

NEVENGEULEN

verkenning naar de ecologische
betekenis van inrichtingsvarianten

H. Duel
R. During
B. Specken

INRO-TNO
Rapportnr: P/93/ECO/02
Delft, april 1993

EHR
Rapportnr: 56-1994
Arnhem, mei 1994

Voorwoord

De verslechtering van de waterkwaliteit en het verdwijnen van habitats als gevolg van rivierkundige ingrepen en de intensivering van de scheepvaart worden beschouwd als de belangrijkste oorzaken van het verdwijnen van een groot aantal karakteristieke bewoners van de grote rivieren. Het programma van het Ecologisch Herstel van de Rijn is gericht op enerzijds een zodanige verbetering van de waterkwaliteit dat dit geen belemmering vormt voor een optimale ecologische ontwikkeling van het riviersysteem en anderzijds het herstellen van habitats die als gevolg van rivierkundige ingrepen zijn verdwenen. Eén van de mogelijkheden voor het creëren van omstandigheden waardoor karakteristieke soorten uit het rivier-ecosysteem zich kunnen vestigen, ontwikkelen en handhaven, betreft het aanleggen van nevengeulen.

In opdracht van Rijkswaterstaat-RIZA en Rijkswaterstaat-Gelderland is door TNO een verkennend onderzoek uitgevoerd naar de effecten van mogelijke inrichtingsvarianten van nevengeulen op de vestigings- en ontwikkelingsmogelijkheden van een aantal karakteristieke soorten van de grote rivieren. In het voorliggend rapport worden de resultaten van dit onderzoek beschreven. Om praktische redenen was een uitvoerige analyse van de ecologische consequenties van inrichtingsvarianten niet mogelijk. In dit rapport wordt een beeld geschetst van de mogelijke effecten van een aantal inrichtingsvarianten van nevengeulen op de vestigings- en ontwikkelingsmogelijkheden van verschillende karakteristieke riviersoorten.

De rapportage van dit onderzoek is van commentaar voorzien door:

ir. C. Bakker	Rijkswaterstaat-RIZA
ir. R. van Dixhoorn	Rijkswaterstaat-Gelderland
dhr. A. Corporaal	NBLF-Overijssel
ir. M. Schropp	Rijkswaterstaat-RIZA
drs. T. Smits	Rijkswaterstaat-Gelderland
ir. A. bij de Vaate	Rijkswaterstaat-RIZA

Op deze plaats willen de onderzoekers hen hartelijk bedanken voor hun bijdrage aan het onderzoek.

Speciale dank zijn de onderzoekers verschuldigd aan Hans Huntelaar van Rijkswaterstaat-Gelderland voor de geo/hydro-morfologische informatie en Frank Harbers van de gemeente Druten voor de rondleiding in en informatie over de Afferdensche en Deestsche Waarden.

Samenvatting

Het verdwijnen van habitats als gevolg van rivierkundige ingrepen en de verslechtering van de waterkwaliteit waren de belangrijkste oorzaken van de achteruitgang en het verdwijnen van karakteristieke rivierorganismen in de Rijn en de Maas. Voor het herstellen van habitats voor deze organismen zijn de mogelijkheden in de hoofdgeul zeer beperkt als gevolg van de veranderingen in de morfologie en het intensieve scheepvaartverkeer. Het aanleggen van nevengeulen biedt daarentegen wel mogelijkheden voor het creëren van geschikte habitats voor deze soorten.

In het kader van ecologisch herstel van de grote rivieren is Rijkswaterstaat gestart met een onderzoeksproject nevengeulen. In een eerste fase zijn de ecologisch optimale inrichtingsfactoren en de hydraulische en riviermorfologische consequenties van nevengeulen verkend. Gezien de randvoorwaarden gesteld vanuit de scheepvaart en de bescherming tegen overstromingen kan bij de aanleg van nevengeulen niet altijd worden voldaan aan alle inrichtingseisen van soorten die als kenmerkend worden beschouwd voor het rivier-ecosysteem. Dit onderzoek betreft een eerste inventarisatie naar de consequenties van inrichtingsvarianten van nevengeulen op organismen die kenmerkend zijn voor het riviersysteem.

- De inrichtingsmaatregelen waarvan de effecten op rivierorganismen zijn verkend, betreffen
- (a) het aanleggen van drempels bij in- en uitstroomopening van nevengeulen, waardoor de nevengeulen niet permanent meestromend zijn en de peildynamiek in vergelijking met de hoofdgeul in meer of mindere mate wordt gereduceerd;
 - (b) de relatieve hoge ligging van de bodem van de nevengeul, waardoor bij lage afvoeren grote delen van de nevengeul droogvallen;
 - (c) het aanleggen van nevengeulen met steile oevers en weinig ondiepten;
 - (d) het aantakken van kleiputten en zandwinplassen aan de nevengeulen;
 - (e) het aanleggen van nevengeulen met oobossen op de oevers;

De effecten van de inrichtingsmaatregelen zijn beschreven voor een vijftigtal plant- en diersoorten (water- en oeverplanten, macro-fauna, vissen, vogels en zoogdieren).

Voor optimale ontwikkelingsmogelijkheden van rheofiele organismen in de nevengeul is een permanente waterstroming ($> 0,2\text{--}0,3$ m/s) van essentieel belang, in verband met de daarmee samenhangende zuurstof- en/of voedselvoorziening. Bij toenemende periode waarin geen stroming optreedt, zullen in de nevengeul soorten van langzaam stromende en semi-stagnante wateren overheersen. De ecologische ontwikkelingsrichting van nevengeulen die door de aanleg van drempels bij in- en uitstroomopening slechts bij hoge afvoeren in direct contact staan met de rivier (gemiddeld < 50 dagen per jaar), zal vergelijkbaar zijn met die van de huidige oude strangen in bekaide uiterwaarden. Zij dragen niet bij aan het herstel van de verdwenen habitats voor rheofiele organismen.

Een grote variatie in oevertaluds is van belang zodat verschillende diersoorten kunnen profiteren van de steilrandoevers. De steiloevers bieden vestigingsmogelijkheden voor specifieke soorten, terwijl de flauwe oevertaluds optimale mogelijkheden bieden voor vegetatie-ontwikkeling waarvan andere oevergebonden diersoorten zullen profiteren. Voor veel soorten riviervissen zijn stroomluwe milieus van betekenis als paaigebied en/of als opgroeigebied voor jonge vis. Door het aantakken van kleiputten en zandwinplassen aan nevengeulen wordt de beschikbaarheid van stroomluwe milieus voor de riviervissen vergroot. De oobossen op de rivieroever vormen niet alleen broedhabitat voor vogelsoorten als aalscholver en kwak. Bovendien bieden de in het water hangende takken en gevallen bomen bieden tevens vestigingsmogelijkheden voor bepaalde soorten macro-fauna. Voor riviervissen is een dergelijk habitat van betekenis als paaigebied en opgroeigebied.

In een natuurlijk riviersysteem zijn nevengeulen niet altijd permanent meestromend en watervoerend. Wil men in de nevengeulen echter levensgemeenschappen tot ontwikkeling laten komen, waarvoor de hoofdgeul geen of onvoldoende mogelijkheden biedt, dan zijn waterstroming en een variatie in diepten belangrijke randvoorwaarden.

Elk type nevengeul heeft een ecologische waarde. De keuze van de inrichtingsvorm van een nevengeul zal worden bepaald door de ecologische doelstellingen die men voor ogen heeft. Bij het aanleggen van een nevengeul kan in belangrijke mate de inrichting worden afgestemd op de gewenste macro-habitats. Door daarnaast ruimte te bieden aan natuurlijke processen in een nevengeul (zoals sedimentatie en oevererosie), ontstaat een verdere differentiatie in milieu-omstandigheden (micro-habitats).

Als gevolg van hydro- en morfodynamische processen zullen de omstandigheden in nevengeulen van plaats tot plaats en in de tijd sterk variëren. De tijdelijk ongunstige omstandigheden zijn voor kenmerkende soorten van het rivierecosysteem niet desastreus. Veel diersoorten gaan dan op zoek naar andere lokaties waar de omstandigheden wel gunstig zijn en van waaruit ze de verlaten lokaties weer kunnen rekoloniseren wanneer de omstandigheden gunstig zijn. Andere soorten zijn zodanig aangepast dat ze kortdurende ongunstige omstandigheden kunnen overleven.

Door het aanleggen van meerdere nevengeulen en het scheppen van voorwaarden voor het vormen van vele micro-habitats blijven in het rivier-ecosysteem lokaties aanwezig waar de omstandigheden voor de kenmerkende soorten van riviersysteem optimaal zijn.

Van de drie in dit rapport beschreven voorbeeldlokaties, biedt een nevengeul in de Heesseltsche Uiterwaarden de beste perspectieven voor het creëren van habitats voor rheofiele organismen, omdat binnen de rivierkundige randvoorwaarden in deze uiterwaard de beste mogelijkheden aanwezig zijn om het meestromend karakter optimaal tot zijn recht te laten komen.

Summary

The disappearance of habitats as a result of riverine intervention and the deterioration of the waterquality were the main causes of the decline and of the disappearance of characteristic riverorganisms in the rivers Rhine and Meuse. The possibilities for the restoration of the habitats for these organisms in the main channel are very limited as a result of changes in morphology and because of intensive shipping. The construction of secondary channels, on the other hand, offers the possibility to create suitable habitats for these species.

As part of the ecological improvement of the large rivers Rijkswaterstaat has started a research project for secondary channels. At the first stage the ecologically optimal development factors and the hydraulic and rivermorphologic consequences of secondary channels have been investigated. In view of the pre-conditions set by shipping and the protection against flooding, not all development demands of species that are seen as characteristic for the river-ecosystem, can be met at all times. This study concerns a first inventory of the consequences of development variations of secondary channels for organisms which are characteristic for the riversystem.

The measures of which the effect on riverine organisms have been studied are:

- (a) the construction of thresholds at the inflow and outflow openings of secondary channels, owing to which the secondary channels are not permanently on-flowing and through which the sounding dynamics are more or less reduced;
- (b) the relatively high riverbed of the secondary channel, causing large parts of the secondary channel to be uncovered at a low out-flow;
- (c) the construction of secondary channels with steep banks and few shallows;
- (d) the branching of claypits and sandpits to the secondary channels;
- (e) the construction of secondary channels with alluvial forests on the banks;

The effects of the development measures have been described for some fifty plant and animal species (water and littoral plants, macroinvertebrates, fish, birds and mammals).

In order to obtain optimal development possibilities for rheophile organisms in the secondary channel a permanent flow of water ($>0.2-0.3$ m/s) is essential because of the concurrent provision of oxygen and food supplies. With increasing periods in which no current occurs species of slow-flowing and semi-stagnant waters will dominate in the secondary channels. The ecological direction of development of the secondary channels which, because of the construction of thresholds at the inflow and outflow openings, are in direct contact with the river only at a high output level (on the average < 50 days a year) will be comparable to that of the present old oxbow lakes in levees. They do not assist in the recovery of the lost habitats for rheophile organisms.

A large variety of bank inclines is important so that various animal species may take advantage of steep banks. The steep banks offer prospects for the settling of certain species,

while the gentle inclines offer optimal chances for the development of vegetation of which other bankbased animal species will profit. To many species of riverfish low-current environments are of importance as spawning ground and/or as raising area for young fish. By branching claypits and sandpits to secondary channels the availability of low-current environments for riverfish will be enlarged. The alluvial forests on the riverbanks constitute not just a breeding habitat for birdspecies like the cormorant and the night heron. The branches hanging in the water and the fallen trees also constitute opportunities for the settling of certain species of macro-fauna. Such a habitat is of importance to riverfish as spawning and raising area.

In a natural riversystem secondary channels are not permanently on-flowing and water transporting. Should one want to give a biotic community the opportunity to develop itself, something for which the main channel does not or only insufficiently offers the possibility, water currents and depth variations will be important pre-conditions then.

Each type of secondary channel has its ecological value. The selection of the a development form for a secondary channel will be determined by the ecological goals one is aiming at. In the construction of a secondary channel the development may, to a large extent, be geared to the desired macro-habitats. At the same time offering space to natural processes (like sedimentation and bank erosion) in the secondary channel a further differentiation in environmental circumstances (micro-habitats) will arise.

The circumstances in secondary channels will vary greatly due to circumstances of place and time as a result of hydro processes and morphological ones. The temporarily negative circumstances are not disastrous for the typical species of the river-ecosystem. Many species of animals will go and look for other sites where circumstances are favourable and from where they may recolonise the deserted sites if the circumstances are favourable again. Other species have adapted in such a way that they will be able to survive unfavourable circumstances for a short period of time.

By constructing several secondary channels and creating conditions for the foundations of many micro-habitats, sites will remain in the river-ecosystem where circumstances for the typical species of the riversystem will be optimal.

Of the three example sites described in this paper, the secondary channel in the Heesseltsche Uiterwaarden offers the best perspective for the creation of habitats for rheophile organisms, because within the riverine pre-conditions in this river foreland optimal conditions are present to do full justice to the on-flowing character thereof.

Inhoud

Voorwoord	i
Samenvatting	iii
Summary	v
1. Inleiding	1
1.1 Aanleiding	1
1.2 Doelstelling	2
1.3 Werkwijze	2
1.4 Opbouw van het rapport	3
2. Nevengeulen	5
2.1 Inleiding	5
2.2 Ontwerprichtlijnen	5
2.3 Verschillende uitgangssituaties voor het aanleggen van nevengeulen	8
2.4 Verschillende nevengeultypen	9
2.4.1 Inleiding	9
2.4.2 Een nevengeul zonder aantakking van klei- en zandwinputten	9
2.4.3 Een nevengeul met aantakking van kleiputten	11
2.4.4 Een nevengeul met een zandwinplas	13
2.5 Abiotische karakteristieken van de nevengeultypen	15
2.5.1 Type Heesselt	15
2.5.2 Type Druten	16
2.5.3. Type Roetwaard	18
2.5.4 De hydrologische en morfologische kenmerken van de nevengeultypen	18
2.6 De ecologische uitgangssituatie	20
2.6.1 Algemeen	20
2.6.2 De Heesseltsche Uiterwaarden	21
2.6.3 De Afferdensche en Deestsche Waarden	21
2.6.4 De Roetwaard	22
3. Ecologische ontwikkelingsrichtingen	23
3.1 Inleiding	23
3.2 Optimale ontwikkelingsrichting van een gegraven nevengeul	24
3.3 Optimale ontwikkeling in een nevengeul met kleiputten	25
3.4 Optimale ontwikkeling in een nevengeul met zandwinplassen	26

4.	De invloed van milieudynamiek en -kwaliteit op flora en fauna	27
4.1	Stroming	27
4.2	Waterpeilfluctuaties	34
4.3	Substraat en morfologie	38
4.4	Het effect van toxische stress	39
5.	Habitat-eisen van nevengeulorganismen	45
5.1	Inleiding	45
5.2	De selectie van soorten en soortgroepen	46
5.3	De klassenindeling van milieufactoren	50
5.3.1	Inleiding	50
5.3.2	De milieufactoren	50
5.4	Standplaatsmatrix water- en oeverplanten	55
5.5	Habitatmatrix macrofauna en vissen	59
5.6	Habitatmatrix vogels en zoogdieren	63
6.	De effecten van inrichtingsmaatregelen op nevengeulorganismen	67
6.1.	Inleiding	67
6.2	Niet permanent meestromende nevengeulen	68
6.3	Droogvallende nevengeulen	71
6.4	Nevengeulen met steile oevers en weinig ondiepten	72
6.5	Nevengeulen met kleiputten en zandwinplassen	73
6.6.	Nevengeulen met ooibossen op de oevers	74
7.	Discussie	75
8.	Conclusies en aanbevelingen	79
8.1	Conclusies	79
8.2	Toepassingsmogelijkheden	81
8.3	Aanbevelingen voor onderzoek	83
	Literatuur	87

Bijlage 1. Schetsontwerpen nevengeulen in voorbeeldlokaties

Bijlage 2. Stroomsnelheden van de Rijn en Rijntakken

1

Inleiding

1.1 Aanleiding

Nevengeulen, al dan niet permanent meestromend, zijn elementen uit het natuurlijke riviersysteem die sinds de normalisatie in Nederland zijn verdwenen. Het verdwijnen van deze elementen heeft bijgedragen aan de achteruitgang en zelfs het verdwijnen van karakteristieke rivierorganismen. De laatste jaren is het aanleggen van nevengeulen, met name langs de Waal, IJssel en Overijsselse Vecht, volop in de belangstelling. Met de aanleg van nevengeulen kunnen geschikte omstandigheden worden gecreëerd voor de vestiging van water- en oeverplanten en kunnen habitats worden hersteld voor karakteristieke macrofauna- en vissoorten. De ecologische betekenis van meestromende nevengeulen is niet alleen beperkt tot de organismen die in het water en op de oevers en waterbodem van een nevengeul leven. Ook voor veel vogelsoorten is de nevengeul van betekenis als voedsel en/of voortplantingsgebied.

Het creëren van nevengeulen kan ondermeer worden gerealiseerd door het aankoppelen van oude rivierlopen aan de hoofdgeul, het blootleggen van voormalige nevengeulen en door gewoonweg een geul te graven.

Rijkswaterstaat is gestart met een onderzoeksproject nevengeulen. In de eerste fase zijn de relevante inrichtingsfactoren voor macrofauna (Klink, 1991) en de standplaatsfactoren voor water- en oeverplanten (Vanhemelrijk, 1991) geïnventariseerd en voor zover mogelijk gekwantificeerd. Ook de hydraulische en riviormorfologische consequenties van een nevengeul zijn verkend in een modelstudie (De Haas, 1991).

In 1993 zal op praktijkschaal begonnen worden met één of meer proefprojecten, waarin de optredende veranderingen in de aangelegde nevengeul(en) nauwkeurig zullen worden gemeten. Bij het zoeken naar een geschikte locatie voor een praktijkexperiment is echter gebleken, dat er geen lokaties beschikbaar zijn die geheel tegemoet komen aan alle inrichtingseisen van de soorten die als kenmerkend voor het nevengeul-systeem worden beschouwd. Het doen van concessies aan de optimale inrichting zal leiden tot veranderingen in populatiedichtheden en tot een andere soortensamenstelling. Deze ontwikkelingen zijn echter nog onbekend en moeten in een onderzoek worden aangegeven.

Dit was voor Rijkswaterstaat de directe aanleiding om door INRO-TNO een kortlopend inventarisatie-onderzoek te laten verrichten naar de ecologische consequenties van een aantal inrichtingsvarianten van nevengeulen.

1.2 Doelstelling

Het doel van het onderzoek is het inventariseren van de effecten van inrichtingsvarianten op het voorkomen van soorten die kenmerkend zijn voor nevengeulsystemen. De resultaten worden zodanig gepresenteerd dat eenvoudig kan worden afgelezen wat de consequenties zijn voor het voorkomen deze soorten (grotere/lagere dichtheid, meer/minder soorten) van het doen van concessies aan de optimale inrichting van een nevengeul. Deze concessies hebben in ieder geval betrekking op de stroomsnelheid in de nevengeul, het droogvallen van oevers en (delen van) de bodem van de nevengeul en het aankoppelen van stagnante wateren, zoals kleiputten en zandwinplassen.

1.3 Werkwijze

In dit onderzoek worden de relaties beschreven tussen de abiotische ecosysteemparameters in nevengeulen en het voorkomen van soorten en levensgemeenschappen die in dergelijke ecosystemen kunnen voorkomen. Met deze kennis kunnen nevengeulontwerpen worden getoetst aan de ecologische doelstellingen die voor de nevengeulen zijn geformuleerd. De relaties tussen de abiotische systeemkenmerken en de soorten worden op basis van bestaande informatie beschreven vanuit de volgende invalshoeken:

- (1) de in de praktijk onderscheiden typen nevengeulen;
- (2) aquatisch-ecologische systeemkennis over relevante inrichtingsfactoren;
- (3) autecologische informatie van kenmerkende soorten.

ad 1: typen nevengeulen

Inzicht in de abiotische diversiteit van ecosysteemparameters in de mogelijk te realiseren nevengeulen staat in dit onderdeel centraal. Er worden drie typen beschreven. Deze typen moeten worden gezien als voorbeelden voor inrichting van nevengeulen. De nevengeultypen zijn geprojecteerd in een drietal voorbeeldlokaties waar zich dergelijke omstandigheden voordoen. Dit houdt niet in dat er ook daadwerkelijk op deze lokaties nevengeulen worden aangelegd. De beschrijving van de nevengeultypen en de voorbeeldlokaties heeft betrekking op de mogelijke abiotische uitgangssituaties met bijbehorende levensgemeenschappen. Gedetailleerde hydrologische en morfologische gegevens zijn nog niet voorhanden. Het gaat vooral om de effecten van variatie in de inrichting op de ecologische ontwikkeling van de nevengeulen met of zonder aankoppeling van kleiputten of zandwinplassen, met of zonder periodiek droogvallen en met of zonder periodiek stagnant water in de nevengeul. Ook de veranderingen in de uiterwaard die kunnen optreden bij aanleggen van nevengeulen worden in hoofdlijnen aangegeven. Door veranderingen in stroming, peilfluctuatie en erosie- en sedimentatieprocessen zal (een deel van) de oorspronkelijke levensgemeenschappen verdwijnen en worden vervangen door typerende nevengeulsoorten.

ad 2: aquatisch-ecologische systeemkennis

Vanuit de meer theoretische benadering wordt de complexiteit van ecosysteemrelaties in nevengeulen uiteengehaald door de relaties te beschrijven aan de hand van een aantal relevante abiotische systeemparameters. Het gaat hierbij om stroming, peilfluctuaties, droogval, substraat, morfologie en waterkwantiteit.

ad 3: autecologie kenmerkende soorten

Van de soorten die kenmerkend kunnen worden beschouwd voor het nevengeulen-ecosysteem worden de habitateisen geïnventariseerd en gerelateerd aan de milieu-omstandigheden behorende bij de inrichtingsvarianten.

1.4 Opbouw van het rapport

Na dit inleidende hoofdstuk worden in hoofdstuk 2 de ontwerprichtlijnen voortvloeiende uit de hydraulische en riviermorfologische studies beschreven. Aan de hand van deze richtlijnen worden verschillende nevengeultypen in een drietal voorbeeldlokaties beschreven. De beschrijving heeft betrekking op de inrichting van de nevengeul, de verwachte abiotische omstandigheden en de ecologische consequenties van het aanleggen van een nevengeul beschreven.

In hoofdstuk 3 worden de optimale ecologische ontwikkelingsmogelijkheden van een aantal nevengeultypen in het kort beschreven.

In hoofdstuk 4 wordt de invloed van milieudynamiek van een nevengeulstelsel op het voorkomen van soorten, soortgroepen en levensgemeenschappen beschreven.

In hoofdstuk 5 worden voor een aantal soorten van het nevengeul-ecosysteem de habitateisen ten aanzien van een aantal inrichtingsfactoren beschreven. Deze beschrijvingen worden overzichtelijk gepresenteerd in tabellen (standplaats- en habitatmatrix). Hiertoe zijn de waarden van de inrichtingsfactoren ingedeeld in een aantal ecologisch relevante klassen.

In hoofdstuk 6 worden op basis van de informatie over de habitateisen (in hoofdstuk 5) de effecten van de verschillende inrichtingsmaatregelen op de kenmerkende soorten van het rivierecosysteem beschreven.

In hoofdstuk 7 worden enkele opmerkingen geplaatst met betrekking tot inrichting van nevengeulen.

In hoofdstuk 8, het afsluitende hoofdstuk, wordt een aantal aanbevelingen voor nader onderzoek geformuleerd ten behoeve van een proefproject nevengeulen.

2

Nevengeulen

2.1 Inleiding

Door De Haas (1991) en Van Barneveld (1992) zijn de hydraulische en riviermorphologische aspecten van nevengeulen modelmatig onderzocht. De ontwerprichtlijnen die uit deze studies voortvloeien worden in dit hoofdstuk in het kort gepresenteerd.

Vervolgens worden de verschillende uitgangssituaties voor de aanleg van nevengeulen geschetst. Op basis hiervan is een aantal nevengeultypen onderscheiden. Deze nevengeultypen worden aan de hand voorbeeldlokaties uitgewerkt.

