

---

# Methodie berekenen onzekerheid in wateropgave nu beschikbaar

Hans Hakvoort<sup>1</sup>, Joost Heijkers<sup>2</sup>,  
Kees Peerdeman<sup>3</sup> en Michelle Talsma<sup>4</sup>

---

## Samenvatting

In opdracht van de STOWA heeft HKV *lijn in water* een methode ontwikkeld waarmee regionale waterbeheerders de onzekerheid in de wateropgave inzichtelijk kunnen maken. Deze methode is verwerkt in een software-applicatie genaamd BOWA, die hydrologen en beleidsadviseurs kunnen gebruiken om een watersysteem te toetsen aan de normen voor regionale wateroverlast zoals deze zijn afgesproken in het Nationaal Bestuursakkoord Water (NBW). Het tool rekent de wateropgave uit, maar het maakt óók inzichtelijk dat de wateropgave geen absoluut resultaat kent.

## Inleiding

In 2012 en 2013 (her)toetsen de waterschappen hun watersysteem aan de normen voor regionale overlast. In het NBW is afgesproken dat de waterschappen hun watersystemen uiterlijk in 2015 op orde hebben. In 2011 hebben de STOWA en de Unie van Waterschappen hiertoe een standaard werkwijze laten opstellen [1]. Het doel van deze standaard werkwijze is om het toetsingsproces zoveel mogelijk te uniformeren. De standaard werkwijze gaat hoofdzakelijk over de watersysteemtoets en hoe daarmee de (regionale) wateropgave bepaald moet worden. Onder 'wateropgave' verstaan wij hier de hoeveelheid oppervlaktewater die dient te worden afgevoerd, geborgen dan wel te worden vastgehouden om een toetseenheid te laten voldoen aan de normen voor regionaal wateroverlast zoals deze afgesproken zijn in het NBW en die veelal in provinciale verordeningen nader gespecificeerd worden.

Hydrologen en beleidsadviseurs hebben de wens geuit om naast deze standaard werkwijze ook meer inzicht te krijgen in de onzekerheid van de berekende wateropgave. De huidige werkwijze resulteert in een enkele omvang van de wateropgave. Dit suggereert een zekerheid die er niet is, want de werkelijke waarde van de uitganggegevens waarmee een hydroloog de toetsing uitvoert, met name de berekende hoogwaterstanden, is onzeker.

---

<sup>1</sup> Werkzaam bij HKV; hans.hakvoort@hkv.nl

<sup>2</sup> Werkzaam bij Hoogheemraadschap De Stichtse Rijnlanden; heijkers.wjm@hdrs.nl

<sup>3</sup> Werkzaam bij Waterschap Brabantse Delta; k.peerdeman@brabantsedelta.nl

<sup>4</sup> Werkzaam bij de STOWA; m.talsma@stowa.nl

Onderstaand geven we eerst aan hoe BOWA de wateropgave berekent, daarna lichten we toe hoe deze berekening verdiept kan worden door onzekerheden in invoergegevens in beschouwing te nemen. We sluiten het artikel af door aan te geven hoe een gebruiker met BOWA aan de slag kan en we geven als laatste nog onze ideeën voor verdere uitbreiding.

### **Berekenen van de wateropgave met BOWA**

De invoer van een toetsing is een verzameling kaarten van maatgevende waterstanden, maaiveldhoogtes en grondgebruik. Stel dat elk van deze kaarten beschikbaar is als een raster, dan bevat elke cel van deze rasters een enkele waarde voor de waterstand, de hoogte van het maaiveld t.o.v. NAP, of een getal dat een categorie van grondgebruik weergeeft. Voor de toetsing aan de normen voor regionale wateroverlast berekenen we de wateropgave voor vier grondgebruiksvormen, namelijk: grasland, akkerbouw, stedelijk gebied, en glastuinbouw en hoogwaardige land- en tuinbouw.

Als invoer zijn de volgende kaarten nodig:

- een shapefile met toetseenheden (veelal zijn dit afwateringseenheden),
- een shapefile met peilgebieden ten behoeve van de statistische analyse van maatgevende waterstanden,
- vier rasters (asciigrids) met maatgevende waterstanden (herhalingstijden van 10, 25, 50 en 100 jaar),
- één raster met maaiveldhoogtes (veelal het AHN), en
- één raster met grondgebruikcodes (veelal een gereclassificeerd LGN).

