

iStockphoto



Hoogwater in de IJssel

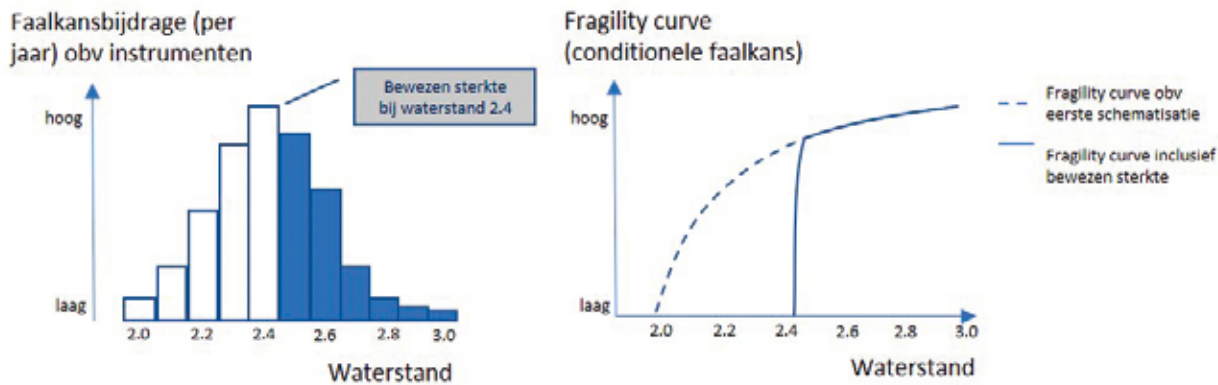
AUTEURS

Bas Kolen
(HKV)Matthijs Kok
(TU Delft / HKV)

VIJF GROTE VERBETERINGEN VOOR DE INSCHATTING VAN OVERSTROMINGSKANSSEN

Sinds 2017 werkt het Rijk met nieuwe wettelijke normen voor de primaire waterkeringen: rivierdijken, zeedijken en duinen. De overgangsfase van de oude naar de nieuwe systematiek is nog volop gaande. De geschatte faalkansen blijken soms echter duidelijk te hoog uit te pakken, en plannen voor dijkverhoging onnodig ingrijpend. In dit artikel zoeken we naar manieren om te komen tot meer realistische overstromingskansen. Dit maakt een beter ontwerp van waterkeringen mogelijk.

De nieuwe systematiek voor de periodieke beoordeling en versterking van primaire keringen is gebaseerd op een risicobenadering. Via scenario's wordt een inschatting gemaakt van de kans op en de gevolgen van meerdere mogelijke overstromingen. Essentieel is de onzekerheid: zowel sterkte en belasting van keringen als de gevolgen van overstromingen zijn onzeker. De wetgever heeft besloten om de risicomethode niet in zijn geheel in de Waterwet onder te brengen, maar om voor primaire waterkeringen maximaal toelaatbare overstromingskansen op te nemen. Dat is wel gebaseerd op de risicobenadering: daar waar de gevolgen groot zijn, zijn de eisen ook scherper. Een Beoordelingsinstrumentarium, het WBI, moet de beheerder ondersteunen. Echter, de inhoud en de toepassing van dit instrumentarium bevat nog vele uitdagingen (ENW, 2020).



Afbeelding 1. Fragility Curves beschrijven de faalkans van een waterkering als functie van de waterstand. De kansbijdrage van verschillende klassen van waterstanden kan worden vergeleken met metingen, kennis en ervaring en zo worden bijgesteld

De centrale vraag in dit artikel is hoe de inschatting van overstromingskansen beter kan, en wat dit in de praktijk betekent voor het beoordelen en ontwerpen van waterkeringen. We focussen hierbij op 5 geselecteerde thema's: 'de Big5'. Op basis van een groslijst van mogelijke verbeteringen zijn door experts vanuit verschillende disciplines (risicomethodiek, hydrauliek en geotechniek) de Big5-onderwerpen bepaald: toepassing van *fragility curves*, een aanscherping van de faaldefinitie voor *piping*, tijdsafhankelijkheid voor bekledingen en macrostabiliteit, modelonzekerheden en het lengte-effect.

