

Ontwikkeling Brabants grondwatermodel tot kennissysteem

Floris Verhagen, Ben van der Wal (Royal HaskoningDHV), Jos Moorman (waterschap Aa en Maas), Heleen Westerhof (waterschap De Dommel), Kees Peerdeman (waterschap Brabantse Delta) en Jelle van Sijl (Brabant Water)

Regionale grondwatermodellen zijn vaak niet eenvoudig aan te passen en te verbeteren. In Noord-Brabant is een werkwijze ontwikkeld die het mogelijk maakt om vanuit basisdata de modellen stapje voor stapje te verbeteren. Al doende ontstond in de loop van de afgelopen acht jaar het Brabantse grondwaterdatasysteem. Dit artikel geeft in vogelvlucht de systematiek weer, de verbeteringen, organisatie en enkele recente toepassingen.

De provincie en de waterschappen in Noord-Brabant hadden rond 2006 grote regionale modellen laten maken voor grondwaterstudies (Waterdoelenmodel) en voor hoogwaterstudies (HIB). Deze modellen waren op een traditionele manier opgezet, zonder dat duidelijk was welke basisinformatie was gebruikt en hoe de modelparameters waren aangepast. Kortom, de modellen waren niet reproduceerbaar. Daarom was het niet eenvoudig om de modellen lokaal te verbeteren en nieuwe informatie toe te voegen.

Na onderling beraad kwamen de waterschappen, ondersteund door Royal Haskoning en Artesia, tot de Visie op de Hydrologische GereedschapsKist (HGK), een nieuwe aanpak voor modelstudies waarbij reproduceerbaarheid van de modellen en ontwikkeling van kennis centraal staan [1, 2]. Op basis van deze visie startte waterschap De Dommel als eerste met het verbeteren van het grondwatermodel. Er werd begonnen met de laagopbouw van het Waterdoelenmodel met eigen parameters. Voor de interactie tussen het ondiepe grondwater en het oppervlaktewater, het topsysteem, werd een nieuwe modelschematisatie opgezet, gebaseerd op gegevens uit de legger. Het bleek een goede basis voor een groot aantal GGOR-studies, waarbij steeds meer detail is toegevoegd aan het systeem. Waterschap Aa en Maas volgde, met het maken van een datasysteem op basis waarvan modellen werden gemaakt voor GGOR-studies. Brabant Water en waterschap Brabantse Delta sloegen de handen ineen en lieten een geohydrologisch datasysteem voor West-Brabant maken met de laagopbouw uit het actuele REGIS-2.1. **REGIS-2** is een hydrogeologisch model van Nederland, dat voor overheden, waterbeheerders, adviesbureaus en onderwijsinstellingen online beschikbaar is. Het is de basis voor het samenstellen van regionale grondwatermodellen. Aangevuld met lokale (boor-) informatie is **REGIS-2** ook een uitgangspunt voor lokale grondwatermodellen.

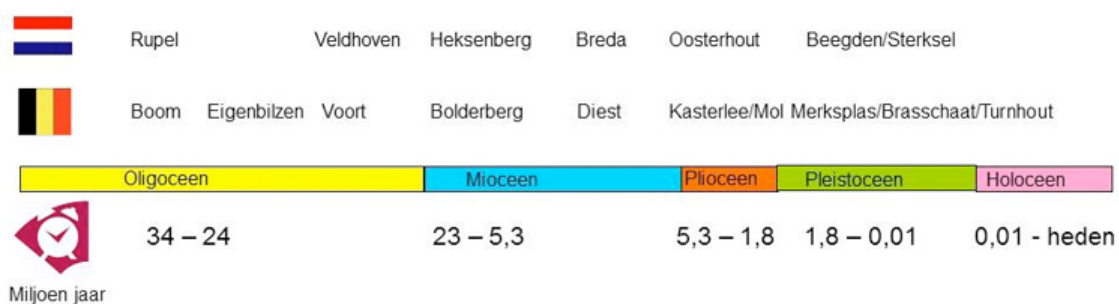
In 2012 werd in het kader van het deelprogramma Zoetwatervoorziening van het Deltaprogramma een knelpuntenanalyse uitgevoerd. Onder de naam Deltaplan Hoge Zandgronden koos regio Zuid-Nederland ervoor om deze analyse zelf uit te voeren en te vergelijken met de landelijke NHI-berekeningen. Dit was de aanleiding om de verschillende datasystemen samen te voegen tot één Brabants datasysteem.

