



Janneke Klein, Deltares/TNO Bouw en Ondergrond
Hans Peter Broers, Deltares/TNO Bouw en Ondergrond
Bas van der Grift, Deltares
Gabriël Zwart, Waterschap Peel en Maasvallei

Oppervlaktewater in Limburg sterk beïnvloed door grondwater

Grond- en oppervlaktewater maken deel uit van hetzelfde hydrologische systeem. Verontreinigende stoffen die in het verleden in de bodem terecht zijn gekomen, kunnen via het grondwater uiteindelijk in het oppervlaktewater verschijnen. Inzicht in de invloed van grondwater onder verschillende afvoeromstandigheden op de oppervlaktewaterkwaliteit helpt bij vragen vanuit het GGOR- en KRW-proces en bij de afweging van de te nemen maatregelen. Maatregelen zoals grondwaterpeilveranderingen, drainage en mestmaatregelen kunnen beter worden beoordeeld op hun effect op de belasting van het grond- en oppervlaktewater. Door middel van een door Deltares ontwikkelde methode is het mogelijk om een eerste beeld te krijgen van de relatie tussen grond- en oppervlaktewater en de grondwaterbijdrage aan het oppervlaktewatersysteem te kwantificeren op basis van aannames en een conceptueel model van de werking van het systeem. In het project Waterkwaliteit op basis van Afkomst en HYDrologische systeemanalyse (WAHYD) is deze methode in Limburg toegepast. De studie ondersteunt de notie dat de oppervlaktewaterkwaliteit voor een aantal stoffen sterk wordt beïnvloed door de grondwaterkwaliteit.

Onder natuurlijke omstandigheden wordt de kwaliteit van het grondwater voornamelijk beïnvloed door uit de ondergrond vrijkomende stoffen. Het voedselarme regenwater dat infiltreert naar het grondwater, neemt in de ondergrond nutriënten en andere stoffen op. Dit matig voedselrijke tot voedselarme water kwelt vervolgens op in beken en kwelgebieden. De grondwaterkwaliteit wordt echter ook sterk beïnvloed door vervuiling door menselijke activiteiten nu en in het verleden. Door jarenlange bewoning, industrie, verkeer en landbouw zijn de bodem en het grondwater verontreinigd met nutriënten en zware

metalen. Deze verontreinigingen dringen steeds dieper in de ondergrond door en vormen een bedreiging voor de mens (onder andere voor de drinkwatervoorziening) en voor grondwaterafhankelijke natuur.

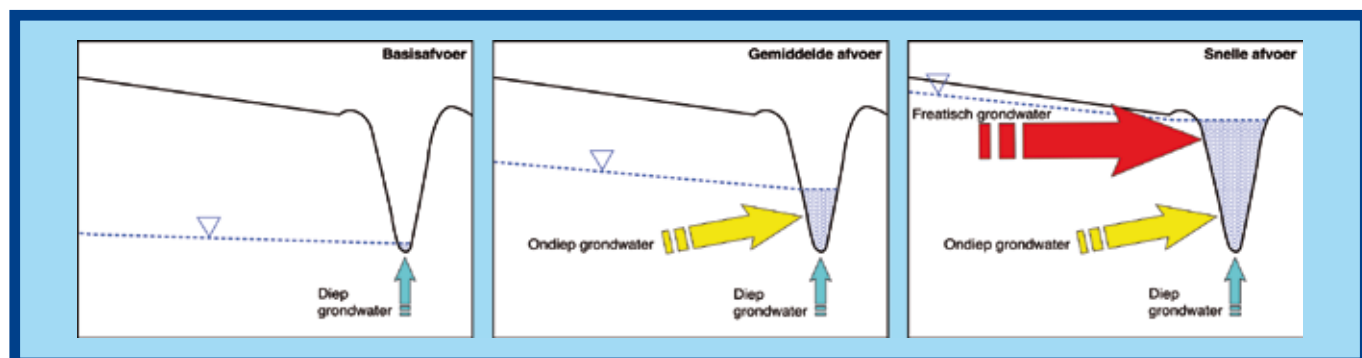
Door middel van het interpreteren van monitoringsdata van grond- en oppervlaktewater kan in beeld gebracht worden waar stoffen in de huidige situatie vandaan komen. In samenwerking met de Provincie Limburg en de waterschappen Peel en Maasvallei en Roer en Overmaas is het zogeheten STROMON-concept¹⁾ op Limburg toegepast om de relatie tussen grond- en oppervlaktewaterkwaliteit in beeld te krijgen.

