Joachim Rozemeijer[1] &
Frans van Geer[2]
[1] Deltares, Princetonlaan 6
Postbus 85467
3508 AL Utrecht
Joachim.Rozemeijer@deltares.nl
[2] TNO Geologische Dienst
Nederland, Princetonlaan 6
Postbus 80015
3508 TA Utrecht
frans.vangeer@tno.nl

Hot spots in Hupsel en Hot moments in Brabant; kijk eens wat vaker naar het oppervlaktewater

Geologie, bodem, landgebruik, grondwater en oppervlaktewater zijn onlosmakelijk met elkaar verbonden. Door oppervlaktewaterdeskundigen worden de geohydrologische omstandigheden en de aanvoer vanuit het grondwater echter vaak slechts als vaste randvoorwaarden meegenomen in gebiedsanalyses.

Afbeelding 1 linkerpagina. | *Een nieuwe drainagebuis wordt aangelegd in een perceel bij de Hupselse Beek.*

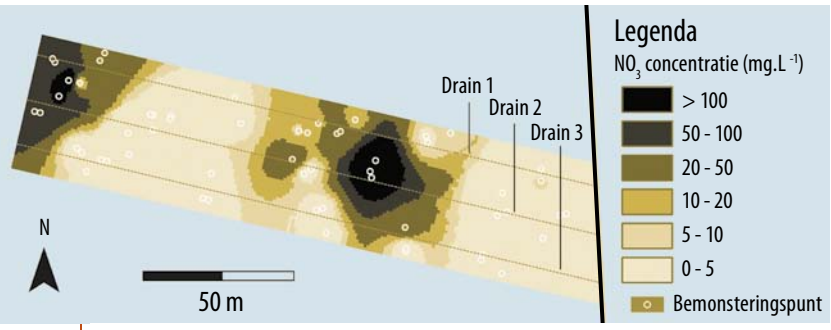
In dit artikel laten we zien dat de realiteit anders is: oppervlaktewater is voor het overgrote deel afgevoerd grondwater. Daarmee hebben geologie, bodem en landgebruik dus niet alleen invloed op grondwaterstroming- en kwaliteit, maar ook op het meer zichtbare water in sloten, beken en rivieren. Overstromingen, te lage rivierafvoeren, waterkwaliteitsproblemen; ook kennis van geologie en bodemkunde kan bijdragen aan oplossingen.

Maar het werkt ook andersom: om iets over de ondergrond te weten te komen is het soms efficiënter om naar het oppervlaktewater te kijken. Je kunt er gemakkelijk bij en er wordt vaak al veel gemeten aan afvoer en chemische samenstelling. Basiskennis van oppervlaktewaterhydrologie en -hydrochemie is daarom ook nuttig voor ondergronddeskundigen.

Hot spots in Hupsel

Als eerste voorbeeld introduceren we een grasperceel van boer Kimmels in het stroomgebied van de Hupselse beek in de Achterhoek. Zoals veel van deze landbouwpercelen, is dit perceel voorzien van buisdrainage om de ontwatering te verbeteren (Afb. 1). In het één hectare grote weiland liggen drie drains op 90 centimeter diepte. Als de grondwaterstanden stijgen tot boven dit drainniveau, voeren de drains het bovenste grondwater af naar de naastgelegen sloot. Het water dat uit de drains komt zou wel eens een goed mengmonster kunnen zijn van het bovenste grondwater in het perceel. Toch lukte het niet de samenstelling van het drainwater te verklaren met de kwaliteit van het grondwater dat we op 16 plekken bemonsterd hadden. De concentraties nitraat waren in de drie drains gemiddeld veel hoger dan in de 16 bemonsterde plekken.

Een mogelijke verklaring voor het verschil was dat we delen van het perceel met hoge concentraties *(hot spots)* in de bemonstering gemist hadden. Om eens echt uit te zoeken hoe het zat, hanteerden we de grondboor om op 61 plekken in het perceel het bovenste grondwater te bemonsteren. Direct in het veld zijn van alle monsters onder meer de nitraatconcentraties gemeten. De concentraties bleken te variëren van 0 tot 200 mg/l. Op een geïnterpoleerd kaartje (Afb. 2) zijn twee *hot spots* zichtbaar; één achterin het perceel en één middenin.



