

Nevengeulen: lessen uit de praktijk

Rijkswaterstaat heeft inmiddels bijna twintig jaar ervaring met de aanleg van nevengeulen. Tijd voor een evaluatie. De vier nevengeulen onder het vergrootglas zijn die van Gameren, Klompenwaard, Bakenhof en Vreugderijkerwaard. We gaan in op de keuzes die gemaakt zijn bij de aanleg en de hydromorfologische ontwikkeling. Vervolgens vergelijken we de ecologische resultaten van de nevengeulen onderling en met de hoofdstroom. En we eindigen met adviezen voor een optimale inpassing van nevengeulen in het landschap van de grote rivieren.

Nevengeulen zijn wateren die parallel aan de hoofdgeul door de uiterwaard stromen. Aan het begin en het einde staan ze in verbinding met de rivier. Wanneer een nevengeul aan één zijde is aangetakt of geïsoleerd raakt, spreken we van een 'strang'. Ondiepten, langzaam stromend water, sedimentatie en erosie, waar in de hoofdgeul geen plaats meer voor is, mogen in nevengeulen terugkeren (Simons et al., 2001). Zo wordt het rivierengebied gevarieerder en rijker aan planten en dieren (Tockner et al., 1999; Ward et al., 1999; Simons et al., 2001). En er is een tweede voordeel: nevengeulen geven de rivier meer ruimte voor water. Daardoor neemt de veiligheid toe.

Aanpak

De ligging van de onderzochte nevengeulen is aangegeven op figuur 1. Voor een uitgebreide hydromorfologische beschrijving verwijzen we naar DHV (2010) en Geerling & van Kouwen (2011). Bij de ecologische ontwikkeling is gekeken naar vissen, macrofauna en waterplanten die elk hun eigen eisen aan de omgeving stellen. De meeste metingen hebben plaatsgevonden in 2009; voor Gameren zijn ook gegevens beschikbaar van vlak na de aanleg.

Vissen

Nevengeulen hebben een belangrijke functie als kraamkamer voor vis en daarom is de meetmethode gericht op jonge vis. Daarbij is onderscheid gemaakt in 'gilden': stroominnend (reofiel), migrerend (diadroom), wa-

terplantminnend (limnofiel) en zonder specifieke voorkeur (eurytoop). Exoten worden soms als apart gilde onderscheiden, hoewel de meeste exoten in rivieren reofiel zijn. Er is gevist door verschillende trekken met een zegen te doen. De methode en uitgebreide resultaten voor vis zijn beschreven in Dorenbosch et al. (2011).

Macrofauna

Macrofauna zijn ongewervelde dieren die met het blote oog zichtbaar zijn, onder meer: insectenlarven, kreeftachtigen (rivierkreeften, vlokreeften, zoetwaterpissebedden), platwormen, borstelarme wormen en weekdieren. Deze soorten zijn vaak gebonden aan specifieke combinaties van stroomsnelheid, substraat en waterdiepte. De methode en uitgebreide resultaten voor macrofauna zijn beschreven in de Rooij et al. (2009).

Waterplanten

Nevengeulen met ondiepten bieden kansen voor waterplanten, die in de diepe, snelstromende hoofdgeul niet meer kunnen aarden. De waterplanten voorzien in schuilmogelijkheden voor jonge vis en paaiplaatsen voor plantminnende vis. Ook macrofauna profiteert van waterplanten, als leefgebied, voedselbron en schuilplaats. Het aantal soorten waterplanten geeft een indicatie voor het functioneren van de nevengeul. De methode en uitgebreide resultaten voor waterplanten zijn beschreven in Peters & Kurstjens (2009).

MARGRIET SCHOOR,
MARIANNE
GREIJLDANUS,
GERTJAN GEERLING
& LEON VAN KOUWEN

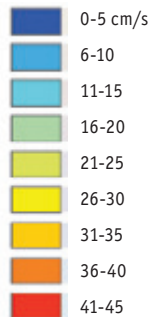
Drs. M.M. Schoor
Rijkswaterstaat Oost
Nederland, Postbus 9070,
6800 ED Arnhem
margriet.schoor@rws.nl
M. Greijldanus
Rijkswaterstaat Waterdienst
Dr. G.W. Geerling Deltares
Drs. L.A.H. van Kouwen
Deltares

Foto Margriet Schoor
Macrofaunabemonstering in
de Vreugderijkerwaard



Figuur 1 Geulen langs de Rijntakken die in 2009 zijn onderzocht.