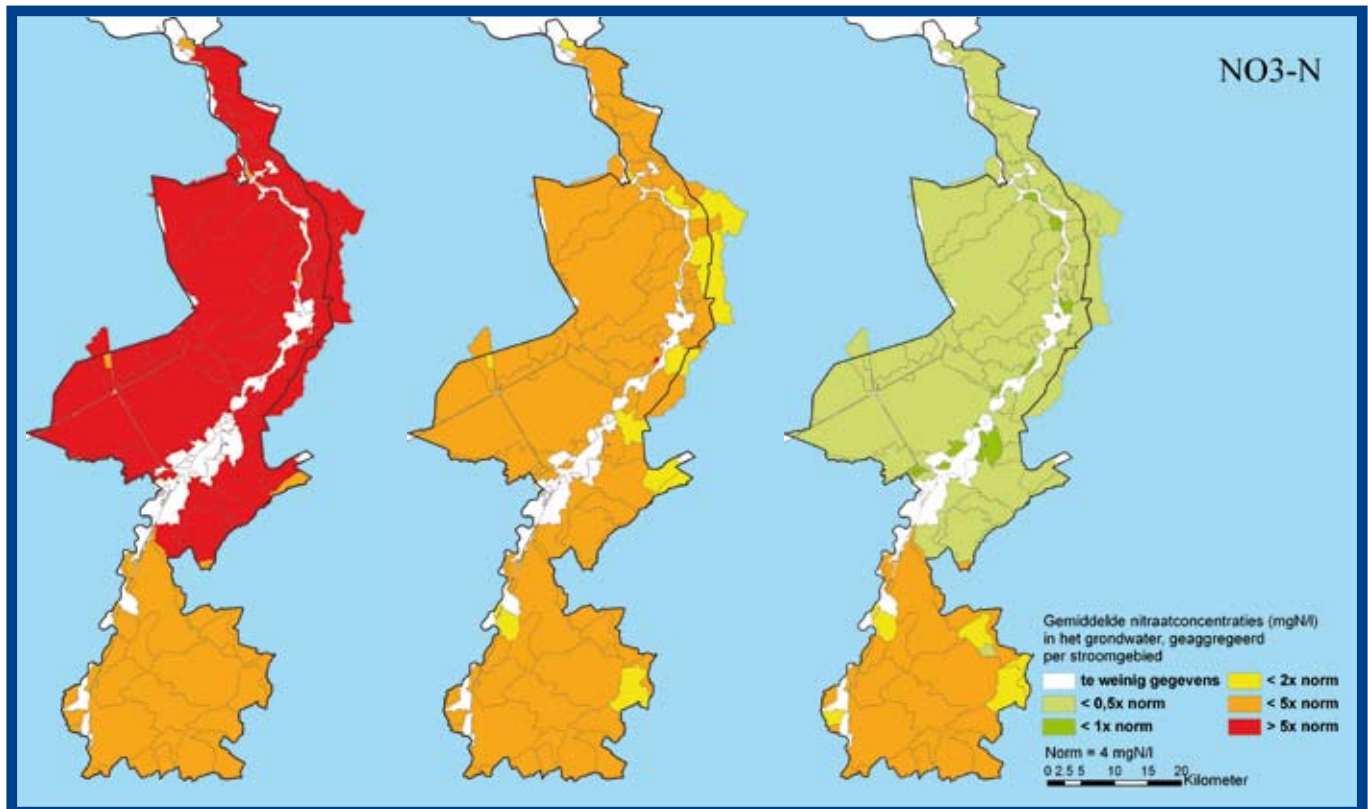
De methode is ook gebruikt om een eerste kwantificering te maken van de grondwaterbijdrage aan de oppervlaktewaterkwaliteit op provinciale schaal. Dit is de eerste stap in een traject waarin vervolgens het effect van ingrepen in het waterbeheer en ingrepen in stofbelasting in het geïntegreerde watersysteem kan worden vastgesteld.

