

COMMUNICEREN VAN STATISTISCHE INFORMATIE OVER ONZEKERHEID IN HET TACTISCH-STRATEGISCHE WATERKWANTITEITSBEHEER



RAPPORT

2017
21



COMMUNICEREN VAN STATISTISCHE INFORMATIE OVER ONZEKERHEID
IN HET TACTISCH-STRATEGISCHE WATERKWANTITEITSBEHEER

RAPPORT

2017

21

ISBN 978.90.5773.745.9



stowa@stowa.nl www.stowa.nl

TEL 033 460 32 00

Stationsplein 89 3818 LE Amersfoort

POSTBUS 2180 3800 CD AMERSFOORT

Publicaties van de STOWA kunt u bestellen op www.stowa.nl

COLOFON

UITGAVE Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer
Postbus 2180
3800 CD Amersfoort

AUTEURS

Martin Knotters (Alterra, Wageningen Research)
P. Marijn Poortvliet, Joël Verstoep, Jiska van Wijk & Petra Bergsma (Wageningen University)

DRUK Kruyt Grafisch Adviesbureau
STOWA STOWA 2017-21
ISBN 978.90.5773.745.9

COPYRIGHT Teksten en figuren uit dit rapport mogen alleen worden overgenomen met bronvermelding.

DISCLAIMER Deze uitgave is met de grootst mogelijke zorg samengesteld. Niettemin aanvaarden de auteurs en de uitgever geen enkele aansprakelijkheid voor mogelijke onjuistheden of eventuele gevolgen door toepassing van de inhoud van dit rapport.

TEN GELEIDE

Waterbeheerders zijn continue bezig om het waterbeheer zo effectief en efficiënt mogelijk uit te voeren. Om doelmatige beslissingen te kunnen nemen hebben waterschappen voortdurend informatie nodig over de toestand van het watersysteem in hun beheergebied. Hiervoor wordt gemonitord, onderzoek gedaan, worden (model)berekeningen gemaakt en worden op basis daarvan adviezen voor investeringen voorgelegd aan het bestuur. De basis van deze adviezen is geen hard cijfer, maar een getal omgeven dat omgeven is met inschattingen en onzekerheden. Zo bestaat dé opgave voor wateroverlast in de vorm van een hard getal in kubs of hectaren niet, maar is dit een inschatting met een bepaalde onzekerheid, zeker als om lange tijdsperioden tot 2050 gaat.

In deze studie is onderzocht hoe over onzekerheden gecommuniceerd wordt richting bestuurders, met als casus de wateropgave voor wateroverlast. Duidelijk is geworden dat kwantitatieve informatie inclusief de (statistische) onzekerheid ‘verdwijnt’ in de communicatie tussen hydrologen en beleidsmedewerkers richting hun bestuur. Veelal wordt met het bestuur niet over onzekerheden en de mogelijke consequenties daarvan gecommuniceerd.

Met twee voorbeelden is geïllustreerd dat het kan lonen om kennis over onzekerheden mee te nemen in de besluitvorming. Dit is echter geen sinecure: statistische informatie is moeilijk te communiceren en te interpreteren. Hydrologen en beleidsmedewerkers moeten een weg vinden om hun bestuurders zinvol te informeren over onzekerheden waarop het bestuur haar beslissingen moet nemen. In een vervolg studie kan gekeken kunnen worden of hiervoor een werkwijze ontwikkeld kan worden.

Amersfoort, mei 2017

Directeur STOWA

Ir. J.J. Buntsma

WOORD VOORAF

Dit rapport is het resultaat van een project dat in opdracht van Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer (STOWA) werd uitgevoerd door de leerstoelgroep Strategische Communicatie van Wageningen Universiteit Maatschappijwetenschappen en het team Bodem, Water en Landgebruik van Alterra, Wageningen Universiteit en Research Centre. Bij deze samenwerking werd kennis uit sociale psychologie, communicatiewetenschappen, toegepaste statistiek en waterbeheer ingezet om de presentatie, interpretatie en benutting van statistische informatie over onzekerheid in het tactisch-strategisch waterbeheer te onderzoeken en aanbevelingen te doen om de benutting van deze informatie te verbeteren. De inbreng van zeer uiteenlopende expertises en de belangstelling en ondersteuning van Dolf Kern (Hoogheemraadschap Rijnland), Joost Heijkers (Hoogheemraadschap de Stichtse Rijnlanden) en Ronald Hemel, Rob Ruijtenberg en Michelle Talsma (STOWA) maakten dit onderzoek tot een boeiend project. Dolf Kern, Joost Heijkers, Ronald Hemel, Michelle Talsma en alle waterschapsmedewerkers en -bestuurders die tijdens de interviews en workshops hebben bijgedragen aan ons onderzoek zijn wij zeer erkentelijk. Joost Heijkers bedanken wij bovendien voor zijn bijdrage aan hoofdstuk 2.

Wageningen, december 2016

Martin Knotters, Alterra team Soil Water and Land use, Environmental Sciences Group
Wageningen UR

Marijn Poortvliet, Strategic Communication Group, Department of Social Sciences
Wageningen UR

Joël Verstoep, Wageningen University

Jiska van Wijk, Wageningen University

Petra Bergsma, Wageningen University

SAMENVATTING

INLEIDING

Doelmatigheid is een belangrijk uitgangspunt binnen het waterbeheer. Doelmatigheid of efficiëntie betekent dat inspanningen en uitgaven daadwerkelijk bijdragen aan de realisatie van het beoogde doel en de kosten in verhouding staan tot de opbrengsten. Om beslissingen te kunnen nemen die doelmatig zijn, hebben waterschapmedewerkers voortdurend informatie nodig over de toestand van het water in hun beheergebied. In monitoringnetwerken worden daarom gegevens verzameld, die vervolgens worden verwerkt tot een enkel getal, tot een vereenvoudigde numerieke representatie, of dienen als invoer voor een model waarmee voorspellingen worden gedaan. De getallen die vervolgens aan beleidsmakers en bestuurders worden gepresenteerd zijn niet 'hard', maar schattingen of voorspellingen met een bepaalde nauwkeurigheid. Met statistiek kan deze onnauwkeurigheid worden uitgedrukt, en daarmee de onzekerheid over de werkelijke waarde. Deze statistische informatie over onzekerheid is onontbeerlijk om bijvoorbeeld risico's op verkeerde investeringen of risico's van schadeclaims te beheersen en daarmee doelmatigheid van beslissingen te vergroten, maar wordt nog weinig benut. Om deze benutting te verbeteren en daarmee doelmatigheid van beslissingen te vergroten, is het belangrijk om te onderzoeken hoe deze informatie wordt gepresenteerd en geïnterpreteerd, en hoe presentatie en interpretatie kunnen bijdragen aan een betere benutting van statistische informatie over onzekerheid.

Het doel van dit project is daarom om de presentatie, interpretatie en benutting van statistische informatie over onzekerheid te analyseren, en om op basis van deze analyse praktische adviezen te geven voor betere presentatie, interpretatie en benutting van statistische kennis op het gebied van de wateropgave wateroverlast. De analyse vindt plaats door middel van empirisch onderzoek vanuit de communicatiewetenschap en sociale psychologie.

OPZET VAN HET ONDERZOEK

Het onderzoek is uitgevoerd in drie deelstudies. De eerste deelstudie had als onderzoeksvragen: *Bij welke onderdelen van het tactisch-strategische waterbeheer wordt statistische informatie over onzekerheid verstrekt? Hoe wordt deze informatie gepresenteerd in het tactisch-strategische waterbeheer? Hoe wordt deze informatie geïnterpreteerd en benut in het tactisch-strategische waterbeheer en wat is de rol van experiëntiële en analytische denkprocessen in deze categorie van waterbeheer?* Deze vragen werden beantwoord door middel van literatuurstudie en interviews van waterschapsmedewerkers.

De tweede deelstudie beantwoordde met behulp van (1) een workshop voor waterschapsmedewerkers, (2) een enquête onder waterschapsmedewerkers die de workshop wel en niet hadden bijgewoond, en (3) interviews met beleidsmedewerkers bij waterschappen en een vragenlijst voor studenten International Land and Water Management (Wageningen Universiteit) de onderzoeksvraag: *Hoe kan communicatie over onzekerheid in het strategisch waterbeheer zodanig worden verbeterd, dat informatie over onzekerheid meeweegt in beslissingen binnen het strategisch waterbeheer?* Deze vraag werd beantwoord aan de hand van twee deelvragen: *Hoe kunnen waterschapsmedewerkers en worden overtuigd van het nut van statistische informatie over onzekerheid? Bij welke presentatievorm wordt de informatie het best geïnterpreteerd door beleidsmedewerkers/planvormers?*

De derde deelstudie richtte zich op benutting van statistische informatie over onzekerheid door bestuurders van waterschappen, en had als doel de volgende twee onderzoeksvragen te

beantwoorden: *In hoeverre en op welke manier speelt de communicatie over en interpretatie van statistische informatie over onzekerheid een rol bij de besluitvorming door bestuurders van waterschappen? Hoe kan benutting van deze informatie door bestuurders worden verbeterd?* Bij de eerste onderzoeksvraag werden de volgende drie deelvragen onderscheiden: *Hoe kan de statistische informatie over onzekerheid het beste gecommuniceerd worden naar bestuurders van waterschappen voor een optimale besluitvorming? Welke rol speelt statistische informatie over onzekerheid voor bestuurders wanneer zij beslissingen nemen? Op welke manier moet onzekerheid volgens bestuurders aan hen gepresenteerd worden om goede besluiten te kunnen nemen, zodat kansen op desinvesteringen en schadeclaims zichtbaar zijn en betrokken worden in de besluitvorming?*

RESULTATEN

Resultaten deelstudie 1

Bij deelstudie 1 gaven waterschapsmedewerkers aan dat communicatie van onzekerheid zeer relevant is maar ook complex, en dat deze communicatie maar minimaal gebeurt. Herhalingstijden zijn het meest gangbaar om de kans op een overschrijding van een waterstand aan te geven, maar kunnen wel lastig te interpreteren zijn. ‘Bandbreedte’ is een veel gebruikte term bij communicatie over onzekerheid in het tactisch-strategische waterbeheer, en blijktbaar wordt intuïtief hiermee een 95%-betrouwbaarheidsinterval verondersteld. Met het begrip standaardfout bleken de geïnterviewde waterschapsmedewerkers niet bekend te zijn. Een kaartje met overschrijdingskansen zoals in de uitvoer van BOWA (Berekenen Onzekerheid van de Wateropgave) bleek meer aan te spreken dan getallen of een grafiek. Uitkomsten van significantietoetsen bleken moeilijk interpreteerbaar te zijn en niet in de praktijk voor te komen, ondanks het feit dat in het tactisch-strategische waterbeheer moet worden getoetst of aan normen wordt voldaan.

Deelstudie 1 maakte duidelijk dat er drie belangrijke stappen zijn bij communicatie van statistische informatie over onzekerheid. De eerste stap is van adviesbureaus en kennisinstellingen naar waterschapshydrologen. Ongeveer de helft van de waterschappen maakt duidelijke afspraken over de presentatievorm, de andere helft niet waardoor interpretatieproblemen kunnen ontstaan. Bij de tweede stap, van waterschapshydrologen naar beleidsmedewerkers en planvormers, wordt kwantitatieve naar kwalitatieve informatie getransformeerd. Bij de derde stap, van beleidsmedewerkers en planvormers naar het algemeen bestuur, wordt momenteel bij de meeste waterschappen statistische informatie over onzekerheid minimaal gecommuniceerd. Als redenen werden genoemd: gebrek aan kennis, gebrek aan inzicht in de meerwaarde van statistisch gekwantificeerde onzekerheid, gebrek aan motivatie en gebrek aan tijd, in verband met deadlines.

Resultaten deelstudie 2

Deelstudie 2 bestond uit een workshop met enquête onder deelnemers aan een themadag over tactisch-strategisch waterbeheer, interviews met beleidsmedewerkers en een vragenlijst aan studenten Integraal Waterbeheer van Wageningen Universiteit. Tijdens de workshop moesten de 33 deelnemers, verdeeld over zeven groepen, een keuze maken tussen twee planalternatieven en beslissen over eventueel extra onderzoek om deze keuze te onderbouwen. Drie van de zeven groepen namen de kortste route naar de meest doelmatige beslissing. Twee groepen kozen voor de op-één-na-doelmatigste beslissing. Zij voorzagen niet dat de kosten van onzekerheidsreductie opwogen tegen de opbrengsten in termen van een betere inschatting van het risico van wateroverlast waardoor de reservering voor schade door wateroverlast kleiner werd. Twee groepen namen een minder doelmatige beslissing. Zij kozen voor de veilige maar

dure variant, waarbij geen reservering voor schade van eventuele wateroverlast hoeft te worden gedaan.

Uit de enquête bleek dat politiek-strategische motieven vaker een rol spelen bij het nemen van beslissingen in het tactisch-strategische waterbeheer dan inhoudelijke informatie zoals statistische informatie. Gemiddeld genomen waren de respondenten het erover eens dat communicatie over onzekerheid bij langetermijnbesluitvorming uiteindelijk doelmatiger is dan het niet laten meewegen van onzekerheden. Ook stelden de respondenten gemiddeld genomen meer vertrouwen in ervaring en inzichten van experts dan in statistiek, al werd statistische analyse wel als een goede aanvulling gezien.

Uit de interviews bleek dat resultaten van significantietoetsen moeilijk interpreteerbaar zijn voor beleidsmedewerkers. Toetsing aan normen op het gebied van de wateropgave wateroverlast blijkt niet in een statistisch kader te worden uitgevoerd, waardoor de kansen op foute conclusies niet bekend zijn en de risico's die daaruit volgen niet worden beheerst. Bovendien blijkt dat de statistische informatie over onzekerheid die met BOWA wordt gegenereerd veelal niet wordt benut bij toetsing van watersystemen, wat wel het doel was. De meeste geïnterviewden zijn zich bewust van het nut van informatie over onzekerheid, maar moeten hierover communiceren met partijen die daar nauwelijks of geen kennis van hebben. Hierdoor heeft het op peil houden van kennis van statistiek vaak een lage prioriteit.

Uit de antwoorden op een vragenlijst aan studenten Integraal Waterbeheer van Wageningen Universiteit bleek dat zij een grafische of statistische presentatievorm meer waarderen dan een hoofdzakelijk woordelijke vorm. Bij beleidsmedewerkers bleek juist een voorkeur voor de woordelijke vorm met herhalingstijden.

Resultaten deelstudie 3

Uit de interviews met de bestuurders bij waterschappen blijkt dat zij onder onzekerheid verstaan dat niet alles bekend is of bekend kan zijn, de twijfel en het gevoel niet zeker te zijn over een beslissing, onvoorspelbaarheid van het systeem en onzekerheid in de besluitvorming over en uitvoering van maatregelen.

Veel bestuurders omschrijven de opgaven waarover zij moeten beslissen als veelal goed gestructureerde of matig gestructureerde beleidsproblemen: er is consensus over de doelen, en de aangeleverde informatie schetst verschillende mogelijke keuzes. Statistisch gekwantificeerde onzekerheid wordt bij goed gestructureerde beleidsproblemen vaak wel gecommuniceerd, terwijl bij matig gestructureerde beleidsproblemen zwaktes in de kennis en missende informatie relevant zijn.

Uit de interviews kwam naar voren dat bestuurders op verschillende manieren omgaan met onzekerheid. Zij vragen om onderzoek en monitoring om onzekerheid te reduceren. Bij de monstermetafoer die in deelstudie is gehanteerd heet dit monsteruitdrijving. Ook ontkennen zij onzekerheid en leggen de verantwoordelijkheid voor het aanleveren van informatie die nodig is voor het maken van keuzes bij de ambtenaren. Zij proberen goede vragen te stellen om de te maken keuzes zelf beter te begrijpen (monsterassimilatie). Verder kunnen zij meer aandacht besteden aan de manier waarop een besluit onder onzekerheid tot stand komt dan aan meer onderzoek om onzekerheid te reduceren (monsteromarming). De strategie van monsteradaptatie, het omgaan met onzekerheden door deze te kwantificeren, kwam bij de interviews niet als strategie naar voren die onder waterschapsbestuurders wordt toegepast.

Uit de interviews blijkt dat er in de besluitvorming weinig aandacht wordt gevraagd voor onzekerheid in het onderzoek zelf, waardeoordelen die eraan ten grondslag liggen en bandbreedtes. Er is een spanning tussen de verschillende soorten problemen en de rol die kennis daarin speelt. Bestuurders noemen echter ook het belang van het communiceren van onzekerheid in besluiten waar geen consensus bestaat over waarden: bij discussies over waarden bestaat het gevaar dat onzekerheid een kleinere rol speelt of ondergesneeuwd raakt.

Bestuurders krijgen op verschillende manieren kennis aangeleverd in het proces van besluitvorming, waarbij zij op verschillende momenten de mogelijkheid hebben voor het vragen van uitleg en het delen van informatie. De informatie uit onderzoek wordt vanuit de hydrologen via waterschapmedewerkers aan bestuurders geleverd (lineair proces), maar binnen dit proces is mogelijkheid voor terugkoppeling. Een aantal bestuurders geeft aan dat het presenteren van kennis door middel van kaarten en afbeeldingen aanspreekt, maar dat een goede onderbouwing belangrijk blijft, omdat het bestuur hun besluiten ook moet kunnen verantwoorden aan andere betrokken partijen en burgers.

CONCLUSIES

Deelstudie 1:

1.1: Onzekerheid is bij alle onderdelen van het tactisch-strategisch waterbeheer een relevant probleem. Op alle onderdelen kan informatie worden verstrekt over onzekerheid. Dit wordt vooral in de communicatie tussen adviesbureaus/kennisinstituten enerzijds en waterschapshydrologen anderzijds gedaan, maar minimaal in de communicatie tussen waterschapshydrologen en beleidsmedewerkers/planvormers en tussen beleidsmedewerkers/planvormers en bestuurders.

1.2: Bij de communicatie tussen adviesbureaus/kennisinstituten en waterschapshydrologen wordt nog enige kwantitatieve, statistische informatie gepresenteerd. Bij de communicatie tussen hydrologen en beleidsmedewerkers/planvormers en tussen beleidsmedewerkers/planvormers en bestuur wordt kwalitatieve informatie over onzekerheid gepresenteerd, dus in hoofdzaak woordelijk. Ondanks dat er bij waterschappen veel aan normen moet worden getoetst wordt niet of nauwelijks gebruik gemaakt van nulhypothese-significantietoetsen (NHST). Hierdoor worden de risico's van onjuiste beslissingen niet beheerst. Deze onjuiste beslissingen kunnen bijvoorbeeld leiden tot ondoelmatige investeringen of tot schadeclaims.

1.3: Statistische informatie blijkt moeilijk interpreteerbaar te zijn en wordt nauwelijks gecommuniceerd richting beleidsmedewerkers, planvormers en bestuur. Daardoor worden beslissingen meer gemaakt op basis van experiëntiële, ervaringsgerichte verwerking in de vorm van heuristieken (vuistregels, ervaringsfeiten) dan op basis van analytische verwerking van informatie. Om benutting van statistische informatie over onzekerheid te verbeteren blijkt het belangrijk te zijn dat de meerwaarde hiervan wordt ingezien.

Deelstudie 2:

2.1: Voorbeelden waaruit blijkt dat benutting van statistische informatie over onzekerheid leidt tot doelmatiger beslissingen dragen bij aan meer overtuiging van het nut van deze informatie.

2.2: Beleidsmedewerkers van waterschappen zijn het meest vertrouwd met herhalingstijden, omdat wet- en regelgeving en normeringen hierop zijn gebaseerd. Tegelijkertijd zagen respondenten de mogelijkheden van misinterpretatie van herhalingstijden. Studenten blijken juist

moeite te hebben met de woordelijke presentatie waarin herhalingstijden, relatieve frequenties of *single-event probabilities* worden genoemd.

