines wordt in belangrijke mate belemmerd door de onbekendheid met de invloed van een windturbine op de veiligheid van een waterkering. Dit is een generieke kennislacune voor zowel de waterkeringen van Rijkswaterstaat als van andere keringbeheerders. De studie heeft de effecten benoemd en zo veel mogelijk gekwantificeerd, zodat de effecten beter beoordeeld kunnen worden of eisen aan het ontwerp van een windturbine beter gespecificeerd kunnen worden. Een belangrijke stap in het faciliteren van medegebruik van keringen door windturbines.



Inhoudsopgave

Onderzoeksprojecten

P1 Asset management

P2 Quick reaction force

P3 Kennisalliantie
slachtoffers&evacuaties

P4 Overgangen dijkbekledingen

P5 Beheer- en noodmaatregelen

P6 Toestand bekledingen

P7 Scheuren in dijken

P8 Multifunctioneel gebruik
dijken (windturbines)

P9 Coïncidentie IJsselmeer

P10 Piping

P11 Economie klimaatadaptatie

P9 Coïncidentie IJsselmeer

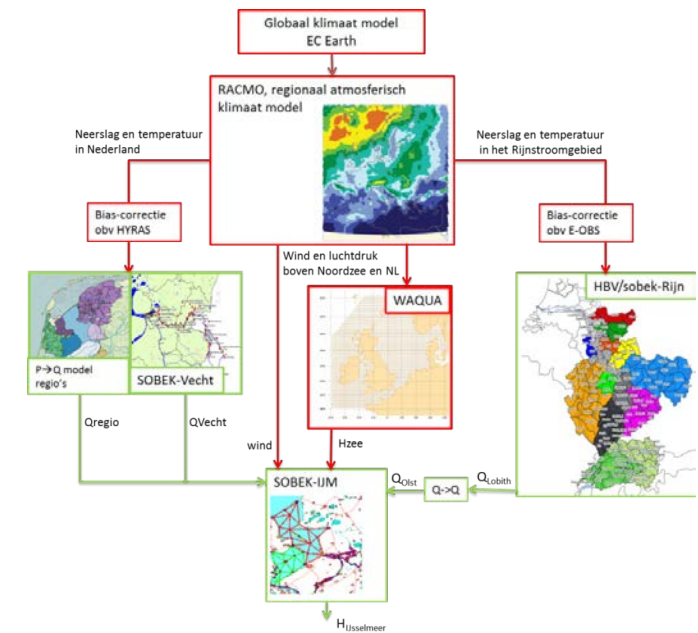
Hoogwatergebeurtenissen op het IJsselmeer treden mede op door het samenvallen van verschillende omstandigheden, zoals extreme neerslag en hoge afvoeren van IJssel en Vecht in combinatie met hoogwater op zee, waardoor de spui Mogelijkheid beperkt wordt. Als de omstandigheden gecorreleerd zijn beïnvloedt dat de kans van optreden van een bepaald meerpeil. Het samenvallen van de omstandigheden die hoge waterstanden veroorzaken noemen we coïncidentie.

Om meer inzicht te krijgen in deze zogenaamde coïncidentie tijdens extreme gebeurtenissen is in deze studie een 800-jarige synthetische tijdreeks met IJsselmeerpeilen gegenereerd op basis van via het KNMI verkregen meteorologische RACMO-EC-Earth-tijdreeksen. Voor het genereren van de IJsselmeerpeilenreeks is de modellentrein van figuur 1 doorlopen, waarbij de meteorologische RACMO-EC-Earth-invoer is vertaald naar afvoeren voor de IJssel, Vecht en de omliggende regio's van het IJsselmeer. Vervolgens is deze invoer gecombineerd met zeewaterstanden en windgegevens en met behulp van een hydraulisch model vertaald naar IJsselmeerpeilen.