Relatie tussen grond- en oppervlaktewater

In Nederland zorgt het neerslagoverschot voor een aanvulling van het grondwater met ongeveer 300 millimeter per jaar. Dit grondwater wordt afgevoerd door het (deels kunstmatige) stelsel van beken, sloten,

Afb. 1: Relatie tussen grond- en oppervlaktewater onder verschillende afvoeromstandigheden.





Afb. 2: Grondwaterkwaliteitskaarten voor nitraat (concentraties relatief ten opzichte van KRW-werknorm voor oppervlaktewater). Links: bovenste grondwater (Noord- en Midden-Limburg) en bodemvocht (Zuid-Limburg), midden: ondiepe grondwater, rechts: diepe grondwater.

greppels en drains. Het oppervlaktewater bestaat derhalve voor een groot deel uit afgevoerd grondwater.

De oppervlaktewaterkwaliteit is het resultaat van menging van grondwater uit verschillende dieptes. Dit is in afbeelding 1 gevisualiseerd door middel van een geschematiseerde dwarsdoorsnede van een stroomgebied dat representatief is voor de situatie in Noord- en Midden-Limburg. Bij lage afvoer van de beek (in droge periodes) wordt de beek alleen gevoed door het diepere grondwater. Naarmate de afvoer toeneemt en de grondwaterstand stijgt (natter weer), krijgen het ondiepere en het bovenste grondwater een groter aandeel in de afvoer. Het bovenste grondwater is het meest verontreinigd door landbouwactiviteiten²⁾. Het diepere grondwater is schoner, doordat veel verontreinigende stoffen sterk adsorberen in de ondiepe ondergrond (fosfaat en zware metalen) of worden afgebroken (nitraat). Vooral in natte periodes wordt langs snelle, oppervlakkige stroombanen veel landbouwverontreiniging meegevoerd naar het oppervlaktewatersysteem. Het hier besproken model is getoetst aan de hand van oppervlaktewater- en grondwaterkwaliteitsgegevens in Noord- en Zuid Limburg.

Resultaten voor Noord- en Midden-Limburg

Op basis van meetresultaten van de provinciale en landelijke grondwaterkwaliteitsmeetnetten is voor verschillende probleemstoffen een provinciedekkend beeld gemaakt op drie diepteniveaus. Voor Noord- en Midden-Limburg gaat het om: 0-5 meter beneden maaiveld (bovenste grondwater), 5-15 meter beneden maaiveld

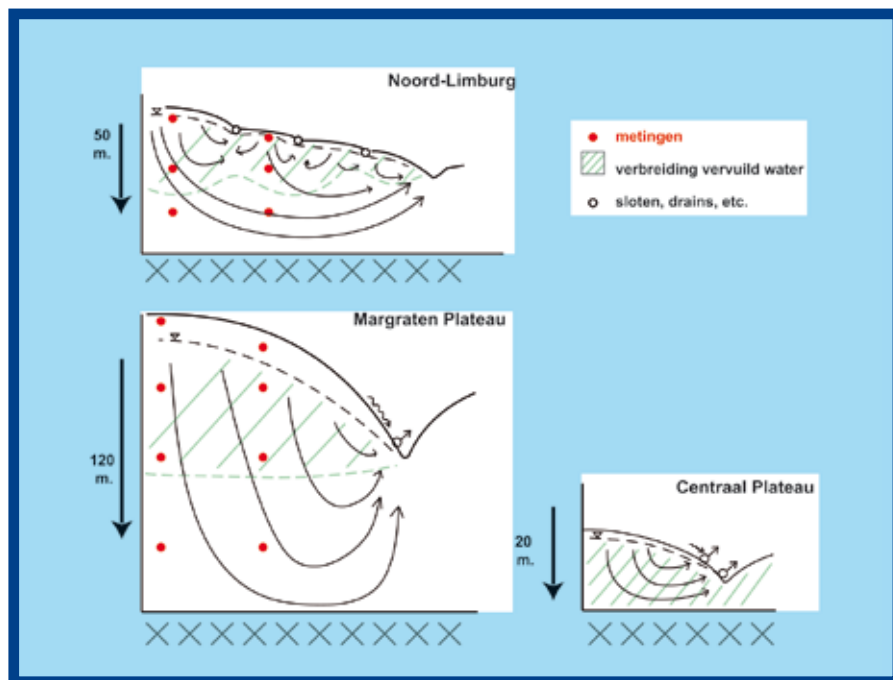
(ondiep grondwater) en 15-30 meter beneden maaiveld (diep grondwater).

