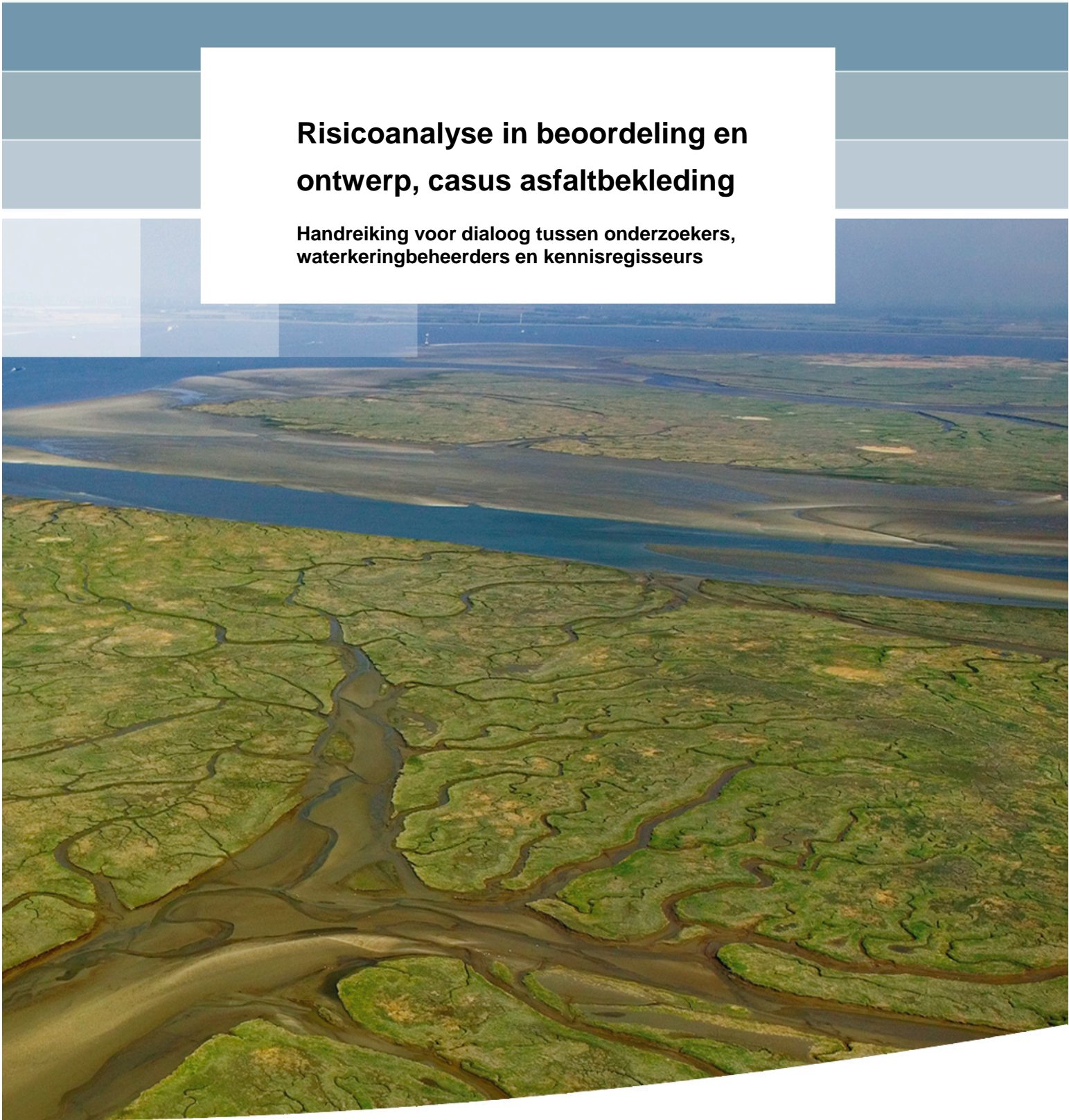


Risicoanalyse in beoordeling en ontwerp, casus asfaltbekleding

Handreiking voor dialoog tussen onderzoekers, waterkeringbeheerders en kennisregisseurs



Risicoanalyse in beoordeling en ontwerp, casus asfaltbekleding

Handreiking voor dialoog tussen onderzoekers, waterkeringbeheerders en kennisregisseurs

Ferdinand Diermanse
Ruben Jongejan
Niels Roode

11200537-012

Titel

Risicoanalyse in beoordeling en ontwerp, casus asfaltbekleding

Opdrachtgever	Project	Kenmerk	Pagina's
RWS-WVL	11200537-012	11200537-012-ZWS-0007	11

Samenvatting

Ten behoeve van het beoordelen en ontwerpen van waterkeringen worden beleidsadviezen opgesteld en modellen ontwikkeld. Helaas valt het rendement van investeringen in onderzoek en ontwikkeling nog te vaak tegen. Dat is niet alleen ondoelmatig, maar leidt ook vaak tot onbegrip, onvrede en discussie op de werkvloer.

In de praktijk blijkt dat het omgaan met onzekerheden in de keten 'metingen-invoer-model-resultaat' nog niet altijd evenwichtig gebeurt. RWS en Deltares hebben daarom het initiatief genomen voor het opstellen van deze beknopte 'handreiking risicoanalyse' met als doelgroep onderzoekers, opdrachtgevers en keringbeheerders.

In deze handreiking wordt in de eerste plaats een diagnose gesteld van symptomen en oorzaken van de problemen. Daarbij worden telkens praktijkvoorbeelden aangehaald die voor een belangrijk deel afkomstig zijn uit workshops over de casus 'asfaltbekleding', die speciaal voor dit doeleinde gehouden zijn. De bevindingen voor asfalt zijn veelal ook overdraagbaar naar andere toetsporen.

Vervolgens worden diverse aanbevelingen gedaan ten behoeve van toekomstige ontwikkelingen van instrumentaria voor beoordeling en ontwerp. De aanbevelingen zijn vooral procesmatig van aard. Waar nodig is bij het doen van aanbevelingen onderscheid gemaakt tussen drie doelgroepen: opdrachtgevers (DWGRW en RWS-WVL), onderzoekers en beheerders/toetsers.

Versie	Datum	Auteur	Paraaf	Review	Paraaf	Goedkeuring	Paraaf
	dec. 2017	Ferdinand Diermanse Ruben Jongejan Niels Roode		Wouter Jan Klerk		Gerard Blom	
<hr/>							
<hr/>							
<hr/>							

Status

definitief

Inhoud

1 Inleiding	1
1.1 Ten geleide	1
1.2 Doelstelling	1
1.3 Totstandkoming	1
1.4 Leeswijzer	2
2 Beoordeling, ontwerp en beheer van waterkeringen	3
2.1 Verantwoordelijkheden	3
2.2 Beslisvragen en kennisontwikkeling	3
3 Diagnose	5
3.1 Vaak waargenomen symptomen	5
3.2 Onderliggende oorzaken	7
4 Oplossingsrichtingen	9
5 Synthese en vooruitblik	11
Bijlage(n)	
A Verslag workshop 1 casus asfalt	A-1
B Verslag workshop 1 casus asfalt	B-1

1 Inleiding

1.1 Ten geleide

Voor het beoordelen en het ontwerpen van primaire waterkeringen is Nederland in 2017 overgestapt van de overschrijdingskansbenadering naar de overstromingskansbenadering. De beoogde doelmatigheid van de risicobenadering en de overstromingskansbenadering kan alleen benut worden als de overstromingskansen voor alle locaties en faalmechanismen in Nederland op een gebalanceerde manier worden beoordeeld. Om te voorkomen dat er onevenwichtige keuzes worden gemaakt, worden beleidsadviezen opgesteld en worden modellen voor het beoordelen en ontwerpen ontwikkeld. Helaas valt het rendement van investeringen in onderzoek en ontwikkeling nog te vaak tegen. Dat is niet alleen ondoelmatig, maar leidt ook vaak tot onbegrip, onvrede en discussie op de werkvloer van ontwikkelaars en hun opdrachtgevers.

