
De waarde van hydrologische systeemanalyse

D.L.J. Heikens
T.C.M. van Dort
J.J. van der Sommen

1 Inleiding

Het denken over waterbeheer en inrichting van watersystemen is de afgelopen jaren snel geëvolueerd. In de Evaluatienota Water heeft het Rijk doelstellingen geformuleerd ten aanzien van terugdringen van verontreinigingen, inrichting van watersystemen, gebruik van water en ten aanzien van bestuurlijke organisatie en instrumenten. Het garanderen van duurzaam gebruik van watersystemen staat hierbij voorop. In de praktijk blijkt dat om deze doelstellingen te bereiken een brede integrale benadering nodig is op het gebied van ruimtelijke ordening, water en milieu. Deze benadering impliceert dat de samenhang binnen en tussen watersystemen, hun functies en effecten op hun omgeving bekend moeten zijn. De hydrologische systeemanalyse is een methode om deze samenhang in beeld te brengen. De analyse spitst zich toe op het typeren en begrenzen van kwel- en infiltratiegebieden en het vastleggen van hun onderlinge relatie via stroombanen en waterkwaliteit. Aansluitend kan onderzocht worden in welke mate deze relaties veranderen onder invloed van ingrepen in de waterhuishouding.

In dit artikel wordt beknopt de opzet, de resultaten en de toepassing van de hydrologische systeemanalyse in Noord- en Midden-Limburg toegelicht. Het verschil tussen een kwalitatieve en kwantitatieve benadering en de noodzaak van een synthese van beide worden aangegeven. Daarnaast wordt besproken op welke wijzen deze systeemanalyse kan worden gebruikt.

2 Werkwijze

De Hydrologische Systeemanalyse van Noord- en Midden-Limburg bestaat uit een kwalitatief en een kwantitatief deel. De methodiek van *kwalitatieve* systeemanalyse sluit aan bij de Landelijke Hydrologische Systeemanalyse zoals uitgevoerd door TNO in opdracht van de ministeries LNV, V&W en VROM en is gebaseerd op kwalitatieve gegevens afkomstig van een veelheid aan thematische kaarten, digitale gegevensbronnen, rapporten van gebiedsgericht onderzoek en andere relevante literatuur.

Voor Noord- en Midden-Limburg zijn bij deze kwalitatieve analyse in eerste instantie de potentiële kwel- en infiltratiegebieden bepaald (IGG-TNO, 1991). Dit zijn gebieden waar op basis van hydrologische interpretatie van ruimtelijke gegevens verwacht kan worden dat er in het verleden respectievelijk kwel of infiltratie heeft plaatsgevonden. De fysiografische kaart van Limburg heeft hierbij als belangrijkste uitgangspunt gediend. Vervolgens zijn de actuele kwelgebieden (dat wil zeggen gebieden waar kwel daadwerkelijk voorkomt) bepaald

aan de hand van kwelindicerende vegetatie, stijghoogteverschillen, veldwaarnemingen en een beperkt aantal grondwatermonsters.

De *kwantitatieve* analyse is gebaseerd op een mathematisch simulatiemodel van de grondwatersystemen waarmee berekeningen kunnen worden uitgevoerd van kwel en infiltratie, de relatie ertussen, en de invloeden van ingrepen (IWACO, 1992).

Een grote hoeveelheid gegevens op het gebied van grondwater en oppervlaktewater is hiervoor geïnventariseerd, geanalyseerd en bewerkt en gebruikt ten behoeve van het model. Het model is gekalibreerd aan de hand van stijghoogten, afvoeren van oppervlaktewater en de ligging van kwel- en infiltratiegebieden, die bepaald was in de kwalitatieve analyse. Met het model zijn berekeningen uitgevoerd om inzicht te verkrijgen in de stromingsrichting, de verblijftijden van het grondwater en de maximaal doorstroomde diepte. Daarnaast zijn globale intrekgebieden berekend voor een groot aantal drinkwaterwinnings, en in een later stadium tevens de intrekgebieden van een groot aantal kwelgebieden. Deze intrekgebieden zijn later opgenomen in respectievelijk het Streekplan van Noord- en Midden-Limburg en de Evaluatie van het Waterhuishoudingsplan. Tenslotte zijn scenario's doorge-rekend waaruit de gevoeligheid van het grondwatersysteem voor allerlei ingrepen (ten aanzien van oppervlaktewater en grondwater-onttrekkingen) is bepaald.