Per toetseenheid groepeert het programma de rastercellen op basis van de vier normfuncties. Voor elke groep bepaalt BOWA vervolgens de toetshoogte. Dit is de hoogte die overeenkomt met het maaiveldcriterium. Neem als voorbeeld de groep cellen die als grasland geclassificeerd zijn: in de normen van het NBW staat dat maximaal 5% van de oppervlakte met deze functie mag inunderen bij een waterstand die we gemiddeld één keer in tien jaar verwachten. De toetshoogte wordt dus zodanig gekozen dat 5% van de rastercellen lager liggen dan deze hoogte. Alle rastercellen waarbij de maatgevende waterstand hoger ligt dan de toetshoogte, voldoen niet aan de betreffende norm voor regionale overlast.

### **Berekenen van onzekerheid in de wateropgave**

De wateropgave is het resultaat van een GIS postprocessing op een hydrologisch modelresultaat. Om onze onzekerheid in het resultaat van een modelberekening te bepalen, moeten we eerst onze onzekerheid over de waarden van de invoer en de modelparameters kwantificeren. We kunnen ook onzeker zijn over de juistheid van het model, maar dit laten we buiten beschouwing omdat nu eenmaal afgesproken is om de wateropgave op deze manier te berekenen. Als alle onzekerheden gekwantificeerd zijn, gebruiken we het model om deze te vertalen naar de onzekerheid in de wateropgave.

De onzekerheid in de invoer van een toetsing kunnen we in meer of mindere mate kwantificeren op basis van gegevens of met ervaringswaarden. Het doel van het onderzoek voor de STOWA was om een methode te ontwikkelen die de onzekerheid in de invoer van een toetsing vertaalt naar een spreiding in de berekende wateropgave. Hiermee kan een hydroloog vervolgens inschatten in hoeverre de wateropgave gevoelig is voor verschillen in de invoerwaarden.

Informatie over de onzekerheid in de wateropgave helpt de hydroloog bij de afweging van één of meer maatregelen en de omvang daarvan. De hydroloog kan ook beslissen om eerst de kwaliteit van de invoergegevens te verbeteren, voordat een definitieve beslissing genomen wordt. In ieder geval biedt deze methode een handvat om te komen tot een weloverwogen beslissing voor het wel of niet uitvoeren van een maatregel. Een direct voordeel van deze aanpak is dat hiermee de kans op een desinvesteringen verkleind wordt.

Nadat de gebruiker alle kaartgegevens heeft ingevoerd, geeft hij of zij de onzekerheid op in de waterstanden, maaiveldhoogtes en in het grondgebruik. Voor deze laatste bevat BOWA geschikte standaardwaarden zodat de gebruiker deze niet zelf hoeft te bepalen en in te voeren. Voor de onzekerheid in de waterstanden en in de maaiveldhoogtes geeft de gebruiker een afwijking op. Deze afwijking vertaalt het model naar een maximale spreiding in de hoogtes.

Om de onzekerheid in de wateropgave te bepalen, maakt BOWA gebruik van een zogenaamde Monte Carlo simulatie. Hierbij berekent het model de wateropgave een groot aantal keer met telkens iets andere waarden in de invoerkaarten. De kaarten van de maatgevende waterstanden, maaiveldhoogtes en grondgebruikcodes zijn als het ware stochasten waaruit telkens één kaart getrokken wordt. Om dit te kunnen doen, is voor elke kaartsoort een wiskundig model gemaakt. Dit maakt het mogelijk om de onzekerheid te kwantificeren en te modelleren. De waarden in de cellen van een raster worden namelijk niet willekeurig getrokken, want dat zou resulteren in onrealistische kaarten. Bij het simuleren van de kaarten houdt de methode rekening met de ruimtelijke afhankelijkheid tussen twee cellen in een raster. Hiervoor maken we gebruik van copula's, hetgeen een methode is uit de kansrekening om gecorreleerde stochasten te simuleren.