2.3: Wij concluderen dat benutting van statistische informatie over onzekerheid kan worden verbeterd wanneer deze informatie wordt gepresenteerd en gebruikt binnen het raamwerk van een duidelijk gedefinieerd beslisprobleem. Als alleen deskundigenoordeel en ervaring worden gebruikt bij besluitvorming en er geen analyse van het beslisprobleem plaatsvindt waarbij ook statistische informatie over onzekerheid wordt betrokken, is er een risico van ondoelmatige beslissingen.

2.4: Wij concluderen dat de presentatie in de vorm van de veelgebruikte herhalingstijden gevoelig is voor misinterpretatie en kan worden verbeterd. Grafische presentatievormen of faalkansen binnen een planperiode zijn mogelijke alternatieven. Tegelijkertijd stellen we vast dat wet- en regelgeving en normering op deze herhalingstijden zijn gebaseerd en dat invoering van een alternatief daarom niet eenvoudig zal zijn.

Deelstudie 3:

3.1: Bestuurders verstaan onder onzekerheid zowel statistisch kwantificeerbare onzekerheid als complexiteit en ambiguïteit in een besluitvormingsproces, wat tot verwarring kan leiden. Uit de interviews kan worden geconcludeerd ten aanzien van de perceptie die bestuurders hebben van statistisch kwantificeerbare onzekerheid:

- Bestuurders zijn zich ervan bewust dat volledige bescherming tegen wateroverlast niet mogelijk is.
- Bestuurders zijn zich bewust van de onzekerheid in de uitkomsten van klimaatmodellen die gebruikt worden bij het bepalen van de noodzaak voor maatregelen en in de normen voor wateroverlast die de waterschappen moeten halen.
- Binnen besturen vindt discussie plaats over de noodzaak van een maatregel en hoeveel geld iets mag kosten. Hierbij speelt onzekerheid een grote rol en kan statistische informatie over onzekerheid potentieel worden benut om doelmatigheid van beslissingen te vergroten.

3.2: Uit de interviews blijkt dat statistische informatie over onzekerheid nooit aan bestuurders gepresenteerd wordt. Ondanks dat bestuurders zich bewust zijn van de rol van onzekerheid in de besluitvorming en het voorbereidende proces, speelt het nauwelijks een rol in de beslissingen die zij nemen. Bestuurders vragen om meer onderzoek om onzekerheid te reduceren, leggen de verantwoordelijkheid voor het rekening houden met onzekerheid bij de ambtenaren, accepteren onzekerheid in een complexe besluitvorming, en ontkennen onzekerheid in de besluiten zelf. Bestuurders geven aan dat 100 procent zekerheid niet haalbaar is, maar vragen zelden door naar waar de onzekerheid precies zit. Niettemin zien bestuurders voordelen van statistische informatie over onzekerheid:

- Als de bandbreedte van een bepaalde beslissing wordt gecommuniceerd geeft dit de bestuurder ruimte om verschillende keuzes te maken, om deze kennis strategisch in te zetten.
- Inzicht in verschillende scenario's kan helpen bij het afwegen van verschillende belangen.
- Bestuurders willen graag zo zeker mogelijk weten dat zij de juiste beslissing nemen. Het expliciet maken van de verschillende vormen van onzekerheid (waaronder statistisch gekwantificeerde onzekerheid) geeft inzicht in waar meer onderzoek nodig is.

Bestuurders blijken vooral complexiteit en ambiguïteit bij een besluit benadrukken. Over statistisch kwantificeerbare onzekerheid geven verschillende bestuurders aan dat zijzelf niet

genoeg inzicht hierin hebben en de verantwoordelijke ambtenaren dus vertrouwen in het aanleveren van de benodigde informatie voor de besluitvorming. De meeste bestuurders zijn zich er echter van bewust dat bij de uitkomsten van onderzoek en de onderbouwing van besluiten sprake is van onzekerheid, waardoor altijd sprake is van een risico op een verkeerde beslissing.

3.3: Bestuurders krijgen de informatie waarop zij hun beslissingen baseren in documenten maar ook in één-op-één gesprekken met beleidsmedewerkers en hydrologen. Ook zijn er bij verschillende waterschappen informatieve bijeenkomsten waar geïnteresseerde bestuurders meer achtergrondkennis kunnen vergaren. Tijdens het overleg tussen de verantwoordelijke dagelijks bestuurder en de ambtenaren kan worden ingegaan op de toereikendheid van de beschikbare kennis en andere afwegingen in de besluitvorming. Statistische informatie over onzekerheid wordt hierbij volgens de bestuurders niet aan hen gepresenteerd.

ALGEMENE CONCLUSIES:

4.1: Statistische informatie over onzekerheid, zoals betrouwbaarheidsintervallen, standaardfouten of *error rates* van significantietoetsen zijn moeilijk interpreteerbaar en daardoor niet bruikbaar voor veel beleidsmedewerkers, planvormers en bestuurders in het tactisch-strategische waterbeheer.

4.2: De huidige praktijk waarbij beslissingen worden onderbouwd met deskundigenoordeel en ervaring kan leiden tot ondoelmatige beslissingen, omdat de risico's van onjuiste beslissingen zoals ondoelmatige investeringen niet zijn gekwantificeerd en niet kunnen worden beheerst.

4.3: De huidige praktijk van normtoetsing, waarbij een gemiddelde wordt vergeleken met een norm zonder de nauwkeurigheid van het geschatte gemiddelde en de risico's van onjuiste conclusies in ogenschouw te nemen, kan leiden tot ondoelmatige beslissingen zoals onnodige maatregelen, overbodig extra onderzoek of juist nalaten van noodzakelijk extra onderzoek, of tot schadeclaims.

4.4: Wij concluderen dat in de huidige praktijk statistische informatie niet wordt benut bij het nemen van beslissingen, omdat beslisproblemen van waterschapsbestuurders niet zijn vertaald in een statistisch beslismodel, waardoor beslisproblemen minder goed gestructureerd zijn dan mogelijk is. Statistische informatie over onzekerheid wordt los van een beslisprobleem aangeleverd, en niet als invoer voor een model om dat probleem op te lossen.

4.5: Waterschapsmedewerkers en -bestuurders geven aan dat bij de huidige praktijk statistische informatie over onzekerheid tot onrust kan leiden, maar zien tegelijkertijd in dat statistische informatie over onzekerheid een nuttige aanvulling is op ervaringen en inzichten van experts en dat communicatie over onzekerheid bij langetermijnbesluitvorming uiteindelijk doelmatiger is. Hieruit concluderen we dat er onder waterschapsmedewerkers en -bestuurders draagvlak is om statistische informatie over onzekerheid te benutten bij het nemen van beslissingen.

AANBEVELINGEN

De volgende aanbevelingen worden gedaan om statistische informatie over onzekerheid beter te communiceren en benutten binnen het tactisch-strategische waterbeheer teneinde de doelmatigheid van beslissingen te vergroten:

1. *Benut vroegtijdig expertise op het gebied van statistiek en besliskunde.* De afstand tussen experts enerzijds en bestuurders anderzijds kan worden overbrugd door statistische expertise beter in te kaderen en te contextualiseren in het beslisprobleem van de bestuurder. Hiervoor is kennis van statistiek en besliskunde nodig.

2. *Ontwikkel kennis op het gebied van statistisch redeneren en beslissen.* Wij bevelen aan om bij cursussen statistiek voor professionals bij waterschappen ook accent te leggen op statistisch redeneren en beslissen. Tevens bevelen wij aan om deze cursussen niet alleen te richten op waterschapshydrologen en technisch medewerkers maar ook op beleidsmedewerkers.

3. *Presenteer enkele voorbeeldprojecten over statistiek en doelmatigheid.* Wij bevelen aan om op korte termijn bij enkele concrete projecten te analyseren welke doelmatigheidswinst, bijvoorbeeld uitgedrukt in euro's, kan worden bereikt met het verdisconteren van statistische informatie over onzekerheid. Wij bevelen aan om de resultaten te bespreken met de verantwoordelijke waterschapsbestuurders, bijvoorbeeld tijdens een *workshop* of symposium afgestemd op deze doelgroep.

4. *Plaats normtoetsing in een statistisch kader en vertaal de kans op foute beslissingen in financiële risico's.* Hoewel er in het tactisch-strategische waterbeheer normen worden gehanteerd blijkt er niet of nauwelijks op statistische wijze te worden getoetst. Hierdoor zijn de risico's van onjuiste beslissingen niet bekend en worden deze ook niet beheerst. Wij bevelen aan om op korte termijn in één of enkele waterschappen een normtoetsing uit te werken als nul-hypothese-significantietoets, en daarbij de risico's van foute conclusies te kwantificeren. Een dergelijke benadering is noodzakelijk om de onzekerheidsinformatie uit BOWA te benutten bij het nemen van beslissingen.

5. *Ontwikkel en benut kennis over communicatie van risico's en onzekerheid.* Beleidsmedewerkers en planvormers bij waterschappen nemen een sleutelpositie in bij de vertaling van beslisproblemen van bestuurders naar onderzoeksvragen en bij de vertaling van onderzoeksresultaten naar adviezen voor bestuurders. Om hierbij informatie over onzekerheid en risico's optimaal te benutten bevelen we aan dat beleidsmedewerkers en planvormers kennis opdoen en benutten op het gebied van risico- en onzekerheidscommunicatie.

6. *Presenteer niet alleen herhalingstijden, maar ook faalkansen binnen een planperiode.* Tijdens de eerste deelstudie bleek dat in de communicatie van statistische informatie over onzekerheid veel gebruik wordt gemaakt van herhalingstijden. Tegelijkertijd wezen verschillende respondenten er op dat herhalingstijden gevoelig zijn voor misinterpretatie. Wij bevelen aan om zowel herhalingstijden te presenteren als faalkansen binnen een planperiode. Deze zijn goed in te passen in een beslismodel waarbij statistische kansen worden vermenigvuldigd met kosten tot risico's, uitgedrukt in monetaire waarden.

DE STOWA IN HET KORT

STOWA is het kenniscentrum van de regionale waterbeheerders (veelal de waterschappen) in Nederland. STOWA ontwikkelt, vergaart, verspreidt en implementeert toegepaste kennis die de waterbeheerders nodig hebben om de opgaven waar zij in hun werk voor staan, goed uit te voeren. Deze kennis kan liggen op toegepast technisch, natuurwetenschappelijk, bestuurlijk-juridisch of sociaalwetenschappelijk gebied.

STOWA werkt in hoge mate vraaggestuurd. We inventariseren nauwgezet welke kennisvragen waterschappen hebben en zetten die vragen uit bij de juiste kennisleveranciers. Het initiatief daarvoor ligt veelal bij de kennisvragende waterbeheerders, maar soms ook bij kennisinstellingen en het bedrijfsleven. Dit tweerichtingsverkeer stimuleert vernieuwing en innovatie.

Vraaggestuurd werken betekent ook dat we zelf voortdurend op zoek zijn naar de 'kennisvragen van morgen' – de vragen die we graag op de agenda zetten nog voordat iemand ze gesteld heeft – om optimaal voorbereid te zijn op de toekomst.

STOWA ontzorgt de waterbeheerders. Wij nemen de aanbesteding en begeleiding van de gezamenlijke kennisprojecten op ons. Wij zorgen ervoor dat waterbeheerders verbonden blijven met deze projecten en er ook 'eigenaar' van zijn. Dit om te waarborgen dat de juiste kennisvragen worden beantwoord. De projecten worden begeleid door commissies waar regionale waterbeheerders zelf deel van uitmaken. De grote onderzoeklijnen worden per werkveld uitgezet en verantwoord door speciale programmacommissies. Ook hierin hebben de regionale waterbeheerders zitting.

STOWA verbindt niet alleen kennisvragers en kennisleveranciers, maar ook de regionale waterbeheerders onderling. Door de samenwerking van de waterbeheerders binnen STOWA zijn zij samen verantwoordelijk voor de programmering, zetten zij gezamenlijk de koers uit, worden meerdere waterschappen bij één en het zelfde onderzoek betrokken en komen de resultaten sneller ten goede van alle waterschappen.

De grondbeginselen van STOWA zijn verwoord in onze missie:

Het samen met regionale waterbeheerders definiëren van hun kennisbehoeften op het gebied van het waterbeheer en het voor én met deze beheerders (laten) ontwikkelen, bijeenbrengen, beschikbaar maken, delen, verankeren en implementeren van de benodigde kennis.

COMMUNICEREN VAN STATISTISCHE INFORMATIE OVER ONZEKERHEID IN HET TACTISCH-STRATEGISCHE WATERKWANTITEITSBEHEER

INHOUD

	TEN GELEIDE	
	WOORD VOORAF	
	SAMENVATTING	
	DE STOWA IN HET KORT	
1	INLEIDING	1
	1.1 Aanleiding	1
	1.2 Probleemstelling	2
	1.3 Doel en afbakening	2
	1.4 Opbouw	2
2	WAAROM DIT ONDERZOEK? TWEE VOORBEELDEN	4
	2.1 Voorbeeld 1: noodoverloopgebieden, ja of nee?	4
	2.2 Voorbeeld 2: kaartzuiverheid doet er toe bij bepaling wateropgave wateroverlast	5
3	EERDER ONDERZOEK	8
4	OPZET VAN HET ONDERZOEK	10

5	RESULTATEN	12
5.1	Deelstudie 1	12
5.1.1	Exploratieve fase	12
5.1.2	Verdiepende fase	17
5.2	Deelstudie 2	18
5.2.1	Workshop 24 september 2015	18
5.2.2	Interviews met acht professionals in beleid	21
5.2.3	Vragenlijst studenten Integraal Waterbeheer Wageningen Universiteit	23
5.3	Deelstudie 3	27
5.3.1	Perceptie van onzekerheid en risico	28
5.3.2	De rol van kennis en onzekerheid in de besluitvorming	28
5.3.3	Communiceren van onzekerheid	29
6	CONCLUSIES	30
6.1	Conclusies deelstudie 1	30
6.2	Conclusies deelstudie 2	31
6.3	Conclusies deelstudie 3	32
6.4	Algemene conclusies	33
7	AANBEVELINGEN	35
	LITERATUUR	38
	BIJLAGE	
	Gebeurtenis-beslissingsboom	40

1

INLEIDING

1.1 AANLEIDING

Doelmatigheid is een belangrijk streven bij het nemen van beslissingen in het waterbeheer (Stowa, 2014). Doelmatigheid of efficiëntie betekent dat inspanningen en uitgaven daadwerkelijk bijdragen aan de realisatie van het beoogde doel en de kosten in verhouding staan tot de opbrengsten. Om beslissingen voor te bereiden en te onderbouwen hebben waterschapmedewerkers voortdurend informatie nodig over de toestand van het water in hun beheergebied. Deze informatie komt uit eigen monitoringsnetwerken, databases zoals DINO (grondwaterstanden en stijghoogten) en Meteobase (neerslag- en verdampingsgegevens) of uit rapporten van kennisinstituten en adviesbureaus. Waterbeheerders nemen zelden beslissingen op basis van 'ruwe gegevens'. Meestal worden deze ruwe gegevens werkbaar gemaakt voor de waterbeheerders in de vorm van:

1. Beschrijvende statistieken, zoals een gemiddelde of spreidingsmaat voor de verzamelde gegevens, of een grafische weergave in bijvoorbeeld een tijdreeksgrafiek, histogram, *box-and-whiskerplot*, staafdiagram, kaart, etc.;
2. Schattingen, van bijvoorbeeld een gebiedsgemiddelde, of van de parameters van een dynamisch proces, zoals karakteristieken van grondwaterstanddiepte (zogeneten GxG's en grondwatertrappen), overschrijdingskansen, trends, herhalingstijden (T-waarden);
3. Voorspellingen (En: predictions), zoals kaartbeelden die door interpolatie van waarnemingen tot stand zijn gekomen;
4. Voorspellingen (En: forecasts), zoals voorspellingen van de neerslag of van de toekomstige rivierwaterstand;
5. Uitkomsten van toetsen aan normen, streefwaarden en dergelijke: nul-hypothese-significantietoets (NHST).

De ruwe gegevens worden meestal verwerkt tot één of enkele getallen of vereenvoudigde numerieke representaties, die worden gepresenteerd aan beleidsmakers en bestuurders (HKV, 2014). Deze werkwijze kan echter een nauwkeurigheid suggereren die er niet is. De gepresenteerde getallen zijn immers schattingen of voorspellingen op basis van een beperkte hoeveelheid waarnemingen die een bepaalde nauwkeurigheid hebben, waarbij vaak gebruik is gemaakt van een model dat ook niet foutloos is.

Er zijn verschillende argumenten om naast 'harde getallen' die feitelijk 'zachte' schattingen en voorspellingen zijn ook informatie over onzekerheid te presenteren, zie onder meer Morgan *et al.* (1990) en Pappenberger en Beven (2006). Het vergroten van doelmatigheid is een belangrijk argument om statistische informatie over onzekerheid te benutten in het waterbeheer in Nederland (Stowa, 2014). Beslissingen die op basis van één of enkele getallen worden genomen, die worden beschouwd als *best estimates* (zoals centrummaten), behoeven immers niet noodzakelijkerwijs de meest doelmatige te zijn en het benutten van informatie over onzekerheid kan de doelmatigheid van beslissingen vergroten (Morgan *et al.*, 1990). Bovendien wordt de investering in dataverzameling beter terugverdiend wanneer niet alleen *best estimates* maar ook informatie over nauwkeurigheid wordt benut om doelmatigheid van beslissingen te vergroten (*Expected Value of Including Uncertainty*, Morgan *et al.*, 1990).

Het zal sterk afhangen van de interpretatie en presentatie van statistische informatie of deze ook daadwerkelijk gebruikt wordt door de beleidsmakers en bestuurders van het regionaal waterbeheer (Van Loenen *et al.*, 2012). Een STOWA-studie naar hydrologische modelonzekerheid (Botterhuis, 2010) en een STOWA-studie naar het berekenen van de onzekerheid van de wateropgave (Kallen *et al.*, 2012) zijn recente voorbeelden van statistische methodiek in het tactisch-strategisch regionaal waterbeheer. Ook het operationele waterbeheer is onderzocht in de STOWA-studie naar operationeel besluiten onder onzekerheid (Van Loenen *et al.*, 2012). Gezien de tijdsdruk waaronder operationele besluiten worden genomen zullen deze veel meer gebaseerd zijn op het gevoel en de (eerdere) ervaring dan dat de besluiten gebaseerd zijn op analyse, logica en statistische data. Dit wordt ook beargumenteerd in literatuur over de wijze waarop statistische informatie geïnterpreteerd wordt (Epstein, 1994; Sloman, 1996; Chaiken en Trope, 1999; Slovic *et al.*, 2004; Marx *et al.*, 2007). Hierin wordt onderscheid gemaakt tussen ‘*experiential processing*’ (ervaringsgerichte verwerking) en ‘*analytical processing*’ (analytische verwerking). Dit onderscheid in het verwerken van statistische informatie kan heel relevant zijn in het presenteren van statistische informatie voor operationele en tactisch-strategische beslissingen.

1.2 PROBLEEMSTELLING

Statistische informatie over onzekerheid is onontbeerlijk om bijvoorbeeld risico’s op verkeerde investeringen of risico’s van schadeclaims te beheersen en daarmee doelmatigheid van beslissingen te vergroten. Alhoewel waterbeheerders aangeven meer inzicht te willen hebben in de onzekerheid van de geleverde wateropgave (HKV, 2014) om de doelmatigheid van beslissingen te vergroten, wordt er vrijwel geen onzekerheid vermeld bij de gegenereerde en gepresenteerde informatie in het strategische waterbeheer. Of statistische informatie over onzekerheid wordt benut en op welke manier, hangt af van de presentatie en interpretatie. Er is tot op heden weinig bekend over de relatie tussen presentatie, interpretatie en benutting van statistische informatie bij beleidsmakers en bestuurders bij waterschappen in Nederland. Ook is weinig bekend over de vraag hoe de benutting van deze informatie bij het nemen van beslissingen in het strategische waterbeheer kan worden verbeterd.