Afbeelding 2. | *Ruimtelijke patroon van NO_3 concentraties in het bovenste grondwater in een perceel langs de Hupselse Beek. De hot spots zijn donker gekleurd; voor verdere verklaring: zie de tekst. (uit Rozemeijer et al., 2010.)*

Boer Kimmels was niet verbaasd over de meetresultaten. Achterin het perceel staat namelijk de drinkbak. Bij warm weer liggen de koeien daar in de buurt om vaak te kunnen drinken. Daar komen dan ook hun uitwerpselen en urine terecht en spoelt het meeste nitraat uit naar het grondwater. Voor de *hot spot* in het midden was ook wel een verklaring. Bij normaal weer lopen de koeien meestal al grazend heen en weer, steeds met alle neuzen dezelfde kant op. Zodra de snelste koe bij het hek aankomt, draait de hele kudde om. De meesten halen de uitersten van het perceel niet, waardoor het midden meer uitwerpselen te verwerken krijgt.

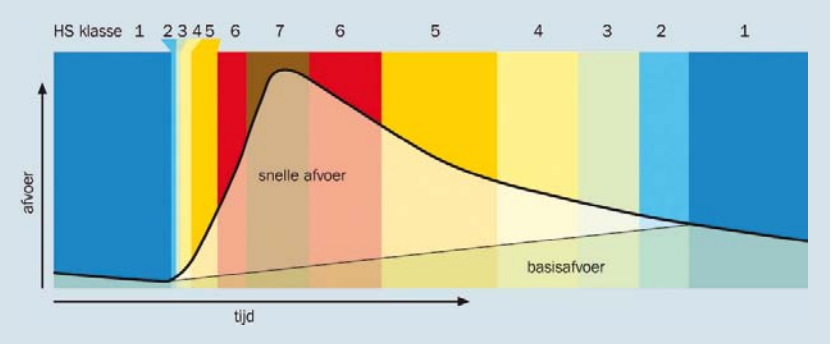
Wat de verklaring voor de grote ruimtelijke variaties in de nitraatconcentraties ook is, het gemiddelde van de 61 grondwatermonsters klopt nu precies met de gemiddelde concentratie in de drie drains. Ook per drain klopt de nitraatconcentratie met de gemiddelde concentratie van het grondwater in het invanggebied rond de drain. De oorzaak van de lagere concentraties in één van de drains (nr. 3) werd nu duidelijk; de betreffende drain loopt grotendeels *buiten* de *hot spot* met hoge nitraatconcentraties.

Als we de grondwatersamenstelling op een perceel willen weten, zouden we in een eerste reflex de grondboor erbij pakken en grondwater gaan bemonsteren (hetgeen wij dus ook deden). De meetresultaten op het onderzoeksperceel in Hupsel laten echter zien dat drie drainwatermonsters een even goed beeld van de gemiddelde grondwatersamenstelling opleveren als 61 grondwatermonsters. Een beetje drainwater opvangen in een flesje is bovendien veel makkelijker dan het bemonsteren van grondwater. Zolang we geen specifieke interesse hebben in de ruimtelijke patronen in de grondwatersamenstelling is het dus veel efficiënter om drainwater te bemonsteren dan grondwater uit boorgaten. Op dezelfde manier kunnen afvoer- en waterkwaliteitsmetingen in sloten, beken en rivieren informatie geven over de waterkwaliteit in de ondergrond in het bovenstroomse gebied.