De gegenereerde 800-jarige reeks ligt goed op de metingen. In Figuur 2 is de frequentielijn van het meerpeil geplot. Hierin is te zien dat de RACMO-resultaten (blauwe punten) het verloop van de metingen (rode punten) benaderen. Ook de tussenresultaten van de Vechtafvoer en wind benaderen de metingen goed. Waar wel verschillen te vinden zijn is bij de neerslag en opzet (zeewaterstand-getij). Bij het gebruik van de resultaten dient rekening gehouden te worden met de volgende tekortkomingen:

- De extremere neerslagbuien wordt in RACMO onderschat. Dit werkt door in de regionale- en IJsselafvoer. Bij de IJsselafvoer is de onderschatting voornamelijk terug te zien bij afvoeren met een herhalingstijd groter dan 10 jaar. Verwacht wordt dat hiermee ook de extreme RACMO-meerpeilen, die buiten het meetbereik vallen, onderschat worden.
- De opzet (zeewaterstand-getij), die gegenereerd is door WAQUA, geeft een afwijking ten opzichte van de metingen. Omdat de opzet bij Den Oever wordt overschat en bij Kornwerderzand onderschat, lijkt het effect op het meerpeil beperkt.

De RACMO-reeksen zijn binnen deze studie ingezet voor coïncidentie-onderzoek. Voordeel van deze langere (800-jarige) tijdreeks is dat er meer extreme hoogwatersituaties beschikbaar zijn.



Figuur 1: Modellentrein voor het genereren van een synthetische tijdserie van het IJsselmeerpeil. De rood omlijnde onderdelen worden uitgevoerd door het KNMI, de groene onderdelen zijn onderdeel van dit onderzoek.



Inhoudsopgave

Onderzoeksprojecten

P1 Asset management

P2 Quick reaction force

P3 Kennisalliantie

slachtoffers&evacuaties

P4 Overgangen dijkbekledingen

P5 Beheer- en noodmaatregelen

P6 Toestand bekledingen

P7 Scheuren in dijken

P8 Multifunctioneel gebruik dijken (windturbines)

P9 Coïncidentie IJsselmeer

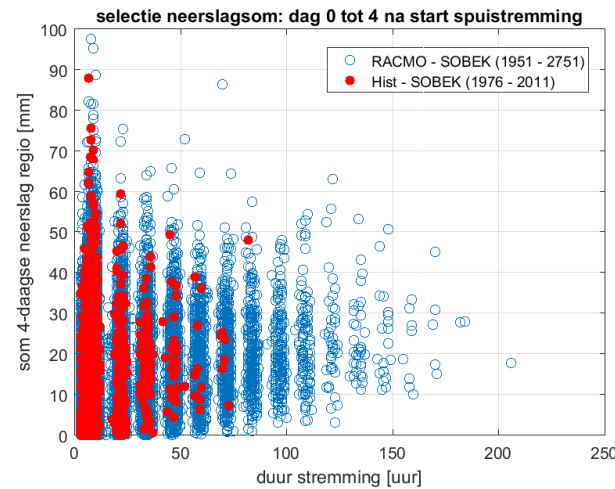
P10 Piping

P11 Economie klimaatadaptatie

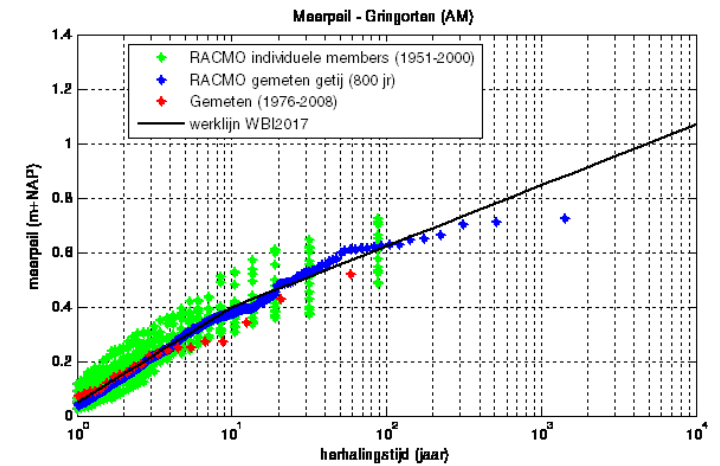
Terwijl in de meetreeks alleen het meerpeil van oktober 1998 echt hoog was, zijn er in de RACMO datasets tientallen hoogwaters met een piekmeerpeil boven de 0,50 m+NAP beschikbaar. Hierdoor is het mogelijk om de coïncidentie met een hogere betrouwbaarheid te kwantificeren.