2.2 Ontwerprichtlijnen

Door De Haas (1991) zijn de hydraulische en riviermorphologische aspecten van het aanleggen van een meestromende nevengeul in een uiterwaard modelmatig onderzocht op basis van een aantal inrichtingsprincipes met betrekking tot het creëren van een ecologisch optimale meestromende nevengeul. Als voorbeeldlokatie fungeerde de Bemmelse Waard langs de Waal. Door Van Barneveld (1992) is een oriënterend onderzoek uitgevoerd naar de hydraulische en morfologische consequenties van meestromende nevengeulen met de Winssense Waard als voorbeeldlokatie. Door De Haas (1991) en Van Barneveld (1992) zijn ontwerpwenen/richtlijnen geformuleerd waaraan een nevengeul zou moeten voldoen.

In deze studie dienen deze ontwerprichtlijnen als basisontwerp voor de nevengeulen die hier aan de orde komen. In het kort worden de ontwerprichtlijnen voortvloeiende uit bovengenoemde studies gepresenteerd, waarbij tevens wordt aangegeven op welke wijze de richtlijnen in deze studie zijn uitgewerkt.

Het debiet van een nevengeul wordt onder andere bepaald door het dwarsprofiel van de nevengeul en het debiet van de hoofdstroom. Het onttrekken van water aan de hoofdgeul heeft (directe) gevolgen voor de waterstand, de waterdiepten, de stroomsnelheden, de bodemligging in de hoofdgeul en daarmee ook voor de vaargeuldiepte. Het profiel van de hoofdstroom moet aan bepaalde eisen van de scheepvaart voldoen. Deze eisen zijn echter voor de Waal en de IJssel verschillend. Voor de Waal geldt in de toekomst een minimale vaargeuldiepte 2,8 meter en een minimale vaargeulbreedte 170 meter (voorgenomen beleid). Door De Haas (1991) is een debiet voor de nevengeul aangehouden van 5-8% van het debiet van de hoofdgeul. In de studie van Van Barneveld (1992) varieerde de afvoer door de nevengeul tussen de 1,5-11% van de rivierafvoer, afhankelijk van de grootte van de afvoer en de hydraulische weerstand van de nevengeul. Momenteel wordt door Rijkswaterstaat als richtlijn een maximum van 3,5% van de rivierafvoer gehanteerd.

In deze studie is bij de dimensionering van de nevengeul als uitgangspunt gehanteerd dat bij een gemiddelde afvoer van de rivier ongeveer 3% door de nevengeul wordt gevoerd (de ontwerpafvoer).

De stroomsnelheid. Doordat de afvoer van de nevengeul sterk kan variëren, zal de stroomsnelheid in de nevengeul in de tijd eveneens sterk variëren. Ook is de stroomsnelheid in de geul niet overal gelijk. De stroomsnelheid is van invloed op de ontwikkelingsmogelijkheden van water- en oeverplanten en de daaraan gerelateerde fauna. De vegetatie heeft echter op haar beurt weer remmende invloed op de stroomsnelheid. Door De Haas (1991) wordt ecologisch oogpunt aanbevolen een nevengeul zodanig aan te leggen dat de gemiddelde stroomsnelheid ongeveer 0,5 m/s is. In de voorbeeldstudie van De Haas (1991) varieerde de stroomsnelheid van 0,2 m/s bij lage afvoeren tot 0,8 m/s bij "bankfull"-omstandigheden. In deze studie is uitgegaan van een gemiddelde stroomsnelheid van 0,5 m/s bij de ontwerpafvoer.

Het profiel van de nevengeul wordt waar mogelijk op ecologische gronden vastgelegd, dat wil zeggen het profiel een zo natuurlijk mogelijk karakter heeft. Een asymmetrisch driehoekig dwarsprofiel vertoont overeenkomsten met een natuurlijk bochtprofiel. De binnenbocht heeft een flauw talud en de buitenbocht een steil talud. De glooiende oevers bieden mogelijkheden voor de ontwikkeling van een rijke oeverlevensgemeenschap, terwijl de steile oevers vestigingsmogelijkheden bieden voor specifieke organismen. Ontwerprichtlijnen voor de hellingshoek van flauwe taluds is 1:30 tot 1:50, terwijl de steile taluds een hellingshoek hebben van 1:5 tot 1:8.

Om het karakter van een nevengeul optimaal tot zijn recht te laten komen, dient de geul zo diep te zijn, dat het rivierwater zoveel mogelijk dagen in het jaar ook in de nevengeul kan meestromen. De Haas (1991) hanteerde bij de Bemmelse Waard een waterdiepte van 0,5 meter bij een rivierafvoer die gemiddeld 15 dagen per jaar wordt overschreden. In de studie van Van Barneveld (1992) was het laagste punt van de nevengeul 1,0 meter beneden de rivierwaterstand die gemiddeld 20 dagen per jaar wordt overschreden.

In deze studie is voor de ontwerpdiepte van de nevengeul als uitgangspunt gehanteerd dat de waterdiepte bij gemiddeld laagwaterpeil van de rivier 1,0 meter is. Het gemiddeld laagwaterpeil is in dit rapport gedefinieerd als het waterpeil dat gemiddeld 350 dagen per jaar wordt overschreden. Dit betekent dat de nevengeul gemiddeld 15 dagen per jaar een waterdiepte kleiner dan 1 meter zal hebben.

De loop van de nevengeul kan verschillende vormen aannemen. Zo zijn er rechte, sinusvormige, meanderende, vlechtende en 'anastomosering' (met stabiele eilanden) geulen. Het blijkt dat een meanderende geul aanzienlijk stabiel is dan een vlechtende. In ecologisch opzicht is een meanderende geul aantrekkelijker dan een rechte (stabiele) geul, omdat in een meanderende nevengeul een grotere variatie in milieu-omstandigheden zal zijn, waardoor voor een groter aantal soorten geschikte levensomstandigheden aanwezig zullen zijn.

In deze studie wordt de vorm van een nevengeul beschouwd als een onderdeel van een meanderende geul.

Situering aftakking. De situering van de instroomopening van de nevengeul is van invloed op het debiet van de nevengeul, maar ook op de sedimentaanvoer. Het debiet door de nevengeul kan worden beperkt door het verhang van de nevengeul zo gering mogelijk te maken. Een gering verhang kan worden bereikt door de nevengeul in de buitenbocht van de hoofdgeul te situeren (De Haas, 1991).

Een belangrijk kenmerk van meestromende nevengeulen is dat ze zeer dynamisch (kunnen) zijn. Door erosie en sedimentatie kan het profiel van de geul sterk veranderen. Hierdoor kan het debiet en de stroomsnelheid in de loop der tijden gewijzigd worden waardoor de veranderingen in het profiel nog eens versterkt worden. Met behulp van een één-dimensionaal computermodel (RIVMOR) kan de mate van invloed van diverse parameters op de snelheid van aanzanding en uitschuring geschat (De Haas, 1991).

De in- en uitstroomopening van de nevengeul worden eveneens gekenmerkt door een hoge mate van dynamiek. Het aanleggen van een nevengeul kan grote gevolgen hebben voor het profiel van de hoofdgeul. Uit berekeningen van De Haas (1991) en Van Barneveld (1992) blijkt dat een verandering van de breedte en bodemdiepte van de nevengeul ook veranderingen te zien gaven in de mate van aanzanding in zowel de hoofd- als de nevengeul. Een reductie van sedimentatie in de nevengeul is te realiseren door de inlaat van de nevengeul in de buitenbocht van de rivier te situeren en de hoek tussen de aantakking en de hoofdgeul, aan bovenstroomse zijde het splitsingspunt rond de 120° te doen zijn (De Haas, 1991). Daarnaast kan de sedimentatie in de nevengeul worden verminderd door een zandvang (in de vorm van een zandwinplas) direct benedenstrooms van het instroompunt. Erosie in de nevengeul benedenstrooms de zandvang als gevolg van het ontbreken van sedimenttoevoer, kan worden voorkomen door het verlengen van de nevengeul (indien mogelijk), waardoor het verhang en daarmee ook de stroomsnelheid in de nevengeul afneemt (Van Barneveld, 1992). Eén van de conclusies uit de studie van De Haas (1991) luidt dat het mogelijk en reëel is om nevengeulen langs de Waal aan te leggen, mits de afmetingen van de nevengeul met zorg worden afgewogen en er een minimaal sedimenttransport plaatsvindt. Hiervoor zal een inlaatconstructie in veel gevallen noodzakelijk zijn.

Naast wensen voor de inrichting van de nevengeul dient ook de uiterwaard waarin de geul komt te liggen aan enkele wensen te voldoen. Zo moet de breedte van de uiterwaard bijvoorbeeld groot genoeg zijn. Om het behoud van de winterdijk te garanderen moet er een minimale afstand zijn tussen de nevengeul en de dijk. Deze wordt door Rijkswaterstaat gesteld op ongeveer 100 meter. Daarnaast biedt een grote uiterwaard met reliëfrijk terrein meer mogelijkheden om natuurwaarden te herbergen die een typisch riviergebonden karakter bezitten.

Voor meer gedetailleerde informatie over de lokatiekeuze van nevengeulen (bijvoorbeeld met betrekking tot de kribben in de hoofdgeul), of over de dimensies, de oeverstabiliteit, het tracé

(bijvoorbeeld de hoek met de hoofdgeul), de bodemsamenstelling etc. wordt verwezen naar het onderzoek van De Haas (1991) en Van Barneveld (1992).

2.3 Verschillende uitgangssituaties voor het aanleggen van nevengeulen

Bij het aanleggen van nevengeulen kunnen verschillende uitgangssituaties worden onderscheiden. In de eerste plaats kunnen nevengeulen worden aangelegd door oude, nog aanwezige rivierlopen te verbinden met de hoofdgeul. De oude rivierlopen zijn veelal door kaden of dammen van de rivier geïsoleerd, waardoor de oude rivierlopen alleen bij hoogwater in direct contact staan met de rivier. Hierdoor komen in de oude rivierlopen verlandingsvegetaties met bijbehorende fauna tot ontwikkeling. De waterbodem van de oude rivierlopen ligt in het algemeen veel hoger dan de huidige bedding van de rivier als gevolg van verlandings- en sedimentatieprocessen in de oude loop, erosieprocessen in de hoofdgeul en rivierkundige ingrepen. Verlaging van de bedding van de oude rivierlopen is nodig, wil men voorkomen dat in perioden met lage rivierafvoeren de nevengeul (vrijwel) geheel droog valt.

In de tweede plaats kunnen oude geulen in de uiterwaard worden blootgelegd die door klei-afzettingen in het recente verleden zijn opgevuld.

In de laatste plaats kan in de uiterwaard een geul worden gegraven waarbij geen rekening wordt gehouden met de aanwezige geomorfologie. Met betrekking tot de inrichting en het ontwerp van de nevengeul kan hierbij maximaal worden ingespeeld op allerlei faunawensbeelden, dat wil zeggen dat via inrichting en ontwerp een aantal habitateisen van gewenste soorten kan worden geoptimaliseerd.

Bestaande kleiputten en zandwinplassen kunnen in verbinding worden gebracht met de nevengeul of kunnen zelfs een onderdeel vormen van de nevengeul. In het eerste geval is het water in de kleiputten en zandwinplassen min of meer stagnant en slechts een klein deel van het debiet van de nevengeul verplaatst zich naar de kleiput of zandwinplas. Een kleinschalig "rivier-" en "meerecosysteem" zijn dan naast elkaar aanwezig en door de open verbinding kunnen de aquatische organismen zich ten alle tijde naar één van beide systemen verplaatsen. In het laatste geval vormen de diepe putten en plassen een stroomvertragend element van het nevengeulsysteem. Het gehele debiet van de nevengeul stroomt door de plassen. Door de stroomvertraging treedt een sterke sedimentatie in de plas op. Benedenstrooms van de plas zal de stroomsnelheid in de relatief smalle nevengeul weer toenemen alwaar erosie van de nevengeulbodem kan optreden.

2.4 Verschillende nevengeultypen

2.4.1 Inleiding

De ontwerprichtlijnen voor aanleggen van nevengeulen kunnen in het huidig riviersysteem niet altijd probleemloos worden uitgewerkt. In de eerste plaats zijn er randvoorwaarden met betrekking tot de bescherming van binnendijkse gebieden tegen overstroming. Ook worden randvoorwaarden gesteld vanuit de scheepvaart. Verder zijn niet alle uiterwaarden zo groot dat er brede nevengeulen kunnen worden aangelegd. Ook de lengte van de nevengeulen is afhankelijk van de beschikbare ruimte. Bovendien bevatten veel uiterwaarden kleiputten en zandwinplassen.

In dit onderzoek worden verschillende typen nevengeulen beschreven, namelijk:

- (1) Een nevengeul zonder aantakkingen van klei- of zandwinputten;
- (2) Een nevengeul met aantakking van enkele kleine ondiepe kleiafgravingen;
- (3) Een nevengeul met aantakking van en een grote diepe zandwinplas.
- (4) Een nevengeul met aantakking van één of meer ondiepe kleiputten en een diepe zandwinplas.

Er is hierbij geen onderscheid gemaakt in de verschillende uitgangssituaties voor het aanleggen van een nevengeul zoals die in de vorige paragraaf zijn onderscheiden:

- (a) verbinden van oude rivierlopen met de hoofdgeul, al dan niet met het verdiepen van de oude loop.
- (b) blootleggen van met klei opgevulde oude rivierlopen.
- (c) graven van een geul, zonder rekening te houden met aanwezige geomorfologische patronen.

Het voordeel van het verbinden met oude rivierlopen met de hoofdgeul is dat er minder gegraven hoeft te worden. De oude geulrestanten kunnen in sommige gevallen ongunstig liggen voor aankoppeling.

De onderscheiden nevengeultypen worden in drie voorbeeldlocaties uitgewerkt:

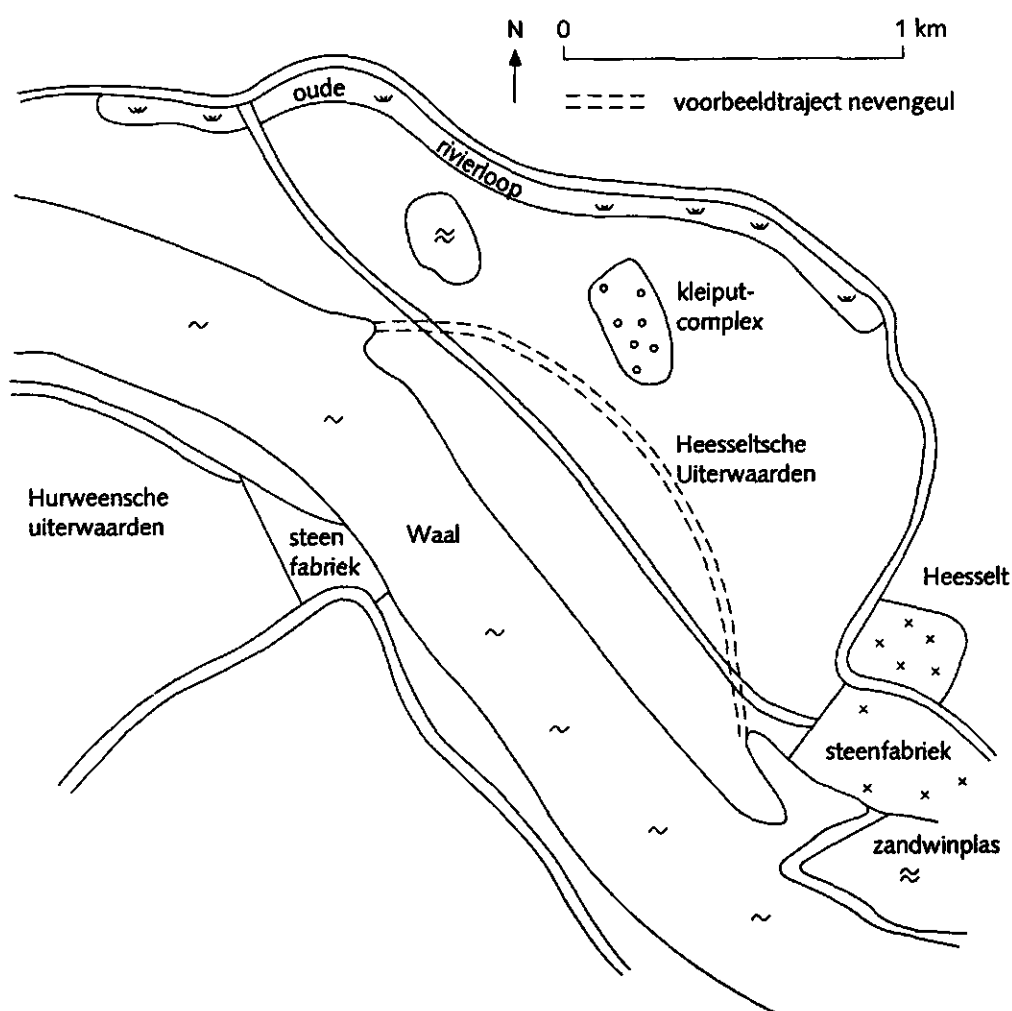
- * Heesseltsche uiterwaarden: nevengeul zonder aantakking van klei- of zandwinputten;
- * Afferdensche en Deestsche Waarden: nevengeul met aantakking van kleiputten en eventueel een zandwinplas;
- * Roetwaard: aantakken van een oude rivierloop met een grote zandwinplas aan de hoofdgeul.

De voorbeeldontwerpen zijn opgenomen in bijlage 1.

2.4.2 Een nevengeul zonder aantakking van klei- en zandwinputten

Ten oosten van Waardenburg liggen aan de noordkant van de Waal de Heesseltsche Uiterwaarden (figuur 1). Dit gebied heeft een oppervlakte van ongeveer 180 ha. De

uiterwaarden bestaan voor een groot deel uit weilanden, enkele kleiputten met wilgenstruweel, moeras en open water en een zandwinplas. De uiterwaarden zijn omgeven door een hoge zomerkade, waardoor de uiterwaarden gemiddeld minder dan 5 dagen per jaren in direct contact staan met de rivier. Het omkade deel van de uiterwaard is vrij vlak en geheel vergraven. Het buitenkaadse deel bestaat reliëfrijke onvergraven graslanden. De Waal is een vrij afstromende (niet gestuwde) rivier en heeft een gemiddelde afvoer van ongeveer 1500 m³/s. De maatgevende afvoer van de Waal is ongeveer 10300 m³/s. De gemiddelde stroomsnelheid in de Waal is ongeveer 1,0 m/s.



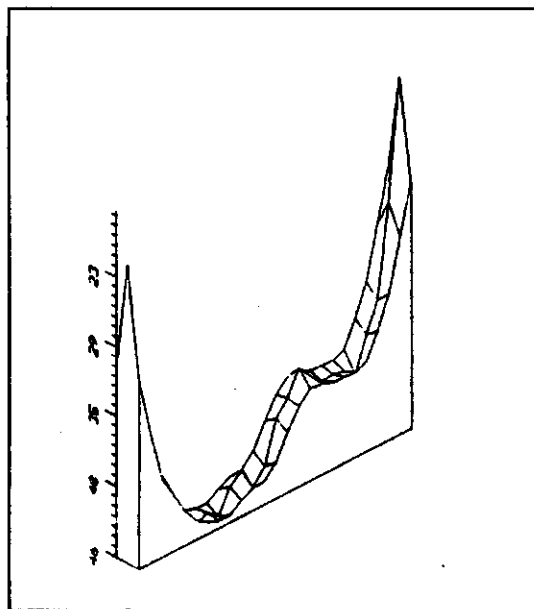
Figuur 1. De ligging van de Heesselsche Uiterwaarden

De instroomopening van de nevengeul is geprojecteerd aan het eind van een binnenbocht. Het dwarsprofiel van de Waal ter hoogte van de instroomopening van de nevengeul is weergegeven in figuur 2. De aan te leggen nevengeul is ongeveer 2,5 km lang.

De kleiputten en zandwinplas worden niet aangetakt aan de nevengeul.

De maaiveldhoogte in de Heesseltsche Uiterwaarden is ongeveer 4-4,5 m +NAP. Bij afwezigheid van zomerkaden zal de gemiddelde overstromingsduur van het maaiveld ongeveer 50 dagen per jaar bedragen. De gemiddelde laagwaterstand is ongeveer 1 m +NAP. De ontwerpdiepte van de nevengeul komt hierdoor overeen met het niveau van NAP. Dit betekent een relatieve geuldiepte ("bankfull"-diepte) van 4-4,5 meter. Het waterpeil van de nevengeul bij een gemiddelde rivierafvoer is ongeveer 3,2 m +NAP. Het debiet van de nevengeul zal dan ongeveer 50 m³/s bedragen (uitgaande dat 3% van de rivierafvoer door de nevengeul wordt geleid). Uitgaande van een gemiddelde stroomsnelheid van 0,5 m/s zal onder deze omstandigheden het natte profiel van de nevengeul ongeveer 100 m² bedragen.

De steile en flauwe oevers van de nevengeul hebben een helling van 1:5 respectievelijk 1:12. De minimale breedte van de nevengeul bij bankfull-afvoer bedraagt ongeveer 80 meter. De bodem in de uiterwaarden bestaat uit jonge rivierkleigrond, dit is afgezet materiaal waarin nog nauwelijks bodemvorming heeft plaatsgevonden. De bodem bestaat uit zware zavel en lichte klei (Steur e.a., 1985).

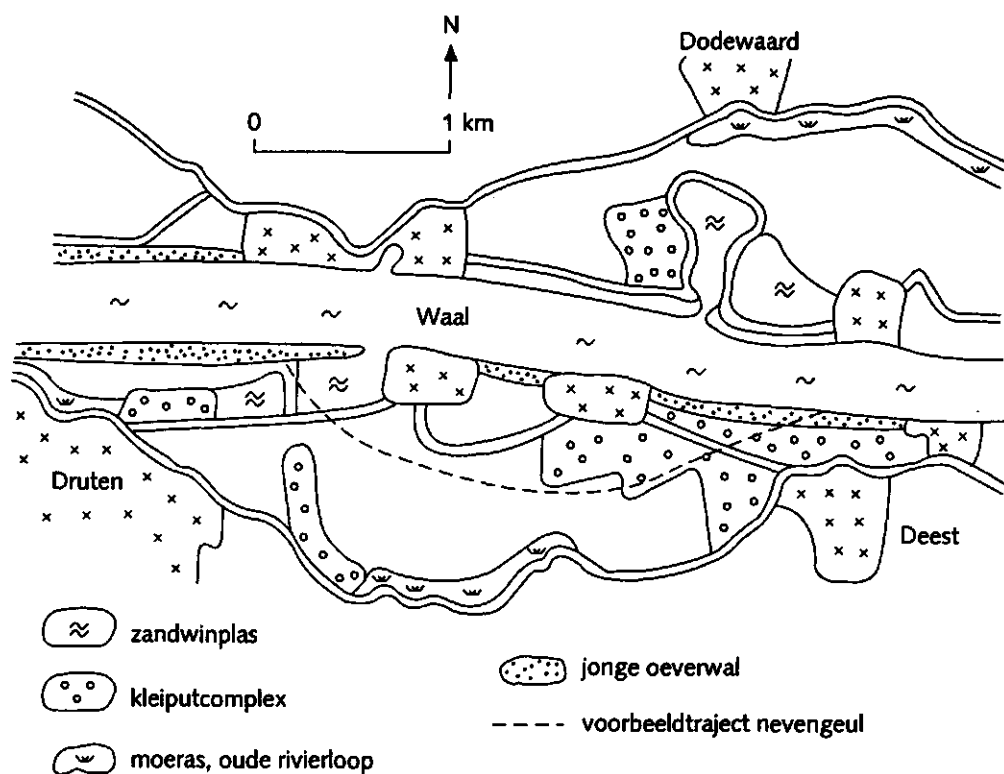


Figuur 2. Dwarsprofiel van de Waal bij Hurwenen. De diepte is aangegeven in dm t.o.v. de Overeengekomen Lage Rivierstand.