Afstemming met het Nationaal Hydrologisch Instrumentarium (NHI)

Bij het maken van de Hydrologische Gereedschapskist wordt gebruik gemaakt van alle inzichten en kennis die aanwezig is. Dit geldt voor kennis van de aangrenzende gebieden zoals Limburg en Vlaanderen – waar later in dit artikel op in wordt gegaan – en ook voor de afstemming met het Nationaal Hydrologisch Instrumentarium (NHI). Regionale waterbeheerders kunnen profiteren van de kennis over de geologie die centraal in REGIS is opgeslagen en aan de andere kant kan de REGIS databank ook weer verfijnd worden met regionale inzichten. De afgelopen jaren is daarom overleg geweest met de ontwikkelaars (Deltares) van het NHI. Dit heeft geleid tot aanpassingen in regiomodelconcepten, zoals vervanging van de eerder bepaalde doorlatendheden door de waarden uit REGIS. In de regionale model-ijking worden de doorlatendheden opnieuw vastgesteld met behulp van ijkfactoren. De relatie tussen de laagopbouw van REGIS en de voor de modellering gewenste laagopbouw blijft zo inzichtelijk. De doorlatendheden worden zo veel mogelijk per REGIS-laag gekalibreerd en niet per modellaag. Hierdoor kunnen nieuwe doorlatendheidswaarden weer naar REGIS teruggesteerd worden. Dit geldt ook voor essentiële en meer gedetailleerde informatie over laagopbouw. Omgekeerd kan de REGIS-schematisatie aangepast worden als dit regionaal relevant is. Op deze manier versterken landelijke en regionale modelstudies elkaar.

Afstemming met Vlaanderen

De grens tussen de provincie Noord-Brabant en Vlaanderen is hemelsbreed ruim 110 km lang. Het Brabant-model is daarom in 2008 afgestemd op de geologie in Vlaanderen. De Nederlandse bestanden uit het NHI zijn aangesloten op het Vlaamse equivalent, de Databank Ondergrond Vlaanderen (DOV). Bij de eerste verkenning viel direct op dat niet alleen de namen van geologische formaties van elkaar verschillen, maar dat ook de geohydrologische schematisatie anders is (afbeelding 1). Het opnemen van de Vlaamse basisdata in de databank van de HGK levert dus niet onmiddellijk een goed werkend model op.



Afbeelding 1. Namen van geologische formaties en lagen in Brabant en Vlaanderen

Een voorbeeld van een aansluiting die niet vloeiend verliep is de Formatie van Breda, die in Vlaanderen de Formatie van Diest wordt genoemd. Deze laag bestaat uit een afwisseling van klei- en zandlagen. De geohydrologische interpretatie in beide landen verschilt. In Nederland wordt de Formatie van Breda voor een groter gedeelte dan in Vlaanderen geïnterpreteerd als klei en dus als scheidende laag. Om het verschil in interpretatie te kunnen begrijpen is inzicht in de afzettingsprocessen nodig (zie kader).