In de praktijk blijkt dat het omgaan met onzekerheden in de keten 'metingen-invoer-model-resultaat' nog niet altijd evenwichtig gebeurt. De praktische invulling van de nieuwe benadering heeft te kampen met diverse hiaten en onvolkomenheden, die niet altijd voor iedereen zichtbaar zijn (soms zelfs niet voor sommige direct betrokkenen). Hierdoor is binnen Rijkswaterstaat ook de vraag ontstaan of Rijkswaterstaat nog voldoende kennisregie heeft op deze onvolkomenheden en afwegingen hierbij.

Rijkswaterstaat en Deltares hebben daarom het initiatief genomen voor het opstellen van een beknopte 'handreiking risicoanalyse' met als doelgroep onderzoekers, opdrachtgevers en kering-beheerders.

1.2 Doelstelling

Deze handreiking heeft de volgende doelstellingen:

- Opstellen van een diagnose van tekortkomingen van toets- en ontwerpinstrumentaria en onderliggende oorzaken, zowel voor proces als ook inhoud.
- Voorstellen van oplossingsrichtingen voor
 - Beheerders en ingenieursbureaus betrokken bij beoordeling, ontwerp en beheer van primaire waterkeringen;
 - Onderzoekers (ontwikkelaars van instrumenten);
 - Opdrachtgevers (van instrumentontwikkeling)
- Concretiseren aan de hand van praktisch voorbeelden, hoofdzakelijk uit de casus asfaltbekleding

Deze handleiding is geschreven als aanzet om de discussie op gang te brengen over hoe we de organisatie van kennis op het gebied van de beoordeling en ontwerp van primaire waterkeringen en gerelateerde beleidsstudies de komende jaren een stap verder kunnen brengen.

1.3 Totstandkoming

Deze handreiking is opgesteld op basis van een aantal workshops in 2016 en 2017. In 2016 zijn twee workshops gehouden met stakeholders van RWS-WVL (zie bijlage A en B). In die workshops is teruggeblikt op de voorgaande jaren waarin gewerkt is aan het nieuwe wettelijke beoordelingsinstrumentarium (WBI2017) en het ontwerpinstrumentarium (OI). Daarbij is geïnventariseerd waar de nieuwe methoden met succes zijn geïmplementeerd en waar verbeterpunten zijn.

De focus lag daarbij op de balans in de risico-keten, het inzichtelijk maken welke vraagstukken met WBI en OI beantwoord moeten worden en het omgaan met onzekerheden.

In 2017 is vervolg gegeven aan het onderzoek doormiddel van één workshop met onderzoekers en één workshop met beheerders. Om zo dicht mogelijk bij de praktijk aan te sluiten is in beide workshops gekozen om een casus uit te werken voor een bekleding van waterbouwasfaltbeton (WAB, kortweg 'asfalt' genaamd).

1.4 Leeswijzer

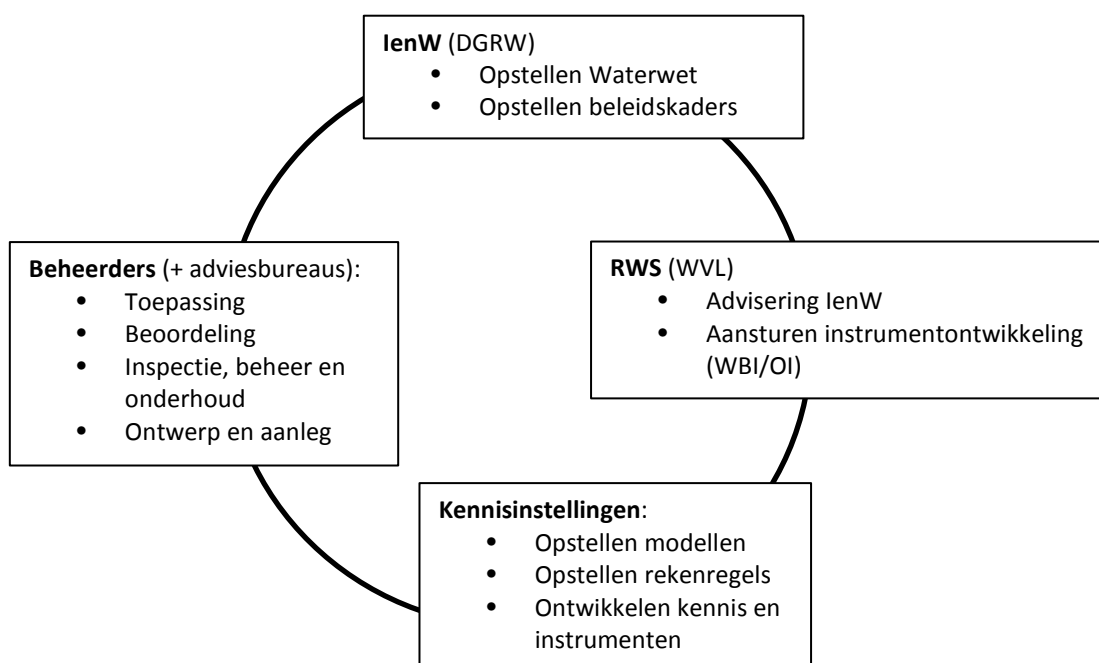
Hoofdstuk 2 geeft een overzicht van het proces van beheer, beoordeling en ontwerp en schetst de algemene samenhang in werkprocessen in relatie tot kennisontwikkeling. In Hoofdstuk 3 ("diagnose) worden tekortkomingen beschreven van de huidige invulling van de risicobenadering in de waterveiligheid. In hoofdstuk 1 worden oplossingsrichtingen aangedragen. Hoofdstuk 5 geeft de synthese en blikt vooruit op vervolgstappen om de aanbevelingen ook in de praktijk te doen landen.

2 Beoordeling, ontwerp en beheer van waterkeringen

Dit hoofdstuk geeft een beeld van de samenhang tussen de werkprocessen van het rijk en de waterschappen daar waar het gaat over het beheer, de (wettelijke) beoordeling en het ontwerp van primaire waterkeringen. Voor meer achtergrondinformatie wordt verwezen naar de Grondslagen voor Hoogwaterbescherming (2017) en de geactualiseerde Waterwet (2017).

2.1 Verantwoordelijkheden

De beoordeling en versterking (in het kader van HWBP) van primaire waterkeringen wordt georganiseerd door het ministerie van IenW en de waterschappen (zie Figuur 2.1). De Minister van IenW is systeemverantwoordelijk. Normen, rollen en verantwoordelijkheden zijn vastgelegd in de Waterwet. De Minister dient een beoordelingsinstrumentarium beschikbaar te stellen. RWS wordt gevraagd dit op te stellen en kennisvragen te beantwoorden. Hiertoe schakelt RWS kennisinstellingen in. De waterschappen (en RWS in beheerdersrol) zijn verantwoordelijk voor de waterkeringzorg en passen de wettelijke instrumenten toe ten behoeve van hun eigen werkprocessen en als grondslag voor (co)financiering van het Rijk voor dijkversterkingen binnen het HWBP. Binnen de Waterwet komen alleen dijkversterkingen in aanmerking voor subsidie vanuit het HWBP, en niet het beheer en onderhoud van de primaire waterkeringen.

