



Aquatische macrofauna in het rivierengebied en mogelijkheden voor ecologisch herstel

Alexander Klink, Margriet Schoor, Henk van Rheede & Prisca Duijn

Lotharingse Maas in Frankrijk (Les Monthairons). Bijna alle soorten die vroeger in de grote Nederlandse rivieren hebben geleefd, komen hier nog voor (foto: Alexander Klink).

Op basis van paleoecologisch onderzoek wordt een beeld geschetst van historische veranderingen in de grote rivieren. Vervolgens geven resultaten van lange termijn monitoring in de hoofdgeul van de Rijn inzicht in de veranderde macrofauna. Aan de hand van recente inventarisaties van macrofauna in nieuwe biotopen, zoals natuurvriendelijke oevers langs de Maas en nevengeulen langs de Waal, wordt een toekomstbeeld geschetst en worden aanbevelingen gegeven voor een meer op ecologische doelen toegesneden beheer van onze grote rivieren.

Historische veranderingen

Met behulp van oude rivierkaarten, geochemisch onderzoek, chemische bepalingen en resten van macrofauna in oude rivierafzettingen, kan een beeld verkregen worden van de fauna in de oorspronkelijke natuurlijke rivieren. We nemen u mee naar het jaar 1700. Het ooibos is dan al grotendeels gekapt, maar er liggen nog veel bomen in het water die eerder als gevolg van natuurlijke processen als erosie, van de oevers zijn gestort. De ecologische kwaliteit, gebaseerd op de toenmalige levensgemeenschap van macrofauna, is nog zeer goed, hoewel de toenemende bevolking in het stroomgebied een steeds grotere stroom afval in de rivier stort. Er treedt een stijging op van het biochemisch zuurstofverbruik (BZV) die één op één verloopt met de groei van de bevolking. Vanaf 1750 begint de metaal bewerkende industrie zich geleidelijk te ontwikkelen en nemen de concentraties aan zware metalen in het rivierwater toe. Met de toenemende scheepvaart worden er vanaf begin 19e eeuw

obstakels uit de rivier verwijderd; hierdoor verdwijnen de bomen uit de rivieren. Tijdens de industriële revolutie wordt een begin gemaakt met de normalisatie, waarbij de rivieren sterk worden versmald en verdiept en vanaf die tijd dateren de eerste kribben van steen. Aan het einde van de 19e eeuw worden de zeil- en stoomschepen in snel tempo omgebouwd of vervangen door schepen met een verbrandingsmotor. Het snel toenemende motorvermogen heeft ook een sterkere zuiging tot gevolg. Als de 20e eeuw intreedt, stijgt de vervuiling sterk en na een relatief 'schone periode' in de oorlogsjaren piekt de vervuiling in de zeventiger jaren. De Rijn stinkt en het water is zwart. In 1970 treedt de Wet Verontreiniging Oppervlaktewateren (WVO) in werking. Hierdoor wordt het mogelijk om de vervuiler te laten betalen. Deze wetgeving, die ook in andere landen is uitgerold, heeft op de kwaliteit van het water van de Rijn een enorm positieve invloed. Door de grootschalige bouw van waterzuiveringsin-

stallaties daalt het BZV in 20 jaar tot onder het niveau van 1700. De emissie van zware metalen daalt in die periode ook naar een natuurlijk niveau.

In de zeventiger jaren neemt de duwvaart een hoge vlucht en de zuigende werking op de oevers neemt zodanig toe dat deze worden beschermd met stortsteen. Ten behoeve van het steeds intensiever wordende scheepvaartverkeer, worden gedurende deze eeuw, verschillende, normaliter gescheiden stroomgebieden, met elkaar in verbinding gebracht via enorme kanalenstelsels. Gedurende de afgelopen 20 jaar dat de scheepvaartverbinding tussen Rijn en Donau in gebruik is, zijn zowel de Rijn als de Maas overspoeld met invasieve vlokreeften en slijkgarnalen.

Veranderingen in de diversiteit in de afgelopen 300 jaar

Op basis van slecht verteerbare exoskeletresten van de macrofauna in oude rivierafzettingen is een reconstructie gemaakt van de insectenfauna van vroeger (Klink, 1989). Rechts in figuur 1 is een deel van een kaak afgebeeld van het Oeveraas, de aan het begin van de vorige eeuw uitgestorven eendagsvlieg, *Palingenia longicauda*.

Fig. 1. Oeveraas, de grootste Nederlandse rivierbewonende eendagsvlieg *Palingenia longicauda*.

Links: een tekening van Jan Swammerdam (1669) die daarmee aantoont dat insecten een juveniel voorstadium hebben voordat ze als adult uitvliegen. **Midden:** kop van de larve, recent afkomstig uit een Europese restpopulatie in de Tisza (Hongarije). **Rechts:** een deel van de kaak uit riviersediment dat 300 jaar geleden is afgezet (lengte fragment 1,2 mm).

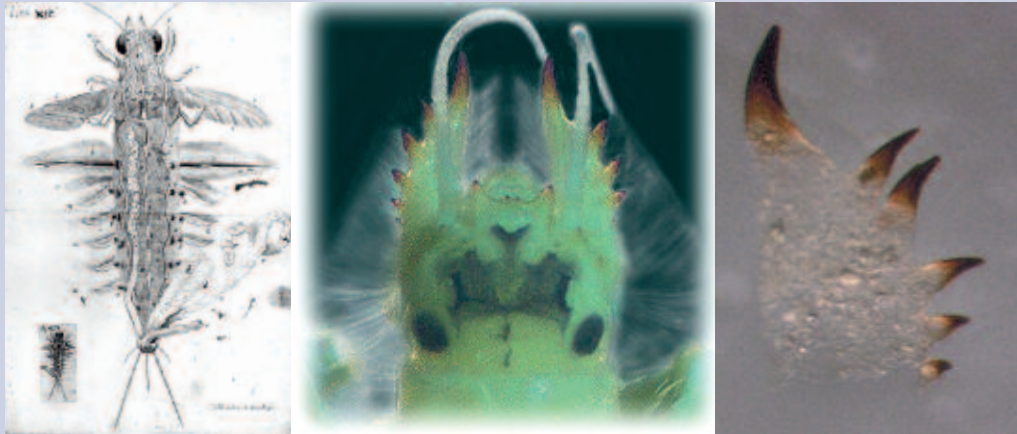


Foto 1a en 1b. Links een hoogwaterpoel in het hoogste punt van het Millingerduin. Rechts een paar weken later is het water verdwenen en is de bodem van de poel bezaaid met vooral kokerjuffers (foto's: Alexander Klink).



