Ruimte voor de grote rivieren en ecologische herstelprogramma's

Hoe staat het er twintig jaar later voor?

Het uitgevoerde natuurherstel langs Maas en Rijntakken heeft ertoe geleid dat de belangrijkste doelsoorten uit veel soortgroepen terugkeren, zoals stroomdalplanten, libellen, sprinkhanen, prikken ,stroommossels, mét daarbij de kritische soorten van de top van de voedselpiramide. Een aantal groepen, zoals dagvlinders, kriebelmuggen en steenvliegen, laat echter nog geen duidelijk herstel zien. Gerichte monitoring van de natuurontwikkeling langs Maas en Rijntakken, samen met de monitoringresultaten voor specifieke ingrepen, geeft inzicht in de sleutelfactoren voor succes.In dit artikel willen we het rivierherstel, en de succes- en faalfactoren daarvan voor het gebied van onze grote rivieren, nader analyseren.

rivierherstel
doelsoorten
hydrodynamiek
connectiviteit

K. (Kris) Van Looy
OVAM Vlaams agentschap voor duurzaam beheer van materiaal en bodem, team Internationaal Beleid, Stationsstraat 110, 2800 Mechelen
kris.van.looy@ovam.be

W.M. (Wendy) Liefveld
Bureau Waardenburg, Ecologie en Landschap

G. (Gijs) Kurstjens
Kurstjens Ecologisch Adviesbureau

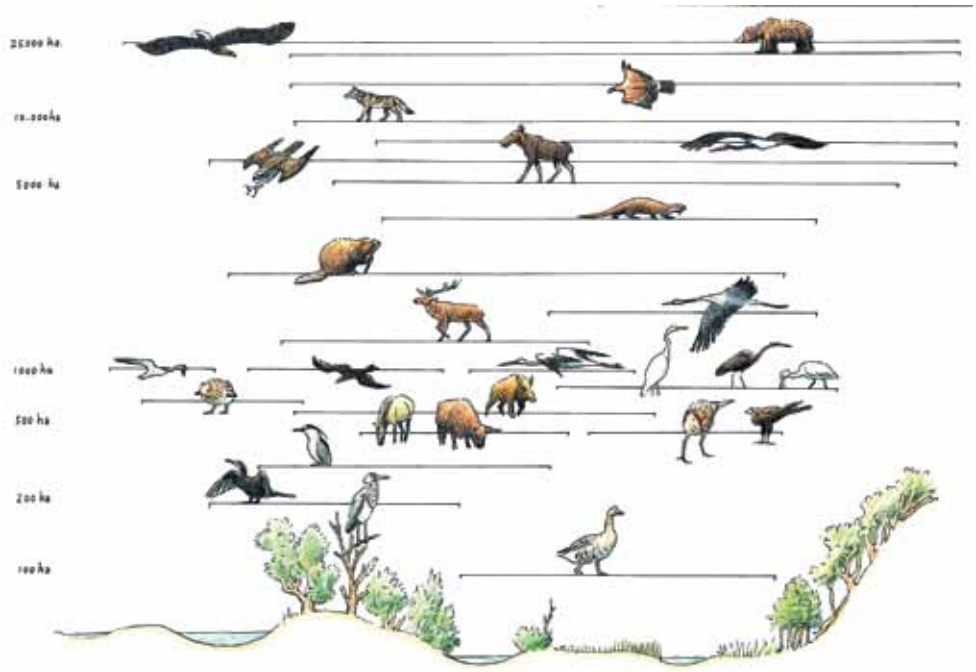
J. (Jasper) Hugtenburg
Ark Natuurontwikkeling

'Plan Ooievaar' schetste dertig jaar geleden een nieuw perspectief voor het rivierengebied. Het plan stelde voor om grote delen van het rivierengebied aan de landbouw te onttrekken en projecteerde een ambitieus natuurstreefbeeld (figuur 1). Het plan vormde de daaropvolgende decennia de basis voor opeenvolgende beleidsplannen. Robuuste verbindingen was het kernthema, waarbij het herstel van connectiviteit zou leiden tot hoogwaardige riviernatuur.

De Kaderrichtlijn Water (KRW), Ruimte voor de Rivier en de Nadere uitwerking Rivierengebied (NURG) waren de drijvende krachten voor rivierherstelprojecten. Ruimte voor de Rivier bood een mooie kans om doelen met effect op biodiversiteit op het niveau van de gehele Rijndelta te combineren(Straatsma *et al.*, 2017). Natuurwinst ontstond vooral door het scheppen van fysieke ruimte in plaats van het verder beteugelen van de rivier door dijkverzwaring. Het programma heeft veel opgeleverd, in de vorm van nevengeulen, hoogwatergeulen, uiterwaardverlagingen en dijkverleggingen. Langs de Maas werd tussen 1990 en 2006 zo'n 1.500 ha riviernatuur hersteld (Kurstjens & Peters, 2011) en sindsdien minstens nog eens zoveel. Langs de Rijntakken werd zo'n 3.500 ha natuur ontwikkeld tussen 1997 en 2012. Natuur ontstond vooral door de omzetting van productiegrasland naar begraasde natuurterreinen: langs de Bovenrijn-Waal zelfs zo'n 1.500 ha, zodat hier nog maar een kwart van de uiterwaarden in cultuur is (Reeze *et al.*, 2017). Aan de Vlaamse zijde werd ongeveer de helft van de Maasuiterwaarden, zo'n 700 ha, in natuur omgezet.