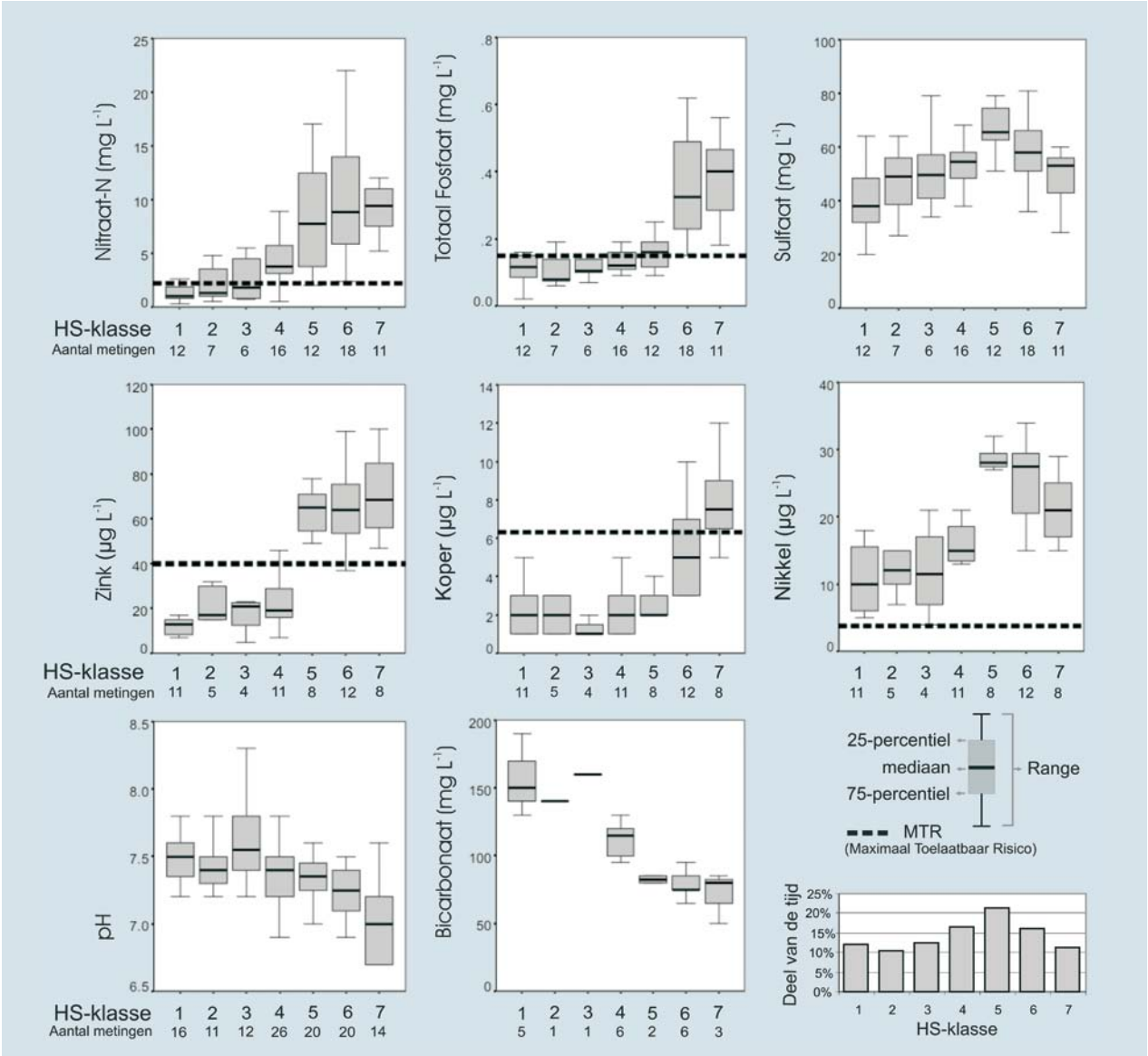
Hot moments in Brabant

Als voorbeeld op een groter schaalniveau kijken we naar meetgegevens van het Merkske: een beekje dat ten zuiden van Breda door Belgisch en Nederlands landbouwgebied stroomt. De waterkwaliteitsgegevens van het Merkske van 1990-2002 zijn in groepen onderverdeeld op basis van de hydrologische omstandigheden op het moment van bemonsteren. Naast de oppervlaktewaterkwaliteit wordt door Waterschap Brabantse Delta tevens de afvoer gemeten bij het uitstroompunt van het stroomgebied. Voor de scheiding in periodes met basisafvoer en met snelle afvoeromstandigheden is gebruik gemaakt van *Hydrograph Separation* (HS). Bij