Dergelijke resten zijn niet zeldzaam in oude rivierafzettingen, want het Oeveraas kwam vroeger massaal voor in de kleibanken van de toentertijd nog niet genormaliseerde grote rivieren.

Dit Oeveraas staat model voor het verdwijnen van een hele groep insecten behorend tot de eendagsvliegen (Ephemeroptera), steenvliegen (Plecoptera), kokerjuffers (Ephemeroptera) en Elmide kevers (Elmidae). Het verdwijnen van dergelijke grote groepen macrofauna wordt, begrijpelijk, toegeschreven aan de sterke waterverontreiniging in de grote rivieren. De huidige waterkwaliteit wat betreft zuurstofvragende stoffen en zware metalen vormt echter geen beperking meer voor deze groepen. Zowel in de middenloop van de Rijn in Duitsland als in de bovenloop van de Maas in Frankrijk komen nog veel soorten voor van bovengenoemde, uit Nederland verdwenen, groepen. Dergelijke soorten kunnen uitstekend op eigen kracht terugkeren uit restpopulaties in deze bovenstroomse delen. Gebleken is dat tijdens de topafvoeren van begin 1995 in hoogwaterpoelen langs Grensmaas en Waal, enorme hoeveelheden van deze verdwenen soorten zijn aangetroffen (foto 1). Ze kunnen zich echter nog niet handhaven in de Nederlandse rivieren. Ook met de steenvliegen van grote rivieren gaat het bovenstrooms

niet goed en zal ook het Oeveraas niet op eigen kracht terugkeren vanwege ontbrekende restpopulaties in de stroomgebieden van Rijn en Maas.

Veranderingen in de voedselketen in de afgelopen 300 jaar

In figuur 2 is de verdeling van de macrofauna weergegeven over de verschillende habitats in 1700 (Rijnafzetting bij Schenkenschans) en in de huidige Rijn. Bomen als voornaamste habitat voor de macrofauna hebben plaatsgemaakt voor stortsteen op de oevers en kribben. Vegetatie was ook vroeger een marginale habitat, die in de huidige rivieren verder is afgenomen. Vooral het aandeel van de fauna op slibbodems is sterk gedaald, wat mogelijk een gevolg is van de, door versmalling toegenomen stroomsnelheden en de zuiging van de scheepvaart.

Bomen zijn behalve een vast substraat voor de macrofauna, ook een aanhechtingsplaats voor algen (foto 2). Bomen vormen een cruciale schakel in de voedselketen, want bomen zijn (Benke et al., 1985; Hoffmann & Hering, 2000):

- aanhechtingsplaats voor sessiele algen, die de voedingsstoffen uit het water omzetten in voedsel voor de primaire consumenten (macrofauna)
- aanhechtingsplaats voor filterende

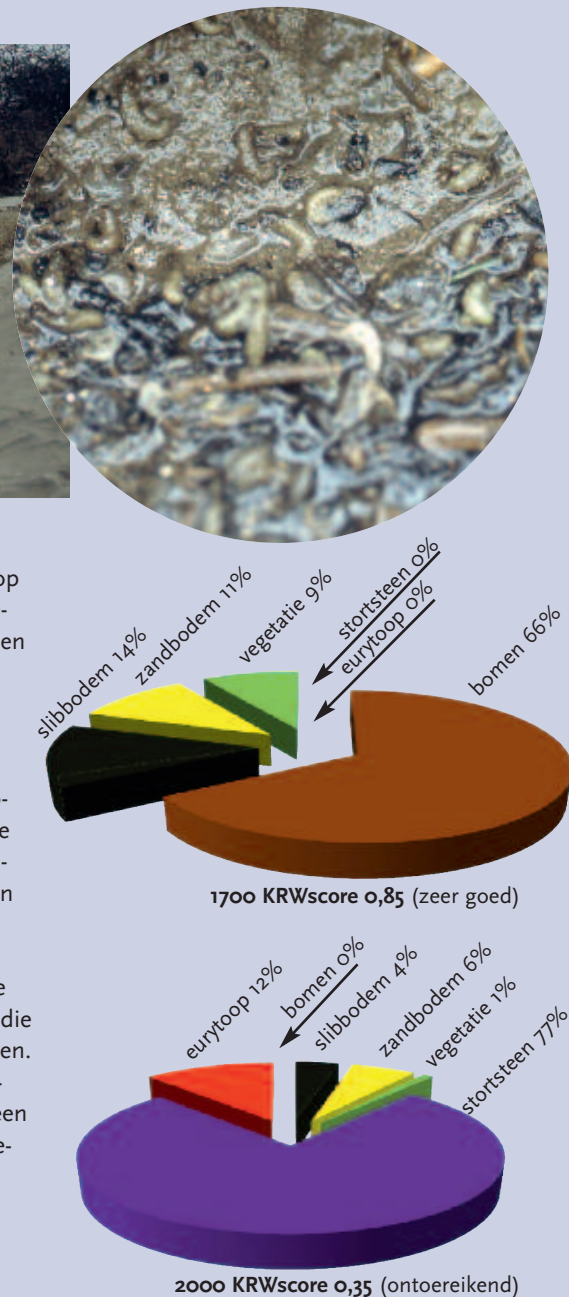


Fig. 2. Veranderingen in de verdeling van de macrofauna over de biotopen in de Rijn in de afgelopen 300 jaar, gebaseerd op ca. 15.000 resten van insecten verdeeld over 52 monsters en 167 soorten. De habitatvoorkeur is overgenomen uit Klink (1989). De fauna samenstelling uit 1700 is getoetst aan de huidige kwaliteitsnormen van de Kaderrichtlijn Water (KRW-scores); die van 2000 is de gemiddelde score van 1300 monsters uit de periode 1990 – 2010.