Een voorbeeld van de nitraatconcentraties in het grondwater in Limburg is te zien in afbeelding 2. De nitraatconcentraties zijn weergegeven ten opzichte van de KRW-werknorm voor oppervlaktewater, zodat in één oogopslag duidelijk is wat de potentiële bijdrage van het grondwater aan het oppervlaktewater is. In Noord- en Midden-Limburg is het bovenste grondwater het meest verontreinigd door landbouwactiviteiten of andere menselijke invloed. In afbeelding 2 is te zien dat in Noord- en Midden-Limburg met een toenemende diepte de nitraatconcentratie in het grondwater duidelijk afneemt. Voor nitraat heeft dit vooral te maken met een toenemende ouderdom van het grondwater (in het oude diepere grondwater zit geen nitraat) en deels met het optreden van denitrificatie in de aquifers vanaf circa 15 meter diepte.

Door de grondwaterkwaliteitskaarten te vergelijken met de oppervlaktewaterkwaliteitskaarten wordt duidelijk of de patronen van beide kaarten kloppen met het conceptuele model. Dit bleek voor Noord- en Midden Limburg een veel minder duidelijke relatie op te leveren dan eerder voor de Provincie Noord-Brabant was vastgesteld¹⁾. Op basis van de grondwaterkwaliteitskaarten mag worden verwacht dat de belasting met stoffen in Noord- en Midden-Limburg in dezelfde orde van grootte is als in de naastgelegen regio. Tijdens de studie bleek dat in Noord- en Midden-Limburg relatief veel factoren aanwezig zijn die dit beeld verstoren, vooral doordat een groot deel van

het gebied onder invloed staat van wateraanvoer, maar ook omdat veel beeksystemen de provincie- of landsgrenzen overschrijden en stroomopwaarts gelegen puntbronnen, zoals rioolwaterzuiveringsinstallaties, invloed hebben op de oppervlaktewaterkwaliteit. In gebieden zonder wateraanvoer werden wel dezelfde patronen gevonden als in Noord-Brabant, met hoge concentraties aan nitraat en metalen in natte periodes. De verschillen tussen stoffen worden verklaard aan de hand van de chemische eigenschappen van de stoffen. Door verschillen in chemische eigenschappen dringt de ene stof dieper in de ondergrond door dan de andere, wat leidt tot een andere reactie in de bijdrage aan het oppervlaktewater.

In grote delen van Noord- en Midden-Limburg ten westen van de Maas wordt de waterkwaliteit mede beïnvloed door inlaatwater uit de kanalen die uit de Maas worden gevoerd. Daar waar het inlaatwater een groot aandeel heeft in het debiet, is er een verdunnend effect voor nikkel en sulfaat. Onder natte omstandigheden is dit effect ook voor nitraat, koper, zink en cadmium zichtbaar. Voor fosfaat daarentegen is de concentratie in het inlaatwater hoger dan die van het grondwater, met name van het bovenste en ondiepe grondwater. In sterk door het inlaatwater beïnvloede delen van de beek (dicht bij inlaatpunt) zal de bijdrage van het aanvoerwater voor fosfaat dan ook groter zijn dan die uit het grondwater. Op dit moment is te weinig bekend van de doorwerking van het aanvoerwater in het gebied om uitspraken over het hele gebied te doen over de mengverhouding met gebiedseigen water. De menging met aanvoerwater maakt het ook lastig om de



Afb. 3: De interactie tussen grond- en oppervlaktewater in Zuid-Limburg.

effecten van de verschillende bijdragen uit het ondiepere en diepere grondwater vast te stellen, behalve voor typische grondwatergerelateerde stoffen zoals nikkel en sulfaat.