2.4.3 Een nevengeul met aantakking van kleiputten

Tussen Tiel en Nijmegen liggen aan de zuidkant van de Waal de Afferdensche/Deestsche Waarden (zie figuur 3). Het uiterwaardengebied is vrijwel geheel vergraven en bevat twee zandwinplassen (ieder ca. 10 ha) en een aantal tichelgatcomplexen. De kleiputten staan alleen bij hoogwater in direct contact met de rivier. De omkade kleiputten bevatten door rivierkwel voortdurend water. De waarden worden aan de rivierzijde begrensd door een zandige oeverwal. Ook zijn er aan de rivier twee oude steenfabrieken en enkele in gebruik zijnde fabriekslodsen gelegen.

De gegevens omtrent het debiet en de stroomsnelheid van de Waal zijn reeds in de vorige paragraaf beschreven. De nevengeul is geprojecteerd langs een min of meer recht traject van de Waal. Het dwarsprofiel van de Waal heeft hier een trapeziumvormig karakter (figuur 4). De kleiputten en eventueel ook de zandwinplas worden aan de nevengeul gekoppeld.

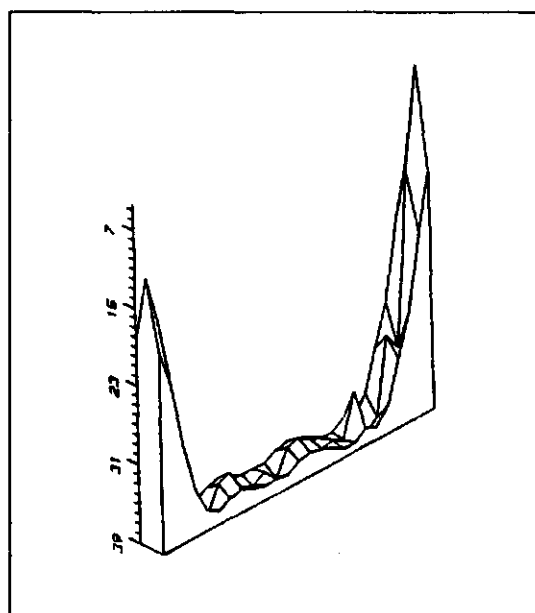


Figuur 3. Ligging van de Afferdensche en Deestsche Waarden

De nevengeul heeft hierdoor een lengte van 2-3 km. Het eiland dat hierbij ontstaat is ongeveer 75 ha groot.

Uitgangspunten bij de dimensionering van het dwarsprofiel van de nevengeul is dat bij een gemiddelde rivieraafvoer het debiet in de nevengeul ongeveer $50 \text{ m}^3/\text{s}$ is en de gemiddelde stroomsnelheid $0,5 \text{ m/s}$.

De maaiveldhoogte in de Afferdensche en Deestsche Waarden ligt globaal gezien op $7,5 \text{ m} + \text{NAP}$. Bij afwezigheid van zomerkaden zal de gemiddelde overstromingsduur van het maaiveld ongeveer 50 dagen per jaar bedragen. De gemiddelde laagwaterstand is ongeveer $3,6 \text{ m} + \text{NAP}$. De ontwerpdiepte van de nevengeul is hierdoor $2,6 \text{ m} + \text{NAP}$. Dit betekent een relatieve guuldiepte ("bankfull"-diepte) van ongeveer 5 meter.



Figuur 4. Dwarsprofiel van de Waal bij Druten. De diepte is in weergegeven in dm t.o.v. de Overeengekomen Lage Rivierstand.

Het waterpeil van de nevengeul bij een gemiddelde rivierafvoer is ongeveer 6,2 m +NAP. Het natte profiel van de nevengeul bij een gemiddelde rivierafvoer is ongeveer 100 m². De steile en flauwe oevers van de nevengeul hebben een helling van 1:5 respectievelijk 1:10. De minimale breedte van de nevengeul bij bankfull-afvoer bedraagt ongeveer 75 meter.

Het aanleggen van een nevengeul veroorzaakt naar verwachting een sterke aanzanding in de hoofdgeul. Om de hoofdgeul op voldoende diepte te houden zijn in het voorbeeldontwerp de in- en uitstroomopening voorzien van kunstwerken (zie § 2.5.2. en bijlage 1).

De bodem in de uiterwaarden bestaat uit door de rivier afgezet materiaal, waarin nog nauwelijks bodemvorming heeft plaatsgevonden (jonge rivierkleigrond). De bodem bestaat uit zavel en klei met zand op 40 tot 80 cm (Steur e.a., 1985).

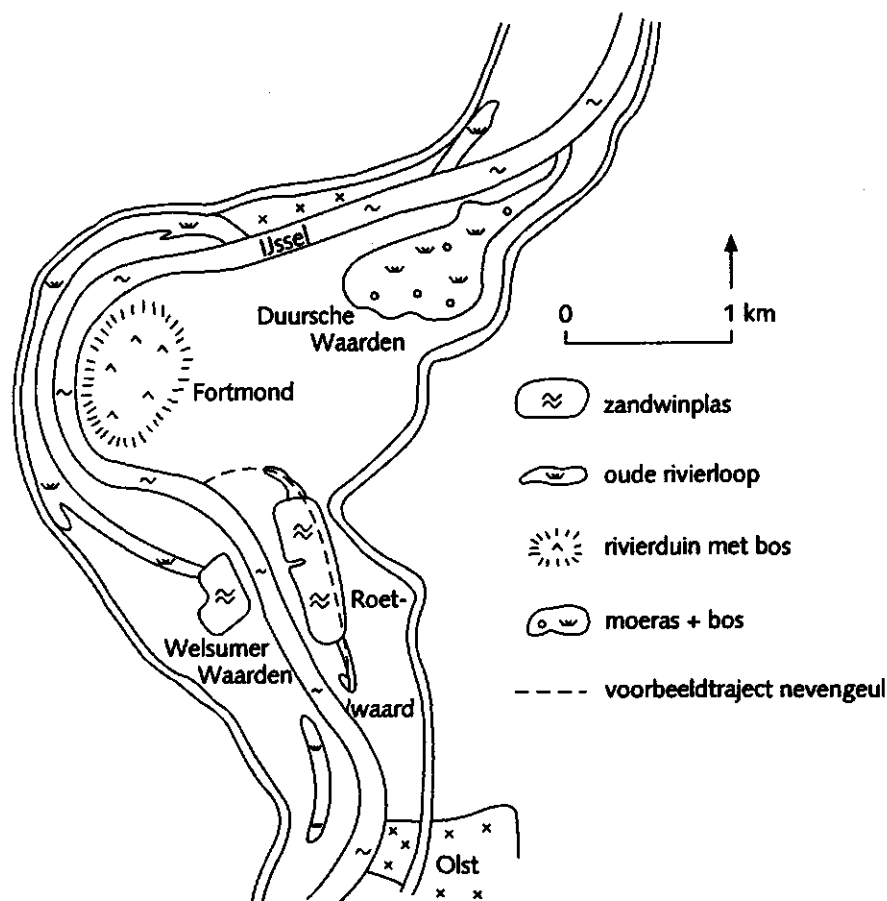
2.4.4 Een nevengeul met aantakking van een zandwinplas

Ten noorden van Deventer maakt de IJssel een bocht waarin de Roetwaard, Fortmond en Duursche Waarden liggen (zie figuur 5). In de Roetwaard liggen restanten van een oude rivierloop en een grote zandwinplas. Het traject van de geprojecteerde nevengeul volgt de restanten van de oude rivierloop. De aanwezige zandwinplas vormt een onderdeel van de nevengeul. Ook voor het uiterwaardengebied aan de andere zijde van de IJssel, de Welsumser Waarden, zijn plannen voor een nevengeul. Een geheel te graven geul is momenteel in studie. Daar dit type min of meer overeen komt met het nevengeultype in de Heesseltsche Uiterwaarden is de nevengeul in de Welsumser Waarden in dit onderzoek buiten beschouwing gelaten. In de Duursche waarden is in 1989 een geul aangelegd die alleen benedenstrooms in open verbinding staat met de rivier.

De IJssel heeft een maatgevende hoogwaterafvoer van 2500 m³/s en een gemiddelde afvoer van ongeveer 350 m³/s. Bij afvoeren van de Boven-Rijn lager dan 2300 m³/s wordt de afvoer via de IJssel met behulp van de stuw van Driel gehandhaafd op ongeveer 285 m³/s. De diepte van de IJssel wordt hierdoor op 3 meter gehouden, waardoor scheepvaart ongehinderd kan plaatsvinden. Bij een afvoer van de Boven-Rijn van minder dan 1300 m³/s wordt de afvoer van de Neder-Rijn gehandhaafd op 25 m³/s, waardoor de afvoer van de IJssel beneden de 285 m³/s komt.

Het aankoppelen van de zandwinplas aan de nevengeul heeft tot gevolg dat een groot stagnant systeem ontstaat waar benedenstrooms een nevengeul van slechts enkele honderden meters lang met relatief helder water uitstroomt. De plas is langgerekt en ligt parallel aan de IJssel.

De hoogteligging van het maaiveld is gemiddeld ongeveer 4,5 m +NAP. De gemiddelde laagwaterstand is ongeveer 0,75 m +NAP. Dit betekent dat de ontwerpdiepte van de nevengeul ongeveer 0,25 m -NAP is. De diepte van de nevengeul ten opzichte van het maaiveld is dan 4,75 meter. Bij gemiddelde rivierafvoer is het waterpeil ongeveer 2 m +NAP.



Figuur 5. De ligging van de Roetwaard, Fortmond en de Duursche Waarden.

Bij een gemiddelde rivierafvoer is het debiet van de nevengeul 3% van het totaal, ofwel 10 m³/s. Ervan uitgaande dat het natte profiel van de nevengeul dan 30 m² bedraagt, is de gemiddelde stroomsnelheid onder die omstandigheden ongeveer 0,3 m/s. De steile en flauwe oevers van de nevengeul hebben een helling van 1:5 respectievelijk 1:10. De minimale breedte van de nevengeul bij bankfull-afvoer bedraagt ongeveer 70 meter.

De gemiddelde stroomsnelheid in de nevengeul bij gemiddelde rivierafvoer kan worden vergroot door de nevengeul minder breed te maken en/of door de nevengeul te verontdiepen. In het laatste geval zal de bedding van de nevengeul bij lage afvoeren van de IJssel (langdurig) droogvallen.

Ten behoeve van de scheepvaart wordt bij een afvoer van de IJssel van <285 m³/s, het rivierwater geheel via de hoofdgeul afgevoerd. Daardoor is het meestromend karakter van de nevengeul beperkt tot ongeveer 250 dagen per jaar.

Door de aanwezigheid van de grote zandwinplas aan het begin van de nevengeul zal daar een aanzienlijk deel van het meegevoerde sediment bezinken, omdat de stroomsnelheid sterk

wordt gereduceerd. Door de bezinking van het meegevoerde sediment zal het uitstromende water helder zijn, maar een uitschurende werking hebben op het deel van de geul benedenstrooms van de plas.

De bodemsamenstelling wijkt enigszins af van die langs de Waal. Een deel van de Roetwaard bezit matig fijn zand (duinvaaggrond) en een deel bevat lichte zavel (ooivaaggrond) (Steur e.a., 1985).

2.5 Abiotische karakteristieken van de nevengeultypen

2.5.1 Type Heesselt

Morfologie

De nevengeul in de Heesseltsche Uiterwaarden bestaat uit een nieuw te graven geul. Hierdoor is de morfologie van deze geul over de gehele lengte nagenoeg gelijk zijn, namelijk een asymmetrisch driehoekig profiel met flauwe binnenbocht en steile buitenbocht. Afhankelijk van de verdere ontwerp-ideeën en de veldsituatie van de nevengeul zal er meer of minder variatie in de morfologie plaatsvinden. Flauwe oevers met een hellingshoek van 1:30 zijn niet realiseerbaar bij de gehanteerde ontwerpuitsgangspunten ten aanzien van debiet, stroomsnelheid en waterdiepte.

Ter voorkoming van rivierkundige problemen wordt door Rijkswaterstaat overwogen het doorstroomprofiel van de nevengeul te verkleinen en de geul min of meer te fixeren door de oevers te voorzien van palenrijen of wilgenaanplant, loodrecht op de stroomrichting. Deze houten kribben zullen uiteindelijk verweren en vervangen worden door natuurlijke oevervegetaties. De omkade delen van de uiterwaard zijn momenteel weinig reliëfrijk als gevolg van de vergravingen in het recente verleden.

Hydrodynamiek

Het stromingspatroon is afhankelijk van de vorm van de geul. In de bochten zal er een duidelijk verschil zijn tussen de stroomsnelheid in de binnen- en in de buitenbocht. Hier, in de bochten, zullen door fysische processen als erosie en sedimentatie verschillende milieuomstandigheden worden gecreëerd.

Door het aanleggen van drempels bij de in- en uitstroomopening van de nevengeul kan de minimale waterdiepte worden gehandhaafd op 1 meter. Bij lage afvoeren van de Waal zal dus het water in de nevengeul stagneren. Dit zal gemiddeld niet meer dan 15 dagen per jaar zijn.

In de zomermaanden fluctueert het waterpeil van 0,95 m +NAP tot 5,3 m +NAP, het gemiddelde maximale zomerpeil. In dit rapport is het gemiddelde maximale zomerpeil gedefinieerd als het waterpeil dat gemiddeld 20 dagen per jaar wordt overschreden is in deze studie gehanteerd als het gemiddelde maximale zomerpeil. In de zomermaanden wordt een

dergelijke waterstand gemiddeld 1-2 dagen overschreden. Door de aanwezige drempels zal de geul zeer zelden droog komt te staan.

Waterkwaliteit

De waterkwaliteit zal over de gehele lengte van de nevengeul niet verschillen. Aangezien de geul alleen vanuit de Waal wordt gevoed zal de samenstelling gelijk zijn aan de samenstelling van het Waalwater. De korte periode waarin de nevengeul niet in direct contact staat met de rivier zal geen invloed hebben op de waterkwaliteit.

Waterbodem

De bodem van de nevengeul zal zandig zijn. Aangezien de stroomsnelheid over het grootste gedeelte van het jaar relatief hoog is, zal er weinig sedimentatie in de nevengeul plaatsvinden, met uitzondering van de binnenbochten (stroomluw). Het sediment zal voor een groot gedeelte uit slibdeeltjes bestaan die door de Waal worden aangevoerd. De actuele slibkwaliteit vormt mogelijk een knelpunt voor ecologisch herstel.

2.5.2 Type Druten

Morfologie

De nevengeul bij Druten bestaat uit een aaneenschakeling van bestaande tichelgaten en zandwinplassen. De tichelgaten vormen samen ongeveer 20 % van de lengte van de nevengeul. De morfologie van deze geul zal daarom over de gehele lengte sterk verschillen. Ter plaatse van de zandwinplassen zal de geul een grote diepte en steile oevers hebben. Bij de tichelgaten zal de diepte ongeveer overeenkomen met de ontwerpdiepte van de nevengeul. De oevers zijn in het algemeen steil. Daar waar trajecten van de nevengeul worden gegraven zal de nevengeul ook glooiende oevers hebben.

Hydrodynamiek

De hydrodynamiek in de nevengeul zal in belangrijke mate worden bepaald door de hoogte van de drempels die bij de in- en uitstroomopening van de nevengeul worden gesitueerd. Dergelijke maatregelen zijn noodzakelijk om enerzijds de Waal ook bij lage afvoeren voldoende water te blijven voeren en anderzijds de aanzanding in de hoofdgeul te beperken. De volgende situaties zijn denkbaar. De drempelhoogte is zodanig dat het meestromend karakter van de nevengeul zo min mogelijk wordt aangetast. De Haas (1991) hanteert als richtlijn dat de nevengeul minimaal 350 dagen per jaar meestromend is. Een dergelijke situatie leidt tot een sterke aanzanding van de hoofdgeul.

De drempelhoogte is zodanig dat de hydraulische en morfologische veranderingen in de hoofdgeul zo gering mogelijk zijn. Dit zal het geval zijn wanneer de drempelhoogte overeenkomt met de maaiveldhoogte. Hierdoor zal de nevengeul gemiddeld slechts 50 dagen per jaar meestromend zijn.

(a) lage drempel

In de nevengeul zullen grote verschillen in stroomsnelheid optreden. De stroomsnelheid zal in de nevengeul sterk verschillen van die in de oude tichelgaten en zandwinplassen. In de diepe zandwinplassen die in de benedenloop van de geul zijn gesitueerd, zal de stroomsnelheid gering (0,1 m/s) zijn.

In de zomermaanden fluctueert het waterpeil van 3,65 m +NAP tot 8,6 m +NAP. De amplitude van de peilfluctuaties in de zomermaanden is dan ongeveer 5,0 meter.

De nevengeul staat gemiddeld ongeveer 15 dagen niet in direct contact met de rivier. Het water in de nevengeul is dan stagnant.

(b) hoge drempel

In de zomermaanden staat de nevengeul onregelmatig in direct contact met de rivier (in totaal gemiddeld 10-15 dagen). In de zomermaanden treedt er in de nevengeul langdurig geen stroming op. De laagste waterstanden in de nevengeul zullen worden bereikt in droge zomers. Grote delen van de nevengeul kunnen dan droogvallen. De hydrodynamiek van de nevengeul zal in grote lijnen overeenkomen met die van de oude rivierlopen in bekade uiterwaarden. In vergelijking met de huidige hydrodynamische omstandigheden met de in de uiterwaard aanwezige kleiputten kan worden gesteld dat de hydrodynamiek bij aanleg van nevengeul met hoge drempel in beperkte mate zal toenemen.

Waterkwaliteit

(a) lage drempel

Door het meestromend karakter van de nevengeul komt de waterkwaliteit in de nevengeul overeen met die van de hoofdgeul. De verschillen in de waterkwaliteit tussen de nevengeul en de aangetakte kleiputten en zandwinplassen zijn vermoedelijk gering.

In de zandwinplassen en ook in de tichelgaten zal sedimentatie van zand en silt optreden. Het water in de zandwinplassen en kleiputten zal hierdoor een groter doorzicht hebben dan in de nevengeul. Veranderingen in de waterkwaliteit in de zandwinplas worden niet verwacht, daar de plas reeds in open verbinding staat met de rivier.

(b) hoge drempel

Er zullen verschillen optreden tussen de waterkwaliteit in de nevengeul en de rivier, wanneer de nevengeul niet in directe verbinding staat met de rivier. De waterkwaliteit zal overeenkomsten vertonen met die van oude rivierlopen en kleiputten in bekade uiterwaarden.

Waterbodem

De nevengeul zal een zandige bodem hebben. In stroomluwe delen worden slibdeeltjes afgezet. Bij een hoge drempel kan sedimentatie van slibdeeltjes

2.5.3. Type Roetwaard

Morfologie

De nevengeul in de Roetwaard zal voor een groot deel bestaan uit restanten van een oude loop en een grote, diepe zandwinplas die met een gegraven geul aan de IJssel worden gekoppeld. De plas is bijna 1 km lang en 300 m breed. De oude geulen moeten worden verdiept tot de ontwerpdiepte.

Hydrodynamiek

Bij een gemiddelde rivierafvoer is de gemiddelde stroomsnelheid in de nevengeul 0,3 m/s, echter ter plaatse van de zandwinplas is de gemiddelde stroomsnelheid <0,1 m/s. Als gevolg van de drempels staat de nevengeul gemiddeld niet meer dan 250 dagen per jaar in direct contact met de rivier. De maximale amplitude van de peilfluctuaties in de zomermaanden is ongeveer 2,5-3,0 meter.

Watersamenstelling

De samenstelling van het water in de geul bovenstrooms van deze plas (de aansluiting met de IJssel) zal verschillen gaan vertonen met het water in de geul benedenstrooms van de plas. Het bovenstroomse deel bevat IJsselwater, het benedenstroomse deel bevat een combinatie van water uit de zandwinplas en water uit de IJssel. Het water in de zandwinplas is van betere kwaliteit dan het IJsselwater, vanwege kwelinvloeden.

Waterbodem

Slibdeeltjes zullen door de geringe stroomsnelheid in de zandwinplas bezinken en erosie zal mogelijk plaatsvinden in de geul stroomafwaarts van de plas.

2.5.4 De hydrologische en morfologische kenmerken van de nevengeultypen

De hydrologische en morfologische kenmerken van de nevengeulen die in de drie voorbeeldsituaties zijn uitgewerkt, zijn in tabel 1 samengevat. In bijlage 1 zijn ontwerp-dwarsprofielen van de nevengeulen opgenomen.

De nevengeulontwerpen zoals die voor de voorbeeldlocaties zijn uitgewerkt, verschillen op een aantal punten met de ontwerprichtlijnen zoals in § 2.1. beschreven. Van de drie voorbeeldlocaties betreft slechts één uiterwaard waar de nevengeul min of meer in de buitenbocht van de rivier worden geprojecteerd, namelijk in de Heesseltsche Uiterwaarden. Om rivierkundige redenen is het eveneens niet altijd mogelijk het meestromend karakter van de nevengeulen te optimaliseren. De nevengeul in de Roetwaard staat 100 dagen niet in direct contact met de rivier en bij Afferdensche en Deestsche Waarden zal bij een hoge drempel de nevengeul slechts 50 dagen per meestromend zijn.

Tabel 1. Abiotische inrichtingskarakteristieken van de nevengeulen in de drie voorbeeldlokalities. Bij voorbeeldlocatie Druten is onderscheid gemaakt in nevengeul met lage drempel (a) en hoge drempel (b).

milieukenmerken	voorbeeldlocatie Heesseltsche Waarden	voorbeeldlocatie bij Druten	voorbeeldlocatie Roetwaard
hoofdstroom	Waal	Waal	IJssel
lengte nevengeul	2500 m	3000 m	1500 m
breedte nevengeul (bankfull)	80 m	85 m	70 m
ontwerpdiepte	0,05 m -NAP	2,65 m +NAP	0,25 m -NAP
drempelhoogte	0,95 m +NAP	(a) 3,65 m +NAP (b) 7,50 m +NAP	1,45 m +NAP
maaveldhoogte	4,0-4,5 m +NAP	7,5 m +NAP	4,5 m +NAP
ontwerpdiepte t.o.v. maaveldhoogte	4,0-4,5 m +NAP	5,0 m +NAP	4,75 m +NAP
inundatieduur maaiveld	40-60 dagen/jaar	50 dagen/jaar	5 dagen/jaar
instroomlocatie t.o.v. hoofdgeul	eind binnenbocht	min of meer recht traject	begin binnenbocht
aantakking zandwinplassen	nee	benedenloop	middenloop
aantakking kleiputten	nee	bovenloop	nee
aankoppelen oude geulen	nee	nee	ja
grootte eiland	40-50 ha	75 ha	15 ha
debiet nevengeul bij gemiddelde rivierafvoer	50 m ³ /s	(a) 50 m ³ /s (b) geen	10 m ³ /s
gemiddelde stroomsnelheid in nevengeul bij gemiddelde rivierafvoer	0,5 m/s	(a) 0,5 m/s (b) <0,1 m/s	0,3 m/s
overschrijdingsduur drempelhoogte	350 dagen/jaar	(a) 350 dagen/jaar (b) 50 dagen/jaar	250 dagen/jaar
gem. waterdiepte	3,2 meter	(a) 3,5 meter (b) 3-4 meter	2,1 meter
peildynamiek zomer	4,5 meter	(a) 5 meter (b) >1 meter	2,2-3,0 meter
peildynamiek jaar	6,2 meter	(a) 6,7 meter (b) >2,7 meter	3,4-4,2 meter
oeverhelling	1:5 en 1:12	1:5 en 1:10	1:5 en 1:10

Gezien gehanteerde ontwerprichtlijnen ten aanzien van het debiet (3% van het totaal) en de gemiddelde stroomsnelheid (0,5 m/s) bij een gemiddelde afvoer en de ontwerpdiepte zijn taludhellingen van 1:30 in de voorbeeldlocaties niet realiseerbaar.