Onderzoek naar en monitoring van natuurontwikkelingsprojecten langs de grote rivieren heeft ons intussen een redelijk beeld opgeleverd van de belangrijkste ecologische succes- en faalfactoren. Het herstelvermogen van soorten en gemeenschappen in riviersystemen steunt op drie pijlers: de hoge productiviteit van de grote rivieren zorgt voor een sterk regeneratievermogen bij de kenmerkende soortgroepen; de landschappelijke en habitatdiversiteit bevordert de functionele diversiteit en het aanpassingsvermogen in de gemeenschappen; tot slot biedt de natuurlijke connectiviteit kansen voor een brede groep soorten om te bewegen langs de zich ontwikkelende gradiënten (Van Looy *et al.*, 2019). De connectiviteit in het riviernetwerk krijgt vorm in kernen, stapstenen en corridors. Hiervoor zijn maatlatten en kennisregels opgesteld waarmee de inrichting gestuurd en geevalueerd kan worden, zowel voor de Rijntakken (Rijneconet, Reijnen *et al.*, 1995) als voor de Maas (Pedroli *et al.*, 2002). Naast schaal is kwaliteit van belang. In wat volgt willen we de evaluatie van het rivierherstel en de

Foto: **Herman Gielen**
Proefproject Meers werd twintig jaar geleden uitgetekend en voorgesteld als 'doorkijk' naar de natuurontwikkeling van de Grensmaas. Nu lijkt dit deel van de Maas landschappelijk sterk op het referentiebeeld van de Allier in Frankrijk.



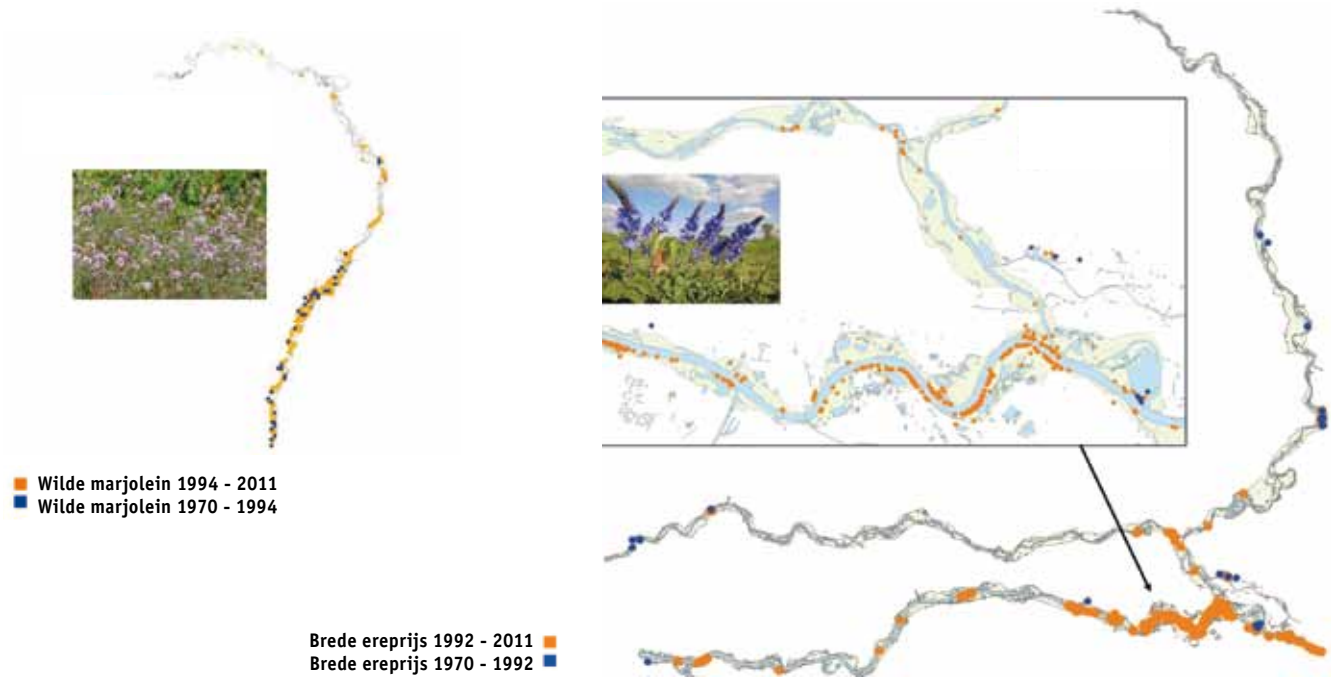
Figuur 1 Natuurstreefbeeld van het Plan Ooievaar met doelsoorten voor het rivierengebied (Illustratie: Jeroen Helmer).

