

!Stockphoto



AUTEURS



Ferdinand Diermanse  
(Deltares)



Han Knoeff  
(Deltares)



Deon Slagter  
(Rijkswaterstaat-WVL)



Herman van der Most  
(Deltares)

## NIEUWE AANPAK BEOORDELING EN ONTWERP

# WATERKERINGEN: HOE GA JE OM MET ONZEKERHEDEN?

Hoe kan de kans op een overstroming tot een maatschappelijk aanvaardbaar niveau teruggebracht worden? Dat is vanaf 2017 in Nederland het uitgangspunt bij het ontwerpen en beoordelen van dijken. Betere bescherming tegen maatschappelijk aanvaardbare kosten, is het doel. Maar hoe ga je bewust om met onzekerheden?

Voor het beoordelen en het ontwerpen van primaire waterkeringen stapt Nederland in 2017 over van een benadering op basis van de overschrijdingskans naar een benadering op basis van de overstromingskans. Het gaat er straks niet meer om dat een maatgevende waterstand met zekerheid kan worden gekeerd, maar dat de kans op een overstroming tot een maatschappelijk aanvaardbaar niveau wordt teruggebracht. Die verandering vereist een andere manier van omgaan met onzekerheden. Onzekerheden moeten niet langer worden opgevangen door het toepassen van veilige uitgangspunten en (beperkt onderbouwde) veiligheidsfactoren, maar ze moeten volwaardig worden meegenomen in de risicoanalyse.

Een misverstand is dat het meenemen van onzekerheden er automatisch toe leidt dat waterkeringen vaker worden afgekeurd of zwaarder moeten worden ontworpen. In dit artikel laten we zien dat het volwaardig meenemen van onzekerheden in veel gevallen kan leiden tot een scherper oordeel en tot een doelmatiger ontwerp van een waterkering.

### Faalkans van een waterkering

De faalkans van een waterkering is de kans (per jaar) dat de belasting op de kering op een zeker moment groter is dan de sterkte. Het falen van een waterkering is een complex proces, met verschillende stadia of deelprocessen.

Bij het beoordelen en ontwerpen van waterkeringen worden verschillende onderdelen en faalmechanismen van de kering in kaart gebracht. Daarbij wordt met faaldefinities expliciet gemaakt wat we als falen beschouwen. Rekenmodellen zijn ontwikkeld om te kunnen beschrijven bij welke condities falen zal optreden. Door de werkelijkheid op een goede manier te schematiseren kan met het rekenmodel worden gecontroleerd of de waterkering voldoet aan de betrouwbaarheidseis die uit de norm kan worden afgeleid.

Zowel de belasting als de sterkte van een waterkering zijn onzeker. Dat is ook de reden waarom een norm wordt uitgedrukt in een kans. Met onderzoeken en meetcampagnes kunnen bepaalde onzekerheden

gereduceerd worden. Absolute zekerheid is echter een illusie. De actuele sterkte van de kering kan nooit met volledige zekerheid vastgesteld worden, want dijk en ondergrond kunnen nooit voor 100 procent doorgemeten worden.

Bovendien worden keringen ontworpen en beoordeeld op basis van extreme waterstanden en golfcondities, die nog nooit zijn waargenomen en waarvan de kans van voorkomen slechts geschat kan worden. Tenslotte zijn ook rekenmodellen een bron van onzekerheid omdat deze nooit een perfecte weergave van de werkelijkheid zijn.

### Onzekerheden in beeld brengen

Onzekerheden staan aan de basis van faalkansberekeningen. Rekening houden met onzekerheden is niet nieuw. In vorige toetsronden is bijvoorbeeld rekening gehouden met natuurlijke variabiliteit ten aanzien van belastingen. Echter, kennisonzekerheden bleven buiten beschouwing, waardoor de kans op hoge belastingen wellicht is onderschat. Anderzijds werden extra veiligheidsmarges ingebouwd aan de sterktekant. Vanuit de overschrijdingskansnorm moest immers worden aangetoond dat een maatgevende belasting veilig (dat is met grote zekerheid) kon worden gekeerd.

Het toepassen van extra veiligheidsmarges zonder een goed kansbesef, kan leiden tot (onnodig) strenge toetsregels. In de nieuwe benadering op basis van overstromingskansen stelt men zich daarom als doel relevante onzekerheden expliciet in rekening te brengen. Als die onzekerheden zouden worden betrokken op de oorspronkelijke toetsregels, zouden ze als het ware dubbel in rekening gebracht worden. In de oorspronkelijke toetsregels is immers al een zekere veiligheidsmarge ingebouwd. De toetsregels zijn daarom aangepast op de nieuwe benadering.

