

Hydrologische modellering als basis voor het bepalen van potenties voor vegetatie en natuur in het kader van Ecosysteemvisies in Vlaanderen

¹ Vrije Universiteit Brussel,
Vakgroep Hydrologie en
Waterbouwkunde

² Katholieke Universiteit Leuven,
Departement Geografie-Geologie

In het kader van het Milieubeleidsplan (MINA-plan 2, Actie 105) van de Vlaamse Overheid werden tussen 1997 en 2002 voor een tiental rivier- en beekvalleien in Vlaanderen Ecosysteemvisies uitgewerkt.

In valleigebieden met ondiepe grondwaterstanden en aanzienlijke zones met kwel vormt de grondwaterhydrologie een belangrijke abiotische randvoorwaarde voor vegetatie en natuur. Hydrologische condities zijn er doorslaggevend voor de mogelijkheden om bepaalde vegetatietypes te ontwikkelen en vormen een essentieel onderdeel van de ecosysteemvisies. Bovendien heeft hydrologische modellering de mogelijkheid om gebiedsdekkende informatie te leveren over de randvoorwaarden, alsook veranderingen in de hydrologie door te rekenen met behulp van scenario's. Ze biedt op deze wijze een belangrijke meerwaarde voor ecohydrologische studies.

De Vakgroep Hydrologie en Waterbouwkunde van de Vrije Universiteit Brussel nam in vijf van deze Ecosysteemvisies de hydrologische modellering voor haar rekening. Voor de Ecosysteemvisie van de Visbeek-Kindernouwbek (Nete bekken) worden de belangrijkste resultaten getoond. Naast een inschatting van grondwaterparameters (kwantiteit), werd eveneens een inschatting gemaakt van de mogelijke aanrijking met nutriënten van een natuurzone via het grondwater (kwaliteit).

Inleiding

In valleigebieden met ondiepe grondwaterstanden en aanzienlijke zones met kwel, vormt de grondwaterhydrologie een belangrijke factor inzake de abiotische randvoorwaarden voor vegetatie en natuur. In onderstaand artikel wordt het belang en de meerwaarde van hydrologische modellering in het kader van ecohydrologische studies, zoals de Ecosysteemvisies, aangetoond. Naast een korte toelichting van het instrument 'Ecosysteemvisie', wordt de gehanteerde methodologie beschreven en aan de hand van een case-study voor de Visbeek-Kindernouwbek (Nete-bekken) worden eveneens de belangrijkste resultaten getoond.

1. Het instrument 'Ecosysteemvisie' en de rol van hydrologische modellering

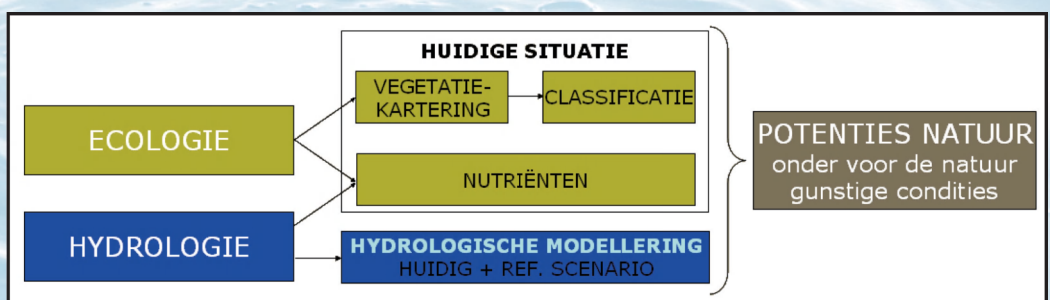
In het kader van het Milieubeleidsplan (MINA-plan II, Actie 105) van de Vlaamse Overheid werden tussen 1997 en 2002 voor een tiental rivier- en beekvalleien in Vlaanderen Ecosysteemvisies uitgewerkt.

Een Ecosysteemvisie geeft binnen een afgebakend gebied (afgebakend op fysisch-geografische basis) de plaats aan waar bepaalde typen natuur behouden kunnen blijven en/of tot ontwikkeling kunnen komen en waar ruimte gecreëerd kan worden voor aangewezen soorten (MINA-plan II, 1997).