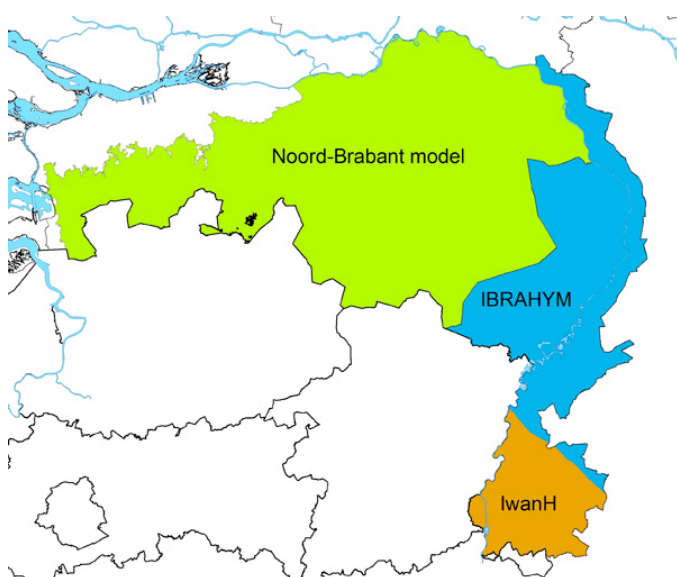
Natuurlijk verandert de geohydrologie niet abrupt bij de grens. Bij de schematisatie wordt daarom rekening gehouden met het geleidelijk overgaan van het karakter in type lagen. Het betrekken van de gegevens uit de Vlaamse databank helpt bij een beter begrip van de Nederlandse geohydrologie. Met het model dat zich tot in Vlaanderen uitstrekt werd ook aangetoond dat het intrekgebied van de winningen reikt tot het Kempisch Plateau in plaats van in de Ardennen, wat nog regelmatig wordt gedacht.

Ontstaan Formatie van Breda/Diest

Ruim 20 miljoen jaar geleden werd Vlaanderen voor het laatst overspoeld door de zee ten gevolge van zeespiegelstijging. Er kwamen grote getijdenverschillen voor, van een vergelijkbare grootte als de huidige eb- en vloedfluctuaties in de Noordzee. In deze periode werd een diepe geul in het continentaal plat uitgeschuurd van zuidwest naar noordoost in het huidige Vlaanderen. Ongeveer 5 miljoen jaar geleden werd deze geul in het huidige Vlaanderen opgevuld met grove zanden. De zanden die buiten de geul werden afgezet, in het huidige Nederland, waren fijner. In Nederland heeft de Formatie van Breda daarom een minder belangrijke functie als watervoerend pakket en wordt geen water uit deze laag onttrokken, ook omdat de laag dieper ligt. In Vlaanderen is dit wel een belangrijke aquifer voor de drinkwatervoorziening.

Afstemming met Limburg

Voor het Deltaplan Hoge Zandgronden zijn de regionale grondwatermodellen van Brabant en Limburg (de modellen IBRAHYM en IWANH) gebruikt voor het maken van berekeningen voor de toekomstige zoetwatervoorziening (afbeelding 2). Van de drie modellen – Brabantmodel, IBRAHYM en IWANH – is vergeleken hoe ze zijn opgebouwd (modelinvoer) en wat de resultaten zijn (modeluitvoer) [3]. Voordat de berekeningen werden uitgevoerd is de manier van werken zoveel mogelijk op elkaar afgestemd. Er zijn bijvoorbeeld uniforme aannames gedaan voor het berekenen van de beregeningsbehoefte, de rekenperiode en de uitvoertijdstappen.



Afbeelding 2. Geografische dekking van de drie deelmodellen

IWANH is later verbeterd, mede op basis van de resultaten van de vergelijking van de drie modellen. In deze paragraaf concentreren we ons daarom op de verschillen tussen het Brabant-model en IBRAHYM. Beide modellen hebben een vergelijkbare betrouwbaarheid voor wat betreft de berekende grondwaterstanden. De gemiddelde afwijking tussen berekende en gemeten stijghoogte van de bovenste vier modellagen, waarin de deklaag en het eerste watervoerende pakket zijn geschematiseerd, bedraagt tussen de 5 en 20 centimeter. Regionaal komen er gebieden voor waar de berekende grondwaterstanden structureel aan de hoge kant of juist aan de lage kant zijn. Vooral in de diepere lagen kunnen beide modellen nog verbeterd worden.

De dynamiek, ofwel de fluctuaties door het jaar heen, wordt op de meeste meetpunten door beide modellen goed berekend. Dit is gecontroleerd aan de hand van de peilbuizen in het overlappende grensgebied tussen de twee provincies. De beide modellen presteren vergelijkbaar.

De gemiddeld (cumulatief) berekende afvoer en de gemeten afvoer wijken ongeveer 15% van elkaar af. Dit is een goed resultaat, aangezien er niet geijkt is op afvoeren en de snelle afstromingsprocessen niet in de modellen zijn opgenomen. Tot zo ver het goede nieuws.