1.3 DOEL EN AFBAKENING

Het doel van dit project is

1. om de presentatie, interpretatie en benutting van statistische informatie over onzekerheid door waterschapsmedewerkers en –bestuurders te analyseren;
2. op basis van deze analyse adviezen te geven voor betere presentatie, interpretatie en benutting van statistische kennis op het gebied van de wateropgave wateroverlast.

De analyse vindt plaats door middel van empirisch onderzoek vanuit de communicatiewetenschap en sociale psychologie. Het onderzoek beperkt zich tot het tactisch-strategische, kwantitatieve, waterbeheer. Naar presentatie, interpretatie en benutting van statistische informatie over onzekerheid in het *operationele* waterbeheer is in Stowa-verband reeds onderzoek verricht door Van Loenen *et al.* (2012).

1.4 OPBOUW

Het onderzoek naar presentatie, interpretatie en benutting van statistische informatie over onzekerheid in het tactisch-strategische waterbeheer bestaat uit drie deelstudies. De eerste deelstudie is uitgevoerd in het kader van een Masterthesis door Joël Verstoep, de tweede deelstudie als Masterthesis door Jiska van Wijk en de derde deelstudie als Masterthesis door Petra Bergsma, zie respectievelijk bijlagenrapporten 1, 2 en 3.

Dit *cover*-rapport vat de belangrijkste bevindingen uit de beide deelstudies samen en geeft op basis daarvan concrete aanbevelingen. Hoofdstuk 2 bevat twee concrete voorbeelden die het waarom van dit onderzoek toelichten. Hoofdstuk 3 geeft een kort overzicht van eerder onderzoek dat relevant is voor presentatie, interpretatie en benutting van statistische informatie in het tactisch –strategische waterbeheer. Hoofdstuk 4 beschrijft in het kort de opzet en methoden die zijn gevolgd in de drie deelstudies. In hoofdstuk 5 worden de resultaten van de deelstudies samengevat en deze resultaten bediscussieerd. Hoofdstuk 6 bevat de conclusies en hoofdstuk 7 concrete aanbevelingen die moeten leiden tot zodanige presentatie, interpretatie en benutting van statistische informatie dat deze bijdraagt aan doelmatige besluiten in het tactisch-strategische waterbeheer.

2

WAAROM DIT ONDERZOEK?

TWEE VOORBEEDEN

Door met onzekerheid rekening te houden kunnen beslissingen heel anders uitpakken. Dit onderzoek beoogt bij te dragen aan betere presentatie, interpretatie en benutting van statistische kennis in het kwantitatieve waterbeheer, zodat deze kennis ten volle kan bijdragen aan vergroting van doelmatigheid. Met twee concrete voorbeelden illustreren we dat rekening houden met onzekerheid leidt tot betere beslissingen in de zin van doelmatigheid. Hiermee hopen wij eventuele twijfel of scepsis ten aanzien van het nut van statistiek weg te nemen.

2.1 VOORBEELD 1: NOODOVERLOOPGEBIEDEN, JA OF NEE?

Een bekend en recent voorbeeld in het waterkwantiteitsbeheer is de beslissing om al of niet noodoverloopgebieden aan te leggen om het aantal overstromingen van Rijn en Maas te beperken. Stijnen (2007) geeft een heldere analyse van het effect van het rekening houden met onzekerheden op deze beslissing. De Commissie Noodoverloopgebieden (Commissie Luteijn) concludeerde in 2002 dat noodoverloopgebieden een nuttig en noodzakelijk, aanvullend instrumentarium kunnen vormen om de stroomgebieden van Rijn en Maas in Nederland te beschermen tegen de gevolgen van overstromingen (Commissie Noodoverloopgebieden, 2002). Deze conclusie was gebaseerd op een deterministische analyse met zogeheten overschrijdingskansen, de kansen waarmee maatgevende waterstanden worden overschreden. Deze kansen zijn afgeleid van de kans waarmee bepaalde afvoeren bij Lobith (Rijn) of Lith (Maas) voorkomen en relaties tussen deze afvoeren en waterstanden op punten langs de rivier (QH-relaties). Met onzekerheid in deze relaties was niet direct rekening gehouden, maar deze was samen met andere onzekerheden, zoals de effecten van golfoverslag, samengevoegd in een veiligheidsmarge. Bij deze deterministische benadering hoeven de overschrijdingskansen van maatgevende waterstanden niet gelijk te zijn aan de overstromingskansen die volgen uit probabilistische berekeningen waarin met onzekerheden expliciet rekening wordt gehouden.

In het onderzoeksproject Rampenbeheersingsstrategie Overstromingen Rijn en Maas (RBSO; HKV Lijn in Water en Ministerie van Verkeer en Waterstaat, 2005; Ministerie van Verkeer en Waterstaat, 2005) werd de effectiviteit van noodoverloopgebieden onderzocht in een probabilistische analyse op basis van overstromingskansen, waarbij expliciet rekening werd gehouden met onzekerheden, zoals de onzekerheden in de berekening van hoge waterstanden en onzekerheid over windrichting en -sterkte. De effectiviteit van noodoverloopgebieden in termen van veiligheid bleek sterk af te nemen als onzekerheden worden meegenomen in de analyse. Uit een kosten-batenanalyse bleek dat de meeste varianten van een noodoverloopgebied langs de Rijntakken niet rendabel waren (Ministerie van Verkeer en Waterstaat, 2005). Alleen bij voldoende grote bergingsvolumes kwam een noodoverloopgebied langs de Rijntakken positief naar voren. Dit moeten dan echter grensoverschrijdende varianten zijn, aanmerkelijk grotere dan die de Commissie Luteijn voorstelde.

Waarom leidt een probabilistische analyse tot een zoveel lagere effectiviteit van noodoverloopgebieden dan de deterministische benadering van de Commissie Luteijn? Stijnen (2007) noemt de volgende oorzaken:

- Het volume dat nodig is om de hoogwatergolven langs de Rijntakken goed af te toppen is groot en voor de Rijntakken in het Bovenrivierengebied nauwelijks haalbaar. Langs de Maas is de situatie gunstiger omdat het beschikbare volume groter is en ook minder groot hoeft te zijn.
- De Commissie Luteijn baseerde zich op onderzoek waarbij werd verondersteld dat het systeem alleen faalt op het moment dat de piek van de hoogwatergolf een bepaald niveau overschrijdt. Als echter ook onzekerheden in de waterstand worden beschouwd, dan kan het systeem ook naast de piek falen.
- Een noodoverloopgebied werkt het best als een afvoergolf zoveel mogelijk wordt afgetopt. Als de waterstand hoger is dan verwacht, kan het gebied al vol zijn voordat de top van de golf is gepasseerd en functioneert het gebied dus niet goed. Het kan ook voorkomen dat het noodoverloopgebied te laat wordt ingezet, namelijk als de top al voorbij is.
- De commissie Luteijn hanteerde veiligheidsmarges om rekening te houden met onder meer onzekerheid over golfoverslag. Als de onzekerheid over golfoverslag echter expliciet wordt meegenomen als faalmechanisme, dan blijkt het systeem bij afvoeren die lager zijn dan het afgetopte niveau van de hoogwatergolf falen. Deze bedreiging wordt door het aftoppen middels noodoverloopgebieden niet weggenomen. Dit betekent ook dat bij een afvoer die gelijk is aan het topniveau in aanwezigheid van wat wind het systeem kan falen. Deze bedreiging kan aanzienlijk zijn, omdat het horizontale plateau dat de bovenkant van de afgetopte golf vormt vrij lang aanhoudt.

Daarnaast kan hebben meegespeeld dat bij niet-lineaire systemen, zoals bijvoorbeeld systemen met drempels, een probabilistische benadering met bijvoorbeeld Monte-Carlosimulaties, waarbij rekening wordt gehouden met onzekerheid door een groot aantal mogelijke situaties door te rekenen, tot andere uitkomsten zal leiden dan een deterministische benadering op basis van *best estimates*.

De resultaten van de probabilistische analyse op basis van overstromingskansen, waarbij rekening werd gehouden met statistisch gekwantificeerde onzekerheid, hebben ertoe geleid dat men uiteindelijk niet heeft gekozen voor de inrichting van noodoverloopgebieden, waarmee een ondoelmatige investering en vooral ook veel maatschappelijke onrust voorkomen.

2.2 VOORBEELD 2: KAARTZUIVERHEID DOET ER TOE BIJ BEPALING WATEROPGAVE WATEROVERLAST

Bij het bepalen van de wateropgave wateroverlast is naast informatie zoals peilgebiedsgrenzen, ligging van stuwen, bodemopbouw en maaiveldshoogte, ook informatie over ligging en dimensies van watergangen van groot belang. Bij het bepalen van de wateropgave wateroverlast is immers het falen gedefinieerd als inundatie vanuit het oppervlaktewater. Om inundatie te laten plaatsvinden moet eerst een bepaalde hoeveelheid afvoer worden gegenereerd vanuit de percelen, waarna een deel van deze afvoer verder wordt afgevoerd naar afvoerpunten zoals stuwen en gemalen. De afvoer die vanuit de percelen wordt gegenereerd zorgt, naast de afvoer door de watergang zelf, ook tot waterstandsstijging. Deze waterstandsstijging hangt mede af van de dimensies van de betreffende rivier, beek, kanaal of sloot in termen van lengte en breedte. Zeker in gebieden met een hoog percentage oppervlaktewater, en vooral in poldergebieden is dit het geval, is een nauwkeurige inschatting van het percen-

tage oppervlaktewater van groot belang. Als men een bepaalde waterstand wil handhaven moet het water wat niet geborgen wordt namelijk worden afgevoerd.

De oppervlakte die het oppervlaktewater inneemt wordt, vooral daar waar dit het tertiaire systeem betreft, vaak geschat op basis van topografische kaarten die een bepaalde nauwkeurigheid hebben. Fouten in de geschatte oppervlakte aan oppervlaktewater kunnen echter leiden tot een onder- of overschatting van de wateropgave wateroverlast, die overigens volgens afspraak wordt uitgedrukt in hectares. Een onderschatting van de wateropgave wateroverlast betekent bijvoorbeeld dat er niet wordt geïnvesteerd in maatregelen om wateroverlast te voorkomen, terwijl deze investering wel noodzakelijk is. Gangbare uitvoeringsmaatregelen zijn dan vaak het graven van extra open water (extra berging creëren) of het vergroten van de gemaalcapaciteit (extra afvoermogelijkheden creëren). Als de wateropgave wateroverlast wordt overschat kan er ten onrechte worden geïnvesteerd in extra berging en/of afvoermogelijkheden, wat in die situatie ondoelmatig is.

Het is daarom belangrijk om de nauwkeurigheid te kennen van het ingeschatte percentage oppervlaktewater, omdat dit inzicht geeft in de risico's van teveel of te weinig investeringen om wateroverlast te voorkomen. Deze nauwkeurigheid geeft de onzekerheid over de werkelijke, maar onbekende oppervlakte aan oppervlaktewater aan. Hoe lager de nauwkeurigheid, hoe groter die onzekerheid. De oppervlakte aan oppervlaktewater werd voorheen vaak bepaald op basis van de TOP10-Vlakkenkaart en thans ook vaak op basis van de TOP10NL. Deze kaarten hebben een zekere nauwkeurigheid die wordt uitgedrukt met het percentage correct geclassificeerd, ook wel kaartzuiverheid genoemd. Als deze kaartzuiverheid bekend is kunnen de foutenmarges worden berekend in de geschatte oppervlakten aan oppervlaktewater in de polders waar de wateropgave wateroverlast dient te worden bepaald. De kans dat als gevolg van onnauwkeurigheid in geschatte oppervlaktes verkeerde conclusies worden getrokken is hiermee bekend: de kansen op ten onrechte investeren of onterecht niet investeren. Om de risico's van ten onrechte wel of niet investeren te beperken besloot Hoogheemraadschap De Stichtse Rijnlanden (HDSR) in 2010 voor onzekerheidsreductie: al het oppervlaktewater binnen het beheergebied (met een totale lengte van circa 11.000 km en een oppervlakte van 82.000 ha) moest nauwkeurig worden gekarteerd. De volledige karterklus kostte minder dan € 200.000. De geschatte kaartzuiverheid lag tussen de 95 en 100%, (aanzienlijk) nauwkeuriger dan landelijk beschikbare kaarten met waterlopen. HDSR heeft met deze investering het risico aanmerkelijk beperkt dat ten onrechte wel of niet wordt geïnvesteerd in extra berging en/of afvoermogelijkheden. Daarmee zijn zeer waarschijnlijk zowel schadeclaims als ondoelmatige investeringen voorkomen. Er kwam voor bestuurders meer zekerheid over de juistheid van hun beslissingen, het waterschap had een beter verhaal richting ingelanden en overheden, de hydrologen en GIS-medewerkers werden voorzien van een dataset die voor tal van andere doelstellingen, waaronder het opstellen van de Legger, kon worden ingezet en ook het schouwbeleid kon verder worden gerationaliseerd.

De uitbreiding van een gemaal of het graven van extra open water kan al vaak tonnen tot miljoenen euro's gaan kosten, op polder- of cluster-van-polders-niveau, dus een investering van minder dan € 200.000 in onzekerheidsreductie is al snel terugverdiend. De afweging van de kosten van onzekerheidsreductie tegen de opbrengsten in termen van bijvoorbeeld verminderde risico's wordt ook wel *data worth analysis* genoemd (Freeze e.a., 1992). Vertrekpunt voor deze investering in onzekerheidsreductie was de notie dat de landelijk beschikbare kaarten met waterlopen een beperkte nauwkeurigheid (kaartzuiverheid) hebben en dat met een investering in het verhogen van deze nauwkeurigheid schade en ondoelmatige investeringen

konden worden voorkomen. Deze casus bij HDSR was ook aanleiding voor de ontwikkeling van BOWA (Kallen e.a., 2012). Deze rekenmodule kan onder meer worden ingezet bij de onderbouwing van het besluit om al dan niet te investeren in het verhogen van de nauwkeurigheid van de geschatte oppervlakte aan oppervlaktewater, indien men reeds kaartmateriaal in huis heeft waarvan de nauwkeurigheid (kaartzuiverheid) is gekwantificeerd.

Samengevat kan het volgende worden gesteld: doordat data niet volledig nauwkeurig zijn ontstaat onzekerheid en een risico dat op basis van deze data wordt besloten tot het doen van investeringen die niet doelmatig zijn. Het loont zich om deze onzekerheid te kwantificeren, zodat de kosten van onzekerheidsreductie door een verbeterde (GIS)-informatievoorziening kunnen worden afgewogen tegen de winst in termen van een verminderd risico op investeringen die niet doelmatig zijn.

3

EERDER ONDERZOEK

Of statistische informatie over onzekerheid wordt benut door waterbeheerders teneinde doelmatiger beslissingen te nemen, zal sterk afhangen van de wijze waarop deze informatie aan hen wordt gepresenteerd en door hen wordt geïnterpreteerd. De recente STOWA-studie naar ‘operationeel besluiten onder onzekerheid’ (Van Loenen e.a., 2012) onderstreepte dit. Hierbij werd bij een oefening geobserveerd hoe statistische informatie over de verwachte waterstand werd gebruikt door het operationele team en het beleidsteam in de besluitvorming over de te nemen maatregelen in verband met de dreiging van een calamiteit. De presentatie van onzekerheidsinformatie over de verwachte waterstand, in de vorm van een grafiek met een onzekerheidsband, bleek de besluitvorming bij het operationele team te vertragen, omdat de informatie moeilijk bleek te duiden. Aan het beleidsteam werd de informatie over onzekerheid op een meer compacte wijze gepresenteerd. De onzekerheidsinformatie leidde tot beter onderbouwde, meer genuanceerde, beslissingen en adviezen. Eén van de conclusies was dat het belangrijk is om *vooraf* beslisriteria af te spreken die aangeven bij welke kans of risico er tot actie moet worden overgegaan. Hierbij is het belangrijk om na te denken over *error rates*: hoe groot mag de kans maximaal zijn op een foute beslissing, bijvoorbeeld ten onrechte besluiten om te evacueren of ten onrechte besluiten om dat niet te doen?

Statistische methoden worden steeds vaker ingezet bij zowel het tactisch-strategische als bij het operationele beleid. Recente voorbeelden van ontwikkeling en toepassing van statistische methodiek in het tactisch-strategische beleid zijn de STOWA-studie naar hydrologische modelonzekerheid (Botterhuis, 2010) en de STOWA-studie naar het berekenen van de onzekerheid van de wateropgave (Kallen *et al.*, 2012). De genoemde studie door Van Loenen *et al.* (2012) behandelt een casus waarbij informatie snel moet worden geïnterpreteerd, omdat immers op korte termijn beslissingen moeten worden genomen bij een dreigende calamiteit. Denkprocessen zullen dan veel meer zijn gebaseerd op gevoel en ervaring (*experiential*) dan op analyse en logica (*analytical*), zoals Slovic *et al.* (2004) uiteenzetten. Deze kennis over de psychologie van denken en beslissen kan heel relevant zijn voor de wijze waarop statistische informatie over onzekerheid en risico's wordt gepresenteerd en geïnterpreteerd, en uiteindelijk wordt benut, in het regionale waterbeheer. Het kan worden verwacht in het operationele waterbeheer statistische informatie over onzekerheid volgens andere denkprocessen wordt verwerkt dan in het tactisch-strategische waterbeheer, omdat de tijdsdruk groter is. Dit stelt verschillende eisen aan de presentatievorm van statistische informatie.

Warmink en Goedhart (2010) onderzochten hoe onzekerheden het beste gecommuniceerd kunnen worden naar besluitvormers in het operationele waterbeheer. Zij concludeerden dat het belangrijk is om informatie die voor besluitvormers belangrijk is simpel en overzichtelijk weer te geven in de vorm van getallen of een figuur. In het operationele waterbeheer zijn dit de maximale en mediane waterstand en het tijdstip waarop deze waterstand optreedt. Daarnaast willen besluitvormers weten waar onzekerheid vandaan komt en hoe deze is te reduceren.

Er is veel (sociaal-)psychologisch onderzoek gedaan naar de wijze waarop statistische informatie wordt geïnterpreteerd (o.a. Slovic, 1987; Slovic *et al.*, 2004; Gigerenzer en Edwards, 2003; Gigerenzer *et al.*, 2005; Marx *et al.*, 2007). Hierbij kwamen ook misinterpretaties naar voren, onder meer van de resultaten van statistische toetsen. Dit onderwerp is relevant voor waterbeheerders als het gaat om normtoetsing, bijvoorbeeld in het kader van de Kaderrichtlijn Water. Onder andere Cohen (1994), Hubbard (2004) en Gigerenzer (2004) zetten uiteen welke misinterpretaties er bij significantietoetsen kunnen voorkomen. Läärä (2009) beschrijft de problematiek van significantietoetsen in de ecologie, en Lecoutre *et al.* (2003) tonen aan dat ook statistici gevoelig zijn voor misinterpretatie van toetsresultaten.

Onzekerheid wordt vaak grafisch weergegeven met 'bandbreedtes'. Niet altijd is echter duidelijk wat deze bandbreedtes precies weergeven. Ook blijkt het niet triviaal te zijn om op basis van bandbreedtes visueel te beoordelen of twee schattingen significant verschillen, zie onder meer Belia *et al.* (2005).

In het tactisch-strategische waterbeheer komen besluiten over inrichting of onderhoud anders tot stand dan besluiten in het operationele waterbeheer die onder tijdsdruk worden genomen in extreme situaties, en daarin schuilt het belang de studie waarvan in dit rapport verslag wordt gedaan. Er zijn vaak meerdere planalternatieven mogelijk, elk passend bij bepaalde te verwachten omstandigheden. Investerings in bijvoorbeeld wateraanvoer zullen dan afhangen van de kans op watertekorten. De gewenste frequentie van zomeronderhoud aan hoofdwatergangen hangt bijvoorbeeld af van de kans op extreme neerslag in de zomerperiode. Ook hier zijn houding en gedrag mede bepalend en bestaat er de neiging bij bestuurders te kiezen voor de meest goedkope maatregel of de maatregel met de minste weerstand van betrokkenen. Het is ook hier de vraag hoe en in hoeverre presentatie en interpretatie invloed hebben op benutting van statistische informatie in de besluitvorming.

