

## **Handboek Ecohydrologische Systemanalyse Beekdallandschappen: door beter systeembegrip naar mooiere beekdalen**

*Daan Besselink (Arcadis), André Jansen (Unie van Bosgroepen), Bart Reeze (Waterecologie), Michelle Talsma (STOWA) en Wim Wiersinga (OBN)*

**Ecohydrologisch herstel in beekdallandschappen is complex. De herstelopgaven worden nog vaak lokaal of sectoraal aangepakt. Soms herstellen de gewenste levensgemeenschappen zich niet. Er is daarom een groeiende behoefte aan handvatten voor een integrale systemanalyse. Het nieuwe ‘Handboek ecohydrologische systemanalyse beekdallandschappen’ biedt uitkomst. Het handboek schetst in praktische, heldere stappen hoe de gebruiker tot de systemanalyse komt. Afhankelijk van de achterliggende opgave varieert het detailniveau van de systemanalyse. Per detailniveau is aangegeven welke informatie nodig is en welke vragen men zich bij de analyse kan stellen.**

In beekdallandschappen liggen veel beleidsopgaven, zoals voor beekherstel (Kaderrichtlijn Water, KRW), waterberging (Waterbeheer 21<sup>ste</sup> eeuw, WB21) en herstel van verdroogde natuurgebieden (TOP en Natura2000). Deze opgaven worden vaak nog te lokaal en sectoraal benaderd. Het ontbreekt dan aan een goed inzicht in het systeemfunctioneren op landschapsschaal of essentiële vakdisciplines zijn niet betrokken. Cruciale factoren worden zo over het hoofd gezien, waardoor de beoogde levensgemeenschappen niet terugkeren. Het beekdallandschap is in Nederland bovendien als het ware in twee bestuurlijke werelden verdeeld. Enerzijds het waterschap als coördinerende (semi)overheid met opgaven voor KRW en WB21 en primair betrokken vakdisciplines als hydrologie en aquatische ecologie. Anderzijds de provincie als coördinator van N2000-opgaven en vakdisciplines als geohydrologie en terrestrische ecologie. Ook de terreinbeherende organisaties werken vooral vanuit deze tweede optiek. Maar vanuit het ecohydrologisch perspectief zijn deze werelden juist sterk met elkaar verbonden.

Redenen waarom de Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer (STOWA) en het Kennisnetwerk Ontwikkeling en Beheer Natuurkwaliteit (OBN) samen initiatief genomen hebben voor het nieuwe ‘Handboek ecohydrologische systemanalyse beekdallandschappen’ [1]. Het Handboek schetst de werkwijze voor een integrale ecohydrologische systemanalyse voor beken én beekdalnatuur. Het richt zich daarmee op de water- én natuurbeheerder. In het handboek is per beleidsvraagstuk aangegeven welke milieucompartimenten relevant zijn, op welk schaalniveau en hoe deze te onderzoeken. Het handboek is daarmee een uitwerking van het werkkader ‘LESA’ [2] en binnen het feuilleton Beekherstel van STOWA een vervolg op het ‘Handboek geomorfologisch beekherstel’ [3]. Naast de milieucompartimenten hebben ook de ‘Ecologische sleutelfactoren voor stromende wateren’ (ESF) van STOWA [4] een plek in het handboek gekregen.

Het voorliggende artikel vormt een samenvatting van het handboek. Het gaat in op de wetenschappelijke benadering van de systemanalyse en beschrijft hoe de gebruiker door de systemanalyse wordt gegidst.

### **Waarom het handboek?**

Bij de systeemanalyse gaat het erom te begrijpen welke (eco)hydrologische processen de kwaliteit bepalen van levensgemeenschappen in de beek en het beekdal. Tot nog toe was de kennis hierover wel aanwezig, maar gefragmenteerd. Het handboek brengt deze kennis samen en stelt deze beschikbaar voor de praktijk van de systeemanalyse. Herstelmaatregelen in beken en beekdalen kunnen hierdoor beter en efficiënter worden uitgevoerd.