Figuur 2 Stroomsnelheden in de Bakenhof (Nederrijn) bij een representatieve voorjaarsafvoer ($2.650 \text{ m}^3/\text{s}$ bij Lobith) en geopende stuw bij Driel. De gemiddelde stroomsnelheid is dan 10 cm/s .



Bakenhof

De Bakenhof ligt in het gestuwde deel van de Nederrijn, vlak na de splitsing met de IJssel (km 88r, Arnhem). De nevengeul is in 2002 aangelegd. Zowel in de in- als uitstroomopening staat een regelwerk dat ook als brug dienst doet. De Bakenhof staat gemiddeld tien maanden per jaar in verbinding met de hoofdgeul. Alleen bij laag water, als de afvoer bij Lobith kleiner is dan $1.300 \text{ m}^3/\text{s}$, stroomt de geul niet mee; in 2003, 2009 en 2011 is zij deels drooggevallen. De stroomsnelheden in de geul variëren sterk. De stuw bij Driel heeft daar grote invloed op. Als de afvoer bij Lobith zakt onder de $1.500 \text{ m}^3/\text{s}$, wat in de zomer en het najaar vaak het geval is, staan de stuwen dicht en stroomt er door de Nederrijn nog maar maximaal $30 \text{ m}^3/\text{s}$. In de nevengeul staat het water dan vrijwel stil (gemiddelde stroomsnelheid 2 cm/s). Bij geopende stuw is de gemiddelde stroomsnelheid 10 cm/s (figuur 2). De stroomsnelheden zijn het hoogst bij de in- en uitstroomopeningen.

De nevengeul is bijna overal minder dan twee meter diep, behalve direct na de instroomopening en in het smalle deel bij de uitstroomopening. Bij de instroomopening is zand en klei geërodeerd, dat zich waarschijnlijk elders in de geul heeft afgezet. In de geul ligt een kleine zandbank die na hoogwater verschuift en ook de hogere oevers zijn van zand. In diepere delen ligt slib.

Klompenwaard

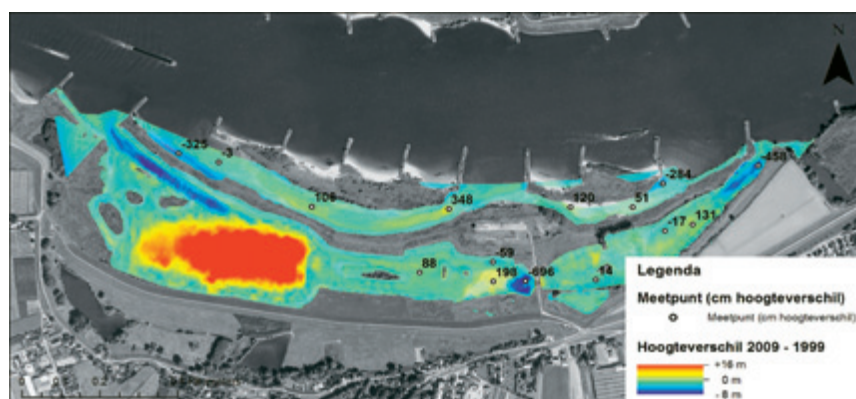
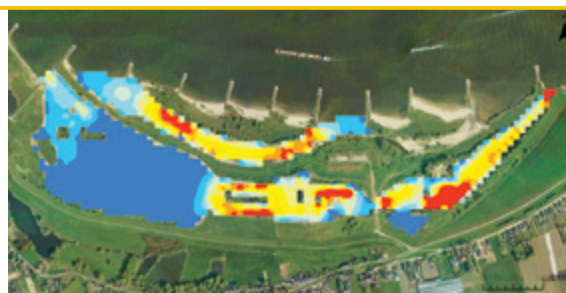
De Klompenwaard ligt aan de rechteroever van de Waal, vlak bij het splitsingspunt met het Pannerdensch Kanaal (km 86g). In 2002 is hier een geul gegraven en benedenstrooms aangetakt aan de Waal, in combinatie met verlaging van de uiterwaard. Het doel was zand- en kleiwinning, verlaging van de hoogwaterstand en natuurontwikkeling. Het natuurdoel richt zich voornamelijk op drogere natuur en overgangen naar natte natuur. In

