

iStockphoto



## AUTEURS



**Matthijs Kok**  
[Expertise Netwerk  
Waterveiligheid]



**Joost Pol**  
[HKV]



**Huib de Vriend**  
[Expertise Netwerk  
Waterveiligheid]

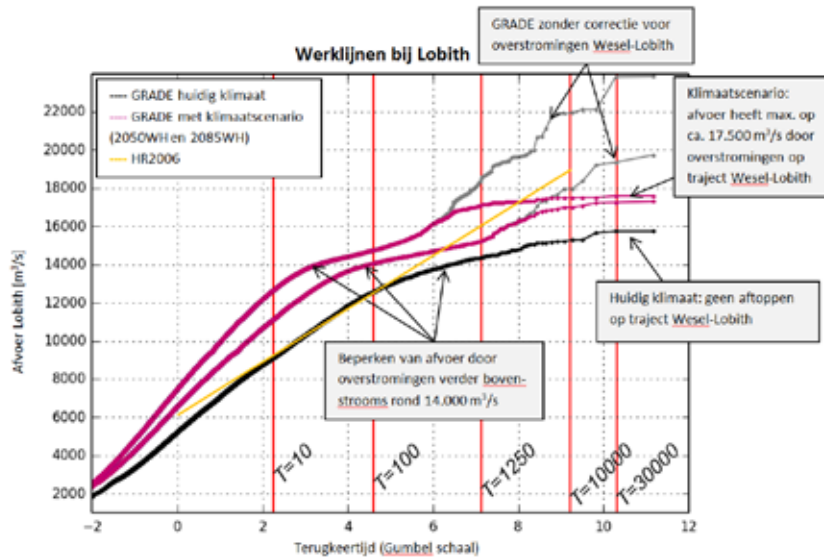
# HOEVEEL WATER KAN NEDERLAND BEREIKEN VIA DE GROTE RIVIEREN?

**Hoeveel water kan Nederland in de meest extreme situaties bereiken via een grote rivier als de Rijn? Het antwoord op die vraag wordt belangrijker, want het klimaat verandert en de normen worden strenger. Er is een nieuwe methode om de extreem hoge afvoeren te bepalen, waarbij rekening wordt gehouden met het gedrag van de rivier bovenstrooms van de grensplaats Lobith.**

In Nederland wordt de veiligheid tegen overstroming vanuit de rivieren, behalve door de sterkte van de waterkeringen, sterk bepaald door de afvoeren van Rijn en Maas aan de grens bij Lobith en Eijsden. Van oudsher is de vraag belangrijk om hoeveel water het dan kan gaan.

De afvoer is direct gekoppeld aan een kans van voorkomen: afvoeren rondom het gemiddelde komen vaak voor, maar extreem hoge en extreem lage afvoeren komen weinig voor.

De relatie voor de extreem hoge afvoeren wordt weergegeven met een kansverdeling van de jaarlijkse piekafvoeren, soms ook werklijn genoemd (zie figuur 1).



**Figuur 1**  
Diverse werklijnen van de afvoer bij Lobith. HR2006 geeft de werklijn gebaseerd op statistische extrapolatie, en werd tot op heden gebruikt om maatgevende afvoer bij Lobith te bepalen

Omdat absolute veiligheid niet te garanderen is, werken we in Nederland tot op dit moment met een piekafvoer met een kans van voorkomen die we nog net acceptabel vinden, de zogeheten *maatgevende afvoer*. Via een rivierkundig model wordt die dan vertaald naar waterstanden langs de rivieren op basis waarvan we de dijken ontwerpen, de *maatgevende waterstanden*.

Nieuwe inzichten leiden met enige regelmaat tot discussie over de hoogte van de maatgevende afvoer en of er een bovengrens is aan hoeveel water Nederland kan bereiken via de Rijn. Daarbij speelt een belangrijke rol wat er in Duitsland met de dijken gebeurt.

Langs het deel van de Rijn juist bovenstrooms van Lobith liggen overstroombare gebieden met een nagenoeg onbeperkte opvangcapaciteit en de dijken langs het traject direct bovenstrooms van de grens zullen bij extreem hoogwater overlopen, of mogelijk zelfs bezwijken. Als die dijken verhoogd worden neemt de afvoercapaciteit toe. Duitsland is van plan die dijken te verhogen, en de planning is dat deze werkzaamheden rond 2025 gereed is. De hoogte van deze dijken geven dan de bovengrens van de afvoer aan waarop de waterkeringen in Nederland zullen worden ontworpen.

### Veranderingen

Inmiddels gaat Nederland over op een andere benadering van de veiligheid tegen overstroming. Ieder dijktraject krijgt een maximaal toelaatbare overstro-

mingskans, gebaseerd op een economische afweging van de potentiële schade en de investeringskosten om deze te voorkomen, de kans op overlijden door overstroming, de kans op grote aantallen slachtoffers bij één gebeurtenis en het uitvallen van vitale infrastructuur.