Een Ecosysteemvisie omvat naast een omgevingsanalyse en een soortenkartering op perceelsniveau, eveneens een beschrijving van de abiotische randvoorwaarden (Van der Welle et al., 1999). Dit betreft in de eerste plaats de hydrologie en de nutriënten.

De hydrologie van de vallei wordt in beeld gebracht aan de hand van een gedetailleerde hydrologische modellering. Dit laat toe de hydrologische randvoorwaarden (grondwaterstand, schommelingen, aan/afwezigheid kwel, etc.) in te schatten, alsook inzicht in de hydrologische processen te verwerven. Enerzijds wordt dit voor de huidige situatie gedaan, anderzijds voor een referentiescenario met voor de natuur gunstigere condities (vaak vernatting). Figuur 1 geeft een vereenvoudigd schematisch overzicht.

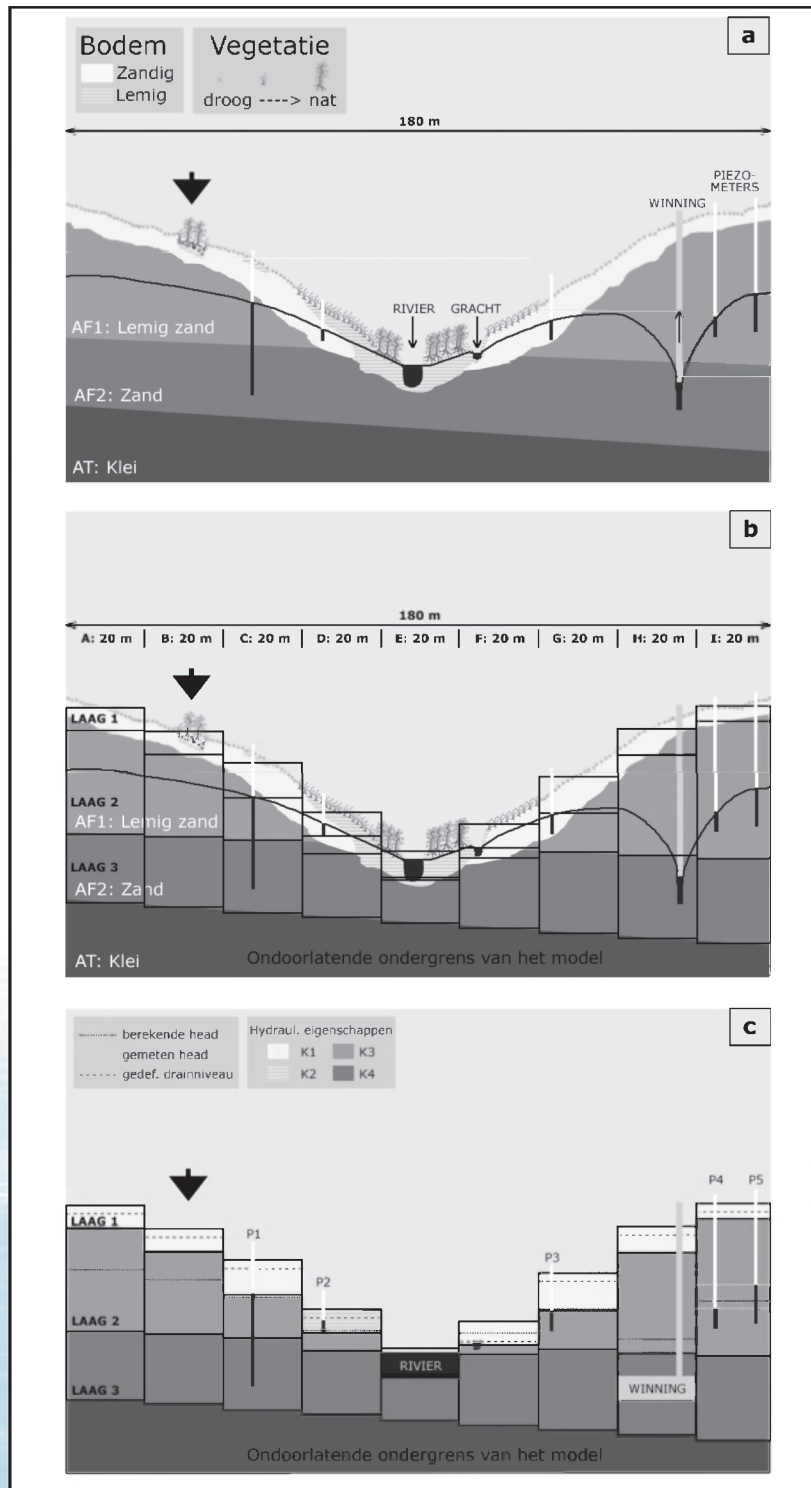
Figuur 1: Schematisch overzicht van de opzet van een Ecosysteemvisie



