

ESF stromende wateren en stroomgebiedsbrede ecologische systeemanalyse

Piet F.M. Verdonschot (Alterra/Universiteit van Amsterdam), Ralf C.M. Verdonschot, Anna Besse-Lototskaya (Alterra)

Het halen van de doelen van de Kaderrichtlijn water (KRW) verloopt moeizaam, deels doordat de aanpak vaak te kleinschalig is en niet integraal. Stroomgebiedsbrede ecologische systeemanalyse (SESA) kan helpen bij het doorgronden van het ecologisch functioneren van watersystemen. Dat gaat uit van haalbare doelen en ondersteunt bij het afwegen van de verschillende gebruiksfuncties die oppervlaktewateren vervullen. Door de ecologische sleutel-, stress- en stuurfactoren aan elkaar te koppelen en te integreren in de stroomgebiedsbrede ecologische systeemanalyse ontstaat een integrale benadering die leidt tot doelgerichte maatregelen en een succesvollere aanpak van de KRW-waterproblematiek.

Het doel van de Europese Kaderrichtlijn water (KRW) is het in waterlichamen bereiken van de goede ecologische toestand met, mede vanuit oogpunt van natuurbeleid, een hoge biodiversiteit. Om dit voor elkaar te krijgen wordt door heel het land een breed scala aan maatregelen uitgevoerd. Hierbij worden de omstandigheden in oppervlaktewateren zodanig gewijzigd dat er een verbetering van de ecologische toestand mogelijk is. Echter, de keuze van passende en de meest effectieve maatregelen vraagt kennis van de factoren en achterliggende processen die dit soort verbeteringen kunnen bewerkstelligen.

Ecologische sleutelfactoren

Voor *stilstaande* wateren introduceerde de STOWA recentelijk de ecologische sleutelfactoren (ESF) als kapstok om een goed ecologisch functioneren te bereiken [1]. Als ESF zijn benoemd: externe belasting met nutriënten, lichtklimaat, bodem, habitatgeschiktheid, verspreiding, verwijdering, organische belasting, toxiciteit en beleving (landschappelijke waarde). In deze benadering worden stressoren, processen, stuur- en sleutelfactoren gemengd gebruikt [2].

De afkorting ESF kan op drie manieren worden gedefinieerd, waarbij het woord 'sleutel' op verschillende 'sloten' past:

- ESF-ecologie: ecologische *sleutelfactoren* of oorzakelijke factoren zijn factoren die directe voorwaarden zijn voor organismen om voor te kunnen komen.
- ESF-waterbeheer: ecologische *stuurfactoren* zijn factoren in het beekstelsel die direct door beheer en inrichting kunnen worden gestuurd.
- ESF-verstoring: ecologische *stressfactoren* zijn de factoren die door menselijke activiteiten druk uitoefenen op het beekstelsel.

Voor het waterbeheer zijn vooral de factoren waar in een waterecosysteem (met maatregelen) op gestuurd kan worden van belang: de 'stuurknoppen'.

De afgelopen twee jaar is gewerkt aan een ESF-systematiek voor *stromende* wateren waarin bovenstaande problematiek – de verwarring tussen ecologische sleutel-, stress- en

stuurfactoren – is bediscussieerd, geïntegreerd en opgelost. Hiermee hopen we de theoretische concepten en de praktische toepassing eenduidig aan elkaar te hebben verbonden. Tenslotte zijn voor het praktische waterbeheer de herkenbare stuurknoppen de kern waarop herstel kan worden ingezet. Tegelijk zijn de concepten gekoppeld en bruikbaar gemaakt als herkenbare onderdelen in de stroomgebiedsbrede ecologische systeemanalyse.

Ecologische sleutelfactoren in stromende wateren

Om de ecologische sleutelfactoren per KRW-organismengroep (algen, waterplanten, macrofauna, vissen) per KRW-type te identificeren, is in 2012 een expert-workshop georganiseerd [3]. 40 experts stelden relatieschema's op, afgeleid van de factorgroepen systeemvoorwaarden, stroming, structuren en stoffen uit het 5-S-model [4]. Ook benoemden ze ecologische sleutelfactoren. Voor permanent stromende wateren resulteerde dit in de factoren temperatuur, licht, stroming (incl. turbulentie), oevervorm, substraat, organisch materiaal, zuurstof, nutriënten (incl. bicarbonaat), toxicanten en verbinding (connectiviteit). Deze factoren vertaald naar 9 ecologische sleutelprocessen (tabel 1 rij 1). Voor de praktijk zijn deze sleutelprocessen de belangrijkste graadmeters voor succesvol ecologisch herstel. Ze vormen de kern van de stroomgebiedsbrede ecologische systeemanalyse.