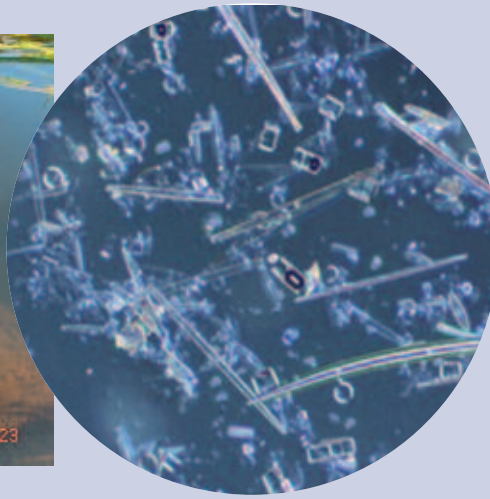


Foto 2a en 2b. Links een eik in de Overijsselse Vecht die overgroeid is met algen. Rechts is dit aangroei sel geprepareerd voor de kiezelalgen (foto's: Alexander Klink).

macrofaunasoorten die de zwevende algen uit het langsstromende water filteren
• voedingsbron voor hout-etende macrofauna

Deze aspecten maken dat bomen in het water een onmisbare schakel zijn in de voedselketen. Daarnaast zorgen bomen voor een grote variatie in stroomsnelheid, waardoor de biotoopdiversiteit sterk toeneemt. Denk hierbij aan stroomkuilen en plaatselijke ophoping van slib en blad. Door deze specifieke eigenschappen zijn bomen ook van cruciaal belang voor vis. In de Satilla River (VS) hebben Benke et al. (1985) vastgesteld dat vijf van de zes meest algemene vissoorten bijna uitsluitend aangewezen zijn op voedsel (macrofauna) dat zich op de bomen bevindt.

Veranderingen in de Rijn

Door de verbeterde waterkwaliteit die eind jaren 70 is ingezet, treedt er rekolonisatie op van soorten die soms al vele decennia

uit Nederland waren verdwenen, zoals de 'Zomersneeuw' *Ephoron virgo* (foto 3). Deze eendagsvlieg heeft zijn naam te danken aan de combinatie van witte vleugels en het massale zwermen op zweele zomeravonden rond (straat) verlichting. In de periode 1988 tot en met 2003 zijn jaarlijks tijdens macrofaunamonitoring op het meetpunt van Lobith door Rijks-waterstaat soorten verzameld, na drie weken kolonisatie van knikkerkorfjes (tabel 1, 2 & 3).

In tabel 1 zijn de oorspronkelijke soorten uit de grote Nederlandse rivieren vermeld die zijn gebleven of zijn teruggekeerd na de waterkwaliteitsverbeteringen en die zich nog steeds weten te handhaven, de zogenaamde 'blijvers'.

In tabel 2 staan uitheemse soorten, de exoten, waarvan een deel al langer in Nederland aanwezig is, zoals de Driehoeksmos-sel (*Dreissena polymorpha*) en de Amerikaanse rivierkreeft (*Orconectes limosus*), en

een deel dat recentelijk is geïmmigreerd. Hiertoe behoren een aantal soorten die hebben geprofiteerd van het in 1992 in gebruik genomen Rijn-Main-Donaukanaal, zoals de invasieve 'killer-shrimp', de Ponto-kaspische vlokreeft (*Dikerogammarus villosus*).

Tabel 3 vermeldt een groep waarvan een aantal soorten al zijn teruggekeerd nadat de Rijn 'bijna dood' was in de zeventiger jaren van de vorige eeuw, maar deze soorten kunnen zich kennelijk niet meer handhaven. Begin 70-er jaren was er nauwelijks macrofauna in de Rijn aanwezig en pas vanaf 1978 nemen muggenlarven (Chironomidae) een belangrijke plaats in. Vanaf 1979 worden de eerste kokerjuffers gevonden (*Hydropsyche contubernalis*, *Ceraclea dissimilis*).

In de groep verliezers zit een aantal doelsoorten voor de KRW, waaronder de eendagsvlieg *Heptagenia sulphurea*, de koker-



Foto 3. Spectaculaire terugkeer van de 'Zomersneeuw', de eendagsvlieg *Ephoron virgo* (foto: Alexander Klink).

Tabel 1. Soorten die na de eerste verbeteringen van de waterkwaliteit in de Rijn zijn teruggekeerd en zich nog steeds weten te handhaven, de 'Blijvers' (Peters et al., 2008).

Tabel 2. Exoten zijn onder te verdelen in niet recente en recente exoten. Deze laatste hebben na de in gebruik name van het Donau-Main-Rijnkanaal in 1992 (gearceerd) de Nederlandse rivieren gekoloniseerd (Peters et al., 2008).

Tabel 3. Soorten die na de eerste verbeteringen van de waterkwaliteit in de Rijn zijn teruggekeerd, maar zich niet weten te handhaven, de 'Verliezers' (Peters et al., 2008).

juffers *Ceraclea dissimilis* en *Hydropsyche contubernalis* en de dansmuggen *Rheocricotopus chalybeatus*, *Tvetenia verralli*, *Micropectra atrofasciata*, *Rheopelopia ornata*, *Cricotopus triannulatus*, *C. vierriensis* en *Synorthocladius semivirens*.

Deze soorten zijn teruggekeerd, maar het is niet gelukt om in de huidige rivier een duurzame populatie op te bouwen. De voornaamste oorzaak hiervoor zijn de invasieve exoten, zoals de slijkgarnaal *Chelicorophium curvispinum* en de Kaspische vlokreeft (*Dikerogammarus villosus*). De eerste maakt stenen ongeschikt voor andere soorten en de tweede concurreert de andere soorten op de stenen weg door agressief gedrag en/of predatie (van Riel, 2007).

Natuurontwikkelingsprojecten langs de grote rivieren

Al voordat de Kaderrichtlijn Water (KRW) in 2002 van kracht werd, zijn er veel natuurontwikkelingsprojecten uitgevoerd. Een voorbeeld is de nevengeul in de Leeuwse Waard, waarvan de macrofauna sinds 1994 wordt onderzocht. Sinds 2006 loopt het Project Natuur- (vriendelijk)e Oevers Maas. Natuurlijke oevers zijn oevers zonder of met geringe (onder water)bestorting waar erosie wordt toegestaan. Natuurvriendelijke oevers zijn oevers waar voorzieningen zijn aangebracht om de negatieve effecten van scheepvaart te verminderen (bijvoorbeeld door middel van een vooroverconstructie) of oevers van natuurontwikkelingsprojecten (bijvoorbeeld nevengeulen of aange-takte strangen). Macrofaunaonderzoek vindt plaats vanaf 2006. Van beide projecten is de macrofauna gemeenschap getoetst aan de normen voor de KRW en de resultaten worden hier besproken.