Figure 1 Nature taget of 'plan Ooievaar' with target species for the Dutch river area of Rhine and Meuse (Jeroen Helmer).

succes- en faalfactoren nader analyseren, met aandacht voor schaal en kwaliteit.

Herstel van riviersoorten langs Maas en Rijn in ruimte en tijd

Tussen 2006 en 2010 is onder de noemer 'Maas in Beeld' en 'Rijn in Beeld' uitgebreid veldonderzoek verricht naar de resultaten van 65 rivierherstelprojecten langs de Maas en de Rijn. Deze herstelprojecten werden grotendeels uitgevoerd in de periode 1990-2005 in het kader van de realisatie van de Ecologische Hoofdstructuur, vaak in combinatie met delfstofwinning. Langs de Maas is, in vier provincies en twee landen, circa 1.400 ha onderzocht (Peters & Kurstjens, 2008; Van Looy *et al.*, 2009). Verspreid over de drie Rijntakken zijn twintig grote natuurontwikkelingsprojecten bekeken en vier themaonderzoeken verricht naar agrarisch natuurbeheer, actief zand, stromende nevengeulen en natte overstromingsvlakte (Kurstjens & Peters, 2012; Peters & Kurstjens, 2012). Het onderzoek vergeleek twee perioden van ongeveer 15 jaar: de periode vóór natuurontwikkeling (1980-1993) en de periode van natuurontwikkeling (1994-2009). Het jaar 1994 is gekozen omdat dit het eerste groeiseizoen was na het recordhoogwater van december 1993. Dit hoogwater zorgde, samen met dat van januari 1995, voor grote morfologische effecten in beide rivieren. Deze hoogwaters waren een impuls om in veel gebieden te starten met natuurherstel. Uit het onderzoek blijkt dat voor de arealen en de bijhorende soorten aan de top van de piramide de streefbeelden zijn gerea-



liseerd, al roept de kwaliteit van het natuurherstel nog vragen op en blijven sommige indicatorgroepen duidelijk achter.

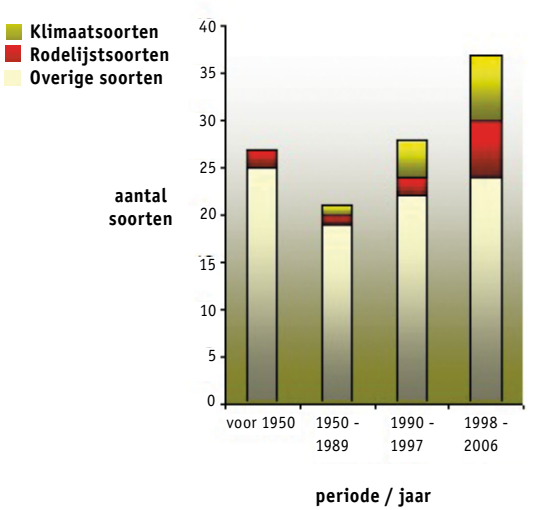
Bij de monitoring lag de focus op flora en drie insectengroepen: dagvlinders, libellen en sprinkhanen, aangevuld met literatuuronderzoek naar de ontwikkelingen bij andere faunagroepen zoals broedvogels. De belangrijkste conclusie van de studie is dat in de natuurterreinen, in tegenstelling tot het omliggende landbouwgebied, de achteruitgang van de natuur gestopt is. Ook blijken de robuuste verbindingen duidelijk bij te dragen aan de connectiviteit van een grote groep soorten. Zo is langs beide riviertrajecten een spectaculaire uitbreiding zichtbaar van de stroomdalflora (figuur 2). Langs de Rijntakken (Waal, IJssel, Nederrijn) laat ruim 70% van de onderzochte soorten uitbreiding van het aantal groeiplaatsen zien (> 10% toename), langs de Maas ruim de helft. De winst is vooral geboekt bij soorten van water, dynamische pioniermilieus en zoom-mantelvegetaties. Ook bij ooibossoorten zien we ondertussen een positieve trend en sterke hervestiging bij overstroming. Bij soorten van droog grasland, broekbos en kwelmoeras zijn geen duidelijke trends te zien (Kurstjens & Peters, 2011). Vooral de toename van zand- en grindsedimentatie in de nieuwe natuurgebieden is de sleutel geweest tot het herstel van de flora. Onder de fauna zijn er eveneens positieve trends waarneembaar (Kurstjens & Peters, 2012), zoals voor de bever, das en ringslang en sinds enkele jaren ook de otter. Libellen zijn over de hele lijn vooruitgegaan (figuur 3), zowel soorten van stilstaand

Figuur 2 Verspreidingskaarten van wilde marjolein (Origanum vulgare) langs de Maas en Brede ereprijs (Veronica austriaca) langs de Rijntakken vóór en na natuurontwikkeling (1994).