De resultaten van beide analyses zijn geïntegreerd in samenwerking met de Provincie Limburg, waarbij tevens gebruik is gemaakt van de resultaten van lokaal onderzoek (IWACO, 1993). In het algemeen kwamen de resultaten van de kwalitatieve en kwantitatieve analyse overeen. In sommige gebieden zijn de resultaten van de kwantitatieve analyse aangehouden, terwijl in andere gebieden de kwalitatieve analyse betrouwbaarder werd geacht. De onderbouwing is terug te vinden op de Hydrologische Systeemkaart, die een resultaat is van deze integratie. Een exemplaar van deze kaart heeft u inmiddels bij dit blad kunnen vinden. Een systeemkaart alléén heeft echter een beperkte waarde; het is een illustratie, een momentopname die snel kan verouderen en waarmee veel vragen in sectoraal en gebiedsgericht beleid niet kunnen worden opgelost. De systeemanalyse van Noord- en Midden-Limburg heeft daarnaast echter een kwantitatief instrument opgeleverd, dat reeds in verschillende toepassingen zijn waarde heeft bewezen. De (mogelijke) toepassingen van de Systeemanalyse van Noord- en Midden-Limburg en hydrologische systeemanalyses in het algemeen worden toegelicht in hoofdstuk 4. Daarvoor worden eerst enige algemene opmerkingen gemaakt over de noodzaak en de voordelen van de gevogde methodiek.

3 Noodzaak van een synthese tussen kwantitatieve en kwalitatieve systeemanalyse

Veel hydrologische systeemanalyses worden slechts op basis van kwalitatieve gegevens uitgevoerd. De systeemanalyse van Noord- en Midden-Limburg kende daarnaast ook een kwantitatief onderdeel, dat als instrument een waardevolle bijdrage heeft geleverd aan het totaal. De toegepaste werkwijze wordt hieronder toegelicht.

Door het uitvoeren van een *kwalitatieve* hydrologische systeemanalyse ontstaat een globaal beeld van de watersystemen en veranderingen die het heeft ondergaan. Hierbij worden aanwijzingen voortkomend uit een groot aantal gegevens van bodem, topografie, grondwaterkwaliteit en vegetatie gecombineerd tot een samenhangend beeld van de hydrologische systemen. Een probleem hierbij is dat de beschikbare gegevens uit verschillende periodes afkomstig zijn en soms moeilijk gecombineerd kunnen worden. De recente veran-

deringen in waterkwaliteit en najleffecten in de vegetatie beperken bijvoorbeeld de integratiemogelijkheden. Bodemtype, drainagepatroon en topografie zijn daarnaast slechts indicaties van de potentiële ligging van kwel- en infiltratiegebieden, maar kunnen hierover geen zekerheid bieden. Isohypsenpatronen, die ook bij een kwalitatieve analyse worden gebruikt, geven een beeld van het verloop van de stijghoogten van het grondwater in horizontale of verticale zin, maar de stroombanen van het water in drie dimensies kunnen slechts met een model goed worden bepaald. De kwalitatieve systeemanalyse geeft uiteindelijk slechts een statisch beeld (een 'momentopname') van de watersystemen. Bij toepassing van de systeemanalyse is echter vooral een recent beeld van de watersystemen van belang, dat kan worden geactualiseerd in de loop van de tijd.