Groep 1: 18 taxa

	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	00	01	02	03
<i>Ancylus fluviatilis</i>	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
<i>Chironomus nudiventris</i>	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
<i>Cricotopus bicinctus</i>	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
<i>Dicretodipes nervosus</i>	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
<i>Ecnomus tenellus</i>	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
<i>Nanocladius bicolor</i> agg.	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
<i>Piscicola geometra</i>	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
<i>Caenis luctuosa</i>	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
<i>Glyptotendipes pallens</i>	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
<i>Pisidium moitessierianum</i>	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
<i>Polypedilum scalaenum</i>	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
<i>Rheotanytarsus</i>	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
<i>Tanytarsus</i>	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
<i>Ephoron virgo</i>	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
<i>Dugesia lugubris/polychroa</i>	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
<i>Paratendipes albimanus</i>	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
<i>Conchapelopia</i> agg.	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
<i>Dendrocoelum lacteum</i>	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■

Groep 2: 16 taxa

	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	00	01	02	03
<i>Physella acuta</i>	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
<i>Dreissena polymorpha</i>	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
<i>Potamopyrgus antipodarum</i>	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
<i>Gammarus tigrinus</i>	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
<i>Chelicorophium curvispinum</i>	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
<i>Orconectes limosus</i>	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
<i>Corbicula fluminea</i>	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
<i>Corbicula fluminalis</i>	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
<i>Hydropsyche bulgaromanorum</i>	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
<i>Dikerogammarus villosus</i>	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
<i>Echinogammarus ischnus</i>	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
<i>Hypania invalida</i>	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
<i>Jaera istri</i>	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
<i>Dendrocoelum romanodanubiale</i>	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
<i>Halacaridae</i>	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
<i>Limnomysis benedeni</i>	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■

Groep 3: 24 taxa

	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	00	01	02	03
<i>Rheocricotopus chalybeatus</i>	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
<i>Proasellus coxalis</i>	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
<i>Tvetenia verralli</i>	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
<i>Bithynia tentaculata</i>	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
<i>Ceraclea dissimilis</i>	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
<i>Hydropsyche contubernalis</i>	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
<i>Micropectra atrofasciata</i>	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
<i>Parachironomus frequens</i>	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
<i>Gammarus pulex</i>	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
<i>Pisidium supinum</i>	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
<i>Rheopelopia ornata</i>	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
<i>Erpobdella octoculata</i>	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
<i>Cryptochironomus</i>	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
<i>Pisidium henslowanum</i>	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
<i>Valvata piscinalis</i>	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
<i>Cricotopus sylvestris</i> gr.	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
<i>Cricotopus triannulatus</i>	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
<i>Cricotopus vierriensis</i>	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
<i>Synorthocladius semivirens</i>	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
<i>Parachironomus arcuatus</i> gr.	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
<i>Asellus aquaticus</i>	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
<i>Microtendipes chloris</i> gr.	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
<i>Physa fontinalis</i>	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
<i>Heptagenia sulphurea</i>	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■



Foto 4. De droogvallende nevengeul in Beneden Leeuwen op 2 mei 2011 (foto: Alexander Klink).

Nevengeul bij Beneden Leeuwen, 20 jaar natuurontwikkeling

De nevengeul van Beneden Leeuwen is de eerste stromende nevengeul in Nederland en een direct gevolg van de combinatie van het plan 'Levende Rivieren' van het Wereld Natuur Fonds (1992) en het calamiteuze hoogwater van kerst 1993. De nevengeul is in zijn definitieve vorm opgeleverd in 1994 en is op macrofauna onderzocht tot en met 2013 (Klink, 2014). In de

beginfase treden in 1993 en 1995 records aan hoogwaters op, waarbij in 1995 zelfs 280.000 mensen zijn geëvacueerd. Ook 1999, 2001 en 2002 zijn natte jaren waarbij de uiterwaard langere tijd doorstroomd wordt. In 2003 treedt in de zomer een hittegolf op die sinds 1975 niet meer is voorgekomen (Buisman, 2011) en voor het eerst valt de nevengeul voor langere tijd plaatselijk droog. In de volgende jaren treedt dit nog een paar keer op, maar dan

voor een kortere periode. In 2011 valt de geul zowel in mei als in december plaatselijk droog (foto 4).

Uit figuur 3 blijkt dat slechts één monster uit een hoogwaterpoel in 1995 goed scoort (groen; score $\geq 0,6$). Het merendeel heeft een matige (grijs; score 0,4 – 0,59) tot ontoereikende (oranje; score 0,2 – 0,39) score en vijf monsters scoren slecht (rood; score $< 0,2$).

