

# Watervraagstukken oplossen met ruimtelijk modelleren

Het Nederlandse waterbeleid en het ruimtelijke beleid zijn sterk met elkaar verbonden. Dit vraagt om een ruimtelijke component in de analyse van watervraagstukken. In deze analyses wordt gekeken naar de consequenties van het menselijk handelen voor het watersysteem, in het verleden, nu en in de toekomst. De toetsing van de watersystemen op risico en veiligheid zijn typisch vraagstukken die vanuit een ruimtelijke context kunnen worden beantwoord.



Gebiedsproces met ondersteuning van ruimtelijke modellen: belangengroepen om de tafel (bij Waterschap Rivierenland in 2006).

De huidige generatie model-systemen en geografische informatiesystemen maken het mogelijk om de vraagstukken uit de praktijk steeds preciezer te vertalen naar digitale informatie waarmee dynamisch kan worden gerekend. Zo worden simulaties uitgevoerd van het verleden, ter verificatie van de correctheid van modellen, en worden berekeningen gemaakt van de consequenties van ingrepen in het watersysteem en de hydrologische belasting op dat systeem. De digitale modelresultaten worden gepresenteerd als ruimtelijke informatie in geografische informatiesystemen. Dit maakt het mogelijk om vergelijkingen te maken van de historische situatie en de berekende toekomst, waaruit trends kunnen worden afgeleid. Ook kan hieruit worden vastgesteld in hoeverre we nu en in de toekomst voldoen aan de criteria die zijn opgesteld in ons nationale en regionale beleid.

Bij het modelleren komen de volgende stappen aan bod:

- beschrijven van het conceptuele systeem Welke processen zijn belangrijk en welke minder relevant? Zo is bij oppervlaktewater de dynamiek van de stroming in de richting van de waterloop belangrijk; de verticale stroming is niet van belang en dwarsstroming in sommige gevallen juist wel. Deze conceptuele keuze leidt tot het gebruik van een hydrodynamisch model met een één of tweedimensionale simulatie.

Verder is ook het afbakenen van het te modelleren systeem van belang, waarbij de vraag speelt of alleen naar het oppervlaktewater moet worden gekeken of ook naar het (on)diepe grondwater;

- schematiseren Hierbij speelt bijvoorbeeld welke waterlopen in de modelschematisatie moeten worden opgenomen. Er kan worden gekozen voor alleen het hoofdwatersysteem of ook de kleinere wateren. Verder speelt de vraag of alle kunstwerken in het watersysteem moeten worden gesimuleerd of dat hier een generalisatie mogelijk is;

- parametriseren Hierbij wordt gekeken welke eigenschappen samenhangen met de fysieke onderdelen van het watersysteem, zoals de waterlopen en de kunstwerken. Voorbeelden zijn de doorlatendheid van de bodem, stromingsweerstand van waterlopen en de afvoercoëfficiënten van stuwen en gemalen;

- randvoorwaarden opleggen Voor hydrologische simulatiemodellen is van belang welke waterstanden (stijghoogten) en stroming (fluxen) moeten worden opgelegd aan de randen van model en welke meteorologische informatie (neerslag, verdamping) moet worden gebruikt;

- kalibratie en validatie Dit is één van de lastigste onderdelen van de modellering. Het succes is afhankelijk van de beschikbaarheid van meetreeksen op kenmerkende locaties in het watersysteem, waarop het model kan worden afgestemd.

Tevens zijn ook onafhankelijke reeksen nodig waarmee de goede werking van het model kan worden gedemonstreerd: de validatie.

Door de grote hoeveelheid gegevens die soms moet worden gebruikt, kan het efficiënt zijn om dat proces deels te automatiseren. Dat betekent wel dat keuzen die vroeger impliciet door de modelleur werden gemaakt, nu expliciet moeten worden gemaakt in de automatiseringssoftware. Automatisering houdt niet per se in dat ook het model zelf inzichtelijker wordt. De gebruikte brongegevens zijn niet foutloos en een grote mate van detaillering van gegevens kan leiden tot moeilijk traceerbare modelleerfouten.

