

## Strategisch ENW-advies

Nederland is internationaal koploper op het gebied van waterveiligheidskennis. Deze kennis is het resultaat van jarenlange ervaring met het beheren en uitvoeren van ingrepen in het watersysteem, maar vooral ook vanuit de lange historie van het observeren, meten en monitoren. Voorbeelden hiervan zijn onder andere het Jarkusprogramma waarbij de bodem van de kust al zestig jaar lang door Rijkswaterstaat wordt ingemeten en het Landelijk Meetnet Water (LMW) waarbij hydrologische, hydraulische en meteorologische gegevens worden ingewonnen. Bij de waterschappen zijn al veel langer historische meetgegevens over oevers en stranden voor dijken en duinen aanwezig. Deze gegevens zijn echter meestal verborgen in veelsoortige archieven. Ook voor de rivieren worden op diverse plaatsen waterstanden (sinds 1901) en bodemgegevens (sinds 1926) gemeten. Deze metingen hebben een schat aan kennis en informatie opgeleverd voor de beoordeling van de waterveiligheid in ons land.

Daarnaast wordt in het waterveiligheidsdomein gebruik gemaakt van rekenmodellen die de morfologische, hydraulische en hydrologische processen en het gedrag van de waterkeringen beschrijven. Hierbij worden de in werkelijkheid optredende fysische processen vereenvoudigd. De afgelopen jaren zijn er grote sprongen gemaakt in het verfijnen van deze modellen. Aandacht voor de validatie van modelaannames met fysische meetgegevens is echter wat meer naar de achtergrond geraakt. Daardoor kan het gebeuren dat er een discrepantie ontstaat tussen het model en de werkelijkheid. Gebrek aan nauwkeurige en langjarige veldgegevens kan leiden tot een stapeling van conservatieve aannames en daarmee tot (te) zware of overbodige maatregelen met grote consequenties voor de omgeving.

Meten en monitoren is cruciaal voor een beter begrip van het natuurlijke systeem en het gedrag van waterkeringen. Zo kunnen de verzamelde gegevens ons helpen bij onder andere het valideren van de uitgangspunten van de huidige belastingen en faalmechanismen, het verkleinen van de onzekerheden of het verlengen van de levensduur van een maatregel. Daarnaast kan het opzetten van een langjarig en landelijk meet- en monitoringsprogramma een kweekvijver vormen voor (interdisciplinaire) studenten en jonge professionals, zodat ook de kennis richting toekomst geborgd blijft.

Het Expertise Netwerk Waterveiligheid (ENW) is ervan overtuigd dat structureel meten en monitoren leidt tot een beter begrip van het watersysteem en tot beter en goedkoper onderhoud en/of betere en goedkopere maatregelen. Het is nodig om continu te blijven investeren in de ontwikkeling van kennis over het

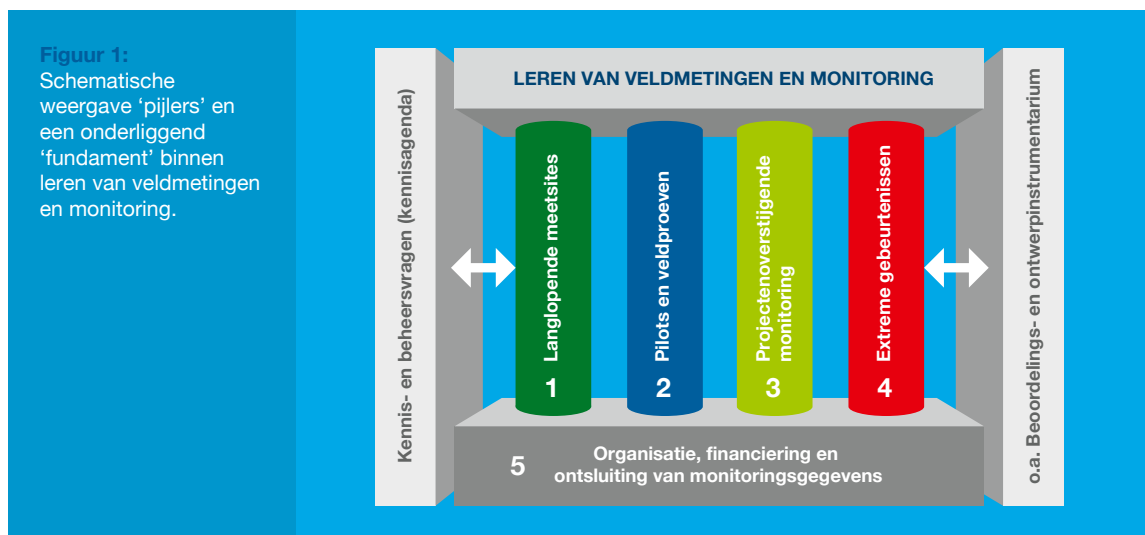
waterveiligheidsdomein. Meten en monitoren is daarin cruciaal voor de juiste ijking en borging van onze kennis en modellen.

#### Het ENW adviseert daarom om:

- meten en monitoring structureel een plaats te geven in de keten van waterveiligheid,
- daarbij een projectoverstijgend en desgewenst internationaal perspectief te hanteren.

In de praktijk wordt regelmatig gemeten, maar veelal ad hoc in afzonderlijke projecten en vaak niet langdurig. Het ENW adviseert te komen tot een integrale aanpak voor meten en monitoring, gericht op de validatie van cruciale aannames en het identificeren van kansen voor (innovaties in) toekomstige projecten. De gedeelde kennisagenda van betrokken partijen op het gebied van waterveiligheid (DGRW, RWS, HWBP en STOWA/UvW) dient hierin leidend te zijn. Gezamenlijke uitvoering van meet- en monitoringprogramma's zal leiden tot draagvlak en breed gebruik van de uitkomsten. Voorwaarde voor succes is een eenvoudige en snelle ontsluiting van de monitoringgegevens.

Om dit te bereiken zijn investeringen nodig in vier meet- en monitoringpijlers, in de aansturing van monitoringprogramma's vanuit een projectoverstijgend perspectief en in een laagdrempelige ontsluiting van de monitoringdata. Deze aanpak is gevisualiseerd in onderstaande figuur. Het tweede deel van dit advies is een meer uitgebreide uitwerking van de pijlers, inclusief de bijbehorende onderzoeksthema's en een link naar lopende initiatieven.



#### Pijler 1. Langlopende (integrale) meetsites

Er is behoefte aan een (beperkt) aantal langlopende integrale meetsites voor natuurlijke processen waar nieuwe hoogwaardige datasets kunnen worden verkregen. Langjarige meetreeksen zijn nodig om systeemgedrag en fysica beter te doorgronden, om bestaande modellen te valideren en nieuwe modellen en meettechnieken te ontwikkelen. Een ander doel is dat deze meetreeksen als referentie kunnen dienen voor projectmetingen die rond ingrepen gedaan worden. Juist de focus van meetinspanningen op integrale meetsites stelt ons in staat om de multidisciplinaire kennis te genereren die nodig is voor het oplossen van de complexe waterveiligheidsvraagstukken van de toekomst.

Punt van aandacht zijn metingen aan belastingen. Zo is meerwaarde te halen door beter inzicht te verkrijgen in golfcondities en in de wind-waterinteractie. Ook dragen langjarige meetreeksen van onder meer zeewaterstanden en rivierafvoeren bij aan betere extremewaardenstatistieken. Een voorbeeld voor het kuststelsel is onder andere om het effect van lange golven op hoge voorlanden en bankengebieden in beeld te kunnen brengen. Voor de rivieren is op dit moment niet goed bekend hoeveel sediment het riviersysteem binnenkomt en hoe dit sediment zich verdeelt over de verschillende riviertakken. Een voorbeeld voor de estuaria is het meten van golfdoordringing in de Ooster- en Westerschelde en in de Waddenzee.

Ook voor de bepaling van de sterkte van waterkeringen geldt dat er langjarige meetreeksen nodig zijn voor een beter begrip van het gedrag. Meer kennis over de sterkte-eigenschappen (bewezen sterkte) is bijvoorbeeld noodzakelijk in relatie tot diverse faalmechanismen, zoals macro-instabiliteit. Ook voor het beter

kwantificeren van het effect van de heterogeniteit in de ondergrond op de faalmechanismen zijn langjarige meetreeksen van belang. Wat zijn bijvoorbeeld de gevolgen van zeespiegelstijging, waterinfiltratie en bodemdaling op mechanismen als opdrijven en piping? In het algemeen is meer inzicht in de gevolgen van extreem natte, maar ook van extreem droge omstandigheden van belang.

Het ENW pleit voor het opzetten van een beperkt aantal langlopende integrale meetsites (minimaal gedurende twintig tot dertig jaar meten) met aandacht voor hydraulische, morfologische, geotechnische en ecologische aspecten voor en op de kering. Het verdient aanbeveling hierbij verschillende watersystemen te dekken. Integrale meetsites worden bij voorkeur in internationaal verband opgezet, met open samenwerking als voorwaarde voor succes.

Daarnaast stelt het ENW voor het bestaande netwerk van LiveDijk-locaties te benutten en uit te breiden. Tevens wordt aanbevolen om locaties als benchmarklocaties in te richten, waar nieuwe hoogwaardige datasets kunnen worden verkregen om nieuwe kennis te ontwikkelen en valideren. Bijvoorbeeld het meten van verkeersbelastingen op dijken in combinatie met zware neerslag en/of simulatie van golfoverslag.