De situatie in Zuid-Limburg

In Zuid-Limburg bleek een iets gewijzigd model nodig. Dit komt door het grotere reliëf en andere geologie en geochemie. In Zuid-Limburg zijn de diepteniveaus als volgt gedefinieerd: 0-10 meter beneden maaiveld (bodemvocht), 10-20 meter beneden maaiveld (ondiep grondwater) en 20-40 meter beneden maaiveld (diep grondwater). In afbeelding 3 zijn de hydrologische verschillen tussen Noord- en Zuid-Limburg schematisch weergegeven. De belangrijkste verschillen tussen Noord- en Zuid-Limburg zijn:

- In Noord-Limburg speelt het ondiepe afwateringssysteem, bestaande uit drains, sloten en greppels, een belangrijke rol. Hierdoor wordt tijdens natte perioden relatief veel bovenste verontreinigd grondwater afgevoerd. In Zuid-Limburg is de grondwaterstand veel lager en zal het bovenste grondwater nauwelijks bijdragen aan het oppervlaktewatersysteem;
- De dikte van het doorstroomde pakket verschilt in Limburg. De zuidelijke mergelplateaus hebben een grotere pakketdikte. Dit leidt tot een langere gemiddelde verblijftijd van het water in het grondwatersysteem. Hierdoor is de groundwaterbijdrage een mengvorm van in de afgelopen 40 jaar geïnfiltreerd nitraathoudend grondwater en ouder nitraatloos grondwater. Het Centraal Plateau in noordelijk Zuid-Limburg heeft juist een kleinere pakketdikte in vergelijking met Noord-Limburg. Dit leidt tot een kleine gemiddelde verblijftijd van het water in het grondwatersysteem. Het gehele systeem is hierdoor gevuld met nitraathoudend grondwater dat kan bijdragen aan de oppervlaktewaterkwaliteit;

- Zuid-Limburg bestaat uit kalkrijke afzettingen, waardoor de pH door kalkoplossing hoger is dan in Noord-Limburg. Hierdoor zijn zware metalen in Zuid-Limburg nauwelijks mobiel en worden ze grotendeels afgevangen in de dikke onverzadigde zone;
- Het grotere reliëf in Zuid-Limburg leidt, in combinatie met erosiegevoelige lössgronden, tot een grotere component oppervlakkige afstroming met daarin hoge zwevend stofgehalten en daaraan gebonden fosfaat en zware metalen;
- In Noord-Limburg is de omzetting van nitraat in reactie met vooral pyriet, maar mogelijk ook met organisch materiaal, een belangrijke verklaring dat nitraat op grotere diepte afwezig is en nikkel- en sulfaatconcentraties plaatselijk sterk verhoogd zijn. In Zuid-Limburg komt nauwelijks reactief organisch materiaal en/of pyriet in de ondergrond voor. Hierdoor kan nitraat in de ondergrond niet worden omgezet en spoelt het ongehinderd uit naar het diepere grondwater.

In afbeelding 2 zijn de nitraatconcentraties op drie dieptes weergegeven. In Zuid-Limburg zijn de concentraties van verontreinigingen, met name nitraat en sulfaat, in het ondiepe grondwater hoger dan in het diepere. Dit wordt veroorzaakt doordat het grondwater met de diepte ouder wordt. In het verleden was het infiltrerende water schoner dan nu. Daardoor zijn de concentraties op grotere diepte lager. Voor afbraak van nitraat zijn nauwelijks aanwijzingen, waardoor nitraat in Zuid-Limburg op grotere diepte wordt aangetroffen dan in Noord- en Midden-Limburg. Door de kalkrijke afzettingen en de daarmee gepaard gaande hogere pH zijn zware metalen nauwelijks mobiel en worden ze grotendeels afgevangen in de dikke onverzadigde zone. In Zuid-Limburg is van een toenemende bijdrage van het bovenste grondwater onder natte condities, zoals in Noord- en Midden-