de hier gebruikte methode voor HS worden de componenten "basisafvoer" en "snelle afvoer" van de afvoercurve gescheiden door een lijn met een constante helling (zie Afb. 3).

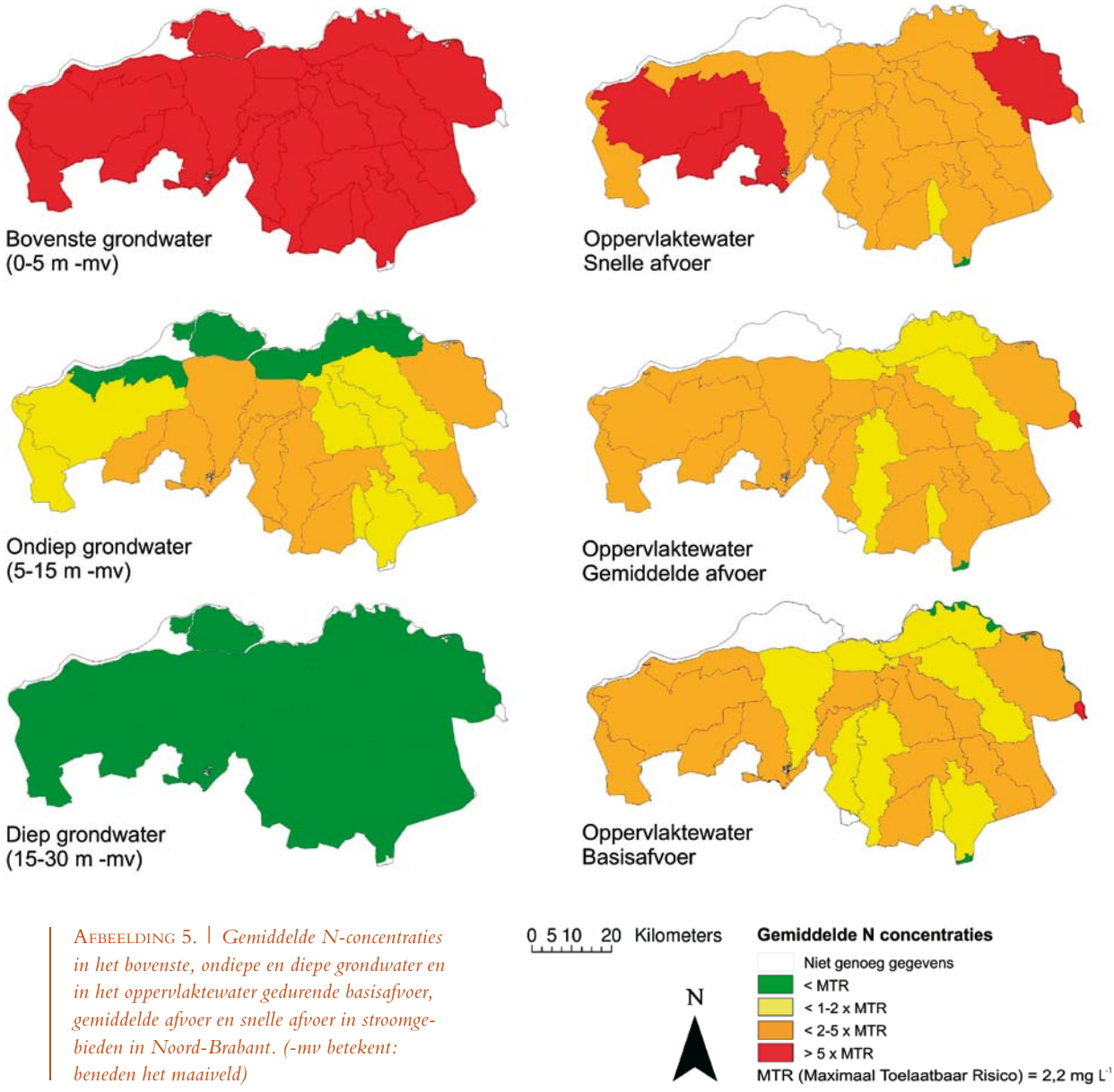
Op basis van het percentage basisafvoer is de tijd verder ingedeeld in klassen van droog (100% basisafvoer, HS-klasse 1) tot nat (>90 % snelle afvoer, HS-klasse 7). De oppervlaktewater-kwaliteitsgegevens van het Merkske zijn in deze zeven HS-klassen ingedeeld. In afbeelding 4 zijn "boxplots" weergegeven die de statistieken van de concentraties in de zeven HS-klassen weergeven. Deze boxplots laten duidelijk de relatie zien tussen oppervlaktewaterkwaliteit en afvoeromstandigheden. Bij basisafvoer lijkt de kwaliteit van het oppervlaktewater op die van het diepe grondwater (weinig nitraat, veel bicarbonaat). Bij snellere afvoer laten de concentraties in het oppervlaktewater zien dat de bijdrage van het ondiepe grondwater, met veel nitraat en weinig bicarbonaat, toeneemt. Gedurende afvoerpieken *(hot moments)* zijn de concentraties van landbouwgerelateerde nutriënten en zware metalen het hoogst. De resultaten van de andere geanalyseerde stoffen en de andere voorbeeldstroomgebieden bevestigen deze algemene relaties. De verschillen tussen de stoffen kunnen worden verklaard aan de hand van verschillen in hun chemische eigenschappen.