Met de beschrijving van een systematische analyse van het ecohydrologische vraagstuk begeeft het handboek zich op het snijvlak van verschillende disciplines, zoals hydrologie, ecologie, geologie en morfologie. Disciplines die veel onderlinge raakvlakken hebben. De betrokken deskundigen werken ook vaak aan dezelfde beleidsvragen, maar ze spreken niet noodzakelijk dezelfde taal. Het handboek wil hierin een verbindende rol spelen.

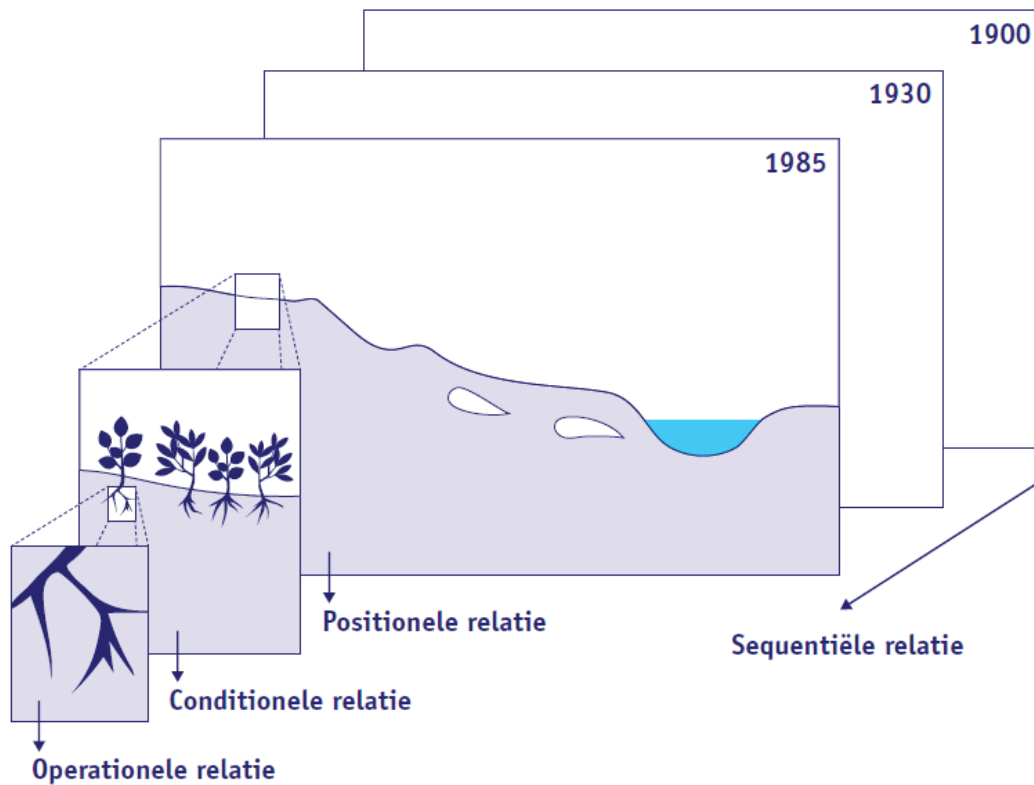
### **Systeemgericht denken**

De meerwaarde van een systeembenadering is het zichtbaar maken van sturende processen die anders door fixatie op individuele onderdelen buiten beeld zouden blijven. Systeemgericht denken helpt om de complexe relaties tussen bodem, water en leven beter te begrijpen. In een goede analyse wordt bovendien de onderlinge samenhang tussen elementen gewaarborgd. Zo worden de opbouw van de ondergrond, reliëf, grond- en oppervlaktewaterstroming, waterkwaliteit, bodem en ecologie met elkaar in verband gebracht, evenals de vaak wat minder toegankelijke kennis van bijvoorbeeld geo- en hydromorfologie. Samen bieden zij de informatie waarmee de juiste beslissingen over het herstel kunnen worden genomen. Daarom is systeemgericht denken voor alle beleids- en beheervraagstukken zinvol. De investering die daarvoor nodig is scheelt per saldo tijd, geld en energie.