Figure 2 Distribution maps of wild oregano (Origanum vulgare) along the Meuse and large speedwell (Veronica austriaca) along the branches of the Rhine before and after nature development (1994).

Figuur 3 De ontwikkeling van het aantal soorten libellen langs de Zuid-Limburgse Grensmaas.

Figure 3 The development of the number of dragonfly species along the Grensmaas in South Limburg.



als van stromend water. Sprinkhanen hebben geprofiteerd van het grotere areaal aan begraasde landschappen, met een subtiele afwisseling van grasland, ruigtes en struweel. Soorten als de greppelsprinkhaan en gouden sprinkhaan koloniseren geleidelijk de natuurterreinen in het gehele rivierengebied, en algemene soorten vertonen een exponentiële toename door het natuurlijke begrazingsbeheer. Dit leidt ook tot een grote toename van broedvogels in de riviernatuur, waarvoor sprinkhanen basisvoedsel vormen. Het herstel van de meeste dagvlinders blijft echter sterk achter, met uitzondering van enkele uitbreidende soorten (bruin blauwtje, kleine parelmoervlinder). Desondanks is de vlinderstand in natuurlijke uiterwaarden beter op peil gebleven dan in het aangrenzende (binnendijkse) cultuurland. Sommige soorten profiteren duidelijk van het opwarmende klimaat. Vooral bij libellen zijn klimaatsoorten in opmars (figuur 3), maar ook bij sprinkhanen (zuidelijk spitskopje, sikkelsprinkhaan; Peters & Kurstjens, 2008) en broedvogels (cetti's zanger). Zij maken dankbaar gebruik van de rivierconnectie om op te schuiven in het landschap.

De corridors van riviernatuur verbinden de grotere kerngebieden die langzaamaan zijn ontstaan. Langs de Rijnstrangen en de Benedenmaas liggen goede kansen voor meer laagdynamische natuur, zoals in de Biesbosch, waar soorten als de zeearend, visarend, kwak en lepelaar zich hebben gevestigd. In de grote kernen meer stroomopwaarts, zoals de Gelderse Poort en de Grensmaas, ontwikkelt zich hoogdynamische riviernatuur en vestigen de visdief, oeverloper, zwarte wouw en otter zich. De combinatie van ruimte en tijd brengt stilaan het geschetste natuurstreefbeeld tot stand, overeenkomstig de ruimtevereisten van de kritische soorten (zie figuur 1 en de tabel hiernaast).

Natuurkern (areaal)	Geraliseerde doelsoorten
Biesbosch (7.000 ha)	Zeearend, Lepelaar, Visarend (sinds 2017)
Gelderse Poort (5.000 ha)	Otter, Steur, Grote zilverreiger
Grensmaas (1.500 ha)	Bever, Zwarte wouw, Visdief

Habitatkwaliteit bij maatregelen voor Ruimte voor de Rivier en KRW

De maatregelen voor de Kaderrichtlijn Water en deels ook Ruimte voor de Rivier worden verondersteld natuurwinst op te leveren. Ruimte voor de Rivier-projecten richten zich echter niet op maximale natuurwinst, hoewel grotere variatie in rivierhabitats hier zeker aan bijdraagt. Hieronder een aantal voorbeelden van ingrepen en hun ecologische effecten.

De Spiegelwaal bij Lent is een voorbeeld van een ingreep die ecologisch niet goed uit de verf komt: door de sterk geknepen inlaat stroomt de geul niet of nauwelijks.

Vragen rond de ecologische effectiviteit van technische ingrepen spelen ook bij de Haringvlietdam, dé belangrijkste bottleneck voor (trek)vis in de Rijn-Maasdelta. Dankzij het kierbesluit is sinds begin 2018 de connectiviteit gedurende een groot deel van het jaar hersteld. Bij lage rivierafvoeren dreigt echter verzilting en gaat de kier dicht. Vooral in het najaar is dit aan de orde; zo moest de beoogde opening in het najaar van 2018 maanden uitgesteld worden vanwege de aanhoudende droogte. Omdat verschillende soorten vis op verschillende momenten de doorgang van en naar zee gebruiken, is juist een jaarronde open verbinding van belang (Reeze *et al.*, 2018). Daarbij is de zoutgradiënt ecologisch gezien juist waardevol. Dit voorbeeld toont de kwetsbaarheid van het systeem: door alle verknoopte functies, zoals drinkwaterwinning en agrarisch gebruik,is de speelruimte voor natuurlijke processen sterk ingeperkt.