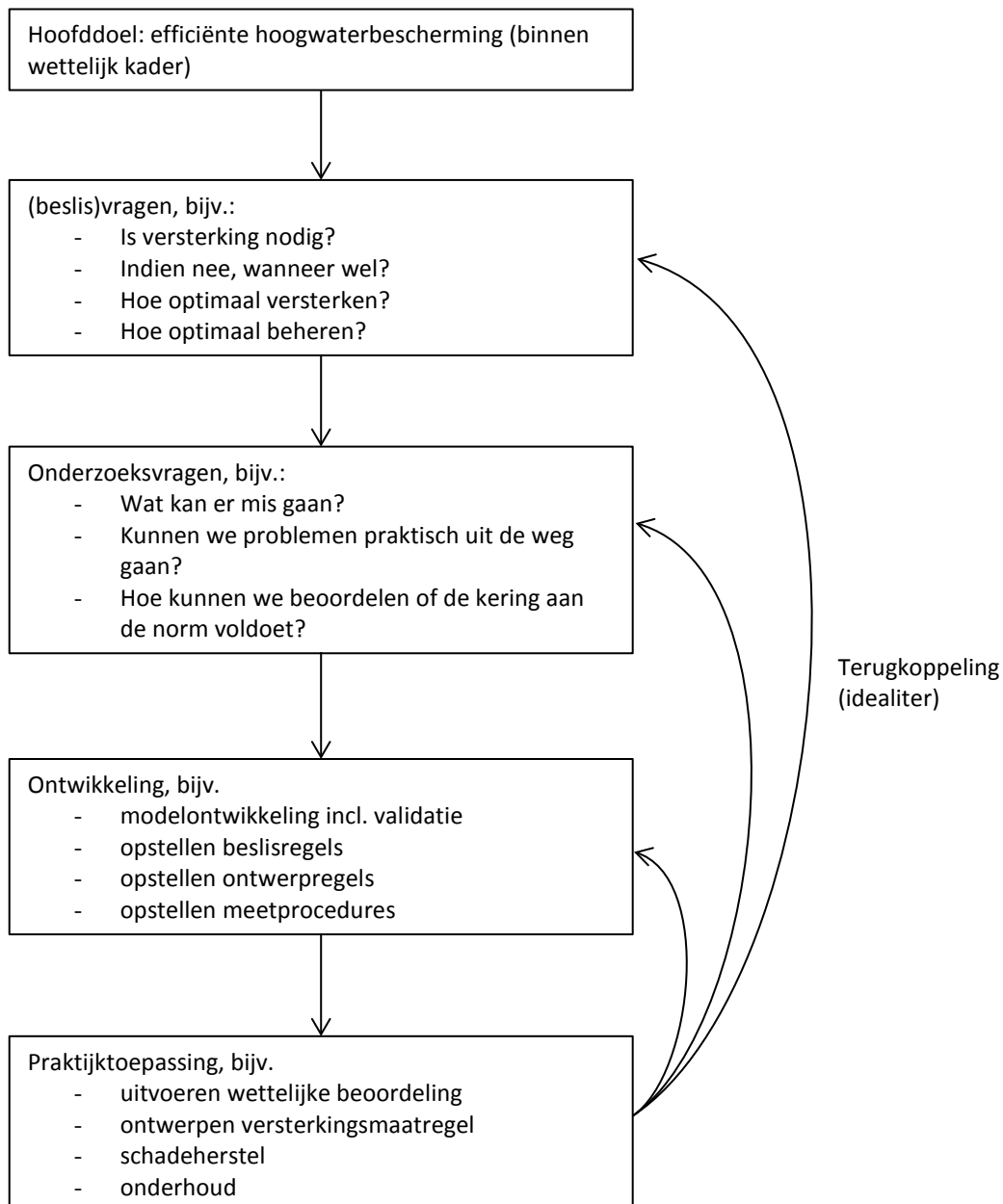


Figuur 2.1 Samenhang tussen organisaties en activiteiten bij de beoordeling en versterking van waterkeringen

2.2 Beslisvragen en kennisontwikkeling

In de kern staat de alliantie van rijk en waterschappen ten dienste van het hoofddoel: een efficiënte hoogwaterbescherming. Daartoe moeten voortdurend beslissingen worden genomen, zoals over het al dan niet treffen van maatregelen en het dimensioneren van versterkingen. Voor de beantwoording van deze beslisvragen is informatie nodig.

Om deze te leveren vindt onderzoek en ontwikkeling plaats. Idealiter wordt daarbij steeds de oorspronkelijke beslisvraag in het oog gehouden, maar in de praktijk blijkt dat vaak lastig. Het vergt terugkoppeling van gebruikers naar ontwikkelaars en opdrachtgevers. Zie Figuur 2.2 voor een schematisch overzicht van dit proces, met dien verstande dat er ook kennisontwikkeling door de beheerders zélf of in het kader van het HWBP plaatsvindt en beheerders nauw worden betrokken bij de beleidsvorming.



Figuur 2.2 Proces van kennisontwikkeling ten behoeve van efficiënte hoogwaterbescherming

3 Diagnose

Zoals aangegeven in de inleiding constateren we dat het rendement van investeringen in onderzoek en ontwikkeling ten behoeve van het beoordelen en ontwerpen van waterkeringen nog te vaak tegenvalt. Dit hoofdstuk beschrijft symptomen en oorzaken.

3.1 Vaak waargenomen symptomen

[1] De balans in de keten ontbreekt

De ketting is zo sterk als de zwakste schakel. Dat geldt voor dijken, maar ook voor de modellen waar deze mee beoordeeld en ontworpen worden. Er zijn diverse voorbeelden waar grote inspanningen zijn geleverd om een bepaald onderdeel van de modelketen nauwkeuriger te krijgen, terwijl de grootste onzekerheden of potentiële winsten juist ergens anders in de keten liggen. Ook zijn er voorbeelden bekend waar de aansluiting van onderdelen van de keten nog onvoldoende is.

Voorbeelden:

- In de beoordeling van de stabiliteit van asfalt onder golfaanval wordt gekeken naar het begin van scheurvorming. Tussen de kans op het begin van scheurvorming en een dijkdoorbraak door het bezwijken van het asfalt bestaat nog een groot verschil. Dat deel van het faalproces is echter niet opgenomen in het instrumentarium.
- In WBI wordt asfalt getoetst op "instabiliteit bekleding door golfklappen". Mede uit recente golfgootproeven blijkt dat dit niet altijd het belangrijkste faalmechanisme is. Het optreden van een hoge freatische lijn bleek bijvoorbeeld bepalend voor falen bij recente Deltagoot proeven. Het verdient dus aanbeveling om in toets en ontwerp rekening te houden met andere relevante mechanismen.
- Voor het falen van grasbekledingen van het binnentalud (toetsspoor GEKB) is op basis van veldproeven een nieuwe cumulatieve overbelastingbenadering afgeleid. Echter, voor een dergelijke benadering is geen belastingstatistiek beschikbaar, zodat weer moest worden teruggevallen op een beschrijving van de sterkte in termen van kritieke overslagdebieten.
- Voor bekledingen is er nog geen bevredigend belastingmodel, de als tijdelijk geïntroduceerde Q-variant wordt nog steeds gebruikt na bijna 20 jaar, terwijl de sterktemodellen steeds verder zijn verfijnd.