Het huidige onderzoek richt zich op de wijze waarop modellen kunnen worden gegenereerd uit gegevens en op welke manier we komen van 'data naar model'. De kunst van het opbouwen van modellen zit in het vaststellen van de juiste 'karterbare kenmerken'. In de praktijk komt dit neer op het vaststellen hoe de beschikbare gegevens (zoals bodemopbouw en vegetatie) kunnen worden vertaald naar modelparameters (zoals oppervlakten en hydraulische ruwheden).

Belangrijk bij de beantwoording van een modelleervraag is verder de schaal waarop moet worden gewerkt. Het optimale schaalniveau hangt af van de beschikbaarheid en nauwkeurigheid van gegevens, de rekentijd van het model en het gewenste detailniveau van de modeluitkomsten.

Waterbeheerders hebben de afgelopen jaren ruime ervaring opgedaan met de ontwikkeling en het gebruik van ruimtelijke modellen. Voorbeelden zijn studies rond de toetsing van het watersysteem aan de NBW-inundatienormen, de verkenning van WB21-wateropgaven en maatregelen én de analyse van inundaties en overstromingen. Ruimtelijke modellen zijn gebruikt voor de probleemverkenning en voor de onderbouwing van maatregelen. Daarnaast worden steeds vaker modelresultaten in de vorm van scenario's voorgelegd aan belanghebbenden in de streek, waarmee de haalbaarheid van ingrepen wordt getoetst en draagvlak wordt verworven met een interactieve benadering.

## Knelpunten

Bij de toepassing van ruimtelijke modellen lopen de waterbeheerders, vooral de waterschappen, tegen enkele knelpunten aan.

### Leggerinformatie niet altijd compleet of verouderd

Als bijvoorbeeld een schatting moet worden gemaakt van het areaal open water in een peilgebied, zijn de gegevens vaak niet actueel of ontbreken ze zelfs. Veelal worden alleen van de hoofdwatervgangen nauwkeurige gegevens geregistreerd. Aanvullend wordt gebruik gemaakt van digitale informatie zoals topografische bestanden. Deze bestanden geven echter geen nauwkeurige informatie over de afmetingen van het oppervlaktewater. Hoopvol is dat we binnenkort kunnen beschikken over een nauwkeurig Algemeen

Hoogtebestand Nederland (AHN-2), met een hoge resolutie waarmee we een betere schatting kunnen maken van de afmetingen van watergangen.

### Meetgegevens beperkt voorhanden

De meeste kwantitatieve metingen worden gedaan ter ondersteuning van het dagelijks beheer. Voor ruimtelijke modellen bestaat vaak behoefte aan andere meetgegevens, die de randvoorwaarden vormen voor het model. Voor het opstellen van waterbalansen bijvoorbeeld is informatie over afvoeren van deelgebieden onmisbaar, terwijl dit voor het dagelijks beheer meestal geen noodzakelijke informatie is.

Een ander voorbeeld is dat voor grondwaterafhankelijk peilbeheer meestal wordt gemeten in de laagste delen van een peilgebied, terwijl voor de kalibratie van

modellen ook in de hogere delen van een peilgebied meetinformatie belangrijk is. Tenslotte verdient de opslag en validatie van meetgegevens aandacht, voordat deze in modellen kunnen worden gebruikt. Deze gegevens worden veelal niet voor modelleerdoeleinden opgeslagen, maar voor dagelijks peilbeheer, wat geheel andere eisen stelt aan nauwkeurigheid en volledigheid. Alternatief is validatie van modeluitkomsten met toepassing van remote sensing en luchtfoto's die bijvoorbeeld zijn genomen tijdens overstromingen.

### Hoe houden we modellen actueel?

Het op de traditionele manier actueel houden van modellen kost veel tijd en in principe moet iedere wijziging in het watersysteem ook in het model worden aangepast. Het is dan ook nodig om informatie over wijzigingen in de vorm van meta-informatie goed bij te houden bij het modelleren. Daarvoor kunnen databestanden met logboeken worden gebruikt. Voor de meeste gegevens gebeurt dit in de legger of het beheerregister. Deze vormt een eenduidig punt waar gegevens worden bijgehouden. De uitdaging is vervolgens om de vertaling van wijzigingen in de legger naar modellen te maken. Hiervoor worden automatische 'modelgeneratoren' gebruikt die inmiddels voor variërende schaalniveaus beschikbaar zijn. Feitelijk wordt met deze generatoren een eenduidige opslag van gegevens mogelijk gemaakt.