de instroomopening van de geul ligt een stortstenen drempel. Het water stroomt er pas overheen als de afvoer van de Rijn bij Lobith ten minste 3.000 m³/s bedraagt. Dat treedt vrijwel alleen in de wintermaanden op. De geul stroomt gemiddeld maar zestig dagen per jaar mee en in het voorjaar en de zomer is er in de geul dus bijna altijd sprake van stilstaand water. Omdat de geul in verbinding staat met de hoofdgeul is er wel waterbeweging door passerende schepen. Een deel van het water wordt uit de geul gezogen en stroomt even later weer terug. Op meerdere plaatsen langs de oever van de geul zijn kleine zandbanken ontstaan.

De waterstand in de geul varieert sterk, tot wel 5 meter in het paai- en groeiseizoen (1 februari-1 augustus) en meer dan 6 meter over het gehele jaar bezien. Deze grote verschillen zijn kenmerkend voor het bovenstroomse deel van de Rijntakken. Het substraat in de geul bestaat voornamelijk uit slib; het water is troebel.

Gameren

Gameren ligt aan de linkeroever van de Waal, ter hoogte van Zaltbommel (km 937). In de uiterwaard liggen drie nevengeulen die sinds 1999 in werking zijn: de Oostgeul, de Westgeul en de Grote geul. De Grote geul bestaat deels uit een voormalige zandwinput. In de instroomopeningen van de Oostgeul en de Westgeul liggen drempels. In het midden van de Grote geul ligt een brug die het debiet reguleert. De Oostgeul staat ongeveer drie maanden per jaar in verbinding met de hoofdgeul, meestal in de winter. De Westgeul en de Grote geul zijn nagenoeg het hele jaar verbonden met de hoofdgeul. In de Westgeul is stroomsnelheid bijna het hele jaar door hetzelfde, gemiddeld circa 20 cm/s. In de Grote geul bedraagt de gemiddelde stroomsnelheid 15 cm/s, met vrij grote verschillen binnen de geul. Bij het regelwerk en rond de eilanden zijn de stroomsnelheden hoger en in



de aangetakte zandwinplas in het westelijk deel van de geul lager (figuur 3).

Twee jaar na de aanleg is de oever van de Grote geul nabij het regelwerk versterkt met stortsteen, om oevererosie tegen te gaan. Ook bij de instroom van de Oostgeul en de uitstroom van de Westgeul is oevererosie opgetreden (figuur 4). De erosie is ontstaan onder invloed van in- en uitgaande stroming, die veroorzaakt wordt door passerende schepen. De aangetakte zandwinplas in de Grote geul was aanvankelijk ongeveer achttien meter diep, maar is door stortingen opgevuld tot een diepte van twee à drie meter. In de Grote geul is achter de duiker een diepe kolk uitgesleten. Het sediment heeft iets verderop een zandplaat gevormd. Ook bij de instroom van de Grote geul is de bodemerosie opvallend. In het

Figuur 3 Stroomsnelheden in de nevengeulen bij Gameren bij een representatieve voorjaarsafvoer (2.650 m³/s bij Lobith). De gemiddelde stroomsnelheid in de Westgeul is 22 cm/s, in de Grote geul 14 cm/s, en de Oostgeul stroomt niet mee.

Figuur 4 Erosie (blauw) en sedimentatie (geel) in de nevengeulen bij Gameren tussen 1999 en 2009. Achtergrondfoto uit 2005. Van enkele karakteristieke punten is het hoogteverschil in cm aangegeven. Niet natuurlijke veranderingen: de voormalige zandwinplas is verondiept (grote rode vlek) en men heeft een vaargeul uitgebaggerd naar de loslocatie (blauwe geul).

