



Saskia van Pelt, Wageningen Universiteit

Philip Ward, Instituut voor Milieuvraagstukken Vrije Universiteit Amsterdam

Jeroen Aerts, Instituut voor Milieuvraagstukken Vrije Universiteit Amsterdam

Jules Beersma, KNMI

# Nieuwe probabilistische methode om overstromingsrisico's te schatten

**Bij onderzoek naar toekomstige overstromingsrisico's worden vaak de resultaten op basis van klimaatsimulaties gepresenteerd en met elkaar vergeleken zonder dat iets gezegd wordt over de kans op veranderingen in het overstromingsrisico. Om zulke kansen te berekenen, is een probabilistische aanpak nodig. In 2010 en 2011 voerden de Vrije Universiteit Amsterdam, het KNMI, Wageningen Universiteit en Deltares het onderzoek 'Aandacht voor Veiligheid 2' uit, dat een demonstratie omvatte van een methode om probabilistische schattingen voor toekomstige overstromingsrisico's te maken. Die methode toont dat het mogelijk is de kans te schatten dat het toekomstige overstromingsrisico groter is dan het huidige overstromingsrisico.**

De verwachting is dat de opwarming van de aarde zal gaan zorgen voor meer hoog water in het Rijnstroomgebied. Daarnaast laten recente studies zien dat door verandering in landgebruik en sociaal-economische omstandigheden ook de gevolgen van overstromingen, zoals economische schade, zullen toenemen. Het is daarom belangrijk dat waterbeheerders niet alleen aandacht schenken aan (toename van) de kans op overstromingen, maar tevens kijken naar mogelijkheden tot het reduceren van de potentiële schade die kan optreden.

Overstromingsrisico wordt vaak gedefinieerd als de kans op een overstroming vermenigvuldigd met de potentiële gevolgen. In termen van economische schade kan het overstromingsrisico bijvoorbeeld worden uitgedrukt als de verwachte jaarlijkse financiële schade. Tot op heden richtte onderzoek naar toekomstig overstromingsrisico zich vooral op het vergelijken van resultaten op basis van scenario's. Nieuw onderzoek, onder andere gerapporteerd door de Deltacommissie, beveelt het gebruik van een probabilistische methode aan. Het resultaat van het project 'Aandacht voor Veiligheid 2' is een demonstratie van een methode om probabilistische schattingen te maken voor overstromingsrisico's. Hiermee wordt het mogelijk om kansuitspraken te

doen over de grootte van veranderingen van het overstromingsrisico in de toekomst. De Rijntrajecten Bonn-Duisburg en Mainz-Koblenz worden als studiegebied gebruikt.

## Klimaatdata nu en in de toekomst

Om probabilistische schattingen te kunnen maken voor overstromingsrisico's, zijn vele klimaatsimulaties nodig. In de praktijk is de aanpak vaak pragmatisch, omdat meestal maar een beperkt aantal onafhankelijke klimaatsimulaties beschikbaar zijn. Voor het project 'Aandacht voor Veiligheid 2' gebruikten we vijf hydrologische projecties, vanuit het project Rheinblick2050<sup>1)</sup>. Deze zijn gebaseerd op neerslag- en temperatuursimulaties uit regionale klimaatmodellen.

Uit wetenschappelijk onderzoek blijkt dat klimaatonzekerheid voor toekomstige rivierafvoeren voor een belangrijk deel wordt veroorzaakt door de keuze van het mondiale klimaatmodel dat de randvoorwaarden bepaalt. Zelfs bij gelijke concentraties broeikasgas kunnen de toekomstsimulaties van de mondiale klimaatmodellen aanzienlijk verschillen. Daarom is in 'Aandacht voor veiligheid 2' ervoor gekozen om deze groep van vijf regionale klimaatmodellen aan te vullen met twaalf mondiale klimaatmodellen. Van de simulaties van de mondiale klimaatmodellen worden de veranderingen in neerslag en temperatuur gebruikt om

historische tijdreeksen te transformeren en hiermee een neerslag-afvoermodel van de Rijn (HBV-96) aan te drijven. Alle veranderingen in neerslag en temperatuur in deze studie zijn gebaseerd op het A1B-emissiescenario van het Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). Dit emissiescenario kan beschouwd worden als een 'midden-scenario' en geeft een mondiale temperatuurstijging van ongeveer drie graden Celsius voor het einde van deze eeuw.