Uit de analyse is naar voren gekomen dat de inzichten rondom coïncidentie en tijdsvertraging overeenkomen met de metingen. Wat verder opvalt, is het belang en gevoeligheid van de zeewaterstand. De 800-jarige RACMO-tijdreeks laat spuistremmingen oplopend tot 200 uur zien; dit betekent dat er op acht achtereenvolgende dagen niet gespuid kan worden (zie figuur 3).

Met deze studie is het beeld verbeterd op de doorwerking van de verschillende invloeden op het IJsselmeerpeil. Dat helpt om te bepalen welke van de resterende onderzoeksvragen het eerst beantwoord moeten worden. Ook heeft deze studie aangetoond dat de RACMO potentie biedt voor het genereren van bruikbare synthetische reeksen, maar dat er nog enkele tekortkomingen zijn. Wanneer er betere RACMO gegevens zijn kan het zinvol zijn om de analyse nog eens te herhalen. En indien blijkt dat de RACMO modellentrein geschikt is voor het heden, dan kan deze ook ingezet worden voor klimaatprojecties.



Figuur 3 Duur spuistremming uitgezet tegen de som van de 4-daagse neerslag in het IJsselmeergebied. De neerslag is bepaald door de som van de neerslag op dag 1 t/m 4 na de start van de spuistremming. Alleen de winterperiode en stremmingen langer dan 25 uur zijn meegenomen.



Figuur 2: Jaarmaxima IJsselmeerpeilen uitgezet tegen de bijbehorende herhalingsjijd

Belang voor Rijkswaterstaat

Op het IJsselmeer en in de IJssel-Vechtdelta worden hoogwaterstanden veroorzaakt door allerlei combinaties van wind, IJsselmeerpeil en afvoer van vooral IJssel en Vecht. Wanneer er correlatie bestaat tussen deze invloeden leidt dit tot hogere waterstanden dan wanneer die correlatie er niet is. Daarom is het voor de waterveiligheid van de belang om vast te stellen of er correlaties bestaan en hoe groot die correlaties zijn. Om die correlaties te achterhalen kun je gemeten omstandigheden analyseren. Het nadeel daarvan is dat de meetreeksen vrij kort zijn en dat het dan moeilijk is uitspraken te doen over extreme omstandigheden. Om die reden is het zinvol gebruik te maken van synthetische weerreeksen die veel langer zijn dan de meetreeksen.

Inhoudsopgave

Onderzoeksprojecten

P1 Asset management

P2 Quick reaction force

P3 Kennisalliantie
slachtoffers&evacuaties

P4 Overgangen dijkbekledingen

P5 Beheer- en noodmaatregelen

P6 Toestand bekledingen

P7 Scheuren in dijken

P8 Multifunctioneel gebruik
dijken (windturbines)