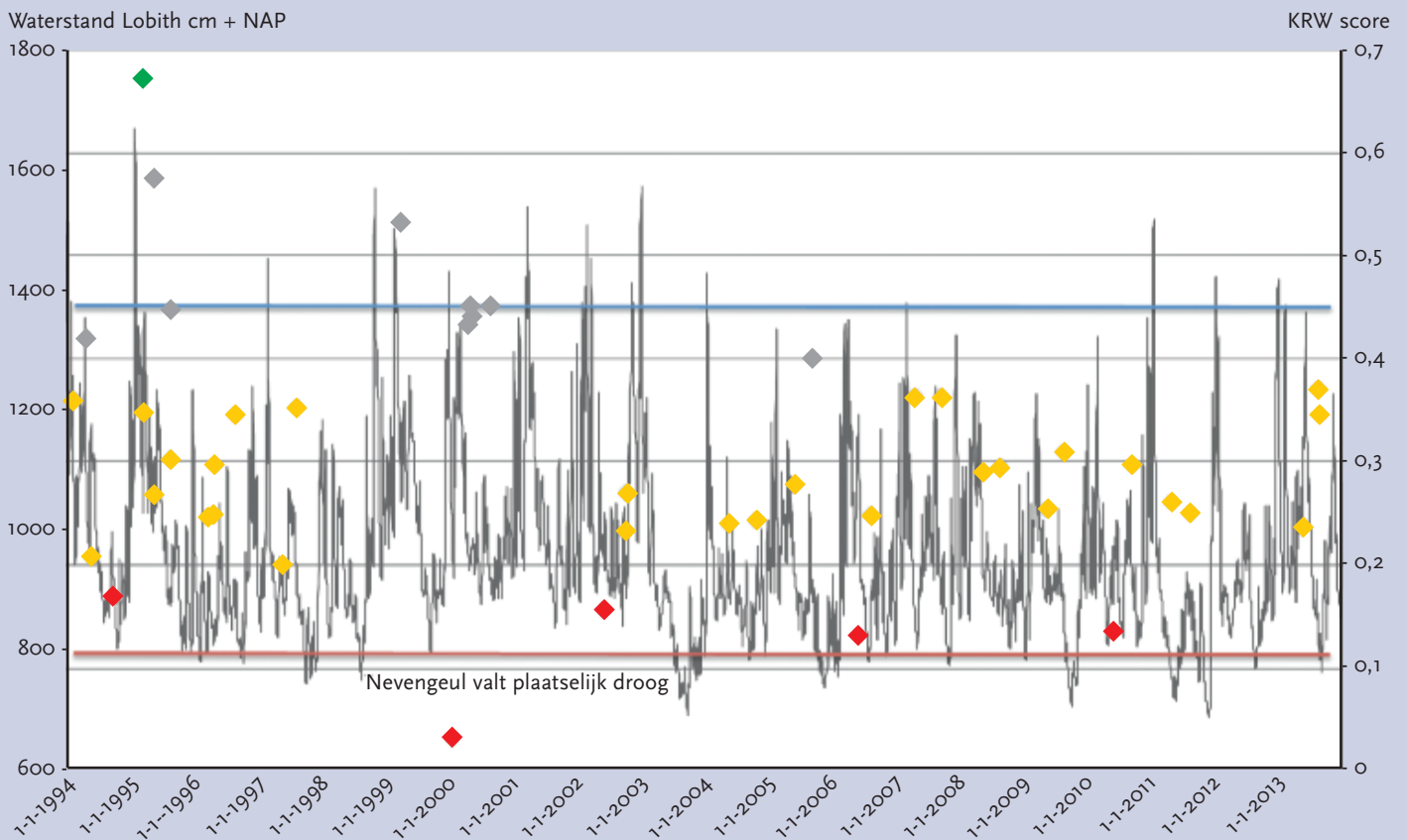


Fig. 3. Waterstand bij Lobith in de periode 1994 – 2014. De bovenste lijn is de waterstand waarbij de uiterwaard wordt overstroomd en de onderste lijn geeft de waterstand aan waarbij de nevengeul gaat droogvallen.

De KRW score van de monsterpunten is in vier klassen weergegeven volgens de maatlat voor natuurlijke wateren (groen = goed; grijs = matig, oranje = ontoereikend en rood = slecht).

Foto 5. Tijdens normale waterstanden op de Waal bepalen deze duikers het debiet door de nevengeul (foto: Alexander Klink).



Tabel 4. Een overzicht van de kenmerkende rivier-soorten in de nevengeul van Beneden-Leeuwen in de periode 1994 – 2013, gerangschikt naar jaar van eerste vondst. Namen uit de EPT families (eendagsvliegen en kokerjuffers) zijn in respectievelijk blauw en groen weergegeven.

Kenmerkende soorten	94	95	96	97	00	02	04	05	06	07	08	09	10	11	13
<i>Brillia longifurca</i>	■														
<i>Micropsectra apposita</i>	■														
<i>Polypedilum pedestre</i>	■														
<i>Rheotanytarsus photophilus</i>	■														
<i>Synorthocladius semivirens</i>	■														
<i>Brillia bifida</i>	■	■													
<i>Rheotanytarsus rhenanus</i>	■	■													
<i>Rheocricotopus fuscipes</i>	■	■													
<i>Micropsectra atrofasciata</i>	■	■			■	■	■			■					
<i>Cricotopus triannulatus</i> agg.	■	■	■	■	■	■								■	
<i>Paratrichocladius rufiventris</i>	■		■	■	■	■									■
<i>Paratanytarsus dissimilis</i> agg.	■	■		■		■	■					■			■
<i>Harnischia</i>	■	■	■	■	■	■	■	■		■	■	■	■	■	■
<i>Boopthora erythrocephala</i>		■													
<i>Gammarus pulex</i>		■													
<i>Tvetenia calvescens</i>		■													
<i>Tvetenia discoloripes</i>		■													
<i>Tvetenia verralli</i>		■													
<i>Hydropsyche bulgaromanorum</i>		■													
<i>Kloosia pusilla</i>		■	■	■											
<i>Rheocricotopus chalybeatus</i>		■		■											
<i>Rheopelopia ornata</i>		■			■										
<i>Caenis macrura</i>		■		■		■					■				
<i>Parachironomus frequens</i>		■		■	■										■
<i>Potamanthus luteus</i>		■			■						■				
<i>Calopteryx splendens</i>		■				■							■		
<i>Neureclipsis bimaculata</i>		■												■	
<i>Lithoglyphus naticoides</i>		■	■	■	■	■		■							
<i>Unio tumidus</i>		■	■	■				■		■	■	■	■	■	■
<i>Sphaerium solidum</i>		■	■	■	■	■		■		■	■	■	■	■	■
<i>Chironomus nudiventris</i>		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
<i>Polypedilum scalaenum</i>		■	■	■				■	■	■	■		■	■	■
<i>Chironomus acutiventris</i>		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■		■	■
<i>Cryptochironomus rostratus</i>			■												
<i>Sphaerium rivicola</i>				■				■							
<i>Lipiniella moderata</i>				■	■	■	■			■					
<i>Anodonta anatina</i>				■											■
<i>Psychomyia pusilla</i>					■										
<i>Paratanytarsus dissimilis</i>					■	■									
<i>Haplotaxis gordioides</i>							■								
<i>Lipiniella araeicola</i>								■	■	■					
<i>Caenis luctuosa</i>												■			
<i>Cryptotendipes usmaensis</i>													■		■
<i>Anodonta cygnea</i>														■	
Aantal taxa	13	27	11	18	13	15	6	8	3	8	9	5	7	8	11

Bij nadere analyse van de gegevens blijkt dat er een sterk positieve relatie ($R^2 = 0,7$) bestaat tussen de KRW score en het aantal kenmerkende riviersoorten (tabel 4). In iets mindere mate is dit ook het geval met het aantal eendagsvliegen, steenvliegen en kokerjuffers (EPT) met een $R^2 = 0,56$ (Klink, 2014). In tabel 4 wordt weerspiegeld dat het aantal kenmerkende soorten, net als de waterstand, een piek vertoont in 1995 en dat in 2004 voor het eerst het aantal kenmerkende soorten daalt onder de 10. Voor een goede score blijken 10 – 20 kenmerkende soorten en > 5 soorten uit de EPT families nodig te zijn. Dergelijke aantallen zijn nooit verzameld tijdens 'normale' omstandigheden (geen hoogwater).