Vergelijking van het Brabant-model en IBRAHYM leverde wel een aanzienlijk verschil op in berekend vochttekort en grondwateraanvulling. Zeker voor klimaatstudies voor het Deltaprogramma is het juist van belang om het vochttekort goed te kunnen berekenen. Dit was reden om dit onderdeel nader te onderzoeken. Aan het eind van dit artikel gaan we hier verder op in.

Kwaliteitsverbetering van de databank

De modellen zijn in het verleden stapje voor stapje opgebouwd. Het samenvoegen van de drie datasystemen in Noord-Brabant was voor waterschap De Dommel het moment om zelf met de data en modellen aan de gang te gaan en daarbij kritisch te kijken naar de achterliggende data en instrumenten. Het zelf beheren van de data is centraal komen te staan. Door data en instrumenten goed te organiseren, blijkt in de praktijk steeds minder ad-hoc gewerkt te worden en is het modellenwerk goed reproduceerbaar. Hierbij is er intensief samengewerkt tussen waterschap en adviesbureau. Dit heeft geleid tot een aantal procesverbeteringen, zoals het toepassen van GeoLinQs, waarmee de modelbouw wordt opgedeeld in modules (zie later).

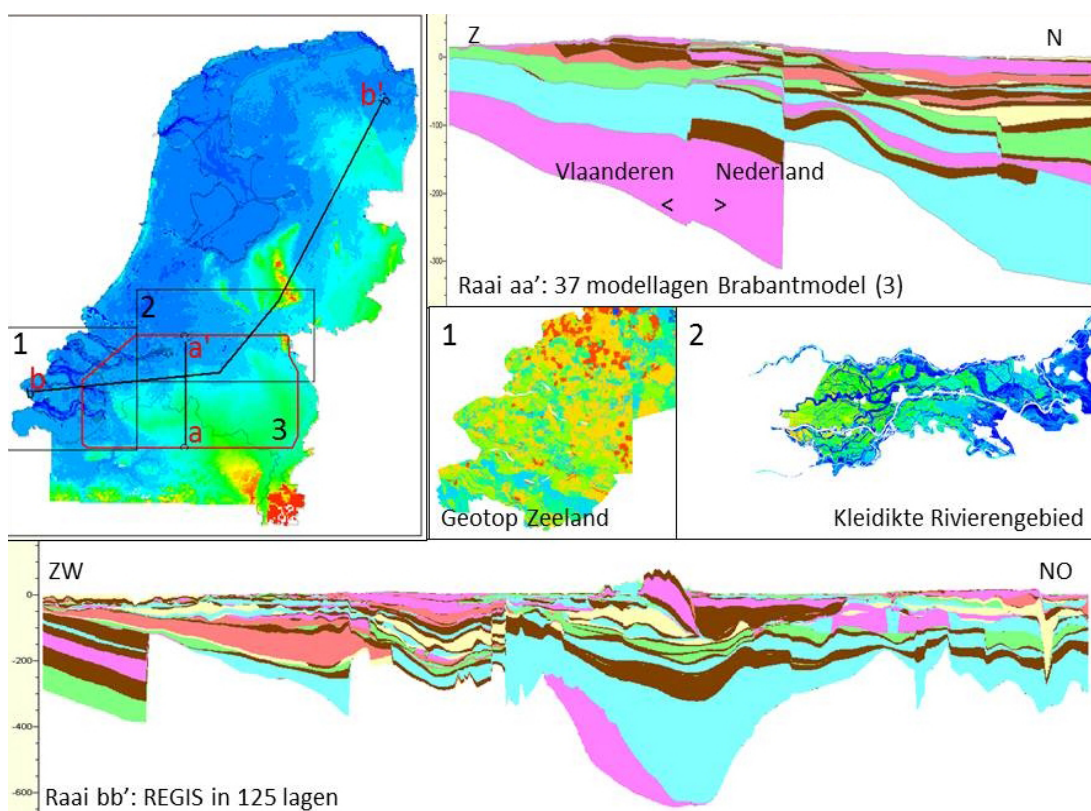
Behalve het proces zijn ook de achterliggende data verbeterd, zowel voor het oppervlaktewater als voor de schematisatie van de ondiepe ondergrond. Er zijn veel water-lopen ingemeten, waar nodig ook de kleinere watergangen. De legger-watergangen zijn allemaal in reproduceerbare oppervlaktewatermodellen opgenomen en gelinkt met het grondwatermodel.