	Maximale erosie (cm)	Maximale sedimentatie (cm)	Gemiddelde bodemverandering/ sedimentatie in geul gelegen < 3m NAP (cm/10 jaar)	Standaarddeviatie (cm)	Totale sedimentatie (m ³ /10 jaar)
Grote geul oostelijk van zandwinplas	-790	331	14	100	18.000
Oostgeul	-314	147	4,3	70	750
Westgeul	-375	369	0,55	96	350

Tabel 1 Erosie en sedimentatie in de nevengeulen bij Gamarer tussen 1999 en 2009.

veld valt de sedimentatie in de Oostgeul het meeste op, omdat de geul als hij niet meestroomt, nu ook geen water meer bevat. Schijn bedriegt echter. Ook als men de verondiepte zandwinplas buiten beschouwing laat, heeft in de Grote geul netto de meeste sedimentatie plaatsgevonden: gemiddeld 13,7 cm in 10 jaar (tabel 1).

Vreugderijkerwaard

De nevengeul van de Vreugderijkerwaard ligt aan rechteroever van de IJssel, net ten noorden van Zwolle (km 983). De geul is in 2002 gegraven met als doel rivierverruiming bij hoogwater en de ontwikkeling van droge en natte natuur. De nevengeul in de Vreugderijkerwaard staat het hele jaar in verbinding met de hoofdgeul. Op ongeveer 250 meter vanaf de instroomopening liggen duikers die de afvoer regelen. Door de duikers heeft de geul een vrij continue afvoer, onafhankelijk van de afvoer van de IJssel. Dit beperkt de morfologische effecten in de hoofdgeul.

De nevengeul ligt in het benedenstroomse deel van de IJssel, waar de rivier vrij afstroomt. De stroomsnelheden zijn hier van nature kleiner dan in de bovenstroomse delen van de Rijntakken. De gemiddelde stroomsnelheid in de geul is vrij laag, maar binnen de geul treden grote verschillen op (figuur 5). Gedurende het paai- en groei-seizoen blijft de waterdiepte en de stroomsnelheid min of meer gelijk. Er treedt weinig sedimentatie en erosie op. In de stromende delen van de geul bestaat het sediment uit zand, in de luwe delen uit zand met een laagje slib.

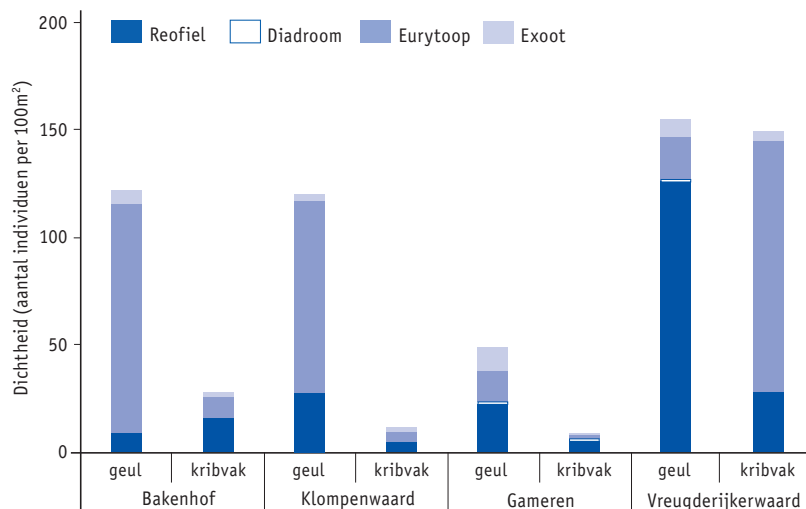


Figuur 5 Stroomsnelheden in de nevengeul van de Vreugderijkerwaard (IJssel) bij een representatieve voorjaarsafvoer (2.650 m³/s bij Lobith). De gemiddelde stroomsnelheid is dan 8 cm/s.