Resultaten tot dusver

Het feit dat de nevengeul niet de omstandigheden biedt, die de KRW-doelsoorten nodig hebben, is waarschijnlijk voor het grootste deel het gevolg van een te gering debiet. De aanvoer wordt geknepen door twee duikers (foto 5). Stroomsnelheden komen bij normale afvoeren nauwelijks boven 20 cm/s in de stroomdraad en daarbuiten staat het water bijna stil. Daarnaast is er in de nevengeul veel zuiging merkbaar door de scheepvaart, waardoor de stroming stil valt en van richting verandert, zoals blijkt uit een continue meting in de provisorische nevengeul in 1994 (fig. 4). De definitieve geul is veel ruimer opgeleverd, maar de aanvoer is niet veranderd. Hierdoor zijn de stroomsnelheden lager, maar de stroming keert nog steeds om. Te sterk fluctuerende stroomsnelheden en afvoeren zijn schadelijk voor de rivier-macrofauna, omdat (Cushman, 1985):

- Verhoogde stroomafwaartse verplaatsing (drift) optreedt, waardoor de fauna stroomafwaarts weggevoerd wordt. In de Lotharingse Maas blijkt verlaging van de stroomsnelheid van 60 naar 30 cm/s een



Foto 6. Vrij eroderende oever bij Bergen (foto: Alexander Klink).

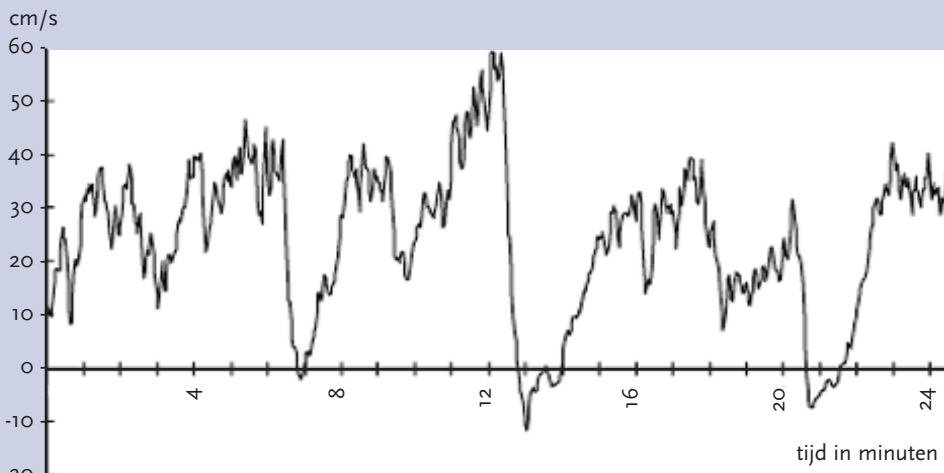


Fig. 4. Continue meting van de stroomsnelheid in de nevengeul op 10 oktober 1994 (lopend driepuntsgemiddelde). De negatieve stroomsnelheden worden veroorzaakt door de zuiging van de scheepvaart, waardoor het water in tegengestelde richting gaat stromen.



Fig. 5. KRW scores in relatie tot de rivierkilometer. ◆ = matig; ◆ = ontoereikend; ◆ = slecht. Gedetailleerdere informatie over de stippen ten aanzien van jaartal en ligging is te verkrijgen bij de auteur.

vier tot zeventovendige drift te veroorzaken (Klink & bij de Vaate, 1994).

- Substraat valt droog, waardoor habitat en fauna verloren gaan.

Zwevend materiaal is in wisselende hoeveelheden aanwezig bij verschillende stroomsnelheden, waardoor het voor de filterende fauna moeilijker wordt om voedsel te verzamelen. Zo stelt Sagar (1986) vast dat in rivieren met een sterk wisselende afvoer de biomassa van de macrofauna sterk afneemt. Na een periode van relatief constante afvoer stijgt de biomassa sterk.

- Omdat slechts enkele soorten goed met deze fluctuaties kunnen omgaan, ontstaat er een verarmde gemeenschap. Kennelijk is in elk geval een constante stroming nodig, met niet te sterk en te snel wisselende stroomsnelheden.

Natuur(vriende)lijke oevers langs de Maas en hun effect op de macrofauna

Sinds het begin van de vorige eeuw liggen er in de Maas vele honderden kribben (Historische Atlanten Limburg en Noord-Brabant, 1989), die zijn verdedigd met basalt (Romijn, 1918). Tot in de jaren 60 en 70 van de vorige eeuw zijn veel Maasoevers vastgelegd in stortsteen, grind of gezette steen. In 2006 zijn als proefproject langs de Zandmaas bij Bergen, Aijen en De Waerd, de stortstenen verwijderd om natuurlijke oevers te creëren (foto 6). In de periode 2010 – 2012 is verspreid langs de Maas circa 35 km oever natuurlijker ingericht. Tot 2021 staat nog minimaal 100 km rivieroever op de nominatie om natuurlijker ingericht te worden (<http://maasinbeeld.nl/2/?p=20>). In 2008 is een omvangrijk monitoringsprogramma gestart (Kerkum, 2008), waarbij op 21 oeverlocaties, onder andere de macrofauna tweemaal wordt bemonsterd (Klink in prep.).

Resultaten tot dusver

Stroomafwaarts worden de KRW-scores van verschillende monsters lager (fig. 5). Ook blijkt dat de hoogste scores (bijna goed) uit de Zandmaas bij Lottum, Aijen en Beugen in 2011 en 2012 komen. Ongeveer tweederde van de monsters krijgt de KRW kwalificatie 'ontoereikend'.

Vooruitlopend op een definitieve analyse kan gedacht worden aan de volgende verklaringen.

Ten eerste is het tijdstip van monsternamen suboptimaal, waardoor de scores stelselmatig iets te laag uitvallen. Ten tweede is voor een groot aantal oevers de tijd sinds

Fig. 6. Fluctuaties in de stroomsnelheid in de Maas bij Megen, bij een lage en een gemiddelde afvoer.

het verwijderen van de bestorting nog te kort: er zijn nog te weinig monsters om een positieve trend te kunnen waarnemen. Ook is de erosie nog niet zover gevorderd dat er habitat met hout beschikbaar is gekomen.