Deze normen zijn vastgelegd in de herziening van de Waterwet, die van kracht wordt per 1 januari 2017. Bij veel rivierdijken leidt dit tot strengere normen (kleinere overstromingskans). De nieuwe normering betekent ook veel meer differentiatie in normen tussen verschillende dijktrajecten; langs de Rijn-takken varieert de nieuwe overstromingskansnorm van gemiddeld eens per 300 tot gemiddeld eens per 100.000 jaar.

Daarnaast is er in het nieuwe ontwerpinstrumentarium meer expliciet aandacht voor geotechnische faalmechanismen zoals *piping* of instabiliteit, die net als te lage dijken kunnen leiden tot een overstroming.

Dat heeft gevolgen voor de informatie die we nodig hebben over extreme hoogwatergolven.

Ten eerste zijn er nu meerdere factoren (faalmechanismen) die kunnen leiden tot falen, elk met hun eigen kans van voorkomen. De som van die kansen mag ten hoogste gelijk zijn aan de overstromingskansnorm van het dijktraject. Dat betekent dat elk van die dealkansen kleiner moet zijn dan de norm. Voor elk van de dealkansen moeten we dus kijken naar zeldzamer gebeurtenissen dan tot nu toe.

Bovendien corresponderen de nieuwe normen veelal

Hoeveel water kan Nederland bereiken via grote rivieren?

20

met veel lagere faalkansen per dijktraject dan de huidige overschrijdingskans van de waterstand (eens per 1.250 jaar). Dat betekent dat we naar nog veel zeldzamer gebeurtenissen moeten kijken, soms wel met een kleinere kans van gemiddeld eens per 100.000 jaar.

Ten tweede speelt ook het zogenoemde 'lengte-effect' een rol: door met name de geotechnische onzekerheden heeft, bij identieke dijkvakken, een langere dijkstrekking een grotere faalkans dan een kortere dijkstrekking. Immers, de kans dat er een relatief zwakke plek aanwezig is in een langer dijktraject is groter dan in een korter traject.

Ten derde is voor een aantal van die geotechnische faalmechanismen het tijdsverloop van de afvoergolf van belang. Zo kan een snel dalende waterstand leiden tot afschuiving van de buitenkant van de dijk.

Kortom, wat betreft de rivierafvoeren aan de grens moeten we meer weten en van veel zeldzamere, dus extremere hoogwaters. De huidige praktijk van statistische extrapolatie van ongeveer 100 jaar gemeenten piekafvoeren is dan niet meer voldoende.

### GRADE

Voor het modelleren van extreme rivierhoogwaters heeft Rijkswaterstaat samen met Deltares en KNMI een nieuw modelsysteem ontwikkeld: GRADE (*Generator of Rainfall and Discharge Extremes*). Dit gaat uit van (uit meteorologische gegevens afgeleide) langdurige tijdreeksen van temperatuur en neerslag. Elk van die reeksen wordt in een hydrologisch model (HBV) ingevoerd, dat de instroom in de rivier berekent. Die instroom dient vervolgens als invoer voor een waterloopkundig model (SOBEK), dat het verloop van de afvoergolf door de rivier berekent en uiteindelijk de afvoer die Nederland binnenkomt bij Lobith.

Door deze berekening een groot aantal malen te herhalen en uit de resultaten de meest extreme gebeurtenissen te selecteren, ontstaat een beeld van de meest extreme afvoergolven, zowel van de piekafvoer als van het tijdsverloop. Groot voordeel daarbij is dat het mogelijk is overstromingen in Duitsland of België

in het model mee te nemen, maar ook eventuele noodmaatregelen, zoals het leggen van zandzakken.

Met GRADE hebben we in principe een methode om de vraag te beantwoorden of er een bovengrens aan de afvoer is bij Lobith. GRADE neemt immers overstromingen in Duitsland mee. SOBEK is echter een ééndimensionaal model, dat wil zeggen dat de hele dwarsdoorsnede van de rivier wordt samengedrukt tot één lijn met 'bakjes' voor waterberging/overstroming eraan vast. Daarbij wordt wel meegenomen dat langs grote delen van de Rijn de overstromde gebieden 'vol' kunnen zijn, zodat die geen verlagend effect op de waterstand benedenstrooms meer hebben. Daarnaast zijn er nog schematisatie-effecten, bijvoorbeeld bij het schematiseren van overstromingen net bovenstrooms van de Nederlandse grens, tussen Wesel en Lobith.

Uit aanvullende analyses (advies van het Expertise Netwerk Waterveiligheid (ENW): *'Heeft de Rijnafvoer bij Lobith een maximum?'*) blijkt dat deze overstromingen tussen Wesel en Lobith in GRADE nog sterk onderschat worden, waardoor de berekende extreme afvoeren overschat worden. Aan tweedimensionale modellen die dit bezwaar opheffen wordt nog gewerkt.