## **Pijler 2. Grootschalige pilots en veldproeven**

Aangezien natuurlijke extreme belastingen lang op zich kunnen laten wachten en ook bijvoorbeeld morfologische processen een lange tijdschaal kennen, is het in sommige gevallen nodig om door middel van pilots en veldproeven de juiste omstandigheden te creëren. Laboratoriumonderzoek biedt in dit opzicht immers niet altijd uitkomst.

Bij pilots en proeven denkt het ENW in eerste instantie aan doorontwikkeling van de kennis over de sterkte van veen en de verdere validatie van het mechanisme graserosie door golfoploop en overslag. Het initiatief om bij de Hertogin Hedwigepolder en Prosperpolder destructieve proeven uit te voeren wordt door het ENW dan ook ondersteund. Er vinden momenteel al verscheidene proeven plaats met infiltratie om het effect op het mechanisme macro-instabiliteit binnenwaarts te onderzoeken. Ook dit type proeven ondersteunt het ENW van harte.

Ook in de verschillende watersystemen zijn proeven en pilots aan de orde. Een aansprekend voorbeeld is de Zandmotor, die is ontwikkeld als pilot voor de ontwikkeling van nieuwe strategieën voor langjarig kustonderhoud op basis van het principe van Building with Nature. In het kader van RiverCare wordt er intensief gemeten bij de langsdammen in de rivieren en recentelijk is er een begin gemaakt met een (hopelijk langjarige) monitoring van de nevengeul bij Gameren.

Het ENW ondersteunt de huidige initiatieven en moedigt nieuwe initiatieven aan. Een pilot om intensief te meten rondom de splitsingspunten is naar de mening van het ENW erg zinvol, te meer omdat dit ook meer inzicht oplevert in de rol van de grind-zandovergang op de Rijn.

## **Pijler 3. Projectoverstijgend meten en monitoren**

Benut de grote kansen van (versterkings)projecten in uitvoering. Denk over de grenzen en de verschillende fases van projecten heen en richt daar de monitoringscope op in. Een eerste invulling hiervan is gegeven bij de zandige versterkingen in een getijloze omgeving (meren). Er zijn verschillende pilots en projecten waarbij stranden worden of zijn aangelegd op locaties zonder getijwerking (Houtribdijk ter hoogte van de Trintelhaven, zandige versterking van het westelijk deel van de Houtribdijk, zandige randen van de Marker Wadden). De monitoring van (versterkings)projecten dient zodanig ingericht te worden dat de effecten van een ingreep op het systeem kunnen worden beoordeeld (goede  $T_0$  situatie en referentie). Lessen voor zowel de beheerfase van het project als voor de aanleg van toekomstige projecten kunnen worden geleerd.

Het ENW adviseert om langdurige monitoring (en over projecten en fases heen) een verplicht onderdeel te maken van aanlegprojecten met als het doel het verbeteren van de waterveiligheid. Onzekerheden behoeven dan in sommige gevallen minder zwaar te worden meegenomen. Het is daarbij van belang dat er zowel in de plan-, de aanleg- als in de beheerfase van een project gemeten wordt en dat de (project-overstijgende) doelen vanuit al deze fases scherp worden geformuleerd.

#### Pijler 4. Extreme gebeurtenissen

Er is behoefte aan adequate informatie over de gebeurtenissen tijdens extreme omstandigheden. Het ad hoc reageren zodra een gebeurtenis zich aandient of voordoet, leidt niet tot optimale resultaten. Enerzijds kunnen de langlopende meetsites hier gegevens voor opleveren, anderzijds zijn er ook specifieke metingen tijdens de gebeurtenis nodig.

##### De thema's waarvoor het ENW met name aandacht wil vragen zijn:

- Het observeren van belasting en gedrag van een kering bij (extreme) hydraulische belastingen (waterstand en golven).
- De kustlangse variaties in duinafslag tijdens zware stormcondities; specifiek rond bebouwing in de kustzone.
- De faseverschuiving tussen afvoer en waterstand op de rivieren.
- De ontwikkeling van waterspanningen in, en het vervormingsgedrag van waterkeringen (inclusief piping) tijdens de passage van een hoogwatergolf door Nederland.

Het ENW pleit voor het opstellen van goed voorbereide meetplannen voor het inwinnen van gegevens rondom extreme gebeurtenissen zodra die zich voordoen. Het initiatief van Rijkswaterstaat in de vorm van het project Quick Reaction Force is hier een goed voorbeeld van. Daarnaast pleit het ENW voor het archiveren en het landelijk rapporteren van effecten van extreme gebeurtenissen (schadecatalogus).

Bij hoogwaters op de rivieren treedt een hoogwaterdraaiboek in werking. Het ENW adviseert om, in samenwerking met de opstellers van het draaiboek, te onderzoeken of hier, in het licht van meten en monitoren, aanvullingen op gedaan kunnen worden.

#### Fundament 5. Organisatie, financiering en ontsluiting van monitoringgegevens

De verantwoordelijkheden rond waterveiligheid zijn verdeeld over verschillende organisaties. Al deze organisaties hebben baat bij het goed valideren en verbeteren van de waterveiligheidskennis en dus bij een goede coördinatie van meet- en monitoringprogramma's. Het ENW pleit ervoor dat elke organisatie in haar kennisagenda aandacht schenkt aan meten en monitoren. Voor het beter organiseren van veldmetingen en monitoring denkt het ENW aan het opstellen van een alliantie (een Bureau Monitoring) die overzicht houdt en zorgt voor verbinding tussen projecten, tussen fases van projecten, en helpt met adviezen over meetplannen/technieken en met het zoeken naar financiering.

Een belangrijk bindend element is een snelle en eenvoudige ontsluiting van de monitoringgegevens door middel van een centraal dataplatform voor beheer van de ingewonnen data en de bereidheid van gebruikers om daadwerkelijk data te delen in open samenwerkingsverbanden. Organisaties kunnen om verschillende redenen terughoudend zijn met het delen van data. Denk hierbij aan onder meer commercieel belang, gevolgen van mogelijk foute interpretaties, ondeskundige toepassing, wetenschappelijke publicaties (voorbeeld Zandmotor) en (digitale) veiligheid.

Het ENW pleit voor een laagdrempelige en eenvoudige ontsluiting van monitoringgegevens door middel van een open dataplatform. Hier geldt dat bij voorkeur wordt aangesloten op bestaande platforms, zoals het waterveiligheidsportaal, de OpenEarth omgeving (DigiShape) en het IJkdijk-initiatief. Het Dijk Data Service Centrum (DDSC) kan daar een rol in spelen. Cruciaal voor succesvolle samenwerking is de openbare beschikbaarheid van ruwe data en de daaruit verkregen opgewerkte dataproducten. Eventuele discrepanties tussen ruwe data en opgewerkte data dienen uitgelegd te worden.

#### Ter afsluiting

Dit advies geeft een strategische richting om te komen tot kostenbesparingen en kennisontwikkeling op het terrein van waterveiligheid door slimme inzet van veldmetingen en integrale monitoring. Het is tot stand gekomen door bijdragen van vele professionals die gaandeweg het proces een groot aantal kansrijke cases hebben ingebracht. Deze staan in meer detail beschreven in de uitwerking die bij dit advies is opgenomen. Om hier een keuze in te kunnen maken is een nadere analyse nodig van de verwachte kosten-baten per case. Dit in het licht van behoud van de hoogwaterveiligheid en de uitvoering van projecten die in de nabije toekomst op de rol staan. Deze analyse valt buiten de scope van het huidige advies; het zou echter zonder meer nuttig zijn om hier op korte termijn vervolgstappen in te zetten.

# Beter Leren Keren

## veldmetingen en monitoring

### Uitwerking strategisch ENW-advies

## 1 Inleiding

In deze uitwerking wordt het strategische ENW-advies Beter Leren Keren door veldmetingen en monitoring nader geconcretiseerd en wordt een voorstel gedaan op welke wijze dit organisatorisch zou kunnen worden geregeld.

### 1.1 Probleemstelling

Er is veel kennis ontwikkeld over waterveiligheid, kennis van het gedrag van de watersystemen (morfologie, golfcondities, wind, waterstanden en hoogwater op rivieren) en op het gebied van waterkeringen (sterkte bij hoge waterstanden en golven, kennis van de geotechnische faalmechanismen). De natuur is echter (nog steeds) complexer dan de schematiseringen en de modellen die we gebruiken om het gedrag van de natuur na te bootsen.

Informatie verkregen via meten en monitoren is noodzakelijk om bestaande kennis en modellen te valideren en nieuwe kennis en modellen te ontwikkelen. De informatie afkomstig uit metingen en monitoring is cruciaal voor:

- Een beter begrip van het natuurlijke systeem.
- Het valideren van de uitgangspunten van de huidige faalmechanismen van, en belastingen op, waterkeringen.
- Het valideren van ontwerpuitgangspunten.
- Het verkleinen van onzekerheden.
- Een betere voorbereiding op voorziene bedreigingen.
- Het scherper beoordelen en ontwerpen van maatregelen en verlenging van de levensduur van een maatregel, zoals een dijkversterking.
- Te kunnen profiteren van meerwaarde voor het medegebruik van waterkeringen (bijvoorbeeld recreatie bij strandsuppletie).