Een ambitieus project was de aanleg van tien kilometer langsdammen in de Waal, tussen Wamel en Ophemert, waarbij de dwarse kribben werden vervangen door lange, parallelle, stroomgeleidende onderwaterdammen die de oever beschermen tegen golfslag. Door de grote lengte vormt het gebied achter de langsdam een substantieel leefgebied voor veel soorten, maar ook een rustplek voor trekvis op weg naar de bovenstroomse paaigebieden. De dam houdt overigens niet alleen de waterbeweging, maar ook het geluid als gevolg van scheepvaart tegen (Collas, 2018). Mogelijk draagt dit effect bij aan de hogere dichtheden vis achter de langsdam: de kraamkamerfunctie lijkt vergelijkbaar met die van nevengeulen. Binnenkort wordt deze functie nog versterkt door de aanleg van de nevengeul Wamel-Dreumel-Heerewaarden en de stroomafwaarts gelegen gebiedsontwikkeling Varik-Heesselt. Het aantal kralen aan het snoer *(stepping stones)* neemt zo toe. De nieuw ontstane sedimentatiemilieus van de nevengeulen in Maas en Waal blijken goed bereikbaar en voorkeursmilieus te zijn voor larven van rivierprik, rivierrombout en stroommossels (Dorenbosch *et al.*, 2018). De vraag is nog wat het effect van de langsdam is op oeverwalvorming en de kansen voor stroomdalflora. Monitoring van zandafzettingen op de oevers achter de langsdam na matig hoge afvoeren laat zien dat dit proces gelukkig nog steeds actief is (Reeze *et al.*, 2016).

Een succesvolle combinatie van waterveiligheid en natte natuurontwikkeling is het Grensmaasproject. Door de oevers grootschalig te verlagen is de rivier veel meer in contact gekomen met haar overstromingsvlakte en is vrij erodeerbaar grind beschikbaar gekomen. Dit leidt al direct tot de gewenste morfodynamiek en spontane ontwikkeling van grindbanken en geulen, al is het de vraag of dit de eenmalige instelling van een nieuw evenwicht is, of dat de rivier genoeg kracht heeft om deze patronen jaarlijks te verleggen.

De effecten op de beleidsdoelstellingen zijn tot op heden nog beperkt, aangezien de grote rivieren nog onvoldoende scoren op de KRW-maatlatten. Hierbij speelt de schaalfactor zeker een rol. Zo geeft het aanbrengen van rivierhout direct lokaal resultaat. Om dit effect op de schaal van een riviertraject te realiseren worden in het kader van de KRW de komende jaren honderden bomen op verschillende plekken in het rivierengebied aangebracht. Zo kunnen de houtclusters als substantieel brongebied gaan fungeren voor de rest van het riviersysteem. Iets dergelijks geldt voor de natuurlijke oevers langs de Maas. Deze blijken na tien jaar effectief. De verschillen tussen locaties zijn echter groot en voor een effect op de schaal van de rivier is meer nodig dan enkel het vrijgeven van de oever (Buijse *et al.*, 2019).

Ook de factor tijd speelt een belangrijke rol. Hersteltijden zijn sterk afhankelijk van voldoende bronpopulaties van doelsoorten in de nabijheid (Noordhuis, 2016). Het

nieuw aangebrachte rivierhout wordt snel gekoloniseerd door zeldzame macrofaunasoorten die dagelijks via drift door het Nederlandse rivierensysteem gaan (van Riel, 2007; Klink, 2016). De afstand én de grootte van de bronpopulaties blijken bepalend voor de snelheid en samenstelling van nieuwe levensgemeenschappen van macrofauna in herstelprojecten (Westerveer, 2018). De hersteltijd kan verkort worden door in het ontwerp van de maatregel voldoende dynamiek (doorstroming) toe te laten, of door het vergroten van samenhang tussen projecten in ruimte en tijd (ofwel het verkleinen van afstand tot brongebieden en de aanleg van *stepping stones*).

Discussie

Monitoring van herstelprojecten vindt maar op beperkte schaal plaats. Slechts enkele projecten worden langjarig gevolgd, zoals de langsdammen (www.RiverCare.nl) en het plaatsen van rivierhout in de Rijntakken (Liefveld *et al.*, 2017, Dorenbosch *et al.*, 2018). Gedegen monitoring blijkt echter wel nodig om het beleid te kunnen steunen en sturen. Monitoring is tevens van belang om de aanwijzingen voor herstel voldoende tijdig te kunnen detecteren en de werkwijze bij nieuwe maatregelen zo nodig aan te passen.