De Vakgroep Hydrologie en Waterbouwkunde van de Vrije Universiteit Brussel (VUB) nam in vijf van deze Ecosysteemvisies de hydrologische modellering voor haar rekening.

In een Ecosysteemvisie worden **ecologie en hydrologie** dus gecombineerd met het oog op het bepalen van de **potenties voor natuurtypen** in een rivier- of beekvallei onder verschillende abiotische – meestal hydrologische – omstandigheden (Figuur 1).

Figuur 2: Schematisering van de veldsituatie (a) in model reken-cellen (b en c), alsook de toekenning van hydraulische karakteristieken en randvoorwaarden zoals rivieren, winningen en drainage (c).



2. Hydrologische modellering

Voor de hydrologische modellering (met MODFLOW – zie kader) wordt het valleigebied geschematiseerd in rekencellen, waaraan hydraulische karakteristieken toegekend worden en waarin eveneens de belangrijkste hydrologische randvoorwaarden (rivieren, winningen, etc.) opgenomen worden.

MODFLOW (MODular groundwater FLOW model) is ontwikkeld door de U.S. Geological Survey (Harbaugh & McDonald, 2000) en is wereldwijd één van de meest gebruikte grondwatermodellen. MODFLOW is een driedimensionaal eindige verschillen model en is opgebouwd uit afzonderlijke modules die elk een onderdeel van de hydrologische processen (o.a. onttrekkingen, grondwatervoeding, drainage, rivieren, etc.) beschrijven en elk instaan voor een bepaald onderdeel van de in- en uitvoer van het model.

Figuur 2 toont hoe deze schematisering tot stand komt. Hierbij wordt meteen ook duidelijk dat – ondanks de hoge mate van detail – de werkelijkheid niet volledig gevat kan worden.

Zo geeft de neerwaartse pijl op de Figuren 2 a, b en c een zone aan waar, als gevolg van de aanwezigheid van een lokaal leemlaagje, de grondwaterstand schijnbaar ondiep is wat zich eveneens uit in nattere vegetatie. In het model in Figuur 2c komt deze lokale natte situatie echter niet tot uiting, wat een gevolg is van de keuze van de modelresolutie (in dit geval 20m).

De rekencellen geven dus steeds een gemiddelde toestand voor een bepaalde zone weer, wat in geval van lokale fenomenen mogelijk leidt tot problemen inzake de ecologische interpretatie.

Aan de hand van dit hydrologisch model worden, voor de huidige toestand, een aantal 'grondwaterparameters' bepaald. Deze hydrologische parameters, zoals o.a. de gemiddelde en seizoensale grondwaterstanden, leveren gebiedsdekkende informatie voor een ecologische analyse.

Naast de berekening voor de huidige toestand, worden ook de hydrologische parameters berekend voor een referentiescenario. Deze vormen een belangrijke input voor de 'vegetatievoorspelling' (bepalen potenties). Aan de hand van de gesimuleerde hydrologische standplaatsfactoren kan immers het voorkomen van bepaalde vegetatie (typen en/of soorten) ingeschat worden.

De belangrijke meerwaarde van hydrologische modellering voor ecohydrologische studies is bijgevolg de mogelijkheid om:

- gebiedsdekkende informatie te leveren
- veranderingen in de hydrologie door te rekenen in (verschillende) scenario's.