Ecologisch rendement

Vissen

Van de vier onderzochte nevengeulen is die van de Vreugderijkerwaard met zestien vissoorten het meest soortenrijk, op de voet gevolgd door die van de Bakenhof. In de Vreugderijkerwaard komen ook de meeste reofiele soorten voor, waaronder de kleine modderkruiper. In totaal zijn slechts twee diadrome soorten aangetroffen: in Gameren (bot) en de Vreugderijkerwaard (bot en paling). In de vier geulen komen ongeveer evenveel soorten voor als in de nabijgelegen kribvakken in de hoofdgeul met uitzondering van de reofiele soorten. Dat aantal is in de nevengeulen lager; er leven juist meer eurytope soorten. In de nevengeulen zijn de totale dichtheden van vis over het algemeen duidelijk hoger dan in de kribvakken (figuur 6). Dit laat zien dat de nevengeulen een belangrijke kraamkamerfunctie in het riviersysteem vervullen. Het dichtheidsaandeel reofiele vis in de nevengeul hangt enerzijds samen met de mate van verbinding met de hoofdstroom en anderzijds met de stroomsnelheid. In Gameren en Vreugderijkerwaard is het grootste deel van de vissen in de nevengeul reofiel. Beide geulen stromen het hele jaar mee met de hoofdstroom, met vrij constante stroomsnelheden. In Gameren zijn de dichtheden per gilde lager dan in de andere geulen. De oorzaak hiervan is onbekend. In de Bakenhof en de Klompenwaard bestaat de vispopulatie voornamelijk uit eurytope vis. De Bakenhof staat weliswaar altijd in verbinding met de hoofdgeul, maar door stuwing van de Nederrijn staat het water vaak stil. De Klompenwaard staat slechts twee maanden per jaar in verbinding met de hoofdgeul. Dat is blijkbaar onvoldoende voor de meeste reofiele vissoorten. Hoewel er relatief meer eurytope vissoorten in de geul van de Klompenwaard leven, blijkt uit de gegevens ook dat in absolute zin in de Klompenwaard meer stroominnende vis zat dan de geulen bij Gameren.

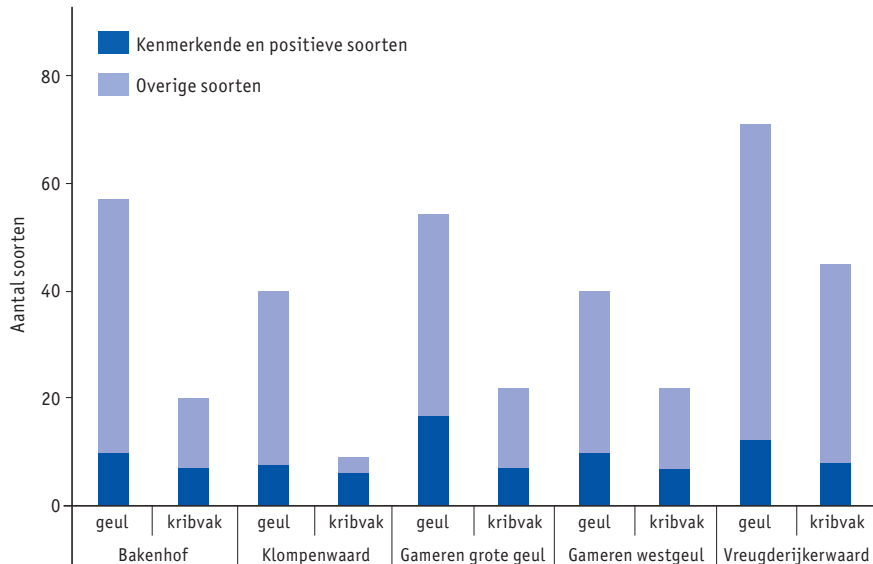


Figuur 6 Gemiddelde dichtheden jonge vis per trek in onderzochte geulen en nabijgelegen kribvakken van de gilden exoot, eurytoop, diadroom en reofiel.

Blijkbaar bieden ook aangetakte strangen geschikt habitat voor opgroeiende reofiele vis.

Macrofauna

Het aantal soorten macrofauna is steeds hoger in de nevengeul dan in het nabijgelegen kribvak (figuur 7). Bovendien komen in de nevengeul meer soorten voor die gebonden zijn aan een specifieke leefomgeving en soorten die gevoelig zijn voor de waterkwaliteit (de kenmerkende en positief dominante soorten). Bepaalde families aan soorten, die variatie in stroming en sediment nodig hebben (kevers, haften, wantsen, kokerjuffers), worden nagenoeg alleen in de nevengeulen aangetroffen. Het zijn er echter niet veel. De verschillen tussen kribvak en geul zijn het grootst bij Gameren (Grote geul) en de Bakenhof. In Gameren zijn gegevens beschikbaar van vlak na de aanleg en van een decennium later. Hieruit bleek de positieve ontwikkeling meteen na aantakking, en een verdere verbetering na tien jaar.