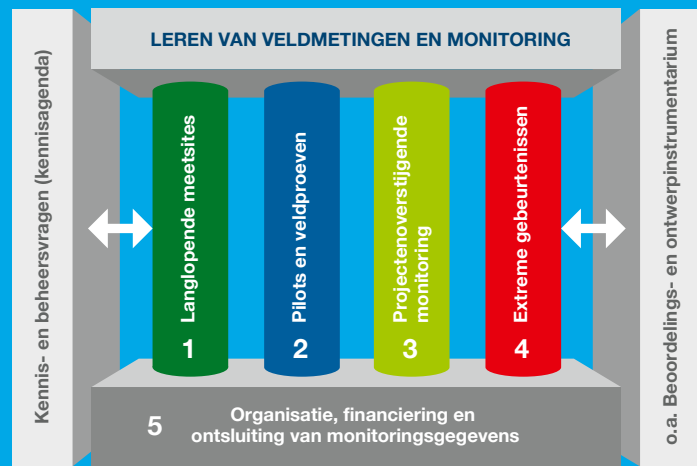
De vertaling van meet- en monitoringgegevens naar modellen en uiteindelijk naar de praktijk van beheer, ontwerp en beoordeling vereist een hoog opleidings- en ervaringsniveau. Zeker nu in de komende jaren met de overgang van de overschrijdingskans- naar de overstromingskansbenadering veel nieuwe kennis- en beheervragen zullen ontstaan, is investeren in het behouden en uitbreiden van bestaande kennis en het opleiden van een nieuwe generatie kennisprofessionals noodzakelijk. Tevens zijn er ontwikkelingen in meetsystemen zelf. Denk aan remote sensing satellietgegevens of aan gegevens vanuit unmanned platforms (vliegende en varende drones) en de mogelijkheden van multiphysics meetcampagnes.

Een meet- en monitoringprogramma is bij uitstek een kweekvijver voor (interdisciplinaire) studenten en jonge professionals zodat ook de kennis in de toekomst geborgd blijft.

### 1.2 Uitwerking op hoofdlijnen

Uitwerking van de aanpak om te komen tot een structurele inbedding van meten in de keten van waterveiligheid steunt op vier pijlers (Figuur 1). De betreffende metingen zorgen voor inzicht in systeemgedrag en daarmee dragen ze bij aan (i) het valideren van cruciale aannames in de beoordeling van de waterveiligheid en (ii) het onderbouwen van kansen voor (innovaties bij) toekomstige projecten.

**Figuur 1:** Schematische weergave 'pijlers' en een onderliggend 'fundament' binnen leren van veldmetingen en monitoring.



- Pijler 1** Een aantal langlopende (integrale) meetsites opzetten in de verschillende watersystemen voor het genereren van lange meetreeksen.
- Pijler 2** Omstandigheden creëren door middel van grootschalige pilots en veldproeven.
- Pijler 3** Stimuleren van monitoring over de projecten en projectfasen heen.
- Pijler 4** Het voorbereiden van meetplannen tijdens extreme gebeurtenissen en het landelijk rapporteren van de resultaten.
- Fundament 5** Het bindende element van organisatie, financiering en het goed en snel opslaan en toegankelijk maken van monitoringgegevens.

### 1.3 Aansluiten bij huidige initiatieven

Het ENW stelt voor zoveel mogelijk aan te sluiten bij huidige initiatieven. Figuur 2 geeft een indicatief beeld van de verdeling van eerder uitgevoerde, bestaande, nieuwe of gewenste initiatieven over Nederland met betrekking tot veldmetingen en monitoring. Hierin is ook met kleur aangegeven onder welke pijler het betreffende onderdeel valt.

**Figuur 2:** Locaties van enkele uitgevoerde, bestaande en gewenste initiatieven met een onderverdeling naar de vier 'pijlers'.

- 1 Meetsites
- ▲ Mogelijke sites
- 2 Pilots
- Simulatoren
- 3 Projecten
- 4 Extremen



Voor een deel zou het opzetten van bijvoorbeeld langlopende meetsites kunnen samenvallen met reeds bestaande projecten. Hiermee wordt bereikt dat ook de project- en beheerorganisaties baat hebben bij de metingen en de uitkomsten van de analyses. Er wordt een samenwerkingsverband tussen verschillende organisaties bereikt en er wordt efficiënt gebruik gemaakt van de financiering die veelal in het aanlegproject beschikbaar is. In Figuur 2 zijn deze locaties in groen aangegeven:

- Het langjarig gaan meten in het Eems-Dollardgebied en voor en op de dijk Eemshaven-Delfzijl.
- De initiatieven voor Kustgenese 2.0 bij het Amelander Zeegat (verlenging van meetperiode).
- De doorlopende monitoring rond de pilot Zandmotor.
- Het initiatief voor destructieve proeven in de Hedwige- en Prosperpolder.
- De bestaande golfmetingen in het IJsselmeergebied zouden kunnen worden uitgebreid met metingen op en voor de dijk.

Sommige Project Overstijgende Verkenningen, zoals de POV Waddenzeedijken en de POV Macrostabieleit bieden ook aanknopingspunten, maar zouden meer integraal en langduriger gemaakt kunnen worden dan de looptijd van de POV.

Daarnaast is er echter ook behoefte aan langjarige continumetingen langs de kust op referentielocaties (locaties waar geen ingrepen zijn geweest en waar projectmetingen zoals bij de Zandmotor aan gerefe-reerd kunnen worden). Daarom wordt voor een aantal locaties aanbevolen nieuwe meetsites op te zetten, bijvoorbeeld bij Den Helder (Hollandse kust), Flevodijk (IJsselmeer) en Westerschelde (estuarium). Ook zou als referentielocatie voor de Hollandse kust bijvoorbeeld een vaste constructie bij Egmond kunnen worden opgezet waar dan basisonderzoek zal plaatsvinden naar waterstanden, golven en wind, maar waar ook apparatuur aan vastgekoppeld kan worden. Later zouden er dergelijke locaties voor andere watersystemen gerealiseerd kunnen worden.

## 2 Voorstel voor aandachtsgebieden

De uitwerking van meten en monitoring is gebaat bij focus. Een breed gedragen kennisagenda dient leidend te zijn voor welke aandachtsgebieden er behoefte is aan veldmonitoring. Hieronder wordt aan de hand van de 4 pijlers een eerste uitwerking gegeven van mogelijke aandachtsgebieden waarbij meten en monitoring wenselijk is. Daarnaast worden voorbeelden van initiatieven gegeven waarbij kan worden aangesloten.

### 2.1 Aandachtsgebieden per pijler

#### Pijler 1. Langlopende integrale meetsites

Gepleit wordt voor het opzetten van een aantal langlopende integrale meetsites (minimaal twintig tot dertig jaar operationeel), die elk een specifiek watersysteem dekken, zoals de Hollandse kust, de Waddenkust, het IJsselmeer, de rivieren en de estuaria in Zeeland, inclusief de waterkering (zie Figuur 2). Het gaat hierbij om zowel morfologische, hydraulische als geotechnische metingen en, waar nodig, ecologische metingen voor en op de kering. Een voorbeeld uit het verleden zijn de 25-jaar lange metingen bij Petten die hebben aangetoond dat de golfploopverdeling inderdaad vrijwel een Rayleigh-verdeling kent. Ook werd gevonden dat de verdeling van overslaande golfvolumes in de overslagbak vrijwel gelijk was aan de in PC-Overslag gehanteerde verdeling (Bijlage A).

Tijdens de ENW-dag in juni 2017 is een eerste versie van dit strategisch advies in discussie geweest. Daarbij zijn de volgende opmerkingen gemaakt:

- **Golfmetingen:** de jarenlange golfmetingen hebben geresulteerd in het kunnen bepalen van de belastingen op de keringen. Zonder deze metingen zou daar totaal geen zicht op zijn geweest.
- **Waterstandsmetingen:** de waterstandsmetingen die door de gezamenlijke waterkeringbeheerders sinds de negentiende eeuw worden gedaan hebben de basis gevormd voor het Deltaplan dat na de Watersnoodramp van 1953 zeer snel tot uitvoer is gekomen.
- **Bodemligging kust:** waterschapspelingen en -metingen en Jarkusmetingen die al bijna zestig jaar lang worden ingewonnen, hebben onder andere geresulteerd in het Kustlijnzorgprogramma.

Een minder groot succesverhaal is de opslag van de 1-minuutmetingen van waterstand en luchtdruk tijdens de 'tsunami' van 29 mei 2017 nabij Katwijk. Deze konden niet gebruikt worden omdat de meetresultaten niet werden opgeslagen. Een gemiste kans. (Beeldmateriaal van deze gebeurtenis is wel te vinden via <https://nos.nl/artikel/2175680-video-van-zeldzame-vloedgolf-in-zandvoort-het-was-een-muur-van-water.html>)

Concentratie van de meetinspanning op een beperkt aantal integrale meetsites heeft daarnaast als belangrijk voordeel dat er technisch-wetenschappelijk daadwerkelijk stappen gezet kunnen worden om onderliggende processen in detail te doorgronden. Ook geven integrale meetprogramma's door de focus op verschillende type metingen en meetinstrumenten een stimulans aan de ontwikkeling van nieuwe, hoogwaardige sensoren. Enkele integrale meetsites worden bij voorkeur in internationaal verband opgezet, met open samenwerking als voorwaarde voor succes. Dat laatste betekent het open delen van data, modellen en kennis, maar ook samen naar financiering zoeken. Voor de kustzone wordt op dit moment onder de werktitel ICON (International Coastline Observatories Network) gewerkt aan een eerste netwerk van dergelijke integrale meetsites. De belangrijkste driver achter deze ontwikkeling is de mogelijkheid om tegen relatief lage kosten kennis te ontwikkelen over een breed scala aan hydraulische, morfologische en ecologische condities.