P9 Coïncidentie IJsselmeer

P10 Piping

P11 Economie klimaatadaptatie

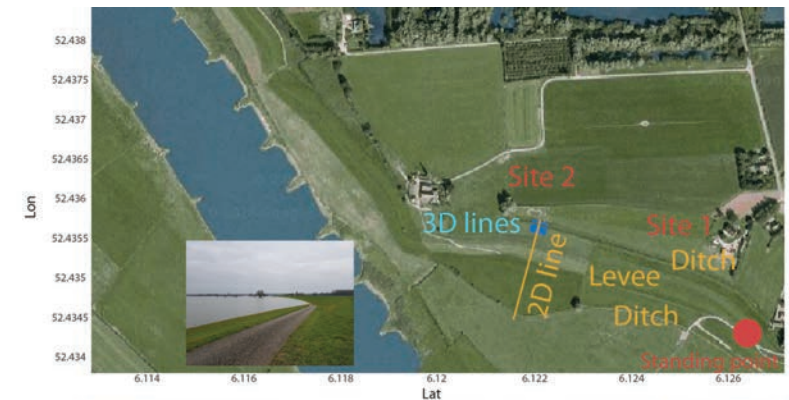
P10 Pipingonderzoek

Piping is een intern erosieproces dat invloed kan hebben op de stabiliteit van kades en dijken. Interne erosie treedt op als de waterstand aan een kant van de dijk hoger is dan aan de andere en dan zorgt voor verhoogde waterdruk in en onder het dijklichaam. Als er zand aanwezig is in of onder de dijk, en het water kan binnendijks ontsnappen door een kleine scheur of gat in de deklaag, dan kan er een klein kanaaltje ontstaan, een pipe. Door terugschrijdende erosie groeit de pipe van de binnenteen richting de rivierzijde. Deze pipe ligt bovenin de zandlaag die juist onder de afdekkende laag ligt. Het door de pipe stromende water kan zogenaamde zandwellen veroorzaken.

De zandwellen worden beschouwd als 'early warning'-signaal dat er een pipe aan het groeien is richting het buitenwater. Langdurige hoge buitenwaterstanden kunnen resulteren in kortsluiting met het buitenwater en een versneld erosieproces onder de dijk. Dit kan uiteindelijk leiden tot het falen van de dijk.

Figuur 1 laat de locatie Herxen zien langs de IJssel waar kwel optreedt. Deze plek was op basis van visuele waarnemingen gevonden door medewerkers van het waterschap, en voorgesteld aan Deltares als testlocatie voor een veldstudie. Met de veldstudie hebben we aangetoond dat het gebruik van 'time-lapse' monitoring van de elektrische weerstand een effectieve manier is om piping te bestuderen. Deze methode is gebaseerd op het feit dat de elektrische geleidbaarheid (de inverse van de weerstand) gevoelig is voor zowel de porositeit als het kleigehalte van de bodem. Met metingen van de elektrische geleidbaarheid kan men dus de ruimtelijke verdeling van deze bodemeigenschappen in kaart brengen (figuur 2).

Figuur 1: Overzicht en detailbeeld van de testlocaties nabij Herxen langs de IJssel. De dwarsdoorsnede in figuur 2 is gemaakt bij de lijn '2D line', de doorsnedes in figuur 3 bij '3D lines'.



Inhoudsopgave

Onderzoeksprojecten

P1 Asset management

P2 Quick reaction force

P3 Kennisalliantie

slachtoffers&evacuaties

P4 Overgangen dijkbekledingen

P5 Beheer- en noodmaatregelen

P6 Toestand bekledingen

P7 Scheuren in dijken

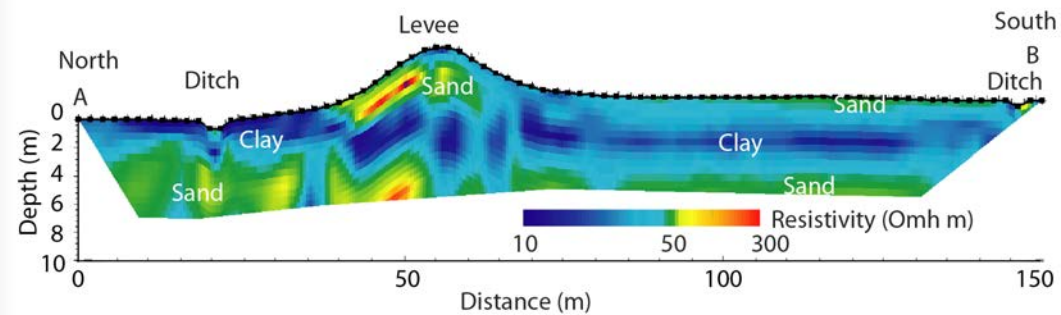
P8 Multifunctioneel gebruik dijken (windturbines)