Grote rivieren faciliteren overduidelijk de connectiviteit voor riviergebonden organismen, zowel gewenste als ongewenste (Leuven *et al.*, 2009). De afstanden die hierbij overbrugd worden verschillen per soort en zijn gerelateerd aan hun leefwijze (Liefveld *et al.*, 2000). De otter *(Lutra lutra)* kan per dag twintig kilometer afleggen, wat suggereert dat een rivier met om de twintig kilometer een natuurkern voldoende kansen moet bieden voor deze soort. Een analyse van de terugkeer van de otter over het volledige Franse riviernetwerk over de afgelopen 25 jaar laat echter zien dat dit helaas niet zo eenvoudig ligt. De kwaliteit van het oevermilieu (verstedelijking en infrastructuur) heeft grote invloed op de dispersiecapaciteit van de soort (Van Looy *et al.*, 2013). Een ingeperkte dispersiecapaciteit blijkt over het algemeen het belangrijkste struikelblok voor herstel van riviergemeenschappen (Stoll *et al.*, 2014, Van Looy *et al.*, 2014). De factor tijd speelt uiteraard ook een rol. Monitoring van een rivierherstelproject toonde een geleidelijk soortherstel aan over een periode van dertig jaar (Langford *et al.*, 2009) en een evaluatie van verschillende typen herstelprojecten duidde op een gemiddelde hersteltijd van zeker tien jaar (Noordhuis, 2016). Maar het kan ook sneller: de herintroductie van rivierhout in de Nederrijn en Lek resulteerde direct in een lokale toename van kenmerkende riviersoorten van macrofauna, waaronder zelfs enkele soorten kokerjuffers en dansmuggen die in Nederland uitgestorven gewaand waren (Liefveld *et al.*, 2017). De verbetering van de waterkwaliteit over het Franse rivierenmeetnet resulteerde de afgelopen 25 jaar in een uitzonderlijke toename van 42% van de soortenrijkdom van macroinvertebraten (Van Looy *et al.*, 2016). Bronpopulaties in zones met voldoende geschikt habitat blijken cruciaal voor herstel op netwerkniveau.

Naast de beschreven sleutelfactoren voor connectiviteit en succesvol herstel spelen nog een aantal andere factoren een rol. De extreme hoogwaters van de Maas midden jaren negentig zorgden voor een versnelde terugkeer van doelsoorten. Vele soorten van kenmerkende groepen van rivierinsecten zoals libellen en dansmuggen (Klink, 1995) maar ook de oeverloopkevers (Van Looy, 1996), wisten het gebied te bereiken. Dit fenomeen was ook opvallend bij planten en vogels (Kurstjens & Schepers, 1995). Veel van deze herkolonisaties bleken echter slechts tijdelijk: het gebied had kennelijk nog onvoldoende ruimte of kwaliteit voor de soorten om zich blijvend te vestigen. Bij corrigerende maatregelen na hoogwaters moet rekening worden gehouden met de

nieuw ontstane natuurwaarden en hun vereisten. Ten slotte zou een snelle inventarisatie van vestiging van doelsoorten ná een afvoergolf waardevolle informatie kunnen opleveren over de connectiviteit en aanwezigheid van bronpopulaties.

De rivierdynamiek creëert kansen voor verspreiding van soorten en de nodige habitats voor riviersoorten. Een diversiteit in karakteristieke habitats is evenwel nodig voor optimaal herstel van riviernatuur. Deze diversiteit hangt samen met diversiteit in overstromingsduur en –sterkte. Deze laatste diversiteit tekent meteen de kansen voor variatie in natuurdoelen en het tegengaan van dominantie van ruigten. Hier ligt de oplossing voor de schijnbare tegenstelling tussen aan de ene kant het pleiten voor meer dynamiek en spontane processen en aan de andere kant het stellen van specifieke habitatdoelen (Natura 2000) met juist laagdynamische milieus met hoogwaardige vegetaties. In het rivierengebied moet dankzij voldoende ruimte en variatie in overstromingsdynamiek, in combinatie met natuurbeheer, kans en plaats ontstaan voor zowel hoogdynamische als laagdynamische natuur, met zowel bossen en struwelen als graslanden en open pionierplekken door de gradiënten in het gebied heen.

Conclusies

In de multifunctionele ruimte van onze dichtbevolkte regio heeft de natuur moeite om haar plaats op te eisen: de noodzakelijke oppervlakte en gunstige configuratie van kwaliteitsvolle habitats blijkt in de praktijk moeilijk te realiseren vanwege eisen vanuit rivierbeheer en stedelijke of toeristische ontwikkeling. Om toch gebieden te creëren die wel voldoen qua schaal en kwaliteit, moeten we in de eerste plaats investeren in de grotere kernen, zoals Grensmaas, Gelderse Poort, Biesbosch en IJsselmonding, waar hopelijk kernpopulaties van doelsoorten van het riviergebied de kans krijgen om zich te ontwikkelen. Deze kernen vormen de brongebieden voor ontwikkeling van de tussenliggende *stepping stones*, die zich kunnen doorontwikkelen tot waardevolle schakels op zichzelf in het grotere netwerk. Hiervoor is het van cruciaal belang dat partijen in het rivierengebied de handen ineenslaan om in dezelfde richting te werken, zoals aangegeven in de visie ‘Ruimte voor Levende Rivieren’ (www.levenderivieren.nl). De sterk positieve ontwikkeling van hydromorfologische processen bij herstelprojecten in het riviergebied, kampt op dit moment nog met een lange *time lag* voor het biologische herstel. We zijn dus nog zeker niet in de gewenste situatie met robuuste verbindingen.