De voorgestelde verbeteringen zijn gebaseerd op ervaringen met het WBI en kennis over de achterliggende gegevens en modellen. Bij de uitwerking van concrete cases hebben we nauw samengewerkt met waterschappen. Een volledig overzicht van de opzet van het onderzoek is te vinden op <https://mangrove.hkvservices.nl/big5/>.

Casus 'Fragility Curves'

Het huidige WBI-instrumentarium is grotendeels gebaseerd op een semi-probabilistische benadering. Dat betekent dat beoordelingen en ontwerpen zijn gebaseerd op één zorgvuldig gekozen combinatie van waterstand en golfhoogte. Dat heeft 2 nadelen. Ten eerste constateerde het ENW (2019) dat deze benadering geen handvat biedt voor de beheerder als de uitkomst een onrealistisch resultaat oplevert. Ten tweede krijgt de beheerder geen inzicht in het gedrag van de waterkering bij andere waterstanden, terwijl dat essentieel is voor bijvoorbeeld crisisbeheersing. Voor beide nadelen biedt het werken met *fragility*

curves een oplossing, zeker wanneer de berekende faalkansen relatief hoog zijn.

Fragility Curves beschrijven de faalkans van een waterkering als functie van de waterstand (afbeelding 1). Het is relatief gemakkelijk om Fragility Curves te maken en bij te stellen (Kanning en Schweckendieck, 2017). Het resultaat is een betere duiding van de faalkans en een praktisch handvat om op eenduidige wijze beheerderskennis in te brengen en modeluitkomsten te verifiëren. Dit kan leiden tot aanscherping (en begrip) van de schematisatie van waterkeringen en het oordeel. Op termijn kunnen naast waterstanden ook andere belastingen meegenomen worden in een multidimensionale Fragility Curve.

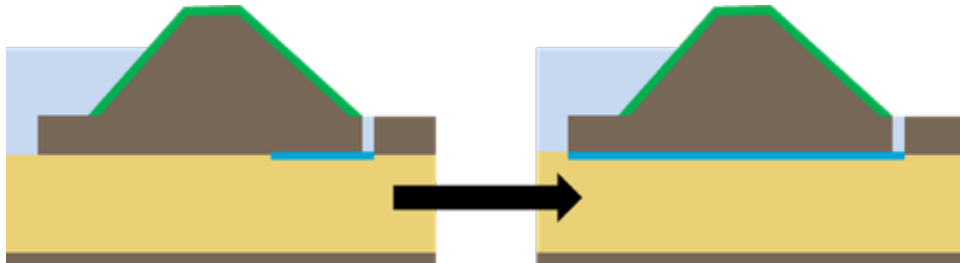
Casus 'Faaldefinitie voor piping'

Binnen de huidige systematiek is de berekende faalkans voor een faalmechanisme niet gelijk aan de overstromingskans. Er bestaat dus 'ruimte' tussen de toegepaste definitie van falen (waarop de faalkans wordt berekend) en een overstroming, deze wordt 'reststerkte' genoemd. In de casus 'Faaldefinitie voor piping' is onderzocht hoe deze reststerkte kan worden ingevuld en meegenomen.

Door de WBI-definitie van falen in deze zin bij te stellen, wordt de berekende faalkans realistischer. Met probabilistische analyses kunnen de diverse deelmechanismen van piping (opbarsten, heave, terugschrijdende erosie) in samenhang worden beschreven, wat beter recht doet aan de fysische processen. De faalkans kan dan worden bepaald bij verschillende belastingduren, door rekening te houden met de respons en de pipegroei. Zo wordt ook de 'educated

Overstromings-
kansen: vijf
verbeteringen

16



Figuur 2. Illustratie van huidige faaldefinitie voor een aanwezige pipe obv de formule van Sellmeijer (links) en doorgegroeide pipe volgens de nieuwe faaldefinitie uitgewerkt in de BIG5 (rechts)

guess' dat piping bij korte belastingen minder relevant is, meegenomen.