Op de ENW-dag in juni 2017 bleek dat er veel draagvlak is voor dergelijke initiatieven, zowel voor de kust als het binnenland. Langjarig meten levert statistisch betrouwbare data op (vaak resulterend in minder conservatisme) en geeft een betere basis om modellen te kalibreren en te valideren. Er bleek vooral behoefte aan meetsites voor hydraulische randvoorwaarden. Extremen moeten worden meegenomen, maar ook tijdens minder uitzonderlijke omstandigheden is het belangrijk om te meten, vooral in het kader van beheervraagstukken.

**Er werden toen verschillende aandachtspunten geadresseerd:**

- Werk van te voren goed uit wat je wilt bereiken: waarom wil je een integrale meetsite, waar is het voor nodig en wat wil je bereiken. Denk goed na over datavalidatie, het vastleggen van de data en over de meettechnieken die toegepast gaan worden.
- Het is essentieel vooraf veel te vragen over de metingen en ook een directe belanghebbende partij van de metingen te hebben.
- Aandacht vragen voor nieuwe ontwikkelingen in meettechnieken, zeker wind- en golfmetingen zijn allesbehalve routine.
- Datavalidatie is belangrijk: beter géén metingen doen dan metingen met een systematische fout.
- Een goede uitwerking en numerieke modellering is essentieel voor het slagen van een meetinspanning. Alleen maar meten is weinig zinvol.
- De meetsite hoeft niet per se op één plek te liggen. Moet wel star zijn (consequent in meetparameters, frequenties etc.), maar ook flexibel (ruimte voor verbeteringen/aanpassingen).
- Er is behoefte aan gegevens over bodemvorming rivierbed (duinen).
- Overtuigingskracht en goede voorbeelden zijn nodig om metingen langdurig in de lucht te houden.
- Kijk goed naar het schaalniveau. Op grote schaal vaak vooral kwalitatief (het is dan ook onmogelijk om met vol detail veel te meten). Op lokaal niveau kan er vaak meer kwantitatief worden gemeten.



## Aandachtsgebieden watersystemen

Er is nog veel te leren over de interactie tussen waterbeweging (getij, windgolven, stroming) en sedimenttransport in de verschillende watersystemen. Het blijven ontwikkelen van kennis over zowel de belastingen als het effect daarvan op de morfologische ontwikkeling is daarom essentieel. Langjarig meten van zowel belastingen als morfologische ontwikkelingen hoort daar vanzelfsprekend bij. Zo hebben langjarige metingen van golven tot het inzicht geleid dat de tot dan toe aangenomen maatgevende golfperiodes langs de kust te laag waren (zelfs lager dan gemeten waarden). In de Waddenzee heeft de golfmeetcampagne geleid tot beter inzicht van de golfgroei, met een direct effect op de dijkversterkingen aldaar.

Op de meren heeft beter inzicht in het gedrag van golven geleid tot correcties op modelfouten en het verkleinen van onzekerheden. Deze kennis is direct in het WBI (Wettelijk Beoordelingsinstrumentarium) gebruikt. Tenslotte blijken daadwerkelijk optredende windsnelheden op open water aanzienlijk lager te zijn dan eerder uit de modellen volgde. Dit heeft met name langs de grote meren zeer forse verzwaring van de hydraulische randvoorwaarden voorkomen. Reden te meer om te blijven meten aan wind en golven en waar nodig te intensiveren.

Een voorbeeld waar intensivering van kennis nodig is en waarbij behoefte is aan een langjarige metingen (op meerdere locaties) betreft de impact van lange golven op een (hoog) voorland en voorliggende zandbanken, en de interactie tussen vegetatie en morfologische ontwikkeling van natuurlijke voorlanden. Kennis over de golfdempende werking van een voorland met vegetatie en de stromingsweerstand van diezelfde vegetatie leidt uiteindelijk tot een verkleining van de onzekerheden in de belasting op, en daarmee tot minder zware ontwerpen van, de waterkeringen.

Voor rivieren ligt het belang van langjarige meetreeksen met name in de ontwikkeling van de delta. Op dit moment is bijvoorbeeld niet goed bekend hoeveel sediment ons land binnenkomt, wat de samenstelling daarvan is en welke veranderingen daarin zijn opgetreden. Bovendien is weinig bekend over hoe het sediment zich over de verschillende riviertakken verdeelt en wat dat betekent voor de stabiliteit van de splitsingspunten (en daarmee voor de waterveiligheid). Tenslotte is er meer inzicht nodig over de hoeveelheid sediment die doorgevoerd wordt naar de Rijn-Maas monding. Met deze informatie is de ontwikkeling van de Nederlandse delta in de komende vijftig tot honderd jaar beter te voorspellen, waardoor de gevolgen voor onder andere veiligheid van het achterland, beheer en onderhoud aan de rivier, en scheepvaart beter in beeld kunnen worden gebracht. In de pilots die in het kader van NKWK Rivieren (Nationaal Kennis- en Innovatieprogramma Water en Klimaat) zijn uitgevoerd blijkt dat er behoefte is aan langlopende monitoringcampagnes om meer inzicht te krijgen in het systeemgedrag van de Rijn-Maas delta. Dit wordt verder uitgewerkt binnen NKWK Rivieren. Het ENW ondersteunt dit initiatief van harte. Deels kan overigens al aangehaakt worden bij de initiatieven binnen RiverCare.

Voor de Oosterschelde en de Westerschelde is er behoefte aan langjarige meetreeksen van de golfdoordringing met als doel de nieuwe modeltrein voor de hydraulische belastingen te valideren. Daarnaast is er langs de kust ook behoefte aan langjarige continuummetingen op referentielocaties (locaties waar geen ingrepen zijn geweest en waaraan projectmetingen zoals bij de Zandmotor gerefereerd kunnen worden).

## Aandachtsgebieden waterkeringen

Langdurig en met een grote dekking geotechnisch en geofysisch meten van waterspanningen, grondspanningen, temperatuur en belastingen (waterstanden, regenval en verkeersbelasting) in en op dijken op specifieke locaties, leidt tot beter inzicht in onder meer de faalmechanismen macro-instabiliteit binnentalud en piping. In de huidige modellen hiervoor spelen niet de buitenwaterstand, maar vooral de freatische lijn in de dijk en waterdrukken in het zand onder de dijk een overheersende rol. Door langdurig te meten kunnen deze waarden beter worden bepaald. Daar waar zonder veel meetgegevens de onzekerheden groot zijn, leidt dat wellicht tot (onnodig) afkeuren of te zwaar ontwerpen.

Bij het inrichten van meetprogramma's voor rivierdijken gaat het met name om de belastingeffecten op de sterkte van dijk en ondergrond. Zo is er systematisch onderzoek nodig voor het langzaam maar zeker groeiende aantal kilometers dijk dat in opdrijfsituaties geraakt door zeespiegelstijging en bodemdaling. Hierdoor zal de ernst en omvang van de dijkverbeteringsopgave op de langere termijn significant toenemen. Om hier meer grip op te krijgen, stelt het ENW voor het bestaande netwerk van LiveDijk-locaties te benutten en uit te breiden.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Zie website [www.dijkmonitoring.nl](http://www.dijkmonitoring.nl).

Tevens wordt aanbevolen om sommige locaties als benchmarklocatie in te richten, waar (eventueel met nieuwe meet- en monitoringsystemen) nieuwe hoogwaardige datasets kunnen worden verkregen om nieuwe kennis en modellen te ontwikkelen en te valideren. Bijvoorbeeld het meten van verkeersbelastingen op dijken in combinatie met zware neerslag of simulatie van golfoverslag. Ook kan gedacht worden aan metingen om de heterogene grondopbouw, de materiaaleigenschappen en zwakke zones van oude waterkeringen in beeld te brengen.

## Pijler 2. Pilots en veldproeven

Bij pilots en veldproeven (waaronder proefbelastingen) wordt in eerste instantie meestal gedacht aan de sterkte van dijken. De dijk wordt stevig belast waarbij gekeken wordt wat dat met de sterkte doet. Voorbeelden zijn de IJkdijk, het Dijken op Veen-project en de serie veldproeven met de golfoverslagsimulator, waardoor nu de sterkte van gras tegen golfoverslag veel beter bekend is dan voorheen (zie ook Bijlage A). Deze nieuwe kennis is in de laatste beoordelings- en ontwerpregels opgenomen.

Ook in de watersystemen zijn pilots zeker aan de orde. Het aansprekendste voorbeeld is de Zandmotor, die is ontwikkeld als pilot voor de ontwikkeling van nieuwe strategieën voor langjarig kustonderhoud op basis van het principe van Building with Nature. Ook het evalueren van opgetreden duinafslag als gevolg van een zware storm kan een waardevolle pilot zijn. De (versnelde) stijging van de zeespiegel benadrukt de noodzaak van het mee laten groeien van de getijdebekken, zowel voor veiligheid als voor de natuur. In dit verband wordt een pilot met een buitendelta-suppletie voorzien in 2018. Proeven op grote schaal langs kusten en op bestaande of specifiek voor het experiment gebouwde dijken hebben zeer waardevolle kennis opgeleverd. Ook voor de toekomst is het uitermate nuttig dit soort onderzoek door te zetten.