Stressoren in stromende wateren

Menselijke activiteiten in een stroomgebied kunnen het functioneren van bekecosystemen onder druk zetten. Het DPSIRR-model [5] beschrijft de hieraan gerelateerde processen in een ecosysteem als een keten: Driving forces – Pressures – State – Impact – Responses – Recovery (menselijke activiteiten – pressoren en stressoren – toestand van milieufactoren – gevolg voor ecosysteem – menselijke reactie in de vorm van maatregelen – herstel).

Voor beken zijn op basis van een uitgebreide literatuurstudie de belangrijkste stressfactoren benoemd [6] (tabel 1 kolom 1).

In de loop van 2014 hebben vijf deskundigen (D. Hering, C. Feld, T. Buijse, B. Van der Wal, P. Verdonschot) in twee werksessies de ecologische sleutel- en stressfactoren met elkaar in verband gebracht (tabel 1). Dit schema is voorgelegd aan een grote groep ecologen, werkzaam in het waterbeheer.

Schaal

Voor het kiezen van maatregelen moet de DPSIRR-keten worden ingepast in een stroomgebiedsanalyse. Dit maakt het namelijk mogelijk om op verschillende plaatsen in de keten maatregelen te selecteren (van bronmaatregelen indien de driver wordt aangepakt tot effectgerichte maatregelen). DPSIRR ondersteunt een praktische en systematische analyse van watersystemen en houdt rekening met de schaal waarop processen spelen.

Hetzelfde geldt voor de ecologische sleutelfactoren en -processen in het 5-S-model, die naar schaal en hiërarchie zijn geordend (zie de pijlen in tabel 1). Temperatuur en licht behoren tot de systeemrandvoorwaarden (de dominantste hoofdsleutelfactor in het 5-S-model). Het stromingsregime behoort tot de hydrologie; oever- en substraatvariatie en organisch materiaal

processen tot de morfologie; zuurstofhuishouding, nutriëntenhuishouding en toxische belasting tot de chemie; connectiviteit tenslotte behoort tot de biologie, de meest volgende sleutelfactor in het 5-S-model.

Tabel 1. Relaties (grijze vakjes) tussen ecologische sleutelfactoren en ecologische stressfactoren

Schaal		hoog \longleftrightarrow laag								
Ecologische sleutelfactoren	Ecologische stressfactoren	Temperatuurhuishouding	Lichtinval	Stromingsregime	Oever- en substraatvariatie	Organisch materiaal processen	Zuurstofhuishouding	Nutriëntenhuishouding	Toxische belasting	Connectiviteit
		hoog	Hydrologische verstoring							
	Stromingsverandering*									
	Diffuse verontreiniging									
	Puntbron verontreiniging									
	Kanaliseratie									
	Normalisatie en oever(zone)degradatie									
	Habitatdegradatie									
laag	Onderhoud									
	Barrières									

*Stromingsverandering heeft betrekking op wijzigingen in de stromingsvariatie, -patronen en dynamiek op beektrajectschaal

In beken spelen drie schalen een rol: die van stroomgebied, beektraject en locatie. De ecologische stressfactoren kunnen naar schaal worden gegroepeerd. Op stroomgebiedsniveau spelen hydrologische verstoring, diffuse verontreiniging, puntbron-verontreiniging en barrières, in een beektraject spelen stromingsverandering, kanalisatie, oever(zone)degradatie of normalisatie en onderhoud, en op locatie spelen habitatdegradatie.

Ecologische stuurfactoren in stromende wateren

Een waterbeheerder kan ervoor kiezen om met maatregelen direct te sturen op ecologische sleutel- en/of stressfactoren. Vaak echter bieden ecologische sleutelfactoren geen handvat om te sturen. Neem als voorbeeld een ontoereikende zuurstofhuishouding. Het is daarbij noodzakelijk om naar de oorzaak van de verstoring te kijken; de oorzaak kan echter een gevolg zijn van verschillende stressfactoren, zoals diffuse of puntbronverontreiniging, kanalisatie of onderhoud (de grijze vakjes in de kolom zuurstofhuishouding in tabel 1). Het is veel praktischer om de echte stuurknoppen voor ecologische problemen te benoemen. Hiervoor zijn de combinaties van sleutel- en stressfactoren vertaald naar stuurknoppen of ecologische

stuurfactoren en ingedeeld naar schaal waarop ze werkzaam zijn (tabel 2). Schaal is belangrijk omdat stuurknoppen op hoge schaal veel effectiever zijn dan stuurknoppen op lagere schaal.