### Automatisering

Modelleren van watersystemen was lange tijd een specialistisch en tijdrovend proces en weinig inzichtelijk voor anderen dan de modelleur zelf. Ontwikkelingen op het gebied van GIS, ICT, procesbeschrijving en standaardisatie in dataopslag, hebben geleid tot een nieuwe werkwijze in de modellering. De softwarepakketten Sobek en ArcMap zijn tegenwoordig het standaard gereedschap van de hydroloog bij een waterschap. Ruimtelijke gegevens, zoals de legger, worden in centrale Intwis/IRIS-geodatabestanden opgeslagen. Vanuit een dergelijk bestand kunnen tegenwoordig modellen gegenereerd worden. 'Modelgeneratoren' vormen thans de nieuwe schakel tussen een GIS-gebaseerd databestand en de modelleeromgeving. Het zijn feitelijk kennissystemen waarmee de fysische relaties van het modelsysteem worden opgebouwd vanuit de basisgegevens.

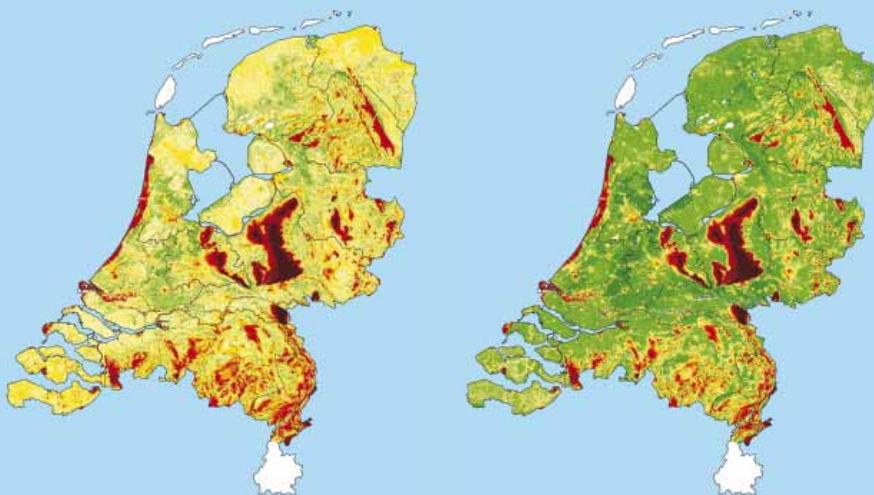
Modellen zijn abstracties van de werkelijkheid. Het is bij het modelleren dan ook essentieel om de vorm en detaillering van het model toe te spitsen op het doel van de modellering. Dit wordt in hoge mate ondersteund door gebruik van modelgeneratoren. Een belangrijke functionaliteit daarvan is dat

## Nationaal Hydrologisch Instrumentarium

Met toepassing van ruimtelijk modelleren hebben Deltares en Alterra een geïntegreerd grond- en oppervlaktewatermodel opgezet dat bijna het gehele vasteland van Nederland omvat. Dit Nationaal Hydrologisch Instrumentarium wordt ingezet voor landelijke beleidsvragen rond WB21, verdroging, KRW, watervoorziening, klimaatverandering, nutriënten, pesticiden, etc. Afbeelding 1 geeft een beeld van de verkregen resultaten. De komende tijd wordt samenwerking met de regio gezocht, om het model een gedragen basismodel te laten zijn voor de hydrologie van Nederland. Ruimtelijke modellering is op landelijke schaal onontbeerlijk. De landelijke schaal is echter te groot om alle parameters consistent op basis van lokale beschikbare informatie of expertkennis in te vullen. Daarom moet worden gezocht naar een goede koppeling van deze parameters met gekarteerde kenmerken die landsdekkend beschikbaar zijn. Denk hierbij aan hoogte-informatie, topografische informatie, bodeminformatie, landgebruik en geologische opbouw van de ondergrond.