4

OPZET VAN HET ONDERZOEK

Het onderzoek is uitgevoerd in drie deelstudies. De eerste deelstudie had de volgende onderzoeksvragen:

1. Bij welke onderdelen van het tactisch-strategische waterbeheer wordt statistische informatie over onzekerheid verstrekt?
2. *Hoe wordt deze informatie gepresenteerd in het tactisch-strategische waterbeheer?*
3. *Hoe wordt deze informatie geïnterpreteerd en benut in het tactisch-strategische waterbeheer en wat is de rol van experiëntiële en analytische denkprocessen in deze categorie van waterbeheer?*

Deze vragen werden beantwoord door middel van literatuurstudie en observationeel onderzoek in de vorm van interviews van waterschapsmedewerkers. In een eerste, exploratieve, fase werden vier waterschapsmedewerkers geïnterviewd, waarbij ook vier casussen werden voorgelegd over interpretatie van statistische informatie over onzekerheid. In de tweede, verdiepende, fase werden waterschapsmedewerkers uit zeven verschillende waterschappen geïnterviewd. Deze waterschappen werden met een aselechte steekproef geselecteerd uit de 23 waterschappen, waarbij door stratificatie gezorgd was voor vertegenwoordiging van waterschappen in zowel hoog als laag Nederland. Het onderzoek is in het kader van een M.Sc. Thesis uitgevoerd. Deze thesis (Verstoep, 2015) is als Bijlage 1 bij dit rapport gevoegd.

De tweede deelstudie bouwde voort op de resultaten van de eerste deelstudie. Met behulp van een workshop voor waterschapsmedewerkers, een enquête onder waterschapsmedewerkers die de workshop wel en niet hadden bijgewoond, interviews met beleidsmedewerkers bij waterschappen en een vragenlijst voor studenten International Land and Water Management (Wageningen Universiteit) is gezocht naar antwoorden op de volgende onderzoeksvraag: *Hoe kan communicatie over onzekerheid in het strategisch waterbeheer zodanig worden verbeterd, dat informatie over onzekerheid meeweegt in beslissingen binnen het strategisch waterbeheer?*

Omdat uit de eerste deelstudie bleek dat het voor waterschapmedewerkers relevant is te weten waarom het nuttig is om onzekerheid te communiceren en mee te laten wegen bij beslissingen in het strategische waterbeheer, zijn de volgende deelvragen geformuleerd:

- a. Hoe kunnen waterschapsmedewerkers en worden overtuigd van het nut van statistische informatie over onzekerheid?
- b. *Bij welke presentatievorm wordt de informatie het best geïnterpreteerd door beleidsmedewerkers/planvormers?*

Ook deze tweede deelstudie is in het kader van een M.Sc. Thesis uitgevoerd, zie Bijlage 2 voor de thesis (Van Wijk, 2015).

Richtten de eerste twee deelstudies richtten zich op presentatie aan en interpretatie en benutting door waterschapsmedewerkers, de derde deelstudie zocht onder waterschapsbestuurders naar antwoorden op de volgende onderzoeksvraag:

In hoeverre en op welke manier speelt de communicatie over en interpretatie van statistische informatie over onzekerheid een rol bij de besluitvorming door bestuurders van waterschappen?

Deze vraag bestaat uit verschillende aspecten, met elk een deelvraag waarvoor een antwoord wordt gezocht:

- a. *Perceptie van onzekerheid en risico: Hoe omschrijven bestuurders onzekerheid in de besluiten die ze moeten nemen in het kader van de wateropgave wateroverlast?*
- b. *De rol van kennis en informatie in besluitvorming: Welke rol speelt statistische informatie over onzekerheid voor bestuurders wanneer zij beslissingen nemen?*
- c. *Het communiceren van onzekerheid: Op welke manier wordt onzekerheid met bestuurders gecommuniceerd, en wat zien zij als verbeterpunten daarin?*

Deze derde deelstudie is in het kader van een M.Sc. Thesis uitgevoerd, zie Bijlage 3 voor de thesis (Bergsma, 2016). In deze studie zijn bij leden van het dagelijks bestuur van acht aselekt gekozen waterschappen semigestructureerde interviews afgenomen. Vier van de geselecteerde waterschappen lagen in 'hoog' Nederland met vrije afwatering, vier in 'laag' Nederland met bemalingen.

5

RESULTATEN

5.1 DEELSTUDIE 1

Voor een gedetailleerde beschrijving van de resultaten van deelstudie 1 verwijzen wij naar Bijlage 1 (Verstoep, 2015). Hieronder volgt een samenvatting van de resultaten.

5.1.1 EXPLORATIEVE FASE

Uit de vier interviews in de eerste, exploratieve fase kwam het volgende naar voren:

- Alle vier respondenten gaven aan dat communicatie van onzekerheid zeer relevant, maar ook complex is, en dat deze communicatie nog minimaal gebeurt;
- Alle vier respondenten gaven aan dat het communiceren van onzekerheid tot onrust en daardoor tot meer onzekerheid kan leiden.

Er werden vijf redenen genoemd om onzekerheid niet te communiceren:

1. Kennis ontbreekt om adequaat om te gaan met informatie over onzekerheid;
2. Het woord onzekerheid impliceert dat je bepaalde zaken niet weet of beheerst, wat onzekerheid en onrust oplevert;
3. Er is te weinig tijd om aandacht te geven aan het communiceren van onzekerheid;
4. De meerwaarde van informatie over onzekerheid wordt niet onderkend;
5. Het is te complex.

De eerste drie redenen worden gezien als oorzaak van de onrust waartoe het communiceren van onzekerheid kan leiden.

Alle vier respondenten spraken over een kloof tussen de partijen die statistische informatie over onzekerheid presenteren en de partijen die deze informatie moeten interpreteren. De presenterende partijen zijn adviesbureaus, kennisinstituten en technisch medewerkers bij het waterschap zelf. De interpreterende partijen zijn technisch waterschapsmedewerkers, beleidsmedewerkers en bestuurders. Er worden voor de interpreterende partijen geen trainingen gegeven om de interpretatie van statistische informatie over onzekerheid te verbeteren, al zijn er wel mogelijkheden om dit 'bij te spijkeren', onder andere bij Deltares en HKV. Om de genoemde kloof te dichten suggereren de respondenten het volgende:

- een 'opfriscursus' statistiek voor de interpreterende partijen (waterschapsmedewerkers);
- meer kennis bij de presenterende partijen over de beslisproblemen van waterschappen;
- andere formulering van onderzoeksoopdrachten door waterschappen.

Twee van de vier respondenten gaven aan ervoor te kiezen informatie over onzekerheid niet te communiceren, omdat dit tot onrust leidt. Uit de interviews kwam naar voren dat de vraag *waarom* informatie over onzekerheid moet worden gecommuniceerd belangrijk is: wat doen we ermee als het gecommuniceerd wordt?

De respondenten gaven een voorkeur aan voor presentatie van statistische informatie

over onzekerheid aan technisch medewerkers en hydrologen, die met deze informatie rekening houden bij de maatregelen die zij vervolgens voorstellen aan hun bestuur. Presentatie van statistische informatie over onzekerheid aan bestuurders vereist een omslag in denken. Alle respondenten gaven aan dat het moeilijker wordt voorgestelde maatregelen te verdedigen wanneer er bandbreedtes om de getallen zitten. Alhoewel presentatie van onzekerheid door middel van bandbreedtes wel als een juiste manier wordt gezien kiezen ze toch vaak voor presentatie van 'harde getallen', zonder informatie over onzekerheid. Er werd dus een duidelijke voorkeur waargenomen voor het presenteren van centrummaten zoals gemiddelden, zonder deze te voorzien van spreidingsmaten zoals betrouwbaarheidsintervallen.

De vier respondenten kregen tijdens het interview ook vier casussen voorgelegd, met als doel te zien in hoeverre zij met verschillende soorten en presentatievormen van statistische onzekerheid bekend waren, en hoe zij deze informatie interpreteerden. Hieronder volgen de beschrijvingen van de vier casussen en een samenvatting van de antwoorden en reacties van de respondenten.

CASUS 1: ABSOLUTE EN RELATIEVEFREQUENTIES, SINGLE-EVENT PROBABILITIES

Ga bij het onderstaande ervan uit dat er niets bekend is over correlatie/samenhang in de tijd tussen waterstanden, en dat klimaatcondities constant zijn in de tijd. Als een waterstand van 1,22 m+NAP wordt overschreden treedt wateroverlast op. In welke van de drie onderstaande situaties is de wateroverlast het grootst, en in welke het kleinst?

1. "Een waterstand van 1,22 m+NAP wordt eenmaal per vijftig jaar overschreden"
2. "De kans dat een waterstand van 1,22 m+NAP wordt overschreden in enig toekomstig jaar is 0,02"
3. "Een waterstand van 1,22 m+NAP wordt in 2 % van de toekomstige jaren overschreden"

In het bovenstaande werden drie manieren gebruikt om een frequentie of een kans uit te drukken: absolute frequenties, relatieve frequenties en *single-event probabilities*. Welk van de drie vind je het meest duidelijk, welke het minst? Waarom? Heb je ervaring met het presenteren van absolute en relatieve frequenties en *single-event probabilities* aan bestuurders?

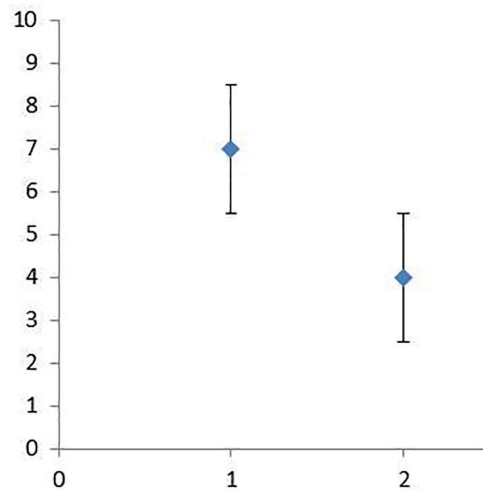
Herhalingstijden zoals in antwoord 1 van Casus 1 vormen volgens de respondenten de meest gangbare methode om de kans op een overschrijding van een waterstand aan te geven. *Single event probabilities* (antwoord 2) werd door geen van de respondenten als gebruikelijk of aantrekkelijk gezien. De relatieve frequentie in antwoord 3 werd als een aantrekkelijk alternatief voor herhalingstijden gezien. Een respondent merkte op dat 'eenmaal per vijftig jaar' vaak wordt opgevat als 'om de vijftig jaar'. Een andere respondent merkte op dat bij zijn waterschap 'eenmaal per vijftig jaar' wordt gepresenteerd als een gebeurtenis die minimaal eenmaal in een mensenleven plaatsvindt.

Herhalingstijden zijn een bijzondere vorm van absolute frequentie. Naar de interpretatie van absolute of simpele frequenties, relatieve frequenties en *single-event probabilities* is onderzoek verricht door onder meer Gigerenzer en Hoffrage (1995), Slovic *et al.* (2000, 2004) en Brase (2002). Over het algemeen wijzen deze studies uit dat simpele en absolute frequenties (bijvoorbeeld 1 van de 100) beter worden geïnterpreteerd dan relatieve frequenties (1 %) of *single-event probabilities* ($p=0,01$). Arribas e.a. (2014) vonden echter dat relatieve frequenties leiden tot nauwkeu-

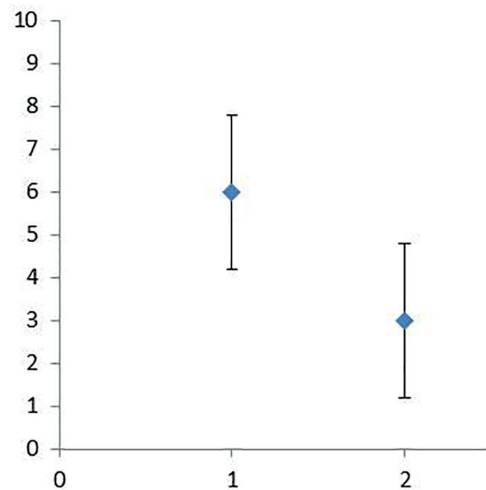
riger beslissingen dan simpele of absolute frequenties. Botzen *et al.* (2009) vermoeden op basis van de bevindingen van Gigerenzer en Hoffrage (1995) dat herhalingstijden evenals absolute frequenties gemakkelijker te interpreteren zijn dan *single-event probabilities*. Herhalingstijden zijn echter een bijzondere vorm van simpele of absolute frequentie vanwege de tijddimensie. Naar de interpretatie van overstromingsrisico's, uitgedrukt in herhalingstijden, is onderzoek verricht door onder meer Bell en Tobin (2007) en Serinaldi (2015). Deze studies zijn niet eenduidig over welke presentatievorm de voorkeur geniet: absolute frequenties, relatieve frequenties, *single-event probabilities* of faalkansen (overschrijdingskansen) binnen een gegeven planhorizon. Serinaldi (2015) wijst op de gevoeligheid voor misinterpretaties van herhalingstijden en stelt als alternatief overschrijdingskansen binnen een gegeven planhorizon voor, terwijl Bell en Tobin (2007) juist hier interpretatieproblemen bij het publiek mee verwachten.

CASUS 2: ERROR BARS, BETROUWBAARHEIDSINTERVALLEN

A ERROR BARS (+ EN - DE STANDAARDFOUT)



B 95%-BETROUWBAARHEIDSINTERVALLEN



In elk van de bovenstaande plaatjes staan geschatte waarden van parameters weergegeven. De schattingen onafhankelijk van elkaar (bijvoorbeeld: het gemiddelde in gebied 1, en het gemiddelde in gebied 2). De nauwkeurigheid van de geschatte waarden is in beide plaatjes aangegeven met een bandbreedte. In het linker plaatje (A) is de nauwkeurigheid van de schattingen aangegeven met een band die de geschatte waarde plus of minus de standaardfout weergeeft. In het rechter plaatje (B) is de nauwkeurigheid van de schattingen weergegeven met 95%-betrouwbaarheidsintervallen.

1. In welk van de twee plaatjes zijn de schattingen van de parameter het nauwkeurigst?
2. In één van de twee plaatjes verschillen de schattingen significant, bij een significantieniveau $\alpha=0.05$. Is dat in A of B?

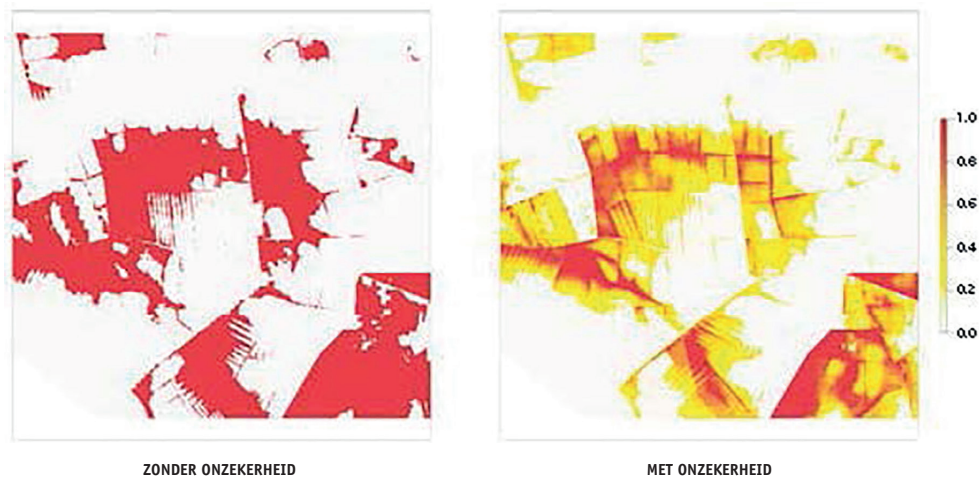
De respondenten gaven aan meer vertrouwd te zijn met 95%-betrouwbaarheidsintervallen dan met *error bars* die plus of min de standaardfout weergeven. Volgens hen worden deze *error bars* nauwelijks gebruikt. De respondenten konden geen antwoord geven op de beide vragen. Omdat een 95%-betrouwbaarheidsinterval gelijk is aan de schatting plus of min circa tweemaal de standaardfout, is B het correcte antwoord op vraag 1 en 2 uit Casus 2. 'Bandbreedte' is een veel gebruikte term bij communicatie over onzekerheid in het tactisch-strategische waterbeheer. Blijkbaar wordt intuïtief verondersteld dat met bandbreedte een 95%-betrouw-

baarheidsinterval wordt bedoeld. Met het begrip standaardfout en de relatie hiervan met het 95%-betrouwbaarheidsinterval bleken de respondenten niet bekend te zijn.

CASUS 3: MODELONZEKERHEID

In de BOWA-uitvoer (Berekenen Onzekerheid van de Wateropgave) is de modelonzekerheid niet verdisconteerd. De kaartjes zijn afkomstig uit een artikel van Hakvoort *et al.* (2013) in *Stromingen over BOWA*. Wordt het rechterkaartje roder, geler of witter wanneer de modelonzekerheid wél zou worden verdisconteerd?

AFBEELDING 2 VOORBEELD VAN EEN RUIMTELIJKE WEERGAVE VAN DE WATEROPGAVE, ZONDER EN MET ONZEKERHEID. HOE RODER, HOE GROTER DE KANS (1.0 = 100%) DAT DEZE RASTERCEL NIET AAN DE HIER GELDENDE NORM VOOR REGIONAAL WATEROVERLAST.



Uit de reacties van de respondenten bleek dat een kaartje zoals in Casus 3 meer aanspreekt dan getallen of een grafiek, en dat de respondenten daarom meer moeite willen doen het kaartje te interpreteren. Slechts twee van de vier respondenten gaven echter het juiste antwoord op de vraag: als er meer onzekerheid wordt verdisconteerd, dan kleurt het rechterkaartje geler.

CASUS 4: TOETSING VAN WATERSYSTEMEN AAN DE NORMEN VOOR REGIONALE WATEROVERLAST

Een knelpunt treedt op als inundatie vaker optreedt dan vanuit de norm is toegestaan. Voor grasland geldt bijvoorbeeld dat maximaal 5 % van de oppervlakte niet vaker dan eenmaal per 10 jaar mag worden geïnundeerd. Onzekerheid bestaat over het werkelijke oppervlaktepercentage dat vaker dan eenmaal per 10 jaar wordt geïnundeerd, omdat herhalingstijden moeten worden geschat met een model en omdat gegevens over bodemhoogte niet volledig en foutloos zijn. De onzekerheid over herhalingstijden van waterstanden en over bodemhoogtes is gekwantificeerd. Op basis van de verzamelde gegevens wordt een toets met de volgende nul- en alternatieve hypothese uitgevoerd:

Nulhypothese H_0 : het oppervlaktepercentage dat vaker dan eenmaal per 10 jaar wordt geïnundeerd is kleiner of gelijk aan 5 %;

Alternatieve hypothese H_a : het oppervlaktepercentage dat vaker dan eenmaal per 10 jaar wordt geïnundeerd is groter dan 5 %.

Vooraf is nagedacht over de risico's op foute conclusies:

1. De kans dat ten onrechte wordt geconcludeerd dat niet aan de "5%"-norm wordt voldaan mag niet groter zijn dan 0,05 (significantieniveau $\alpha=0,05$).

2. Een overschrijding van de “5%”-norm met ten minste 1 % wordt relevant gevonden en moet met kans 0,8 kunnen worden aangetoond. Deze kans heet ook wel power of onderscheidingsvermogen van de toets, en kan achteraf worden vastgesteld. De kans dat een overschrijding van de norm met 1 % over het hoofd wordt gezien mag dus niet groter zijn dan 0,2.