Een *kwantitatieve* systeemanalyse wordt uitgevoerd op basis van de resultaten van een numeriek model. Dit kwantitatieve onderdeel levert een belangrijke bijdrage aan het totaal door de combinatie van alle kwantitatief-hydrologische gegevens van oppervlaktewater, grondweraanvulling en onttrekkingen in een driedimensionaal beeld van de grondwaterstroming. Ook deze gegevens leveren een beeld van (mogelijke) kwel en infiltratie. Daarnaast zijn relaties tussen kwel- en infiltratiegebieden te leggen door middel van stroombaanberekeningen, en kunnen voor een willekeurig gebied waterbalansen worden opgesteld. De kwantitatieve analyse heeft ook zijn beperkingen. Door alle onzekerheden, aannamen en schematisaties waarmee de modellering onvermijdelijk gepaard gaat zijn de uitkomsten altijd voor discussie vatbaar, net als de resultaten van de kwalitatieve analyse.

De resultaten van kwantitatieve en kwalitatieve analyse kennen elk hun sterke en zwakke punten. De twee onderdelen vullen elkaar aan en dienen daarom bij voorkeur in combinatie met elkaar te worden gebruikt. Door kennis van de achtergronden van beide analyses kunnen de resultaten op hun waarde en betrouwbaarheid worden geschat. De resulterende systeemanalyse is meer dan de som van de boven beschreven delen. Door de vergelijking en combinatie van de resultaten van de kwalitatieve en kwantitatieve analyse wordt een breed onderbouwde systeembeschrijving verkregen, waarin alle beschikbare gegevens zijn verwerkt.

Aanbevolen wordt, om de onderbouwing van een dergelijke systeemkaart open en duidelijk te presenteren, zodat elke gebruiker inzicht heeft in de betrouwbaarheid van de geboden informatie.

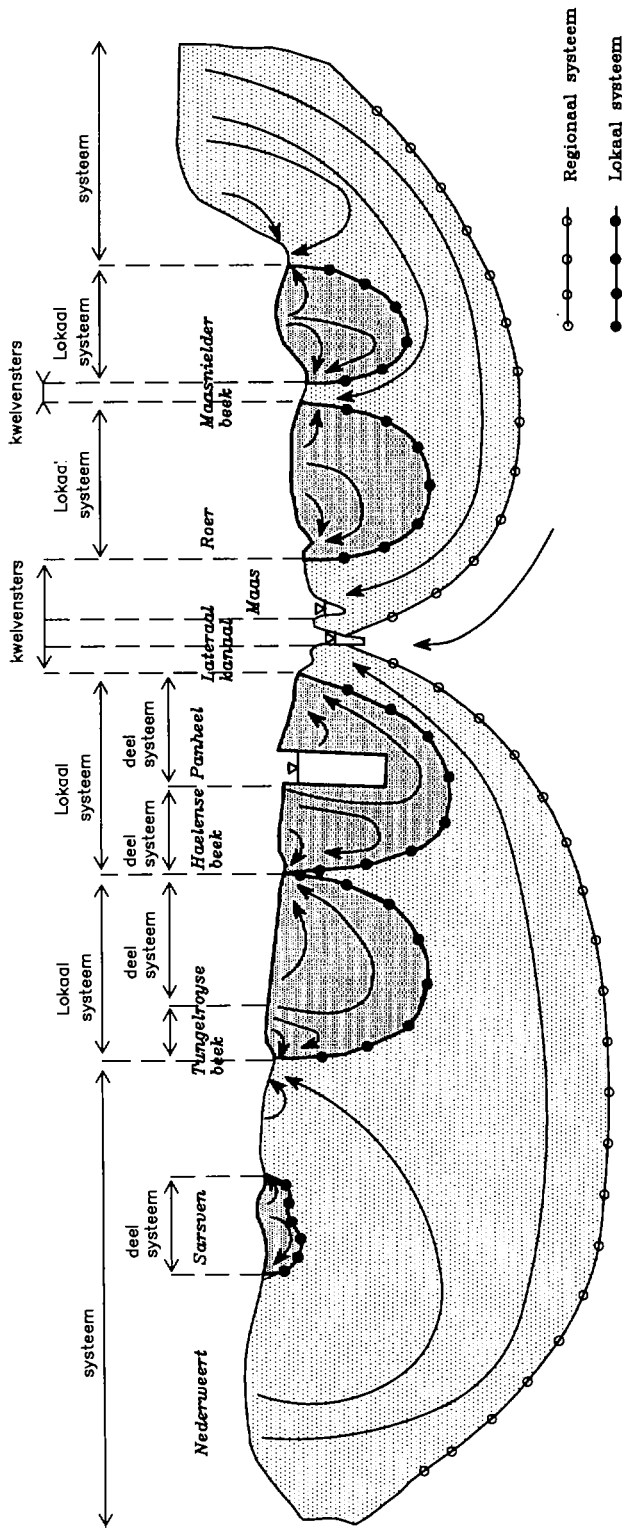
4 Gebruik van de Hydrologische Systeemkaart