### **Op de ENW-dag is ook over pilots en proeven gesproken. De onderstaande aandachtspunten zijn genoemd:**

- Zorg ervoor dat de nulsituatie goed wordt vastgesteld. Let op reproduceerbaarheid in het veld en de vertaling van de proefresultaten naar extreme omstandigheden (bijvoorbeeld wanneer dan uiterwaarden vol staan en onder normale omstandigheden niet).
- Innovaties moeten ook op lange termijn worden gemonitord om te evalueren en te optimaliseren.
- Probeer pilots breder maken dan alleen voor hoogwaterveiligheid, dus ook andere functies zoals wegen of omgeving.
- Operationeel zou het een idee zijn om een matchingfonds te creëren wat het mogelijk maakt om extra metingen parallel aan uitvoeringsprojecten uit te voeren.
- Een succesvoorbeeld uit het verleden: twee jaar voordat de MER-procedure zou starten werd nagedacht over de zandwinning voor het project. Er was interesse in diepe winning. Er speelde vooral de vraag over zuurstofloosheid in een diepe zandwinput. Pro-actief is toen gestart met monitoring in de bestaande loswal gedurende twee jaar. Hierdoor kon geconcludeerd worden dat diepe zandwinning geen probleem was.

Geen succesverhaal is het grote veenonderzoeksprogramma dat na de dijkafschuiving van Wilnis (2003) werd opgesteld. Dit is nauwelijks van de grond gekomen en na een jaar eigenlijk doodgebloed. Tien jaar later was dergelijke kennis nodig in het Markermeerdijkenproject en is onder grote tijdsdruk het Dijken op Veen-onderzoek uitgevoerd dat in het project veel implementatiediscussie heeft gegeven. Een eerder kennisprogramma zou de implementatie van de kennis waarschijnlijk eenvoudiger hebben gemaakt.

### **Continuering bestaande pilots en proefbelastingen**

Bovengenoemde onderzoeksprojecten in het veld hebben informatie over en inzichten in de kwaliteit van bestaande dijken gegeven die met laboratoriumonderzoek niet mogelijk was geweest. Het is uiterst waardevol dergelijk onderzoeken door te zetten. De kennis over dijken op veen is nog niet uitontwikkeld en verdere proeven worden aanbevolen. Ook het mechanisme golfoploop en graserosie is nog niet voldoende gevalideerd. Eerder onderzoek heeft uitgewezen dat een grasmat zelf behoorlijk sterk kan zijn tegen golfoverslag, maar dat objecten en overgangen veel eerder tot schade leiden. Het onderzoek dat momenteel wordt opgezet naar de sterkte van overgangen wordt daarom van harte ondersteund en uitbreiding wordt aanbevolen om objecten ook mee te nemen. Ook het in beeld brengen van deze overgangen en heterogeniteit in de bekleding behoren hiertoe. Ook het initiatief om bij de Hedwige- en Prosperpolder destructieve proeven uit te voeren wordt ondersteund.

### **Innovaties bij nieuwe proefbelastingen**

Rondom het mechanisme macro-instabiliteit binnenwaarts bestaan nog diverse kennisleemtes, bijvoorbeeld ten aanzien van de waterdruk in de diepere zandlaag en de mate waarin infiltratie van water als gevolg van golfoverslag of zware neerslag van invloed is op de macro-instabiliteit. Proefbelastingen kunnen helpen de kennis van deze fenomenen te vergroten. Het is vrijwel ondoenlijk en erg duur om de verhoging van de freatische lijn via een infiltratiesysteem tot stand te brengen, wat eerder wel eens is gedaan. Maar mogelijk zijn hier nieuwe ideeën voor te bedenken, in dezelfde lijn als innovaties voor tijdelijke keringen (Flood Proof Holland), of waar mogelijk door dijktrajecten te zoeken waar het water gemakkelijk opgezet kan worden. Proefbelastingen en ook historische waterstanden die niet zeer extreem zijn geweest, zijn waardevol voor dit mechanisme. Ze kunnen worden gebruikt bij probabilistische analyses, waardoor bewezen sterkte leidt tot een nauwkeuriger beeld van de sterkte. Over de zogenaamde bewezen sterkte heeft het ENW eerder verschillende adviezen uitgebracht. Een proefbelasting hoeft daarmee niet altijd de zeer extreme situatie te zijn waar de waterkeringen nog tegen bestand moeten zijn. De innovatie is het creëren van dijkbelastingssituaties over een groot gebied, met voor macro-instabiliteit en piping relevante waterdrukken in de zandlaag onder de dijk, tegen aanvaardbare kosten.

Innovaties bij nieuwe proefbelastingen ontstaan niet alleen in maatregelen of oplossingen, maar tevens in meettechnologieën. Zo is het meten met glasfiber of warmtecamera's redelijk normaal geworden. Daarnaast kunnen proefbelastingen uiteraard ook innovaties in de vorm van maatregelen uitlokken. Aan de hand van de pipingveldproeven is bijvoorbeeld het Verticale Zandwerend Geotextiel bedacht en tevens de nu in uitvoering zijnde Grof Zand Barrière.

### **Pijler 3. Projectoverstijgend meten en monitoren**

Projectleiders zijn verantwoordelijk voor de realisatie van hun projecten, met als voornaam doel het op tijd en binnen het budget afronden. De projectorganisatie staat vaak los van de beheer- en onderhoudsorganisatie, waardoor een optimale afstemming voor de langere termijn niet voldoende is gewaarborgd. Heel pregnant komt dit naar voren, wanneer het niet alleen veiligheidsaspecten betreft, maar ook waar specifiek aangelegde projectonderdelen zijn gerealiseerd op grond van bijvoorbeeld omgevingsfactoren. Ook dan is het nuttig om te kunnen beschikken over langjarige gegevens van die projectonderdelen in de praktijk. De mogelijke voordelen van afstemming over de projecten heen worden vaak niet opgepakt. De huidige werkwijze biedt vaak onvoldoende stimulansen om over de grenzen van projecten en over de looptijd van projecten heen te kijken. Daarmee wordt het enorme innovatiepotentieel van de grote infrastructuurwerken in uitvoering te weinig benut. Er is een visie over projecten heen nodig om dit te doorbreken. Voor een deel is dit wel erkend in de Project Overstijgende Verkenningen (POV's) van het HWBP. De POV Macrostabieleit is qua organisatie en inhoud een uitstekend voorbeeld van de wijze waarop parallel aan uitvoeringsprojecten kennisontwikkeling plaatsvindt, en waar de doorwerking van deze kennis in projecten een plek heeft gevonden. Monitoring en veldproeven zijn hierin geïntegreerd. Het ENW is groot voorstander van projectoverstijgend meten en monitoren, maar dan wel continu en langjarig.

Een voorbeeld waar bindende, maar aan projecten gebonden, monitoring goed is gelukt, is het terrein van de geboorde tunnels. Aan de hand van een gezamenlijk programma met een gedeeld budget is daar daadwerkelijk geleerd van achtereenvolgende tunnelprojecten en waarbij ook steeds gekeken is naar nog komende projecten. Bindende projectgebonden monitoring biedt kansen voor strategische kennisontwikkeling, voor validatie van voorspellingen en beoordeling van keringen bij innovatieve oplossingen en bij nog nooit eerder uitgevoerde ingrepen.

Een eerste invulling is gegeven bij de zandige versterkingen in een getijloze omgeving (meren). Er zijn verschillende pilots en projecten waarbij stranden worden of zijn aangelegd zonder getijwerking (Houtribdijk ter hoogte van de Trintelhaven, zandige versterking van het westelijk deel van de Houtribdijk, zandige randen van de Marker Wadden) of met getijwerking (versterking Hondsbossche Duinen) en waar op projectniveau al monitoring wordt uitgevoerd. Er wordt thans (binnen het zogenaamde Pilot 2.0-traject) onderzocht op welke wijze er zowel antwoord kan worden gegeven op de vragen die in de huidige pilot zijn geadresseerd als op de vragen die samenhangen met het langere termijn beheer en onderhoud van dergelijke zandige versterkingen in het algemeen en van de Markermeerdijk en van de Houtribdijk in het bijzonder.

Voor rivieren is het goed om op te merken dat er een geweldige kans ligt om te leren van Ruimte voor de Rivier. Aangezien vrijwel alle projecten van Ruimte voor de Rivier nu gereed zijn, verdient het aanbeveling om te kijken of de monitoring rondom die projecten op orde is (zowel inhoudelijk, als ook financieel om langjarig te kunnen monitoren). Het ENW heeft op dit moment onvoldoende inzicht of die kansen worden benut, maar benadrukt het belang van de mogelijkheden die Ruimte voor de Rivier biedt.