2.6 De ecologische uitgangssituatie

2.6.1 Algemeen

De vegetatie in de uiterwaarden wordt voor een belangrijk deel bepaald door de rivierdynamiek. Daarnaast zijn andere factoren, zoals beheer, bodemsamenstelling en waterkwaliteit, mede van belang. In verschillende studies zijn de vegetatie-ontwikkeling in de uiterwaarden beschreven. Onder natuurlijke omstandigheden kan globaal de volgende vegetatiezonering in de uiterwaarden worden onderscheiden. Op de rivierstranden van de bovenrivier komen pioniervegetaties tot ontwikkeling en de hogere delen van de oever zijn begroeid met wilgen- en populierenbossen. In de benedenrivier waar het oevermilieu minder dynamisch van karakter is, zijn de lage oevers begroeid met biez en riet en de hogere delen met wilgenvloedbos.

De hoge delen van de oeverwallen en rivierduinen zijn begroeid met essen-icpenbossen. Bij begrazing en hooilandbeheer komen op deze delen soortenrijke graslandvegetaties met droge stroomdalplanten tot ontwikkeling. In de lage delen van de uiterwaarden wordt het beeld bepaald door rietlanden. De oevers van nevengeulen en oude meanders zijn begroeid met moeras en wilgenstruweel. In stroomluwe delen van de nevengeulen en in de oude meanders groeien waterplanten, zoals fonteinkruident en watergentiaan. In oude rivierlopen die weinig worden beïnvloed door rivierwater treedt verlanding op.

Door de grote variatie aan milieu-omstandigheden en vegetatiestructuren bieden de uiterwaarden een grote verscheidenheid aan diersoorten.

De uiterwaarden zijn veelal sterk vergraven ten behoeve van zand- en kleiwinning. Hierdoor zijn veel tichelgatcomplexen en zandwinputten aanwezig. Veel uiterwaarden bestaan grotendeels uit soortenarme graslanden als gevolg van het intensieve agrarisch gebruik. Soortenrijke stroomdalvegetaties zijn veelal beperkt tot de bandijken. Hardhoutooibossen zijn slechts fragmentarisch aanwezig. In de kleiputten en oude rivierlopen die in de bekaide uiterwaarden zijn gelegen, zijn water- en moerasvegetaties tot ontwikkeling gekomen en de oevers zijn begroeid met riet of wilgen. De verlande kleiputten en strangen vormen habitat voor ondermeer moerasvogels en amfibieën.

2.6.2 De Heesseltsche Uiterwaarden

De Heesseltsche uiterwaarden bestaan grotendeels uit graslanden, die (intensief) worden beweide. De actuele natuurwaarden zijn vooral beperkt tot de kleiputten die omringd worden door wilgenstruwelen en moerasvegetaties. In de kleiputten broeden water- en moerasvogels, ondermeer roerdomp (nog ?), slobcend, waterral, porseleinhoen en kleine karekiet. Van de uiterwaarden langs de Waal benedenstrooms van Tiel behoren de Heesseltsche Uiterwaarden tot de beste weidevogelgebieden (Drok, 1988), met soorten als grutto, tureluur en watersnip. Door de zomerkaden staat het binnenkaadse deel gemiddeld slechts 5 dagen per jaar in direct contact met de rivier. Door het aanleggen van een nevengeul zal de uiterwaard gemiddeld 50 dagen per jaar worden overstroomd door rivierwater.

Ook de kleiputten zullen frequenter en langer in direct contact staan met de rivier, hetgeen tot veranderingen in de water- en moerasvegetatie en in de fauna zal leiden. Zo is te verwachten dat moerasvogels van verlandingsmoerassen achteruit zullen gaan of verdwijnen.

2.6.3 De Afferdensche en Deestsche Waarden

In het oostelijk deel van de Afferdensche en Deestsche Waarden ligt een tichelgatcomplex. Een groot deel van het tichelgatcomplex ligt in het omkade deel van de uiterwaard en wordt momenteel slechts incidenteel door zomerhoogwaters geïnundeerd. De kleiputten worden omgeven door wilgenbossen en -struwelen en moeraszomen. In de kleiputten komen watervegetaties met gele plomp en kikkerbeet tot ontwikkeling. Langs de bandijk liggen restanten van een oude rivierloop en voor de dijkversterking gegraven rabatten. Door de aanleg van de nieuwe bandijk komt dit gebied grotendeels binnendijks te liggen. Het westelijk deel van de uiterwaard is sterk vergraven. De zandwinplassen staan voor een deel in open verbinding met de rivier. In de uiterwaard liggen tal van hagen, waarin ondermeer de braamsluiper en steenuil broeden. In de kleiputcomplexen en moerasvegetaties broeden ondermeer fuut, roerdomp, woudaapje (nog ?), duikeenden, ralschieten, rietzanger en karekieten.

Het vergroten van de rivierdynamiek in de kleiputten zal tot gevolg hebben voor de thans aanwezige flora en fauna, die gekenmerkt wordt door soorten van laag hydrodynamische milieus (Duel, 1991). De watervegetatie zal door de verhoging van de hydrodynamiek veranderen in een vegetatie waarin watergentiaan en glanzig fonteinkruid domineren. Het planktonlevensgemeenschap zal bij de huidige rivierwaterkwaliteit veranderen van het type *Scenedesmus quadricauda*-*Ceriodaphnia pulchella* in het type *Aphanizomenon flos-aquae*-*Cyclops strenuus* (Van den Brink, 1990). Het eerste type bestaat uit planktonsoorten die kenmerkend zijn voor wateren met geringe diepte, veel waterplanten en een organische bodem. Het laatste type wordt gekenmerkt door dominantie van de blauwwieren *Aphanizomenon flos-aquae* en *Microcystis aeruginosa*.

De macrofauna-levensgemeenschap in de kleiputten kan in de huidige situatie worden getypeerd als *Helobdella stagnalis-Valvata cristata*-type. Bij het vergroten van de rivierinvloed zal de macrofauna-samenstelling veranderen; de macrofauna-levensgemeenschap die dan tot ontwikkeling komt, kan worden gerekend tot het type *Pisidium supinum-Physella acuta*-type, een levensgemeenschap van soorten van langzaamstromende delen van grote rivieren en daarmee in verbinding staande wateren (Van den Brink, 1990).

Evenals bij de Heesseltsche Uiterwaarden zullen de moerasvogels van verlandingsmoerassen (roerdomp, woudaapje, karekieten), als gevolg van de verhoogde hydrodynamiek inde uiterwaarden, achteruit gaan of verdwijnen.

2.6.4 De Roetwaard

De Roetwaard bij de Duursche Waarden en Fortmond bestaat voor een groot deel uit een grote zandwinplas. Natuurwaarden aan dit gebied betreffen de stroomdalvegetaties op de bandijk en de moerasvegetaties in de oude rivierloop, waarin ondermeer kleine karekieten broeden (Gerritsen e.a., 1985). De zandwinplas vormt een pleisterplaats voor (overwinterende) watervogels en ganzen.

Door de hoge ligging van de uiterwaard worden de aanwezige graslanden weinig overstroomd door rivierwater. Het aanleggen van nevengeul zal hierin weinig verandering in brengen.

De restanten van de oude rivierlopen staan als gevolg van de hoge ligging van de uiterwaarden eveneens weinig in contact met de rivier, waardoor verlandingsvegetaties zich hebben kunnen ontwikkelen. Bij aanleg van de nevengeul zullen deze vegetaties grotendeels verdwijnen en plaats maken voor moerasvegetaties van meer rivierdynamische milieus.

In de zandwinplas zullen door het vergroten van de rivierinvloed plankton- en macrofaunasoorten van zeer voedselrijke en hydrodynamische wateren domineren.

3

Ecologische ontwikkelingsrichtingen

3.1 Inleiding

In dit hoofdstuk worden globaal de ecologische ontwikkelingsrichtingen van de drie in hoofdstuk 2 onderscheiden nevengeultypen beschreven. De uiteindelijke ontwikkeling van vegetatietypen en faunalevensgemeenschappen wordt in belangrijke mate bepaald door de hydro- en morfodynamiek in de nevengeul, de waterkwaliteit en het beheer. De hydrodynamiek heeft betrekking op de temporele wisselingen in het debiet van de nevengeul, en hierdoor ook op de veranderingen in het waterpeil en stroomsnelheid. De morfodynamiek heeft betrekking op de temporele wisselingen in het sedimenttransport door het water, en hangt dus sterk samen met de hydrodynamiek.

Een van de voordelen van een nevengeul ten opzichte van de hoofdrivier is dat er minder stringente randvoorwaarden worden opgelegd aan de ecologische ontwikkelingsmogelijkheden. Er is geen sprake van een verstorende werking van langs varende schepen (met uitzondering van de delen bij de in- en uitstroomopening), de oever van de nevengeul behoeft niet met kribben of stortsteen te worden vastgelegd en een zekere eroderende werking is toelaatbaar, echter de speelruimte voor erosieprocessen is gering. De optimale toestand heeft dan ook niet enkel betrekking op de abiotische patronen en daaraan gekoppelde levensgemeenschappen: ze is veel dynamischer van karakter. Om de gedachten te bepalen wordt hieronder voor de drie nevengeultypen getracht de ontwikkelingsmogelijkheden te schetsen.

Als eerste type wordt de volledig nieuw te graven nevengeul behandeld zonder aantakking van kleiputten, zandwinplassen of oude rivierlopen. Bij dit type zijn de meeste vrijheidsgraden in de inrichting aanwezig. Vervolgens wordt voor het aantakken van een of enkele kleiputten danwel oude rivierloop het optimum beeld geschetst, omdat het tracé van de nevengeul hierbij al enigszins vastligt. Als laatste komt de aantakking van een diepe zandwinplas aan bod, waar bij de realisatie de meeste concessies aan de optimale milieu-omstandigheden moeten worden gedaan. Er zal worden ingegaan op de landschappelijke situering, de functie van de nevengeul voor het riviersysteem en de intrinsieke waarden die ontwikkeld kunnen worden.

3.2 Optimale ontwikkelingsrichting van een gegraven nevengeul

Het ontwerp en de inrichting van de nevengeul vormen een onderdeel van een landschapsplan voor de gehele uiterwaard of van meerdere uiterwaarden, omdat de hydrologische en ecologische veranderingen bij het aanleggen van een nevengeul niet tot dit systeem beperkt blijven. Afhankelijk van de gewenste ecologische ontwikkelingen in de uiterwaard loopt de nevengeul langs hooilanden, moerassen, ruigtes, struwelen, ooibossen en/of hakhoutpercelen. De nevengeul omsluit een ontoegankelijk eiland waarin vegetatiekundige successiereksen elkaar kunnen opvolgen met ooibossen als eindresultaat. Deze bossen vormen een goed habitat vormt voor visetende vogelsoorten van rivierbegeleidende bossen zoals visarend, aalscholver, kwak en blauwe reiger. De lengte van de nevengeul wordt mede bepaald door het vereiste ruimtebeslag van de gewenste ecologische ontwikkeling op het eiland (minimum-areaal).

De nevengeul kan wat betreft de optimale ontwikkelingsrichting worden vergeleken met andere plaatsen van de grote rivieren waar het water over een vaste bodem stroomt: het karakter van zowel de barbeelzone en de laaglandrivier. Een vergelijking kan deels worden ontleend aan het middenstrooms deel van de rivier, waar accumulatie- en erosieprocessen elkaar afwisselen en op termijn in een dynamisch evenwicht verkeren.

Op de aanwezige ondieptes (zandplaten) waar nog voldoende licht doordringt komen bentische algen tot ontwikkeling, die een voedselbron vormen voor ondermeer zandbewonende vedermuglarven.

Waterplanten komen vooral in de stroomluwe delen tot ontwikkeling. Soorten die kunnen worden aangetroffen zijn ondermeer rivierfonteinruid, schedefonteinruid en doorgroeid fonteinruid. Langs de oevers groeien ondermeer pijlkruid, zwanebloem, kleine egelskop, gele waterkers en rietgras. Wilgenstruwelen en rietlanden begeleiden de nevengeulen. De wilgenstruwelen en rietlanden staan als gevolg van de peilfluctuaties regelmatig in het water. Op de in de zomermaanden droogvallende zandstranden komen pioniervegetaties tot ontwikkeling.

In de nevengeul wordt de macrofauna gekenmerkt door rheofiele soorten. In en op de stenen leven ondermeer larven van verschillende soorten steenvliegen, kokerjuffers en eendagsvliegen. De steile oevers in de buitenbocht zijn over grote lengten ingesneden in het kleidek van de uiterwaard en een geringe mate van geulverlegging is toegestaan. In de steile onderwatertaluds kunnen zich kolonies van de eendagsvlieg oeveraas vestigen. Door Klink (1991) zijn de volgende macrofauna-habitats van nevengeulsystemen onderscheiden:

- (a) snaghabitat: dit habitatype wordt gevormd door de in en op het water aanwezige levend en dood hout, afkomstig van de nevengeulbegeleidende ooibossen (karakteristieke bewoners onder andere kriebelmuggen en de muggelarve *Symposiocladius lignicola*;
- (b) zandbanken: dit habitatype wordt gekenmerkt door primaire produktie van bentische algen, met name kiezelwieren, met als karakteristieke bewoner onder andere de muggelarve *Lipiniella arenicola*;

- (c) vegetatie: in de ondiepe, stroomluwe delen van de nevengeul komen water- en oevervegetaties tot ontwikkeling, waarin ondermeer de eendagsvlieg *Potamanthus lutues* zich thuis voelt;
- (d) de kleibanken, met als zeer karakteristieke soort de oeveraas
- (e) schuivend zand: dit habitatype betreft de bodem van de stroomdraad van de nevengeul, met karakteristieke soorten de kleine rheofiele en psammofiele muggelarven alsook de eendagsvlieg *Ephoron virgo*.

Voor rheofiele vissoorten is de nevengeul van betekenis als paaihabitat, opgroei gebied voor jonge vissen en/of voedselgebied, met name de stroomluwe delen met water- en oevervegetaties. De nevengeul kan deels worden ingericht met een grindbedding. De nevengeul vormt dan een vervangingshabitat voor delen van het riviersysteem met grindbodems die verloren zijn gegaan ("barbeelhabitat"). Door de vrijwel continu optredende hoge stroomsnelheden wordt dichtslibbing van de grindbedding voorkomen. Ook verschillende rheofiele macrofaunasoorten zijn aan grindbodems gebonden, onder andere steenvliegen, kokerjuffers en de waterwants *Aphelocheirus aestivalis*.

Om de habitatfunctie voor macrofauna en de kraamkamerfunctie voor riviervissen te versterken worden de in het water vallende takken en bomen niet verwijderd (paaisubstraat voor bijv. de baars).

Op de flauwe oevers van de nevengeul ontstaat in perioden met laag water een goed voedselhabitat voor steltlopers en oeverlopers. De zandstrandjes vormen broedhabitat voor visdieven en oeverlopers. In de steilranden vestigen zich ijsvogels en oeverzwaluwen.

3.3 Optimale ontwikkeling in een nevengeul met kleiputten

In dit type worden bestaande kleiputten aan de nevengeul geschakeld. Hierdoor ontstaat er meer ruimte voor stroomluwe habitats. De aanwezige dieptevariatie in de kleiputten komt tot uitdrukking komen in de vegetatiepatronen. Afhankelijk van de doorstroming bij hoog water is er in de kleiputten en in de stroomluwe delen van de nevengeul sprake van meer of mindere mate van verlanding (ontwikkeling van watervegetaties met watergentiaan en gele plomp). Als er initiële verlanding met watervegetatie optreedt, leveren de waterplanten steeds meer weerstand aan het doorstromende water. In zomerperioden met hoge afvoeren wordt het gehele proces van verlanding teruggedrukt naar de uitgangssituatie. Als gevolg van de hydrodynamiek komen vergevorderde verlandingsstadia zoals die in de afgesloten oude rivierlopen, zoals in de Kil van Hurwenen kunnen worden aangetroffen, niet tot ontwikkeling. Op de oevers van de kleiputten komen rietlanden en wilgenstruwelen tot ontwikkeling. Van de macrofauna profiteren vooral de soorten van de *Potamanthus lutues*-groep (zie § 3.2.2.) van de aanwezige water- en oevervegetaties in de kleiputten, het gaat hierbij om de rivierbewoners die beschutting zoeken tegen stroming alsook om soorten van stilstaand water, zoals tal van soorten kevers, wantsen, slakken en libellen. Met het aantakken van kleiputten

die omgeven zijn door ooibossen, zal ook meer hout in de nevengeulen te recht komen, waarvan soorten van het snag-habitat zullen profiteren.

Voor de riviervissen betekent het aantakken van de kleiputten meer mogelijkheden voor het paaien en opgroeien van jonge vis.

De vogelbevolking is kenmerkend voor de rustige delen van een benedenrivierengebied met moerasontwikkeling en vloedbossen. Vooral voor ralachtigen en kwakken is er een geschikt broed- en foerageerhabitat.

3.4 Optimale ontwikkeling in een nevengeul met zandwinplassen

Dit type verschilt met de vorige typen door de aanwezigheid van grote diepe wateren die in verbinding staan met de nevengeul. Als optimale ontwikkeling kan men ervan uit gaan dat de levensgemeenschappen die thans tot ontwikkeling komen in zandwinplassen die in open verbinding staan met de rivier. Als gevolg van de geringe stroomsnelheid is er sprake van een goede zoöplankton-productie waardoor het water een goede visstand kent van voornamelijk planktivore vissoorten en visbroed. Daarnaast wordt een enkele vissoort van het diepe zoete water als de kwabaal in de diepere delen aangetroffen. De visrijkdom van deze wateren trekt viseters als fuut, visdief, visarend, aalscholver en zaagbekken aan.

Verder fungeren de diepe zandwinplassen voor (overwinterende) watervogels als rustgebied.

De aan de nevengeul gekoppelde zandwinplas fungeert tevens als zandvang, waardoor benedenstrooms de nevengeul helder water bevat. Dit bevordert de ontwikkeling van benthische algen en waterplanten. Hiervan profiteren bepaalde soorten macrofauna en vissen.

4

De invloed van milieudynamiek en -kwaliteit op flora en fauna

4.1 Stroming

Rivieren worden in hydrologisch opzicht gekenmerkt door het feit dat het water constant in één bepaalde richting beweegt. Meren en plassen hebben deze waterbeweging niet. Ondiepe wateren zullen bij afwezigheid van waterbeweging verlanden. Dit proces verloopt via een aantal verlandingsstadia: via waterplanten, drijfstillen, moerassen naar moerasbossen, het natuurlijke eindstadium van de verlanding. In stromende wateren vindt geen verlanding plaats.

De stroomsnelheid in rivieren hangt ondermeer af van de rivierafvoer, de morfologie van de rivierbedding en het verhang. In rivieren is de stroomsnelheid geen constante factor: er treden grote verschillen op in ruimte en tijd. De veranderingen in de tijd zijn het gevolg van schommelingen in de afvoer.

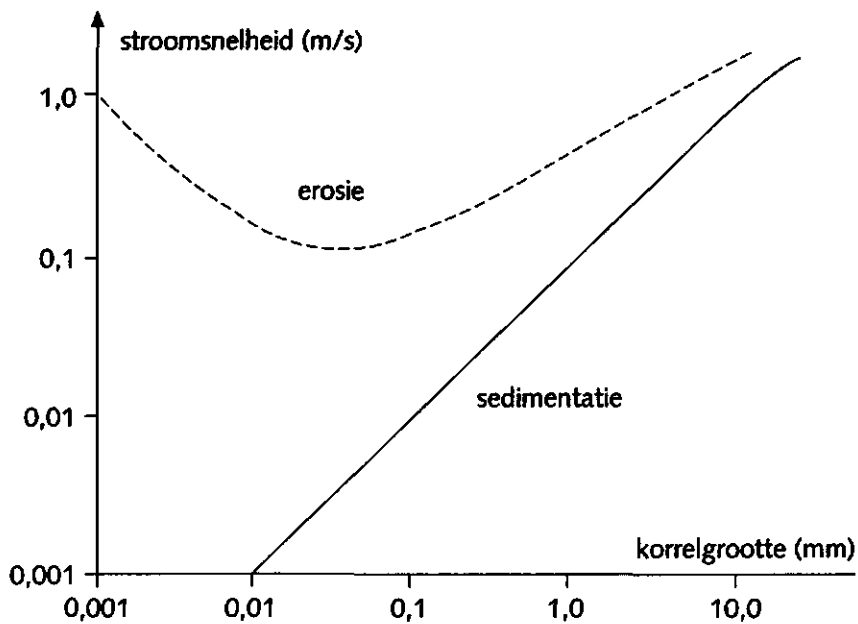
In een (snel)stromende rivieren zijn ook stroomluwe situaties aanwezig, zoals in inhammen en achter allerlei obstakels. In dergelijke stroomluwe milieus kunnen tal van aquatische diersoorten zich handhaven. Ook vlak boven de waterbodem is een dunne laag aanwezig, waarin de stroomsnelheid relatief gering is. Verschillende macrofaunasoorten hebben zich aan een dergelijk milieu aangepast.

De fluctuaties in stroomsnelheid hangen samen met de veranderingen in de afvoer (zie bijlage 2). Bij een gemiddelde afvoer is de gemiddelde stroomsnelheid van de Rijn bij Lobith 1 m/s. Langs de Waal neemt de stroomsnelheid stroomafwaarts slechts weinig af. Benedenstrooms van Gorinchem wordt de rivier breder en neemt de gemiddelde stroomsnelheid af. Langs de IJssel neemt de gemiddelde stroomsnelheid stroomafwaarts geleidelijk af tot ongeveer 0,5 m/s bij Kampen.

Erosie- en sedimentatieprocessen worden gestuurd door de stroomsnelheid van de rivier. Bij stroomsnelheden van meer dan 20 cm/s kan erosie van de rivierbedding plaatsvinden, afhankelijk van substraat (figuur 6). Sedimentatie van klei- en siltdeeltjes vindt plaats bij zeer lage stroomsnelheden. Doordat het stromende water allerlei bodemdeeltjes met zich meevoert, is het doorzicht gering. Door de CUWVO (1988) is het natuurlijk doorzicht van rivieren geschat op 50-75 cm. In stagnante wateren is het doorzicht groter, indien er geen overmatige fytoplanktonproductie of bodemomwoeling plaatsvindt.

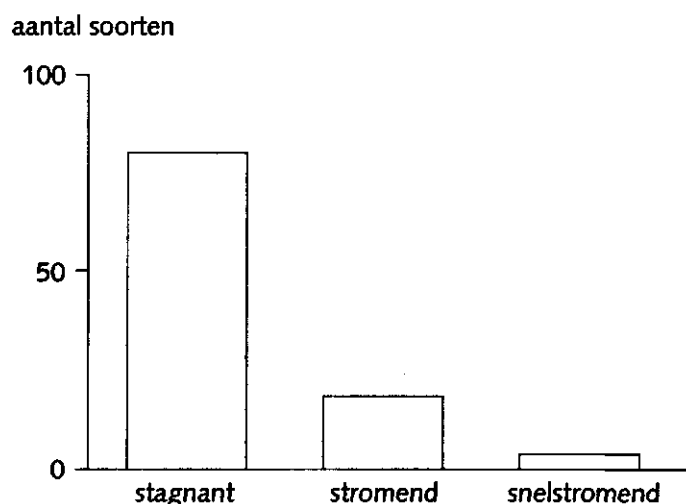
Fyto- en zoöplankton hebben een bepaalde tijd nodig om tot ontwikkeling te kunnen komen. Gezien de stroomsnelheden in de grote rivieren vindt de ontwikkeling van een plankton-gemeenschap voornamelijk in de benedenloop plaats. In Nederland zijn er goede ontwikkelingsmogelijkheden voor fytoplankton in de Rijn, Waal en IJssel, echter voor zoöplankton is de verblijftijd van het water te kort voor goede ontwikkelingsmogelijkheden

(Van Dessel, 1989). De fytoplanktonproductie in de benedenloop van de Rijn kan zo groot, dat de zuurstofhuishouding duidelijk hierdoor wordt beïnvloed (Van Urk, 1984).



Figuur 6. De invloed van stroomsnelheid en korrelgrootte op sedimentatie, transport en erosie van riviersediment.