Een voorbeeld hiervan is het 'kritieke overslagdebiet' van een grasbekleding op het binnentalud. Zodra het werkelijke overslagdebiet het kritieke overslagdebiet overschrijdt, wordt in de rekenmodellen de grasbekleding verondersteld te falen. Vanwege de onzekerheid in de werkelijke sterkte van de grasmat

Dijken: hoe ga je bewust om met onzekerheden?

34

zijn tot dusver voor het kritieke overslagdebiet over het algemeen relatief lage waarden gekozen, om te voorkomen dat de bekleding ten onrechte zou worden goedgekeurd. In de nieuwe benadering is het kritieke overslagdebiet niet meer één vaste waarde, maar een variabele met een heel bereik aan mogelijke uitkomsten en bijbehorende kansen van voorkomen. De nieuwe benadering laat toe dat de gemiddelde waarde van het kritieke overslagdebiet veel hoger gekozen kan worden dan de vast gekozen 'veilige' waarden uit vorige toetsronden.

#### Consistent omgaan met onzekerheden

Een groot voordeel van de benadering op basis van overstromingskansen is dat op een consistente manier kan worden omgegaan met alle onderkende onzekerheden.

Als je bijvoorbeeld onzeker bent over belastingen, is het ook terecht een hogere of zwaardere dijk aan te leggen.

Echter, doordat alle relevante bronnen van onzekerheid worden meegenomen kan het beeld ontstaan dat onzekerheden 'gestapeld' worden, resulterend in onnodig afkeuren van bestaande keringen en in onbedoeld kostbare ontwerpen van nieuwe of verbeterde waterkeringen. Dat beeld is niet terecht. Rekening houden met onzekerheden betekent immers dat rekening gehouden wordt met 'tegenvallers', maar ook met 'meevallers'. Door onzekerheden expliciet mee te nemen in plaats van ze te verdisconteren in veiligheidsfactoren ('verborgen veiligheden') kan vermeden worden dat keringen onbedoeld en onnodig conservatief worden beoordeeld en ontworpen.

#### Handelingsperspectief

We geven voor beheerders van waterkeringen enkele praktijkvoorbeelden hoe een te conservatieve aanpak in beoordeling en ontwerp kan worden vermeden.

#### 1. Schematiseer de dijk zo reëel mogelijk

Voor het berekenen van belasting op en sterkte van waterkeringen wordt gebruik gemaakt van rekenmodellen.

De werkelijkheid moet worden vertaald/geschematiseerd tot gegevens waarmee een model kan werken.

Hoe meer informatie van de werkelijkheid beschikbaar is, hoe nauwkeuriger de schematisering. Waar voorheen bij de schematisering van de dijk weleens een veilige benadering werd gekozen, is het nu zaak de dijk zo reëel mogelijk te schematiseren. Door de onzekerheden te kwantificeren kunnen deze meegenomen worden.

Als blijkt uit gevoeligheidsanalyses dat een bepaalde factor veel invloed heeft op het ontwerp of het beoordelingsresultaat, kan aanvullend (grond)onderzoek van meerwaarde zijn. Factoren met beperkte invloed hebben geen nadere aandacht nodig. Het is daarom raadzaam om de uitvoering van analyses te beschouwen als een iteratief proces en niet altijd te volstaan met een enkelvoudige analyse. Beter zicht op gevoeligheden helpt om bewuster om te gaan met onzekerheden.

Het komt geregeld voor dat een oude schematisering gebruikt wordt als basis voor een berekening voor een ontwerp of een beoordeling. Bij het opstellen van die oude schematisering zijn vaak veilige aannamen gedaan. Als op basis van een oude schematisering niet kan worden aangetoond dat een (ontwerp van een) kering aan de norm voldoet, kan het zinvol zijn opnieuw naar de uitgangspunten voor de schematisering te kijken. Bij recente versterkingsprojecten is regelmatig gebleken dat het opnieuw bekijken van uitgangspunten en aanvullend onderzoek leidt tot een betere schematisering met een geringere veiligheidsopgave.