Alle boringen zijn opnieuw opgevraagd (bij DINOLoket) en geautomatiseerd geïnterpreteerd, wat een meer gedifferentieerd beeld van bodemopbouw en doorlatendheid geeft. Ook de gemeten grondwaterstanden en stijghoogten zijn opnieuw kritisch bekeken. We willen immers voorkomen dat een model wordt gekalibreerd op foutieve metingen. Met behulp van een tijdreeksanalyse vooraf kunnen de foute metingen uit de dataset worden gefilterd.

Deze en andere verbeteringen hebben geleid tot een verbeterde regionale dataset en een gekalibreerd model voor heel Noord-Brabant en daaraan gerelateerde modellen voor de waterschappen Aa en Maas, Brabantse Delta en De Dommel.

Genereren van de laagopbouw (GeoLinQs)

Hoewel de modelgegevens klaarstaan in de databank, is het genereren van een model uit de data een forse klus. Daarom is een hulpprogramma (GeoLinQs) gemaakt, dat helpt bij het genereren van de laagopbouw. Afbeelding 3 laat zien hoe GeoLinQs verschillende informatiebronnen – zoals DOV of REGIS – gebruikt om automatisch een nieuw lagenmodel te genereren. In een tabel wordt aangegeven welke REGIS- en DOV-lagen samen de modellagen moeten vormen. Aan deze lagen kan aanvullende informatie worden toegevoegd, zoals de zandbanenkaart, Geotop informatie (3D-opbouw van de geohydrologie tot 50 meter diep), geologische breuken, stuwings, lokale aanvullingen op REGIS of een eigen interpretatie op basis van boringen. Het resultaat is een bestand met laagopbouw dat voor elk geohydrologisch model gebruikt kan worden. GeoLinQs levert rasters (IDF-bestanden) met de ligging van de boven- en onderkant van de lagen en parameters zoals doorlaatvermogen van aquifers (kD) en weerstand van kleilagen (c). Het gemaakte lagenmodel kan gebruikt worden in bijvoorbeeld een Triwaco- of een Modflowmodel (iMOD). GeoLinQs met alle achterliggende data geeft de gebruiker een goed inzicht in hoe de basisgegevens verwerkt zijn.



Afbeelding 3. Laagopbouw reproduceerbaar modelleren met behulp van GeoLinQs, op basis van verschillende gegevensbronnen

Voorbeelden van provinciebrede toepassingen

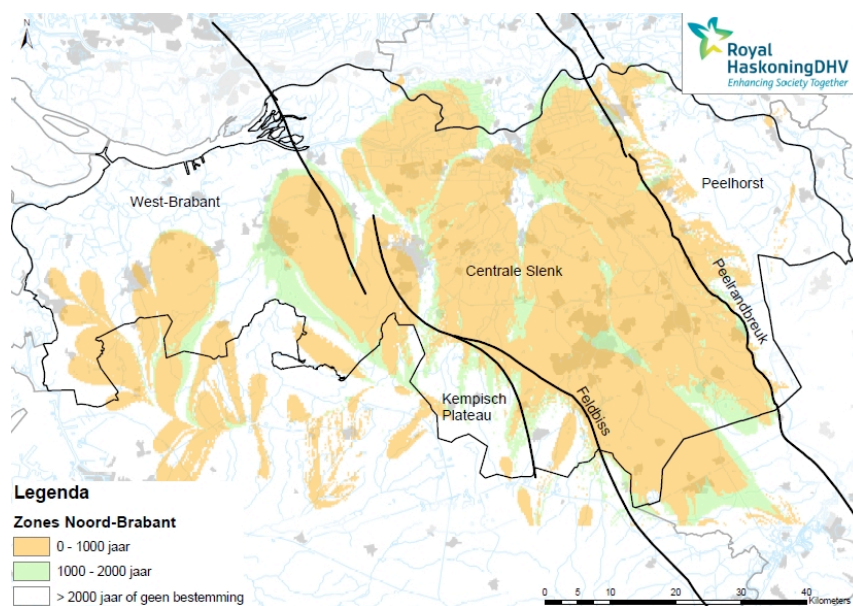
Het Brabant-model is de afgelopen jaren ingezet om verschillende beleidsvragen te beantwoorden die de hele provincie dekken.