### Inschatting bovengrens

Om toch nu al tot een verantwoorde schatting te kunnen komen, is aan de hand van digitale hoogtekarten de hele SOBEK-schematisatie uit GRADE nog een keer nageplozen, met als conclusie dat de grootste gevoeligheid ligt in de overstromingen tussen Wesel en Lobith.

Een nauwkeuriger beschouwing van hoe het water daar over de dijken loopt, uitgaande van de beoogde dijkhoogtes in 2025, leidde tot de conclusie dat de afvoer bij Lobith zeer waarschijnlijk niet boven de 17.500 kubieke meter per seconde kan komen, ook niet onder zeer extreme condities (de huidige maatgevende afvoer is 16.000 kubieke meter per seconde). Zouden de dijken tussen Wesel en de grens oneindig hoog en sterk zijn, dan kunnen er afvoeren met een

piek van wel 23.000 kubieke meter per seconde bij Lobith aankomen, uitgaande van het *KNMI '14 klimaat-scenario WH* in 2085. Het laatste traject voor de grens fungeert dus als een soort veiligheidsklep voor Nederland.

Het water dat over de Duitse dijken stroomt kan wel veel schade en ellende, en mogelijk zelfs slachtoffers, veroorzaken. Het kan 'via de achterdeur' Nederland bereiken. Overstromingsberekeningen laten zien dat het water via de Achterhoek zelfs Zwolle kan bereiken. De aftopping van de extreme afvoergolven betekent ook niet dat deze geen problemen meer opleveren voor de rivierdijken als deze hoog genoeg zijn. Bij een afgetopte golf duurt de piek immers langer, waardoor er grotere kans is op verweking van dijken.

Sommige Duitse dijken kunnen al bij 14.000 kubieke meter per seconde overstromen, bijvoorbeeld tussen Bonn en Düsseldorf. Een hogere afvoer bij Lobith is echter wel mogelijk. Deze gebieden hebben een beperkt volume, waardoor ze bij zeer extreme afvoeren al vol zijn voordat de piek langskomt, zodat het aftoppende effect verloren gaat. Dit afvlakken van afvoeren rond 14.000 kubieke meter per seconde en vervolgens weer doorstijgen is zichtbaar in de GRADE-resultaten (figuur 1), en is ook aangetoond met berekeningen met een tweedimensionaal overstromingsmodel. Een echte bovengrens aan de afvoer levert dat dus niet op.

### Conclusie

Overstromingen in Duitsland zorgen voor een beperking van de afvoeren die Nederland bereiken. Bij afvoeren vanaf circa 14.000 kubieke meter per seconde zorgen overstromingen voor een reductie van de afvoer, maar bij hogere afvoeren raken de overstromingsgebieden vol waardoor het positieve effect vervalt. Bij afvoeren van circa 17.500 kubieke meter per seconde gaan echter ook gebieden net voor de Nederlandse grens (tussen Wesel en Lobith) overstromen, waar nauwelijks een beperking is in de bergingscapaciteit. Dit zorgt voor een bovengrens aan de afvoer bij Lobith. De aftopping van de extreme afvoeren bij Lobith is dus goed nieuws voor de hoogwaterbescher-

ming in Nederland, maar het is niet alleen reden tot juichen. Er zitten negatieve kanten aan de overstromingen in de dijkkringen die grenzen aan het laatste traject in Duitsland en niet alle effecten van extreme afvoergolven verdwijnen ermee. De GRADE-benadering met het meenemen van overstromingen levert een realistische benadering op van de afvoeren bij Lobith en maakt ten opzichte van de statistische extrapolatie significant lagere dijken mogelijk.

Matthijs Kok  
(*Expertise Netwerk Waterveiligheid*)

Joost Pol  
(*HKV*)

Huib de Vriend  
(*Expertise Netwerk Waterveiligheid*)

*Dit artikel is gebaseerd op het Grade onderzoek van Rijkswaterstaat, Deltares en KNMI op een recent advies van het Expertise Netwerk Waterveiligheid: 'Heeft de Rijnafvoer bij Lobith een maximum?', augustus 2016 ([www.enwinfo.nl](http://www.enwinfo.nl))*

Hoeveel water kan Nederland bereiken via grote rivieren?

### SAMENVATTING

In onze bescherming tegen overstroming vanuit de rivieren speelt de 'maatgevende afvoer' een belangrijke rol. Tot nu toe wordt deze afvoer bepaald op basis van statistische extrapolatie van gemeten afvoeren bij Lobith. Deze methode heeft als nadeel dat ze geen rekening houdt met het gedrag van de rivier bovenstrooms van Lobith bij afvoeren die nog nooit zijn waargenomen.

Voor het modelleren van extreme rivierhoogwaters heeft Rijkswaterstaat in de afgelopen tien jaar een nieuw modelsysteem ontwikkeld: GRADE (*Generator of Rainfall and Discharge Extremes*). De GRADE-benadering met het meenemen van overstromingen levert een realistische benadering op van de afvoeren bij Lobith en maakt ten opzichte van de statistische extrapolatie significant lagere dijken mogelijk.