



## Overstromingskansen voor primaire waterkeringen: op de goede weg?

Matthijs Kok (TU Delft)

Op 1 januari 2017 zijn nieuwe, strengere normen voor primaire waterkeringen ingevoerd. Die zijn niet meer gebaseerd op *overschrijdingskansen* van een maatgevende belasting met als vraag: is er schade aan dijk, maar op de *kans op een catastrofale overstroming*. Ruim drie jaar na de wetswijziging blijkt dat de geschatte overstromingskansen in de huidige situatie erg groot zijn, en veelal zelfs ongeloofwaardig groot. Dijktrajecten met een jaarlijkse overstromingskans van circa 1/15 zijn geen uitzondering. Deze schattingen leiden vervolgens in het Hoogwaterbeschermingsprogramma (HWBP) soms tot onrealistische grote dijkversterkingen. In dit artikel gaan we in op de achtergronden van de nieuwe benadering, en doen we suggesties voor verbetering.



Geldersedijk bij Hattem (foto Matthijs Kok).

**Van overschrijdingskans naar kans op overstroming**

Tot 1 januari 2017 beschreef de norm in de Waterwet de *overschrijdingskans* van de hydraulische belasting die de kering veilig moest kunnen keren. De sterkte van de waterkering bij deze belasting stond vervolgens centraal. Werkwijzen en instrumenten bij deze benadering waren erop gericht om aan te tonen dat er geen begin van schade aan de kering zou plaatsvinden ('standzeker' bij de normbelasting).

De nieuwe benadering gaat uit van *overstromingskansen*. Centraal staat het schatten van de kans dat een catastrofale overstroming optreedt doordat een kering doorbreekt. De grootste veranderingen betreffen drie onderdelen:

1. de kans op falen wordt voor verschillende faalmechanismen ingeschat in plaats van alleen te toetsen of de dijk standzeker is;
2. de norm heeft betrekking op een deel van een dijkkring (dijktraject), en niet op één vak (NB een dijkvak is van beperkte lengte, bijv. 100m. Dijktrajecten bestaan uit meerdere dijkvakken en kunstwerken, zijn veelal 20-30 km lang en zijn opgenomen in de Waterwet);
3. alle relevante onzekerheden, dus zowel de natuurlijke variabiliteit als de kennisonzekerheid, worden meegenomen.

De veranderingen maken een grote verbetering mogelijk: het geeft inzicht in de kans op een catastrofale overstroming en ook kan de 'bewezen' sterkte van de kering nu expliciet worden meegenomen, waar in de oude benadering alleen de sterkte bij een extreme, nog niet opgetreden belasting werd bepaald.

Het feit dat de uitkomsten van de nieuwe systematiek soms onrealistisch zijn, leidt tot de volgende probleemstelling: hoe zijn deze uitkomsten te verklaren en wat zijn mogelijke verbeteringen die tot meer realistische uitkomsten leiden?

Deze vraag hebben wij onderzocht middels een analyse van uitgevoerde beoordelingen; het betreft zowel eigen onderzoek (ENW, 2020; afstudeeronderzoeken van studenten aan de TU Delft) als analyse van de literatuur over risicoanalyse.

### **Uitdagingen**

Tijdens de voorbereiding van de nieuwe wetgeving heeft het project Veiligheid Nederland in Kaart (afgesloten in 2014) laten zien dat de nieuwe benadering werkt: voor alle dijkkringen lukte het om overstromingskansen en de gevolgen van een overstroming te schatten. Een belangrijke les was wel dat geloofwaardige overstromingskansen niet uit een model volgen, maar dat het belangrijk is om interdisciplinaire teams samen te stellen die het instrument voeden met zo realistisch mogelijke invoergegevens.

Ook is er een geheel nieuw instrument (WBI – Wettelijk BeoordelingsInstrument) gemaakt, dat het proces van beoordeling stuurt met rekenregels uit de 'oude' benadering (gebaseerd op overschrijdingskansen), die nu anders moeten worden gevoed. Er moeten andere keuzes worden gemaakt aangaande de sterkteparameters, waarbij de degene die schematiseert zich steeds moet realiseren wat voor inschatting hij/zij moet maken. Het gaat niet meer om het garanderen van standzekerheid bij een gegeven ontwerp belasting, en niet om 5 of 10 l/s/m die over de dijk slaat, of afschuiving op het binnentalud, of een weggeslagen stuk van de grasbekleding. Het gaat om de aannemelijke inschatting van de kans op een catastrofale overstroming.