De grote uitdaging is een zo goed mogelijke vertaling van deze beschikbare landelijke informatie te maken naar de benodigde modelparameters en ook de juiste schaal te hanteren, bijvoorbeeld de vertaling van topografische informatie, gecombineerd met bodeminformatie en informatie over waterpeilen naar drainage diepten en -weerstanden of de vertaling van hoogte-informatie, topografische informatie, bodem en landgebruik naar afvoerrelaties van waterlopen.

Afb. 1: Voorlopige resultaten van de berekende gemiddeld laagste grondwaterstand (links) en gemiddeld hoogste grondwaterstand (rechts).



aanpassingen in de modelparameters in GIS worden uitgevoerd, waarna automatisch een nieuw, alternatief model kan worden gegenereerd. Dit werkt over het algemeen veel efficiënter dan het handmatig aanpassen van een model. Tijdens het genereren van modellen wordt de modelinvoer geconverteerd en op fouten gecontroleerd met vooraf door de gebruiker gedefinieerde

regels. Het modelleren wordt op deze wijze een proces. Verbeterde gegevens en inzichten over de werking van het watersysteem worden continu in databestanden verwerkt, waarmee in de loop van de tijd steeds betere modellen worden verkregen.

Het gegevensbeheer, de modelaansturing, de analyse en presentatie van de resultaten

gebeurt tegenwoordig vanuit een GIS-omgeving die door specialisten bij een waterbeheerder (hydrologen, modelleers en beleidsmedewerkers) is te gebruiken. Modelresultaten of doorgerekende alternatieven worden in GIS gepresenteerd en vergeleken, wat de communicatie over de onderliggende vraagstukken sterk verbeterd.

Standaardisatie in GIS-producten, zoals het Algemeen Hoogtebestand Nederland, de 1:50.000 bodemkaart en de LandGebruikskaart Nederland, biedt de mogelijkheid om direct kenmerken van hydrologische eenheden af te leiden, waarmee een modelgenerator om kan gaan. Modelgeneratoren bieden daarnaast de mogelijkheid om meta-informatie vast te leggen, zowel van de gegenereerde modellen als van de brondata. Hiermee kan het verloop van het modelleerproces worden bijgehouden, zoals de gemaakte keuzen en de achtergronden bij onderzochte scenario's.

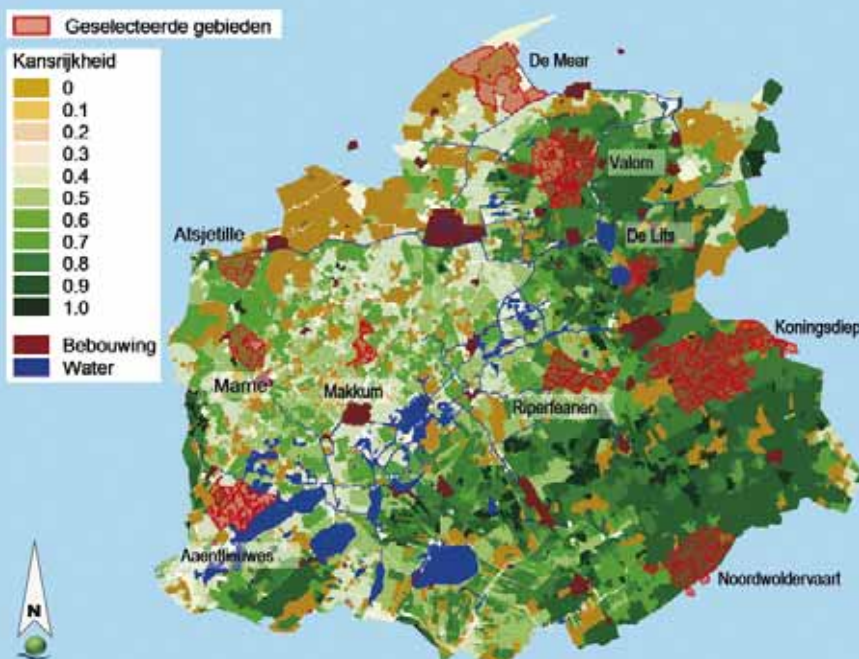
## Water vasthouden in haarvaten watersysteem