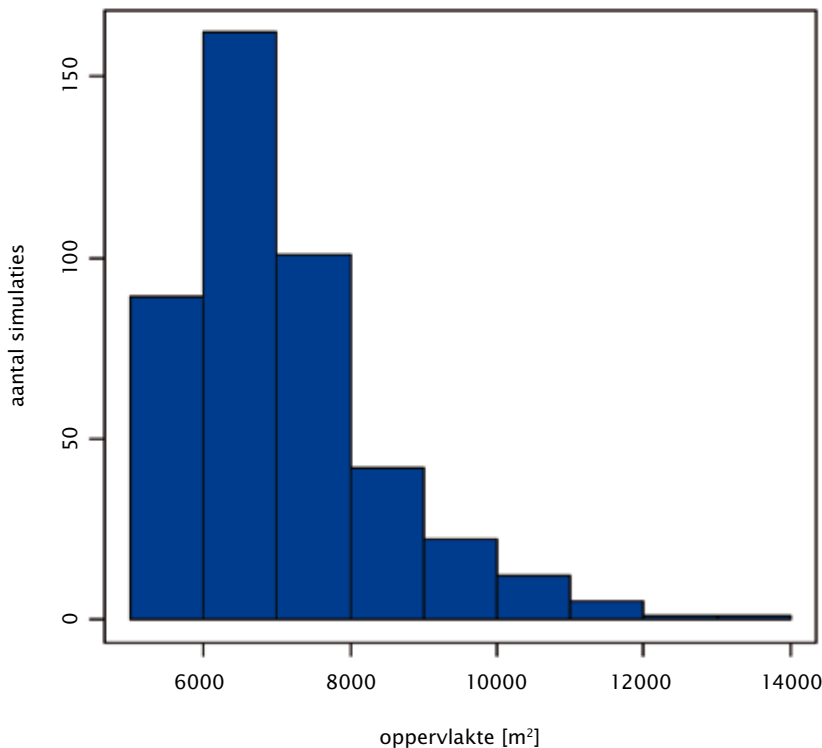


De ruimtelijke afhankelijkheid verschilt per kaartsoort. Waterstanden zijn volledig gecorreleerd binnen peilgebieden en sterk gecorreleerd tussen verschillende peilgebieden. Om dit te kunnen modelleren is een kaart met peilgebieden nodig. De maaiveldhoogtes zijn over de hele kaart sterk gecorreleerd. Dit betekent dat als de waarde in één cel groter wordt, de waarden in nabijgelegen cellen met een grote kans ook groter worden. De kaart met grondgebruikcodes is in feite het LGN die gereclassificeerd is tot de vier functies waarvoor de waterbeheerder het watersysteem moet toetsen aan de normen voor regionaal wateroverlast. De kans dat in een cel een andere waarde gesimuleerd wordt dan in de opgegeven kaart is afhankelijk van de nauwkeurigheid van het LGN [2] en van de heterogeniteit van de celwaarden rondom de betreffende cel [3]. In de praktijk betekent dit dat cellen op de overgang tussen twee gebieden,

bijvoorbeeld stedelijk gebied en grasland, een hogere variabiliteit kennen. Cellen midden in een weiland hebben weinig tot geen kans om te veranderen in een simulatie, omdat de kans erg klein is dat deze 'verkeerd' geclassificeerd zijn.

De belangrijkste uitvoer van deze simulatie is de wateropgave per toetseenheid en per functie voor elke simulatie. Stel dat de beheerder toetst op het niveau van afwateringseenheden en het watersysteem bestaat uit veertig eenheden. Bij een Monte Carlo simulatie met duizend trekkingen berekenen we dan duizend keer de wateropgave voor veertig afwateringseenheden en vier functies, ofwel 160.000 berekeningen. Dit lijkt veel, maar met BOWA, een ArcMap toolbox waarin deze methode is geïmplementeerd, is dit redelijk eenvoudig en snel uit te voeren [4]. Deze berg aan informatie wordt per toetseenheid en per functie overzichtelijk samengevat in een histogram zoals in Afbeelding 1. Een histogram verdeelt het domein van de wateropgave in discrete klassen en toont, middels een staafdiagram, de frequentie waarmee de gesimuleerde wateropgave voorkomt in elk van deze klassen. Een histogram geeft dus een beeld van de kansverdeling over de grootte van de wateropgave. In Afbeelding 1 is concreet te zien dat de wateropgave voor een graslandgebied met code 1156 tussen de 5000 en 14000 m<sup>2</sup> ligt, waarbij de kans het grootst is op een wateropgave van 6000 tot 7000 m<sup>2</sup> (namelijk in 160 simulaties).

### Toetseenheid 1156: grasland



**Afbeelding 1:** Een histogram met gesimuleerde waarden voor de wateropgave als oppervlak (in m<sup>2</sup>) voor de functie 'grasland' in een toetseenheid met nummer '1156'.

## Aan de slag met BOWA!

Voor de beheerder die aan de slag wil met de uniforme wijze van berekenen van de wateropgave en eventueel onzekerheden in de wateropgave wil berekenen, is BOWA als ArcMap toolbox beschikbaar. Deze kan vrij gedownload worden vanaf <http://www.modelwalhalla.nl> (zoek op 'BowaTool'), dé website van de STOWA met modellen en tools voor waterbeheerders.