### **De nieuwe benadering in de praktijk**

Waar komen de onrealistische uitkomsten van de nieuwe systematiek vandaan? Het instrumentarium is, vooral omdat dit in de oude werkwijze ook werd gedaan, gebaseerd op een semi-probabilistisch benadering. Daarbij is slechts één gespecificeerde waterstand-met-golfhoogte (ofwel belastingcombinatie) maatgevend. Men komt tot uitspraken als bijvoorbeeld: "De sterkte van de kering is voldoende om een superstorm te keren die gemiddeld eens in de 1000 jaar voorkomt". Verschil is wel dat dat in het huidige instrumentarium de uitkomsten van de berekening

van dijkdoorsnedes diverse 'black-box' bewerkingen ondergaan: ze worden vertaald naar schattingen van faalkansen van doorsnedes, vervolgens worden deze via een 'assemblagetool' verschaald naar kansen van vakken en gecombineerd tot overstromingskansen van trajecten. Als zo'n serie van bewerkingen een onrealistisch resultaat oplevert, is het moeilijk om erachter te komen waar de fout zit.

Beheerders hebben dan ook moeite met de duiding van resultaten, terwijl van hen wel wordt verwacht dat zij het beoordelingsresultaat voor hun rekening nemen. In het ENW-advies over 'geloofwaardige overstromingskansen' van februari 2020 (ENW, 2020) is geconcludeerd dat er verbeteringen nodig zijn in het instrument, maar ook in het gebruik van het instrument.

### **Mogelijke verbeteringen**

Op basis van ons onderzoek en literatuur over risicoanalyse stellen we een zestal verbeteringen voor:

#### 1. *Verbeter inzicht in de uitkomsten van het instrument*

De semi-probabilistische benadering maakt het niet gemakkelijk om uitkomsten te interpreteren, zie hierboven. Een oplossing kan zijn om expliciet onderscheid te maken in belasting en sterkte, en voor meerdere belastingsituaties (bijvoorbeeld waterstanden) de sterkte te bepalen, waarbij falen plaatsvindt als de belasting groter is dan de sterkte. Dit kan gedaan worden voor de meest bepalende faalmechanismen van de waterkering (piping, instabiliteit, golfoverslag, niet-sluiten van kunstwerken langs de rivieren; op de overige locaties ook bekleding, langs de kust duinafslag). In een dergelijke benadering worden *fragility curves* gebruikt, waarin de sterkte van de kering (in de vorm van een conditionele faalkans) wordt gepresenteerd als functie van de hydraulische belasting (zie Ter Horst, 2005 en Meer et al., 2009). Omdat zowel de belasting als de sterkte weergegeven worden als een kansverdeling, kan op een eenvoudige en inzichtelijke manier de overstromingskans worden bepaald.

#### 2. *Maak meer gebruik van inhoudelijke (review)teams*

Voor het beoordelen, ontwerpen en beheren van waterkeringen zijn kennis en kwaliteiten nodig vanuit meerdere invalhoeken en disciplines. Een belangrijke les van het project Veiligheid Nederland in Kaart was dat kwalitatief goede uitkomsten alleen verkregen zijn door goede begeleiding en reviews (VNK, 2014). Het schematiseren van een waterkering voor een rekenprogramma kan niet los gezien worden van hoe een rekenprogramma in elkaar is gezet. Als analyses volgens het boekje zijn gedaan, kunnen de berekeningsresultaten nog steeds ongeloofwaardig zijn, gelet op de VNK-ervaringen. Een 'goede som' kan nog steeds een 'fout antwoord' geven. Dat is lastig, maar in de risicoanalyse zijn dit bekende fenomenen. Maar omdat in risicoanalyses veelal extreme gebeurtenissen worden geanalyseerd die nog niet hebben plaatsgevonden, is het gebruik van inschattingen van experts noodzakelijk. Aan het gebruik van expertmeningen kunnen strikte eisen worden gesteld – hiervoor zijn wetenschappelijk onderbouwde methoden beschikbaar (zie o.a. Cooke, 1992).

#### 3. *Maak modellen niet onnodig gedetailleerd*

De aanpak in Nederland is gebaseerd op modellen, en meer en meer op steeds verder verfijnde modellen. Modellen zijn noodzakelijk, omdat de extreme gebeurtenissen buiten het bereik liggen van de kennis van beheerders en andere experts. Maar modellen zijn per definitie onvolledig, en onvolledige modellen 'vragen' om steeds meer detail. Echter, naarmate modellen met meer parameters worden gevoed, nemen de betrouwbaarheid en het inzicht dat ze opleveren af. De kans op onrealistische of moeilijk te interpreteren uitkomsten neemt toe.