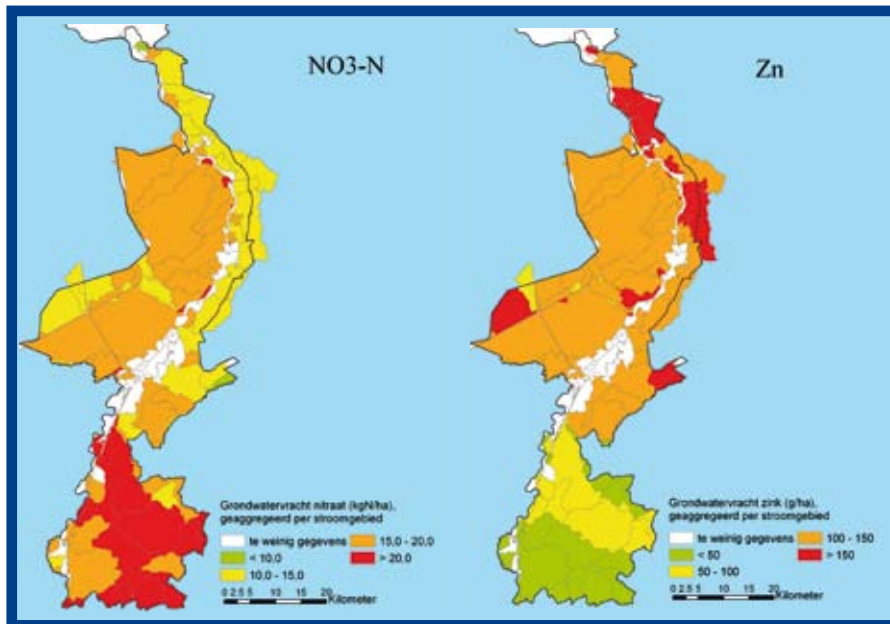
Limburg, geen sprake. Dit komt omdat de grondwaterstanden niet zodanig stijgen dat nieuwe delen van het drainagesysteem gaan werken onder natte condities. Wel zijn in de Limburgse bronnen en beeksystemen hoge concentraties nitraat en sulfaat aanwezig vanuit het grondwatersysteem. In Zuid-Limburg is daarentegen de rol van oppervlakkige afstroming groter dan in Noord- en Midden-Limburg. Oppervlakkige afstroming leidt tijdens natte perioden tot erosie van lössdeeltjes. Hierdoor komen stoffen die in de bouwvoor zijn opgehoopt, zoals koper en fosfaat, in het oppervlaktewatersysteem terecht, wat terug te zien is aan pieken onder de natste omstandigheden.

Kwantificering vracht vanuit het grondwater naar oppervlaktewater

Het conceptuele model is gebruikt om een eerste kwantificering uit te voeren van vrachten vanuit het grondwater naar het oppervlaktewatersysteem. Hiervoor is de aanname gemaakt dat het systeem werkt volgens het model, waarbij de gehele dikte van het watervoerende pakket in gelijke mate bijdraagt qua flux aan de oppervlaktewaterafvoer, maar met verschillende concentraties die zijn afgeleid uit de beschikbare set grondwaterkwaliteitsgegevens. Voor Noord- en Midden-Limburg is daarbij uitgegaan van een pakketdikte van 40 meter en in Zuid-Limburg is die afhankelijk gemaakt van de geologische opbouw van de mergelplateaus. Met deze methode is het alleen mogelijk om een eerste globale indruk te krijgen van de vrachten vanuit het grondwater naar het oppervlaktewater. Om een beter, meer gedetailleerd beeld te krijgen van de vrachten kunnen modellen worden ingezet, zoals stroombuis- of gekoppelde grondwater-oppervlaktewatermodellen. Dan kan ook rekening worden gehouden met de verblijftijden van landgebruiktypes in een stroomgebied. Voor een eerste kwantificering van de vrachten op provinciale schaal is de gekozen methode echter geschikt.