**Op de ENW-dag is ook het onderwerp projectoverstijgend meten en monitoren besproken, daarbij zijn de volgende aandachtspunten genoemd:**

- Het belang van matching fondsen om 'extra's' mogelijk te maken.
- Het belang van het daadwerkelijk delen van data, ook van data van private partijen.
- Projectleiders stimulansen bieden om de lessen te leren voor het volgende project. Binnen de waterschappen is hier nu al aandacht voor. Nu nog overstijgend en delen.
- Kans: Lopende metingen (bijvoorbeeld zakbaken) langer doorzetten.
- Zoek testsite voor specifieke innovaties; waar kan dat goed gebeuren?
- Wie is de probleemeigenaar? Verantwoordelijkheden beleggen.
- Concrete doelstellingen voor monitoring. Niet alleen voor het meten zelf, maar ook voor de bewerking van de data en de doorvertaling naar eindproducten.
- Monitoring behoort een onderdeel te zijn dat er gewoon bij hoort.
- Ook eerdere informatie (vorige dijkversterking) gebruiken.
- Businesscase beheerkosten.
- Mogelijk aan de voorkant vastleggen:
  - Plaatsen peilbuizen
  - DONAR-database raadplegen
  - Vertalen concrete doelstellingen
  - HWBP goedkoper & sneller
  - Onderdeel van het project maken
  - Percentage van de projectkosten voor meten en monitoren vastleggen

Logischerwijze wordt er hier dus gezocht naar het afstemmen en, waar nuttig, uitbreiden van de binnen de losse projecten uit te voeren monitoring. Het idee daarbij is dat de gecombineerde monitoringinspanning vanuit een overkoepelende visie op de kennis- en beheervragen kan worden gedefinieerd. Voor de individuele projecten betekent dit dat er in dat geval een afgestemd protocol ligt waaraan de al binnen het project voorziene monitoring kan worden afgestemd, dat er daarnaast nog specifieke aanvullende monitoring kan worden uitgevoerd en dat de resultaten projectoverstijgend kunnen worden ontsloten en geanalyseerd. Ook wordt aanbevolen om sommige meetsites die in POV's zijn opgezet door te zetten voor een langere periode.

#### **Pijler 4. Extreme gebeurtenissen**

Er is behoefte aan adequate informatie over de gebeurtenissen tijdens extreme omstandigheden. Extreme rivierhoogwaters komen niet zo vaak voor. Maar als deze voorkomen, dan is er veel te leren van het effect van een hoogwatergolf die door Nederland loopt. De dijk wordt dan relatief zwaar belast en kan de belasting en (initieel bezwijk)gedrag worden geobserveerd. Maar bijvoorbeeld ook om de faseverschuiving tussen afvoer en waterstand op de rivieren beter te kunnen duiden. In 1993, 1995, 1998 zijn er hoogwater-verslagen gemaakt, maar daarna niet meer. Om tijdens zo'n gebeurtenis te monitoren is niet gemakkelijk; alle aandacht gaat dan uit naar bewaking en het nemen van noodzakelijke nood- en/of voorzorgsmaatregelen (zoals bijvoorbeeld evacuatie). De prioriteit ligt dan niet bij kennisontwikkeling. Ook overstromingen in het buitenland kunnen zeer interessant zijn. Het ad hoc reageren als een gebeurtenis zich voordoet, leidt niet tot optimale resultaten. Er zijn vooraf voorbereide meetplannen en afspraken nodig rond het inwinnen van gegevens rondom extreme gebeurtenissen. Dit vergt een gedegen voorbereiding, zowel procedureel (contacten instanties), operationeel (toegang wanneer alles gericht is op de afhandeling van de extreme gebeurtenis) als inhoudelijk (wat moet er worden vastgelegd). Alleen op deze manier is het mogelijk om beter in beeld te krijgen wat er gebeurt tijdens extreme gebeurtenissen, en hoe we daarvan kunnen leren. Het voorbeeld van de 'storm chasers' in Engeland, die uitrukken als een zware storm zich aandient om kennis te verkrijgen over de respons van kiezelstranden, is in dit verband inspirerend. Ook is er behoefte aan het archiveren en het landelijk rapporteren van effecten van extreme gebeurtenissen (schadecatalogus).

**Tijdens de ENW-dag werden de onderstaande reacties gegeven op het onderwerp meten van extreme gebeurtenissen:**

- Langsscheuren in dijken meten.
- Voor en na een zware storm de situatie van duinen en de vooroever inmeten.
- Gedrag rivierbedding tijdens extreme omstandigheden meten (voor, na en tijdens hoogwater).
- Stijging waterstand binnenkant dijk ten opzichte van de waterstanden op de rivier vastleggen (onder andere bij het sluiten van de Maeslantkering).
- Meting van maatgevende en normale omstandigheden in de kleinere rivieren (Vecht etc.).
- Golven in havenbekkens meten tijdens extreme omstandigheden.
- Effecten van zwaar materieel op de waterspanningen in de dijk meten.
- Metingen in Eems-Dollardgebied met het oog op de hoogwatervoorspelling; is nog onvoldoende bekend.
- Nuttige metingen:
  - Peilbuismetingen langs rivieren en langs de kust
  - Zandvoerende wellen
  - Bodemligging rivieren
  - Golfhoogtemetingen op meren en (beneden)rivieren
  - Mobiele golfhoogtemetingen langs de kust (golfoploop)
  - Dijkdoorbraken (in buitenland)
  - Natuurlijke duinafslag pre/post storm
  - Temperatuurmetingen met oog op klimaatverandering
  - Schade na extreme gebeurtenis
  - Golfoplopmetingen langs de kust
  - Veekranden na extreme gebeurtenis
- Aandachtspunt is of de instrumenten bestand zijn tegen extreme omstandigheden.
- Denk ook aan meetlocaties in het buitenland; daar komen omstandigheden voor die in Nederland zeldzaam zijn. Dat is in het verleden wel gebeurd (China). Er is dan wel validatie voor Nederlandse omstandigheden nodig. Maar met buitenlandse data zijn modelverbeteringen vaak goed mogelijk.

Deels lopen er al initiatieven vanuit Rijkswaterstaat (Quick Reaction Forces i.o. voor de kust van Ameland, Delfzijl en Rivieren) en vanuit het Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier om iets dergelijks op te zetten voor het meten van duinafslag. Ook het meten van golven tijdens hoogwater in de rivieren heeft de aandacht. Voor rivieren wordt verwezen naar het al eerder genoemde hoogwaterdraaiboek, en de aanbeveling om dat draaiboek samen met de opstellers te evalueren.

Om bijvoorbeeld de ontwikkeling van waterspanningen en het vervormingsgedrag tijdens de passage van een hoogwatergolf door Nederland goed vast te leggen, is het van belang dat op voorhand de meest interessante meetlocaties bekend zijn, een snel te mobiliseren meetvoorziening voor waterspanningen en vervormingen is bedacht en beproefd, de basisvoorzieningen ter plekke reeds zijn geïnstalleerd, de bestemming van de meetlocatie is geborgd en de benodigde vergunningen zijn geregeld.

Hierbij moet ook gedacht worden aan gebiedsdekkende informatie vanuit satelliet- en dronesystemen. Hierdoor komt waardevolle informatie beschikbaar over bewezen sterkte, maar ook bewezen zwakte onder extreme omstandigheden.

### 3 Voorstel voor organisatie en ontsluiting van gegevens

Organisatie en financiering zijn essentiële onderdelen voor het slagen van het structureel meten en monitoren en het optimaal benutten van de gegevens. Een even belangrijk bindend element is de beschikbaarheid van een centraal dataplatform voor beheer van de ingewonnen data en snelle en eenvoudige ontsluiting door gebruikers, en de bereidheid van gebruikers om daadwerkelijk data te delen in open samenwerkingsverbanden. Hieronder wordt door het ENW een voorstel gegeven voor de organisatie en het komen tot samenwerking in de ontsluiting van gegevens.

### 3.1 Organisatie

De verantwoordelijkheden rond waterveiligheid in Nederland zijn verdeeld over verschillende organisaties: DGRW, Rijkswaterstaat (HWBP), de waterschappen, STOWA, Unie van Waterschappen. Al deze organisaties hebben belang bij het goed valideren en verbeteren van rekenmodellen en de vergroting van de waterveiligheidskennis. Het ENW pleit er in eerste instantie voor dat elke organisatie in zijn kennisagenda rekening houdt met validatie van aannames door meten en monitoren. De meerwaarde ontstaat echter pas echt als deze validatie gezamenlijk wordt opgepakt. Een breed gedragen gedeelde kennisagenda is uiteindelijk leidend. Vooruitlopend op deze kennisagenda zijn in dit advies aandachtsgebieden benoemd waar veldmetingen en monitoring kunnen bijdragen. Essentieel hierbij is een betere benutting van informatie door centrale ontsluiting van gegevens. Dit alles vraagt om langjarige nauwe samenwerking tussen de betrokken organisaties en afspraken over financiering. In deze paragraaf wordt aangegeven op welke wijze dit organisatorisch zou kunnen worden geregeld.

#### **Het ENW adviseert om een langjarig programma (Bureau Monitoring) op te stellen waarin meerdere organisaties vertegenwoordigd zijn. Voorstel is dat dit programma:**

- Een 'Landelijk Validatieplan Waterveiligheid met Veldmetingen en Monitoring' opstelt.
- Waarin, op basis van de kennisagenda's, een prioritering van te testen hypothesen wordt gegeven.
- Een uitwerking wordt gegeven van welke gegevens er nodig zijn om deze hypothesen te valideren.
- Gevolgd door een uitwerking van hoe deze gegevens ingewonnen kunnen worden, waarbij mogelijk onderscheid wordt gemaakt in de onderstaande onderdelen:
  - Nieuwe langdurige integrale meetsites of uitbreiding van bestaande metingen waarbij eventueel een koppeling met historische metingen wordt gemaakt.
  - Metingen rondom grootschalige pilots, veldproeven en/of proefbelastingen.
  - Projectenoverstijgende monitoring.
  - Meten van extreme gebeurtenissen.
  - Meetplannen opstelt en gegevens rondom extreme gebeurtenissen ontsluit en coördineert, inclusief de landelijke ontsluiting van deze gegevens en het vormgeven van een landelijke rapportage/schadecatalogus na een extreme gebeurtenis.
  - Een adviserende rol zal vervullen richting de beheer- en aanlegorganisaties. Bijvoorbeeld door advisering over welke gegevens waar ingewonnen worden en op welke wijze deze gegevens het beste te ontsloten zijn.
  - Adviezen richting de kennisagenda geven in het geval van innovaties voorafgaand, binnen of na afronding van een dijkversterkings- of onderhoudsproject.
  - Een subsidiërende taak zal vervullen richting beheer- en aanlegorganisaties.