Daar staat tegenover dat de mate van detaillering natuurlijk ook afhangt van de functies die het model moet vervullen, en de beslissing die het moet ondersteunen. Dit is een balans, er is geen wet waarin staat welke mate van detail vereist is. Een goede leidraad is wellicht het 'scheermes van Ockham': een principe dat zegt dat een gebeurtenis (of fenomeen) verklaard moet worden met zo min mogelijk aannames en parameters, waarbij elke aanname die geen verschil maakt voor de verklaring, wordt geschrapt.

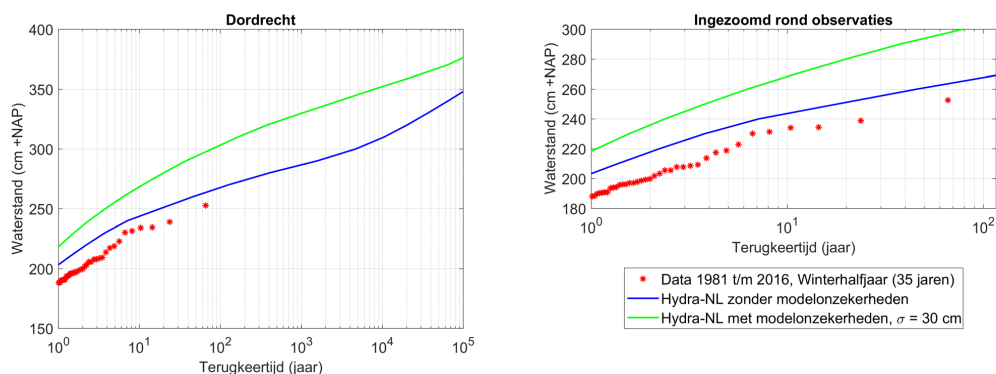
#### 4. Focus onderzoek op verbetering van sterktemodellen

In de nieuwe systematiek wordt voor veel faalmechanismen niet het gehele 'faalpad' meegenomen, maar vaak alleen het begin van schade aan de waterkering. Dit was ook gebruikelijk in de oude benadering. Alleen: nu is er iets anders nodig. Een voorbeeld: waarom wordt er bij piping niet gefocust op een rekenregel waarvan al bekend is dat er flinke winst mee gehaald kan worden, zoals het meenemen van voorland en anisotropie (verschil in horizontale en verticale doorlatendheid)? Er wordt wel piping onderzoek uitgevoerd maar dat gaat over details als het niveau van de onderkant van de deklaag, zowel op meso- als microniveau, waarbij de conclusie is dat het toch heel moeilijk is om kwantitatieve waarden voor deze parameter te vinden. Gelukkig wordt het toepassen van faalpaden (ook wel gebeurtenissenbomen) nu ook in Nederland onderzocht (Nijenhuis et al, 2020).

#### 5. Verbeter de inschatting van onzekerheden in de waterstandsstatistiek.

In de nieuwe benadering wordt een onzekerheidstoeslag opgenomen voor de waterstanden en golven - in feite een extra veiligheidsmarge. De achterliggende reden is duidelijk: bij extreme gebeurtenissen kunnen ongedachte waterstanden en golven optreden, en het is goed om deze onzekerheid een plek te geven.

De extra toeslag is echter niet voor alle aspecten nodig als in de onderliggende fysische modellen al rekening gehouden is met onzekerheid, want dan zouden we de onzekerheid mogelijk dubbel meenemen. Dit is onderzocht in het afstudeerwerk van Bart Strijker aan de TU Delft, en in figuur 1 is hiervan een voorbeeld gegeven. Te zien is dat de frequentielijnen van de Hydra-modellen boven de meetwaarden liggen, doordat er in de onderliggende hydrodynamische modellen een veilige keuze gemaakt is voor het meenemen van onzekerheid. Door daar bovenop nog een toeslag mee te nemen, wordt de onzekerheid in feite overschat. Intuïtief lijkt het beter om een 'bekende' onzekerheid niet als een toeslag mee te nemen. Met andere woorden: bij voorkeur onderbouwd opnemen in onderliggende fysische modellen en schrappen bij dubbeltelling.