Van de hogere waterplanten zijn slechts weinig soorten aangepast aan stroming, zoals dit in figuur 7 is weergegeven. Om zich in stromende wateren te kunnen handhaven kenmerken deze soorten waterplanten zich door een goed ontwikkeld wortelstelsel voor een stevige verankering in de rivierbodem, een gestroomlijnd uiterlijk (lange smalle bladeren, weinig vertakt) ten einde de weerstand te minimaliseren en door weinig steunweefsel waardoor ze zeer flexibel zijn en niet snel afbreken (Hynes, 1970; Verdonchot e.a., 1992). In tabel 2 staat voor enkele soorten weergegeven bij welke stroomsnelheden ze in rivieren zijn aangetroffen. Door Vanhemelrijk (1991) wordt gesteld dat voor veel soorten waterplanten de trekbestendigheid als gevolg van stroming groter is dan de erosiegevoeligheid van het substraat waarin ze wortelen.



Figuur 7. Aantal soorten waterplanten van stagnante ($<0,1$ m/s), stromende ($0,1-1,0$ m/s) en snelstromende wateren ($>0,8$ m/s) wateren (naar gegevens van Verdonschot e.a., 1992).

De stroomsnelheid is één van de belangrijkste milieufactoren voor macrofauna en visfauna. Het gaat hierbij niet alleen om de directe invloed van stroming op deze aquatische soorten, maar ook om de invloed via andere door de stroomsnelheid beïnvloede milieufactoren als bodemstructuur, sedimentsamenstelling, zuurstofgehalte en transport van nutriënten en voedsel.

Stroming is een factor die de aquatische organismen enerzijds continu van voldoende zuurstof en voedsel voorziet, anderzijds wordt continu een beroep gedaan op het vermogen de energie (waarvoor zuurstof en voedsel nodig is) te leveren om niet weg te spoelen uit zijn habitat (Verdonschot e.a., 1992). Sessiele soorten verbruiken weinig energie om de stroming te trotseren, omdat ze vast zitten aan het substraat. Veel vrijlevende soorten in rivieren vertonen aanpassingen om het energieverbruik te verlagen.

Bij de in rivieren levende macrofauna zijn diverse aanpassingen aan stroming gesignaleerd ten einde continue drift (wegspoelen) te voorkomen. Morfologische aanpassingen kunnen leiden tot een lagere weerstand (afplating van het lichaam, stroomlijning door reductie uitsteeksels, kleine afmetingen), een stevige verankering aan de rivierbedding (zuignappen, grijporganen, draderige of kleverige excreties) of verzwaring (grote, zware schelpen).

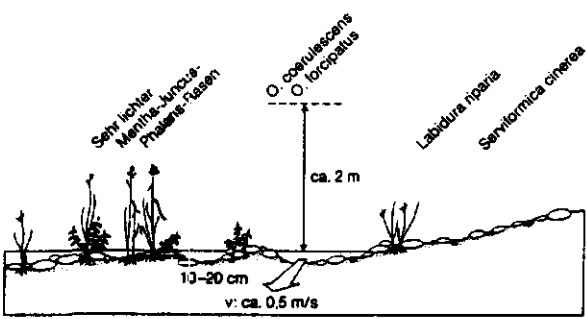
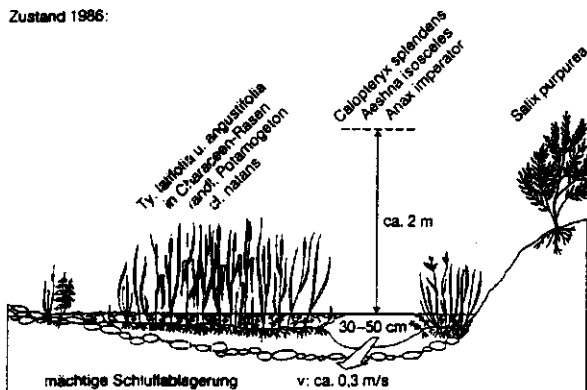
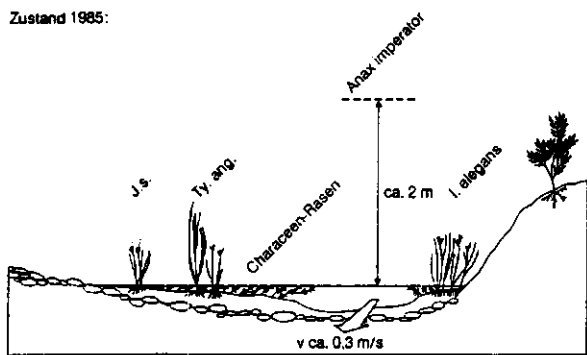
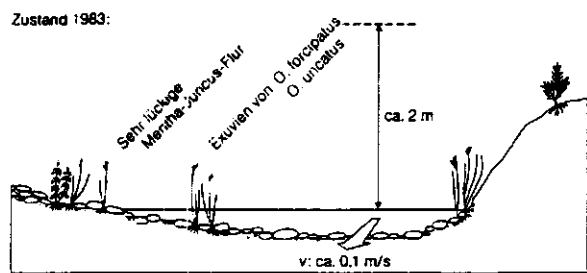
Wegspoelen kan ook worden voorkomen door zich op te houden achter, onder en tussen stenen, in de laminaire grenslaag water-bodem, in de rivierbodem, op en tussen waterplanten of in stroomluwe delen van de rivier (Hynes, 1970; Van Dessel, 1989; Verdonschot e.a., 1992).

Tabel 2. Het voorkomen van verschillende soorten waterplanten in stromende wateren aan de hand van gegevens uit ondermeer Hynes (1970), Van Viersen en Wind (1990) en Vanhemelrijk (1991)

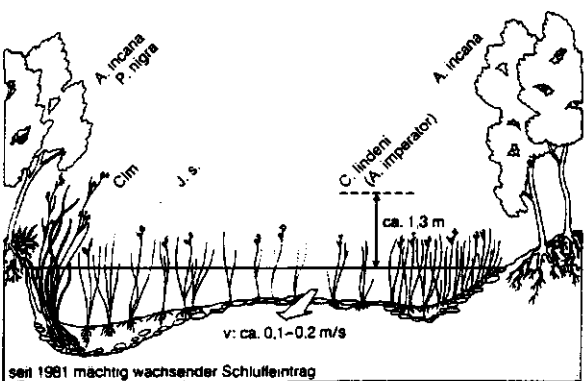
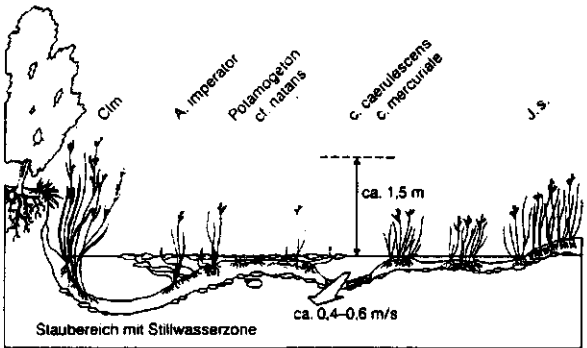
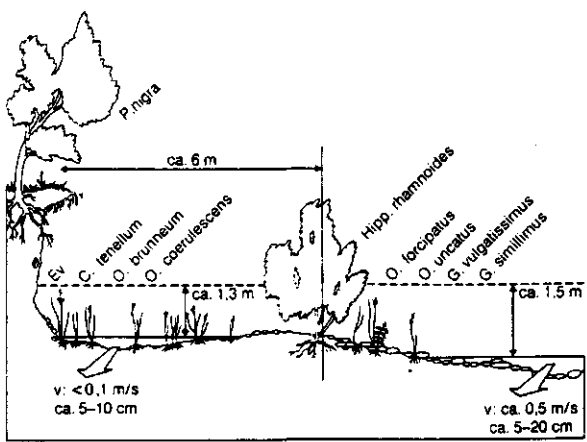
soort waterplant	gemiddelde stroomsnelheid (cm/s)
Rivierfonteinkruid	30 - 70
Schedefonteinkruid	< 50
Gekroesd fonteinkruid	< 50
Glanzig fonteinkruid	< 30
Drijvend fonteinkruid	< 30
Vlootende waterranonkel	30 - 90
Aarvederkruid	< 50
Kransvederkruid	< 50
Brede waterpest	< 30
Pijlkruid	< 50
Gele plomp	< 30

De mate waarin macro-faunasoorten zijn aangepast aan stroomsnelheid, verschilt per soort, hetgeen leidt tot een zonering van macro-faunalevensgemeenschappen langs de rivier. Ook milieufactoren als substraat en zuurstofgehalte zijn hierbij van belang. De invloed van stroming in samenhang met vegetatie op libellensoorten wordt geïllustreerd in figuur 8. Indien er massale drift van macrofauna in de rivier optreedt kan herstel van de populatie in bovenstroomse delen plaatsvinden via migratie vanuit zijrivieren en beken en door stroomopwaartse migratie ondermeer via vlucht van imagines. Zo heeft de recente herkolonisatie van de Oberrhein door de haft *Ephoron virgo* en de rivierslak *Theodoxus fluviatilis* plaatsgevonden via de zijrivieren en oude rivierarmen (Van Dessel, 1989).

De mate waarin vissoorten zich in de rivier kunnen handhaven wordt in belangrijke mate bepaald door hun zwemvermogen (tabel 3). De maximale snelheid kunnen de vissoorten slechts een zeer korte tijd volhouden. De in de rivier levende vissoorten verblijven een groot deel van de dag in stroomluwe delen van de rivier (achter obstakels, in inhammen en oude rivierlopen). Stroomluwe delen zijn ook van essentieel belang voor de jonge riviervissen. Zij kunnen zich niet handhaven in delen van de rivier met grote stroomsnelheden.



In Abhängigkeit von (u. a.) der Vegetationsstruktur und der Durchflußgeschwindigkeit weisen Auengewässer kleinräumig wechselnde Libellengemeinschaften auf. Hier Beispiele eines Seitengerinnes.



Ausschnitte aus der Libellengemeinschaft des Alten Gießen eines südostfranzösischen Flusses

Figuur 8. De invloed van stroming en vegetatie op het voorkomen van libellensoorten in meestromende nevengeulen (Bron: Gerken, 1988).

Tabel 3 *De maximale zwemsnelheid van enkele vissoorten en hun eisen aan stroomsnelheid in paai- en opgroeigebieden (Huet, 1962; Hynes, 1970; Thorpe, 1976, Semmekrot e.a., 1993).*

vissoort	maximale zwemsnelheid	stroomsnelheid paaigebied	stroomsnelheid kraamkamergebied
zalm	800 cm/s	40-100 cm/s	20-60 cm/s
beekforel	440 cm/s	40-70 cm/s	0-50 cm/s
sneep	350 cm/s	20-60 cm/s	0-10 cm/s
kopvoorn	270 cm/s	20-60 cm/s	0-10 cm/s
barbeel	240 cm/s	20-60 cm/s	0-10 cm/s
baars	70-100 cm/s	5-20 cm/s	0-10 cm/s
kolblei	60 cm/s	0-5 cm/s	0-10 cm/s
zeelt	50 cm/s	0-5 cm/s	0-10 cm/s
snoek	45 cm/s	0-5 cm/s	0-10 cm/s

Om rivierkundige redenen kan worden overwogen de aan te leggen nevengeulen in het rivierengebied niet continu te laten meestromen. Om bij lage rivierafvoeren al het rivierwater door de hoofdgeul te laten stromen kunnen drempels bij de in- en uitstroomopening van nevengeulen worden aangelegd. Hierdoor zal het water in de nevengeulen bij lage afvoeren stagneren. De vraag doet zich nu voor of soorten van stromend water korte of lange perioden van stagnant water kunnen overleven.

Het tijdelijk stagnante karakter van nevengeulen heeft geen grote directe invloeden op de waterplanten van stromende wateren. Indirect kunnen wel nadelige effecten optreden, vooral wanneer deze periode in zomer lang duurt. Hierdoor kan vestiging van de waterplanten van stagnante wateren (vgl. de gestuwde trajecten van de Maas en Neder-Rijn) plaatsvinden die de soorten van stromende wateren kunnen verdringen. Ook zal in langdurig stagnante omstandigheden het lichtklimaat voor de waterplanten en de bentische algen (zoals kiezelwieren) verslechteren als gevolg van een verhoogde algenproductie.

De effecten van het tijdelijk wegvallen van stroming op macrofauna hangt mede samen met de veranderingen in de beschikbaarheid van zuurstof en voedsel, die tevens door stroming worden beïnvloed.

Door de turbulentie van het stromend rivierwater is het zuurstofgehalte over de gehele waterkolom min of meer gelijk en de op en in de bodem levende soorten worden continu voorzien van relatief veel zuurstof. Bij het wegvallen van de turbulentie kan de zuurstof alleen via diffusie het waterbodemmilieu bereiken. Door het grote zuurstofverbruik van de bodemorganismen en de geringe toevoer van zuurstof via diffusie, ontstaat een zuurstofarm bodemmilieu. Rheofiele organismen kunnen zich daarom niet handhaven in stagnante wateren. Dit kan worden geïllustreerd aan de hand volgend voorbeeld. Een soort die gebaat is bij een continu hoog zuurstofgehalte in het water is de op de waterbodem levende waterwants *Aphelocheirus aestivalis*. Deze soort brengt de gehele levenscyclus onder water door. Door miljoenen haartjes houdt de soort een dun luchtlaagje in stand rondom het lichaam. De zuurstof die de wants verbruikt wordt via diffusie vanuit het omringde water aangevuld. Een hoog zuurstofgehalte in het water is daarom noodzakelijk.

Van een aantal macrofaunasoorten van stromende wateren is bekend, dat ze ook worden aangetroffen in de oeverzone van zandwinplassen en dergelijke, waar door windwerking een continue waterbeweging is (Geijskens en Van Tol, 1983; Wasscher, 1990). Het gaat hierbij ondermeer om de larven van de kleine tanglibel (*Onychogomphus forcipatus*) en beekrombout (*Gomphus vulgatissimus*).

Kriebelmuggen die in het verleden 25% van de totale insectenfauna in de Rijn uitmaakten (Klink, 1992) zijn zeer gevoelig voor kortstondige wisselingen in de stroomsnelheid, zoals die thans optreden bij kribkoppen bij iedere scheeppassage (Bird en Hynes, 1981).

Kriebelmuggen leven op vast substraat, alwaar ze met behulp van waaiers op hun zwevende algen uit het water filteren. Buiten de kop, die op de stroming georiënteerd is, bevindt de rest van het lichaam in de relatief stroomluwe grenslaag tussen het substraat en het stromend water. Bij grote stroomsnelheden wordt deze grenslaag zo dun, dat de soort zich geheel plat tegen het substraat drukt, ten einde wegspoelen te voorkomen. De voedselvoorziening wordt dan gestopt. Bij lage stroomsnelheden neemt dikte van de grenslaag zodanig toe, dat het stromend water buiten het bereik van de waaiers komt. Bij iedere (grote) verandering van de stroomsnelheid vindt een heroriëntatie van de waaiers plaats en wordt er tijdens deze handeling niet gefiltreerd. Bij continue kortstondige wisselingen in de stroomsnelheid stagneert de voedselvoorziening (Craig en Galloway, 1987).

Langdurige perioden van stagnatie kan de produktie van benthische algen sterk doen afnemen als gevolg van veranderingen in het lichtklimaat door een verhoogde produktie van fytoplankton. Dit heeft dan weer gevolgen voor die macrofaunasoorten die het substraat op algen afgrazen.

In het algemeen kan men verwachten dat macrofaunasoorten die uitsluitend voorkomen in (snel) stromende wateren langdurige perioden van stagnatie niet zullen overleven.

Daarentegen zullen soorten van langzaamstromende wateren zich mogelijk wel kunnen handhaven.

De benedenloop van de rivier wordt vanuit stroomopwaarts gelegen plaatsen constant gevoed met in het water levend of dood, drijvend of zwevend materiaal. Dit materiaal vormt een belangrijke voedselbron voor in de benedenloop levende waterorganismen.

Larven en jonge organismen zijn vaak onvoldoende aangepast aan het dynamisch karakter van de rivier. Hun ontwikkeling is daarom voor een groot deel afhankelijk van die delen van een rivier waar het water minder hard stroomt of zelfs stilstaat. Van nature werden deze plaatsen gevonden in rustige delen van meanders of nevengeulen van de rivier en in de overstromingsvlakten. Deze plekken fungeerden vaak als broedkamers voor vissen. Behalve voor juvenile exemplaren van veel riviervissen worden deze luwe delen ook door soorten bewoond die zich in de stroomdraad niet kunnen handhaven, zoals snoek, rivierdonderpad en modderkruipers.

4.2 Waterpeilfluctuaties

Veranderingen in afvoer gaan gepaard met veranderingen in de waterstand. Voor de nevengeul en de daarmee in verbinding staande wateren in de uiterwaard betekent dit dat de waterdiepte sterk kan variëren en dat ondiepe (delen van) wateren kunnen droogvallen. Voor de oever en de uiterwaardgronden betekent dit dat de bodem periodiek wordt overstromd door rivierwater. De mate waarin inundatie (duur, frequentie) geschiedt is, afhankelijk van de bodemhoogte ten opzichte van het rivierpeil.

Grote schommelingen in het waterpeil kunnen leiden tot periodiek grote waterdiepten en periodes van droogval. Periodes met grote waterdiepten kan de ontwikkeling van waterplanten en bentische algen beïnvloeden. Voor de bentische algen en de ondergedoken waterplanten hangt dit vooral samen met de veranderingen in het lichtklimaat. Voor waterplanten met drijvende bladeren (zoals gele plomp en waterlelie) vormen een periodes met hoog water een probleem, wanneer de drijvende bladeren langdurig ondergedoken zijn. Ze kunnen dan in onvoldoende mate de wortels van zuurstof voorzien. De mate waarin hoogwaters in het groeiseizoen effect zullen hebben op de ontwikkeling van de nymphaede waterplanten is afhankelijk van de duur van de hoogwaterperiode en de mate waarin de soorten via versnelde lengtegroei met hun bladeren het wateroppervlak weten te bereiken. Ook kunnen waterplanten in een dynamisch milieu te maken krijgen met periodieke uitdroging. Verschillende waterplanten kunnen zich aan een dergelijk milieu aanpassen (Bloemendaal en Roelofs, 1988), bijvoorbeeld door het ontwikkelen van "landvormen" (bv. gele plomp, waterlelie, watergentiaan, aarvederkruid en veenwortel). Op de in de zomermaanden droogvallende waterbodem komen kortlevende pioniersoorten als slijkgroen tot ontwikkeling en bij een langdurige periode van droogval komen oeversoorten als gele waterkers, watertorkruid en waterzuring tot ontwikkeling. Ook kunnen grote helofyten de drooggevalle oever koloniseren. Een dergelijke ontwikkeling is ondermeer waargenomen in de Oude Waal in de droge zomer van 1976 (Brock e.a., 1987). In het daarop volgende jaar was er geen sprake van droogval en hadden de alle nymphaeden en de meeste helofyten de

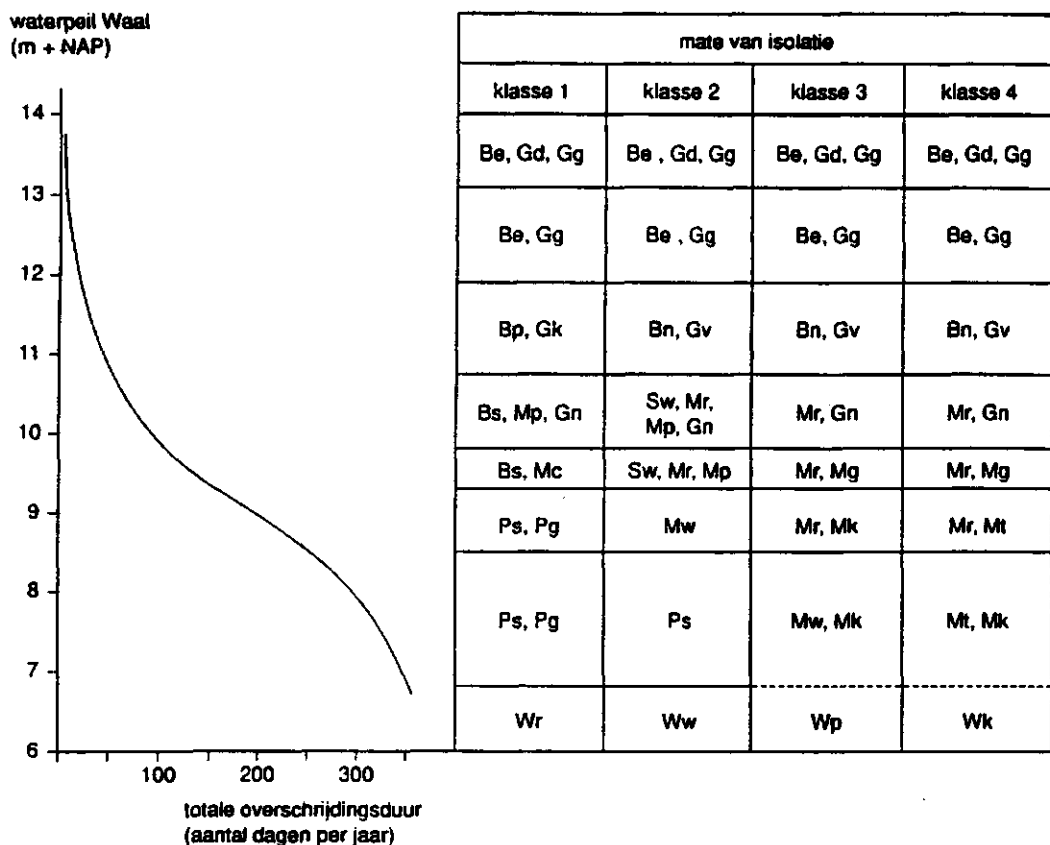
droogte overleefd. Indien grote delen van de nevengeul jaarlijks droogvallen zullen waterplanten marginaal aanwezig zijn. Op deze delen zullen dan pioniervegetaties met slijkgroen en gele waterkers tot ontwikkeling komen.

De natuurlijke vegetatiezonering op de oever en in de uiterwaard wordt in belangrijke mate bepaald door de overstromingsdynamiek: inundatiefrequentie, -duur, -periode en -diepte (zie ook figuur 9). Op de laaggelegen delen van de oever van de nevengeul die alleen bij lage waterstanden droogvallen (inundatieduur gemiddeld meer dan 150 dagen per jaar) komen alleen pioniervegetaties tot ontwikkeling. Het gaat hierbij om soorten met een korte levenscyclus, waar ze aangepast zijn aan milieus waar de milieu-omstandigheden slechts voor korte periode gunstig zijn voor groei. Ongunstige perioden overleven deze soorten als zaad. Op de hogere delen van de oever komen wilgenstruwelen en -bossen en moerassen met rietgras en riet tot ontwikkeling, indien de oevers niet worden beweide. Het hardhoutoobos komt tot ontwikkeling op delen van de oevers die gemiddeld minder dan 50 dagen jaar worden overstroomd door rivierwater. De effecten van hydrodynamiek op de vegetatiezonering in uiterwaarden is ondermeer beschreven in De Graaf e.a. (1991), Duel (1991) en Duel en Kwakernaak (1992). De invloed van zomerhoogwaters op oeverplanten in de Oude Waal is beschreven door Brock e.a. (1987). Verschillende soorten namen sterk in presentie af, zoals zeebies, mattenbies en kleine lisdodde, terwijl andere soorten toenamen, zoals scherpe zegge en zwanebloem.

De mate waarin de peilfluctuaties optreden speelt een rol bij de ontwikkeling van moerasvegetatie. Zo komen rietvegetaties op de oevers van de IJssel tot ontwikkeling, waar de maximale schommeling in de waterstand gedurende de zomermaanden minder dan 3,5 meter is (NMF, 1989).

Van de macrofauna is een beperkt aantal soorten en soortgroepen aangepast aan het leven in temporaire wateren, wateren die ieder jaar voor korte of lange periode droogvallen. Macrofauna-levensgemeenschappen in droogvallende wateren worden vaak gedomineerd door larven van vliegende insecten die voor de periode van droogval uitvliegen soms met achterlating van droogteresistente eieren (Ketelaars, 1986; Verdonschot e.a., 1992). Voorbeelden van soorten van droogvallende milieus zijn de steenvlieg *Nemoura cinerea* en de *Pisidium* mossels (Claessens, 1981; Ketelaars, 1986).