Ook blijft de aandacht voor kwaliteit in de ontwikkelingen van belang: het bevorderen van herkolonisatie door doelsoorten en het stimuleren van specifieke habitats zoals laagdynamische stroomdalgraslanden, natte overstromingsvlakten en kwelsystemen. Naast de rivierdynamiek die diversiteit en kwaliteit van habitats in de gebieden kan brengen, dient een bijkomend beheer de vinger aan de pols te houden of de ‘schuivende’ habitatmozaiek wel voldoende mogelijkheden en connectiviteit biedt voor de nodige habitatnetwerken van populaties. Het kenmerkende diverse rivierlandschap moet kansen bieden voor metapopulaties van doelsoorten, ook onder veranderende klimaatomstandigheden en na ingrepen aan de rivier. Hiertoe kunnen analyses van metapopulaties over riviernetwerken uitsluitsel en uitkomst geven (Van Looy & Piffady, 2017; Tonkin *et al.*, 2018). Op basis van ecoprofielen van doelsoorten en kennis van de fysiotopen langs de rivier, kan dan gericht beheerd worden op duurzame habitats en soorten, waar nodig met maaien of extra begrazen, graven of aangepast stuwbeheer.

De natuur langs de grote rivieren blijft in de eerste plaats hoogdynamisch. Daarom is het van belang open te staan

voor verandering, beheer te richten op de overstromingsdynamiek en niet bang te zijn voor nieuwe soorten en gemeenschappen. De roep om dynamiek is dus niet zozeer een roep om alles op zijn beloop te laten, maar wel om de rivierdynamiek en de connectiviteit die ze inhoudt de nodige kansen te bieden.

Summary

Room for large rivers and ecological restoration programs

Kris van Looy, Wendy Liefveld, Gijs Kurstjens & Jasper Hugtenburg

River restoration, river species, hydrodynamics, natural flooding, connectivity

With this contribution, documented river restoration project evaluations in time for the Rhine-Meuse delta are gathered and analysed. Comparison of presence of target species in different taxonomic groups between the period before nature development (1980-1993) and the period of nature development (1994-2009), reveals that many critical target species recolonized. The restored network of large core areas and smaller stepping stones appear to contribute to the connectivity for a large group of species. For example, a spectacular expansion along the large rivers is visible for the river-bound plant species. Aquatic insects of both stagnant and running waters have increased sharply. Grasshopper species have benefited from the large areas of natural grazed landscape, and are gradually colonizing nature reserves throughout the entire river area. The common species show an exponential increase in abundance thanks to the natural grazing management. This also leads to a large increase in breeding birds along the rivers, for which the insects are basic food. Several critical species groups for habitat quality, such as butterflies and stoneflies are not responding up till now. Also for specific river restoration measures, like side-arm reconnection, restoration of tidal connection, novel bank protection techniques, the quality and success is measurable in the diversity of flow and habitats realised. For the identified issues of habitat quality, more attention is needed for the restoration of hydromorphological conditions of overbank and in-stream sedimentation, and of specific habitats of the large alluvial rivers, such as low dynamic grassland and lower floodplain wetlands. The combination of space and time gradually brings about the nature targets, in accordance with the space requirements of the critical species. Nevertheless, management corrections are needed to support the quality demands for specific habitats and species groups.

Literatuur

Buijse, A.D., G. Geerling, C. Chrzanowski et al., in prep. Natuurvriendelijke oevers langs de Maas: toestand en trend na 10 jaar ontwikkeling. Deltares, rapport 11201679-000.

Collas, F.P.L., 2018. Longitudinal training dams: an innovative training measure to mitigate ecological impacts of navigation. Presentation for the Interreg Project 'Blue Green Rhine Alliance' on 13-11-2018 in Bemmel, Netherlands.

Dorenbosch, M., N. van Kessel & F. Collas, 2018. Kritische benthische soorten in de Waal. Onderzoek naar het voorkomen van larvale rivier- en zeeprik, rivierrombout en volwassen najaden. Culemborg. Bureau Waardenburg, rapport 18-038.

Geest, G. van, A. de Niet & S. Teurlincx, 2011. Waterplanten langs de Nederlandse Rijntakken, huidige waarden, aanbevelingen voor inrichting, KRW-Tool. Deltares rapport 1203415-000-ZWS-0008.

Klink, A.G., 2016. Drift van macrofauna in de Rijn. Wageningen, Hydrobiologisch Adviesburo Klink.

Klink, A.G., J. Mulder, J.M. Jansen *et al.*, 1995. Grensmaas: Hoogwater januari 1995 en de gevolgen voor de makro-evertebraten. Wageningen. Hydrobiologisch Adviesburo Klink. Rapporten en Mededelingen 56:14.

Kurstjens G. & B. Peters, 2012. Rijn in Beeld, deel 1: Ecologische resultaten van 20 jaar natuurontwikkeling langs de Rijntakken. Projectgroep Rijn in Beeld. Beek-Ubbergen/Berg en Dal, Kurstjens ecologisch adviesbureau/Bureau Drift.

Kurstjens, G. & B. Peters, 2011. 15 jaar ecologisch herstel langs de Maas: hoe reageert de flora? De Levende Natuur 112: 11-17.

Kurstjens, G. & F. Schepers, 1995. Ontwikkeling van flora en fauna in het zuidelijk Maasdal. Natuurhistorisch Maandblad 84(6/7): 135-166.