[2] Investeringen in grotere modelnauwkeurigheid blijken vaak niet effectief

Voor beleidsstudies kan over het algemeen volstaan worden met minder nauwkeurige modellen dan voor beoordeling en/of ontwerp. In de praktijk wordt toch vaak gekozen voor zoveel mogelijk dezelfde modellen, resulterende in rekenintensieve en weinig flexibele modellen(-treinen). Voor diverse beleidsstudies zou het een meerwaarde zijn als daar een "lightversie" van beschikbaar zou zijn. Dat vraagt uiteraard om een nieuwe modellentrein waarbij de modellen onderling consistent gemaakt moeten worden. Dat laatste is mogelijk één van de redenen waarom toch vaak wordt teruggevallen op de beschikbare rekenintensieve modellen.

Voor diverse toepassingen is het voldoende om aan te tonen dat de faalkans kleiner is dan drempelwaarde x , of dat de veiligheidsfactor groter is dan drempelwaarde y . In dat geval kan mogelijk veel inspanning bespaard blijven om de uitkomst "exact" te berekenen.

Voorbeelden:

- Ten behoeve van beleidsanalyses is het Deltamodel ontwikkeld. Het detailniveau en de complexiteit van het model ging echter verder dan strikt nodig is voor dergelijke analyses.
- Voor geotechnische faalmechanismen hoeft de belasting niet op de centimeter nauwkeurig bepaald te worden, omdat de onzekerheden in de sterkte veel groter zijn. Voor hoogte-gerelateerde mechanismen is de eis van nauwkeurigheid in belastingen groter. Toch wordt voor alle mechanismen eenzelfde nauwkeurigheid van de belastingmodellen verlangd. Een hybride aanpak (grof waar het kan, nauwkeurig waar het moet) lijkt nooit te worden overwogen.
- Het rekenen met geavanceerdere procesgebaseerde en/of 3-dimensionale sterktemodellen van de ondergrond levert alleen een grotere nauwkeurigheid op als de gegevens beschikbaar zijn om dergelijke modellen mee te voeden. Anders wordt modelonzekerheid slechts vervangen door parameteronzekerheid. Een goed voorbeeld hierbij is het model van Selmeijer waarmee het proces van piping wordt beschreven. Na jaren van modelontwikkeling spelen feitelijk nog steeds dezelfde discussies als pakweg 10 jaar geleden en bestaat er veel twijfel ten aanzien van de uitkomsten van het model. De heterogeniteit van de ondergrond is zó complex dat daarmee afbreuk wordt gedaan aan de voorspelkracht van een dergelijk proces-gebaseerd model dat onder geïdealiseerde laboratoriumcondities is afgeleid. Een “stap terug” in complexiteit in combinatie met het expliciet meenemen van onzekerheden is mogelijk doelmatiger.

[3] Verkeerde interpretaties van ruimtelijke schaafeffecten leiden tot fouten en onduidelijkheden

Modellen worden vaak ontwikkeld en gevalideerd onder uniforme laboratoriumcondities die afwijken van de condities die men in de praktijk tegen komt. In de werkelijke wereld is vaak sprake van lokale spreiding/heterogeniteit die van grote invloed is op de sterkte van een waterkering. Het is belangrijk dat duidelijk wordt omschreven hoe de modelinvoer (en uitvoer) moet worden geïnterpreteerd als de waarden van invoerparameters elke meter anders zijn. Ook de relatie met de meetmethode moet vastgelegd worden. Dat is echter nog lang niet altijd het geval.

Voorbeelden:

- Voor bijvoorbeeld het model ‘Wavelmpact’ voor asfaltbekledingen is het onduidelijk of de uitvoer van toepassing is op de schaal van een doorsnede, dijkvak of iets er tussenin. Dat heeft grote consequenties voor de berekende faalkans van een bekleding en bemoeilijkt de doorontwikkeling/validatie van het faalmechanismemodel op grond van proeven. Alleen als duidelijk is wat modeluitvoer voorstelt, is het namelijk mogelijk een model te verbeteren of te valideren.
- Iets vergelijkbaars geldt voor de modelinvoer van diverse andere modellen. De kansverdeling van een korreldiameter is anders op de schaal van een grondmonster (relatief grote spreiding) dan op de schaal van een dijk of duin (relatief kleine spreiding). Welke schaal is nu van belang voor het fysische proces en daarmee voor het model? Daar bestaat vaak veel onduidelijkheid over.

- In het model 'Wavelmpact' wordt uitgegaan van de statistiek van puntwaarnemingen van sterkte-eigenschappen. Scheurvorming kan beginnen bij een lokaal zwakke plek, maar voor doorgroei van de scheur zijn ook de sterkte-eigenschappen elders van belang. Gelet op de grote ruimtelijke variabiliteit (elke 10cm kan de sterkte anders zijn), is het de vraag met welke eigenschappen gerekend moet worden.

[4] Beschrijvingen van onzekerheden zijn niet realistisch

Door middel van kansen en kansverdelingen kan worden aangegeven hoe waarschijnlijk de mogelijke waarden van onzekere grootheden worden gevonden. Bij het definiëren van kans(verdeling)en zou het gezond verstand moeten prevaleren boven het ontzag voor complexe wiskunde. Een beschrijving van onzekerheden die niet realistisch wordt gevonden, is geen geschikte basis voor een probabilistische analyse.

Voorbeelden:

- De breuksterkte en de stijfheid van asfalt zijn sterk afhankelijk. In de praktijk wordt dat nog wel eens genegeerd, waardoor berekeningsresultaten een veel grotere bandbreedte krijgen dan realistisch is (resulterend in onterecht grote faalkansen). Door het Wetterskip is een praktische aanpak ontwikkeld om hier wel goed mee om te gaan, maar deze wijkt af van de standaard.
- Bij het gebruik van Wavelmpact zijn grenzen opgelegd aan de spreidingen van invoerparameters. In de praktijk worden datasets met een te grote spreiding soms gesplitst in datasets met kleinere spreidingen. Dat is een tamelijk willekeurige ingreep die wel van invloed is op het eindresultaat van de beoordeling.
- Onzekerheidsbanden van kansverdelingen van (extreme) belastingen kunnen relatief groot en onrealistisch zijn. Deze zijn doorgaans afgeleid op basis van zuiver statistische technieken die geen rekening houden met fysische begrenzingen. In extremis kunnen ondergrenzen van betrouwbaarheidsbanden rond waterstanden zelfs dalen bij toenemende herhalingstijden, hetgeen in strijd is met de wetten der logica.
- Generieke schattingen van modelonzekerheden kunnen voor bepaalde locaties onrealistisch uitpakken. Dit geldt bijvoorbeeld voor locaties met ondiepe voorlanden. Golven zijn daar beperkt in hoogte, datzelfde geldt dus voor de onzekerheid in de voorspelling van die golfhoogte. Extra probleem is dat de onzekerheden op dergelijke locaties juist extra hard doorwerken op het eindresultaat. Dit kan aanleiding geven tot onrealistisch hoge belastingen.

3.2 Onderliggende oorzaken

Terugblikkend op de afgelopen periode kan geconstateerd worden dat bij de prioritering en uitwerking van het onderzoek niet altijd de juiste keuzes zijn gemaakt. Dit zijn symptomen van onderliggend problemen:

[1] De regie op onderzoek en ontwikkeling (R&D) is zwak...

- Op kennisgebieden zijn natuurlijke kennismonopolies ontstaan. RWS kan de regie (vb: piping regisseur) in de praktijk niet waar maken door afhankelijkheid van deskundigen die de verbeterpunten agenderen en als enige de oplossing kunnen aandragen.
- De ideale feedback-loop voor regie over de kennisketen (zie pagina 4) vindt niet plaats of hooguit op basis van toevallige relaties.