### **Verschillen in schaal- en detailniveau**

Grootschalige hydrologische processen kunnen van doorslaggevende invloed zijn op de lokale situatie. Positionele relaties, zoals de ligging in een middenloop in goed ontwaterd agrarisch gebied, beïnvloeden sterk de conditionele relaties, zoals de afname van kwel op standplaatsniveau. Bakker et al. [5] en Van Wirdum [6] hebben dit al eerder inzichtelijk gemaakt (zie ook afbeelding 1). Het beginsel dat de ruimere omgeving bepalend is voor succesvol natuurherstel gaat zowel op voor de beek als voor het beekdal.

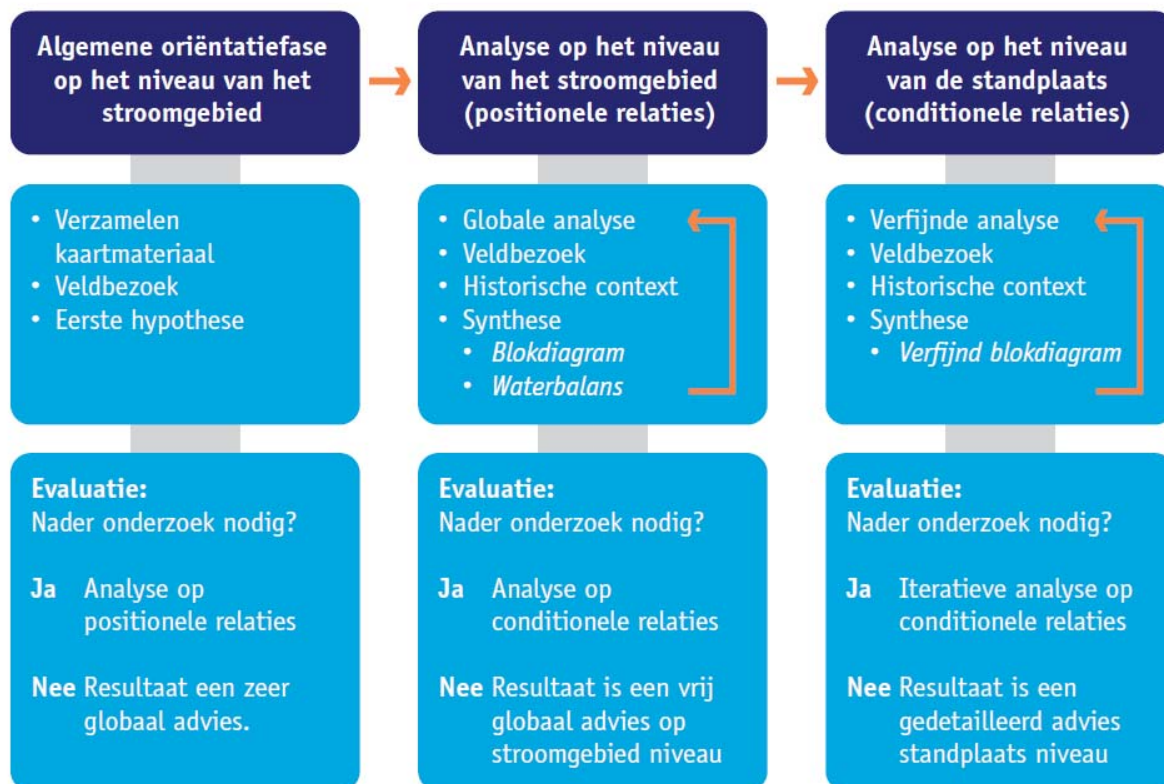
De analyse van het watersysteem begint dus altijd op een hoog schaalniveau, namelijk dat van het beekdallandschap. Het is vervolgens de (beleids)opgave die bepaalt tot op welk detailniveau de systeemanalyse nodig is.