P9 Coïncidentie IJsselmeer

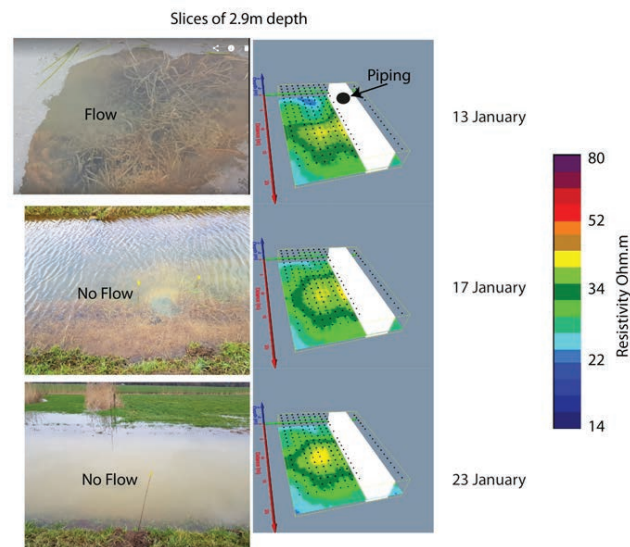
P10 Piping

P11 Economie klimaatadaptatie

Periodieke metingen, met gebruik van steeds dezelfde meetopstelling en -configuratie, stellen ons in staat om op de onderzoekslocatie de veranderingen in de tijd van porositeit en kleigehalte vast te stellen. Wat we zien in figuur 3 is een zandlichaam met hoge weerstand, waarin zich plekken bevinden met een lage weerstand als gevolg van de verplaatsing van zand. De waarde van de weerstand die we in de pipes meten komt overeen met die van het rivierwater. Daarnaast hebben we waargenomen dat als het piping-proces niet actief is, bij lage rivierwaterstand, de weerstand van de pipes weer oploopt. Dit is een indicatie dat de pipe zich weer vult met zand.



Figuur 2: Gemeten elektrische weerstanden bij Herxen (links de noordzijde, binnendijks; rechts de zuidzijde rivierkant). Tijdens deze metingen was er geen hoogwater, er treedt geen kwel of piping op. Te zien is waar in het dwarsprofiel zich zandlagen bevinden; deze hebben een hogere weerstand dan de omliggende klei.



Figuur 3. Beeld van de gemeten weerstand in het horizontale doorsnede van de bodem op een diepte van 2,9 m, gemeten op 13, 17 en 23 januari 2018 (rechts). De witte balk geeft de sloot aan, de dijk ligt links van het plaatje. Aan de linkerzijde foto's van de sloot ter plaatse van de zwarte stip. Op de bovenste foto is het water helder door opwellend water; op de tweede foto treedt ook nog kwel op, er is juist een zandkegel te zien; op de derde foto is er geen kwel en is het water troebel.

Belang voor Rijkswaterstaat

De uitgevoerde metingen laten zien dat het mogelijk is om pipegroei te monitoren vanaf het maaiveld en kan ons verder helpen ons begrip te vergroten voor het fenomeen piping. Daarbij spelen onder andere vragen als de snelheid van ontwikkelen van een pipe afhankelijk van een dynamische waterstand, het opvullen van een ontstane pipe na hoogwater en de vorm van het pipingpatroon. De metingen bij Herxen waren een eerste stap om antwoord te krijgen op deze fundamentele vragen.



Inhoudsopgave

Onderzoeksprojecten

P1 Asset management

P2 Quick reaction force

P3 Kennisalliantie

slachtoffers&evacuaties

P4 Overgangen dijkbekledingen

P5 Beheer- en noodmaatregelen

P6 Toestand bekledingen

P7 Scheuren in dijken

P8 Multifunctioneel gebruik dijken (windturbines)