Afbeelding 3. | *De oppervlaktewaterkwaliteitsgegevens zijn ingedeeld in zeven Hydrograph Separation klassen (HS-klassen) op basis van het percentage snelle afvoer op het moment van bemonsteren.*



Afbeelding 4. | *Boxplots van de gemeten concentraties in de verschillende HS-klasses, rechtsonder is weergegeven hoe veel tijd elke HS-klasse relatief optreedt.*



Afbeelding 5. | *Gemiddelde N-concentraties in het bovenste, ondiepe en diepe grondwater en in het oppervlaktewater gedurende basisafvoer, gemiddelde afvoer en snelle afvoer in stroomgebieden in Noord-Brabant. (-mv betekent: beneden het maaiveld)*

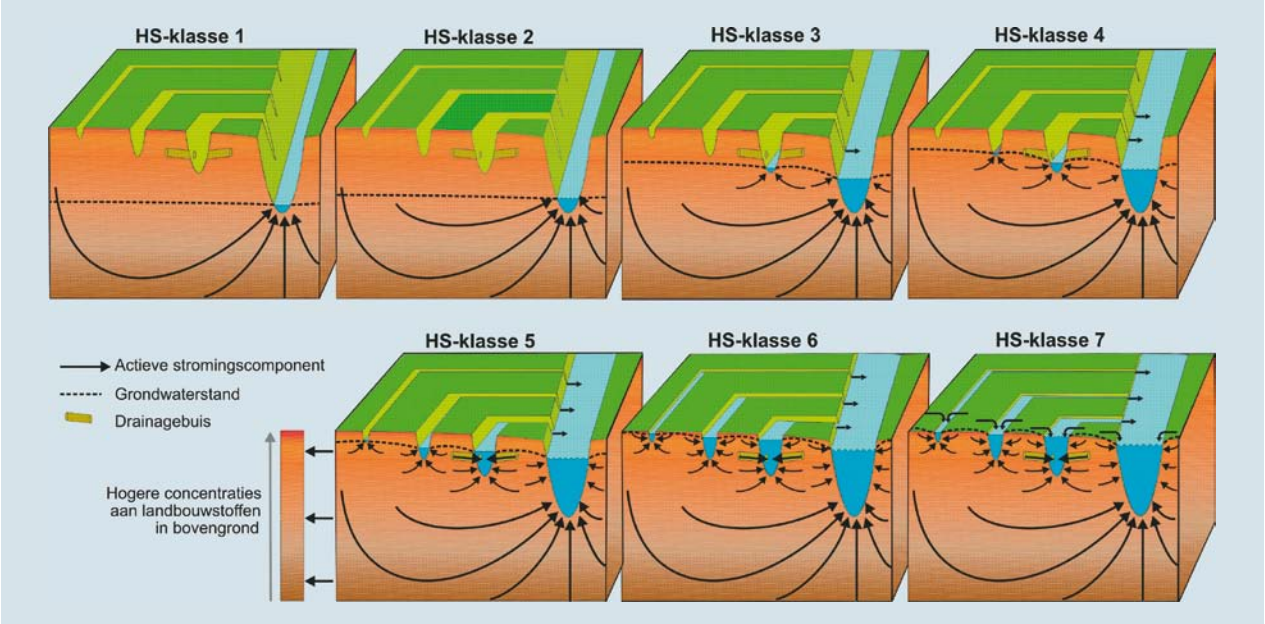
Op het schaalniveau van de gehele provincie Noord-Brabant zijn kaarten gemaakt van de grondwaterkwaliteit op verschillende diepteniveaus en de oppervlaktewaterkwaliteit onder verschillende afvoeromstandigheden. In afbeelding 5 zijn de kaarten voor stikstof afgebeeld. Om de vergelijking tussen de grond- en oppervlaktewaterkaarten mogelijk te maken, zijn de concentraties gerelateerd aan de MTR (Maximaal Toelaatbaar Risico) voor oppervlaktewater (2,2 mg N per liter).

De grondwaterkaarten in afbeelding 4 laten zien dat de stikstofconcentraties in het grondwater afnemen met de diepte. In het bovenste grondwater zijn de concentraties overal minstens vijf maal hoger dan de MTR. In het ondiepe grondwater wordt de MTR ook in de meeste stroomgebieden overschreden. In het diepe grondwater zijn de stikstofconcentraties over het algemeen erg laag. Uit de grondwaterkaarten in afbeelding 5 concluderen we dat het bovenste en het ondiepe grondwater mogelijk een bedreiging zijn voor de oppervlaktewaterkwaliteit in Noord-Brabant.

De oppervlaktewaterkaarten in afbeelding 5 laten zien dat de gemiddelde stikstofconcentraties in het oppervlaktewater in alle stroomgebieden de MTR overschrijden. De concentraties zijn het hoogst onder snelle afvoeromstandigheden en het laagst onder basisafvoeromstandigheden. De concentraties in het oppervlaktewater bij basisafvoer, gemiddelde afvoer en snelle afvoer worden goed verklaard door menging van het bovenste, ondiepe en diepe grondwater. Dit is opvallend, want vooral in het noorden wordt de oppervlaktewaterkwaliteit ook beïnvloed door lozingen (van o.a. rioolwaterzuiveringsinstallaties), bronnen in stedelijk gebied en aanvoer van gebiedsvreemd water. Kennelijk heeft de dynamiek in de mengverhouding van grondwater van verschillende diepteniveaus ook in gebieden met andere bronnen een dominante invloed op de oppervlaktewatersamenstelling.