Afbeelding 1. Onderscheid in schaalniveaus en relaties (Uit [7] naar [6])

### Systemanalyse in een drieslag

In het handboek heeft het verschil in schaal- en detailniveau zijn beslag gekregen in drie stappen (afbeelding 2). De eerste stap omvat een oriënterende systemanalyse en de laatste stap een gedetailleerde. De systemanalyse wordt op elk niveau afgerond met een korte evaluatie. Daarbij is telkens de centrale vraag: ‘is voldoende inzicht verkregen in het ecohydrologisch systeem om de onderzoeksvraag te beantwoorden?’ Het antwoord op deze vraag kan in sommige gevallen aanleiding zijn voor een meer verfijnde analyse.



Afbeelding 2. Opbouw van de systeemanalyse op drie niveaus. De systeemanalyse wordt op elk niveau afgerond met een evaluatie. Afhankelijk van de vraag wordt vervolgens de analyse uitgevoerd op een groter detailniveau

De drie verschillende detailniveaus leiden tot drie mogelijke eindstations:

**(1) Een eerste algemene oriëntatie op stroomgebiedsniveau.** In de eerste stap wordt vooral eenvoudig herleidbaar kaartmateriaal verzameld om een eerste indruk te krijgen. Vervolgens is een eerste veldbezoek aan het beekdal of stroomgebied essentieel. Ook is het raadzaam om gebiedsdeskundigen, bestaande gebiedsinformatie en historische atlanten te raadplegen. Het accent ligt op het beekdal en zijn positionele relaties. De kennis die wordt opgedaan in deze oriënterende stap is meestal nog niet voldoende om maatregelen op te baseren. Deze stap is vooral om een globaal inzicht te krijgen in de sturende hydrologische factoren in het beekdal en een eerste hypothese over het systeemfunctioneren te formuleren.

**(2) Een meer diepgaande analyse op stroomgebiedsniveau.** Deze analyse is nodig als een algemeen inzicht in de positionele relaties en de belangrijkste sturende variabelen gewenst is. Een dergelijke analyse is ook geschikt om de eerdere hypothese te toetsen, het onderzoeksgebied af te bakenen en specifieke verdiepende vragen te stellen die de hypothese moeten aanscherpen. De inzet van rekenkundige modellen is niet essentieel, maar kan in deze fase helpen om meer begrip te krijgen van het watersysteem.

**(3) Een verfijnde analyse op standplaatsniveau.** Deze gedetailleerde analyse is gewenst wanneer maatregelen geconcretiseerd moeten worden, wanneer belangrijke investeringen moeten worden gedaan of wanneer er nog een te grote onzekerheid is over maatregelen of de effecten ervan. Daarvoor is een meer exact inzicht nodig in zowel de positionele als de conditionele relaties. In een iteratief proces wordt het beeld daarvan stapsgewijs verfijnd en betrouwbaarder. Ook wordt duidelijk welke kennisvragen nog onbeantwoord zijn.

### Milieucompartimenten stapsgewijs analyseren

Het handboek helpt de gebruiker door deze drie fasen. Aan de hand van vier terugkerende vragen wordt elk milieucompartiment stapsgewijs geanalyseerd tot op het gewenste detailniveau. Daarbij wordt ook de relatie gelegd met de ESF van STOWA [4]. De te analyseren milieucompartimenten en hun onderlinge hiërarchische relatie zijn in afbeelding 3 weergegeven.



Afbeelding 3. Hiërarchische relaties tussen milieucompartimenten volgens het Rangordemodell (aangepast naar [5])

Onderstaand zijn deze vier vragen uitgeschreven. Als voorbeeld bespreken we de analyse van de grondwaterdynamiek op standplaatsniveau:

**(1) Kern: wat ga ik doen?** De kern omschrijft beknopt het doel van het onderzoek van het bewuste milieucompartiment, in dit geval dus de grondwaterdynamiek. Ook wordt het onderzoek naar het milieucompartiment ‘grondwaterdynamiek’ in zijn context geplaatst: onderzoek naar de grondwaterdynamiek biedt bijvoorbeeld inzicht in de hoogte van de grondwaterstand, de kweldruk en de variatie hiervan in de seizoenen.

**(2) Vragen: welke vragen wil ik beantwoorden?** Deze paragraaf biedt bij elk milieucompartiment specifieke hulpvragen voor de analyse. Verdiepende vragen helpen om de vertaling te maken van de analyse van – in dit geval – de grondwaterdynamiek naar het ecohydrologisch functioneren van het watersysteem. Zoals ‘waar komt grondwater aan het maaiveld?’ en ‘hoe is het verloop van de grondwaterstand door het jaar?’