4.1 Sectorale toepassingen

De Hydrologische Systeemkaart van Noord- en Midden-Limburg is gebruikt bij de opstelling c.q. herziening van het Streekplan Noord- en Midden-Limburg, de evaluatie en bijstelling van het Waterhuishoudingsplan en de aanwijzing van Milieubeschermingsgebieden.

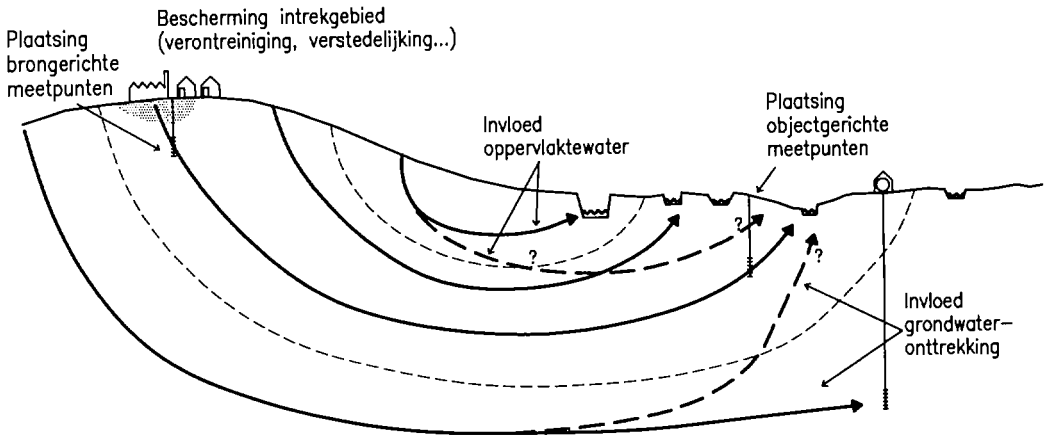
In het Streekplan voor Noord- en Midden-Limburg is als uitgangspunt genomen dat ligging en toedeling van functies mede dient te gebeuren op basis van de ligging in het hydrologische systeem. De ligging van de hydrologische systemen en de berekende intrekgebieden van de grondwateronttrekkingen zijn daarom bij het opstellen van het Streekplan gebruikt.

De berekende effecten van onttrekkingen zijn bij de Evaluatie van het Waterhuishoudingsplan (EWHP) gebruikt als deel van de onderbouwing voor het vergunningenbeleid.