Van een aantal macrofaunasoorten en vissoorten is bekend dat ze korte perioden van droogval kunnen overleven door zich terug te trekken in de vochtige waterbodem. Door Becker (1987) is waargenomen dat in een warme zomer larven van de kokerjuffer *Hydropsyche contubernalis* een droogvalperiode van 4 weken konden overleven, door zich op te houden onder stenen en in de nog natte bodem. De grote modderkruiper is een vissoort die overdag zich schuil houdt in modderige bodems. Indien zijn woonplaats uitdroogt, kruipt hij dieper in de modder (Redeke, 1948). Ook het biermuggje kan korte perioden van droogval overleven, zolang de bodem waarin de soort zich ingraaft niet uitdroogt.



- Isolatieklasse 1: geen isolatie, direct grenzend aan de rivier
 Isolatieklasse 2: isolatie via lage drempel, uiterwaardkom staat gemiddeld meer dan 50 dagen per jaar in direct contact met de rivier
 Isolatieklasse 3: isolatie via middelhoge drempel: uiterwaardkom staat gemiddeld 20-50 dagen per jaar in direct contact in de rivier
 Isolatieklasse 4: isolatie via hoge drempel: uiterwaardkom staat gemiddeld minder dan 20 dagen per jaar in direct contact met de rivier

Vegetatietypen:

Be	essen-iepenbos	Mp	rietgrasvegetaties
Bn	laaggelegen (nat) essen-iepenbos	Mr	rietvegetaties
Bp	wilgen-populierenbos	Mt	lisdoddevegetaties
Bs	schietwilgenbos	Mw	vegetaties met gele waterkers
Gd	droge stroomdalgraslanden	Pg	ganzevoetvegetaties
Gg	glanshavergraslanden	Ps	slijkgroenvegetaties
Gk	kweekgraslanden	Sw	wilgenbos en -struweel
Gn	fioringrasgraslanden	Wk	watervegetaties met kikkerbeet
Gv	graslanden met grote vossestaart	Wp	watervegetaties met gele plomp
Mc	vegetaties met scherpe zegge	Wr	watervegetaties met rivierfonteinkruid
Mg	liesgrasvegetaties	Ww	watervegetaties met watergentiaan
Mk	kalmoesvegetaties		

Figuur 9. De overschrijdingsduur van het waterpeil van de Waal bij de Millingerwaard en de zonering van enkele vegetatietypen in relatie tot de hoogteligging en de mate van isolatie (Duel en Kwakernaak, 1992).

Grazers onder de macrofauna (zoals de muggelarve *Cricotopus sylvestris*) zijn aangewezen op de aangroei van algen op stenen en stabiel zandsubstraat. Ze zijn hierdoor indirect afhankelijk van de waterdiepte: ze komen niet voor op substraat waar geen licht doordringt. Ze zijn dus beperkt tot de oeverzone waar nog primaire produktie plaatsvindt door bentische algen.

Indien de waterstand stijgt wordt de primaire produktie in deze zone geremd. Indien de hoge waterstanden langdurig aanhouden, verplaatsen deze organismen zich naar andere lokaties met bentische algen. Via drift kunnen dan benedenstroomse lokaties met bentische algen worden gekoloniseerd. Via actieve verplaatsingen kunnen deze overigens niet plaatsgebonden groep van organismen zich naar de ondiepe delen verplaatsen. Door verhoging van de waterstand verschuift de zone waarin primaire produktie van bentische algen kan plaats vinden naar de oeverzone. Bij langdurig laagwater verschuift de primaire produktie-zone naar de stroomgeul.

De vissoorten en de niet plaatsgebonden macrofaunasoorten zullen bij ongunstige omstandigheden zich verplaatsen naar andere delen van het riviersysteem waar de omstandigheden wel gunstig zijn. Vanuit deze lokaties kunnen de soorten de verlaten delen van het riviersysteem weer opnieuw koloniseren indien de omstandigheden in gunstige zin zijn gewijzigd.

De dynamiek in droogval en inundatie is van grote invloed op het voorkomen van diersoorten op de oever van de nevengeulen en aangrenzende laaggelegen delen van de uiterwaard. De in de zomermaanden droogvallende zandige oevers met schaarse begroeiing vormen het broedbiotoop voor soorten als kleine plevier, bontbekplevier, oeverloper en visdiefje (Van den Bergh e.a., 1979; Teixeira, 1979; Van Dijk e.a., 1981). Daar de broedplaatsen een tijdelijk karakter hebben is de broedpopulatie aan grote schommelingen onderhevig. Het broedsucces is eveneens sterk afhankelijk van de peilfluctuaties. Optredende hoogwaters in het broedseizoen hebben tot gevolg dat de legfels wegspoelen en de nestjongen verdrinken. Gunstige omstandigheden zullen dus van jaar tot jaar en van plaats tot plaats verschillen.

De in het voorjaar optredende hoogwaters hebben een gunstige uitwerking op ralsachtigen, zoals waterral en porseleinhoen (Van den Bergh e.a., 1979; SOVON, 1987). Deze soorten broeden in moerassige terreintjes alsook in natte graslanden. Onder gunstige omstandigheden kan het aantal broedparen explosief toenemen. In 1983 vond na een overstroming medio april vestiging van porseleinhoentjes plaats in kleine aantallen. Een hoogwater aan het eind van mei deed de vogels het veld ruimen, maar bij het droogvallen vond een massale invasie plaats. Na verloop van tijd verdween echter weer een deel van de vogels als gevolg van uitdroging van de terreinen waarin werd gebroed (SOVON, 1987).

De peildynamiek vormt echter een beperking voor een optimale populatie-ontwikkeling van broedvogels van rietmoerassen, zoals roerdomp en bruine kiekendief (Duel, 1991).

Door het optreden van hoogwaters ontstaan er in de uiterwaarden poelen en plassen die op den duur kunnen droogvallen. Deze poelen en plassen vormen een belangrijke voortplantingsbiotoop van allerlei soorten amfibieën (Creemers, 1991). Tevens vormen deze ondiepe wateren een belangrijke voedselplaats voor kwakken en andere reigerachtigen.

4.3 Substraat en morfologie

Substraat en morfologie worden in belangrijke mate bepaald door de in de nevengeul optredende stroomsnelheden. Voor veel aquatische organismen vormt het substraat een belangrijke standplaats- of habitatfactor. Een hard substraat in combinatie met een vrijwel permanente doorstroming leidt tot een levensgemeenschap die is gespecialiseerd in het invangen van langsstromend organisch materiaal. Naarmate de stroomsnelheid toeneemt is de levensgemeenschap gebonden in of aan de bodem.

Bij rustig stromende wateren heeft de bodem nog diverse functies voor de rusttoestanden van planktonorganismen. Kristalwieren vormen auxosporen, jukwieren vormen zygosporen, sponzen vormen gemmulae, flagellaten vormen cysten en ook de eieren van vissen zijn hiermee vergelijkbaar. Een groot deel van deze inactieve ruststadia bezinkt naar de bodem. Is de bodem rijk aan organisch materiaal dan gaat een groot deel van de auxosporen, zygosporen, gemmulae, cysten en eieren verloren.

Het voorkomen van waterplanten wordt voor een belangrijk deel bepaald door de samenstelling van de bodem en het (periodiek) voorkomen van hoge stroomsnelheden. Aanpassing tegen wegspoelen met hoge stroomsnelheden is slechts dan zinvol als de bodem zelf niet wegspoelt. Soorten als de watergentiaan hebben dan ook een wortelstok die veelal in de minerale ondergrond is verankerd. Een soort als waterlelie preferert een organisch substraat, maar in langzaam stromende wateren wortelt deze soort ook in minerale bodems. In wateren met slibbige, kalkrijke bodems en waar een zwakke doorstroming plaatsvindt ofwel een verversing van het water door kwel kunnen soorten worden aangetroffen als bosbies, beekpunge, waterereprijs en waterviolier. Op de grensmilieu waar een dun laagje slib wordt afgezet en waar het water in de bodem wegzijgt komen nitrofiële algemene en bijzondere soorten voor als moeraswalstro, valse voszegge (*Carex obtusae*), watermunt, penningkruid, smeerwortel, wolfspoot en gele waterkers (Van der Voo, 1965).

In slibrijke bodems komen veel moerasplanten voor die zuurstof via de stengels naar de anaerobe bodem kunnen transporteren. Hierdoor kunnen de wortels actief stoffen blijven opnemen, terwijl door uitscheiding van zuurstof het micromilieu rond de wortels gedetoxificeerd wordt. Plantesoorten met een voorkeur voor een dikke sapropeliumlaag zijn kalmoes, gele plomp, lisdodde en gekroesd fonteinkruid. Dergelijke vegetaties komen in het rivierengebied vooral tot ontwikkeling in wateren die weinig in directe verbinding staan met de rivier.

Interessante ontwikkelingen doen zich voor op plaatsen waar een wortelstelsel van een boom schoongespoeld wordt door het langsstromende water. Hier ontstaat een relatief kleinschalig beschut milieu met een relatief groot aanhechtingsoppervlak voor sessiele fauna.

Het aanbrengen van grindig ofwel grofzandig substraat komt in aanmerking als voorkomen dient te worden dat de geul zich verticaal insnijdt; als door de snelle stroming er toch al weinig mogelijkheden zijn voor het laten ontstaan van een diverse waterplantengemeenschappen; ofwel als de functie van de geul voornamelijk gericht is op herstel van dit habitat.

Bij het ontwerpen van nevengeulen kan men speciale aandacht besteden aan habitateisen van bepaalde soorten. Hierbij kan men inspelen op directe inrichtingseisen, zoals steilwanden voor oeverwaluwen en ijsvogels, maar men kan ook bepaalde processen in de hand werken om dergelijke habitats te creëren, bijvoorbeeld door de vorm van de nevengeul zó te graven dat er een zekere mate van erosie zal plaatsvinden. Nesten in natuurlijke steilwanden lopen het gevaar om bij hoogwater vol te lopen. Bij het creëren van steilwanden kan met deze factor rekening worden gehouden. Steilwanden voor oeverwaluw en ijsvogel dienen dus hoger te zijn dan het gemiddelde maximale zomerhoogwaterpeil.

Naast steilranden kunnen er ook ondieptes in de nevengeul en inhammen en poelen langs de nevengeul gecreëerd worden. Ondieptes in de nevengeul kunnen voor bentische algen (kiezelwieren) en grazers geschikte habitats zijn omdat hier meer licht tot op de bodem doordringt en er dus fotosynthetiserende organismen kunnen leven, die weer als voedsel dienen voor andere. Stroomluwe inhammen, al dan niet droogvallend, zijn dikwijls soortenrijke moerasmilieus, met name wat de macrofauna betreft. De ontwikkeling van water- en moerasplanten zal in dergelijke inhammen goed verlopen, waardoor soorten als de waterral, het porseleinhoen en baardmannetje een geschikt leefgebied vinden. Het creëren van inhammen is in meer of mindere mate te vergelijken met het aantakken van kleiputten en zandwinplassen.

Poelen langs de nevengeul kunnen voor amfibieën geschikte habitats vormen, mits deze niet in verbinding met de nevengeul staan. Voorkomen moet worden dat vissen zich te goed kunnen doen aan de larven van amfibieën. Door middel van een drempel met een bepaalde hoogte kunnen de poelen zó gecreëerd worden dat alleen bij hoogwater (winter) de poelen in verbinding met de nevengeul staan.

4.4 Het effect van toxische stress

De kwaliteit van het water in de Rijn verbetert langzaam maar zeker (Ministerie Verkeer en Waterstaat, 1989; 1993). Niettemin voldoet het Rijnwater nog niet aan de eisen die men er aan stelt: de Algemene Milieukwaliteit (AMK) voor het jaar 2000. Met name voor de parameters cadmium, zink, kwik, koper, nikkel, HCB, cHCH, DDT, PCB's, PAK's en minerale olie is er sprake van normoverschrijdingen. Het in de Rijn aangevoerde slib kan worden ingedeeld in klasse 3 van de interimnormering: voorlopige overschrijdingen van de toetsingswaarden, maar geen deklassificerende overschrijdingen van de voorlopige signaleringswaarden (Rijkswaterstaat 1991).

Een belangrijk deel van de zware metalen en organische micro-verontreinigingen is gebonden aan zwevend slib, dat bezinkt op plaatsen waar de stroomsnelheid c.q. turbulentie van het water afneemt. Hierdoor zijn de uiterwaarden op veel lokaties in ernstige mate verontreinigd met zware metalen en organische-microverontreinigingen. Bij aanleg van een nevengeul worden deze vervuilde bodems verwijderd, echter nieuwe aanvoer zal plaats vinden, met name op de stroomluwe plaatsen van de nevengeul en op lokaties waar een kleiput of

zandwinplas is aangetakt. De problematiek van het vervuilde slib in relatie tot de ecologische ontwikkelingsmogelijkheden van een nevengeulstelsel wordt in deze paragraaf in hoofdlijnen beschreven. Een uitvoerige ecotoxicologische beschouwing was in dit kader van het onderzoek niet mogelijk.

Opgemerkt moet worden dat de ecologische betekenis van het creëren van een nevengeul ligt vooral in het uitschakelen van enkele factoren (scheepvaart en verkrabbing) die de achteruitgang van het rivier-ecosysteem hebben veroorzaakt. Dit maakt een herstel mogelijk van habitats. Aan de negatieve uitwerking van waterverontreiniging in de fauna-gemeenschappen valt met inrichtingsmaatregelen weinig te doen.

Water- en oevervegetatie

Voor water- en oeverplanten lijkt de actuele verontreinigingssituatie geen reële bedreiging voor groei en ontwikkeling. Dit blijkt uit verschillende experimentele studies. Zo is ondermeer een groei-experiment uitgevoerd met schedefonteinkruid (Vermaat, 1991). De schedefonteinkruiden wortelend in een verontreinigde waterbodem van de Vecht (klasse III-IV) hadden ook in het vervuilde rivierwater geen groeiachterstand.

Helofyten zijn in staat via het wortelstelsel relatief grote hoeveelheden zware metalen op te nemen en in de ondergrondse biomassa op te slaan. Hierover is in de Verenigde Staten veel onderzoek naar verricht in het kader van de toepassing van helofytenmoerassen voor de zuivering van afvalwater van mijnen waarin zware metalen worden gewonnen (Duel, 1988; Duel en Te Boekhorst, 1991).

In het onderzoek "Schatting van risico's van microverontreinigingen in de Rijn voor groepen organismen van de rivier-AMOEBE" is de blootstelling voor rivierfonteinkruid berekend voor de meeste van de hierboven genoemde parameters (Dogger e.a., 1992). Deze blijkt in de meeste gevallen meer dan honderd maal lager te liggen dan de fytotoxiciteitswaarde. Voor landplanten wordt in bovengenoemd rapport geconcludeerd dat het gehalte aan cadmium in uiterwaarden boven het no-effect-level ligt. De uitwerking hiervan is echter weer onbekend: mogelijk is er slechts sprake van enige groeiremming en een verandering van de concurrentieverhoudingen tussen soorten en tussen de genotypen van één soort zoals langs de Geul.

Macrofauna en vissen

Over de veranderingen in de rivierfauna van de Rijn en Maas is relatief veel bekend. De achterliggende oorzaken worden echter als een niet te ontwarren complex van factoren beschouwd. De sterkste achteruitgang bleek zich voor te doen bij de rheofiele macrofauna en anadrome vissoorten als gevolg van verschillende ingrepen in het riviereengebied waardoor habitats verloren zijn gegaan alsmede de verslechtering van de waterkwaliteit met ondermeer verlaging van het zuurstofgehalte en toename van de belasting met zware metalen en organische micro-verontreinigingen.

De effecten van toxische stoffen op macrofauna zijn aangetoond voor ondermeer kokerjuffer *Hydropsyche contubernalis*, muggelarven en driehoeksmosselen (Besch e.a., 1977; Van Urk,

1981; De Wit e.a., 1991; Dogger e.a., 1992). De verbetering in de waterkwaliteit sinds het begin van de jaren tachtig heeft geleid tot een terugkeer van verschillende macrofaunasoorten die uit het riviersysteem waren verdwenen. Deze trend is de laatste jaren merendeels tot stilstand gekomen, omdat andere factoren als de afwezigheid van geschikte habitats als beperkend geacht worden (Van Dessel, 1989; Smit en Van Urk, 1987; Klink, 1991). Echter dit kan eveneens worden veroorzaakt door de stagnatie die is opgetreden in de verbetering van kwaliteit van het rivierwater en de waterbodem ten aanzien van zware metalen en organische micro-verontreinigingen. Het is niet uitgesloten dat het herstel in gang is gezet door de verbeterde zuurstofhuishouding, maar dat een verder herstel wordt geremd door de aanwezige toxische stoffen. Daarnaast kan het herstel worden geremd door de invasie van exoten, met name van brakwatersoorten en thermofiele soorten, die de open gevallen plaatsen hebben gekoloniseerd (Bij de Vaate en Van den Brink, 1993).

Door Van Brummelen (1990) is het effect van verontreinigingen op het oriëntatievermogen van anadrome vissoorten aannemelijk gemaakt. De huidige koper- en zinkconcentraties in de Rijn verstoren het oriëntatievermogen van deze soorten. Om de trek naar de paaigebieden in de bovenlopen van de Rijn en in beken mogelijk te maken, dient de concentratie van koper en zink met een factor 20-30 terug worden gebracht. Het aanleggen van vispassages bij stuwen alleen is dus niet voldoende.

In de huidige vervuilingstoestand van de Rijn is vooral de cadmiumconcentratie die tot effecten op de riviervissen aanleiding kan geven (Dogger e.a., 1992).

Het onderscheiden van verschillende effecten van de verslechterde zuurstofhuishouding en de vervuiling met microverontreinigingen is slechts zeer globaal mogelijk. Er is namelijk op dier-fysiologische basis een verband aanwezig tussen de beschikbaarheid van zuurstof voor een organisme en de gevoeligheid voor stoffen. Vrijwel alle organismen beschikken over fysiologische strategieën om lichaamsvreemde stoffen onschakelijk te maken, op te sluiten danwel uit te scheiden (Henderson 1986). Hiervoor wordt energie verbruikt, waardoor het organisme minder efficiënt kan functioneren in de levensgemeenschap en concurrentieverhoudingen verschuiven. De mogelijkheden om extra energie aan deze mechanismen te besteden staan direct in verband met de aanwezigheid van zuurstof.

Als tevens de invloed van zuurstof op de redoxpotentiaal van de waterbodem, en daarmee op de biologische beschikbaarheid van waterbodemverontreiniging, aan deze beschouwing wordt toegevoegd, blijkt overduidelijk de gecombineerde werking van beide soorten water-verontreiniging.

Bij het aanleggen van een nevengeul zal de aanwezigheid en beschikbaarheid van toxische stoffen niet wezenlijk verschillen van de hoofdstroom. Als er verschillen zijn, dan zullen die te vinden zijn in de "nieuw ontstane habitats". De belangrijkste hiervan zijn: snag, stabiele ondiepe oeverzone, schuivend zand en kleibanken. Het snag-habitat oefent een invloed uit op de verdeling van het grovere en fijnere slib in de rivier. Stroomafwaarts van een in het water liggende boom of boomkruin bezinkt fijn slib, dat anders in suspensie zou blijven. Juist dit

fijne slib heeft een hoog relatief oppervlak ten opzichte van de inhoud, waardoor relatief ook veel microverontreinigingen geadsorbeerd zijn.

In de stabiele ondiepe oeverzzone kan het zonlicht tot op de bodem toenemen. Hierdoor kan een fijne laag algen ontstaan op het substraat, waardoor overdag de zuurstofconcentratie aan het substraat hoog is en 's nachts laag. Dit kan schommelingen in de redoxpotentiaal veroorzaken waardoor geadsorbeerde micro-verontreinigingen gemobiliseerd worden en vervolgens door op de waterbodem aanwezige biota kan worden opgenomen. Deels zullen de stoffen in de waterfase geraken en met het stromende water worden afgevoerd.

In het habitat schuivend zand kan niets met zekerheid worden gezegd over de biologische beschikbaarheid van stoffen. Het creëren van het habitat kleibanken zal weinig invloed uitoefenen op de biologische beschikbaarheid van microverontreinigingen.

De zandwinplassen, als onderdeel van een nevengeulsysteem, zullen relatief veel slib worden ingevangen. De beperkingen die hiervan uitgaan op de gewenste ontwikkelingen in een nevengeul zijn gering: eerder is er sprake van een positieve uitwerking op de waterkwaliteit.

In kleiputten ligt dit anders: deze ondiepe wateren waarin veel sedimentatie van vervuild rivierslib kan plaats vinden, vormen een belangrijk habitat voor macrofauna en vissen.

De aandacht voor vestiging van karakteristieke rivierorganismen in het nevengeulsysteem mag evenwel niet worden beperkt tot de eisen van afzonderlijke soorten en de beschikbaarheid van substraat. De onderlinge relaties tussen de soorten in een levensgemeenschap dienen echter eveneens een belangrijke plaats te verkrijgen voor een evenwichtige ecosysteem-benadering. Een deel van die relaties komen hierna aan de orde, voornamelijk betrekking hebbend op het ontstaan van trofische gelaagdheid.

Voorafgaand wordt nader ingegaan op parasitaire relaties, symbioses en chemische communicatie binnen de levensgemeenschappen van het rivierecosysteem. Wanneer vissen worden blootgesteld aan toxische stress, krijgen ze minder weerstand tegen ecto- en endoparasieten. Ook mosselen en sponzen kennen hun eigen parasitaire relaties. In een gezonde situatie zal een parasiet vrijwel nooit tot de dood van zijn gastheer aanleiding geven; in een situatie met microverontreinigingen kan dit niet worden uitgesloten. Veranderingen in de parasiet-gastheer relaties zijn nooit beschreven in het licht van toxische stress.

Over chemische communicatie met feromonen is eveneens weinig bekend in de aquatische ecologie. Voor een groot aantal vissoorten speelt deze vorm van interactie een belangrijke rol bij schoolvorming, territoriumvorming, soortsherkennen, paargedrag en vluchtgedrag (Liley, 1982). Deze vorm van communicatie doet zich vooral voor in stromende wateren, omdat reuksporen goed traceerbaar zijn. De vervuiling met microverontreinigingen veroorzaakt in dit verband een zekere isolatie tussen de individuen uit de levensgemeenschap, omdat ze schade aan het olphactorische zintuigmechanisme toebrengen (Dedual, 1987) en omdat de detectie bij lage concentraties moeilijker verloopt (Van Brummelen, 1990).

Vissen en vogels

Om de risico's voor predatoren in te schatten is het in eerste instantie van belang om de aandacht te fixeren op de kwaliteit van het zogenaamde stapelvoedsel. In tweede instantie is een evaluatie van blootstellingsroutes van stoffen nodig. De hierboven gehanteerde beschouwingswijze is ook hier van toepassing. Bedreigingen doen zich voor in het gehele rivierengebied en vooral op de plaatsen waar slib bezinkt. Het gaat er echter om welke toxische bedreigingen er kunnen uitgaan bij de aanleg van een nevengeul. De belangrijkste knelpunten zullen zich voordoen bij de stroomluwe, ondiepe delen van het nevengeulstelsel. De verwachte effecten zijn overeenkomstig met andere delen van het riviersysteem waar relatief veel slib bezinkt in relatief ondiepe wateren, zoals in de Biesbosch en in het Haringvliet. Uit verschillende studies is gebleken dat deze watersystemen ongeschikt zijn voor duikenden, visetende vogels en otters (Saris en Duel, 1987; Boudewijn e.a., 1989; Gleichman-Verheijen en Ma, 1989; De Wit e.a., 1991).

Conclusie toxische stress

De vraag of toxische stress een reële beperking van de ontwikkelingsmogelijkheden in meestromende nevengeulen vormt kan zonder meer met "ja" beantwoord worden. Daar zijn geen ingewikkelde berekeningen van transport, opname en effecten voor nodig. Een ontkenning zou inhouden dat het streven naar minder verontreinigd rivierwater niet noodzakelijk is voor een volledig ecologisch herstel.