Onderbouwing beregeningsbeleid

De hoeveelheid onttrokken grondwater voor beregening is alleen beschikbaar als jaartotaal en niet per dag. Hiervoor berekende de onverzadigde-zone-module FLUZO eerst het vochttekort (op basis van de neerslag, potentiële en actuele verdamping, grondgebruik, bodemtype en dikte onverzadigde zone). We hebben aangenomen dat agrariërs met een beregeningsinstallatie dit tekort willen aanvullen. Dit bleek een goede aanname te zijn, wanneer tenminste in de modelkalibratie rekening wordt gehouden met een vast percentage van het beregeningswater dat niet ten goede komt aan de bodem. Op deze manier was het mogelijk om de geregistreerde hoeveelheden beregeningswater betrouwbaar te berekenen in de tijd, inclusief het effect van de beregening op grondwaterstanden rond natuurgebieden [4]. Het nieuwe Brabantse beregeningsbeleid van de waterschappen is hierop afgestemd. De grondwaterstand mag niet te veel dalen en de hoeveelheid kwel mag in natuurgebieden ook niet te veel afnemen. Wanneer het effect te groot is, mag er niet beregend worden op deze locatie. Op deze manier is de ligging van bufferzones rond de natuurgebieden bepaald en vastgesteld.

Grondwaterbescherming en schaliegaswinning

Een tweede toepassing is de bescherming van grondwatervoorraden in relatie tot mogelijke toekomstige schaliegaswinning. Door Provinciale Staten van Noord-Brabant zijn in oktober 2013 moties aangenomen om de grondwatervoorraden beleidsmatig te beschermen. Dit zou kunnen met het instellen van een 1.000-jaarszone rond de waterwinningen. Met het Brabant model zijn deze zones uitgerekend door het uitvoeren van stroombaanberekeningen [5]. Vanaf elke winningslocatie is 1.000 jaar in de tijd teruggerekend (afbeelding 4).



Afbeelding 4. Berekende 1.000-jaars intrekzones (oranje) van de industriële en drinkwaterwinningen in Noord-Brabant en Vlaanderen

Te zien is dat grote delen van Noord-Brabant in het potentieel nieuwe beschermingsgebied vallen. Alleen op de Peelhorst, in het oosten van Brabant, blijft een grote aaneengesloten witte vlek over. In dit gebied komen weinig grondwaterwinningen voor vanwege de geringe dikte van de watervoerende laag.

Organisatie van het grondwatermodel

De Hydrologische Gereedschapskist is staps- en vraagsgewijs ontwikkeld en verbeterd. Het is een databank waar afhankelijk van de toepassing modelschematisaties uit afgeleid worden. De databank was beschikbaar bij het adviesbureau (Royal HaskoningDHV) en kon ingezet worden wanneer nodig. Alle betrokken partijen waren het erover eens dat dit voor de langere termijn geen goede oplossing is. Daarom hebben de Brabantse waterschappen en Brabant Water afgesproken om het beheer gezamenlijk op te pakken. De infrastructuur – computers met modellen en databank – wordt ondergebracht bij waterschap De Dommel. Zo wordt intern expertise opgedaan en kunnen de databank en modellen zonder tussenkomst van Royal HaskoningDHV aan gebruikers ter beschikking worden gesteld.

Wat kan nog beter?