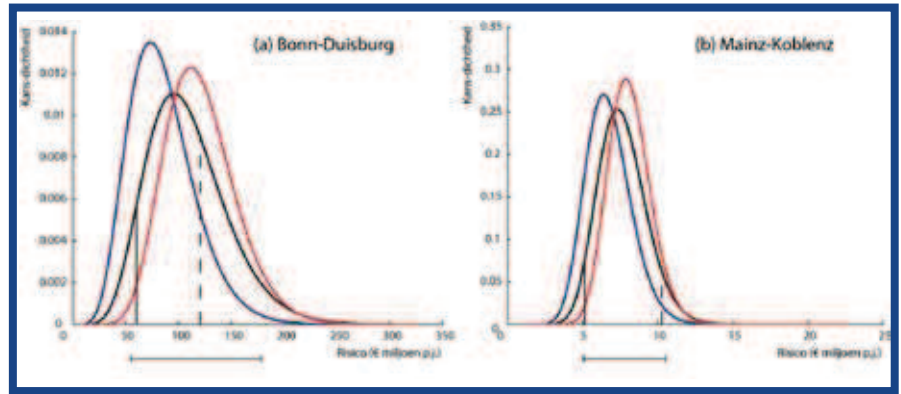
Voor de noodzakelijke koppeling tussen de mondiale klimaatmodellen en het hydrologische model is gekozen om gebruik te maken van de Deltamethode. Deze hanteert de verschillen (in neerslag en temperatuur) tussen een controle- (1961-1995) en een toekomstige (2081-2100) periode uit de simulatie van het mondiale klimaatmodel als het 'klimaatveranderingssignaal'. Met dit signaal, dat wil zeggen met de veranderingen in neerslag en temperatuur of kortweg de delta's, worden de geobserveerde (1961-1995) reeksen van neerslag en temperatuur aangepast. Op deze manier ontstaat een getransformeerde observatiereeks die representatief is voor het toekomstig klimaat volgens een bepaald mondiaal klimaatmodel. Een voordeel van, en daarmee vaak de motivatie voor, de Deltamethode is dat de (getransformeerde) toekomstige reeksen dezelfde temporele en

vooral ook ruimtelijke resolutie hebben als de originele observatiereeksen en daardoor direct geschikt zijn als invoer voor het hydrologische model. Hierbij moet in gedachten worden gehouden dat de delta's worden bepaald met dezelfde grove resolutie als die van het mondiale klimaatmodel, en dat die (grote) delta's worden toegepast op reeksen met een fijnere resolutie. Hierdoor is de methode niet direct te vergelijken met andere *downscaling*-technieken. De Deltamethode is relatief goedkoop vergeleken met het gebruik van een regionaal klimaatmodel om tot een fijnere (gewenste) resolutie te komen.

De Deltamethode die in deze studie ontwikkeld en toegepast is, neemt zowel de veranderingen in het gemiddelde als de veranderingen in de extremen van temperatuur en neerslag mee in het klimaatsignaal. Het is belangrijk om de verandering in de extremen (de variabiliteit) expliciet te beschouwen, omdat we geïnteresseerd zijn in zeer hoge afvoeren, dat wil zeggen afvoeren die in potentie tot overstromingen zullen leiden. Vanwege die extreme afvoeren worden de originele 35-jarige reeksen met een zogeheten *tijdreeksresampling* methode verlengd tot 3.000 jaar. Dit is nodig om kwantitatieve uitspraken te kunnen doen over veranderingen in extreme afvoeren met terugkeer tijden tot 3.000 jaar.

**Simulatie van overstromingsdiepte, -schade en -risico**

Om van extreme rivierafvoeren tot overstromingsschade en -risico te komen, werd een eenvoudig inundatiemodel (Floodscanner) ontwikkeld. Dit werd vervolgens gekoppeld aan een overstromingsschademodel (Damagescanner). Floodscanner is een GIS-rastermodel met een resolutie van 50x50 meter. Voor het model worden eerst (empirische) relaties bepaald tussen afvoer en waterhoogte in de rivier (op basis van observaties of uit hydrologische modellen). Het model gebruikt deze relaties dan om, voor verschillende afvoeren waarbij overstroming zou optreden, het waterniveau te schatten per rastercel. De geografische hoogte van elke rastercel wordt vervolgens afgetrokken van het waterniveau en op deze manier kan de inundatiediepte per rastercel berekend worden. Het Damagescannermodel wordt gebruikt om de potentiële economische schade te