De realiteit is dat met het herstellen van verloren habitats het einddoel van ecologisch herstel weer een stap dichterbij kan komen. De noodzaak van het werken aan de kwaliteit van het water blijft bestaan.

Op grond van bovengenoemde bedreigingen is het aan te raden om voorzichtig te zijn met het blootstellen van goed ontwikkelde aquatische levensgemeenschappen van stagnant water in uiterwaarden aan rivierdynamiek. Enige terughoudendheid bij het aantakken van reeds water bevattende oude stroombeddingen is dus gepast, totdat meer bekend is over de hierboven uiteengezette risico's. Hiervoor is het nodig om een praktijkexperiment uit te voeren, dat is voorzien van een chemische kwaliteits-tijdrecksopname, voorzien van een daarop aansluitend biomonitoringprogramma.

5

Habitateisen van nevengeulorganismen

5.1 Inleiding

In de ontwerpfase kan de ontwikkelingsrichting van een nevengeulsysteem in belangrijke mate worden gestuurd. De in hoofdstuk 2 beschreven nevengeultypen verschillen onderling sterk in milieu-omstandigheden, met name de milieu-factoren die samenhangen met hydro- en morfodynamiek. De stroomsnelheid is hierbij een van de sleutelfactoren.

Onder hoog dynamische omstandigheden ontstaat een levensgemeenschap die wordt gekenmerkt door rheofiele (stroomminnende) soorten. De levensgemeenschappen van hoog hydrodynamische milieus zijn in vergelijking met laag dynamische milieus (bv. verlandingsmoerassen) weinig soortenrijk, omdat er relatief weinig soorten zijn aangepast aan de extreme omstandigheden. In de ontwerpfase van nevengeulen kan het rivierdynamische karakter worden versterkt door behalve met behulp van inrichtingsmaatregelen de stroomsnelheid voor de rheofiele organismen te optimaliseren, tevens stenen, kiezels, grind en zand als substraat in het ontwerp op te nemen, daar veel rheofiele organismen aan dergelijk substraat gebonden zijn. Ook het creëren van habitats met in en op het water aanwezig levend en dood hout kan via inrichtingsmaatregelen worden gestimuleerd.

Onder laag dynamische omstandigheden kunnen de soortenrijke levensgemeenschappen van wateren en moerassen tot ontwikkeling komen, zoals die momenteel in verschillende verlande oude strangen en kleiputten kunnen worden aangetroffen. In het ontwerp van een nevengeul kan rekening worden gehouden met het vergroten van de habitatdiversiteit door tevens stagnante en langzaamstromende delen op te nemen. Het traject van de nevengeul heeft dan een bochtig karakter en het dwarsprofiel is asymmetrisch. De nevengeul is voorzien van talrijke inhammen en waar mogelijk zijtakken. Ook de aanwezige kleiputten en zandwinplassen worden met nevengeul in verbinding gebracht.

In het laatste geval is het ontwerp gericht op een brede ontwikkeling waarin zo veel mogelijk organismen uit het rivierengebied zich een plaats in het nevengeulsysteem weten te verwerven.

In dit hoofdstuk wordt voor een aantal soorten die kenmerkend kunnen worden beschouwd voor de milieu-omstandigheden zoals die zich kunnen voordoen in nevengeulen de habitateisen beschreven. Bij de inventarisatie naar de relaties tussen milieu-omstandigheden en het voorkomen van de nevengeulsoorten is de nadruk gelegd op de optimum- en grenswaarden.

Bij de selectie van nevengeulorganismen als indicatieve soorten voor de gewenste ecologische ontwikkeling in een nevengeulsysteem is als uitgangspunt genomen dat van de volledige reeks van habitats die in het hedendaagse rivierengebied in een nevengeulsysteem kunnen ontstaan, vertegenwoordigers aanwezig zijn.

5.2 De selectie van soorten en soortgroepen

Met het aanleggen van nevengeulen kunnen voor dier- en plantesoorten die kenmerkend zijn voor rivierecosystemen, (deel)habitats respectievelijk standplaatsen worden gecreëerd en hersteld die in de afgelopen eeuwen sterk zijn aangetast of zelfs zijn verdwenen. De mate waarin dit geschiedt is in belangrijke mate afhankelijk van de inrichtingsmaatregelen. Om de effecten van inrichtingsmaatregelen op flora en fauna te kunnen beoordelen, is een groep soorten geselecteerd die representatief worden geacht voor de levensgemeenschappen die tot ontwikkeling kunnen komen in het hedendaagse nevengeul-ecosysteem én waaraan de effecten van inrichtingsmaatregelen kunnen worden afgelezen.

De volgende criteria zijn dus gehanteerd:

- (1) de soort of soortgroep is representatief voor (een deel van) het nevengeul-ecosysteem
- (2) inrichtingsmaatregelen zijn van invloed op de habitat- of standplaatskwaliteit van soorten of soortgroepen

ad 1: representatief

Bij nevengeulsystemen kunnen verschillende milieutypen worden onderscheiden die als habitat fungeren voor diersoorten en als standplaats voor plantesoorten:

- * ondiep, stromend water met grindbodems;
- * ondiep, stromend water met zand- en kleibodems, inclusief habitatype "schuivend zand" en snag";
- * stroomluwe milieus met ondiep water, inhammen, aangetakte kleiputten, nevengeulzijtakken etc.;
- * stroomluwe milieus met diep water: aangetakte zandwinplassen;
- * steilrandoevers;
- * periodiek tot regelmatig droogvallende oevers (stranden);
- * weinig tot regelmatig overstroomde oevers.

Het laatste milieutype is in dit onderzoek weinig uitgewerkt. Voor informatie over de invloed van rivierdynamiek op vegetatie-ontwikkeling en fauna op middelhoge en hoge delen van oevers wordt verwezen naar studies van ondermeer De Graaf e.a. (1990) en Ducl (1991).

ad 2: ingreep-effectrelaties

Over de soort(groep)en moet informatie beschikbaar zijn over de invloed van milieufactoren van nevengeulsystemen op de ontwikkeling van deze soort(groep)en. In het bijzonder gaat het hierbij om de milieufactoren die door inrichtingsmaatregelen kunnen worden beïnvloed. Van een groot aantal macrofauna-soorten is de ecologische informatie in kwantitatieve termen echter zeer beperkt.

Ecosysteemparameters die in het kader van dit project van belang zijn, zijn:

- stroming en stagnatie;
- waterdiepte, peilfluctuaties (amplitude), droogval (duur en frequentie), inundatie (duur, frequentie en periode);
- morfologie van oevers: steilranden, flauwe taluds;
- waterkwaliteit (zuurstofgehalte, eutrofiëgraad, helderheid, vervuiling met toxische stoffen);
- substraat (bodemtypen, vegetatie);
- vegetatiestructuren (pioniervegetaties, moerasvegetaties, graslanden, wilgenbossen- en struwelen, essen-iepenbossen).

In verschillende studies zijn soorten beschreven die kenmerkend zijn voor de Nederlandse rivier-ecosystemen, inclusief nevengulen. Het gaat hierbij in het algemeen om soorten die in het rivierengebied sterk achteruit zijn gegaan of zijn verdwenen. In het kader van de Derde Nota Waterhuishouding is door Van Broekhoven en Vanhemelrijk (1989) een aantal soorten van grote rivieren beschreven waaraan de effecten van maatregelen gericht op het ecologisch herstel van deze rivieren kunnen worden afgelezen. Door de CUWVO (1988) worden een aantal plante- en diersoorten beschreven die kenmerkend zijn voor de grote rivieren. Door Mol (1985) is een lijst opgesteld met macrofaunasoorten die kenmerkend zijn voor het hydrobiologische district grote rivieren. Een overzicht van de macrofaunasoorten die kenmerkend zijn voor de grote rivieren en waarvan een ecologisch herstel tot de mogelijkheden behoort, is gepresenteerd door Van Dessel (1989). Recent is door Klink (1991) een aantal macrofaunasoorten beschreven van typische nevengul-habitats. Ook is in het afgelopen decennium een groot aantal rapporten en artikelen verschenen over de actuele natuurwaarden van de grote rivieren.

Op basis van bovenstaande bronnen is een eerste lijst met plante- en diersoorten opgesteld, die mogelijk kunnen fungeren als analyse- en beoordelingskader van inrichtingsvarianten van nevengulen. In tabel 4 wordt deze lijst gepresenteerd, waarbij tevens is aangegeven welke onderscheiden milieutypen voor deze soorten relevant is en in welke mate informatie beschikbaar is met betrekking tot de onderscheiden milieuparameters.

Tabel 4. Lijst met mogelijke doelsoorten van nevengeulen. Milieutypen zijn stromend water met grindbodems; stromend water met zand- en kleibodems, inclusief habitatype "schuivend zand" en "snag"; stroomluwe milieus met ondiep water; stroomluwe milieus met diep water; steilrandoevers; periodiek tot regelmatig droogvallende oevers (stranden); weinig tot regelmatig overstroomde oevers. Beschikbaarheid van informatie (info): (-) weinig, (+/-) matig, (+) veel.

a. macrofauna

soort(groep)	stromend, grind	stromend, klei, zand	stagnant, ondiep	stagnant, diep	steilrand	oever laag	oever, hoog	info
Gewone rivierkreeft (<i>Astacus astacus</i>)	x	x						+/-
Dikke hollander (<i>Unio crassus</i>)		x	x	x				+/-
schildersmossel <i>Unio pictorum</i>		x		x				+/-
Driehoeksmossel (<i>Dreissena polymorpha</i>)		x	x	x				+
Levendbarende rivierslak (<i>Viviparus viviparus</i>)	x			x				+/-
rivierslak <i>Theodoxus fluviatilis</i>	x			x				+/-
steenvlieg <i>Nemoura cinerea</i>	x	x						+
steenvlieg <i>Isogenus nubecula</i>	x							-
steenvlieg <i>Isoperla grammatica</i>	x							-
haft <i>Baetis luheri</i>	x			-				+/-
Oeveraas (<i>Palingenia longicauda</i>)		x						+/-
eendagsvlieg <i>Ephoron virgo</i>		x						+/-
eendagsvlieg <i>Potamanthus luteus</i>		x	x					+/-
Weidebeekjuffer (<i>Calopteryx splendens</i>)	x							+
Grote keizerslibel (<i>Anax imperator</i>)			x					+/-
Plasrombout (<i>Gomphus pulchellus</i>)			x	x				+/-
Rivierrombout (<i>Gomphus flavipes</i>)		x						+/-
Beekrombout (<i>Gomphus vulgatissimus</i>)		x		x				+/-
Kleine tanglibel (<i>Onychogomphus forcipatus</i>)	x	x		x				+/-
rivierwants <i>Aphelocheirus aestivalis</i>	x							+/-
kokerjuffer <i>Hydropsyche contubernalis</i>	x							+
kokerjuffer <i>Hydropsyche ornatula</i>	x							-
kriebelmuggen (<i>Simuliidae</i>)	x	x						+/-
vedermug <i>Symposiocladius lignicola</i>			x					-
vedermug <i>Lipiniella arenicola</i>		x		x				+/-
vedermug <i>Dicrotendipes nervosus</i>		x	x					+/-
vedermug <i>Cricotopus sylvestris</i>		x	x					+/-

b. vissen, vogels en zoogdieren

Soort	stromend, grind	stromend, zand, klei	stagnant, ondiep	stagnant, diep	steilrand	oever, laag	oever, hoog	info
Riviergrondel (<i>Gobio gobio</i>)	x	x	x	x				+
Bempje (<i>Nemacheilus barbatulus</i>)	x	x						+/-
Barbeel (<i>Barbus barbus</i>)	x	x						+/-
Baars (<i>Perca fluviatilis</i>)		x	x	x				+
Grote modderkruiper (<i>Misgurnus fossilis</i>)			x					+/-
Kwak (<i>Nycticorax nycticorax</i>)			x			x	x	+
Visarend (<i>Pandion haliaetus</i>)	x	x		x		x	x	+
Waterral (<i>Rallus aquaticus</i>)						x		+
Porseleinhoen (<i>Porzana porzana</i>)						x		+/-
Kleine plevier (<i>Charadrius dubius</i>)						x		+/-
Visdief (<i>Sterna hirundo</i>)	x	x	x	x		x		+
IJsvogel (<i>Alcedo atthis</i>)	x	x	x		x			+
Oeverzwaluw (<i>Riparia riparia</i>)	x	x	x	x	x			+
Otter (<i>Lutra lutra</i>)	x	x	x			x	x	+
Bever (<i>Castor fiber</i>)		x	x	x	x	x		+
Waterspitsmuis (<i>Neomys fodiens</i>)			x		x	x		+/-

c. water- en oeverplanten

Soort/vegetatie	stromend, grind	stromend, zand, klei	stagnant, ondiep	stagnant, diep	steilrand	oever, laag	oever, hoog	info
Rivierfonteinkruid (<i>Potamogeton nodosus</i>)	x	x						+/-
Schedefonteinkruid (<i>Potamogeton pectinatus</i>)		x	x	x				+
Vlottende waterranonkel (<i>Ranunculus fluitans</i>)	x	x						+/-
Watergentiaan (<i>Nymphoides peltata</i>)			x					+
Gele plomp (<i>Nuphar lutea</i>)			x	x				+
Pijlkruid (<i>Sagittaria sagittifolia</i>)		x	x					+/-
Mattenbies (<i>Scirpus lacustris</i>)			x	x				+
Riet (<i>Phragmites australis</i>)		x	x	x		x		+
Zwanebloem (<i>Butomus umbellatus</i>)		x	x			x		+/-
Kalmoes (<i>Acorus calamus</i>)			x			x		+/-
Slijkgroen (<i>Limosella aquatica</i>)						x		+/-
Wilgenbos en -struweel						x	x	+
Essen-iepenbos							x	+
Droge stroomdalflora							x	+

5.3. De klassenindeling van milieufactoren

5.3.1 Inleiding

De invloed van milieuparameters op het voorkomen van de geselecteerde nevengeulsoorten wordt overzichtelijk gepresenteerd in tabellen, de zogenaamde habitat- en standplaatsmatrix. Hiertoe zijn de waarden van milieuparameters ingedeeld in een aantal ecologisch relevante klassen. Deze indeling is tevens bruikbaar voor de beoordeling van inrichtingsvarianten van nevengeulsystemen. Om de tabellen daadwerkelijk overzichtelijk te houden, worden de resultaten per soortgroep gepresenteerd.

5.3.2 De milieufactoren

De milieufactoren van een nevengeulstelsel die van invloed zijn op het voorkomen van macrofyten, vegetatietypen en fauna zijn verdeeld in een aantal kenmerkklassen. De indeling in klassen geschiedt op basis van standplaats- en habitat-eisen die de geselecteerde plant- respectievelijk diersoorten stellen aan hun omgeving. Op basis van de indelingskenmerken kunnen verschillende nevengeulsystemen of delen van een nevengeulstelsel worden onderscheiden, waarin de geselecteerde nevengeulorganismen tot ontwikkeling kunnen komen. Hieronder worden de belangrijkste milieufactoren gepresenteerd en in klassen verdeeld.

Stroming

De milieufactoor stroming is onderscheiden in de volgende klassen:

- * (semi-)stagnant: $<0,1$ m/s
- * langzaam stromend: $0,1-0,3$ m/s
- * stromend: $0,3-0,8$ m/s
- * snelstromend: $>0,8$ m/s

De gehanteerde indeling heeft betrekking op de gemiddelde stroomsnelheid in de stroomdraad. De aan de nevengeul gekoppelde zandwinplassen en kleiputten, voor zover geen onderdeel vormend van de stroomdraad, zijn semi-stagnante wateren. Stroomluwe delen in de vorm van inhammen en zijtakken worden eveneens apart onderscheiden.

Verdonschot e.a (1992) onderscheiden in het kader van een ecologische indeling van Nederlandse oppervlaktewateren slechts 3 klassen: ze maken geen onderscheid in langzaam stromend en stromend. Op grond van de autecologische gegevens van de nevengeulsoorten is het onderscheid in langzaam stromend en stromend water in nevengeulen relevant.

Waterdiepte

Op basis van de (gemiddelde) waterdiepte zijn in het nevenggeulstelsel de volgende delen te onderscheiden:

- * ondiep (<1 meter)
- * matig diep (1-5 meter)
- * diep (>5 meter)

Tot de ondiepe delen van het nevenggeulstelsel worden gerekend de oeverzones van de nevenggeul, zijtakken en de aangetakte kleiputten en zandwinplassen, alsmede de ondieptes in de nevenggeul. Tot de matig diepe delen van het nevenggeulstelsel zijn de stroomgeul en het open water in de kleiput gerekend, alsmede de diepe oeverzone van de zandwinplassen.

Alleen in zandwinplassen is de gemiddelde waterdiepte meer dan 5 meter.

Peilfluctuaties

De mate van hydrodynamiek in rivieren en nevenggeulen komt ook tot uitdrukking in de mate waarin peilfluctuaties optreden. De mate (amplitude) waarin peilfluctuaties optreden is van invloed op het voorkomen en de ontwikkeling van waterplanten in de rivier en in de nevenggeul. Soorten die in de Boven-Rijn en in de bovenloop van de Waal en IJssel in de rivier of in wateren die in open verbinding staan met de rivier kunnen worden aangetroffen, zijn soorten die zich kunnen handhaven in watersystemen waarin grote peilfluctuaties kunnen optreden. Soorten die binnen het Nederlands riviersysteem uitsluitend in de benedenloop van de rivier tot ontwikkeling komen, zijn soorten van geringe peilfluctuaties.

Over de invloed van peilfluctuaties op macrofauna is weinig bekend. Langdurig hoge of lage waterstanden kunnen leiden tot drift van soorten, omdat de milieu-omstandigheden en/of de voedselbeschikbaarheid tijdelijk ongunstig zijn geworden. Het gaat hierbij veelal om niet plaatsgebonden grazers en predatoren (Klink, 1990). De invloed van peilfluctuaties op de meer plaats gebonden filterfeeders is onbekend. De invloed van peilfluctuaties op waterplanten is onderzocht door van Maenen (1989). Op basis daarvan zijn nevenggeulsystemen onderscheiden in twee klassen:

- * geringe peildynamiek: maximale peilfluctuatie is <4 meter
- * hoge peildynamiek: maximale peilfluctuaties is >4 meter

De invloed van peilfluctuaties op het voorkomen van aquatische nevenggeul-organismen is alleen uitgewerkt voor de groep waterplanten. Voor macrofauna en vissoorten is dit vanwege geringe informatie niet uitgewerkt. Van verschillende macrofauna- en vissoorten is evenwel bekend dat ze hun verblijfplaats verlaten wanneer als gevolg van de peildynamiek tijdelijk ongunstige omstandigheden ontstaan. Wanneer de omstandigheden weer in gunstige zin zijn gewijzigd zal weer rekolonisatie optreden, vanuit de lokaties waar de soort zich heeft weten te handhaven.

De effecten van peildynamiek op het voorkomen van oeverplanten komen tot uitdrukking in de milieufactor inundatieduur.

Droogval

De aquatische soorten zijn uiteraard alleen tot het water- en waterbodemmilieu beperkt. Van verschillende soorten is echter bekend, dat ze voor korte tijd droogval kunnen overleven. Daarnaast zijn er soorten die hun levenswijze hebben aangepast aan langdurige droogval, zoals de steenvlieg *Nemoura cinerea*.

De nevengeulsystemen zijn op basis van de factor droogval onderscheiden in:

- * nevengeulen met permanent water, bij lage afvoeren kunnen evenwel grote delen van het systeem droogvallen, zelden geheel droogvallend (duur droogval maximaal 2 weken);
- * nevengeulen waarvan de waterbodem veelal jaarlijks gedurende enkele weken tot maanden kan droogvallen.

Deze indeling is min of meer overeenkomstig met door de Verdonschot e.a. (1992) gehanteerde indeling van watersystemen bij de ecologische typering van aquatische systemen: permanent watervoerend (niet of zelden droogvallend) en droogvallend (duur van droogval gemiddeld meer dan 6 weken per jaar).

Inundatieduur

Voor de oevervegetatie is de inundatieduur een belangrijke milieufactor (o.a. De Graaf e.a., 1990; Ducl, 1991). De oeverzone kan op basis van de gemiddelde inundatieduur worden ingedeeld in de volgende zones:

- * < 5 dagen per jaar
- * 5-20 dagen per jaar
- * 20-50 dagen per jaar
- * 50-100 dagen per jaar
- * 100-150 dagen per jaar
- * 150-250 dagen per jaar
- * > 250 dagen per jaar

Deze klasse-indeling is conform Ducl (1991).

Isolatie

Het aanleggen van drempels bij in- en uitstroombokaties van nevengeulen is van invloed op het meestromend karakter van de nevengeul alsmede op de mate waarin peilfluctuaties, inundatie en droogval in het systeem zullen optreden. De mate van isolatie komt tot uitdrukking in het aantal dagen dat het nevengeulstelsel niet direct in verbinding staat met de rivier. Isolatie is vooral een differentiërende factor langs de bovenloop en middenloop van het Nederlandse riviersysteem, alwaar de stroomsnelheden en peilfluctuaties groot zijn. Door het aanleggen van drempels zal bij lage afvoeren het water stagneren. De gemiddelde duur waarin geen stroming in de nevengeulen optreedt is afhankelijk van de drempelhoogte. De effecten van periodieke stagnatie van het water in de nevengeulen op macrofauna zijn moeilijk in te schatten. Dit is in belangrijke mate afhankelijk van de veranderingen in het

zuurstofgehalte en de voedselbeschikbaarheid en in welke mate de soorten zich aan de veranderde omstandigheden kunnen aanpassingen. Specifiek onderzoek hiernaar heeft niet plaats gevonden.

Een indicatie van de effecten van periodieke stagnatie op macrofauna kan worden verkregen aan de hand van hun preferentie voor stroming. Soorten die optimaal voorkomen in langzaam stromende wateren maar eventueel ook in stagnante wateren kunnen worden aangetroffen, kunnen zich handhaven in nevengeulen waarin de stroomsnelheid gedurende lange perioden (enkele maanden) minimaal is. Soorten die optimaal voorkomen in stromende wateren, maar ook in langzaam stromende of in semi-stagnante wateren kunnen worden aangetroffen, kunnen zich vermoedelijk handhaven in nevengeulen waarin de stroomsnelheid gedurende enkele weken stagnant is. Soorten die uitsluitend worden aangetroffen in stromende en snelstromende wateren kunnen zich vermoedelijk niet handhaven in nevengeulen waar de stroomsnelheid gedurende enkele weken zeer gering is.

De volgende isolatieklassen zijn onderscheiden (aantal dagen niet in direct contact met de rivier):

- (a) <15 dagen per jaar
- (b) 15-100 dagen per jaar
- (c) 100-300 dagen per jaar
- (d) >300 dagen per jaar

Oevermorfologie

De volgende indeling wordt gehanteerd:

- * steilrand en steile oevers (<1:3)
- * matige steile oevers (1:3-10)
- * oevers met flauw talud (>1:10)

De oevergebonden soorten hebben of een voorkeur voor steile oevers of zijn gebaat bij flauwe oevers. De klasse matige steile oevers is daarom in het vervolg buiten beschouwing gelaten.

Substraat

Substraat is ingedeeld in:

- * grind, steen
- * zand, zavel
- * klei
- * slik
- * water- en oevervegetatie en dood organisch materiaal

Oevervegetatie

Het voorkomen van fauna is in belangrijke mate gerelateerd aan vegetatietypen.

Voor vogels en zoogdieren zijn de volgende oevervegetatietypen onderscheiden:

- * pioniervegetaties, kale bodem (P)
- * moerasvegetaties (M)
- * (meidoorn)struwelen en (braam- en brandnetel)ruigten (S)
- * wilgenbos en -struweel (W)
- * essen-iepenbossen (B)
- * graslanden (G)

Chloridegehalte

Dit is in deze studie niet uitgewerkt.