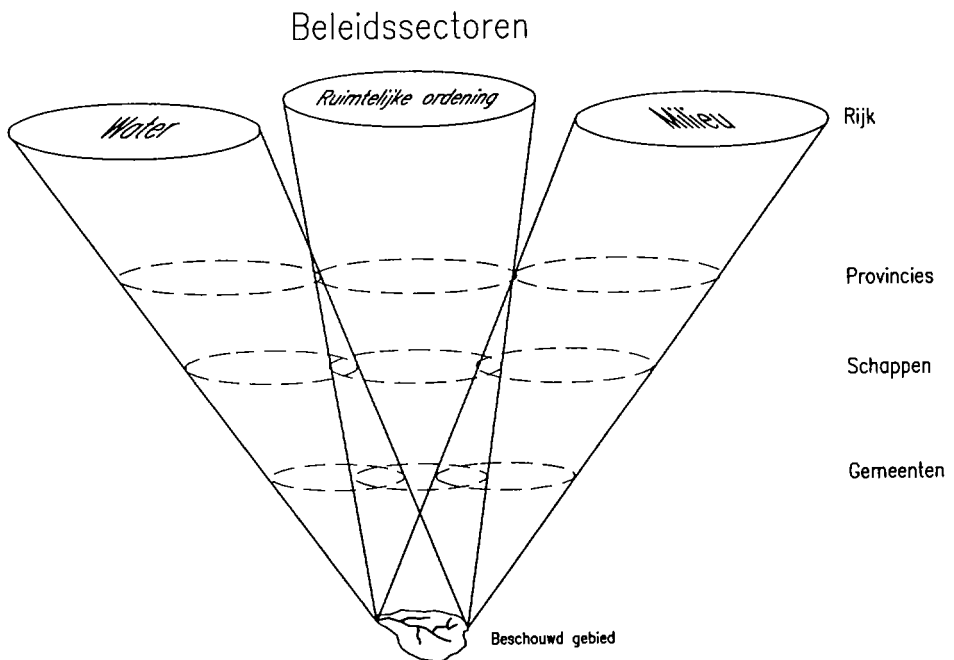
93.21000.130-H-003

Voorbeeld hydrologische systemen Limburg



93.21000.130-H-002

Enkele toepassingsmogelijkheden van hydrologische systeemanalyse



Gebiedsgerichte integratie van sectoraal beleid

Hierbij is aangegeven in welke gebieden geen uitbreiding van onttrekkingen meer mogelijk is, en in welke regio's bijzondere aandacht geboden is. Daarnaast is gebleken dat het reductiebeleid in regio's, waar zich concentraties van winningen bevinden met toepassingen voor koelwater of laagwaardig gebruik, tot gunstige resultaten in het kader van het anti-verdrogingsbeleid kan leiden. Ten aanzien van de berekening is duidelijk geworden dat zonder aanvullende informatie ten aanzien van de werkelijke berekeningsgiften geen onderbouwd beleid kan worden geformuleerd. Daarnaast bleek dat met name het watergebruik in de glastuinbouw expliciet aandacht behoeft.

Op basis van de Wet Milieubeheer kunnen milieubeschermingsgebieden worden ingesteld. De intrekgebieden van de kwelgebieden, die bepaald zijn in de Hydrologische Systemanalyse, zijn opgenomen als aangeduide milieubeschermingsgebieden. Deze Milieubeschermingsgebieden zijn eveneens opgenomen in het EWHP, het Streekplan en het Milieubeleidsplan.

Naast deze voorbeelden uit Limburg kan worden gesteld dat de systeemanalyse een nuttig instrument is voor de vorming en integratie van sectoraal beleid. We onderscheiden hierbij drie sectoren.

In het *ruimtelijk beleid* worden functies toegekend aan gebieden waarin onder andere behoud en ontwikkeling van de Ecologische Hoofdstructuur een aandachtspunt is. Voor de nadere invulling ervan worden stimuleringsprogramma's ontwikkeld in het kader van de Beleidsnota Natuur en Landschap.

In het *(grond)waterbeleid* speelt verdroging momenteel een centrale rol. Voor natte natuurgebieden, al dan niet verdroogd, wordt behoud en herstel nagestreefd. Daarnaast is er aan bepaalde waterlopen een specifiek ecologische functie toegekend, waarbij gestreefd wordt naar het natuurlijk functioneren van het watersysteem.

In het *milieubeschermingsbeleid* tenslotte worden milieubeschermingsgebieden aangewezen. Daarnaast wordt in Noord- en Midden-Limburg een aantal gebieden zo waardevol geacht dat gebiedsgericht stimuleringsbeleid plaatsvindt. Deze gebieden bevinden zich voor een groot deel in de Ecologische Hoofdstructuur.