De onderstaande tabel geeft een aantal resultaten van de toets. De P-waarde is de kans op het gevonden oppervlakpercentage of extremere waarden gegeven de nulhypothese.

Formuleer bij elke uitkomst in de laatste kolommen een korte conclusie, en een aanbeveling over het nemen van maatregelen of het verrichten van nader onderzoek. Kies bij conclusie uit de volgende formuleringen:

1. Norm wordt overschreden;
2. Norm wordt niet overschreden;
3. Overschrijding van de norm is niet aangetoond.

Kies bij de aanbeveling uit de volgende formuleringen:

1. Neem maatregelen om wateroverlast tegen te gaan;
2. Neem geen maatregelen om wateroverlast tegen te gaan;
3. Verricht extra onderzoek en toets opnieuw.

Geschatte oppervlakpercentage	p-waarde	Onderscheidingsvermogen	Conclusie*	Aanbeveling*
8,1 %	0,04	0,6	1	1
8,1 %	0,04	0,9	1	1
8,1 %	0,08	0,6	3	3
8,1 %	0,08	0,9	3	2
5,2 %	0,04	0,6	1	1
5,2 %	0,04	0,9	1	1
5,2 %	0,08	0,6	3	3
5,2 %	0,08	0,9	3	2
4,1 %	0,1	0,6	3	3
4,1 %	0,1	0,9	3	2
4,1 %	0,1	0,6	3	3
4,1 %	0,1	0,9	3	2

*) Deze antwoorden waren niet voor de respondenten zichtbaar.

Casus 4 heeft analogieën met het onderzoek van Lecoutre *et al.* (2003), en diende ertoe om een indruk te krijgen van de gevoeligheid van professionals in het tactisch-strategische waterbeheer voor misinterpretatie van de resultaten van significantietoetsen. Alle vier respondenten hadden moeite met de beantwoording van de vragen die in deze casus werden voorgelegd. Bovendien gaven zij aan dit type informatie niet tegen te komen in de praktijk. Dit is opmerkelijk, omdat in het tactisch-strategische waterbeheer moet worden getoetst of aan allerlei normen wordt voldaan. We maken hieruit op dat dergelijke toetsen niet plaatsvinden in een statistisch kader van nul-hypothese-significantietoetsen (NHST), waardoor er ook niet expliciet met *error rates* (kansen op onjuiste beslissingen) rekening wordt gehouden. Juist door deze kansen op onjuiste beslissingen te kwantificeren en te beheersen kan op relatief eenvoudige wijze doelmatigheidswinst worden bereikt.

5.1.2 VERDIEPENDE FASE

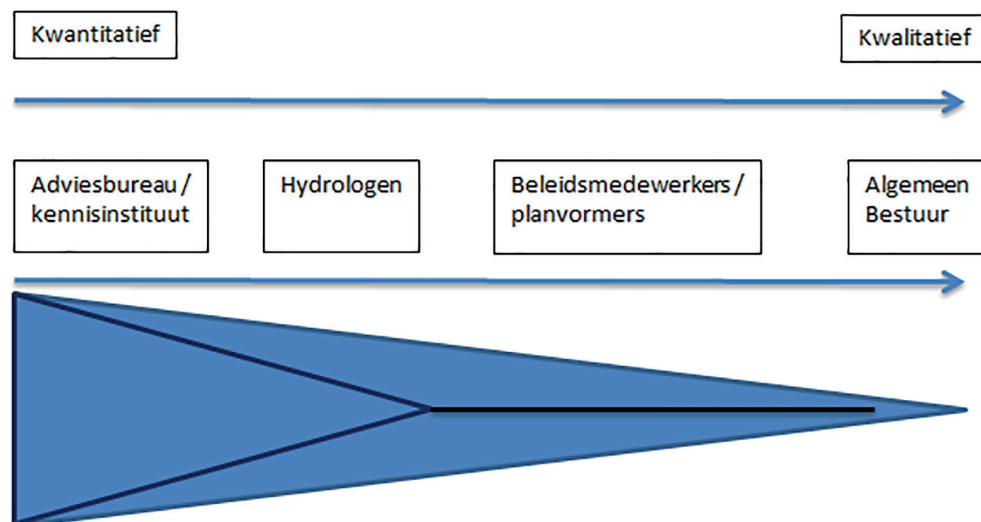
Tijdens de verdiepende fase werden gestructureerde interviews gehouden met *professionals* van de volgende waterschappen: Roer en Overmaas, Reest en Wieden, Vallei en Veluwe, Noorderzijlvest, Zuiderzeeland, Fryslân en Rivierenland. Waterschap Groot Salland was ook geselecteerd, maar hier bleek binnen onderzoeksperiode geen respons mogelijk. Voor details over de selectieprocedure verwijzen wij naar Bijlage 1 (Verstoep, 2015).

Uit de interviews kwam naar voren dat de volgende communicatiestappen zijn te identificeren, in chronologische volgorde:

1. Adviesbureaus en kennisinstellingen ® waterschapshydrologen;
2. Waterschapshydrologen ® beleidsmedewerkers en planvormers bij waterschappen;
3. Beleidsmedewerkers en planvormers bij waterschappen ® algemeen bestuur waterschap.

Tijdens dit proces vindt een omslag plaats van kwantitatieve informatie over onzekerheid naar kwalitatieve. Figuur 4.1 geeft dit communicatieproces grafisch weer.

FIGUUR 4.1 SCHEMATISCHE WEERGAVE VAN DE AFNAME VAN HET COMMUNICEREN VAN ONZEKERHEID BINNEN DE WATERSCHAPPEN. ONZEKERHEID WORDT EERST KWANTITATIEF IN GROTE HOEVEELHEDEN GECOMMUNICEERD, MAAR DIT NEEMT SNEL AF EN VERANDERT IN KWALITATIEVE INFORMATIE OVER ONZEKERHEID (VERSTOEP, 2015).



Figuur 4.1 maakt de afname in het communiceren over statistisch gekwantificeerde onzekerheid duidelijk. De sterkte van deze afname varieert tussen de waterschappen. Bij circa de helft van de waterschappen neemt de communicatie over statistisch gekwantificeerde onzekerheid snel af, volgens de zwarte lijnen in Figuur 4.1. Over de drie afzonderlijke communicatiestappen kan op basis van de interviews het volgende worden opgemerkt:

1. **Adviesbureaus en kennisinstellingen ® waterschapshydrologen:** Door ongeveer de helft van de waterschappen worden duidelijke afspraken met adviesbureaus en kennisinstellingen gemaakt over de wijze waarop kwantitatieve informatie wordt gepresenteerd. Bij enkele waterschappen werken medewerkers van adviesbureaus of kennisinstellingen tijdelijk in het kantoor van het waterschap, zodat de communicatie zo direct mogelijk is. Bij andere waterschappen krijgen de adviesbureaus en kennisinstellingen meer vrijheid in de keuze voor presentatievormen. Dit kan interpretatieproblemen opleveren, omdat rapporten als het ware 'over de schutting worden gegooid'.
2. **Waterschapshydrologen ® beleidsmedewerkers en planvormers bij waterschappen:** Bij deze stap vindt de transformatie van kwantitatieve naar kwalitatieve informatie over onze-

kerheid plaats. De communicatie over onzekerheid wordt vanwege de korte informatiekanaalen niet als problematisch ervaren.

3. **Beleidsmedewerkers en planvormers bij waterschappen ® algemeen bestuur waterschap:** Statistisch gekwantificeerde onzekerheid wordt momenteel bij de meeste waterschappen minimaal naar het bestuur gecommuniceerd. Als redenen die beleidsmakers en planvormers hiervoor kunnen hebben worden genoemd:
 - a. Gebrek aan kennis over statistisch gekwantificeerde onzekerheid;
 - b. Gebrek aan inzicht in de meerwaarde van statistisch gekwantificeerde onzekerheid;
 - c. Gebrek aan motivatie;
 - d. Gebrek aan tijd, in verband met *deadlines*.

Bij het communicatietraject in Figuur 1 is naast een verschuiving van kwantitatieve naar kwalitatieve informatie ook een verschuiving te zien van analytische naar ervaringsgerichte verwerking van informatie (Marx *et al.*, 2007). Experts van adviesbureaus en kennisinstututen en waterschapshydrologen zullen statistische informatie meer analytisch verwerken, wat gekenmerkt wordt door formele handelingen, logische regels, abstracte symbolen en weldoordachte beslissingen. Beleidsmedewerkers en waterschapsbestuurders zullen bij de verwerking van informatie meer gebruik maken van oorzaak-gevolgrelaties, levendige beelden en heuristieken. Vooral de recentheidsheuristiek, de beschikbaarheidsheuristiek en de affectheuristiek spelen hierbij een rol, zie Verstoep (2015, blz. 11) voor een korte uitleg van de werking van deze heuristieken.

Tijdens de interviews kwamen de positieve en negatieve aspecten van het communiceren van statistische informatie over onzekerheid naar voren. Als positieve aspecten werden genoemd:

1. Eerlijker en transparanter beeld van de werkelijkheid;
2. Bewuster omgaan met gegevens, geen schijnzekerheid creëren;
3. Bandbreedtes geven ruimte aan het bestuur, mits het bestuur hier goed mee kan omgaan;
4. Doelmatiger beslissingen zijn mogelijk, je kunt geld besparen.

Als negatieve aspecten werden genoemd:

1. Ontbreken van meerwaarde en doel;
2. Onzekerheid geeft onrust;
3. Onzekerheid geeft onbegrip;
4. Onzekerheid kost veel tijd en geld;
5. Makkelijker werken als je onzekerheid niet meeneemt.

Uit de interviews kwam naar voren het grootste negatieve aspect is dat weinig waterschapsmedewerkers het nut of de meerwaarde van statistische informatie over onzekerheid inzien. Ook onrust werd vaak genoemd.

5.2 DEELSTUDIE 2

Voor een gedetailleerde beschrijving van deelstudie 2 verwijzen wij naar Bijlage 2 (Van Wijk, 2015). Hieronder volgt een samenvatting van de resultaten.

5.2.1 WORKSHOP 24 SEPTEMBER 2015

Op 24 september 2015 organiseerde STOWA een nationale themadag over watersysteemanalyse 'Grip op watersystemen, van meten en weten naar begrijpen'. Deze dag werd bezocht door 113 professionals uit het waterbeheer, werkzaam bij waterschappen, adviesbureaus en kennisinstututen. Zij konden kiezen voor deelname aan twee van in totaal zeven verschillende

workshops. De workshop ‘Eye-openers in het waterbeheer’ had, verdeeld over twee sessies, totaal 33 deelnemers. Tijdens deze workshop werd aan de deelnemers gedemonstreerd wat de rol van presentatie en interpretatie is wanneer op basis van statistische informatie over onzekerheid besluiten worden genomen, en hoe deze informatie kan bijdragen aan doelmatige beslissingen om aan de wateropgave te voldoen.

Allereerst werden aan de deelnemers twee vragen voorgelegd, die zij direct moesten beantwoorden. De vragen waren een bewerking van vragen uit Kahneman (2011).

De eerste vraag luidde:

De grondwaterstand wordt gemeten met een meetlint waaraan een dompelklokje is bevestigd. Dit setje kost bij elkaar € 110,00. Het lint kost 100 euro meer dan het klokje. Wat kost het klokje?

Tien van de 33 deelnemers (30 %) gaven het juiste antwoord: € 5,00. Twintig deelnemers (61 %) gaven € 10,00 als antwoord en de resterende drie deelnemers (9 %) gaven geen antwoord. Met deze resultaten werd de werking van twee systemen om informatie te verwerken gedemonstreerd: het snelle, experiëntiële systeem en het trage, analytische systeem (Kahneman, 2011; Marx *et al.*, 2007). De beantwoording van deze vraag is in overeenstemming met de literatuur: de werking van het snelle systeem leidt in dit geval tot een onjuist antwoord.

De tweede vraag luidde:

Jan was in zijn jeugd en studententijd actief lid van de NJN, de Nederlandse jeugdbond voor natuurstudie. Wat is het meest waarschijnlijk?

- a. Jan werkt bij een waterschap.
- b. Jan werkt als ecooloog bij een waterschap.

Van de 33 deelnemers gaven 20 (61 %) het juiste antwoord A. Het lijkt waarschijnlijk dat Jan ecooloog is, hij vertoont immers persoonlijke kenmerken van een ecooloog, maar de kans dat Jan én ecooloog is én bij een waterschap werkt is kleiner dan de kans dat Jan bij een waterschap werkt. Dertien van de dertig deelnemers (39 %) gaven het foute antwoord. Een verklaring voor de foute antwoorden is mogelijk dat zij gewend zijn causaal te denken: *output* is een logisch gevolg van de *input*. Wanneer er geen statistische informatie wordt gegeven, in dit geval kansen, blijft deze doelgroep zo redeneren (Kahneman, 2011). Aanvullende informatie, zoals statistische logica, wordt niet in ogenschouw genomen bij het produceren van een antwoord. Dit verschijnsel wordt door Kahneman (2011) het WYSIATI- (*What You See Is All There Is*) principe genoemd.

Vervolgens werd in groepen van circa vijf personen een simulatiespel gespeeld. Het doel van dit spel was om *professionals* in het kwantitatief waterbeheer te laten ervaren dat door statistische informatie over onzekerheid te benutten, doelmatigere maatregelen kunnen worden genomen om te voldoen aan de wateropgave.

Elk groepje kreeg fictief € 2.000.000,- dat ze konden gebruiken voor het laten verrichten van onderzoek, voor investeringen om te voldoen aan de wateropgave en voor verzekering tegen schade van wateroverlast. Om aan de wateropgave te beantwoorden moet de bergingscapaciteit van een gebied worden vergroot en moeten terreinen worden opgehoogd. Hiervoor zijn twee varianten uitgewerkt:

- A: meer open water, ophogen en inrichten van een bergingsgebied (investering € 1.000.000,-)
 B: meer open water en ophogen (investering € 300.000,-)

De kosten van NIET voldoen aan wateropgave bedragen € 2.000.000,- (kosten wateroverlast).

Elk groepje kreeg ook een vel waarop het beslisprobleem was beschreven. Als gekozen werd voor onderzoek dan kreeg het groepje een vel met de resultaten en een beschrijving van het volgende beslisprobleem. Alvorens de deelnemers een variant konden kiezen, moest met onderzoek (modelberekeningen) worden bepaald in hoeverre met maatregel A of B aan de wateropgave kon worden voldaan. Hierbij konden de deelnemers ervoor kiezen onzekerheid wel of niet te kwantificeren. Ook kon in een later stadium gekozen worden om onzekerheid te reduceren door extra onderzoek te doen, of niet. Bijlage 1 geeft de verschillende beslisproblemen weer in een gebeurtenis-beslissingsboom, met daarin de keuzes van de verschillende groepen.

Drie van de zeven groepen namen de kortste route naar de meest doelmatige beslissing. Twee groepen kozen voor de op-één-na-doelmatigste beslissing. Zij voorzagen niet dat de kosten van onzekerheidsreductie opwogen tegen de opbrengsten in termen van een betere inschatting van het risico van wateroverlast waardoor de reservering voor schade door wateroverlast kleiner werd. Twee groepen kozen voor minder doelmatige beslissingen, waarbij één groep het kortst mogelijk parcours afliep en de andere een langer parcours, waarbij onderzoek werd verricht om onzekerheid te kwantificeren en vervolgens onderzoek om onzekerheid te reduceren. Beide groepen kozen voor de veilige maar dure variant A, waarbij geen reservering voor schade van eventuele wateroverlast hoeft te worden gedaan.

Aan het einde van de themadag konden zowel de deelnemers als de niet-deelnemers aan de workshop een vragenlijst invullen, zodat kon worden gemeten of de workshop effect had op de ervaring met en mening over het communiceren van statistische informatie over onzekerheid. Van de 113 aanwezigen hebben 51 de vragenlijst ingevuld, waaronder 20 deelnemers en 31 niet-deelnemers aan de workshop 'Eye-openers in het waterbeheer'. Van Wijk (2015) geeft een uitgebreide beschrijving van de resultaten van deze enquête (Bijlage 2 bij dit rapport). Hier volgen de belangrijkste uitkomsten.

Bij de stelling *"Binnen mijn waterschap worden beslissingen genomen op basis van: 'ervaringen uit het verleden', 'statistische informatie', 'persoonlijke voorkeuren', 'inzicht in fysische processen', 'politiek-strategische motieven'"* gaven de respondenten aan dat politiek-strategische motieven het vaakst een rol spelen bij het nemen van beslissingen. Statistische informatie was volgens de respondenten het minst vaak de basis van een genomen beslissing. Hierbij was geen significant verschil tussen respondenten die wél en respondenten die niet deelnamen aan de workshop 'Eye-openers in het waterbeheer'.

Bij de vraag *"In hoeverre spelen de volgende drijfveren een rol bij besluitvorming over wateropgave?; 'maatschappelijk belang', 'economisch belang', 'het minimaliseren van risico op wateroverlast', 'voorkomen van het krijgen van spijt', 'het hoogst mogelijke rendement behalen', 'duurzaamheid'"*, scoorde 'Maatschappelijk belang' het hoogst onder de respondenten en 'Voorkomen van het krijgen van spijt' het laagst. Ook hier was geen significant verschil waarneembaar tussen deelnemers en niet-deelnemers aan de workshop.

Op de vraag of de respondenten ervaring hadden met situaties waarin emotie en het hebben van een onderbuikgevoel een dominante rol hadden bij besluitvorming, antwoordden deelnemers en niet-deelnemers marginaal significant ($p=0,08$) verschillend. Deelnemers aan de workshop gaven vaker aan ervaring te hebben met situaties waarin emoties en onderbuikgevoel een dominante rol speelden bij besluitvorming dan niet-deelnemers. Bovendien waren zij hierin significant eensgezinder dan niet-deelnemers. Dit kan er op duiden dat de work-

shop heeft bijgedragen aan de bewustwording van de rol van emotie en onderbuikgevoel bij besluitvorming.

Met de stelling *'Communicatie over onzekerheid bij langetermijnbesluitvorming is uiteindelijk doelmatiger dan het niet laten meewegen van onzekerheden bij langetermijnbesluitvorming'* waren de respondenten het gemiddeld genomen eens. Deelnemers aan de workshop konden zich iets meer in deze stelling vinden dan niet-deelnemers, maar het verschil was niet significant. Bij de deelnemers was de spreiding in de antwoorden wel significant kleiner dan bij de niet-deelnemers ($p=0,026$), wat duidt op meer eensgezindheid.

De respondenten bleken het zich het meest te kunnen vinden in de stelling *'Ik vind dat niet alleen berekende waarden maar ook bandbreedtes of marges die de nauwkeurigheid van de berekende waarden aangeven, nodig zijn voor besluitvorming'* en het minst in de stelling *'Naar mijn mening levert het communiceren van statistische informatie over onzekerheid alleen maar meer onrust op'*. Over deze stelling bleken deelnemers aan de workshop significant anders te denken dan niet-deelnemers ($p=0,04$). Opmerkelijk is dat deelnemers aan de workshop het meer met deze stelling eens waren dan niet-deelnemers.

Bij de stelling *'Ik vertrouw bij besluitvorming meer op de ervaring en inzichten van een expert dan op een statistische analyse van de gegevens'* konden we niet aantonen dat deelnemers aan de workshop meer vertrouwen in statistiek stellen dan niet-deelnemers (eenzijdige p -waarde 0,985). Zowel deelnemers aan de workshop als niet-deelnemers stelden gemiddeld genomen meer vertrouwen in ervaring en inzichten van experts dan in statistiek. De deelnemers stelden gemiddeld genomen zelfs meer vertrouwen in de experts dan de niet-deelnemers. Dit is een opmerkelijk resultaat, omdat tijdens de workshop met verschillende voorbeelden werd gedemonstreerd dat er een risico op onjuiste of ondoelmatige beslissingen ontstaat wanneer statistische analyse niet bij besluitvorming wordt betrokken en beslissingen meer op gevoel of intuïtie worden genomen. De deelnemers aan de workshop waren het echter significant meer dan de niet-deelnemers eens met de stelling *'Statistische analyse kan een goede aanvulling zijn op de ervaring en inzichten van experts'* ($p=0,03$). Uit de antwoorden op beide stellingen blijkt dat aan een deskundigenoordeel veel waarde wordt gehecht.