Van de vrachten zijn kaarten gemaakt. Afbeelding 4 toont als voorbeeld de nitraat- en zinkvracht. Noord- en Zuid-Limburg wijken volgens deze berekeningen sterk van elkaar af, zowel wat betreft de nitraat- als de zinkvracht. De nitraatvrachten naar het oppervlaktewater in Zuid-Limburg zijn relatief groot, doordat geen nitraat in de ondergrond wordt afgebroken. De zinkvracht in Zuid-Limburg is laag, omdat zink in het kalkrijke grondwater bij een neutrale pH nauwelijks mobiel is en dus ook niet uitspoelt naar het oppervlaktewater.

Om conclusies te kunnen trekken over de relatieve bijdrage van grondwater aan oppervlaktewater ten opzichte van andere bronnen is het nodig de berekende grondwatervrachten te vergelijken met bekende vrachten uit andere bronnen. Dit is gebeurd met getallen uit de EmissieRegistratie van alle bronnen, exclusief landbouw en wateraanvoer. Uit deze vergelijking komt naar voren dat in zowel Noord- als Zuid-Limburg de grondwatervracht voor nitraat ongeveer een factor twee groter is dan de vracht uit



Afb. 4: Jaarlijkse nitraat- (links) en zinkvracht (rechts) vanuit het grondwater naar het oppervlaktewater.

de overige bronnen samen. Voor nitraat is de grondwaterbijdrage dus belangrijk. Voor zink geldt dat de vracht vanuit het grondwater in Noord-Limburg groter is dan de vracht vanuit andere bronnen. Voor Zuid-Limburg liggen de vrachten in dezelfde orde van grootte. Met name voor Noord-Limburg is de zinkbijdrage uit grondwater dus belangrijk. Een kanttekening die bij deze vergelijking gemaakt moet worden is dat de gegevens van de EmissieRegistratie op regionale schaal mogelijk niet nauwkeurig genoeg zijn voor een goede vergelijking. Belangrijker nog is dat de EmissieRegistratie geen inzicht geeft in de vrachten die gepaard gaan met de wateraanvoer, die in dit gebied zowel kwalitatief als kwantitatief belangrijk is. Op basis van de vergelijking concluderen we echter dat de vrachten uit grondwater aanzienlijk zijn en zeker niet verwaarloosbaar ten opzichte van de andere vrachten in dit deel van het land⁴⁾.

Conclusies

Uit de studie komt naar voren dat in de meeste stroomgebieden in Limburg de uitspoeling vanuit het grondwater een belangrijke bron vormt van de verontreiniging van het oppervlaktewater. Dit probleem speelt provinciebreed, zeker in het zandgebied. Wel bestaat een groot verschil tussen Noord- en Zuid-Limburg qua stoffen die van belang zijn en qua bijdrage uit het bovenste grondwater.

In Noord- en Midden-Limburg is het bovenste grondwater het meest verontreinigd door landbouwactiviteiten of andere menselijke invloed. Het diepere grondwater is schoner, doordat veel verontreinigende stoffen sterk adsorberen in de ondiepe ondergrond (zware metalen) of worden afgebroken (nitraat) en omdat het diepere water ouder is.

De belasting van het oppervlaktewaterstelsel door het grondwater is overal in het zandgebied van Noord- en Midden-Limburg aanwezig en is aanzienlijk voor alle onderzochte stoffen met uitzondering van fosfaat. De verontreinigingen zijn, behalve

voor nikkel en sulfaat, vooral afkomstig uit het bovenste deel van het grondwater. De verschillen tussen stoffen worden verklaard aan de hand van de chemische eigenschappen van de stoffen. Door verschillen in chemische eigenschappen dringt de ene stof dieper in de ondergrond door dan de andere. In grote delen van Noord- en Midden-Limburg ten westen van de Maas wordt de waterkwaliteit mede beïnvloed door inlaatwater uit de kanalen die uit de Maas worden gevoerd. Dit inlaatwater heeft ten opzichte van het grondwater een duidelijk verdunnend effect voor nikkel en sulfaat. Onder natte omstandigheden is dit effect ook voor nitraat, koper, zink en cadmium zichtbaar. Voor fosfaat daarentegen is de concentratie in het inlaatwater hoger dan die van het grondwater, met name van het bovenste en ondiepe grondwater. In sterk door het inlaatwater beïnvloede delen van de beek (dicht bij inlaatpunt) zal de bijdrage van het aanvoerwater voor fosfaat dan ook groter zijn dan die uit het grondwater.