Aanbeveling voor de dijkbeheerders is dan ook om de huidige WBI-faaldefinitie van piping uit te breiden met tijdsafhankelijkheid, en daarbij bewust te kiezen welke deelmechanismen gekwantificeerd worden. Hierover is al veel bekend. Dit advies geldt ook voor Rijkswaterstaat, die een belangrijke rol speelt in het verspreiden van de bestaande kennis.

Casus 'Tijdsafhankelijkheid voor bekledingen en macrostabiliteit'

Macrostabiliteit betreft het gevaar van afschuiven van grote delen van een dijk langs schuifvlakken. Onrealistisch hoge faalkansen voor macrostabiliteit komen o.a. voort uit conservatieve keuzes in de geohydrologische schematisatie. Bij het bepalen van de waterspanningen in en onder de dijk, wordt nu uitgegaan van een constante waterstand tegen de dijk. Hierbij houdt men geen rekening met het feit dat deze waterspanningen tijd nodig hebben om op te bouwen, en dat een hoogwater slechts een beperkte tijd tegen de dijk staat.

In ons BIG5-onderzoek hebben we een tijdsafhankelijke benadering uitgewerkt. Op basis van een schematisatie van een waterstandsverloop analyseren we hoe de waterspanningen in en onder de dijk hierop reageren. Zo ontstaat een meer realistisch beeld van de waterspanningen.

Een tijdsafhankelijke benadering leidt bij een probabilistische berekening tot een lagere faalkans dan in de standaard aanpak (de zgn. 'quasi-stationaire analyse'). De waterspanningen in en onder de dijk pakken lager uit. Wel zijn deze tijdsafhankelijke analyses nog bewerkelijk en ze kosten veel tijd.

Ook de faalkansen volgend uit de beoordeling van *grasbekledingen* op het buitentalud (faalmechanisme

GEBU) zijn vaak relatief hoog en niet in lijn met de beheerderservaring. De volgende vereenvoudigingen zijn mogelijk:

- eenduidiger verwerking van golfbelasting en waterstandsverloop. Nu resulteren zeer verschillende gebeurtenissen (storm, hoogwater, combinaties hiervan) in één maatgevende combinatie en daardoor een onrealistische belasting;
- een eenvoudiger faaldefinitie. Nu geldt dat de dijk 'faalt' op het moment dat de erosiediepte groter is dan 50 centimeter na falen van de grasbekleding. In werkelijkheid zal ook de resterende klei- of zandkern van de dijk moeten eroderen voordat een overstroming plaatsvindt. Deze reststerkte wordt nu nog niet meegenomen.

Advies aan de dijkbeheerder in geval van een onrealistisch grote faalkans is, om een probabilistische aanpak te volgen voor waterstands- en golfverlopen, en het reststerktemodel toe te passen om de verdere erosie mee te nemen.

Casus 'Modelonzekerheden Hydraulische Belasting'

Bij beoordeling en ontwerp van waterkeringen in Nederland wordt de modelonzekerheid in de waterstanden verwerkt, door die als een extra stochastische variabele te beschouwen. De huidige waterstands-frequentielijnen, inclusief modelonzekerheid, komen lang niet altijd overeen met fysische inzichten, wat kan leiden tot een onrealistische toename van normwaterstanden (tot 0,5 m). De bijbehorende overschrijdingskans van een bepaald waterstandsniveau kan hierdoor wel een factor 100 groter uitpakken dan zonder deze modelonzekerheid. Deze kansfactor werkt vervolgens door in het oordeel over bijvoorbeeld piping en macrostabiliteit.