Figuur 7 Aantal soorten macrofauna in onderzochte geulen en nabijgelegen kribvakken.

Tabel 2 Aangetroffen water- en oeverplanten in de maanden maart-juli 2009 in de vier nevengeulen. In de Klompenwaard zijn geen water- of oeverplanten aangetroffen.

	Soort	Latijnse naam	Bakenhof	Gameren	Vreugderijkerw.
Oever	veenwortel	Persicaria amphibia		X	X
	blauwe ereprijs	Veronica anagallis aquatica			X
	grote kattestaart	Lythrum alicaria			X
	kalmoes	Acorus calamus			X
	klein vlooienkruid	Pulicaria vulgaris			X
	moerasvergeet-mij-nietje	Myosotis palustris			X
	watermunt	Mentha aquatica			X
	waterpeper	Persicaria hydropiper			X
Water/oever	pijlkruid	Sagittaria sagittifolia		X	
	zwanenbloem	Butomus bellatus		X	
Water	aarvederkruid	Myriophyllum spicatum	X	X	X
	draadwier	draadwier		X	X
	kleine kroos	Lemna minor		X	X
	doorgroeid fonteinkruid	Potamogeton pfoiliatus			X
	rivierfonteinkruid	Potamogeton nodosus			X
	schedefonteinkruid	Potamogeton pectinatus	X		X
tenger fonteinkruid	Potamogeton pusillus			X	

Waterplanten

In de Vreugderijkerwaard groeien de meeste water- en oeverplanten (tabel 2). Dat geldt zowel voor de kribvakken als de nevengeul. Rivierfonteinkruid en doorgroeid fonteinkruid zijn kenmerkende soorten voor het riviereengebied. De relatief kleine waterstandfluctuaties en het grote doorzicht maken deze geul heel geschikt voor waterplanten. Daarnaast bevinden zich in de IJssel populaties van onder meer doorgroeid fonteinkruid, wat de kolonisatie kan bespoedigen. In de noordzijde van de geul groeien opvallend weinig waterplanten. Mogelijk is dat een gevolg van graas door ganzen, die het water hier gemakkelijk kunnen bereiken vanaf de kale oevers. In Gameren zijn waterplanten pas na tien jaar tot ontwikkeling gekomen, hoewel ook hier de omstandigheden gunstig lijken: het water is vrij helder en de peilvariatie niet zeer sterk. In de geulen van Bakenhof en

Klompenwaard zijn respectievelijk zeer weinig en geen waterplanten aangetroffen. Het water in beide geulen is zeer troebel. De Klompenwaard heeft bovendien zeer grote variaties in de waterstanden, tot meer dan zes meter per jaar. In de kribvakken nabij deze drie geulen groeien geen waterplanten.

Discussie

Eén jaar monitoring in 2009, aangevuld met eerdere monitoring in Gameren geeft een beeld van het ecologisch rendement van de geulen, maar is statistisch gezien onvoldoende om harde uitspraken te doen over de relatie met sleutelfactoren als stroomsnelheid, connectiviteit, substraat, peilfluctuatie. De uitspraken die we kunnen doen komen voort uit een vergelijking van onze gegevens met eerder onderzoek, onder meer Grift (2001), Van Geest *et al.* (2011) en Middelkoop *et al.* (2005).

Voor waterplanten is peilfluctuatie in combinatie met waterdiepte van doorslaggevend belang. Van Geest *et al.* (2011) tonen aan dat waterplanten kansloos zijn in aangegetakte wateren langs de bovenrivieren (Waal tot aan Zaltbommel en IJssel tot aan Olst), omdat de peilfluctuaties tussen mei en juli te groot zijn. De waarnemingen uit dit onderzoek bevestigen dat. Van Geest *et al.* (2011) laten verder zien dat waterplanten vaker voorkomen in habitats die over langere tijd (8-10 jaar) stabiel blijven. De ecologische ontwikkeling van een aangelegde geul moet dan ook over langere perioden worden gevolgd.