Tabel 2. Relatie tussen ecologische sleutel- en stuurfactoren (grijze vakken) met relevant schaalniveau

	Ecologische sleutelfactoren				
Schaal	Temperatuurhuishouding en lichtinval (Systeemvoorwaarden)	Stromingsregime (Hydrologie)	Oever- en substraat- variatie en organisch materiaal (Morfologie)	Zuurstofhuishouding, nutriëntenhuishouding en toxische belasting (Chemie)	Connectiviteit (Biologie)
Stroomgebied	Grondwater				
	Oppervlaktewater hydrologie				
Beektraject	Afstroming		Connectiviteit		
				Nutriënten en organische belasting	
				Toxicanten	
	Beekbegeleidende zone				
Locatie	Profiel				
	Onderhoud				
	Habitat				

Op stroomgebiedsschaal zijn de ecologische stuurfactoren grondwater, oppervlaktewaterhydrologie, connectiviteit en nutriënten het belangrijkste. Sturing van het grondwater, zoals vasthouden, en oppervlaktewaterhydrologie, zoals bergen en vertraagd afvoeren, zijn het meest effectief op stroomgebiedsschaal.

Grond- en oppervlaktewater zijn hierin feitelijk onlosmakelijk verbonden; zo hebben vasthouden en bergen steeds effect op het grond- en het oppervlaktewater en hebben ingrepen in infiltratie- of kwelgebieden ook effect op het afvoerregime. De grondwatersturing grijpt ook aan op de temperatuurhuishouding en het stromingsregime.

Het verbeteren van de connectiviteit wordt vaak direct gekoppeld aan de verspreiding van planten en dieren maar omvat ook vrije water- en stoffenstromen (afstroming en voedingsstoffenspiralen).

Het verminderen van de nutriënten en organische belasting werkt direct door op de stoffen- en zuurstofhuishouding (primaire productie). Vermindering van toxicanten verbetert voedselwebrelaties en overleving van soorten.

Op beektrajectsschaal zijn de meest effectieve verbeteringen het inrichten van beekbegeleidende houtige bufferzones, het aanpassen van profielen en het onderhoud. Vooral houtige beekbegeleidende zones hebben in het beektraject effect op bijna alle sleutelfactoren, zoals verkoeling, buffering van oppervlakkige afvoer van stoffen, toevoer van organisch

Door de ecologische sleutel-, stress- en stuurfactoren te koppelen en te integreren in een stroomgebiedsbrede ecologische systeemanalyse is een denkkader ontstaan dat een solide basis kan leggen onder toekomstige stroomgebiedsbeheerplannen en maatregelkeuzen. Momenteel wordt gewerkt aan operationeel instrumentarium hiervoor.

Referenties

1. STOWA, (2014). Begrip van het watersysteem als basis voor beslissingen. Ecologische sleutelfactoren. Amersfoort: STOWA 2014-19. 47 pp.
2. Waternet, (2011). De stoplichtenmethodiek: toepassing in stilstaande wateren. Amsterdam: Waternet.
3. Verdonschot, P.F.M.. (2014). Ecologisch raamwerk voor aquatische ecosystemen. Visie op aquatisch ecosysteem functioneren en afgeleide parameters voor modelontwikkeling en waterbeheer. Amersfoort, STOWA rapport (in druk).
4. Verdonschot, P.F.M., Driessen, J.M.C., Mosterdijk, H.G. & Schot, J.A., (1998). The 5-S-Model, an integrated approach for stream rehabilitation. In: H.O. Hansen & B.L. Madsen, River Restoration '96, Session lectures proceedings. International Conference arranged by the European Centre for River Restoration: 36-44. National Environmental Research Institute, Denmark.
5. Smeets, E., & Weterings, R., (1999). Environmental indicators: Typology and overview. Copenhagen: European Environment Agency. Report nr 25.
6. Feld, C.K., Birk, S., Bradley, D.C., Hering, D., Kail, J., Marzin, A., Melcher, A., Nemitz, D., Pedersen, M.L., Pletterbauer, F., Pont D., Verdonschot, P.F.M. & Friberg, N. (2011). From Natural to Degraded Rivers and Back Again: A Test of Restoration Ecology Theory and Practice. *Advances in Ecological Research* 44: 120-209.
7. Verdonschot, P.F.M. (2015). Uitwerking Haalbare Streefbeelden Waterschap Peel & Maasvallei. Wageningen, Alterra Concept notitie.