- De systematiek van systeemgerichte contractbeheersing, requirements en harde deadlines laat te weinig ruimte voor reflectie en beschouwing voor de gehele keten. “Zijn we met z’n allen bezig om het toetsspoor als geheel een stap verder te brengen, of ligt de focus op deel-requirements”?

[2] ... maar regie is wel nodig ...

- Inhoudelijke deskundigen zijn vaak deskundig op een bepaald onderdeel van een bredere (model)keten en derhalve niet van de keten als geheel. Ook worden zij in hun werk vaker geconfronteerd met de bijzondere gevallen dan met de grote gemene deler. Daarnaast is het onderzoekers eigen om hun eigen modellen verder te willen brengen.
- De toepassers van instrumenten (bijv. beheerders, toetsers, ontwerpers) zijn vaak beperkt betrokken bij R&D. Tegelijkertijd zijn de opstellers of opdrachtgevers van R&D vaak beperkt betrokken bij de toepassing.
- Vaak wordt gekozen voor doorontwikkeling van bestaande modellen “omdat die nou eenmaal beschikbaar zijn”. Daarbij wordt soms de vraag uit de weg gegaan of daarmee de belangrijkste processen beschreven zijn en of niet op een eenvoudigere/efficiëntere manier de benodigde (beslis)informatie is te verkrijgen.

**[3] zeker omdat Instrumenten worden toegepast in een ‘rule-based’
cultuur/werkpraktijk**

- Modeluitkomsten worden vaak als ‘leidend’ gezien, zelfs als modeluitkomsten onverenigbaar zijn met waarnemingen uit het veld. Dit stelt onmogelijk hoge eisen aan instrumenten/R&D. Het is immers praktisch onmogelijk om instrumenten te ontwikkelen die aan alle omstandigheden recht kunnen doen.

4 Oplossingsrichtingen

In dit hoofdstuk geven we alternatieve oplossingsrichtingen ten behoeve van de toekomstige ontwikkeling van instrumentaria voor beoordeling en ontwerp. De aangedragen oplossingsrichtingen zijn vooral procesmatig van aard, gericht op de onderliggende oorzaken uit paragraaf 3.2. De opsommingen zijn niet uitputtend. Ze zijn bedoeld voor gedachtenvorming en discussie. Daarom is steeds onderscheid gemaakt tussen oplossingsrichtingen die passen binnen de bestaande kaders en oplossingsrichtingen die daar niet binnen passen en om die reden mogelijk controversiëler zijn.

[1] Versterken van de regie op het gebied van R&D

Mogelijkheden binnen de bestaande kaders:

- Zorg voor meer continuïteit en capaciteit in de personele sfeer aan opdrachtgeverszijde. Veel projectleiders van RWS beheren een dossier hooguit enkele jaren en doen dit zelfstandig, terwijl de Deltares counterparts vaak juist jaren lang op hun plek zitten. Dat zorgt voor onbalans. Zet meer dan één projectleider op een dossier (toetsspoor) om de blik te verbreden en de continuïteit te vergroten.
- Betrek RWS ook inhoudelijk bij onderzoek, ontwikkeling en gebruikerstests om het gevoel bij de materie te vergroten (vgl. met “RWS ontwerpt”).
- Schakel positief-kritische “luis-in-de-pels” in die nauw betrokken is bij het ontwikkelproces (ENW wordt vaak meer achteraf ingeschakeld). Deze persoon kan o.a. in de gaten houden of alles niet onnodig complex wordt.

Buiten de bestaande kaders:

- Deel het opdrachtgeverschap voor onderzoek en ontwikkeling met de partij die daar direct baat bij heeft, zoals een waterschap.
- Pak onderzoek en ontwikkeling in alliantievorm op, waarbij eindgebruikers en onderzoekers samen optrekken en de grens tussen opdrachtgevers en opdrachtnemers vervaagt.

[2] Vergroten van het rendement van R&D

Mogelijkheden binnen de bestaande kaders:

- Stel voorafgaand aan onderzoek en ontwikkeling een overzicht op van de zwakke schakels in de keten van ruwe data tot de benodigde beslisinformatie (bijv. per toetsspoor: de keten van ruwe data naar toetsoordeel of dijkontwerp). Betrek daar de eindgebruikers bij. Zorg dat elk R&D-voorstel past binnen deze ketenbeschouwing.
- Organiseer externe reviews, bij voorkeur buiten Nederland, om “hokjes-denken” tegen te gaan en alternatieve werkwijzen in beeld te krijgen/te houden.
- Zorg voorafgaand aan modelontwikkeling dat duidelijk is op welke wijze modelonzekerheden en de in de praktijk aanwezige heterogeniteit meegenomen zullen worden. Verborgene veiligheidsrisico's zijn dan makkelijker te vermijden. Ga “vervelende” vragen hierover niet uit de weg.
- Durf te kiezen voor een nieuwe aanpak en/of nieuw model als duidelijk wordt dat de bestaande aanpak op een dood spoor zit. Ga slecht-nieuws gesprekken daarover niet uit de weg.

- Schrijf een probabilistische-analyse niet direct af bij onrealistische uitkomsten; deze zijn waarschijnlijk het gevolg van onjuiste invoer en/of een bias in de beschrijving van de fysica. Een gedegen probabilistische analyse is iteratief van aard. De probabilistische analyse kan pijnpunten blootleggen die in een deterministische aanpak onzichtbaar blijven. Probeer dat als iets positiefs te beschouwen in plaats van “onnodig lastig”.
- Creëer een omgeving waarin optimaal gebruik gemaakt wordt van ‘lessons-learned’. Voor de beheerder/toetsers betekent dit: rapporteer alle in de praktijk voorgekomen situaties die niet verwerkt kunnen worden in de bestaande toetsregel. RWS: biedt een gremium waarin die gegevens goed worden opgeslagen en meegenomen in werkplannen van de onderzoekers (wellicht is dit op te lossen door nog beter benutten van de helpdesk).

Buiten de bestaande kaders:

- Vergroot de concurrentie in de “R&D-markt”.

[3] Doorbreken van de ‘rule-based’ cultuur

Mogelijkheden binnen de bestaande kaders:

- Wees selectiever bij het uitbrengen van instrumenten en richtlijnen. Zorg dat de uitstraling past bij de beoogde toepassing.
- Maak duidelijker hoe een toets op maat (ToM) doorlopen kan worden voor een faalmechanisme zoals piping om de drempel voor de ToM te verlagen.
- Beoordeel toetsresultaten en subsidieaanvragen/ontwerpen steviger op hun technisch-inhoudelijke merites.

Buiten de bestaande kaders:

- Herzien het beoordelingsproces: maak het minder vormvast, biedt nog wel instrumenten aan maar stel vooral eisen aan het resultaat van de beoordeling.
- Organiseer externe/onafhankelijke kwaliteitsborging binnen/tijdens het toetsproces in plaats van achteraf.
- Bouw meer prikkels in, financieel of anderszins, om de toets op maat uit te voeren (momenteel wordt dijkversterking voor 90% gefinancierd vanuit HWBP, dat geeft de beheerder wellicht onvoldoende motivatie om scherper te beoordelen).

5 Synthese en vooruitblik

De waarnemingen en adviezen in dit rapport zijn vanzelfsprekend voor rekening van de auteurs. Deze zijn gebaseerd op de eigen ervaringen en waarnemingen en op basis van de input die tijdens de vier workshops zijn geleverd. We hebben hierin compleetheid nagestreefd, maar hebben tegelijkertijd beoogd om het verhaal bondig te houden.