**(3) Aanpak: hoe voer ik deze stap uit en wat is daarvan het resultaat?** Het handboek beschrijft hier stapsgewijs de uit te voeren onderzoeken, variërend van kaartmateriaal analyseren, veldwerk uitvoeren en watermonsters laten analyseren. Voor grondwaterdynamiek wordt de aanpak onder meer beschreven voor het plaatsen van boringen, het opstellen en analyseren van stijghoogten en tijdreeksanalyse en de toepassing van indicatorsoorten.

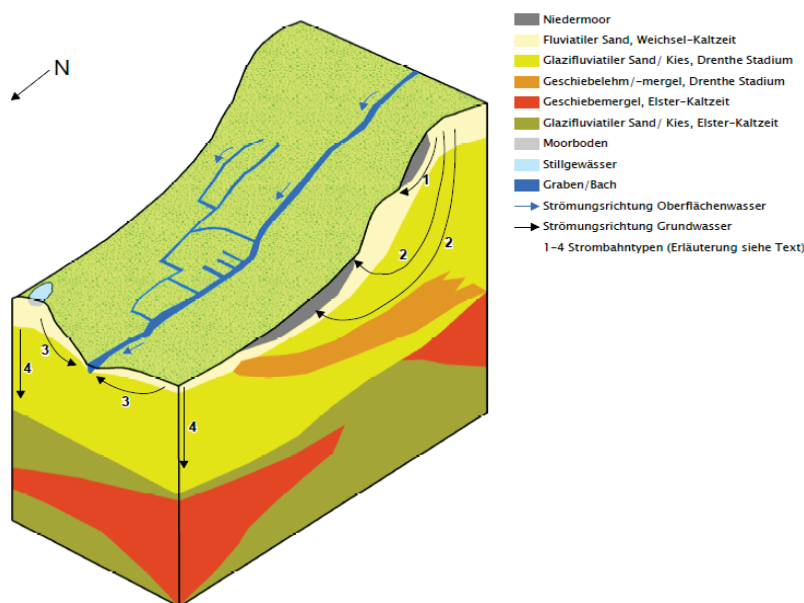
**(4) Informatie: welke bronnen van informatie zijn mogelijk nuttig?** Voor elk milieucompartiment is een overzicht toegevoegd van relevante bronnen met informatie over de aanpak, vuistregels, formules en grenswaarden ter beoordeling van het resultaat. De informatie voor de analyse van de grondwaterdynamiek varieert van boekwerken, zoals [8], en wetenschappelijke literatuur, zoals [9], tot webviewers en websites, zoals dinoloket.nl en knmi.nl.

### Historisch perspectief

Nadat alle relevante milieucompartmenten behandeld zijn, komt de historische context aan de orde. Door het huidige ecohydrologische systeem te spiegelen aan historische informatie wordt een goed beeld verkregen van de wezenlijke veranderingen in het gebied en in het watersysteem in het bijzonder. Deze kennis is van belang, omdat ecohydrologische doelen vaak gerelateerd zijn aan een vermeende historische beekdaltoestand, terwijl de feitelijke situatie misschien sterk veranderd is. Misschien heeft deze ‘historische’ toestand zelfs wel nooit bestaan. Via de historische bespiegeling ontstaat het inzicht of doelen gebiedseigen zijn en of ze haalbaar zijn of bijgesteld moeten worden.

### Synthese essentieel

De synthese van de ecohydrologische watersysteemanalyse is het punt waarop alle informatie samenkomt. Het handboek biedt de gebruiker daarvoor een handvat via richtinggevende vragen en voorbeelden. Twee specifieke onderdelen dragen bij aan het tastbaar(der) maken van de synthese: de waterbalans en de dwarsdoorsnede of het blokdiagram. In een dwarsdoorsnede of blokdiagram zijn schematisch het beekdal en de relaties weergegeven tussen bodemopbouw, grondwaterstroming, oppervlaktewater en eventueel vegetatietypen. Een voorbeeld van een blokdiagram is te zien in afbeelding 4.