De maatregelen die vanuit de bovengenoemde sectoren worden opgesteld en invloed hebben op het water, kunnen met elkaar worden verbonden en afgestemd op basis van kennis van de 'waterrelaties' die door het hydrologisch systeem worden gelegd. Een hydrologische systeemanalyse levert de hiervoor noodzakelijke gegevens. Uit deze hydrologische systeemanalyse moet duidelijk worden waar water infiltreert, welke bestemming dat water heeft (waterlopen, kwelgebieden, onttrekkingen), welke weg het daartussen aflegt, en hoeveel tijd daarmee gemoeid is. Het water is daarbij niet alleen van belang vanwege de voeding voor waterlopen en kwelgebieden, maar ook vanwege het transport van stoffen dat met het water plaatsvindt.

Voor de bescherming van natuurgebieden (kwelgebieden of bepaalde oppervlaktewateren) of grondwateronttrekkingen is bijvoorbeeld niet alleen de directe omgeving van belang. Ook zijn er (water)relaties mogelijk met gebieden op grotere afstand. Natuurgebieden die afhankelijk zijn van grondwater, kunnen bijvoorbeeld worden beïnvloed door wijzigingen in het bodemgebruik of de waterhuishouding in gebieden van waaruit het grondwater afkomstig is, of door de onttrekkingen die zich langs de stromingsweg bevinden, en het water eventueel kunnen onderscheppen. Met een hydrologische systeemanalyse kunnen deze (mogelijke) invloeden in kaart worden gebracht, waarna na afstemming van het sectorale beleid op het gebied van water, bodem en ruimtelijke ordening maatregelen kunnen worden genomen, die leiden tot een beter geïntegreerde aanpak van milieuproblemen.

In de gebieden van waaruit het water afkomstig is, de zogenaamde intrekgebieden, kunnen maatregelen worden genomen voor de bescherming van bodem en grondwater. Hieronder vallen maatregelen ter beperking van de uitspoeling van meststoffen, het bewust gebruik van bestrijdingsmiddelen, de situering van nieuwe industriegebieden en bijvoorbeeld het opruimen van oude stortplaatsen. Tevens moet in de intrekgebieden worden gewaakt voor een afname van de infiltratie, wat een afname van de voeding en een verschuiving van voedingsbronnen kan betekenen. De afname van infiltratie kan worden veroorzaakt door verstedelijking of wateronttrekking voor bijvoorbeeld industriële of agrarische doeleinden.

De natuurgebieden kunnen verder worden beïnvloed door onttrekkingen voor drinkwater, industrie en landbouw. Bij de behandeling van vergunningen wordt in het algemeen alleen de invloed van individuele onttrekkingen beschouwd, en niet het cumulatieve effect van alle onttrekkingen in het betreffende gebied. Dit cumulatieve effect kan worden bepaald met een regionaal grondwatermodel. Daarmee kunnen niet alleen de effecten op grondwaterstanden en stijghoogten worden berekend, maar ook op kweldebieten, de ligging van intrekgebieden en de grondwaterstromingssystemen. Zo kan worden bepaald in welke gebieden al dan niet ruimte is voor uitbreiding van onttrekkingen, en welke effecten de beoogde reductie van onttrekkingshoeveelheden heeft op het grondwatersysteem.

De hierboven beschreven 'watersysteembenadering' sluit aan op doelstellingen die zijn geformuleerd in diverse rijksnota's zoals de Vierde Nota Ruimtelijke Ordening en de Derde Nota Waterhuishouding.