Mits het in acht nemen van mogelijke schaalverschillen (resolutie ecologische analyse versus hydrologische modelresolutie) bij de interpretatie van de resultaten, vormt hydrologische modellering een onontbeerlijke basis voor ecologische analyse.

3. Case-study: Visbeek-Kindernouwebeek

In het kader van de Ecosysteemvisie voor de vallei van de Visbeek-Kindernouwebeek (Nete bekken) werd voor het stroomgebied van de rivier (22 km²) een vier-lagig grondwatermodel met een rekencelresolutie van 20 bij 20 m opgebouwd (Verbeiren et al., 2005). Het model werd gekalibreerd aan de hand van de meetgegevens van 91 peilputten (RMSE studiegebied: 0,34 m). Naast een inschatting van grondwaterparameters (kwantiteit), werd eveneens een inschatting gemaakt van de mogelijke aanrijking met nutriënten van een natuurzone via het grondwater (kwaliteit).

RMSE = Root Mean Square Error: Is de gemiddelde absolute afwijking, in dit geval tussen de berekende en de gemeten grondwaterstand. De RMSE wordt vaak gebruikt als een maat voor de nauwkeurigheid van de modelresultaten.

a) Kwantiteit

Aan de hand van het hydrologisch model werden een aantal 'grondwaterparameters' bepaald en voorgesteld als gebiedsdekkende kaarten (Verbeiren et al., 2005), met name:

- Grondwaterstand (of grondwaterdiepte)
- Seizoensale grondwaterschommeling
- Kwelgebieden en grondwater beïnvloede zones (zie kader)
- Kwelintensiteit
- Toestromingsstijden (ouderdom grondwater)

Dit gebeurde in de eerste plaats voor de 'huidige situatie' en vervolgens voor het 'vernattingsscenario'. Bij dit laatste werd verondersteld dat geen grondwater meer wordt opgepompt (sluiten winningen) en werd uitgegaan van ondiepere drainagegrachten.

Uit de modellering blijkt dat het beekdal in hoge mate beïnvloed wordt door het grondwater. Grote delen van het studiegebied kennen een ondiepe grondwaterstand (< 0,5 m). De schommeling doorheen het jaar blijft redelijk beperkt (gemiddeld: 0,66m), met uitschieters (> 1 m) in het zuidoosten en het uiterste noorden. Het effect van een vernatting lijkt op het eerste zicht eerder gering, met een gemiddelde verhoging van de grondwaterstand van 0,27 m. Ondanks de relatief geringe verschillen qua grondwaterstanden in het studiegebied, blijkt het vernattingsscenario een aanzienlijke invloed te hebben op de grootte van de kwelgebieden (meer bepaald een toename van de kweloppervlakte tot 4,8 km², een verviervoudiging!) en de grondwaterbeïnvloede zones.

De resultaten voor het vernattingsscenario vormen de basis voor de vegetatievoorspelling met NICHE (uitgevoerd door KIWA Water Research).

Kwelgebieden worden gedefinieerd als gebieden waar de grondwaterstand gelijk is aan de topografie of een vlak daar net onder en waar er een opwaartse grondwaterstroming heerst.

Grondwater beïnvloede zones worden gedefinieerd als zones met een opwaartse grondwaterstroming én een ondiepe grondwaterstand (< 0,5m).

Het model NICHE (Nature Impact assessment of Changes in Hydro Ecological systems – Meuleman, 1996) berekent de effecten van veranderingen in de waterhuishouding en landgebruik op de standplaats van de vegetatie. NICHE voorspelt de potentiële ontwikkeling van de vegetatie (stabiele evenwichtssituatie) op grond van de berekende standplaatscondities.

b) Kwaliteit

Aan de hand van een *profielmodellering* voor het transport van nutriënten (MT3D – zie kader) en een *particle tracking* (MODPATH – zie kader) werd nagegaan of hoger gelegen landbouwgebieden de aan de Visbeek-Kindernouwebeek gelegen natuurpercelen beïnvloeden (aanrijking). Figuur 3 toont de locatie van het profiel (stippellijn).