#### 2. Hanteer scenario's voor de invloed van niet-waterkerende objecten of voorlanden

Waar voorheen zettingsvloeiing, voorlanden en niet-waterkerende objecten onderdeel waren van de beoordeling, kunnen deze nu als scenario worden meegenomen. Daarmee hoeft in de berekening niet alleen maar uitgegaan te worden van het 'pessimistische' scenario van een weggeslagen voorland of omgevallen boom. In plaats daarvan kan de kans op het optreden van dergelijke scenario's expliciet worden meegenomen. Rekening houden met verschillende mogelijke situaties en de kans daarop, in plaats van het gebruik van louter pessimistische scenario's, maakt het oordeel en ontwerp scherper.

### 3. Houd rekening met mogelijke reststerkte

Bij sommige dijken is sprake van significante reststerkte. Dat betekent dat de faaldefinitie mogelijk ver af staat van daadwerkelijk falen (overstromen). Bijvoorbeeld als de eerste steen uit de dijkbekleding wordt geslagen, betekent dit niet dat de dijk direct doorbreekt, zeker niet als de kern van de dijk uit klei bestaat. Het meer expliciet in rekening brengen van reststerkte kan in de toekomst leiden tot een minder conservatieve aanpak. Dat vergt echter nog wel de nodige kennisontwikkeling. Waar het vermoeden bestaat dat reststerkte relevant kan zijn, bevelen we aan om op basis van maatwerk te komen tot een scherpere beoordeling en/of geringere versterkingsopgave.

### 4. Maatwerk als alternatief voor generieke rekenregels

Er zit altijd spanning tussen de generieke toepasbaarheid van een instrumentarium en de scherppte van een beoordeling of ontwerp. Het risico van een generiek instrumentarium is dat niet overal recht wordt gedaan aan de lokale omstandigheden. Het verdient daarom aanbeveling om bij alle facetten van beoordelen en ontwerpen rekening te houden met de complexiteit en specifieke kenmerken van de locatie. Wanneer in meer detail wordt geschematiseerd, veilige aannames kritisch worden beschouwd en lokale data wordt gebruikt, is te verwachten dat keringen minder snel worden afgekeurd en dat ontwerpen minder zwaar zullen uitvallen. Met een meer op de lokale situatie toegesneden aanpak valt in potentie veel winst te boeken.

#### Delen van kennis en ervaring

De kwaliteit van ontwerpen en beoordelen hangt af van drie factoren: mensen, metingen en modellen. Modellen worden gebruikt om te berekenen in hoeverre een dijktraject aan de norm voldoet. Modelberekeningen zijn echter alleen zinvol als deze worden gevoed met voldoende metingen van voldoende kwaliteit. En goed opgeleide mensen zijn nodig om het complexe proces van beoordelen bewust en doelgericht te doorlopen; het beoordelingsvermogen is cruciaal bij het kiezen en uitvoeren van de juiste

stappen in het proces.

Modellen en metingen hebben onzekerheden, die in beginsel gereduceerd kunnen worden. Het vergt goed opgeleide mensen om hierin bewuste en weloverwogen keuzes te maken. Dat onderstreept het belang van opleidingen en proeftoetsen. Ook is belangrijk praktijkervaringen te delen. Gelukkig staat in Nederland het delen van kennis en ervaringen hoog op de agenda. De waterkeringen-gemeenschap is daardoor steeds beter toegerust op haar taak, zodat we vanaf 2017 de nieuwe normering scherper en beter onderbouwd kunnen implementeren.

Ferdinand Diermanse

*(Deltares)*

Han Knoeff

*(Deltares)*

Deon Slagter

*(Rijkswaterstaat-WVL)*

Herman van der Most

*(Deltares)*

#### SAMENVATTING

Met ingang van 2017 maakt Nederland de overstap naar een nieuwe benadering van waterveiligheid. Het gaat er straks niet meer om dat een maatgevende waterstand met zekerheid kan worden gekeerd, maar dat de kans op een overstroming tot een maatschappelijk aanvaardbaar niveau wordt teruggebracht.

Door het bewust meenemen van onzekerheden, in plaats van het gebruik van 'verborgen veiligheidsbenadering' kan een waterkering in de nieuwe waterveiligheidsbenadering scherper worden beoordeeld en kan het ontwerp doelmatiger gemaakt.

Hoe die benadering in de praktijk kan worden aangepakt, wordt in dit artikel uiteengezet.

De nieuwe aanpak kan Nederland beter beschermen tegen overstromingen tegen maatschappelijk aanvaardbare kosten.

Dijken: hoe ga je bewust om met onzekerheden?