5.2.2 INTERVIEWS MET ACHT PROFESSIONALS IN BELEID

Doel van acht interviews met beleidsmedewerkers van acht verschillende waterschappen was een antwoord te vinden op de vraag welke presentatie effectief is binnen het Nederlandse waterbeheer, en dus het best geïnterpreteerd wordt, teneinde het gebruik van statistische informatie bij besluitvorming te bevorderen. Vier 'hooglandwaterschappen' en vier 'laaglandwaterschappen' zijn geselecteerd met een gestratificeerde enkelvoudig aselechte steekproef met behulp van het statistische programma R. Onderscheid in hoogland en laagland is gemaakt omdat er mogelijk verschillen zijn in het communiceren van onzekerheid binnen beide gebieden. 'Hooglandwaterschappen' liggen in hellende gebieden met vrije afwatering en 'laaglandwaterschappen' in de poldergebieden met beheerst peil. Uitsluitend beleidsmedewerkers dan wel planvormers werden geïnterviewd. Door de wijze van selectie vormen de acht geselecteerde waterschappen een afspiegeling van de 23 waterschappen in Nederland, zie Bijlage 2 (Van Wijk, 2015) voor een uitgebreide beschrijving van de steekproef.

Aan elke respondent werd dezelfde reeks van vier casussen voorgelegd. Deze casussen waren ontleend aan Verstoep (2015), zie Bijlage 1 en paragraaf 4.1. Aan de hand van vragen bij deze casussen, de eerste indrukken van de participanten hierop en enkele andere vooraf vastge-

stelde onderwerpen om het toepassen van statistiek te kunnen bevragen kwamen de semi-structureerde interviews tot stand. Aan het einde van elk interview werden de casussen door de respondenten beoordeeld op begrijpelijkheid, overzichtelijkheid, bruikbaarheid en duidelijkheid met een schaal van 1 t/m 7 (1=helemaal niet, 7=helemaal wel).

TABEL 4.1 OVERZICHT VAN ANTWOORDEN EN REACTIES OP VIER CASUSSEN, VOORGELEGD AAN BELEIDSMEDEWERKERS VAN ACHT WATERSCHAPPEN. DE CASUSSEN ZIJN BESCHREVEN IN PARAGRAAF 4.1 EN BIJLAGE 1 (VERSTOEP, 2015)

Casussen	Antwoorden	Reacties
Casus 1, stelling 1		'Dit is de taal die ze spreken over overschrijdingskansen.'
Casus 1, stelling 2	Zes keer goed	'Deze zijn te zeker, alsof je weet wat er gaat gebeuren, dat je in de toekomst kan kijken.'
Casus 1, stelling 3		
Casus 2, grafiek links	Acht keer fout	'Ik werk er niet meer mee.'
Casus 2, grafiek rechts		'Betrouwbaarheidsintervallen komen nog wel eens voor.'
Casus 3	Eén keer goed	'Kaartjes zijn ze gek mee; spreekt meer tot de verbeelding.'
Casus 4	Acht keer fout	'Oh wat een tabellen.'

De interviews toonden geen grote verschillen aan tussen hoogland- en laaglandwaterschappen in gebruik en communicatie van statistische informatie over onzekerheid.

Casus 1 werd het vaakst goed beantwoord, de drie stellingen drukken namelijk een gelijke kans op wateroverlast uit. De respondenten gaven aan vertrouwd te zijn met herhalings-tijden. Eén van de respondenten vond de uitdrukking in relatieve frequenties of in *single-event probabilities* te veel zekerheid over toekomstige gebeurtenissen suggereren. Herhalings-tijden werden het begrijpelijkst, overzichtelijkst, duidelijkst en bruikbaarst gevonden van alle presentatievormen die in de vier casussen werden voorgelegd.

Bij **casus 2** bleken standaardfouten moeilijk interpreteerbaar. De respondenten beoordeelden de begrijpelijkheid, overzichtelijkheid, duidelijkheid en bruikbaarheid van standaardfouten laag en de meeste gaven aan niet te weten wat een standaardfout is. 95%-betrouwbaarheidsintervallen werden positiever beoordeeld.

Casus 3 bleek moeilijk interpreteerbaar, omdat slechts één van de acht respondenten het goede antwoord op de vraag gaf. Eén van de acht respondenten gaf aan dat kaartjes een populaire presentatievorm vormen. De begrijpelijkheid, duidelijkheid, overzichtelijkheid en bruikbaarheid van de kaartjes werd relatief positief beoordeeld ten opzichte van andere presentatievormen die in de casussen werden voorgelegd. De kaartjes zijn ontleend aan de uitvoer van BOWA (Berekenen Onzekerheid van de Wateropgave; Kallen *et al.*, 2012), een instrument dat bedoeld is om rekening te houden met onzekerheid bij het toetsen van watersystemen aan de normen van het Nationaal Bestuursakkoord Water (NBW). BOWA is ontwikkeld omdat tijdens een enquête door STOWA onder de regionale waterbeheerders de wens werd geuit om meer inzicht te krijgen in de onzekerheid van de berekende wateropgave.

Casus 4 bleek het moeilijkst interpreteerbaar. De respondenten gaven aan de informatie over de nulhypothese-significantietoets het minst begrijpelijk, overzichtelijk, duidelijk en bruikbaar te vinden. Een aantal respondenten gaf aan dat de presentatie te uitgebreid was en een aantal gaf aan zelf geen toetsen uit te voeren. Hieruit blijkt dat toetsing aan normen op het gebied van wateroverlast en wateropgave niet in een statistisch kader wordt uitgevoerd, waardoor de kansen op foute conclusies niet bekend zijn en de risico's die daaruit volgen niet

worden beheerst. Bovendien blijkt hieruit dat de statistische informatie over onzekerheid die met BOWA (Kallen *et al.*, 2012) wordt gegenereerd niet wordt benut bij toetsing van watersystemen, wat wel het doel was.

Tijdens de interviews kwam naar voren dat wet- en regelgeving en maatschappelijk belang de belangrijkste drijfveren voor waterschappen zijn. Opmerkelijk is dat doelmatigheid en duurzaamheid niet als belangrijkste drijfveren naar voren kwamen, terwijl de Strategienota 2014-2018 van Stowa (Stowa, 2014) deze nadrukkelijk noemt als belangrijke factoren. Normeringen zijn op nationaal niveau vastgesteld in de vorm van herhalingsstijden. Waterschapsmedewerkers hebben te maken met partijen in de samenleving die zich gemakkelijk iets kunnen voorstellen bij 'eens in de vijftig jaar'. Dit verklaart de positieve beoordeling van herhalingsstijden als presentatievorm.

Hoewel het toetsen aan normen de geïnterviewden bekend voorkwam hadden zij de meeste moeite met de interpretatie van de informatie van een nulhypothese-significantietoets en beoordeelden zij de begrijpelijkheid, overzichtelijkheid, duidelijkheid en bruikbaarheid van deze informatie het minst positief. Meestal wordt een gemiddelde vergeleken met een normering. Als het gemiddelde niet aan deze normering voldoet wordt er verder onderzoek gedaan en worden zo nodig maatregelen getroffen. De risico's van onjuiste conclusies, namelijk ten onrechte concluderen dat wel of niet aan de normering wordt voldaan, worden niet in ogenschouw genomen. De risico's van ten onrechte investeren in verder onderzoek of maatregelen worden daardoor niet beheerst. Hierdoor is het nemen van ondoelmatige beslissingen niet ondenkbeeldig.

De meeste geïnterviewden zijn zich bewust van het nut van informatie over onzekerheid. Hierover moet echter veelal worden gecommuniceerd met partijen die nauwelijks of geen kennis (hoeven te) hebben van statistiek: bestuur, burgers en boeren. Hierdoor staat het op peil houden van kennis van statistiek vaak niet op de prioriteitenlijst. Opvallend was dat de meeste geïnterviewden zeiden dat hun kennis van statistiek voorheen beter was. Daarbij doelden ze op hun studententijd. Tijdens hun loopbaan in het waterbeheer zakt de statistische kennis weg doordat ze er in hun werk niet regelmatig mee te maken hebben.

5.2.3 VRAGENLIJST STUDENTEN INTEGRAAL WATERBEHEER WAGENINGEN UNIVERSITEIT

Aanleiding voor deze vragenlijst was de reactie bij alle acht geïnterviewde waterschapmedewerkers (paragraaf 4.2.2) op de casussen, in de trant van 'Zo, dit is echt terug naar de opleiding. Dit is eventjes geleden.'. Door ook aan een groep studenten presentatievormen van statistische informatie voor te leggen kon worden onderzocht of er verschillen waren tussen studenten en *professionals*. Bovendien kon zo de interpretatie van statistische informatie worden onderzocht onder een grotere groep respondenten.

Aan 53 studenten van het MSc-vak Integraal Waterbeheer aan de Wageningen Universiteit is op 10 november 2015 een vragenlijst voorgelegd waarin zij werden gevraagd de gepresenteerde onzekerheidsinformatie te interpreteren en te beoordelen. Deze studenten zijn door hun studie bekend met situaties uit het Nederlandse waterbeheer, hebben allen het vak statistiek in de propedeuse genoten en worden dus geacht informatie over waterbeheer en statistiek te begrijpen. Hoewel deze studenten potentiële toekomstige waterschapbeheerders zijn, zijn zij echter niet bevooroordeeld door ervaring met werkzaamheden uit het Nederlandse waterbeheer, zoals de geïnterviewde waterschapsmedewerkers (Van Pelt, 2014).

Om te onderzoeken welke vorm van presentatie van statistische informatie over onzekerheid het best wordt geïnterpreteerd, zijn drie varianten voorgelegd: een woordelijke, een grafische en een statistische. Elke student kreeg 10 minuten om de gepresenteerde statistische informatie te bekijken, de corresponderende vraag te beantwoorden en de informatiebox te beoordelen. De gepresenteerde onzekerheidsinformatie en de vragenlijst waren in het Engels omdat dit de voertaal is bij Wageningen Universiteit en omdat het een internationale groep studenten was. Elke participant kreeg slechts één variant voorgelegd. Ze werden gevraagd om op een 7-puntsschaal de informatie uit de informatiebox te beoordelen op basis van de volgende criteria:

- 'Begrijpelijk' (ik begrijp de gepresenteerde informatie)
- 'Overzichtelijk' (de casus geeft de informatie adequaat weer)
- 'Duidelijk' (de casus geeft de informatie duidelijk weer)
- 'Bruikbaar' (de casus kan worden gebruikt)
- 'Herkenbaar' (de gepresenteerde informatie is herkenbaar voor mij)
- 'Volledig' (de casus bevat alle vereiste informatie)
- 'Behulpzaam' (de casus bevat alle essentiële informatie)

Om te controleren of de onzekerheidsinformatie daadwerkelijk werd begrepen en duidelijk was, zat er een corresponderende vraag bij de gepresenteerde statistische informatie. Als laatste werden de respondenten gevraagd kort hun beoordeling te motiveren en hun mening te geven door middel van enkele open vragen:

- 'Is er iets uit de informatiebox dat u direct opviel? (zowel positief als negatief)'
- 'Zou u aan een andere presentatievorm de voorkeur hebben gegeven, gegeven deze casus en de corresponderende vraag?'

Van het totale aantal respondenten (N=53), ontvingen 18 respondenten (34%) de woordelijke presentatie, 19 respondenten (36%) de statistische presentatie en 16 respondenten (30%) de grafische presentatie. Onder de respondenten waren 30 mannen en 23 vrouwen. De gemiddelde leeftijd was 24. De studenten van het vak Integraal Waterbeheer waren onder meer van de opleidingen Environmental Sciences (N= 14), International Land and Water Management (N=13) en Climate studies (N=10). De groep was een gemengde groep waarvan de helft een Nederlandse nationaliteit had.

Hieronder worden de drie varianten en de antwoorden van de studenten besproken.

• VARIANT 1, WOORDELIJKE PRESENTATIE

For below stated situations, it is given that nothing specific is known about correlations in between timing of water levels and that climate conditions remain the same over time. If the water level of 1,22 m+NAP is exceeded, water problems (floods) occur. In which of the situation would the water problems be worst and in which situation would it be least? Choose from the following situations:

- a. A water level of 1.22 m+NAP is likely to occur every fifty years.
- b. A water level of 1.22 m+NAP is exceeded in a future year with a probability 0.02.
- c. A water level of 1.22 m+NAP is exceeded in 2 % of the future years.

Answer:

• **VARIANT 2, STATISTISCHE PRESENTATIE**

For below stated situations, it is given that nothing specific is known about correlations in between timing of water levels and that climate conditions remain the same over time. If the water level of 1,22 m+NAP is exceeded, water problems (floods) occur.

$$P(y > 1.22\text{m+NAP}) = 0.02$$

Which statement is true?

- A water level of 1.22 m+NAP is exceeded in a future year with a probability 0.02
- A water level of 1.22 m+NAP is exceeded in a future year with a probability 0.98
- The probability that a water level of 1.22 m+NAP occurs in a future year is larger than 0.02

Answers:

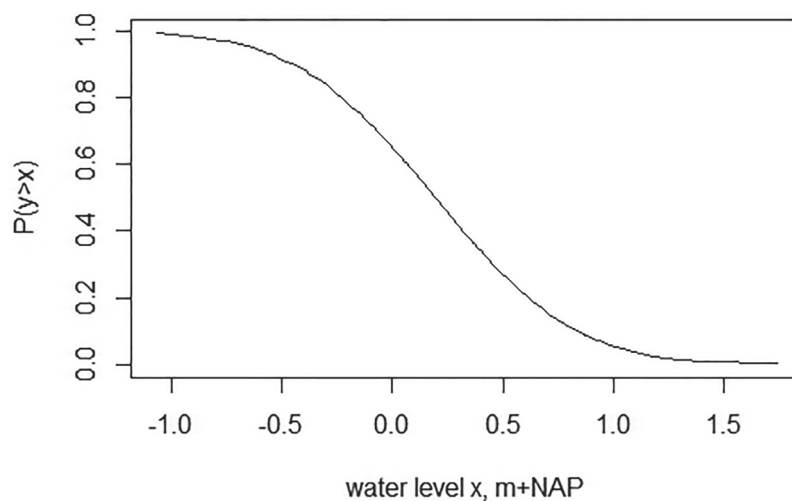
- Situation 1: statements a, b and c are right
- Situation 2: statement b is right
- Situation 3: statement a is right

• **VARIANT 3, GRAFISCHE PRESENTATIE**

For below stated situations, it is given that nothing specific is known about correlations in between timing of water levels and that climate conditions remain the same over time. If the water level of 1,22 m+NAP is exceeded, water problems (floods) occur. Which statement is true?

- A water level of 0.1m+NAP is exceeded with probability 0.83 in a future year
- A water level of 1.22m+NAP is exceeded with probability 0.02 in a future year
- A water level of 0.65m+NAP is exceeded with zero probability in a future year

Probabilities of exceedance



Answer:

TABEL 4.2 RESULTATEN VAN DE BEOORDELINGEN VAN DRIE PRESENTATIEVORMEN VAN STATISTISCHE INFORMATIE DOOR STUDENTEN INTEGRAAL WATERBEHEER VAN WAGENINGEN UNIVERSITEIT. GEMIDDELDE SCORES VAN EEN SCHAAL VAN 1 T/M 7 (1=GEHEEL NIET, 7=VOLLEDIG)

Criteria	Varianten		
	1. Woordelijke presentatie	2. Statistische presentatie	3. Grafische presentatie
Begrijpelijk (ik begrijp de gepresenteerde informatie)	3,44	3,11	3,60
Overzichtelijk (de casus geeft de informatie adequaat weer)	3,67	3,95	4,07
Duidelijk (de casus geeft de informatie duidelijk weer)	3,39	3,26	3,73
Bruikbaar (de casus kan worden gebruikt)	3,11	3,68	3,87
Herkenbaar (de gepresenteerde informatie is herkenbaar voor mij)	3,11	3,53	3,40
Volledig (de casus bevat alle vereiste informatie)	3,11	3,05	3,80
Behulpzaam (de casus bevat alle essentiële informatie)	2,39	3,32	4,13

Uit de beoordelingen in Tabel 4.2 blijkt dat de studenten grafische presentatie beter waardeerden dan woordelijke en statistische informatie. Met statistische informatie zijn de studenten wel meer vertrouwd dan met woordelijke of grafische informatie. Op een uitzondering na verschilden de beoordelingen niet significant. Alleen de beoordeling op 'behulpzaam' van woordelijke presentatie bleek significant af te wijken van de andere beoordelingen.

Bij de woordelijke presentatie gaf slechts één respondent van de 18 (6%) het juiste antwoord, van de statistische presentatie gaven 14 van de 19 respondenten (74%) het juiste antwoord en van de grafische presentatie gaven 12 van de 16 respondenten (75%) het juiste antwoord.

Uit de antwoorden op de open vragen bleek dat veel respondenten vonden dat er meer informatie gegeven had kunnen of moeten worden over de presentatievormen, en enkelen vonden dat er relevante informatie ontbrak om de vraag te kunnen beantwoorden. Bij alle drie de presentatievormen gaven respondenten expliciet aan dat de case 'herkenbaar' was, omdat het in hun studie aan bod was gekomen. Er gaven echter ook respondenten expliciet aan dat de case niet 'herkenbaar' was voor hen, omdat hun statistische kennis onvoldoende was of omdat dit in hun studie niet aan bod was gekomen.

Op de vraag of de respondenten liever een andere vorm van presentatie hadden willen zien, antwoordden sommige respondenten die de woordelijke presentatievorm voorgelegd hadden gekregen dat ze het de juiste presentatievorm vonden, terwijl anderen liever een grafiek voorgelegd hadden gekregen. Van de respondenten die de statistische presentatievorm hadden gekregen noemden er zeven expliciet dat ze dit de juiste presentatievorm vonden. Van de respondenten die de grafische presentatievorm hadden gekregen, vonden iets minder dan de helft (7) dit de juiste presentatievorm.

Bij alle drie de presentatievormen noemden respondenten expliciet dat de gepresenteerde statistische informatie hun wél bekend voorkwam, terwijl anderen juist aangaven dat het hun niet bekend voorkwam.

Geconcludeerd kan worden dat de woordelijke vorm van presentatie het slechtst scoort op begrijpelijkheid en voorkeur. De respondenten zagen liever een grafische of statistische

presentatievorm dan een woordelijke vorm van presentatie, waarbij de grafische versie het hoogst gewaardeerd werd met een gemiddelde van 4,13 op een schaal van zeven.

5.3 DEELSTUDIE 3

Bergsma (2016) beschrijft in Bijlage 3 bij dit rapport de resultaten van deelstudie 3 in detail. Hieronder volgt een samenvatting. Bij de analyse is gebruik gemaakt van een indeling in typen beleidsproblemen en van een indeling in verschillende manieren om met onzekerheid om te gaan. Beide indelingen zullen hier kort worden toegelicht.

De verschillende problemen waarmee besluitvormers hebben te maken kunnen worden getypeerd naar de mate van structuur (Turnhout *et al.*, 2007). Tabel 4.3 geeft deze indeling weer.