De opbouw van het profielmodel (resolutie: 10m) is identiek aan het gebiedsdekkend grondwatermodel voor de Visbeek-Kindernouwebeek.

Om de landbouwinvloed via drainage na te gaan werden twee scenario's gesimuleerd: (1) drainage op 1,5 m onder maaiveld en (2) géén drainage. Bij dit laatste scenario wordt een standaard drainage diepte van 0,10 m onder maaiveld verondersteld (zie kader).

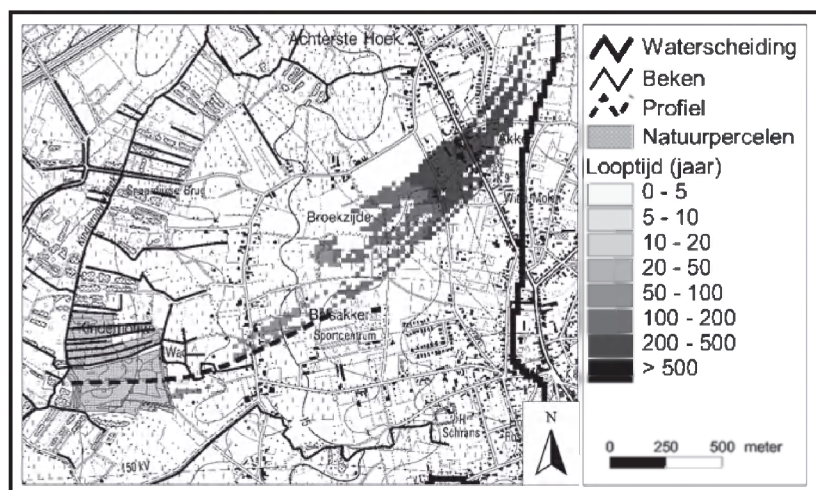
Uit de hydrochemische modellering blijkt dat het nutriëntentransport richting natuurgebied, op deze specifieke locatie (zeer) beperkt blijft. Het opheffen van drainage (scenario 2) resulteert in eerder regionale systemen met langere stroombanen, lagere stroomsnelheden en langere verblijftijden, zodat meer afbraak en adsorptie mogelijk is, met lagere concentraties in het grondwater tot gevolg. In scenario 1 lijken de drainagegrachten een deel van de nutriënten af te vangen. De nutriënten bereiken echter niet de natuurpercelen.

Ook uit de particle tracking analyse blijkt dat er geen directe aanrijking is vanuit de landbouwzone ten oosten van de aan de Kindernouwebeek gelegen natuurpercelen. Figuur 3 toont het voedingsgebied, alsook de overeenkomstige looptijd. De landbouwpercelen net ten oosten van de natuurzone (aansluitend) horen duidelijk niet tot het voedingsgebied. Verder gelegen landbouwpercelen die wel tot het voedingsgebied horen, hebben echter lange tot zeer lange looptijden (100 tot 500 jaar), wat een aanrijking weinig waarschijnlijk maakt.

De gedefinieerde drainage diepte is het niveau waarop water het grondwatermodel langs boven "verlaat", hetzij door drainage in beken, hetzij onder de vorm van kwel die al dan niet beschikbaar is voor vegetatie. Standaard werd voor deze modellering een waarde van 0,10m onder maaiveld verondersteld.

MT3D is een Modulair Transportmodel in 3-Dimensies dat, in combinatie met een grondwaterstromingsmodel als MODFLOW, gebruikt

Figuur 3: Voedingsgebied natuurpercelen gelegen ter hoogte van de Kindernouw.



wordt om het transport (advectie, dispersie en chemische reacties) van opgeloste deeltjes – in dit geval nutriënten – in het grondwatersysteem te simuleren (Zheng & Wang, 1999). MODPATH is een 'particle tracking' post-processing programma, waarbij MODFLOW resultaten gebruikt worden om de stroombanen van denkbeeldige waterdeeltjes te 'traceren' alsook de overeenkomstige looptijden te berekenen (Pollock, 1994).