Er zijn nog vraagstukken die beter uitgezocht kunnen worden. We noemen er twee:

1. Het breukensysteem in Brabant is complex en heeft een grote invloed op de (on-)diepe grondwaterstroming. De ijking van het model kan voor dit onderdeel nog aanzienlijk beter. Diep fysisch onderzoek is onbetaalbaar, maar hoogfrequente metingen van de stijghoogte kunnen waarschijnlijk veel meer informatie over de invloed van de breuken geven.
2. De verschillende modellen in Limburg en Brabant berekenen aanzienlijk verschillende vochttekorten en grondwateraanvullingen. Dit was aanleiding om in de achtergronden van de berekening door de onverzadigde-zone-module te duiken [6]. Het in Brabant hiervoor gebruikte instrument (FLUZO) stamt al uit de jaren 80. Limburg gebruikt metaSWAP, een vereenvoudigde versie van het SWAP-model, bedoeld voor koppeling met grote grondwatermodellen. De vergelijking leerde dat alle drie de modellen (FLUZO, SWAP en metaSWAP) duidelijk verschillende resultaten geven. SWAP benadert de fysische processen – zoals de uitwisseling met het verzadigde grondwater en de verschillende verdampingsprocessen – het beste, maar ook het meest complex. In de berekende (actuele) verdamping blijken alle drie de modellen minimaal 15% af te wijken van de metingen. Discussie met deskundigen bevestigt dat er nog grote onzekerheden zitten in het berekenen en meten van de verdamping. Ook hier is dus nog winst te halen, en dat is zeker nodig als we in de toekomst goede voorspellingen willen doen over de water- en vochtvoorziening in een klimaat met langduriger droge periodes.

Afsluiting en conclusies

In Noord-Brabant is een gebiedsdekkende databank voor grondwater beschikbaar, met een aantal unieke kenmerken:

- flexibel af te leiden laagschematisatie met flexibele ruimtelijke resolutie
- basis voor modelbouw van zeer lokaal tot provinciedekkend schaalniveau
- bruikbaar bij diverse grondwatervraagstukken op verschillende schaalniveaus
- (lands)grensoverschrijdend consistent
- 100% transparant en reproduceerbaar
- waarde van de ingevoerde parameters is direct terug te leiden naar basisgegevens
- compatibel met landelijke databanken
- door te rekenen met verschillende modelcodes en rekenconcepten
- groeiend kennissysteem, door continu proces van verbetering van informatie en methoden

De essentie van de Hydrologische Gereedschapskist is dat het een continu proces van verbetering van informatie en methoden is. De ontwikkelde manier van werken met een hydrologische databank en generieke tools is ook goed toepasbaar elders in Nederland. Sterker nog: de databank maakt voor een belangrijk deel gebruik van landelijk beschikbare datasets en kan andersom ook regionaal verbeterde data ontsluiten voor landsdekkende studies. Er ligt hiermee een basis waarmee op een transparante wijze modellen kunnen worden gemaakt van zeer lokaal tot provinciedekkend schaalniveau. Een betere berekening van de verdamping, en dus ook van de grondwateraanvulling, is wel gewenst. Dit geldt niet alleen voor het Brabant-model, maar ook voor modellen voor andere delen van Nederland.

Literatuur

1. Moorman, J, Peerdeman, K. en Wouw, M. van de (2008). De Hydrologische Gereedschapskist. Visie op het ontwikkelen en beheren van hydrologische systeemkennis. Waterschappen Aa en Maas, Brabantse Delta en De Dommel.
2. Velner, R., Kleinendorst, Th., Wal, B. van der, Verhagen, F. Th. (2010). Een oproep aan hydrologisch Nederland: Voor een moderne werkwijze bij databeheer en modelleren. Stromingen. Nummer 2010-01.
3. Royal HaskoningDHV (2013). Kwaliteitsrapportage grondwatermodellen Noord-Brabant en Limburg. RHDHV rapport 9X1077 in opdracht van Stuurgroep DHZ. Februari 2013.
4. Royal HaskoningDHV (2014). Grondwatermodellering effectenberegeningsbeleid Noord-Brabant. Technisch achtergronddocument. Concept RHDHV rapport BC8771 in opdracht van waterschappen Noord-Brabant. 27 mei 2014.
5. Royal HaskoningDHV (2014). 1000-jaarszones Noord-Brabant. RHDHV rapport BC9113 in opdracht van provincie Noord-Brabant. 26 mei 2014.
6. Boleij, J. (2012). Vergelijking FLUZO – SWAP – MetaSWAP. Modelvergelijking van drie onverzadigde zone modellen. Afstudeerverslag Wageningen University bij Royal Haskoning. 9 november 2012.