TABEL 4.3 VIER VERSCHILLENDE TYPEN BELEIDSPROBLEMEN EN BIJBEHORENDE ROL VAN KENNIS EN WETENSCHAP

Consensus over waarden? <i>normatief</i>	Zekerheid over relevante kennis? <i>interpretatief</i>	
	Ja	Nee
Ja	1: Goed gestructureerd Procestype: beleid is gericht op reguleren	2: Matig gestructureerd Procestype: gericht op onderhandelen, het verdedigen van belangen
	Kennisgebruik: data, instrumenten, kant en klare oplossingen of maatwerk <i>Statistische onzekerheid</i>	Kennisgebruik: strategisch, het geven van argumenten <i>Methodologische onbetrouwbaarheid; erkende onwetendheid</i>
Nee	3: Slecht gestructureerd Procestype: gericht op het sluiten van compromissen, het managen van conflicten	4: Ongestructureerd Procestype: gericht op leren
	Kennisgebruik: het geven van concepten, bemiddelen <i>Waardengeladenheid</i>	Kennisgebruik: voorzien van nieuwe ideeën, kennisoverdracht tussen verschillende partijen <i>Erkende onwetendheid, methodologische onbetrouwbaarheid, waardengeladenheid</i>

Gebaseerd op: (Boogerd, 2005; Huijs, 2003; Petersen, 2012; Turnhout *et al.*, 2007)

Van der Sluijs (2005) gebruikt een monster-metafoor om de verschillende manieren te omschrijven waarop wetenschappers omgaan met onzekerheid bij het produceren van kennis als basis voor besluitvorming, gebaseerd op het werk van de filosoof Martijntje Smits. Hij onderscheidt vier verschillende manieren. Monsteruitdrijving (*monster exorcism*) is het proberen reduceren van onzekerheid, bijvoorbeeld door het doen van meer onderzoek. Een andere manier is het verbergen van onzekerheid. Monsteradaptatie (*monster adaptation*) is het aanpassen van de onzekerheid, bijvoorbeeld door het te kwantificeren zodat met de onzekerheden gerekend kan worden. Monsteromarming (*monster embracement*) legt nadruk op de zwakke punten en de beperkingen van wetenschap, en staat sceptisch tegenover die bevindingen. Monsterassimilatie (*monster assimilation*) gebeurt als onzekerheid expliciet wordt genoemd en er manieren worden gezocht om met meerdere uitkomsten rekening te houden

en transparant keuzes te maken in het onderzoek. Volgens Van der Sluijs is de laatste jaren steeds meer aandacht voor monsterassimilatie, wat vraagt om een grotere rol van communicatie van onzekerheden.

5.3.1 PERCEPTIE VAN ONZEKERHEID EN RISICO

Uit de interviews met de bestuurders bij waterschappen kan worden opgemaakt dat zij het volgende onder onzekerheid verstaan:

- Dat niet alles bekend is of bekend kan zijn;
- De twijfel en het gevoel niet zeker te zijn over een beslissing;
- Onvoorspelbaarheid van het systeem: er zijn dingen die per situatie verschillen, het is onmogelijk om van alle aspecten kennis te nemen en deze informatie in de besluitvorming te gebruiken;
- Onzekerheid in de besluitvorming over en uitvoering van maatregelen: in de uitvoering van maatregelen is sprake van afhankelijkheid van financiën en mensen. Dit is vooraf niet te voorspellen.

5.3.2 DE ROL VAN KENNIS EN ONZEKERHEID IN DE BESLUITVORMING

Bestuurders blijken zich ervan bewust te zijn dat er altijd sprake is van risico bij het nemen van besluiten. Veel bestuurders omschrijven de opgaven waarover zij moeten beslissen als veelal goed gestructureerde of matig gestructureerde beleidsproblemen, waarbij de aangeleverde kennis de besluiten ondersteunt. Bij goed gestructureerde beleidsproblemen is er zekerheid over de relevante kennis en bestaat er consensus over waarden. Statistisch gekwantificeerde onzekerheid wordt bij goed gestructureerde beleidsproblemen vaak wel gecommuniceerd, terwijl bij matig gestructureerde beleidsproblemen zwaktes in de kennis en missende informatie relevant zijn (Petersen, 2012, blz. 83).

Uit de interviews kwam naar voren dat bestuurders op verschillende manieren omgaan met onzekerheid:

- Zij vragen om onderzoek en monitoring om onzekerheid te reduceren. Van der Sluijs (2005) gebruikt de metafoer van een monster voor onzekerheid en noemt deze strategie *monsteruitdrijving*.
- Zij ontkennen onzekerheid en leggen de verantwoordelijkheid voor het keuzes maken hierin bij de ambtenaren. In de monstermetafoer van Van der Sluijs (2005) zou deze strategie *monsterontkenning* kunnen worden genoemd.
- Zij proberen goede vragen te stellen om de te maken keuzes zelf beter te begrijpen. Dit noemt Van der Sluijs (2005) *monsterassimilatie*.
- Zij besteden meer aandacht aan de manier waarop een besluit onder onzekerheid tot stand komt (het proces van besluitvorming) dan aan meer onderzoek om onzekerheid te reduceren. Van der Sluijs (2005) noemt deze strategie *monsteromarming*.

De strategie van *monsteradaptatie*, het omgaan met onzekerheden door deze te kwantificeren (Van der Sluijs, 2005), kwam bij de interviews niet als strategie naar voren die onder waterschapsbestuurders wordt toegepast. Uit de interviews blijkt dat er in de besluitvorming weinig aandacht wordt gevraagd voor onzekerheid in het onderzoek zelf, waardeordelen die eraan ten grondslag liggen en bandbreedtes. Er is een spanning te merken tussen de verschillende soorten problemen en de rol die kennis daarin speelt. De meeste besluiten worden omschreven als goed of matig gestructureerd: er is consensus over de doelen, en de aangeleverde informatie schetst verschillende mogelijke keuzes. Bestuurders noemen echter ook het belang van het communiceren van onzekerheid in besluiten waar geen consensus bestaat

over waarden: bij discussies over waarden bestaat het gevaar dat onzekerheid een kleinere rol speelt of ondergesneeuwd raakt.

5.3.3 COMMUNICEREN VAN ONZEKERHEID

Bestuurders krijgen op verschillende manieren kennis aangeleverd in het proces van besluitvorming, waarbij zij op verschillende momenten de mogelijkheid hebben voor het vragen van uitleg en het delen van informatie. De informatie uit onderzoek wordt vanuit de hydrologen via waterschapmedewerkers aan bestuurders geleverd (lineair proces), maar binnen dit proces is mogelijkheid voor terugkoppeling. De redenen die bestuurders noemen voor het communiceren van resultaten van onderzoek komen gedeeltelijk overeen met de beschrijving van situaties waarin het communiceren van onzekerheid nodig is door Morgan *et al.* (1990). Een aantal bestuurders geeft aan dat het presenteren van kennis door middel van kaarten en afbeeldingen aanspreekt, maar dat een goede onderbouwing belangrijk blijft, omdat het bestuur hun besluiten ook moet kunnen verantwoorden aan andere betrokken partijen en burgers.

6

CONCLUSIES

Dit hoofdstuk vat eerst de conclusies samen die uit de drie deelstudies volgden. Vervolgens volgen enkele overkoepelende conclusies.

6.1 CONCLUSIES DEELSTUDIE 1

Deelstudie 1 (Verstoep, 2015; Bijlage 1) beantwoorde drie onderzoeksvragen:

1. *Bij welke onderdelen van het tactisch-strategische waterbeheer wordt statistische informatie over onzekerheid verstrekt?*

Conclusie 1.1: Onzekerheid is bij alle onderdelen van het tactisch-strategisch waterbeheer een relevant probleem. Op alle onderdelen kan informatie worden verstrekt over onzekerheid. Dit wordt vooral in de communicatie tussen adviesbureaus/kennisinstituten enerzijds en waterschapshydrologen anderzijds gedaan, maar minimaal in de communicatie tussen waterschapshydrologen en beleidsmedewerkers/planvormers en tussen beleidsmedewerkers/planvormers en bestuurders.

2. *Hoe wordt deze informatie gepresenteerd in het tactisch-strategische waterbeheer?*

Conclusie 1.2: Bij de communicatie tussen adviesbureaus/kennisinstituten en waterschapshydrologen wordt nog enige kwantitatieve, statistische informatie gepresenteerd. Bij de communicatie tussen hydrologen en beleidsmedewerkers/planvormers en tussen beleidsmedewerkers/planvormers en bestuurders wordt kwalitatieve informatie over onzekerheid gepresenteerd, dus in hoofdzaak woordelijk. De presentatievormen zijn vooral beschrijvende statistieken, scenario's, voorspellingen en schattingen. Ondanks dat er bij waterschappen veel aan normen moet worden getoetst wordt niet of nauwelijks gebruik gemaakt van nulhypothese-significantietoetsen (NHST). Hierdoor kunnen risico's op onjuiste beslissingen niet worden beheerst, of wordt zodanig overgedimensioneerd dat risico's worden uitgesloten, wat tot ondoelmatige investeringen kan leiden.

3. *Hoe wordt deze informatie geïnterpreteerd en benut in het tactisch-strategische waterbeheer en wat is de rol van experiëntiële en analytische denkprocessen in deze categorie van waterbeheer?*

Conclusie 1.3: Statistische informatie zoals resultaten van een nulhypothese-significantietoets, error-bars en betrouwbaarheidsintervallen bleken moeilijk te interpreteren voor waterschapsmedewerkers. De statistische informatie wordt nauwelijks gecommuniceerd richting beleidsmedewerkers, planvormers en bestuurders. Daardoor worden beslissingen meer gemaakt op basis van experiëntiële, ervaringsgerichte verwerking in de vorm van heuristieken dan op basis van analytische verwerking van informatie. Om benutting van statistische informatie over onzekerheid te verbeteren blijkt het belangrijk te zijn dat de meerwaarde hiervan wordt ingezien.

6.2 CONCLUSIES DEELSTUDIE 2

Deelstudie 2 (Van Wijk, 2015; Bijlage 2) beantwoorde de volgende onderzoeksvraag:
Hoe kan communicatie over onzekerheid in het strategisch waterbeheer zodanig worden verbeterd, dat informatie over onzekerheid meeweegt in beslissingen binnen het strategisch waterbeheer?

Deze vraag werd beantwoord aan de hand van twee deelvragen.

Deelvraag 1: Hoe kunnen waterschapmedewerkers worden overtuigd van het nut van statistische informatie over onzekerheid?

Conclusie 2.1: Uit de enquête die na de workshop van 24 september 2015 is gehouden bleek dat waterschapsmedewerkers zich gemiddeld genomen kunnen vinden in de stelling *'Communicatie over onzekerheid bij langetermijnbesluitvorming is uiteindelijk doelmatiger dan het niet laten meewegen van onzekerheden bij langetermijnbesluitvorming'*. Onder de deelnemers aan de workshop was hierover meer eensgezindheid dan onder de niet-deelnemers. De deelnemers aan de workshop waren het significant meer dan de niet-deelnemers eens met de stelling *'Statistische analyse kan een goede aanvulling zijn op de ervaring en inzichten van experts'*. Hieruit concluderen wij dat voorbeelden zoals getoond tijdens de workshop bij kunnen dragen aan meer overtuiging van het nut van statistische informatie over onzekerheid. De workshop toonde een gebeurtenis-beslissingsboom voor de keuze uit twee alternatieven om aan de wateropgave te voldoen, waarbij gekozen kon worden voor extra onderzoek om onzekerheid te kwantificeren en extra onderzoek om onzekerheid te reduceren. Gevolgen van de keuzes werden uitgedrukt in monetaire waarden (euro's). Verder werd tijdens de workshop geïllustreerd dat wanneer beslissingen relatief snel worden genomen, zonder kwantitatieve analyse, er een risico is keuzes te maken die niet optimaal of doelmatig zijn.

Deelvraag 2: Bij welke presentatievorm wordt de informatie het best geïnterpreteerd?

Conclusie 2.2: Uit de interviews onder beleidsmedewerkers van acht waterschappen bleek dat zij het meest vertrouwd zijn met herhalingstijden (absolute frequenties, *simple frequencies*), omdat wet- en regelgeving en normeringen zijn op deze herhalingstijden zijn gebaseerd. Tegelijkertijd zagen respondenten de mogelijkheden van misinterpretatie van herhalings-tijden. Uit de vragenlijsten die door studenten Integraal Waterbeheer waren ingevuld bleek dat zij een grafische presentatie in de vorm van een overschrijdingsfrequentiediagram het beste interpreterden. Opmerkelijk was dat de studenten juist moeite hadden de woordelijke presentatie waarin herhalingstijden, relatieve frequenties of *single-event probabilities* worden genoemd.

De hoofdvraag *'Hoe kan communicatie over onzekerheid in het strategisch waterbeheer zodanig worden verbeterd, dat informatie over onzekerheid meeweegt in beslissingen binnen het strategisch waterbeheer?'* kan worden beantwoord met de volgende conclusies:

Conclusie 2.3: Wij concluderen dat benutting van statistische informatie over onzekerheid kan worden verbeterd wanneer deze informatie wordt gepresenteerd en gebruikt binnen het raamwerk van een duidelijk gedefinieerd beslisprobleem. Er is een te grote afstand tussen het beslisprobleem van de waterschapsbestuurder enerzijds en anderzijds het onderzoek dat waterschappen zelf verrichten of laten verrichten waarbij onzekerheid wordt gekwantificeerd. Informatie blijft daardoor onbenut. De resultaten workshop 'Eye-openers in het waterbeheer' op 24 september 2015 onderschrijven deze conclusie. Als alleen deskundigenoordeel en ervaring worden gebruikt bij besluitvorming en er geen analyse van het beslisprobleem plaatsvindt waarbij ook statistische informatie over onzekerheid wordt betrokken, is er een risico van ondoelmatige beslissingen, zoals de workshop heeft aangetoond.

Conclusie 2.4: Wij concluderen dat de presentatie in de vorm van de veelgebruikte herhalingsstijden gevoelig is voor misinterpretatie en kan worden verbeterd. Grafische presentatievormen kunnen hierbij nuttig zijn, en een alternatief zoals faalkansen binnen een planperiode is te overwegen (Serinaldi, 2015). Tegelijkertijd stellen we vast dat wet- en regelgeving en normering op deze herhalingsstijden zijn gebaseerd en dat invoering van een alternatief daarom niet eenvoudig zal zijn.

6.3 CONCLUSIES DEELSTUDIE 3

Deelstudie 3 (Bergsma, 2016) beantwoordde de volgende onderzoeksvraag:

In hoeverre en op welke manier speelt de communicatie over en interpretatie van statistische informatie over onzekerheid een rol bij de besluitvorming door bestuurders van waterschappen?

Deze vraag werd beantwoord aan de hand van drie deelvragen.

Deelvraag 1: Hoe omschrijven bestuurders onzekerheid in de besluiten die ze moeten nemen in het kader van de wateropgave wateroverlast?

Conclusie 3.1: Bestuurders verstaan onder onzekerheid niet alleen statistisch kwantificeerbare onzekerheid, maar ook complexiteit en ambiguïteit in een besluitvormingsproces, wat tot verwarring kan leiden. Uit de interviews kan worden geconcludeerd ten aanzien van de perceptie die bestuurders hebben van statistisch kwantificeerbare onzekerheid:

- Bestuurders zijn zich ervan bewust dat volledige bescherming tegen wateroverlast niet mogelijk is.
- Bestuurders zijn zich bewust van de onzekerheid in de uitkomsten van klimaatmodellen die gebruikt worden bij het bepalen van de noodzaak voor maatregelen en in de normen voor wateroverlast die de waterschappen moeten halen.
- Binnen besturen vindt discussie plaats over de noodzaak van een maatregel en hoeveel geld iets mag kosten. Hierbij speelt onzekerheid een grote rol en kan statistische informatie over onzekerheid potentieel worden benut om doelmatigheid van beslissingen te vergroten.

Deelvraag 2: Welke rol speelt statistische informatie over onzekerheid voor bestuurders wanneer zij beslissingen nemen?

Conclusie 3.2: Uit de interviews blijkt dat, hoewel de meeste bestuurders zich ervan bewust zijn dat onzekerheid over onderzoeksresultaten bestaat, statistische informatie over onzekerheid nooit aan hen gepresenteerd wordt. Ondanks dat uit de interviews bleek dat bestuurders zich ervan bewust zijn dat onzekerheid een rol speelt in de besluitvorming en het voorbereidende proces, speelt het nauwelijks een rol in de beslissingen die zij nemen. Bestuurders gaan om met onzekerheid door te vragen om meer onderzoek, door de verantwoordelijkheid voor het rekening houden met onzekerheid te leggen bij de ambtenaren, door onzekerheid te accepteren in een complexe besluitvorming, maar vooral door de onzekerheid te ontkennen in de besluiten zelf. Bestuurders geven aan dat 100 procent zekerheid niet haalbaar is, maar vragen zelden door naar waar de onzekerheid precies zit. Niettemin zien bestuurders voordelen van statistische informatie over onzekerheid:

- Als de bandbreedte van een bepaalde beslissing wordt gecommuniceerd geeft dit de bestuurder ruimte om verschillende keuzes te maken, om deze kennis strategisch in te zetten.
- Inzicht in verschillende scenario's kan helpen bij het afwegen van verschillende belangen.
- Bestuurders willen graag zo zeker mogelijk weten dat zij de juiste beslissing nemen. Het expliciet maken van de verschillende vormen van onzekerheid (waaronder statistisch gekwantificeerde onzekerheid) geeft inzicht in waar meer onderzoek nodig is.

Uit de interviews blijkt dat bestuurders vooral complexiteit en ambiguïteit bij een besluit benadrukken. Over statistisch kwantificeerbare onzekerheid geven verschillende bestuurders aan dat zijzelf niet genoeg inzicht hierin hebben en de verantwoordelijke ambtenaren dus vertrouwen in het aanleveren van de benodigde informatie voor de besluitvorming. De meeste bestuurders zijn zich er echter van bewust dat bij de uitkomsten van onderzoek en de onderbouwing van besluiten sprake is van onzekerheid, waardoor altijd sprake is van een risico op een verkeerde beslissing.

Deelvraag 3: Op welke manier wordt onzekerheid met bestuurders gecommuniceerd, en wat zien zij als verbeterpunten daarin?

Conclusie 3.3: Bestuurders krijgen de informatie waarop zij hun beslissingen baseren in documenten maar ook in één-op-één gesprekken met beleidsmedewerkers en hydrologen. Ook zijn er bij verschillende waterschappen informatieve bijeenkomsten waar geïnteresseerde bestuurders meer achtergrondkennis kunnen vergaren. Tijdens het overleg tussen de verantwoordelijke dagelijks bestuurder en de ambtenaren kan worden ingegaan op de toereikendheid van de beschikbare kennis en andere afwegingen in de besluitvorming. Statistische informatie over onzekerheid wordt hierbij volgens de bestuurders niet aan hen gepresenteerd.

6.4 ALGEMENE CONCLUSIES

In drie deelstudies is de presentatie, interpretatie en benutting van statistische informatie over onzekerheid geanalyseerd met behulp van empirisch onderzoek vanuit de communicatiewetenschap en sociale psychologie. Uit de resultaten van beide deelstudies concluderen wij het volgende:

Conclusie 4.1: Statistische informatie over onzekerheid, zoals betrouwbaarheidsintervallen, standaardfouten of *error rates* van significantietoetsen zijn moeilijk interpreteerbaar en daardoor niet bruikbaar voor veel bestuurders, beleidsmedewerkers en planvormers in het tactisch-strategische waterbeheer.

Conclusie 4.2: De huidige praktijk waarbij beslissingen worden onderbouwd met deskundigenoordeel en ervaring kan leiden tot ondoelmatige beslissingen, omdat de risico's van onjuiste beslissingen zoals ondoelmatige investeringen niet zijn gekwantificeerd en niet kunnen worden beheerst.