#### **Bedenk hierbij:**

- Langdurig meten of monitoren betekent minimaal twintig tot dertig jaar, met tussentijdse beslissingen om het programma aan te passen, door te gaan of te stoppen. Het ENW zou hierbij een nuttige klankbordrol kunnen vervullen.
- Omdat het een langjarig programma betreft zal de benodigde financiering zeker niet passen in bestaande kaders. In het voortraject van het opstellen van een dergelijk programma dienen daarom afspraken gemaakt te worden over de langjarige financiering hiervan. Voorkeur heeft een gezamenlijke financiering vanuit de betrokken partijen. Het netwerk hiervoor zou georganiseerd kunnen worden via het NKWK (Nationaal Kennis- en Innovatieprogramma Water en Klimaat). Daarnaast zijn er ook mogelijkheden om extra financiering uit Europa aan te vragen in geval er internationale samenwerking wordt gezocht. Dat kan binnen bestaande Europese onderzoekskaders, maar het is ook mogelijk een langjarige strategie in op te zetten calls in te brengen.

Tijdens de ENW-dag bleek er veel sympathie voor dit initiatief. Als punten van zorg werden sturing en middelen genoemd, zowel budget als menskracht. Ter plekke werd een oplossing bedacht, namelijk een centrale groep Monitoring, met als trekker een beheerder (STOWA). Deze groep deelt kennis en kunde en heeft duidelijke taken; de groep heeft overzicht van monitoringprogramma's en geeft adviezen aan beheerders en onderzoekers.

Gezamenlijk met onderzoeksinstellingen zoekt deze groep naar financiering en beheert eventueel een budget (uit bijvoorbeeld versterkingsprojecten of kennisagenda's). Voor een succesvol functioneren zijn vertegenwoordigers nodig van alle partijen uit de sector.

Specifieke aandacht wordt gevraagd voor het aantrekken van jongeren voor het onderwerp, zodat kennis behouden blijft en nieuwe ideeën met name voor dataontsluiting en opslag de ruimte krijgen.

### 3.2 Ontsluiting van alle veldmeet- en monitoringsgegevens

Nederland heeft een aantal zeer succesvolle langlopende veldmetingen en monitoringprojecten en is hierin ook internationaal een koploper. Voorbeelden hiervan zijn het Jarkusprogramma en het Landelijk Meetnet Water (LMW), waarin door Rijkswaterstaat bodemhoogte, hydrologische, hydraulische en meteorologische gegevens worden ingewonnen, verwerkt en opgeslagen. Deze gegevens zijn door iedereen op te vragen. Dit is echter nog lang niet voor alle ingewonnen gegevens het geval, bijvoorbeeld geotechnische data en gegevens van projecten en monitoringprogramma's zijn niet breed toegankelijk. Het ontsluiten van bestaande databestanden voor derden zou veel kennis kunnen opleveren.

In verschillende projecten of projectfasen (fasen zoals voorontwerp, definitief ontwerp, uitvoering, beheer etc.) wordt gemeten, gemonitord en gerapporteerd. Maar als het project is afgelopen is het vaak niet geregeld hoe die kennis wordt beheerd.

Er wordt voorgesteld daar waar mogelijk aan te sluiten bij de bestaande landelijke netwerken, zoals bijvoorbeeld bij de langjarige metingen die voor de dijk Eemshaven-Delfzijl worden opgezet en die onderdeel zijn van het Dijk Data Service Centrum DDSC. Uiteindelijk zou er toegewerkt moeten worden naar een (mogelijk gezamenlijk) systeem waarin gevalideerde projectmetingen kunnen worden opgeslagen of waar naar bestaande databases wordt gelinkt. Maar ook het ontsluiten van metingen ten behoeve van beheer, zeker waar de metingen zelf en het gebruik van de metingen voor beheer bij verschillende partijen zitten, bijvoorbeeld in het geval van ontgrondingskuilen die invloed hebben op de dijkveiligheid.

Standaardisatie en centrale ontsluiting van dijksterkteinformatie is in Nederland nog steeds niet goed geregeld en op de korte termijn is een operationeel compleet landelijk dekkend systeem niet te verwachten. In Vlaanderen is dit beter georganiseerd. Geadviseerd wordt voor Nederland een tussenoplossing voor te ontwikkelen, bijvoorbeeld op basis van een internationaal geaccepteerde standaard.

Binnen NKWK is een task force opgericht die zich specifiek gaat bezighouden met dataopslag en dataontsluiting. Dit gaat generiek gebeuren voor alle bij NKWK aangesloten onderzoekslijnen. Voor rivieren lopen er diverse ontwikkelingen binnen NKWK en binnen RiverCare. Rivieren en kust proberen zo veel mogelijk samen op te lopen in dit traject. De pilots die binnen NKWK Rivieren zijn gedaan geven veel informatie en aanknopingspunten, maar zullen wel vervolgd moeten worden om te komen tot daadwerkelijke en bruikbare systemen.

Tijdens de ENW-dag zijn veel voorbeelden genoemd van databases en projecten waar ervaring is opgedaan met het opslaan en/of beschikbaar stellen van data. Het Algemeen Hoogtebestand Nederland (AHN) werd vaak genoemd als een goed voorbeeld om verschillende redenen:

- Het is duidelijk wat de data inhouden en hoe ze worden ingewonnen.
- De data zijn eenvoudig bereikbaar en te gebruiken.
- De data worden door verschillende groepen en voor verschillende doeleinden gebruikt.

Dit zijn belangrijke aandachtspunten en veel verbeterpunten die vanuit de ervaring van de deelnemers van de ENW-dag zijn genoemd, sluiten hierbij aan.

Er zijn verschillende typen aandachtspunten die als een paradox kunnen worden opgevat:

- Méér data leiden tot betere kennis. Er zijn veel data die nuttig zouden kunnen zijn maar nu niet gebruikt worden. Er moet worden nagedacht hoe die beschikbaarheid verbeterd kan worden. Daarvoor is het nodig om inzicht te hebben waar de beperkingen nu liggen: bijvoorbeeld bij de bereidheid om data te delen, of misschien bij de gebruikersvriendelijkheid van systemen.
- In de beperking toont zich de meester: maak een onderbouwde keuze en doe liever, net als het AHN, een paar dingen goed dan alles tegelijk en halfslachtig. Dat kan betekenen dat niet alle data (meteen) beschikbaar worden gemaakt, hoe nuttig ze ook zijn.

Er is ook van gedachten gewisseld over de aanpak. Een aanbeveling daarover vanuit het veld is: streef niet naar één database voor alles, maar naar een manier om bestaande databases te koppelen. Sluit aan bij bestaande structuren, vindt niet opnieuw het wiel uit.