**Afb. 1:** Kansverdelingen voor het jaarlijks risico voor Bonn-Duisburg (links) en Mainz-Koblenz (rechts). De verticale zwarte doorgetrokken lijn representeert het jaarlijks risico gebaseerd op de huidige klimaat condities (1961-1995). De verticale zwarte onderbroken lijn representeert een verdubbeling van het jaarlijks risico gebaseerd op de huidige klimaat condities. De blauwe curve correspondeert met de kansverdeling gebaseerd op het cluster regionale klimaatmodellen, de rode curve met de kansverdeling gebaseerd op het cluster globale klimaatmodellen en de zwarte curve met de kansverdeling gebaseerd op zowel de regionale- als de globale klimaatmodellen. De curves zijn gebaseerd op de toekomstige klimaatcondities (2081-2100). De zwarte horizontale lijn onderaan de figuur geeft de spreiding tussen het 5%- en 95%-kwantiel.

berekenen; het model schat de economische schade per cel aan de hand van relaties tussen waterdiepte en schade voor de landgebruikstypes. De eerste invoer voor het model is een landgebruikskaart. Voor elk landgebruikstype is een potentiële maximum economische schade toegekend. De tweede invoer is een inundatiekaart, met de inundatiediepte per cel (uit Floodscanner). De derde invoer is een tabel met economische schades per landgebruikstype voor verschillende inundatiediepten. Hierbij wordt uitgegaan van een percentage van de maximale schade. Floodscanner combineert deze gegevens om de schade per rastercel te berekenen.

**Probabilistische schattingen voor overstromingsrisico**

De probabilistische schattingen van overstromingsrisico maken we op basis van alle klimaatsimulaties, dus zowel voor de regionale klimaatmodellen als die voor de hydrologische reeksen gebaseerd op de regionale klimaatmodellen. We hebben gekeken naar schades die optreden bij afvoeren die eens in de 200 tot eens in de 3000 jaar voorkomen. De ondergrens van 200 jaar correspondeert met het minimale veiligheidsniveau van de dijken in de Rijntrajecten Bonn-Duisburg en Mainz-Koblenz. Bij kortere herhalingstijden vinden dus geen overstromingen plaats. Een samenvatting van de resultaten (in termen van minimale

en maximale risico's) voor de twee studiegebieden is te vinden in de tabel.

In de tabel staat het jaarlijkse risico, gemiddeld over alle landgebruikstypes. Om het risico per hoofd van de bevolking te berekenen, delen we het verwachte risico door het aantal inwoners. Deze informatie kan nuttig zijn om bijvoorbeeld de verzekeringspremie voor een huishouden te berekenen. De tabel laat zien dat het totale jaarlijkse risico voor de sectie Bonn-Duisburg hoger is dan het risico voor Mainz-Koblenz, maar dat het risico per hoofd van de bevolking lager is voor de inwoners van Bonn-Duisburg.

Kansverdelingen voor het toekomstig overstromingsrisico zijn geconstrueerd op basis van het overstromingsrisico voor elk van de klimaatsimulaties waarbij geen gewichten zijn toegekend aan individuele modelresultaten (bijvoorbeeld op basis van de prestaties van de klimaatmodellen). Dit betekent dat elk individueel modelresultaat een gelijke waarschijnlijkheid heeft. Voor elk van de drie clusters (mondiale klimaatmodellen, regionale klimaatmodellen en alle klimaatmodellen samen) is een twee-parameter gammaverdeling door de individuele modelresultaten gefit. Dit type kansverdeling is gebruikt, omdat de linkerkant van deze verdeling begrensd is door nul, zodat geen negatief risico kan

**Referentie jaarlijks risico en jaarlijks risico per hoofd van de bevolking voor de twee studiegebieden en de minimale en maximale risico's op basis van zowel de regionale als de mondiale klimaatmodellen.**

klimaatsimulatie	Bonn-Duisburg		Mainz-Koblenz	
	jaarlijks risico (miljoen euro)	jaarlijks risico per hoofd (euro)	jaarlijks risico (miljoen euro)	jaarlijks risico per hoofd (euro)
referentie (1961-1995)	60,3	24	5,1	44
minimum regionale modellen	42,6	16	5,1	44
maximum regionale modellen	145,9	61	9,0	79
minimum mondiale modellen	54,2	21	5,0	44
maximum mondiale modellen	170,4	73	9,7	85

ontstaan. De resulterende kansverdelingen, met andere woorden de probabilistische scenario's, zijn weergegeven in afbeelding 1. Ze laten zien dat het toevoegen van de resultaten van het cluster van twaalf mondiale klimaatmodellen aan de resultaten van het cluster van vijf regionale een toename van de onzekerheid tot gevolg heeft, dit is te zien doordat de spreiding groter wordt. Daarnaast geeft het cluster mondiale klimaatmodellen een hogere gemiddelde schatting van het toekomstig overstromingsrisico dan het cluster regionale klimaatmodellen.