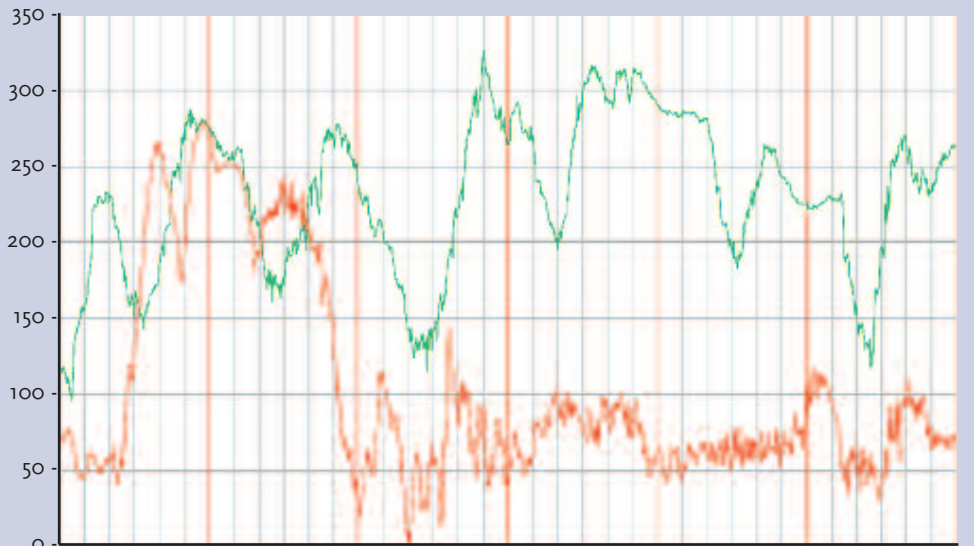
Een voor de hand liggende oorzaak voor het afnemen van de score met het verloop van de rivier is het gestuwde karakter. De rivier wordt kunstmatig op stuwpeil gehouden, waardoor een toename in de afvoer niet leidt tot een stijging van de waterstand (natuurlijke situatie), maar tot een stijging van de stroomsnelheid. Bij Megen, in het midden van het stuwpannd Grave – Lith, zien we bij een gemiddelde afvoer (hier 231 m³/s) in dag 1 – 6 een sterke daling met een minimum rond 12 uur in de middag, gevolgd door een sterke stijging (fig. 6). De stroomsnelheden fluctueren van 20 tot > 50 cm/s. Bij een lage afvoer (hier 103 m³/s) wordt het patroon onregelmatiger en de stroomsnelheid fluctueert in dag 1 en 2 tussen 10 en 50 cm/s en op de volgende dagen tussen 0 en 20 cm/s. Gezien de gevoeligheid van de macrofauna voor de fluctuatie in stroomsnelheid, is dit inderdaad een suboptimale situatie. Daarnaast kan het gegeven dat de onderzochte oevers nog weinig ecologisch rendement opleveren, een gevolg zijn van een vast stuwpeil waarbij de werking van golfslag en zuiging door de scheepvaart steeds op dezelfde oeverhoogte ingrijpt.

Tabel 5. Problemen voor het ecologisch herstel van de macrofauna in de grote rivieren en geraamd tijdstip van de oplossing.

	Ecologisch probleem (nog) niet herkend
	Probleem herkend
	Overgangspunt
	Oplossing twijfelachtig
	Oplossing bereikt

Tijdvak	<1700	1800	1850	1900	1930	1975	1995	2000	2013	2030
Herstel van het oobos										
Waternvervuiling										
Natuurvriendelijke oevers (ontstenen)										
Bomen in de rivieren										
Fluctuerende afvoer bij waterkrachtcnetrales										
Normalisatie										??????
Stuwen en stuwbeheer										??????
Zuiging door de scheepvaart										??????
Exoten en diversiteit oorspronkelijke fauna										??????

Stroomsnelheid Megen (cm/s)



periode van 6 dagen; waarnemingen per 10 minuten

Knelpunten en oplossingen voor herstel

In het voorafgaande hebben we in chronologische volgorde de volgende problemen gesignaleerd:

- verdwijnen van bos op de oevers en bomen in de rivier
- waternvervuiling
- scheepvaart gerelateerde problemen, inclusief exoten

In tabel 5 wordt een overzicht gegeven van deze en andere (potentiële) problemen, het tijdvak waarin ze zijn ontstaan en de haalbaarheid van de oplossing voor het bereiken van de goede ecologische toestand in 2027 op grond van de KRW.

- Bossen langs rivieren herstellen zich door grootschalige natuurontwikkeling in het rivierengebied.
- Waternverontreiniging is eind jaren 70 van de vorige eeuw aangepakt en dit probleem lijkt opgelost voor de zuurstof vragende stoffen en zware metalen.
- Biotoopdiversiteit wordt gestimuleerd door natuurlijke en natuurvriendelijke oevers en bomen worden in de rivier verankerd.
- Problemen met de verouderde waterkrachtcentrale op de Belgische grens bij Lixhe zijn in 1993 onderkend (Klink & bij de Vaate, 1994), maar de oplossing is pas te realiseren tijdens de komende jaren uit te voeren vernieuwing (med. Rijkswaterstaat).

• Scheepvaart gerelateerde problemen zijn legio aanwezig:

Normalisatie, stuwen en het beheer ervan, zuiging van de scheepvaart, exoten en versteende oevers zijn alle te herleiden tot het in stand houden van een betrouwbare vaarweg. Het is de vraag of voor al deze problemen tijdig een oplossing gevonden is. Voor de oevers van de Maas ligt er een maatregelenprogramma waarin er in 2027 in totaal 84 km in Grensmaas, Zandmaas en Bedijkte Maas natuurlijk ingericht moet zijn (RWS, 2009).

• Daarnaast zijn er nog negatieve effecten te verwachten van buitenlandse kerncentrales die koelwater lozen op de Rijn en Maas en klimaatverandering met hogere pieken en lagere dalen in de afvoer. Deze problemen zijn momenteel niet te onderscheiden van het scala aan andere problemen.

Aanbevelingen voor verder herstel

De herstelstrategie die reeds is ingezet om in 2027 te voldoen aan de ecologische doelstellingen voor de KRW kan in de komende planperiode 2015-2021 op de volgende wijze nadere uitwerking krijgen:

- Aanbrengen van biotoopdiversiteit in zomerbed en nevengeulen door het in ruime mate plaatsen van bomen en het ontsteden van de oevers.
- Met proefprojecten achterhalen wat de mogelijkheden zijn om de stroomsnelheid

in de nevengeulen te optimaliseren voor de aquatische levensgemeenschap. Hier moet de speelruimte gevonden worden tussen: Stroomsnelheid groter dan 25 cm/s (Klink, in prep.) ten behoeve van de macrofauna en de toelaatbare afvoer door de nevengeul zonder ontoelaatbare aanzanding in de hoofdgeul.