Het nationale WB21-beleid stelt dat de regionale wateropgave deels dient te worden opgelost door het vasthouden van water, met name in het secundaire en tertiaire systeem. Dit vasthouden zien we hier als het opslaan van water in de bodem en het oppervlaktewater, door het gedurende enkele dagen opzetten van peilen. Om de effectiviteit van het vasthouden van water, vooral in de haarvaten van het watersysteem, te kunnen vaststellen is door HydroLogic en Wetterskip Fryslân in Friesland ruimtelijk onderzoek verricht. Tot op het detailniveau van peilvakken in het watersysteem is onderzocht of met vasthouden van water de wateropgave kan worden beperkt. Zo is onderzocht hoeveel water kan worden vastgehouden en hoe dit vasthouden kan worden gerealiseerd met behulp van de slimme sturing van stuwen.

De gevolgde aanpak is dat in het watersysteem een aantal representatieve deelsystemen is geselecteerd (zie afbeelding 2), waarvoor de verwachte geschiktheid voor het vasthouden van water is bepaald. Voor deze deelsystemen is op basis van Sobek-modelberekeningen de daadwerkelijke geschiktheid voor het vasthouden van water in de bodem berekend. De resultaten zijn vervolgens vlakdekkend opgeschaald op basis van gebiedskennis. Hierbij is nauw samengewerkt door modelexperts en waterdeskundigen uit het gebied.

Het onderzoek heeft geleid tot geografische overzichten die de hydrologische geschiktheid aangeven voor vasthouden en het rendement van sturing. Een belangrijk eindresultaat van het onderzoek is de leidraad 'Vasthouden van water door verbeterde sturing'. Deze bestaat uit een praktijktoets waarmee de waterbeheerder kan bepalen op welke locaties bepaalde (combinaties van) sturingsprincipes het meest effectief zijn. Het vlakdekkende resultaat is gegeven in afbeelding 2. De meest kansrijke gebieden zijn donkergroen gekleurd.

**Afb. 2: De mogelijkheid tot het vasthouden van water in de haarvaten van het watersysteem. De kaart toont de onderzoeksgebieden en het resultaat van de ruimtelijke opschaling.**



### Vooruitzicht

Ruimtelijk modelleren kent een breed toepassingsterrein: van de analyse van grootschalige watersystemen tot detailonderzoek op het niveau van peilvakken.

Deze vorm van modellering is mogelijk geworden door de grotere beschikbaarheid van ruimtelijke gegevens, gestandaardiseerde opslag van deze gegevens, moderne ICT, geografische presentatie van gegevens met GIS, krachtige simulatiesoftware en ruimtelijke presentatie van resultaten voor analyse en heldere communicatie. Nauwkeurige modellering vereist gevalideerde ruimtelijke basisgegevens, tijdreeksgegevens van randvoorwaarden en gedetailleerde meteorologische gegevens. Momenteel vindt een snelle ontwikkeling in de beschikbaarheid van deze gegevens plaats. Het is de taak van de modelleur om bij gegenereerde modellen de gebruikte gegevens kritisch te bekijken, omdat deze de nauwkeurigheid van het model en de uitkomsten van de modellering bepalen.

**Henk van Norel (Waterschap Hunze en Aa's)**  
**Sander Loos (HydroLogic)**  
**Joost Delsman (Deltares)**  
**Arnold Lobbrecht (HydroLogic / UNESCO-IHE)**

*De auteurs zijn lid van de werkgroep 'ICT in het waterbeheer' die deel uitmaakt van de 'afdeling voor waterbeheer' van KIVI NIRIA. Dit artikel wordt gepresenteerd op het congres 'Reinventing Delta Life' dat op 30 oktober plaatsvindt in de TU Delft. Het is één van de 27 lezingen/workshops op die dag, die in het teken staat van een schone, veilige en duurzame delta.*

*Voor meer informatie: (070) 391 99 00.*