Voor macrofauna is naast connectiviteit ook substraatvariatie een heel bepalende factor (Tockner *et al.* 1999). Het beste ecologische rendement wordt behaald bij de Grote geul in Gameren, waar naast zand en slib ook houtig substraat en waterplanten voorkomen. De afwezigheid van houtig substraat in en op de oevers van de geulen, in combinatie met het stilvallen van de stroming in een deel van het jaar, heeft waarschijnlijk een negatieve



Foto **Biopix**. De winde (*Leuciscus idus*) is een karakteristieke bewoner van nevengeulen die van langzaam stromend water houdt.

ve invloed op de hoeveelheid kenmerkende soorten zoals kokerjuffers en eendagvliegen.

Stroomminnende vissen profiteren van stromende nevengeulen. De winde doet dat het meest. In de geulen bij Gameren en de Vreugderijkerwaard is het de dominante soort. In geulen die niet permanent stromen profiteren vooral de eurytope soorten zoals brasem en baars. Schiemer *et al.* (1999) beschrijft een toename van soortenrijkdom naarmate de geul een groter aantal dagen verbonden is met de hoofdgeul. In ons onderzoek kon dit nog niet worden vastgesteld.

Lessen voor de toekomst

Op grond van de ecologische resultaten komen we tot de volgende aanbevelingen voor de inrichting van nieuwe nevengeulen.

Locatie van geulen en systeemkenmerken

- Kies ecologische doelen die passen bij de kenmerken van de rivier of het riviertraject, soms is dat niet een nevengeul.
- Zet in gestuwde trajecten niet in op stroomminnende vis en macrofauna, maar op een rijke waterplantengroeiing.
- Kies voor een geïsoleerde plas of strang als aan een



Foto **Arie Ouwerkerk** agami.nl. De larve van de rivierrombout (*Gomphus flavipes*) is een kenmerkende macrofaunasoort voor stromend water over zandbodem. Op de foto een uitsluitende libel.

stromende nevengeul zoveel beperkingen klevan dat de omstandigheden voor stroomminnende soorten suboptimaal worden.

Ontwerp van geulen

- Geef de nevengeul de kans om zelf een natuurlijke oever te ontwikkelen: bied ruimte voor natuurlijke sedimentatie- en erosieprocessen.
- Zorg voor gevarieerd habitat binnen de geul, door variatie in stroomsnelheid, substraat en oevers.
- Heeft een nevengeul een reofiele doelstelling, laat de nevengeul dan ten minste 300 dagen per jaar meestromen met de hoofdgeul met een gemiddelde stroomsnelheid van 10 tot 30 cm/sec.
- Nevengeulen zijn onderhevig aan netto sedimentatie. Maak bij het ontwerp van een nevengeul een plan voor morfologische monitoring en cyclisch beheer en onderhoud, voor het behoud van veiligheid en ecologische kwaliteit.

Toelichting

Nevengeulen zijn niet altijd de meest logische keuze. In sommige gevallen kan drogere natuur of geïsoleerd water meer opleveren. De ideale nevengeul heeft bij laagwater voldoende water en bij hoogwater weinig aanzanding in de hoofdgeul. Als dit met regelwerken niet te garanderen is, kan een eenzijdig aangetakte strang of een geïsoleerde strang aantrekkelijker zijn. In sommige gevallen is een geul die snel verzandt te overwegen. Vanuit ecologisch perspectief is het wenselijk een geul als start van een langjarige ontwikkeling te zien. Van nature verlandt een nevengeul. Afhankelijk van de lokale omstandigheden verloopt dat proces meer of minder snel. Zo begon in Gameren pas na tien jaar de vestiging van waterplanten. Bij een goed ontworpen geul kan het dertig tot vijftig jaar duren voordat het stromende karakter grotendeels is verdwenen. In die periode zal de geul aan steeds andere soorten habitat bieden. Juist wateren die zich over lange tijden hebben kunnen ontwikkelen, worden nu als zeer waardevol beschouwd. De oudste strangen in de uiterwaarden zijn honderden jaren oud. Ook op lange termijn is echter stromend habitat in de uiterwaarden gewenst. Dat kan ofwel ontstaan door nieuwe geulen aan te leggen ofwel door oude geulen via cyclisch beheer weer open te graven. Zo ontstaat langzaam een rivierenlandschap met een mozaïek van pas gevormde en volgroeide leefgebieden die samen rijke ecologische kwaliteit bieden.