### Meetsite Petten

#### De Meetsite Petten heeft tenminste geleid tot de volgende inzichten: <sup>2</sup>

- Meten in de natuur levert kennis op die nooit uit een laboratorium kan komen. Bij Petten ontstond bijvoorbeeld tijdens storm een ontgrondingskuil voor de dijk, waarvan gedacht werd dat deze invloed zou hebben op de golfhoogte. In een laboratoriumsituatie was dit nooit geschematiseerd, omdat men nooit op het idee zou zijn gekomen. Het effect viel uiteindelijk mee, omdat deze verandering van bodemligging maar over 20 m plaatsvond.
- Er is heel veel gestudeerd op de golfhoogten die vlak bij de dijk zijn gemeten. Het blijkt dat meten in de natuur veel moeilijker is dan in een geschematiseerde laboratoriumomstandigheid. Dit stelt hoge eisen aan de opzet van de metingen en aan de analyse van de meetresultaten. De metingen zijn altijd puntmetingen geweest. Dat betekent dat de inkomende golfhoogte tegelijk wordt gemeten met de gereflecteerde golfhoogte. Ook zit het meetpunt in het “knoop- en buikenpatroon”, waardoor het niet mogelijk is een echte inkomende golfhoogte te bepalen. Tot slot speelt lange golfenergie een rol, waar maar gedeeltelijk naar gekeken kon worden omdat er steeds maar twintig minuten werd gemeten. Lange golfproblematiek kan numeriek alleen met een 2D-golfmodel als bijvoorbeeld SWASH of XBeach (surfbeat en niet-hydrostatisch) worden gesimuleerd, waarin richtingsverspreiding wordt meegenomen. Tot nu toe is zo'n berekening nog niet mogelijk gebleken voor Petten. <sup>3</sup> De ervaring bij Petten is zeer nuttig bij het opzetten van eventuele nieuwe metingen elders.
- De metingen hebben laten zien dat het voldoende is om alleen tijdens zware storm te meten, maar dan wel continu. We zijn vooral in zware stormen geïnteresseerd en daarbij moeten alle ruwe data voor latere processing worden bewaard. Dan is het ook mogelijk op de piek van de storm een tijdsduur (orde 1 tot 3 uur) te bepalen waarbij de omstandigheden (waterstand, wind, etc.) vrijwel gelijk waren en waar over deze langere periode de gegevens kunnen worden uitgewerkt. Dit is nuttige kennis voor nieuw op te zetten meetsites.
- Bij het eventueel willen meten van golfoverslag, voor validatie van overslagmodellen, moet gekeken worden of de meetsituatie wel een goede validatie mogelijk kan maken. Bij Petten werd de golfoverslagbak aan het eind van de twintig meter brede berm geplaatst, net op het boventalud. Het dijkprofiel was daarmee een 1:4 ondertalud en een twintig meter brede berm op ongeveer “kruinhoogte”, want daar werd overslag gemeten. Bij toets- of ontwerpomstandigheden ligt de berm rondom de waterlijn, niet ter hoogte van de kruin. De meetopstelling bij Petten kon dus achteraf geen goede validatie voor pc-overslag leveren. Een les welke je pas leert als je de veldmetingen daadwerkelijk uitvoert en welke kan worden meegenomen naar nieuwe meetsites.
- Validatie met veldmetingen kan niet worden vergeleken met validatie in laboratoria, waar allerlei golfcondities kunnen worden beproefd. In het veld zijn het vaak gelijksoortige situaties waarbij goed gemeten kan worden. Bijvoorbeeld alleen bij wind uit de noordwestelijke hoek en een waterstand die boven NAP+3 m uitkomt. Als de meetlocatie eenmaal is ingericht, dan hoeft niet heel lang gemeten te worden. Zodra enkele interessante stormen zijn gemeten, zijn eigenlijk alle gegevens binnen. Dit punt kan worden meegenomen bij de opzet van eventuele nieuwe metingen, alhoewel het om verschillende redenen aantrekkelijk kan zijn met een aantal meetinstrumenten door te meten en dit ook in het landelijk meetnet onder te brengen.
- Een positieve uitkomst van de metingen bij Petten was dat de golfploopverdeling inderdaad vrijwel een Rayleigh-verdeling kent.
- Ook werd gevonden dat de verdeling van overslaande golfvolumes in de overslagbak vrijwel gelijk was aan de in pc-overslag gehanteerde verdeling. Twee mooie validaties door veldmetingen.

Samenvattend kan worden geconcludeerd dat de langjarige meetcampagne bij Petten een groot succes was, waarbij veel is geleerd. Maar meten in de natuur en het uitwerken en begrijpen van deze metingen is moeilijk. Petten heeft hierbij veel informatie opgeleverd die bij de opzet van nieuwe meetsites kan worden gebruikt. Meten in de natuur levert een schat aan informatie op, die maar voor een deel in een laboratorium of met computersimulaties kan worden verkregen.

<sup>2</sup> Overgenomen uit: Veldmetingen – validatie WTI-modellentrein. J.W. van der Meer, S.N. Jonkman, J.A. Roelvink en A.J.H.M. Reijnen, 21 mei 2015.

<sup>3</sup> zie rapport Deltares (Wenneker-2014) omtrent laatste metingen in Petten.

## Proeflocatie IJkdijk

### Ten aanzien van de IJkdijk kunnen de volgende conclusies worden getrokken:

- Waterschap Noorderzijlvest heeft tijdens de derde toetsronde in 2010 22 km van hun dijken langs de Waddenzeekust afgekeurd. Het was voor het Waterschap aanleiding om in samenwerking met Stichting IJkdijk het project LiveDijk XL Noorderzijlvest op te starten. Dit is een meerjarig monitoring-project, gericht op twee trajecten van de primaire keringen: de Ommelanderzeedijk (OZD) en de Lauwersmeerdijk (LMD). In de 'State of the Art 2015' zijn de resultaten en bevindingen gerapporteerd.
- Bij de Ommelanderzeedijk is een uitgebreid monitoringsysteem ingezet. Daarnaast is het Dijk Monitoring en Conditionering-systeem (DMC)systeem toegepast, waarmee grondwater uit- en in de dijk kan worden gepompt. Hiermee werd er gedurende een lange periode informatie verzameld over de grondwaterstand in de dijk, zowel bij in de meetperiode opgetreden extreme omstandigheden als bij een maatwerk-proefbelasting gebruik makend van het DMC. Gebleken is dat door de scherpere bepaling van de grondwaterstand de versterkingsopgave significant kon worden verminderd door de gunstige invloed van de lagere grondwaterstand op de stabiliteitsfactor.
- Bij de Lauwersmeerdijk bleek dat de tegen de dijk aangelegen ebgeul ter plaatse van het Vierhuizergat lokaal verdiept was waardoor een extreem risicovolle situatie was ontstaan. Ter plaatse van het Vierhuizergat zijn gevoelige tilt-sensoren geplaatst die vervormingen van de waterkering realtime registeren. Dit is benut bij de uitvoeringsbegeleiding van de geulversterking. Dit heeft unieke gegevens over de bewegingen van de dijk opgeleverd. Tevens is innovatief, vlakdekkend asfaltonderzoek uitgevoerd waarmee een beter beeld is verkregen van de achteruitgang van de asfaltbekleding.
- In dit project is het Dijk Data Service Centrum (DDSC) voor de eerste keer operationeel ingezet om de monitoringsinformatie beheersbaar te verzamelen, op te slaan en beschikbaar te maken voor verdere verwerking. De ervaringen zijn benut voor verdere verbetering van het DDSC.

LiveDijk XL Noorderzijlvest is onderdeel van een grotere groep Live Dijken, waaronder Eemshaven, de Veenderij, Utrecht, Ameland, Willemspolder, Baggerdepot Ketelmeer, Vlaardingsekade, Stammerdijk, Lekdijk, Colijnsplaat, Vechtkade, Watergraafsmeer, Grebbedijk. Dit zijn zowel primaire als regionale keringen. Door data, kennis en gebruikservaringen te delen en te vergelijken ontstaat er een meer inzicht in samenhang en verschillen.

## Proeven Dijken op Veen

Voor de optimalisatie van de Markermeerdijkversterking is parallel aan dit project een onderzoeks-project opgestart met de naam Dijken op Veen. Daartoe is aanvullend op en parallel aan het reguliere dijkversterkingsproject een monitoringprogramma met proefbelasting uitgevoerd.

De nieuwe kennis over het gedrag van veen is op 'aftap-momenten' in het dijkversterkingsproject toegepast. Dit project heeft geleid tot een verhoging van de rekensterkte van het veen, waarmee het Markermeerdijkenproject wordt geoptimaliseerd.

Twynstra Gudde heeft het Dijken op Veen-project procesmatig geëvalueerd en in dat advies zijn tien lessen geformuleerd. Het ENW heeft op verzoek van DGRW een reflectie op dit advies gegeven.<sup>4</sup>

### In deze brief noemt het ENW enkele punten met betrekking tot monitoring:

- Een ander perspectief dat geboden kan worden, is dat het onderzoeksproject Dijken op Veen de scope van het project substantieel heeft gereduceerd. De scope is enkele tientallen miljoenen verkleind, wat voor een deel komt door de veranderde normering, maar ook voor een belangrijk deel door de kennisontwikkeling en aanscherpingen vanuit het Dijken op Veen-project.
- Het belang van een goede afstemming tussen uitvoeringsprojecten en onderzoeksprojecten wordt volledig gedeeld. Het spanningsveld dat in de praktijk altijd aanwezig is tussen scope- en tijdbewaking van een uitvoeringsproject en de behoefte aan voldoende tijd voor het verzamelen van kennis zal blijven bestaan. Gebruik de faseovergangen in het project om met de creativiteit van het project-team in de volgende fase gebruik te maken van de nieuw verworven kennis.
- Het ENW is zeer positief te spreken over dat er nu onderzoeken plaatsvinden in de Project Overstijgende Verkenningen van het HWBP. Hier wordt onderzoek uitgevoerd waarvan de resultaten direct kunnen worden toegepast bij uitvoeringsprojecten. De relevantie van de vragen en de antwoorden zijn meteen duidelijk. Belangrijk is dat er ruimte blijft voor het zoeken naar antwoorden op meer fundamentele vragen die een langere looptijd hebben dan een verkenningsfase en dat ook dat meer

<sup>4</sup> ENW adviesbrief Reflectie op procesevaluatie Dijken op Veen II aan de Directeur-Generaal Ruimte en Water, 29 maart 2017 [ENW-17-09]

fundamenteel onderzoek daadwerkelijk kan worden uitgevoerd. Hiervoor ziet het ENW de langetermijn Kennisagenda als instrument voor besluitvorming.

- Verder is van belang dat wordt ingezien dat de opbrengsten van een onderzoeksproject zich niet altijd in één project kunnen terugverdienen. Bepaalde kennis gaat zich pas op de langere termijn uitbetalen. Naast financieel wordt kennis terugverdiend in verbeterde kwaliteit, versnelde uitvoering, onderbouwde en uitlegbare besluitvorming, of minder omgevingshinder.

## Colofon

---

Uitgave van het Expertise Netwerk Waterveiligheid  
© 2017

### Contactgegevens

Expertise Netwerk Waterveiligheid  
p/a Rijkswaterstaat WVL, afdeling Waterkeringen  
t.a.v. ir. D. de Bake  
Postbus 2232, 3500 GE Utrecht

E [enwsecretariaat@rws.nl](mailto:enwsecretariaat@rws.nl)  
I [www.enwinfo.nl](http://www.enwinfo.nl)