Uiteraard heeft het schrijven van een handreiking alleen zin als deze gelezen en gebruikt wordt door degenen aan wie de adviezen bedoeld zijn. Daar ligt nog wel een uitdaging, omdat het een relatief brede groep van mensen betreft. We zullen deze handreiking daarom stapsgewijs proberen te laten landen en onderweg zoveel mogelijk 'ambassadeurs' inschakelen. De eerste stap zal zijn om het gesprek aan te gaan met de projectleiders van het WBI bij DGRW (Anouk te Nijenhuis), RWS-WVL (Alex Roos, Robert Slomp) en Deltares (Annemargreet de Leeuw, Han Knoeff). Tevens gaan we het gesprek aan met de beheerders via het Kennis & Kunde Platform (Petra Goessen). Hoe dit stuk daar landt geeft mede sturing aan hoe we vervolg kunnen geven aan dit werk. Daarbij denken we bijvoorbeeld aan het organiseren van vergelijkbare workshops als we gedaan hebben voor asfaltbekleding voor andere toetsporen.

A Verslag workshop 1 casus asfalt

Deze bijlage beschrijft het bespreekverslag van de eerste workshop over asfaltbekleding; gehouden op 3 oktober 2017. Het was een sessie met “onderzoekers” van o.a. Deltares en KOAC-NPC over het ontwikkelde instrumentarium. Aanwezig waren:

Arjan de Looff (Kiwa-Koac)
 Harm Rinkel (RWS-WVL)
 Niels Roode (RWS-WVL)
 Labrujere, Astrid (WVL)
 Mark Klein Breteler (Deltares)
 Wouter Jan Klerk (Deltares)
 Alfons Smale (Deltares)
 Ruben Jongejan (Jongejanrmc)
 Ferdinand Diermanse (Deltares)

 Om de toetsing voor asfaltbekleding uit te kunnen voeren zijn voor de beheerder de volgende documenten en software aangeleverd:

- Mechanisme-model ‘WaveImpact’ (voorheen ‘GolfKlap’)
- Gekalibreerde semi-probabilistische toetsregel
- Schematiseringshandleiding
- Hydraulische belasting op basis van ‘Q-variant’
- Eenvoudige toets (voor opdrukken van asfalt)

Faalmechanisme “instabiliteit door golfklappen”

In het WBI worden asfaltbekledingen getoetst op de faalmechanismen “wateroverdrukken” en “instabiliteit bekleding door golfklappen”. Voor het eerstgenoemde mechanisme is geen software beschikbaar gesteld. Over dat model van “instabiliteit bekleding door golfklappen” wordt het volgende vastgesteld:

- Volgens het huidige model leidt het begin van de vorming van 1 scheur in het asfalt al tot afkeuren van de bekleding, hoewel er dan nog geen sprake is van een overstroming. Dat is een conservatief uitgangspunt. In de praktijk gaat het pas mis als er sprake is van een significant gat in de asfaltbekleding is ontstaan, waardoor het onderliggende zand kan uitspoelen. Golfgootproeven laten zien dat er nog wel de nodige tijd zit tussen het begin van scheurvorming en het ontstaan van een significant gat.
- Goed/nieuw asfalt is naar verwachting goed bestand tegen golfklappen gedurende een storm. Problemen ontstaan dus pas bij slechte kwaliteit (verouderd) asfalt
- Niet alle golven geven een klap op het asfalt, daar wordt in WBI geen rekening mee gehouden.

- Het totale aantal golven tijdens een storm is een belangrijke variabele in het model. Er wordt uitgegaan van een standaard storm met een standaard aantal klappen per storm op het asfalt die cumulatief optellen. De onzekerheid in deze variabele wordt niet meegenomen. Uitgaande van de belangrijkste uitgangspunten in de overstromingsbenadering (belangrijkste onzekerheden expliciet meenemen) zou dat feitelijk wel moeten.
- Het faalmodel van de gedetailleerde toets is volgens de ENW alleen geldig bij golven onder de 3 m. Alles boven 3 m Hs vraagt om een 'toets op maat' (ToM)

Overige faalmechanismen

Mede uit recente golfgootproeven blijkt dat "instabiliteit bekleding door golfklappen" niet altijd het belangrijkste faalmechanisme is. Het optreden van een hoge freatische lijn bleek bijvoorbeeld bepalend voor falen bij recente Deltagoot proeven. Het verdient dus aanbeveling om in toets en ontwerp rekening te houden met andere relevante mechanismen.¹

De belangrijkste faalmechanismen voor asfaltbekleding zijn:

- 1) instabiliteit bekleding door golfklappen, vooral in combinatie met een verouderde bekleding (AGK);
- 2) falen door vervorming/'vloeien' van de ondergrond (in de WBI-faalboom is dit een deelmechanisme van AGK);
- 3) falen door wateroverdruk (AWO).

Opmerkingen:

- Het is mogelijk niet reëel te verwachten dat langs de kust een hoge freatische lijn optreedt die aanleiding tot falen geeft. NB, deze mening wordt niet door iedereen gedeeld. (nabrand van AdL: Er zijn langs de kust veelal buitendijkse verzwaringen in zand toegepast waarbij het asfalt direct op het zand is geplaatst. Als dit zand in direct contact staat met de zandige ondergrond en er geen afsluitende lagen tussen zitten, is juist wel een hoge freatische lijn te verwachten).
- Er is in 2008 een sessie gehouden waarbij een uitgebreide foutenboom voor asfaltbekleding is afgeleid. **Mark** en **Arjan** proberen de foutenboom die toen is vastgesteld op te sporen.
- Het falen bij een hoge freatische lijn kan wellicht ook optreden bij een hoge kwaliteit asfalt. Falen van asfalt is dus eigenlijk niet eenvoudig weg te redeneren met goede kwaliteit asfalt. Probleem is dat dat in de huidige setting aanleiding geeft tot een veel voorkomende toevlucht tot ToM.

Tijdigheid van vervanging

- Volgens de eenvoudige toets uit het WBI is asfalt de eerste 30 jaar vrijwel zeker in orde. NB, dit staat niet expliciet vermeld in WBI. Daarna (30,40 of 50 jaar) wordt het onzeker ('grijs gebied'). Uitstel van vervanging is relevant met het oog op kosten

¹In de beoordeling wordt hier rekening mee gehouden in de toepassingsvoorwaarden voor de gedetailleerde toets. Rekenmodel is niet toepasbaar bij een verhoogde freatische lijn, zie pag. 52 van bijlage III WBI2017. Er is echter nog geen richtlijn die voorschrijft wat te doen indien een verhoogde freatische lijn kan worden verwacht.

- Voor asfaltbekleding is het van belang om een tijdig signaal (10 jaar vooraf) te krijgen dat het asfalt vervangen moet worden. Het verkrijgen van een dergelijk signaal stelt andere eisen aan het model dan het bepalen van een faalkans. Dat is mede de reden waarom de overstap naar de overstromingsbenadering voor dit toetspoot zo lastig is.
- Als het voldoende zou zijn om tijdig een signaal voor vervanging te krijgen, dan roept dit de vraag op: “*is de nieuwe benadering (overstromingskans) niet onnodig complex voor dit dossier?*” Aandachtspunt is dan wel dat de noodzaak van vervanging in de overstromingskansbenadering afhankelijk is van de kans op de overstroming door het bezwijken van de asfaltbekleding. Naarmate een grotere precisie nodig is om te kunnen bepalen wanneer asfalt vervangen moet worden, is een beter inzicht in de faalkans van het asfalt nodig.
- Vervanging (of overlagen) van asfalt is vaak een actie op zich, dwz het gebeurt in de regel niet omdat de dijk al op de schop moet. Dat zou er ook voor kunnen pleiten om asfalt buiten de (semi-)probabilistische benadering te houden.
- Het is zelfs te overwegen om asfalt uit de beoordeling te halen (NB, enkele aanwezigen zijn het hier niet mee eens). In dat geval is het veel meer een kwestie van goed onderhoud. B&O en WBI zijn formeel gescheiden, in de praktijk zou dit nauw verweven moeten zijn voor dit toetspoot.