Langford, T.E.L., P.J. Shaw, A.J.D. Ferguson *et al.*, 2009. Long-term recovery of macroinvertebrate biota in grossly polluted streams: re-colonisation as a constraint to ecological quality. Ecological Indicators 9: 1064–1077.

Leuven, R. S. E. W., G. van der Velde, I. Baijens *et al.*, 2009. The river Rhine: a global highway for dispersal of aquatic invasive species. Biological Invasions 11: 1989–2008

Liefveld, W.M., G.J. Maas, H.P. Wolfert *et al.*, 2000. Richtlijnen voor de ruimtelijke verdeling van ecotopen langs de Maas op basis van ecologische netwerken en geomorfologische kansrijkdom. Wageningen. RIZA/Alterra, Reports of the project "Ecological Rehabilitation of the River Meuse" 35-2000.

Liefveld, W.M., M. Dorenbosch, N. van Kessel *et al.*, 2017. Evaluatie pilot rivierhout. Effecten op vis, macrofauna en bodem (2014-2016). Culemborg. Bureau Waardenburg, rapport 17-115.

Looy, K. van & J. Piffady, 2017. Metapopulation modelling of riparian tree species persistence in river networks under climate change. Journal of Environmental Management 202: 437-446.

Looy, K. van, 1996. Loopkevers langs de Maas. INBO publicaties 1996-08.

Looy, K. van, C. Cavillon, T. Tormos *et al.*, 2013. A scale-sensitive connectivity analysis to identify ecological networks and conservation value in river networks. Landscape Ecology 28: 1239-1249.
Looy, K. van, G. Kurstjens & B. Peters, 2009. Maas in Beeld. Vlaamse Maasvallei. Resultaten van 15 jaar ecologisch herstel. Kempen en Maasland. Projectgroep Maas in Beeld.

Looy, K. van, J.D. Tonkin, M. Floury et al., 2019. The three Rs of river ecosystem resilience: Resources, recruitment, and refugia. River Research and Applications 35(2): 1–14.

Looy, K. van, M. Floury, M. Ferréol *et al.*, 2016. Long-term changes in temperate stream invertebrate communities reveal a synchronous trophic amplification at the turn of the millennium. Science of The Total Environment 565: 481-488.

Looy, K. van, T. Tormos & Y. Souchon, 2014. Disentangling dam impacts in river networks. Ecological Indicators 37: 10-20.
Noordhuis, R., 2016. Time-lag effecten in doelbereik bij KRW maatregelen. Deltares.

Pedroli, B., G. De Blust, K. Van Looy *et al.*, 2002. Setting targets in strategies for river restoration. Landscape Ecology 17: 5-18.

Peters B. & G. Kurstjens, 2012. Rijn in Beeld, deel 2: Inrichting, beheer en beleid langs de grote rivieren. Projectgroep Rijn in Beeld. Berg en Dal/Beek-Ubbergen. Bureau Drift/Kurstjens ecologisch adviesbureau.

Peters, B. & G. Kurstjens, 2008. Maas in Beeld: Succesfactoren voor een natuurlijke rivier. Projectgroep Maas in Beeld. Berg en Dal/Beek Ubbergen. Bureau Drift/Kurstjens ecologisch adviesbureau.

Reeze, B., 2017. Watersysteemrapportage Maas 1990-2017. Ontwikkelingen waterkwaliteit en ecologie. Harderwijk. Bart Reeze Water & Ecololgie, in opdracht van Rijkswaterstaat Zuid-Nederland.

Reeze, B., A. van Winden & D. Oomen, 2016. Inventarisatie van zandoverslag op de oeverwal van de Waaltrajecten met langsdammen in het jaar 2016. Stroming, in opdracht van Rijkswaterstaat.

Reijnen, R., W.B. Harms, R.P.B. Foppen *et al.*, 1995. Rhine-Econet. Ecological networks in river rehabilitation scenarios: a case study of the Lower Rhine. Lelystad. RIZA. EHR report 58.

Riel, M.C. van, 2007. Interactions between crustacean mass invaders in the Rhine food web. PhD thesis, Radboud Universiteit Nijmegen.

Stoll S., A. Sundermann, A.W. Lorenz *et al.*, 2013. Small and impoverished regional species pools constrain colonisation of restored river reaches by fishes. Freshwater Biology 58: 664-674.

Straatsma, M. W., A.M. Bloecker, H.J.R. Lenders *et al.*, 2017. Biodiversity recovery following delta-wide measures for flood risk reduction. Science Advances 3(11): e1602762.

Tonkin, J. D., J. Heino, & F. Altermatt, 2018. Editorial: Metacommunities in river networks: the importance of network structure and connectivity on patterns and processes. Freshwater Biology 63: 1-5.

Westerveer, J.J., 2018. Go with the flow: Unravelling the ecological mechanisms of dispersal and colonization by aquatic macroinvertebrates in restored lowland streams. Thesis, University of Amsterdam.