4.2 Gebiedsgerichte toepassingen

De Hydrologische Systeemkaart van Noord- en Midden-Limburg kan zelfstandig worden gebruikt, maar biedt ook een regionaal kader voor gebiedsgericht milieubeleid en onderzoek op kleinere schaal. Binnen een gebied vormt water, naast lucht en verkeer een belangrijke verbindingsweg. Landelijke systeemanalyses of karteringen zoals het landelijke beeld van kwel (zie Stromingen nr. 1) zijn voor het gebiedsgerichte beleid te grofmazig, en bieden voor maatregelen nauwelijks houvast.

In Noord- en Midden-Limburg is inmiddels in verschillende onderzoeken gebruik gemaakt van de resultaten van de systeemanalyse. In 1992 en 1993 is onderzoek uitgevoerd naar het grondwatersysteem rond Belfeld-Tegelen en de effecten van een geplande ontgronding in combinatie met natuurontwikkeling aldaar. Eveneens in 1993 is onderzoek uitgevoerd naar de Loobeek, waarin op lokale schaal een nadere analyse is gemaakt van de kwel- en inziggebieden in het stroomgebied van de beek. Dit onderzoek vond plaats in het kader van de Nadere Uitwerking Brabant-Limburg (NUBL) en de Vierde Nota Ruimtelijke Ordening Extra (VINEX). Ten zuiden van dit gebied wordt momenteel grootschaliger ecohydrologisch onderzoek uitgevoerd naar verdrogingsbestrijdende maatregelen in het stroomgebied van de Groote Molenbeek. Bij de analyse van de huidige toestand en de effectiviteit van de maatregelen wordt gebruik gemaakt van een systeemanalyse gebaseerd op modelberekeningen, waterkwaliteitsanalyses en ecologische gegevens in de doelgebieden.

De bovengenoemde lokale en subregionale onderzoeken leveren een aanvulling en detailering van de systeemanalyse van Noord- en Midden-Limburg. Zo wordt na verloop van tijd een waardevol inzicht verkregen in de watersystemen in het gehele gebied. Een stap tot uitbreiding is inmiddels eveneens gezet: de MER Grensmaas omvat een onderzoek naar de watersystemen in de wijde omgeving van de rivier van Maastricht tot Roermond.

Door het gebruik van modellen is een nadere analyse van de watersystemen mogelijk. Waterbalansen en scenarioberekeningen kunnen bijvoorbeeld informatie leveren over de

hoeveelheid water die via oppervlaktewater of onttrekkingen uit een gebied wordt afgevoerd, in hoeverre de watersystemen door beide kunnen worden beïnvloed, en waar het afgevoerde water vandaan komt. Ook kunnen simulaties worden uitgevoerd van maatregelen voor het herstel of de herinrichting van een gebied, en kan de invloed van deze maatregelen op de beschouwde watersystemen worden bepaald.

5 Conclusie

De Hydrologische Systeemanalyse van Noord- en Midden-Limburg heeft op regionale schaal voor inzicht gezorgd in de Limburgse watersystemen. Een systeemanalyse geeft inzicht in de relaties die door het water worden gelegd. Dit biedt de mogelijkheid voor afstemming van het beleid in de sectoren water, bodem en ruimtelijke ordening, en is een belangrijke stap naar de integrale aanpak van milieuproblemen. Systeemanalyses zijn toe-epasbaar op provinciale, regionale en lokale schaal. Het gebruik van zowel een kwalitatieve als een kwantitatieve onderbouwing geeft daarbij de systeemanalyse een meerwaarde.

Literatuur

- IGG-TNO (1991)** Hydrologische systeemanalyse Noord- en Midden-Limburg. Toepassing bij onderzoek naar de bepaling van kansrijkdom van kwelgebieden.
- IWACO (1992)** Hydrologische systeemanalyse Noord- en Midden-Limburg. Opzet en calibratie grondwatermodel
- IWACO (1993)** Hydrologische systeemanalyse Noord- en Midden-Limburg. Eindrapport.

D.L.J. Heikens en J.J. van der Sommen
IWACO B.V.
Postbus 525
5201 AM 's-Hertogenbosch

T.C.M. van Dort
Provincie Limburg
Postbus 5700
6202 MA Maastricht
(043) 3899999