- Experimenteren met stuwprogramma's om uit te vinden hoe de fluctuaties van de stroomsnelheid kunnen worden geminimaliseerd, zonder dat dit problemen geeft voor de scheepvaart.
- Experimenteren met langsdammen in de Waal om de gevolgen van golfslag en zuiging door de scheepvaart te minimaliseren. Deze ervaringen in proefprojecten elders toepassen.

Deze herstel-strategie zal wellicht door enkelen als een trendbreuk worden ervaren, omdat de focus, behalve op veiligheid niet meer uitsluitend ligt op scheepvaartbelangen. Deze trendbreuk is ingezet door de KRW, waarbij aan de doelstellingen de functie schoon en ecologisch gezond water als hoofddoelstelling is toegevoegd. Dit vraagt om een nieuw denken waarbij sectoraal beleid plaatsmaakt voor integraal beleid. Integraal rivierbeheer kan een kwaliteit toevoegen aan de Nederlandse waterexpertise die mondiaal al toonaangevend is op het gebied van veiligheid en afvalwaterbehandeling.

Literatuur

- Benke, A.C., R.L. Henry, D.M. Gillespie & R.J. Hunter, 1985.** Importance of snag habitat for animal production in southeastern streams *Fisheries*10(5): 8-13.
- Buisman, J., 2011.** Extreem weer. Uitgeverij van Wijnen.
- Cushman, R.M., 1985.** Review of ecological effects of rapidly varying flows downstream from hydroelectric facilities *N. Amer. J. Fish. Mgmt.* 5(3A): 330-339.
- Historische atlas Limburg, 1989.** Uitgeverij Robas Producties.
- Historische atlas Noord-Brabant, 1989.** Uitgeverij Robas Producties.
- Hoffmann, A. & D. Hering, 2000.** Wood-associated macroinvertebrate fauna in Central European streams. *Int. Rev. Hydrobiol.* 85: 25-48.
- Kerkum, F.C.M., 2008.** Monitoring en evaluatie natuur(vriende)lijke oevers Maas. Projectplan ecologie en morfologie. Rijkswaterstaat, Lelystad.
- Klink, A. & A. bij de Vaate, 1994.** Effecten van kunstmatige afvoerfluctuaties op de drift van



Loire bij Orléans
(foto: Alexander Klink).

- makro-evertebraten in de Lotharingse Maas. Adviesburo Klink Rap. Med. 47.
- Klink, A., 1989.** The Lower Rhine. Palaeoecological analysis. In: Historical change of large alluvial rivers: western Europe. G.E. Petts (ed.), John Wiley & Sons Ltd.: 183-201.
- Klink, A., 2014.** 20 jaar natuurontwikkeling Beneden-Leeuwen. *Hydrobiol. Adviesburo Klink Rapp. Med.* 130.
- Klink, A., in prep.** Ontwikkelingen in de aquatische macrofauna in het rivierengebied en mogelijkheden voor ecologisch herstel. *Hydrobiol. Adviesburo Klink Rapp. Med.* 131.
- Peters, B., L. Dam, P. Calle, T. Vrieze, J. Dekker, A. Klink, M. Schoor & G. Kurstjens, 2008.** Trends, knelpunten en kennisvragen uit het rivierengebied. Preadvies OBN Rivierengebied. Rapport Bureau Drift.
- Riel, M.C. van, 2007.** Interactions between crustacean mass invaders in the Rhine food web. PhD thesis Radboud Univ. Nijmegen.
- Romijn, G., 1918.** Verslag van het biologisch onderzoek van de Maas en hare oevers. *Natuurhistorisch Genootschap Limburg Jaarboek:* 93-112.
- RWS, 2009.** Programma 2010-2015, uitwerking Waterbeheer 21e eeuw, Kaderrichtlijn Water en Natura 2000. Bijlage van Beheer en Ontwikkelplan voor de Rijkswateren 2010-2015.
- Sagar, P.M., 1986.** The effects of floods on the invertebrate fauna of a large,unstable braided river N.Z. *J. Mar. Freshw. Res.* 20(1): 37-46.
- Swammerdam, J., 1669.** *Algemeene Verhandeling van de bloedloose dierkens.* J.F. Gleditschens Buchhandlung Leipzig: 100-114.
- WNF, 1992.** Levende rivieren. Studie in opdracht van het Wereld NatuurFonds.

Summary

Developments of the aquatic macro invertebrates in the Dutch rivers and opportunities for ecological restoration

Historical developments and paleoecological studies indicate that aquatic macrofauna changed significantly in the rivers over the past 300 years. The diversity has strongly diminished and groups like mayflies, stoneflies, caddisflies and elmids have almost disappeared. Many species can recolonize from remnant populations upstream. Also the food and biotopes have changed completely. In 1700, 67% of the insects was living on submerged trees. In the current rivers trees are absent and 77% of the river fauna lives on the stones armouring the shores. After a strong improvement of water quality in the 70's some species returned, but many of them disappeared again after 1992 when the Danube-Main-Rhine Canal was put into operation and the 'killer shrimp' and other invasive exotics mass invaded the rivers. Two discussed nature development projects appear to lag behind the expectations. The ecological restoration causes are:

- The rivers are fully adapted for shipping and wave action causes a strong disturbance.
 - Biotope diversity is low due to the lack of trees.
 - In secondary channels and in dammed areas of the rivers the flow is too low and changes too fast
 - Invasive alien species outcompete the native inhabitants.
- The solution is sought in increasing the habitat diversity by anchoring trees into the river bottom, adjusting weir programs and re-dimension side channels so that the flow increases. Finally experiments will take place which hopefully reduce the effects of shipping.

Ir. A.G. Klink
Hydrobiologisch Adviesburo Klink
Boterstraat 28, 6701 CW Wageningen
agklink@klinkhydrobiology.com

Drs. M.M. Schoor
Rijkswaterstaat Oost Nederland
Postbus 9070, 6800 ED Arnhem

Ing. H.D. van Rheede
Rijkswaterstaat Oost-Nederland
Van Nieuwenhuizenweg 8
6874 NE Wolfheze

Drs. P.P. Duijn
Rijkswaterstaat Water, Verkeer en Leefomgeving
Postbus 17
8200 AA Lelystad