Belangrijkste onzekerheden

1) *Faalmechanisme “instabiliteit bekleding door golfklappen”:*

(vetgedrukt de allerbelangrijkste)

- Aantal golven (stormverloop en positie van de waterstand tov de bekleding)
- % golven met klap
- Invloed bodemdiepte op golven
- SWAN
- Invloed model onzekerheden.
- schematisatie to driehoekige golfklapbelasting
- Prob model Q-variant
- Degradatiemodel
- **Model (scheurvorming)/faaldefinitie**
- Beperkt aantal waarnemingen buigsterkte
- Correlatie buigtreksterkte + elasticiteitsmodulus
- Negeren oneffenheden oppervlak
- Heterogeniteit/schaal
- **Beperkt aantal metingen “falen”**

Op vergelijkbare wijze moeten onzekerheden nagelopen worden voor de andere twee faalmechanismen:

- 2) falen door vervorming van de ondergrond
- 3) falen door wateroverdruk

(Overige) kennisvragen

- Is het efficiënt om in het ontwerp overal geotextiel of een granulaire laag aan te leggen onder het asfalt? Dat zou mogelijk de faalkans significant kunnen reduceren. NB, Dit is een van de onderwerpen die binnen het POV-Waddenprogramma gaat worden opgepakt.
- Over het levensduur model/degradatiemodel bestaat het gevoel dat daar "veilige lijntjes" worden gebruikt. De (grote) mate van conservatisme kan wellicht gereduceerd worden met gootproeven.
- De sterkte/weerstand van asfalt kan binnen 1 m al sterk variëren. Dat heeft tot gevolg dat de 5% slechtste waarde in bijna elke doorsnede voorkomt. Hoe daar mee om te gaan is nog een "witte vlek". NB dit geldt vooral voor ouder asfalt, bij nieuw asfalt (<=30 jaar) is de sterkte veel meer uniform.
- Daarmee samenhangend: moet je de hele bekleding vervangen of alleen de zwakke plekken? Bij optie 2, hoe lang levert dit uitstel op? Deze vraag kan nu nog niet beantwoord worden. Nu wordt altijd gekozen voor optie 1 omdat optie 2 veel naden in de golfklapzone zou opleveren en dit zijn per definitie zwakke plekken.
- Belasting en tijdsduur lijken soms wat subjectief gekozen, daar zijn mogelijkheden voor verbeteringen.

Vooruitblik/Lessons learned

- We zijn met asfalt nog niet klaar voor de overstromings-benadering.
- Fysica en onzekerheden zijn teveel "afzonderlijk" toegepast, had idealiter meer integraal gemoeten. Nu hebben we een gekalibreerde regel voor de gedetailleerde beoordeling waarvan we niet geloven dat deze een correct beeld geeft van het al dan niet voldoen aan de overstromingskansen.
- Uitkomsten van het asfaltmodel zijn moeilijker te ijken dan voor steen wegens kleiner aantal golfgootproeven. Verder geldt dat asfalt boven het niveau van het gemiddelde hoogwater ligt, er zijn dus nauwelijks praktijkgevallen bekend van schades door golfklappen.
- In de uitvoering van het WBI/OI zijn er verschillende aspecten die de broodnodige iteratieve verbeterlagen in de weg zitten, zoals de indeling in deelprojecten, "hokjesdenken" en de inflexibiliteit van requirements. Dit geeft ook aanleiding tot "probabilistiek als sausje achteraf", terwijl dat juist integraal onderdeel zou moeten zijn van het programma.
- Het zou goed zijn om regelmatig een "brede sessie" te houden waarin alle gevraagde expertise voor het opstellen van een toetsspoor/ontwerpspoor bij elkaar komt om de hele keten van metingen, mensen en modellen na te lopen op balans en consistentie. De kernvraag van een dergelijke sessie moet zijn: "waar heeft de BV Nederland het meeste baat bij?"
- Veel asfaltbekledingen stammen uit de jaren 60, 70, 80. De laatste 15 jaar is er niet veel vervangen. De komende jaren zal er dus mogelijk een grote vervangingsopgave aankomen. Dit maakt het belangrijker om een beter inzicht te krijgen in de faalkansprestaties van ouder asfalt.
- In de praktijk wordt in de toetsing vaak een veilige/conservatieve waarde als centrale schatting gebruikt van een onzekerheidsanalyse. Dit leidt tot bovenmatig conservatisme omdat daarmee dubbelop invulling gegeven wordt aan het 'omgaan met onzekerheden'. Hier kan de handreiking mogelijk uitkomst bieden.

B Verslag workshop 1 casus asfalt

Deze bijlage beschrijft het bespreekverslag van de tweede workshop over asfaltbekleding; gehouden op 7 november 2017. Het was een sessie over praktijkcases met uitvoerders van betrokken waterschappen en ingenieursbureaus van de beoogde cases (Waddenzee-dijk Friesland en Eems/Dollard). Aanwezig waren:

Andre Zijlstra (Wetterskip Fryslan)
Paul Buring (Wetterskip Fryslan)
Jan Wolters (Wetterskip Fryslan)
Bert De Wolff (Noorderzijlvest)
Harm Rinkel (RWS-WVL)
Niels Roode (RWS-WVL)
Ruben Jongejan (JongejanRMC)
Ferdinand Diermanse (Deltares)

Ervaringen met modellen en toetsregels

- GolfKlap: je moet kunnen aantonen dat er geen water onder je asfalt komt. Hoe doe je dat? Dat kun je bijna niet hard maken, omdat er onder het asfalt in de regel een open constructie ligt (om water weg te laten lopen), maar bij een hoge buitenwaterstand kan het water daardoor ook weer onder het asfalt stromen
- Levensduurmodel: uitkomsten komen goed overeen met verwachtingen. Desondanks is het aan te bevelen om te blijven meten. Of in elk geval een nulmeting uit te voeren na aanleg, dan heb je altijd een referentie.
- Ontwerp kun je meer naar de hand zetten dan toetsing/beoordeling. Je kunt het ontwerp zó kiezen dat het goed aansluit bij bestaande toetsregels. Bij toetsen van bestaande keringen heb je niet zo veel sturing. Gevolg: OI vaak makkelijker toe te passen dan WBI.
- De LCC benadering staat nog een beetje in kinderschoenen en wordt slechts ten dele toegepast. Het feit dat er voor B&O geen subsidie is uit HWBP stimuleert het gebruik van LCC ook niet echt.
- De behoefte aan meer vuistregels wordt uitgesproken, de rekenmodellen worden als complex ervaren. Kleine variaties in gevoeligheidsanalyses laten soms vreemde sprongen in uitkomsten zien.

Repareren of vervangen?

- Asfalt ligt vaak op opgespoten zand, als een scheur ontstaat, gaat het snel mis.
- Is een gedicht gat even sterk als de rest van het asfalt? Het beeld is dat dat wel het geval is.
- Wat is dan efficiënter, repareren of vervangen?
- Het aantal scheuren dat per jaar ontstaat is mogelijk min of meer constant, d.w.z. neemt dus niet sterk toe als gevolg van veroudering. De lappendeken wordt in de loop der tijd uiteraard wel steeds groter.
- Is er voldoende "incentive" om vervanging uit te stellen? 90% subsidie vanuit HWBP lijkt daar in elk geval niet positief aan bij te dragen. Desondanks bestaat niet het beeld dat dit leidt tot onnodig snel vervangen.