Verantwoording

Dit artikel is een samenvatting van “Een nevengeul vol leven, handreiking voor een goed ecologisch ontwerp” (Schoor et al., 2011). Het boekje met poster is gratis te bestellen bij Rijkswaterstaat, 0800-6592837, www.helpdeskwater.nl

Summary

Secondary channels: practical lessons

Margriet Schoor, Marianne Greijdanus, Gertjan

Geerling & Leon van Kouwen

secondary channels, hydro morphology, fish, macro fauna, water plants

This paper evaluates the development of fish, aquatic macro fauna and aquatic macro phytes in relation to physical conditions in 4 secondary river channels along the river Rhine and IJssel that were recreated nearly 20 years ago. Macro phyte development strongly depended on the maximum of water level fluctuations and the

maximum water depth. Macro fauna developed best when river channels remained connected to the river throughout the year and when there was variation in substrate availability. Different fish communities developed depending on the continuity of water movement through the secondary channel. When there was continuous water movement through the channel, there was a dominance of rheophilic fish species, while in channels where water movement was not continuous, eurytopic fish species were more dominant.

The results were used to formulate guidelines for the creation of new secondary river channels.

Literatuur

DHV, 2010. Voorspellen afvoer nevengeulen. Rapport WA-RK20100018.

Dorenbosch, M, N. van Kessel, J. Kranenbarg, F. Spikmans, W. Verberk & R. Leuven, 2011. Nevengeulen in uiterwaarden als kraamkamer voor riviervissen. Bosschap, bedrijfschap voor bos en natuur rapport nr. 2011/OBN143-RI.

Geerling, G. & L. van Kouwen, 2011. Handvatten voor nevengeulen in de Rijntakken. Deltares.

Geest, G. van, A. de Niet & S. Teurlincx, 2011. Waterplanten langs de Nederlandse Rijntakken. Huidige waarden, aanbevelingen voor inrichting, KRW-tool. Deltares/Witteveen en Bos.

Grift, R.E., 2001. How fish benefit from floodplain restoration along the lower River Rhine. PhD thesis, Wageningen University.

Middelkoop, H, M.M. Schoor, H.P. Wolfert, G.J. Maas & E. Stouthamer, 2005. Targets for Ecological Rehabilitation of the Lower Rhine and Meuse Based on a Historic-Geomorphologic Reference. Archiv Für Hydrobiologie Supplement 15 (1-4): 63–88.

Peters, B & G. Kurstjens, 2009. Waterplanten in nevengeulen, Rijn in Beeld. Bureau Drift/Kurstjens ecol. advies.

Rooij, J. de, R. Munts, B. Achterkamp & A. Kersbergen, 2009. Macrozoöbenthos onderzoek Nevengeulen 2009. Bureau Waardenburg, rapport nr. 10-150.

Schoor, M.M., M. Greijdanus, G.W. Geerling, L.A.H. van Kouwen & R. Postma, 2011. Een nevengeul vol leven, handreiking voor een goed ecologisch ontwerp. Rijkswaterstaat.

Schiemer, F., C. Baumgartner & K. Tockner, 1999. Restoration of floodplain rivers: The Danube restoration project. Regulated Rivers: Research & Management, 15(1-3), 231-244. John Wiley & Sons. Retrieved from <http://www3.interscience.wiley.com/journal/61003663/abstract>

Simons, J.H.E.J., C. Bakker, M.H.I. Schropp, L.H. Jans, F.R. Kok & R.E. Grift, 2001. Man-Made Secondary Channels Along the River Rhine (the Netherlands); Results of Post-Project Monitoring. Regulated Rivers: Research & Management 17 (4-5): 473–491. doi:10.1002/rrr.661.

Tockner, K., F. Schiemer, C. Baumgartner, G. Kum, E. Weigand, I. Zweimueller & J.V. Ward, 1999. The Danube restoration project: species diversity patterns across connectivity gradients in the floodplain system. Regulated Rivers: Research & Management, 15(1-3), 245-258. doi:10.1002/(SICI)1099-1646(199901/06)15:1/3<245::AID-RRR540>3.0.CO;2-G

Ward, J.V., K. Tockner & F. Schiemer, 1999. Biodiversity of floodplain river ecosystems: ecotones. Regulated Rivers: Research & Management, 15, pp. 125 - 139.