P9 Coïncidentie IJsselmeer

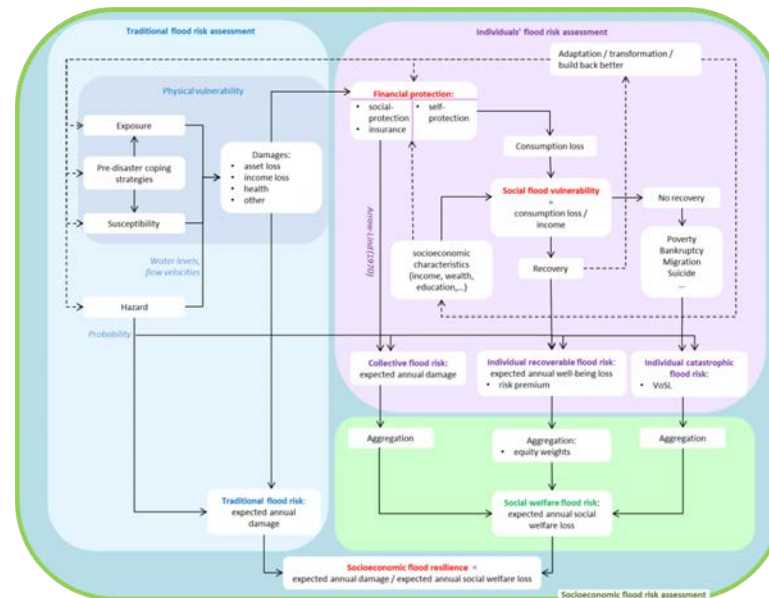
P10 Piping

P11 Economie klimaatadaptatie

P11 Economie van Klimaatadaptatie

Bij de afweging om te investeren in waterveiligheid spelen economische argumenten steeds vaker een rol. In zgn. kosten-batenanalyses (KBAs) worden de kosten van maatregelen afgezet tegen de verwachte risicoreductie, alsmede tegenover eventuele anderzootige baten zoals baten voor natuur. Deze KBAs baseren zich op traditionele risicoanalyses, waarbij geen rekening gehouden wordt met de sociale kwetsbaarheid en inkomensverschillen van aan overstromingsgevaar blootgestelde individuen. Dit strookt niet met het streven van overheden naar een zo hoog mogelijk welzijnsniveau en leidt veelal tot maatregelen die er op gericht zijn om mensen die toch al relatief beter af zijn, beter te beschermen.

In het kader van Economie van Klimaatadaptatie is een raamwerk voor risicoanalyse en kosten-batenanalyse ontwikkeld, waarin wel rekening gehouden is met individuele sociale kwetsbaarheid en met inkomensverschillen (Figuur 1). In dit raamwerk is sociale kwetsbaarheid gedefinieerd als het verlies aan consumptie ten opzichte van inkomen. De sociale kwetsbaarheid kan worden verlaagd door financiële beschermingsmaatregelen, zoals compensatie en hulp, verzekeringen, en het gebruik van spaartegoeden. Het raamwerk is toegepast in een casestudie voor Ho Chi Minh City, waaruit bleek dat de baten van risicoreductie in een op sociale welvaart gebaseerde risicobenadering en KBA tot 30 keer groter zijn dan die gebaseerd op een traditionele benadering.



De sociale welvaartsbenadering is vooral relevant in landen waar individuen niet goed financieel beschermd zijn tegen de gevolgen van een overstroming. In de KBAs voor waterveiligheidsnormen in Nederland is er eerder van uitgegaan dat de overheid het merendeel van de financiële schade vergoedt, waardoor de individuele kwetsbaarheid beperkt blijkt en de traditionele risicobenadering ook kan worden gebruikt.

Afronding

Dit artikel is het laatste van vier artikelen voor Economie van Klimaatadaptatie. De artikelen vormen de basis voor een proefschrift dat in 2019 afgerond en verdedigd zal worden.

Literatuur

Kind, J., W.J.W. Botzen and J.C.J.H. Aerts (2018), Social Vulnerability in Cost-Benefit analysis for Flood Risk Management, Paper ingediend bij Environment and Development Economics.
Kind, Jarl (2018), Drowning by Numbers. Social Welfare, Cost-Benefit Analysis and Flood Risk Management, Proefschrift (concept).