In Zuid-Limburg is sprake van een andere situatie. Ook hier zijn concentraties van verontreinigingen, met name nitraat en sulfaat, in het ondiepe grondwater hoger dan in het diepere. In Zuid-Limburg wordt dit veroorzaakt doordat het grondwater met de diepte ouder wordt. In het verleden was het infiltrerende water schoner dan nu, en daardoor zijn de concentraties op grotere diepte lager. Voor afbraak van nitraat zijn nauwelijks aanwijzingen, waardoor nitraat in Zuid-Limburg op grotere diepte wordt aangetroffen dan in Noord- en Midden-Limburg. Door de kalkrijke afzettingen en de daarmee gepaard gaande hogere pH, zijn zware metalen nauwelijks mobiel en worden ze grotendeels afgevangen in de dikke onverzadigde zone. In Zuid-Limburg is van een toenemende bijdrage van het bovenste grondwater onder natte condities, zoals in Noord- en Midden-Limburg, geen sprake. Dit komt omdat de grondwaterstanden niet zodanig stijgen dat nieuwe delen van het drainagesysteem gaan werken onder

natte condities. Daarentegen is in Zuid-Limburg de rol van oppervlakkige afstroming groter dan in Noord- en Midden-Limburg. Oppervlakkige afstroming leidt tijdens natte perioden tot erosie van lössdeeltjes. Hierdoor komen stoffen die in de bouwvoor zijn opgehoopt, zoals koper en fosfaat, in het oppervlaktewaterstelsel terecht.

Meerwaarde

Door de toepassing van het STROMON-concept in Limburg is meer inzicht ontstaan in de belasting van het oppervlaktewaterstelsel vanuit het grondwater. Dat inzicht kan worden verwerkt in computermodellen die de werking van het hydrologische stelsel beschrijven en voorspellen. Inzicht in de invloed van grondwater onder verschillende afvoersituaties op de kwaliteit van het oppervlaktewater helpt bij de afweging van maatregelen³⁾. Verder is duidelijk geworden dat het tijd kost om de grond- en oppervlaktewaterkwaliteit daadwerkelijk te verbeteren. In de zandgebieden in Noord- en Midden-Limburg is deze tijd korter door de kortere verblijftijden van het grondwater en afbraak van nitraat in de ondergrond. In de kalkgronden van Zuid-Limburg kan het tientallen jaren duren voordat maatregelen, zoals verminderde mestgiften, meetbaar worden door een verbeterde grondwaterkwaliteit. Beperking van erosie zal in Zuid-Limburg snel effect bereiken, omdat deze direct de belasting van het oppervlaktewaterstelsel met stoffen vermindert, vooral tijdens natte perioden met snelle afvoer.

LITERATUUR

- 1) Rozemeijer J., H. Broers en H. Passier (2008). Een quickscan inventarisatie van de bijdrage van het grondwater aan de oppervlaktewaterkwaliteit in Noord-Brabant. Eindrapport, deelrapport I van het Aquaterra/STROMON project. TNO. Rapport 2008-U-R0406/A.
- 2) Van der Grift B., J. Rozemeijer, M. van Vliet en H. Broers (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. Rapport NITG 04-206-B.
- 3) Heerdink R., H. Broers, B. van der Grift, A. Marsman en F. Roelofs (2008). Modelling van de grondwaterbijdrage aan de kwaliteit van het oppervlaktewaterstelsel in zuidoost Brabant. TNO. Rapport 2008-U-R0407/A.
- 4) Klein J., B. van der Grift en H. Broers (2008). Waterkwaliteit op basis van Afkomst en HYDrologische systeemanalyse. De grondwaterbijdrage aan de oppervlaktewaterkwaliteit in de provincie Limburg. TNO. Rapport 2008-U-R81110/A.