Conceptueel model

Op basis van de resultaten van onderzoek in een aantal voorbeeldstroomgebieden is het volgende conceptuele model voorgesteld (Rozemeijer & Broers, 2007):
De oppervlaktewaterkwaliteit onder bepaalde afvoeromstandigheden is, afgezien van de invloed van puntbronnen, de resultante van een bepaalde mengverhouding van grondwater afkomstig vanuit de verschillende diepteniveaus. Bij snelle afvoer verschuift



Afbeelding 6. | *Visualisatie van het conceptuele model voor de relatie tussen grond- en oppervlaktewater. De grondwaterstromingscomponenten die onder verschillende afvoeromstandigheden (HS-klassen) bijdragen aan het oppervlaktewater, zijn aangegeven met zwarte pijlen.*

deze mengverhouding naar de ondiepere, snellere afvoercomponenten. Bij basisafvoer hebben de diepere, tragere afvoercomponenten meer invloed. Door de verschillen in waterkwaliteit tussen de diepteniveaus hebben de verschuivingen in de mengverhouding gevolgen voor de oppervlaktewaterkwaliteit.

In afbeelding 6 wordt dit concept gevisualiseerd voor een geschematiseerde dwarsdoorsnede van een stroomgebied. Het bovenste grondwater is het meest verontreinigd door landbouwactiviteiten (Van der Grift *et al*., 2004). Het diepere grondwater is schoner doordat veel verontreinigende stoffen sterk adsorberen in de ondiepe ondergrond (fosfaat en zware metalen) of worden afgebroken (nitraat). In afbeelding 6 is de verontreinigingstoestand van de ondergrond met kleur gevisualiseerd (van rood naar bruin). In afbeelding 6 is ook te zien dat het oppervlaktewater onder droge omstandigheden wordt gevoed vanuit het schone diepere grondwater. Onder nattere omstandigheden gaat het ondiepe grondwater meer bijdragen aan de oppervlaktewaterafvoer. Na nog nattere periodes komt ook het bovenste grondwater langs zeer korte stroombanen via kleinere sloten, greppels en drains en eventueel zelfs via oppervlakkige afstroming in de beek terecht. Vooral met deze snelle, oppervlakkige stroombanen wordt veel landbouwverontreiniging meegevoerd naar het oppervlaktewatersysteem.

Conclusie

De tijd die het water in de ondergrond verblijft op zijn weg vanaf infiltratie tot de aankomst in het oppervlaktewater, kan kort of lang zijn. Bij langere reistijden is er meer tijd voor verandering van de watersamenstelling. Bovendien maakt het veel verschil wat het grondwater onderweg tegen komt, zoals grondlagen waar stoffen kunnen adsorberen of waar denitrificatie kan optreden. Bij verschillende hydrologische omstandigheden (droge of natte perioden) verandert niet alleen de hoeveelheid water die naar de sloten afstroomt, maar ook de route die de verschillende componenten door de ondergrond afleggen. Enerzijds kan met kennis van de samenstelling van de ondergrond voorspeld worden wat de kwaliteit zal zijn van het oppervlaktewater. Anderzijds geeft een analyse van de variatie van het oppervlaktewater in de tijd een beeld van de samenstelling van de ondiepe en diepere ondergrond waar het water van afkomstig is. Ruimtelijke verschillen in de ondergrond (en bijvoorbeeld de locatie van breuken) kunnen met chemische *routings* door het oppervlaktewater (lees; op een zomerse dag met een bootje en monsterflesjes en/of sensoren de rivier af) in beeld worden gebracht. Zeker in gegevensarme gebieden kan een vaartochtje dus niet alleen aangenaam maar ook erg informatief zijn.

LITERATUUR

Rozemeijer, J.C., 2010.
Dynamics in groundwater and surface water quality. From field-scale processes to catchment-scale monitoring. Proefschrift Universiteit Utrecht.

Rozemeijer, J.C., & Broers, H.P., 2007.
The groundwater contribution to surface water contamination in a region with intensive agricultural land use (Noord-Brabant, The Netherlands). Environ. Pollut. 148: pp., 695-706.

Grift, B. van der, Rozemeijer, J.C., Vliet, M.E. van & Broers, H.P., 2004.
De kwaliteit van het grondwater in de provincie Noord Brabant, Rapportage over de toestand van 2003 en trends in de periode 1992 t/m 2003, TNO report NITG 04-206-B, TNO Built Environment and Geosciences, Utrecht (in Dutch).