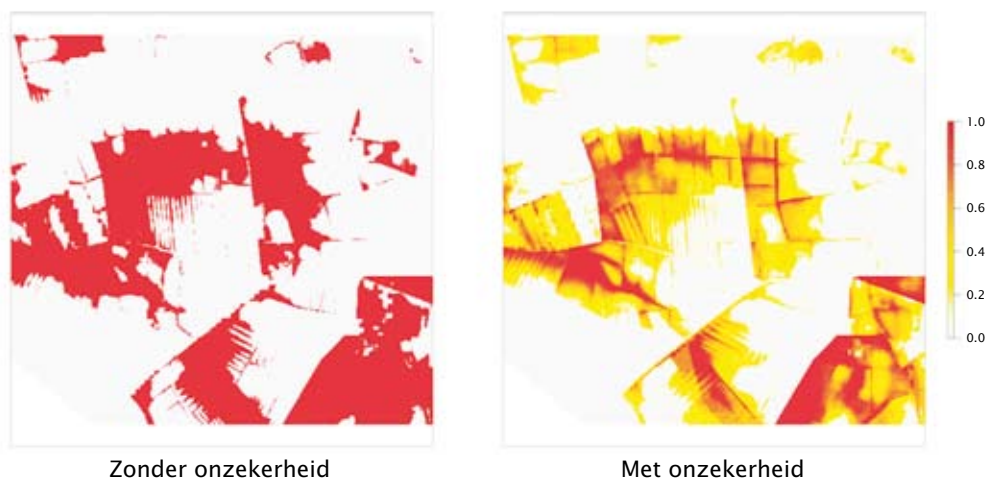
Deze applicatie is gemaakt om de methode te testen met drie cases van de waterschappen Noorderzijlvest, Brabantse Delta en Hoogheemraadschap de Stichtse Rijnlanden. De toolbox werkt als een schil rond het rekenhart van de applicatie en zorgt voor een eenvoudige en uniforme invoer van de benodigde gegevens. Dit zijn hoofdzakelijk kaarten en een aantal parameters die de onzekerheid in deze kaarten kwantificeren.

Met een handige viewer kan de beheerder de resultaten in de vorm van een histogram bekijken. Voor elke combinatie van toetseenheid en functie met een wateropgave maakt de applicatie een histogram.

Voor meer instructies voor het gebruik van BOWA verwijzen we naar de handleiding die ook op <http://www.modelwalhalla.nl> beschikbaar is.

## Toekomst

Een hydroloog kan in de vertrouwde ArcGIS omgeving vanaf nu aan de slag met BOWA. Het is de bedoeling dat de applicatie in de nabije toekomst nog gebruiksvriendelijker gemaakt gaat worden door BOWA om te bouwen tot een webapplicatie. Ook willen we het mogelijk maken dat de toetsresultaten, zonder en mét onzekerheid, ruimtelijk afgebeeld kunnen worden, zie als voorbeeld voor een mogelijke uitvoer Afbeelding 2.



**Afbeelding 2:** Voorbeeld van een ruimtelijke weergave van de wateropgave, zonder en met onzekerheid. Hoe roder, hoe groter de kans (1.0 = 100%) dat deze rastercel niet aan de hier geldende norm voor regionaal wateroverlast.

Tenslotte vermelden we dat de STOWA voornemens is om BOWA complementair inzetbaar te maken met de SchadeSchatter, een tool dat recent ontwikkeld is en waarmee waterschappen straks op basis van schadefuncties inundaties kunnen omrekenen naar euro's ten behoeve van afwegingsprocessen.

## Referenties

**R. G. J. Velner en M. J. Spijker** (2011) Standaard werkwijze voor de toetsing van watersystemen aan de normen voor Regionale Wateroverlast", STOWA Rapport 2011-31.

**G. W. Hazeu** (2005) Landelijk Grondgebruiksbestand Nederland (LGN5): vervaardiging, nauwkeurigheid en gebruik", Rapport 1213, Alterra Wageningen.

**P. A. J. Van Oort, A. K. Bregt, S. de Bruin en A. J. W. de Wit** (Spatial variability in classification accuracy of agricultural crops in the Dutch national land-cover database.

**M. J. Kallen, A. A. J. Botterhuis en H.A.M. Hakvoort** (2012) Berekenen Onzekerheid van de Wateropgave (BOWA): rekenmodule ten behoeve van de toetsing watersystemen aan regionale wateroverlast", STOWA Rapport 2012-05.