Conclusie 4.3: De huidige praktijk van normtoetsing, waarbij een gemiddelde wordt vergeleken met een norm zonder de nauwkeurigheid van het geschatte gemiddelde en de risico's van onjuiste conclusies in ogenschouw te nemen, kan leiden tot ondoelmatige beslissingen zoals onnodige maatregelen, overbodig extra onderzoek of juist nalaten van noodzakelijk extra onderzoek, of tot schadeclaims

Conclusie 4.4: Wij concluderen dat in de huidige praktijk statistische informatie niet wordt benut bij het nemen van beslissingen, omdat de beslisproblemen van waterschapsbestuurders niet zijn vertaald in een statistisch beslismodel, waardoor beslisproblemen minder goed gestructureerd zijn dan mogelijk is. Statistische informatie over onzekerheid wordt los van een gedefinieerd beslisprobleem aangeleverd, en niet als invoer voor een model om dat probleem op te lossen. In de huidige praktijk worden beslissingen onderbouwd met *best estimates*, deskundigenoordeel en ervaring. Dit houdt een risico van ondoelmatige beslissingen in, omdat *best estimates* niet noodzakelijkerwijs tot de meest doelmatige beslissing leiden

(Morgan *et al.*, 1990), deskundigenoordeel een vertekend beeld kan opleveren (Tversky en Kahneman, 1974; Sjöberg, 2009) en beslissingen op basis van heuristieken die uit ervaring voortkomen niet optimaal hoeven te zijn (Kahneman, 2011).

Conclusie 4.5: Waterschapsmedewerkers en -bestuurders geven aan dat bij de huidige praktijk statistische informatie over onzekerheid tot onrust kan leiden. Tegelijkertijd zien zij statistische informatie over onzekerheid als een nuttige aanvulling op de ervaringen en inzichten van experts en kunnen zij zich vinden in de stelling dat communicatie over onzekerheid bij langetermijnbesluitvorming uiteindelijk doelmatiger dan het niet laten meewegen van onzekerheden. Hieruit concluderen we dat er zowel onder waterschapsmedewerkers als -bestuurders draagvlak is om statistische informatie over onzekerheid te benutten bij het nemen van beslissingen.

7

AANBEVELINGEN

Op grond van de resultaten van de twee deelstudies kunnen een aantal concrete aanbevelingen worden gedaan om statistische informatie over onzekerheid beter te communiceren en benutten binnen het tactisch-strategische waterbeheer teneinde de doelmatigheid van beslissingen te vergroten.

1. BENUT VROEGTIJDIG EXPERTISE OP HET GEBIED VAN STATISTIEK EN BESLISKUNDE

De eerste deelstudie toonde aan dat in het communicatietraject van waterschapshydrologen en experts van ingeschakelde adviesbureaus en kennisinstututen tot waterschapsbestuurders de overdracht van statistische informatie sterk reduceert. Beschikbare statistische informatie, die nuttig kan zijn bij het nemen van besluiten door het waterschapsbestuur, wordt hierdoor niet benut bij het nemen van beslissingen, waardoor doelmatigheidswinst niet wordt bereikt. De afstand tussen experts enerzijds en bestuurders anderzijds kan worden overbrugd door statistische expertise beter in te kaderen en te contextualiseren in het beslisprobleem van de bestuurder. Hiervoor is kennis van statistiek en besliskunde nodig. De derde deelstudie maakte duidelijk dat statistische informatie over onzekerheid het best wordt benut in goed gestructureerde beslisproblemen, en dat voor bestuurders duidelijk moet zijn welke rol kennis speelt in het nemen van een besluit. Wij bevelen daarom aan om de beslisproblemen van waterschapsbestuurders op het gebied van ingrepen en maatregelen om aan de wateropgave wateroverlast te beantwoorden *voorafgaande aan een project* te analyseren samen met een expert op het gebied van statistiek en besliskunde. Wij bevelen aan om zo mogelijk het beslisprobleem te formuleren in de vorm van een beslismodel zoals een gebeurtenis-beslisingsboom of een nulhypothese-significantietoets. Daarna kunnen door de waterschapsbestuurders keuzes worden gemaakt over de maximaal aanvaardbare risico's en financiële randvoorwaarden. Beleidsmedewerkers en waterschapshydrologen kunnen deze vervolgens, met ondersteuning van een expert op het gebied van statistiek en besliskunde, op basis hiervan onderzoeksopdrachten formuleren en voorstellen voor ingrepen en maatregelen ontwikkelen. Figuur 6.1 geeft dit schematisch weer.

2. ONTWIKKEL KENNIS OP HET GEBIED VAN STATISTISCH REDENEREN EN BESLISSEN

Uit de deelstudies kwam naar voren dat gebrek aan kennis van statistiek een van de oorzaken is van beperkte communicatie en benutting van statistische informatie over onzekerheid. Diverse respondenten gaven als oorzaak aan dat de statistische kennis die zij tijdens hun studie hadden opgedaan inmiddels was weggezaakt. Er is wel een beperkt aanbod van opfriscursussen. Deze worden voornamelijk bezocht door waterschapsmedewerkers die technisch-vakinhoudelijk bezig zijn, maar niet door beleidsmedewerkers en zeker niet door bestuurders. Tijdens de opleiding en in opfriscursussen wordt vooral aandacht besteed aan het toepassen van statistische methoden, zoals het toetsen van hypothesen, variantieanalyse, regressieanalyse, tijdreeksanalyse, geostatistische interpolatie en simulatie en steekproefopzetten. Veel minder ligt de nadruk echter op statistisch redeneren en beslissen. Uit psychologisch onderzoek is bekend dat door zogeheten Bayesiaans redeneren met absolute frequenties statisti-

sche problemen inzichtelijker kunnen worden, ook voor leken op het gebied van statistiek (Gigerenzer en Hoffrage, 1995; Gigerenzer en Edwards, 2003; Zhu en Gigerenzer, 2006). Wij bevelen aan om bij cursussen statistiek voor professionals bij waterschappen het accent te leggen op statistisch redeneren en beslissen: wat betekent statistische informatie over onzekerheid voor een besluit? Tevens bevelen wij aan om deze cursussen niet alleen te richten op waterschapshydrologen en technisch medewerkers maar ook op beleidsmedewerkers en bestuurders. Belangrijk hierbij is dat het accent ligt op beslissen en niet op het uitvoeren van statistische analyses, om te voorkomen dat alleen mensen met interesse en ervaring in statistiek een dergelijke cursus volgen. Om zelfselectie te vermijden bevelen we aan om de gehele doelgroep te overtuigen van het nut van deze kennis. Dit kan met publicaties, presentaties en workshops, zie ook de volgende aanbeveling.

3. PRESENTEER ENKELE VOORBEELDPROJECTEN OVER STATISTIEK EN DOELMATIGHEID

Bij de deelstudies kwam naar voren dat met statistische informatie over onzekerheid doelmatiger beslissingen kunnen worden genomen. Tegelijkertijd bleek dat dit nut van statistische informatie niet bij iedere waterschapsmedewerker of –bestuurder bekend is. Wij bevelen aan om op korte termijn bij enkele concrete projecten te analyseren welke doelmatigheidswinst kan worden bereikt met het verdisconteren van statistische informatie over onzekerheid. Wij raden aan om hierbij een gebeurtenis-beslissingsboom te gebruiken, zodat de effecten van het wel of niet verdisconteren van statistische informatie over onzekerheid duidelijk zichtbaar worden. Dit kan bijvoorbeeld in euro's worden uitgedrukt, of andere waarden die waterschapsmedewerkers en –bestuurders aanspreken. Dit maakt de psychologische afstand kleiner doordat het gevolg concreter wordt gepresenteerd en daardoor dichter bij de beleving staat van een beslisser. Wij bevelen aan om de resultaten te bespreken met de verantwoordelijke waterschapsbestuurders, bijvoorbeeld tijdens een workshop of symposium afgestemd op deze doelgroep.

4. PLAATS NORMTOETSING IN EEN STATISTISCH KADER EN VERTAAL DE KANS OP FOUTE BESLISSINGEN IN FINANCIËLE RISICO'S

Hoewel er in het tactisch-strategische waterbeheer normen worden gehanteerd blijkt er niet of nauwelijks op statistische wijze te worden getoetst. Hierdoor zijn de risico's van onjuiste beslissingen niet bekend en worden deze ook niet beheerst wat kan leiden tot ondoelmattige beslissingen zoals verkeerde investeringen of maatregelen die leiden tot schadeclaims. Wij bevelen aan om op korte termijn in één of enkele waterschappen een normtoetsing uit te werken als nul-hypothese-significantietoets, en daarbij de risico's van foute conclusies te kwantificeren (risico van ten onrechte concluderen dat aan de norm wordt voldaan en risico van ten onrechte concluderen dat niet aan de norm wordt voldaan). Wij raden aan deze risico's uit te drukken in monetaire waarden en te bespreken met de verantwoordelijke waterschapsbestuurders. Een dergelijke benadering is onzes inziens noodzakelijk om de onzekerheidsinformatie uit BOWA (Kallen e.a., 2012) te benutten bij het nemen van beslissingen. Figuur 6.1 kan als schema voor de werkwijze bij een dergelijke benadering dienen.

5. ONTWIKKEL EN BENUT KENNIS OVER COMMUNICATIE VAN RISICO'S EN ONZEKERHEID

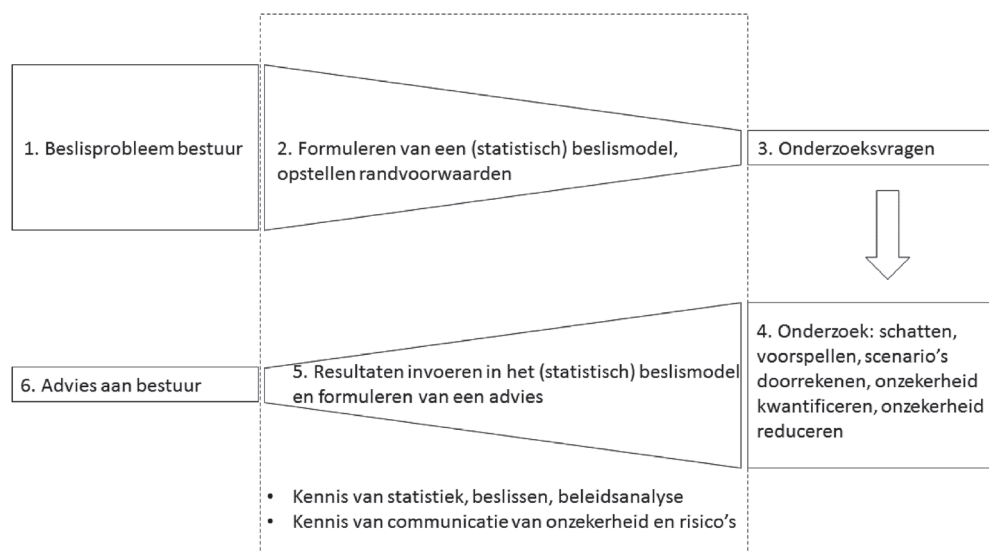
Beleidsmedewerkers en planvormers bij waterschappen vormen een intermediair tussen toegepast onderzoek door waterschapshydrologen of door adviesbureaus en kennisinstututen enerzijds en waterschapsbestuurders en ingelanden anderzijds. Zij nemen een sleutelpositie in bij de vertaling van beslisproblemen van bestuurders naar onderzoeksvragen en bij de vertaling van onderzoeksresultaten naar adviezen voor bestuurders. Om hierbij informatie over onzekerheid en risico's optimaal te benutten bevelen we aan dat beleidsmedewerkers en

planvormers kennis opdoen en benutten op het gebied van risico- en onzekerheidscommunicatie, zie ook Figuur 6.1.

6. PRESENTEER NIET ALLEEN HERHALINGSTIJDEN, MAAR OOK FAALKANSEN BINNEN EEN PLANPERIODE

Tijdens de eerste deelstudie bleek dat in de communicatie van statistische informatie over onzekerheid veel gebruik wordt gemaakt van herhalingstijden. Tegelijkertijd wezen verschillende respondenten er op dat herhalingstijden gevoelig zijn voor misinterpretatie. Een voorbeeld is de verwarring die ontstaat wanneer een gebeurtenis met een herhalingstijd van bijvoorbeeld eenmaal per honderd jaar twee keer kort achter elkaar voorkomt. Ook in de literatuur wordt op misinterpretaties van herhalingstijden (*return periods*) gewezen (Bell en Tobin, 2007; Serinaldi, 2015). Deze beide studies zijn niet eenduidig over het alternatief voor herhalingstijden. Serinaldi (2015) stelt als alternatief faalkansen (overschrijdingskansen) binnen een planperiode voor, zoals een hypotheektermijn. Bell en Tobin (2007) verwachten hier juist interpretatieproblemen bij het publiek mee. Wij bevelen aan om zowel herhalingstijden te presenteren als faalkansen binnen een planperiode. Deze zijn goed in te passen in een beslismodel waarbij statistische kansen worden vermenigvuldigd met kosten tot risico's, uitgedrukt in monetaire waarden.

FIGUUR 6.1 SCHEMA VAN DE AANBEVOLEN WERKWIJZE OM STATISTISCHE INFORMATIE OVER ONZEKERHEID BIJ TE LATEN DRAGEN AAN DOELMATIGE BESLISSINGEN IN HET TACTISCH-STRATEGISCHE WATERBEHEER



LITERATUUR

- Arribas, I., I. Comeig, A. Urbano en J. Vila, 2014.** Statistical formats to optimize evidence-based decision making: a behavioral approach. *Journal of Business Research* **67**: 790-794.
- Belia, S., F. Fidler, J. Williams en G. Cumming, 2005.** Researchers misunderstand confidence intervals and standard error bars. *Psychological Methods* **10**(4): 389-396.
- Bell, H.M. en G.A. Tobin, 2007.** Efficient and effective? The 100-year flood in the communication and perception of flood risk. *Environmental Hazards* **7**: 302-311.
- Boogerd, A., 2005.** *Van droge kennis naar natte natuur*. Delft, Eburon Uitgeverij.
- Botterhuis, T., 2010.** *Neerslagonzekerheid. Kalibratie van gebiedsneerslag en modelparameters*. Amersfoort, STOWA-rapport 2010-15.
- Botzen, W.J.W., J.C.J.H. Aerts en J.C.J.M. van den Bergh, 2009.** Dependence of flood risk perceptions on socioeconomic and objective risk factors. *Water Resources Research* **45**, W10440, doi:10.1029/2009WR007743.
- Brase, G.L., 2002.** Which statistical formats facilitate what decisions? The perception and influence of different statistical information formats. *Journal of Behavioral Decision Making* **15**: 381-401.
- Chaiken, S. en Y. Trope, 1999.** *Dual-process theories in social psychology*. New York, The Guilford Press.
- Cohen, J., 1994.** The earth is round ($p < .05$). *American Psychologist* **49**(12): 997-1003.
- Commissie Noodoverloopgebieden, 2002.** *Commissie NOG. Gecontroleerd overstromen. Advies van de Commissie Noodoverloopgebieden*. Den Haag, 29 mei 2002.
- Epstein, S., 1994.** Integration of the cognitive and the psychodynamic unconscious. *American Psychologist* **49**(8): 709-724.
- Freeze, R.A., B. James, J. Massmann, T. Sperling en L. Smith, 1992.** Hydrogeological decision analysis: 4. The concept of data worth and its use in the development of site investigation strategies. *Ground Water* **30**: 574-588.
- Gigerenzer, G., 2004.** Mindless statistics. *The Journal of Socio-Economics* **33**: 587-606.
- Gigerenzer, G. en A. Edwards, 2003.** Simple tools for understanding risks: from innumeracy to insight. *BMJ* **327**: 741-744.
- Gigerenzer, G., R. Hertwig, E. van den Broek, B. Fasolo en K.V. Katsikopoulos, 2005.** "A 30% chance of rain tomorrow": how does the public understand probabilistic weather forecasts? *Risk analysis* **25**(3): 623-629.
- HKV Lijn in Water, Ministerie van Verkeer en Waterstaat, 2005.** *Rampenbeheersstrategie Overstromingen Rijn en Maas. Achtergrondrapportage Veiligheid en rivierkunde*. RIZA rapport 2005.024.
- Hubbard, R., 2004.** Alphabet Soup. Blurring the distinctions between p 's and α 's in psychological research. *Theory & Psychology* **14**(3): 295-327.
- Huijs, S., 2003.** Het vertellen van verhalen: een politieke manier van omgaan met onzekerheid. In M. van Asselt & A. Petersen (red.): *Niet bang voor onzekerheid* (Vol. 1, pp. 105-118). Meppel, Boom Koninklijke Uitgevers.
- Kahneman, D., 2011.** *Thinking, fast and slow*. New York, Farrar, Straus and Giroux.

- Kallen, M.J., A.A.J. Botterhuis en H. Hakvoort, 2012.** *Rekenmodule ten behoeve van de toetsing watersystemen aan regionale wateroverlast. Berekenen onzekerheid van de wateropgave (BOWA)*. Amersfoort, STOWA-rapport 2012-05.
- Lecoutre, M.-P., J. Poitevineau en B. Lecoutre, 2003.** Even statisticians are not immune to misinterpretations of null hypothesis significance tests. *International Journal of Psychology* **38**(1): 37-45.
- Loenen, A. van, M. de Jong, J. Verkade en S. de Kleermaeker, 2012.** *Operationeel besluiten onder onzekerheid*. Amersfoort, STOWA-rapport 2012-16.
- Marx, S.M., E.U. Weber, B.S. Orlove, A. Leiserowitz, D.H. Krantz, C. Roncoli en J. Phillips, 2007.** Communication and mental processes: experiential and analytic processing of uncertain climate information. *Global Environmental Change* **17**: 47-58.
- Morgan, M.G., M. Henrion en M. Small, 1990.** *Uncertainty: a guide to dealing with uncertainty in quantitative risk and policy analysis*. Cambridge, Cambridge University Press.
- Petersen, A.C., 2012.** *Simulating nature: a philosophical study of computer-simulation uncertainties and their role in climate science and policy advise*. PhD Thesis, Free University Amsterdam.
- Sjöberg, L., 2009.** Are all crowds equally wise? A comparison of political election forecasts by experts and the public. *Journal of Forecasting* **28**: 1-18.
- Sloman, S.A., 1996.** The empirical case for two systems of reasoning. *Psychological Bulletin* **119**(1): 3-22.
- Slovic, P., 1987.** Perception of risk. *Science* **236**(4799): 280-285.
- Slovic, P., J. Monahan en D.M. MacGregor, 2000.** Violence risk assessment and risk communication: The effects of using actual cases, providing instructions, and employing probability vs. frequency formats. *Law and Human Behavior* **24**(3): 271-296.
- Slovic, P., M.L. Finucane, E. Peters en D.G. MacGregor, 2004.** Risk as analysis and risk as feelings: some thoughts about affect, reason, risk, and rationality. *Risk Analysis* **4**(2): 311-322.
- Sluijs, J. van der, 2005.** Uncertainty as a monster in the science-policy interface: four coping strategies. *Water Science & Technology* **52**(6), 87-92.
- Stijnen, J., 2007.** Bergen met onzekerheden. *Stromingen* **13**(2): 11-22.
- Stowa, 2014.** *Waardevol verbinden*. Strategienota 2014-2018.
- Turnhout, E., M. Hisschemöller, en H. Eijsackers, 2007.** Ecological indicators: between the two fires of science and policy. *Ecological indicators* **7**(2): 215-228.
- Tversky, A. en D. Kahneman, 1974.** Judgment under uncertainty: heuristics and biases. *Science* **185**(4157): 1124-1131.
- Warmink, J. en L. Goedhart, 2010.** Presentatie van onzekerheden in riviermodellen aan beleidsmakers. *Conceptueel* **19**(4): 17-20.
- Zhu, L. en G. Gigerenzer, 2006.** Can children solve Bayesian problems: the role of representation in mental computation. *Cognition* **98**: 287-308.

BIJLAGE 1

GEBEURTENIS-BESLISSINGSBOOM

Deze gebeurtenis-beslissingsboom is gebruikt bij een workshop op 24 september 2015, waarbij deelnemers konden kiezen uit twee alternatieven om aan de wateropgave te voldoen, en uit onderzoek om onzekerheid te kwantificeren of te reduceren.