Afbeelding 4. Voorbeeld eindproduct watersysteemanalyse: blokdiagram Grashege, Sellhorn (D) [10]

Pas als de onderzoeker in staat is om vanuit de analyse een goed onderbouwde doorsnede van de bodem van het beekdal en zijn grondwaterstromen te construeren en eventueel een waterbalans op te stellen, ontstaat een diepgaand begrip van de locatie waar de (herstel)maatregelen moeten worden genomen. Dan is duidelijk welke (eco)hydrologische factoren van belang zijn en aan welke knoppen er in de loop der tijd moeten worden gedraaid om tot duurzaam herstel te komen. Door deze systematische werkwijze ontstaat een samenhangend beeld van de factoren die er in het beekdal echt

toe doen. Herstelplannen worden realistischer en herstelmaatregelen effectiever. De doelen van de KRW, Natura2000 en WB21 worden zo beter gediend.

### Verantwoording

Het initiatief voor het 'Handboek ecohydrologische systeemanalyse beekdallandschappen' lag bij de Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer (STOWA) en de deskundigenteams 'Beekdallandschap' en 'Nat zandlandschap' van het Kennisnetwerk Ontwikkeling en Beheer Natuurkwaliteit (OBN). Na deel 1, het 'Handboek geomorfologisch beekherstel', vormt het 'Handboek ecohydrologische systeemanalyse beekdallandschappen' deel 2 in het feuilleton over beek(dal)herstel van STOWA. De afbeeldingen 1, 2 en 3 zijn opgesteld door Shapeshifter en ontleend aan het handboek. Het handboek is te downloaden en te bestellen op [www.stowa.nl/publicaties](http://www.stowa.nl/publicaties).

Bijzondere dank gaat uit naar Dolf Logemann (Arcadis) voor zijn aanzienlijke aandeel in dit artikel.

### Literatuur

1. Besselink, D., Logemann, D., Werfhorst, H. van de, Jansen, A. & Reeze, B. (2017). *Handboek ecohydrologische systeemanalyse beekdallandschappen*. Amersfoort: STOWA. STOWA 2017-05.
2. Molen, P.C. van der (red.), Baaijens, G.J., Grootjans, A. & Jansen, A. (2010). *LESA Landschapsecologische systeemanalyse*. Dienst landelijk Gebied.
3. Makaske, B. & Maas, G. (2015). *Handboek geomorfologisch beekherstel*. Feuilleton Beekherstel. Amersfoort: STOWA. STOWA 2015-02.
4. STOWA (2015). *Ecologische sleutelfactoren voor stromende wateren, een methodiek in ontwikkeling*. Amersfoort: STOWA. STOWA 2015-06.
5. Bakker, T.W.M., Kleijn, J. & Zadelhoff, E. van (1979). *Duinen en Duinvalleien*. Delft: TNO.
6. Wirdum, G. van (1979). *Dynamic aspects of trophic gradients in a mire complex*. Proc. and Inf. CHO-TNO 25, The Hague, p. 66-82.
7. Jalink, M.H. & Jansen, A.J.M. (1995). *Indicatorsoorten deel 2: Beekdalen. Indicatorsoorten voor verdroging, verzuring en eutrofiëring van grondwaterafhankelijke beekdalgemeenschappen*. Staatsbosbeheer i.s.m. VEWIN, IKC-Natuurbeheer en Kiwa, Driebergen.
8. Bot, B. (2010). *Grondwaterzakboekje*. <http://www.grondwaterzakboekje.nl/>.
9. Asmuth, J.R. Von (2012). *Groundwater System Identification through Time Series Analysis*. Proefschrift Technische Universiteit Delft.
10. Jansen, A.J.M., Versluijs, R., Duinen, G.A. van, Bouwman, J. & Remke, E. (2015). *Ökohydrologische Systemanalyse 'Grasgehege'*, Sellhorn (D). Rapport Unie van Bosgroepen i.o.v. Stichting Bargerveen