Recent heeft Rijkswaterstaat in het onderzoeksproject 'Kennis voor Keringen' hiernaar gekeken. Dit

heeft geleid tot een aangescherpte en veelal lagere standaardafwijking van de modelonzekerheid in de waterstand. Dit resulteert in andere waterstands-frequentielijnen en dus andere overstromingskansen van een kering. Uit ons onderzoek blijkt dat in de huidige semi-probabilistische aanpak het effect van deze 'nieuwe' modelonzekerheden nauwelijks doorwerkt in de berekende faalkans. Dat komt door de aanpak zelf. Met een andere, nl. probabilistische aanpak blijkt dit effect wél mee te wegen met als resultaat een lagere faalkans. We adviseren om, in gebieden waar aangescherpte modelonzekerheden beschikbaar zijn of waar faalkansen als groot worden ervaren, de nieuwe modelonzekerheden probabilistisch te gebruiken.

Casus 'Lengte-effect'

Het lengte-effect houdt in dat de faalkans van een lange kering altijd groter is dan van een vergelijkbare korte kering. Hieraan liggen meerdere oorzaken ten grondslag. Toepassen van WBI 2017 op het niveau van hele dijktrajecten (tientallen km) leidt vaak tot (onrealistisch) grote overstromingskansen, vooral voor piping en binnenwaartse macrostabiliteit. In het BIG5-onderzoek hebben we geanalyseerd hoe het lengte-effect binnen dijkvakken én de correlaties tussen dijkvakken, invloed uitoefenen op de overstromingskans op dijktrajectniveau. Als eerste hebben we het lengte-effect gecombineerd met een bewezen sterkte op doorsnede niveau. In het verleden zijn een deel van de Nederlandse waterkeringen regelmatig zwaar belast zonder dijkdoorbraken. Rekening houdend met het lengte-effect kan zo een vorm van bewezen sterkte op dijktrajectniveau worden afgeleid voor een faalmechanisme.

Als tweede is gebleken dat opdelen van grotere vakken in kleinere weliswaar tot een scherper beeld kan leiden, maar ook tot onderlinge afhankelijkheid van de dijkvakken, waardoor de faalkans op trajectniveau wordt overschat. Het advies is om bij het uitvoeren van een beoordeling rekening te houden met de invloed van de vakgrootte op het lengte-effect.

Conclusies

De betekenis van het BIG5 onderzoek voor de praktijk is driedelig. Ten eerste geeft een scherpere inschat-

ting van de overstromingskans door de keringbeheerder (met name het waterschap) een scherper beeld van de waterveiligheid in Nederland. De cases tonen aan overstromingskansen tot een factor 100 kleiner kunnen uitpakken.

Ten tweede wordt de veiligheidsopgave voor een versterking veel kleiner en soms kan hij zelfs helemaal achterwege blijven. Dat geeft aanzienlijke besparingen (miljarden euro's!) in het Hoog Water BeschermingsProgramma en minder overlast voor omwonenden.

En tenslotte kunnen de inzichten door Rijkswaterstaat gebruikt worden om op korte termijn het beoordeling- en ontwerpinstrumentarium te verbeteren.

Bas Kolen (HKV) en Matthijs Kok (TU Delft / HKV)

Bronnen

ENW, 2020. Naar geloofwaardige overstromingskansen. Expertise Netwerk Waterveiligheid, Februari 2020. <https://www.enwinfo.nl/adviezen/advies-overstromingskansen/>

HKV, 2021. Resultaten BIG 5 en doorkijk naar lopende beoordelingen en ontwerpen, BOI en KvK. R00916.10, 8 Januari.

Kanning, Wim en Timo Schweckendiek, 2017. Handreiking Faalkansanalyse en Faalkans Updating Groene Versie - Macrostabiliteit Binnenwaarts. Deltares, 11200575-014

Overstromings-
kansen: Vijf
verbeteringen

SAMENVATTING

Sinds 2017 zijn de normen voor de primaire waterkeringen geformuleerd als overstromingskansen. De overgang naar deze aanpak is volop in ontwikkeling en in dit artikel laten we zien welke substantiële verbeteringen mogelijk zijn. Deze verbeteringen zijn direct in de praktijk getoetst, en daaruit blijkt dat in de onderzochte cases een reductie van een factor 2 tot zelfs 100 in de overstromingskans mogelijk zijn.