Figuur 1 Waterstandsstatistiek bij Dordrecht met en zonder onzekerheid (Strijker, 2018)

#### 6. Gebruik de beoordeling van waterkeringen voor andere doelen

Eens in de 12 jaar stuurt de minister een landelijk veiligheidsbeeld naar de Tweede Kamer, op

basis van beoordelingen van de waterkeringen door de waterschappen ('APK', op basis van de nieuwe normen). Als een kering niet aan de eisen voldoet en er een veiligheidstekort is, wordt de beoordeling gebruikt voor het Hoogwaterbeschermingsprogramma (HWBP). Idealiter geeft de beoordeling ook de orde van grootte van het veiligheidstekort aan, zodat daarvan gebruik kan worden gemaakt bij het beheer en bij crisisbeheersing.

In de praktijk blijkt de scope van versterkingsprojecten nogal eens te wisselen omdat de kwaliteit van de onderliggende beoordeling wisselt. Dit kan bijvoorbeeld komen doordat gegevens over de ondergrond van de kering niet volledig zijn. Ook speelt mee dat beoordeling momenteel door waterschappen vaak als een losstaand project wordt gezien – iets dat eens in de zoveel jaar wordt gedaan. Beter zou zijn om continu en realistisch inzicht in de actuele sterkte van de waterkering te hebben, en de beoordeling aan te passen indien dat nodig is. We hoeven alleen maar te wijzen op mogelijke crisissituaties bij een voorspelde hoogwatergolf: de hele maatschappij wil dan van het waterschap weten of de sterkte van de kering voldoende is om de voorspelde belasting te keren.

De bescherming van Nederland tegen overstromingen verdient de nieuwe risicobenadering, gelet op de vele successen van de risicobenadering in andere sectoren. Maar om van onrealistische uitkomsten af te komen en van de nieuwe benadering een succes te maken, is een verbeteringsslag nodig: een betere inkadering van beoordeling van waterkeringen, inzichtelijkere modellen en een breed, multidisciplinair expert-oordeel over modeluitkomsten.

## **SAMENVATTING**

**Ruim 3 jaar geleden zijn via de Waterwet nieuwe normen voor primaire waterkeringen in gebruik genomen, gebaseerd op het risico van een catastrofale overstroming. Deze normen zijn uitgangspunt voor de beoordeling van waterkeringen door de waterschappen ('APK'). Ruim drie jaar na de wetwijziging blijkt uit een eerste beeld dat de geschatte overstromingskansen erg groot zijn, en veelal zelfs ongeloofwaardig groot. Verbetering is nodig: het beoordelingsinstrument én de toepassing ervan kunnen beter. Ook een breed, multidisciplinair expert-oordeel over modeluitkomsten kan een belangrijke verbetering opleveren.**

## **Referenties**

Cooke, R., 1992. *Experts in Uncertainty: Opinion and Subjective Probability in Science*. Oxford University Press

ENW, 2020. *Naar geloofwaardige overstromingskansen*. Auteurs: M. Kok, M. Hazelhoff, R. Jongejan en T. Schweckendieck, ENW advies, februari 2020.  
<https://www.enwinfo.nl/index.php/adviezen-2020-2>

Ter Horst, W.L.A., 2005. The safety of dikes during flood waves: analysis of the failure probability of dike ring areas in flood wave situations, MSc-thesis.  
<https://repository.tudelft.nl/islandora/object/uuid%3A025e882b-a1c0-4593-9b14-5995ff0240d3>

Meer, J.W. van der, W.L.A. ter Horst en E.H. van Velzen, 2009. Calculation of fragility curves for flood defence assets. In Samuels et al. (eds), *Flood Risk Management: Research and Practice*.  
[https://www.researchgate.net/publication/266452222\\_Calculation\\_of\\_fragility\\_curves\\_for\\_flood\\_defence\\_assets/figures?lo=1](https://www.researchgate.net/publication/266452222_Calculation_of_fragility_curves_for_flood_defence_assets/figures?lo=1)

Nijenhuis, A. te, 2020. Faalpaden. *Conceptuele analyse van het gebruik van de faalpaden-methodiek voor het bepalen van overstromingskansen in Nederland*. Deltares, april 2020.

Strijker, B., 2018. *The inclusion of model uncertainty*, MSc thesis TU Delft, april 2018  
<https://repository.tudelft.nl/islandora/object/uuid%3A315e47df-2c73-4d50-a70c-6a8a9561bdfd>

VNK, 2014. Eindrapportage Veiligheid Nederland in Kaart: Atlas.  
<https://www.helpdeskwater.nl/onderwerpen/waterveiligheid/programma-projecten/veiligheid-nederland/publicaties/>