- De standaardprocedure is: 1 keer in de 12 jaar een slijtlaag aanbrengen. Is dat nog wel nodig met huidige kwaliteit asfalt?

Omgaan met onzekerheden

- Praktijkvoorbeeld met asfaltbekleding:
 - uit proeven/berekeningen van KOAC kwam naar voren dat het asfalt sterker was geworden (contra-intuïtief)
 - Er waren slechts 8 steekproeven uitgevoerd, de factor “toeval” speelde een grote rol. (KOAC-procedure).
 - Vervolgens zijn 32 nieuwe steekproeven opgedeeld in twee clusters (“goede kwaliteit” en “slechte kwaliteit”) met als doel om de variatiecoëfficiënt te verkleinen. Dat voelt niet als de correcte manier van omgaan met onzekerheden.
 - De veiligheidsfactor is berekend op basis van de 5% waarden van (lage) sterkte en (hoge) stijfheid. Echter, sterkte en stijfheid zijn gecorrigeerd, dus het gezamenlijk voorkomen van deze twee waarden is zeer onwaarschijnlijk. Het Wetterskip heeft bij een berekening voor elastocoast (waar correlatie tussen sterkte en stijfheid ook een rol speelt) een alternatief toegepast waarin wel netjes rekening gehouden wordt met de correlatie. Dit leidt duidelijk tot een andere uitkomst dan wanneer van de sterkte en stijfheid de onder- en bovengrens wordt gehanteerd.
- Dijken ontwerpen op een manier dat ze uitbreidbaar zijn wordt genoemd als doelmatig middel om bovenmatig dure ontwerpen te omzeilen.

Invloed nieuwe normering

In hoeverre is de nieuwe normering c.q. de overgang van overschrijdingskans naar overstromingskans van invloed op het ontwerp?

- Bij Noorderzijvest heeft de nieuwe normering geleid tot een andere berekende ontwerphoogte van de overgang hard (asfalt) naar zacht (gras). Dit heeft te maken met het feit dat de overstromingsbenadering leidt tot een strengere veiligheidseis op doorsnedeniveau. Voor de dijkversterking Eemshaven-Delfzijl had dit geen gevolgen omdat de aannemer besloten had om de harde bekleding door te trekken tot aan de kruin.
- Het nieuwe WBI (en daarmee OI) heeft veel nieuwe rekenmodellen gebracht die aanleiding geven tot impact in termen van uitkomsten en ook van benodigde inspanning (bijv. Ongedraineerd rekenen)

Recente ervaringen met ontwerp bij Noorderzijvest

- Ontwerpfase dijkversterking Eemshaven-Delfzijl is nu afgerond. In April 2018 wordt gestart met de aanleg van 12 km dijk. Er is gebruik gemaakt van waterbouwasfalt in het ondertalud en de buitenberm en open steenasfalt in het boventalud.
- In januari 2018 start de verkenning van de ontwerpfase van de Lauwersmeerdijk. Op de Lauwersmeerdijk is veelvuldig sprake van slechte kwaliteit asfalt (“valt uit elkaar”)
- Voor het ontwerp van de asfaltbekleding van de dijk bij Eemshaven-Delfzijl zijn KOAC en Deltares betrokken. Zij hebben een kennisleemte gedicht; in versie 4 van het OI waren nl. niet alle typen asfaltbekleding opgenomen (o.a. open steenasfalt).

- Het ontwerp is aan de veilige kant gemaakt. Er is gerekend met de beschikbare modellen (in die zin: positieve ervaring met beschikbare modellen). Waar 2 modelopties voorhanden waren is de grootste dikte gekozen. Desondanks resulteert dit soms nog steeds in relatief dunne ontwerpdiktes; er bestaat twijfel of dit voldoende robuust is.
- Er is gekozen om geotextiel onder open steenasfalt aan te leggen (niet onder waterbouwasfalt)
- Probleem met geotextiel in het ontwerp: hoe toon je na x jaar aan dat het er nog ligt in goede staat? Dat is nog een kennisleemte.

Ervaringen met overige toetsporen

Hoewel deze workshop over asfaltbekledingen ging, zijn terloops ook andere toetsporen aan bod gekomen. De opmerkingen die daarover gemaakt zijn, zijn in veel gevallen breder van toepassing en zijn daarom relevante input voor de beoogde handreiking

Steentoets

- Het model is in de loop der jaren steeds complexer gemaakt
- Resultaten komen soms niet overeen met eigen ervaringen. Voorbeelden:
 - Afkeuren op basis van Steentoets bij maatgevende waterstand die in de praktijk al 10 keer is opgetreden
 - Afkeuren van blokken die met trekproeven niet los te trekken zijn
- Dat laatste roept de vraag op: moet het model niet toestaan dat de uitkomsten van trekproeven ingevoerd kunnen worden in het model, ipv dat de sterkte wordt uitgerekend?
- Uiteindelijk is in de toetsing toch gekozen voor de uitkomsten van het model. Gevolg: waarschijnlijk te vroeg vervangen van de bekleding (“met pijn in het hart”)
- Dit roept de vraag op: “hoe en waar kun je deze praktijk-inzichten kwijt in het proces? Zijn we niet te veel gefocust op modellen?”
- De praktijk wijst uit dat een steenbekleding aan kracht kan winnen in de loop der tijd. Dat zit niet in het model.
- Water trekt in de praktijk soms niet of nauwelijks weg in de voegen tussen oude steenzettingen (goed te zien bij afgaand tij). In de modellen wordt gerekend met drukverschillen onder en boven de blokken, maar het is de vraag hoe makkelijk deze drukverschillen nog optreden bij oude steenzettingen i.v.m. de doorlatendheid van de voegen.

Grasbekleding

- Gras in Golfklapzone: het model gaat tot talud 1:3, het talud van sommige dijken van het Wetterskip is 1:8.
- De dikte van de kleilaag in het model gaat tot 0.5 m, in de praktijk ligt er soms wel 1.5 m. Dus moet teruggevallen worden op de Toets op Maat wanneer men de extra dikte van de kleilaag wil meenemen in de beoordeling.

Macrostablieit

- Overstap naar ongedraineerd maakt dat oude metingen geen waarde meer hebben en dat dus nieuwe en dure meetcampagnes nodig zijn.

Quick wins

- Momenteel is in het OI niets opgenomen over open steenasfalt (OSA), dat is een gemis. Ten behoeve van de dijkversterking Eemshaven-Delfzijl is een ontwerp gemaakt voor dit type asfaltbekleding, dat zou gebruikt kunnen worden bij het opstellen van een nieuwe OI.
- Ook voor breuksteen is momenteel niets opgenomen in het OI, een vergelijkbare actie als voor OSA ligt hier voor de hand.
- Te hanteren ruwheden voor golfoploop: er zit een fout/inconsistentie in de leidraad.
- Er is geen formele feedbackloop gekoppeld aan de Toets op Maat, d.w.z. er is geen formele actiehouders of procedure die er zorg voor draagt dat "lessons learned" in het WBI landen. Gevolg: mogelijk wordt het wiel meerdere keren uitgevonden en/of worden onnodig complexe en tijdrovende beoordelingen uitgevoerd. Het zou goed zijn een dergelijke feedbackloop in te bouwen.