Conclusie

De belangrijkste resultaten van een grondwatermodellering, zoals deze voor de Ecosysteemvisie van de Visbeek-Kindernouwbeek werd uitgevoerd, zijn gebiedsdekkende kaarten voor grondwaterstanden, grondwaterschommelingen, kwel- en grondwaterbeïnvloede zones, kwelintensiteiten en verblijftijden. De grondwaterstroming wordt zowel voor de huidige toestand als voor een vernattingsscenario gesimuleerd. Hydrologische modellering biedt op deze wijze een belangrijke meerwaarde voor ecohydrologische studies. Ze vormt, mits het in acht nemen van mogelijke schaalverschillen, een onontbeerlijke basis voor ecologische interpretatie. Daarnaast bieden transport en particle tracking modellen de mogelijkheid om bijkomend inzicht te verwerven in het functioneren van het (lokaal) ecosysteem en zo de ecologische analyse verder te ondersteunen.

Dankwoord

Tot slot zou ik volgende personen en instellingen willen bedanken voor hun bijdrage aan en het mogelijk maken van dit onderzoek.

- Hans Backx & Patrick Meire (Onderzoeksgroep Ecosysteembeheer - UA) en Martin De Haan, Mark Jalink en Johan Grijpstra (KIWA Water Research) voor de vruchtbare samenwerking in het kader van 'Ontwerp van een Ecosysteemvisie voor de de vallei van de Visbeek-Kindernouwbeek'.
- De opdrachtgever: het Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap, Departement Leefmilieu en

Infrastructuur (LIN), Administratie Milieu-, Natuur-, Land- en Waterbeheer (AMINAL), Afdeling Natuur.

Bibliografie

Harbaugh, A.W. & McDonald, M.G. (2000). MODFLOW-2000, the U.S. Geological Survey modular groundwater model – User guide to modularization concepts and the groundwater flow process. Open-File Report 00-92, USGS, Reston, Virginia, 121 p.

Meuleman A.F.M. (1996). "NICHE: een nieuw instrument voor hydro-ecologische effectvoorspelling." *H 2 O* 29 (5): 137-139.

MINA-plan II (1997) van het Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap, departement Leefmilieu en Infrastructuur (LIN), Administratie Milieu, Natuur, Land- en Waterbeheer (AMINAL).

Pollock, D.W. (1994) *Users's guide for MODPATH, Version 3: A particle tracking post processing package for MODFLOW*. Open-File Report: 93 pp., US Geological Survey, Reston, Virginia.

Van Der Welle J., Meire P., Schneiders A. & Mertens, W. (1999). "Richtlijnen voor het opstellen van Ecosysteemvisies: ecologische inventarisatie en modellering langs onbevaarbare waterlopen", eindrapport. Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap, departement Leefmilieu en Infrastructuur (LIN), Administratie Milieu, Natuur, Land- en Waterbeheer (AMINAL), Afdeling Water: Antwerpen. 73, 21 pp.

Verbeiren B., Tuccu S., Batelaan O. & De Smedt F. (2005). "Ontwerp van een Ecosysteemvisie voor de Vallei van de Visbeek-Kindernouwbeek." Deel 1: Hydrologische Systeemmodellering. Eindrapport MINA/105/01/02, Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap, AMINAL, 125 p.

Zheng Chunmiao, and Wang, P. Patrick (1999). *MT3DMS: A modeluar three-dimensional multispecies transport model for simulation of advection, dispersion, and chemical reactions of contaminants in groundwater systems; documentation and user's guide*, contract Report SERDP-99-1, US Army Engineer Research and Development Center, Vicksburg, MS.

B. Verbeiren¹, Vorser (BAP) - Doctoraatstudent, bverbeir@vub.ac.be,
O. Batelaan^{1,2} en F. De Smedt¹

¹ Vrije Universiteit Brussel, Vakgroep Hydrologie en Waterbouwkunde
Pleinlaan 2, 1050 Brussel, Gebouw T
Tel.: 02/629.30.21, Fax: 02/629.30.22
Email: hydr@vub.ac.be
Website: <http://tuwvs6.vub.ac.be/hydr/default.htm>

² Katholieke Universiteit Leuven, Departement Geografie-Geologie
Celestijnenlaan 200e - bus 2410,
3001 Heverlee