Het is belangrijk om op te merken dat we met deze studie vooral de methode willen demonstreren. De methode moet nog verder verfijnd worden. Zo is bijvoorbeeld slechts van één emissiescenario gebruik gemaakt. De methode maakt het echter zeer goed mogelijk om de kans te schatten dat het overstromingsrisico in de toekomst zal toenemen met een bepaalde factor. Bijvoorbeeld: volgens de kansverdelingen is de kans dat het toekomstig overstromingsrisico voor de sectie Bonn-Duisburg groter is dan het

huidig risico 92 procent, en voor de sectie Mainz-Moezel 96 procent. De kans dat het toekomstige risico twee keer zo groot is als het huidige risico, bedraagt 34 procent voor Bonn-Duisburg en maar zes procent voor Mainz-Moezel. De methode stelt ons dus in staat schattingen te maken van risico's onder toekomstig extreme condities.

Deze studie is een eerste demonstratie van een methode om probabilistische schattingen te geven voor overstromingsrisico's. De kansverdelingen zoals in afbeelding 1 kunnen dus gebruikt worden om de kans te schatten dat het toekomstig overstromingsrisico groter (of kleiner) is dan het huidige risico. Zulke informatie is niet alleen van belang voor waterbeheerders, om meer inzicht te krijgen in de risico's die verbonden zijn aan hoog water nu en in de toekomst, maar ook voor bijvoorbeeld verzekeringsmaatschappijen.

De getoonde methode kan in belangrijke mate bijdragen aan het berekenen van verzekeringspremies die nodig zijn om de schadeclaims bij overstromingen te dekken.

Op dit moment is het in Nederland niet mogelijk je te verzekeren tegen overstromingsschade. De overheid, verzekeraars en onderzoekers zijn bezig om de mogelijkheden hiervoor te inventariseren. Naast klimaatverandering is het ook belangrijk om andere factoren mee te nemen bij het maken van (probabilistische) schattingen van veranderingen in het overstromingsrisico. Sociaal-economische factoren, zoals veranderingen in landgebruik, kunnen een grote impact hebben op de potentiële schade en dus op het overstromingsrisico en de daaraan gerelateerde schade.

#### LITERATUUR

- 1) Görgen K., J. Beersma, G. Brahmmer, H. Buiteveld, M. Carambia, O. de Keizer, P. Krahe, E. Nilson, R. Lammersen, C. Perrin en D. Volke (2010). Assessment of climate change impacts on discharge in the Rhine river basin: results of the RheinBlick2050 project. International Commission for the Hydrology of the Rhine basin.

*Dit project is uitgevoerd in het kader van het onderzoeksprogramma Klimaat voor Ruimte.*

advertentie



Pompen • Afsluiters • Systemen



## Een heldere kijk op duurzaamheid.

Volgens KSB is er altijd verbetering mogelijk - verbetering die leidt tot nog meer duurzaamheid. Water is de motor van onze samenleving en KSB de drijvende kracht in water- en afvalwaterprocessen. KSB is zich bewust van zijn wereldwijde verantwoordelijkheid en ontwikkelt daarom oplossingen die duurzaamheid combineren met maximale efficiëntie. Meer dan 140 jaar aan kennis en ervaring met processen voor water- en afvalwaterpompen, -afsluiters en -systemen maken duidelijk dat een duurzame samenleving meer is dan een toekomstdroom. KSB heeft het UN Global Compact ondertekend, ondersteunt het Kyoto Protocol voor milieubescherming en heeft maatschappelijke verantwoordelijkheid en een speciaal energiemanagementsysteem in alle delen van het bedrijf ingevoerd. KSB stelt daarmee wereldwijd standaarden voor milieuduurzaamheid en levert op dat gebied het beste!

**KSB Nederland B.V. - [www.ksb.nl](http://www.ksb.nl) - [infonl@ksb.com](mailto:infonl@ksb.com)**