Zuurstofgehalte

In ecologisch optimale grote rivieren is het gemiddelde zuurstofgehalte > 8 mg/l (CUWVO, 1988). De algemene milieukwaliteit voor zuurstof is gesteld op 5 mg/l (Min. V en W, 1989). De volgende klassen zijn onderscheiden:

- * zuurstofarm: < 5 mg/l
- * matig zuurstofrijk: 5-8 mg/l
- * zuurstofrijk: > 8 mg/l

Helderheid

De helderheid is van belang voor de ontwikkeling van waterplanten en algen en voor diersoorten die afhankelijk zijn van de aanwezigheid van waterplanten en/of algenproductie. Verder is de helderheid van belang voor de zichtjagers onder de predatoren van aquatische organismen. De AMK voor doorzicht voor rivieren is gesteld op 0,4 meter. Verschillende soorten zijn echter gebaat bij grote zichtdiepten. De volgende klassen zijn onderscheiden:

- * troebel water: doorzicht $< 0,4$ meter
- * helder water: doorzicht $> 0,4$ meter

Eutrofiëgraad

De eutrofiëgraad wordt bepaald door de stikstof- en fosforconcentraties in het oppervlaktewater. Er zijn verschillende indelingen voor voedselrijkdom van het water bekend. De natuurlijke voedselrijkdom van de Maas en Rijn wordt geschat op 0,1-0,2 mg P/l ortho-fosfaat en < 1 mg N/l nitraat (CUWVO, 1988). Een dergelijke eutrofiëgraad wordt in het algemeen getypeerd als voedselrijk. De getalswaarden voor stikstof en fosfor behorende bij de algemene milieukwaliteit (AMK) zijn 2,2 mg N/l totaal-stikstof en 0,15 mg P/l totaal-fosfaat. Dit houdt in dat de AMK voor stikstof en fosfor ongeveer overeenkomt met de natuurlijke voedselrijkdom van de grote rivieren. In de huidige situatie is het rivierwater zeer voedselrijk. De minder voedselrijke wateren in het rivierengebied zijn momenteel vooral beperkt tot de watersystemen die weinig tot zelden in direct contact staan met de rivier (< 20 dagen per jaar). Op grond van bovenstaande worden slechts 2 klassen onderscheiden:

- * voedselrijk ($< amk$)
- * zeer voedselrijk ($> amk$)

De klassegrens wordt bepaald door de stikstof- en fosforgehalten (N+P) behorende bij de algemene milieukwaliteit (AMK). Soorten die momenteel in de grote rivieren worden aangetroffen kunnen dus in zeer voedselrijk water overleven.

Vervuilingsgraad

Over de eisen die soorten stellen ten aanzien van de gehalten aan zware metalen en organische micro-verontreinigingen is nog weinig bekend. Uiteraard zijn deze soorten gebaat bij schoon water en een schone waterbodem. Daarom wordt ervan uitgegaan dat alle nevengeulsoorten alleen optimaal tot ontwikkeling kunnen komen bij een water- en waterbodempkwaliteit ten aanzien van zware metalen en organische micro-verontreinigingen die voldoet aan de AMK. Op basis hiervan is er slechts een klasse onderscheiden: namelijk soorten die zich bij de huidige vervuilingsgraad ten aanzien van toxische stoffen kunnen handhaven.

5.4. Standplaatsmatrix water- en oeverplanten

De betekenis van de verschillende milieufactoren voor de geselecteerde water- en oeverplanten is in matrix-vorm weergegeven (tabel 5). In de matrix zijn de volgende symbolen opgenomen:

- ++ sterke voorkeur, vereist
- + voorkomend
- niet voorkomend, voorkomen marginaal
- 0 geen standplaats- of habitatfactor van betekenis
- ? voorkomen onbekend

Waterplanten

Rivierfonteinkruid en vlottende waterranonkel zijn soorten van stromende wateren. Ook schedefonteinkruid komt in stromende wateren voor, daar de soort via een uitgebreid wortelstelsel niet gemakkelijk uit de bodem losgerukt kan worden (Van Katwijk en Roelofs, 1988). Schedefonteinkruid komt ook in stagnante wateren tot ontwikkeling, met name op lokaties met veel golfbeweging (Doef e.a., 1991). Rivierfonteinkruid, vlottende waterranonkel en schedefonteinkruid zijn soorten die in een meestromende nevengeul in de geul tot ontwikkeling kunnen komen.

Watergentiaan is een soort van stagnante en langzaamstromende wateren. Gele plomp en pijlkruid hebben een voorkeur voor stroomluwe milieus. Rivierfonteinkruid, schedefonteinkruid, vlottende waterranonkel en gele plomp groeien vooral in matig diep water (1-3 meter).

Tabel 5. Standplaatsmatrix van water- en oeverplanten en -vegetaties.

Soort/vegetatie	stroomsnelheid (cm/s)				waterdiepte (m)			peilfluct. (m)		droogvallen	
	<0,1	0,1-0,3	0,3-0,8	>0,8	<1	1-5	>5	<4	>4	niet	wel
Rivierfonteinkruid	-	+	++	-	+	++	-	+	+	++	-
Schedefonteinkruid	++	+	+	-	+	++	-	+	+	++	-
Vlottende waterranonkel	-	+	++	+	++	+	-	++	-	++	-
Watergentiaan	++	++	+	-	++	+	-	++	+	++	-
Gele plomp	++	+	-	-	+	+	-	++	+	++	-
Pijlkruid	++	+	-	-	++	+	-	++	+	+	+
Mattenbies	++	-	-	-	++	+	-	++	-	++	-
Riet	++	+	-	-	++	-	-	++	+	++	+
Zwanebloem	++	+	-	-	++	-	-	+	+	++	+
Kalmoes	++	-	-	-	++	-	-	+	+	++	-
Slijkgroen	0	0	0	0	0	0	0	+	++	+	++
Wilgenbos en -struweel	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Essen-iepenbos	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Droge stroomdalflora	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Vervolg tabel 5

soort/vegetatie	isolatie (dgn/jaar)				inundatieduur (dgn/jr)							oevermorf.	
	<15	15-100	100-300	>300	<5	5-20	20-50	50-100	100-150	150-250	>250	steil	flauw
Rivierfonteinkruid	++	+	+	-									
Schedefonteinkruid	0	0	0	0									
Vlottende waterranonkel	++	+	-	-									
Watergentiaan	-	-	+	++									
Gele plomp	-	-	-	++									
Pijlkruid	0	0	0	0	-	-	-	-	-	+	++	-	++
Mattenbies	-	-	-	++	-	-	-	-	-	+	++	-	++
Riet	+?	+?	+	++	-	-	-	+	+	+	+	-	++
Zwanebloem	++	++	++	+	-	-	-	-	+	+	+	-	++
Kalmoes	+	+	+	++	-	-	-	-	-	+	++	+	+
Slijkgroen	++	++	++	+	-	-	-	-	-	++	+	-	++
Wilgenbos en -struweel	++	++	++	+	-	-	+	++	++	+	-	-	++
Essen-iepenbos	0	0	0	0	++	++	+	-	-	-	-	-	++
Droge stroomdalflora	0	0	0	0	++	+	-	-	-	-	-	+	++

Vervolg tabel 5.

soort/vegetatie	substraat				helderheid (m)		eutrofiëgraad	
	grind, steen	zand, zavel	klei	slib	<0,4	>0,4	rijk	zeer rijk
Rivierfonteinkruid	+	+	++	-	0	0	0	0
Schedefonteinkruid	+	+	+	-	+	++	0	0
Vlottende waterranonkel	+	+	?	-	+	++	0	0
Watergentiaan	-	+	++	-	+	++	0	0
Gele plomp	-	+	+	++	0	0	0	0
Pijlkruid	-	+	+	+	0	0	0	0
Mattenbies	-	+	+	++	0	0	++	+
Riet	0	0	0	0	0	0	0	0
Zwanebloem	-	+	+	-	0	0	0	0
Kalmoes	-	+	+	++	0	0	++	+
Slijkgroen	-	-	++	+	0	0	0	0
Wilgenbos en -struweel	+	++	++	-	0	0	0	0
Essen-iepenbos	-	++	+	-	0	0	0	0
Droge stroomdalflora	-	++	-	-	0	0	0	0

De nymphaeiden (gele plomp, watergentiaan en rivierfonteinkruid) verdragen een relatief grote mate van peildynamiek. Deze soorten hebben op het wateroppervlak drijvende bladeren. De bladstelen zijn meestal langer dan strikt noodzakelijk om de bladeren tot aan het wateroppervlak te brengen, waardoor ze enige stijging van het waterpeil kunnen opvangen. Daarnaast kunnen de bladstelen bij hoge waterpeilen nog wat uitgroeien (Bloemendaal e.a., 1988). In het rivierengebied worden extreem hoge waterstanden als gevolg van zomerhoogwaters in het algemeen goed verdragen (Brock e.a., 1987; Bloemendaal e.a., 1988). Frequent optredende hoogwaters zijn wel nadelig voor de groei (Brock e.a., 1987). De nymphaeide waterplanten kunnen perioden van droogval overleven door het ontwikkelen van "landvormen". Bij jaarlijks terugkerende droogval in de zomermaanden zullen deze soorten echter het onderspit delven. Het vormt dan een milieu waarin pioniervegetaties van slijkgroen, watertorkruid en gele waterkers tot ontwikkeling komen. In het rivierengebied komt gele plomp optimaal voor, waar de fluctuaties van het waterpeil gemiddeld minder dan 2,5 meter zijn (Maenen, 1989). Dit hangt vermoedelijk samen met het feit dat gele plomp bij voorkeur in bodems met dikke modderlaag wortelt. Bij wateren die regelmatig in direct contact staan met de rivier is een dergelijke modderlaag niet of marginaal aanwezig als gevolg van waterstroming. Bij rivierdynamische milieus is gele plomp beperkt tot de wateren in bekade uiterwaarden, met name in wateren die minder dan 20-40 dagen per jaar in direct contact staan met de rivier (Janse, 1986; De Graaf e.a., 1990; Van den Brink, 1990; Ducl, 1991). Watergentiaan wortelt bij voorkeur in kleibodems met hoogstens een dunne sliblaag. Deze soort wordt in tegenstelling tot gele plomp in meer dynamische milieus aangetroffen.

De drijfbladeren van de nymphaeiden zorgen ervoor dat de fotosynthese van de plant niet belemmerd wordt door een troebele waterlaag (Smits e.a., 1988; Doef e.a., 1991). De initiële groei in het voorjaar geschiedt via mobilisatie van de in de wortels en wortelstokken opgeslagen reservestoffen (Van Katwijk en Roelofs, 1986). Watergentiaan heeft echter een geringe capaciteit voor het opslaan van reservestoffen in de ondergrondse biomassa. Hierdoor kan in troebele wateren de initiële groei worden geremd (Van Katwijk en Roelofs, 1988). Schedefonteinkruid en vlottende waterranonkel bezitten uitsluitend ondergedoken bladeren. Deze soorten zijn voor hun groei afhankelijk van helder water.

De geselecteerde waterplanten komen zowel in voedselrijke als in zeer voedselrijke wateren voor (Van Katwijk en Roelofs, 1988). De eutrofiëgraad heeft weinig invloed op het voorkomen van deze planten, zowel in stromende wateren als in stagnante wateren ((Doef e.a., 1991).

Oeverplanten en -vegetaties

De in het water staande oeverplanten zijn weinig tot niet bestand tegen stroming.

Pijlkruid, zwanebloem en kalmoes zijn soorten die grote peilfluctuaties goed verdragen.

Kalmoes verdraagt echter geen stroming. De soort wortelt losjes in de bodem, en spoelt hierdoor snel weg. In het rivierengebied is de soorten beperkt tot kleiputten en strangen die zeer geïsoleerd zijn van de rivier (< 20 dagen in direct contact met de rivier) (Janse, 1986; Van de Steeg, 1990). In nevengeulsystemen komt kalmoes alleen tot ontwikkeling in stroomluwe delen (bv. in aangetakte kleiputten). Pijlkruid en zwanebloem verdragen enige stroming en kunnen op de oevers van nevengeulen tot ontwikkeling komen. Beide soorten kunnen op droogvallende oevers tot ontwikkeling komen.

Mattenbies is een soort van geringe stroomsnelheid en peildynamiek. Alleen in de benedenloop kan de soort op de rivieroevers worden aangetroffen, alsmede langs gestuwde riviertrajecten. Het voorkomen van mattenbies op de oevers van nevengeulen is dan ook beperkt tot nevengeulen langs de benedenloop van rivier, waar de hydrodynamiek (peilfluctuaties en stroomsnelheid) gering is. Langs de middenloop en bovenloop van de rivieren is het voorkomen van mattenbies op de oevers van nevengeulen beperkt tot nevengeulen die weinig in direct contact staan met de rivier.

Riet komt tot ontwikkeling op de oevers van nevengeulen met geringe en matige rivierdynamiek. Op de oevers van nevengeulen met grote mate van hydrodynamiek domineren wilgenbossen met schietwilg en op de laagste delen komen pioniervegetaties met slijkgroen tot ontwikkeling. Slijkgroenvegetaties komen alleen op de drooggevallene bodems tot ontwikkeling. Bij inundatie of uitdroging van de bodem verdwijnt slijkgroen weer.

De hooggelegen delen van de oevers worden onregelmatig geïnundeerd door rivierwater. Op deze delen van de oever komen hardhoutooibossen en stroomdalgraslanden tot ontwikkeling.

5.5 Habitatmatrix macrofauna en vissen

De betekenis van de verschillende milieufactoren voor de geselecteerde macrofauna- en vissoorten is in matrix-vorm weergegeven (tabel 6). In de matrix zijn de volgende symbolen opgenomen:

- ++ sterke voorkeur, vereist
- + voorkomend
- niet voorkomend, voorkomen marginaal
- 0 geen standplaats- of habitatfactor van betekenis
- ? voorkomen onbekend

Macrofauna

De "nevengeul"-macrofauna kan grofweg worden ingedeeld in drie groepen.

In de eerste plaats kan een groep worden onderscheiden van (snel)stromend water. Ze zijn in belangrijke mate gebonden aan zuurstofrijk water en grind- en zandbodems. Tot deze groep kunnen ondermeer worden gerekend rivierkreeft, de waterwants *Aphelocheirus aestivalis* en de larven van de steenvliegen *Isogenus nubecula* en *Isoperla grammica*, de eendagsvliegen *Baetis lutheri*, *Ephoron virgo* en oeveraas, de kriebelmuggen, de weidebeekjuffer, de rivierrombout en de kokerjuffer *Hydropsyche contubernalis*. Hiervan is de oeveraas aan kleibodems gebonden. In het algemeen zijn nevengeulen waarin het water stagneert ongeschikt voor deze soorten, omdat in die situaties voor deze soorten onvoldoende zuurstof of voedsel beschikbaar/aanwezig is.

Een aantal soorten van (snel)stromend water wordt tevens in grote plassen en meren aangetroffen. Ze zijn dan beperkt tot de oeverzone waar door windwerking een turbulent zuurstofrijk milieu ontstaat. Het gaat hierbij ondermeer om de slak *Theodoxus fluviatilis* en de libellelarven *Gomphus vulgatissimus* en *Onychogomphus forcipatus*. Deze soorten kunnen in nevengeulen waarin het water stagneert overleven, indien door windwerking de vereiste milieu-omstandigheden aanwezig zijn (bv. nevengeulen waaraan zandwinplassen zijn aangetakt).

De laatste groep bestaat uit soorten van langzaam stromend en stagnant water. In het rivierengebied worden ze vooral aangetroffen in de benedenloop en in de midden- en bovenloop in stroomluwe milieus langs de geul en in de stagnante wateren in de uiterwaard die in open verbinding staan met de rivier. De soorten leven op of tussen de waterplanten, in slibbodems en/of in zand- en kleibodems. Tot deze groep behoren ondermeer de mosselsoorten *Unio crassus*, *Unio pictorum* en de driehoeksmossel en de slak *Viviparus viviparus* en de larven van de eendagsvlieg *Potamanthus luteus*, de grote keizerslibel, de plasrombout en de muggelarven *Cricotopus sylvestris*, *Lipiniella arenicola* en *Dicrotendipes nervosus*.

Tabel 6. De habitatmatrix van macrofauna en vissen.

soort	stroomsnelheid (m/s)				waterdiepte (m)			isolaie (dgn/j)			
	<0,1	0,1-0,3	0,3-0,8	>0,8	<1	1-5	>5	<15	<15-100	100-300	>300
Astacus astacus	-	+	++	+	+	++	-	++	+	+	-
Unio crassus	++	++	+	-	+	+	-	0	0	0	0
Unio pictorum	++	+	+	-	+	+	-	+	+	+	++
Dreissena polymorpha	++	+	+	-	-	++	+	+	+	+	++
Viviparus viviparus	++	+	-	-	++	+	-	0	0	0	0
Theodoxus fluviatilis	+	+	++	-	+	++	-	++	+	+	+
Nemoura cinerea	+	++	++	-	+	+	-	++	++	+	+
Isogenus nubecula	-	-	+	++	-	+	-	++	-	-	-
Isoperla grammica	-	-	+	++	-	+	-	++	-	-	-
Baetis lutheri	-	+	++	+	+	++	-	++	-	-	-
Palingenia longicauda	-	+	++	-	+	++	+	++	-	-	-
Ephoron virgo	-	+	++	+	-	+	-	++	-	-	-
Potamanthus luteus	-	++	+	-	+	+	-	++	++	+	-
Calopteryx splendens	-	+	++	-	+	+	-	++	+	-	-
Anax imperator	++	+	-	-	+	-	-	+	+	++	++
Gomphus pulchellus	++	+	-	-	++	+	-	0	0	0	0
Gomphus flavipes	-	++	++	-	+	+	-	++	+	-	-
Gomphus vulgatissimus	+	+	++	-	+	-	-	++	+	+	+
Onychogomphus forcipat.	+	+	++	-	+	-	-	++	+	+	+
Aphelocheirus aestivalis	-	-	+	++	+	++	-	++	-	-	-
Hydropsyche contubern.	-	-	+	++	+	++	-	++	-	-	-
Simulium spec.	-	-	++	-	+	++	-	++	-	-	-
Lipiniella arenicola	++	++	+	-	++	+	-	0	0	0	0
Dicretendipes nervosus	+	++	+	-	++	+	+	+	+	+	++
Cricotopus sylvestris	++	+	+	-	++	-	-	0	0	0	0
Riviergrondel	+	+	+	-	+	+	-	0	0	0	0
Bempje	-	+	++	+	-	++	-	++	+	+	-
Barbeel	-	+	+	++	-	++	-	++	+	+	-
Baars	++	++	+	-	+	++	+	+	+	++	++
Grote modderkruiper	++	+	-	-	++	+	-	-	-	+	++

Vervolg tabel 6.

soort	droogval		substraat					zuurstof (mg/l)			eutrofic	
	niet	wel	grind	zand	klei	slib	veget. "snag"	<5	5-8	>8	rijk	zeer rijk
Astacus astacus	++	-	0	0	0	0	0	-	-	++	++	+
Unio crassus	++	-	+	++	+	+	+	-	+	+	++	+
Unio pictorum	++	-	-	++	-	+	-	-	+	+	++	+
Dreissena polymorpha	++	-	++	+	+	-	+	-	+	+	++	+
Viviparus viviparus	++	-	++	+	-	-	+	-	+	+	++	+
Theodoxus fluviatilis	++	-	++	+	-	-	-	-	-	++	++	+
Nemoura cinerea	+	+	+	+	-	-	++	-	+	+	0	0
Isogenus nubecula	++	-	++	-	-	-	-	-	-	++	++	?
Isoperla grammica	++	-	++	-	-	-	-	-	-	++	++	?
Baetis lutheri	++	-	++	-	-	-	+	-	+	++	++	+
Palingenia longicauda	++	-	+	-	++	-	-	-	+	++	++	-
Ephoron virgo	++	-	-	++	-	-	-	-	+	++	++	+
Potamanthus luteus	++	-	+	-	-	++	+	-	+	+	+	?
Calopteryx splendens	++	-	+	+	-	-	+	-	-	++	++	+
Anax imperator	++	-	-	-	-	-	++	0	0	0	++	-
Gomphus pulchellus	++	-	-	-	-	+	+	-	+	+	++	-
Gomphus flavipes	++	-	+	++	-	-	-	-	-	++	++	?
Gomphus vulgatissimus	++	-	+	++	+	-	-	-	-	++	++	?
Onychogomphus forcipat.	++	-	++	++	-	-	+	-	+	++	++	?
Aphelocheirus aestivalis	++	-	++	+	-	-	-	-	+	++	++	?
Hydropsyche contuberm.	++	-	++	-	-	-	-	-	-	++	++	+
Simulium spec.	++	-	-	-	-	-	++	-	-	++	++	?
Lipiniella arcnicola	++	-	-	++	-	-	+	-	+	+	++	+
Dicrotendipes nervosus	++	-	+	+	-	+	-	-	+	+	++	+
Cricotopus sylvestris	++	-	+	++	-	-	-	-	+	+	++	+
Riviergrondel	++	-	-	++	-	-	+	0	0	0	0	0
Bempje	++	-	+	+	-	-	+	-	-	++	++	+
Barbeel	++	-	+	+	-	-	-	-	-	++	++	+
Baars	++	-	-	-	-	-	+	-	+	++	++	+
Grote modderkruiper	++	-	-	-	+	+	+	0	0	0	++	+

Van de geselecteerde macrofaunasoorten is de steenvlieg *Nemoura cinerea* aangepast aan wateren die langdurig kunnen droogvallen. Van een aantal andere soorten is bekend, dat ze korte perioden droogval kunnen overleven, o.a. *Lipiniella arenicola* en *Hydropsyche contubernalis*.

Soorten die momenteel in de grote rivieren worden aangetroffen zijn gewone rivierkreeft, de schildersmossels, driehoeksmossel, levendbarende rivierslak, de rivierslak *Theodoxus fluviatilis*, de steenvlieg *Nemoura cinerea*, de eendagsvlieg *Ephoron virgo*, de weidebeekjuffer, de plasrombout, de want *Aphelocheirus aestivalis*, de kokerjuffer *Hydropsyche contubernalis*, de vedermuggen *Lipiniella arenicola*, *Dicrotendipes nervosus* en *Cricotopus sylvestris*. Een groot deel van deze soorten is in de afgelopen tien jaar weer in de grote rivieren verschenen.

Van de volgende groep soorten zijn de mogelijkheden voor rekolonisatie zeer minimaal dan wel uitgesloten: oevertaars, de steenvliegen *Isogenus nubecula* en *Isoperla grammica*, de rivierrombout en rheofiele kriebelmuggen.

Vissen

Bermpje en barbeel zijn soorten van (snel)stromend en zuurstofrijk water. Voor de voortplanting is het bermpje afhankelijk van de aanwezigheid van water- en oeverplanten. De barbeel zet de eieren af op de grindbodem (Nijssen en De Groot, 1985). De barbeel overwintert bij voorkeur in diepe wateren die in verbinding staan met de rivier (Dumont, 1982).

Riviergrondel is een soort van stromend water die ook talrijk in wateren aanwezig kan zijn, waarin het water langdurig stagnant is. In stagnante wateren kan de riviergrondel zowel in voedselrijk als zeer voedselrijk talrijk aanwezig zijn (Pygott e.a., 1990). De riviergrondel is voor de voortplanting afhankelijk van de aanwezigheid van water- en oeverplanten (Nijssen en De Groot, 1985).

De baars en grote modderkruiper zijn soorten van stagnante wateren, die tevens in langzaamstromende wateren kunnen voorkomen (Nijssen en De Groot, 1985). Voor de voortplanting zijn de baars en grote modderkruiper afhankelijk van de aanwezigheid van water- en oeverplanten. Van de baars is bekend dat ook eieren worden afgezet op ondergelopen vegetaties en op in het water hangende takken en liggende bomen (Thorpe, 1977). De baars overwintert bij voorkeur in diepe meren en plassen.

Door zich in te graven in de bodem kunnen bermpje en grote modderkruiper korte perioden van droogval en van lage zuurstofconcentraties in het water overleven. Ze zijn namelijk in staat om atmosferische lucht in te ademen (Redeke, 1948; Nijssen en De Groot, 1987).

5.6. Habitatmatrix vogels en zoogdieren

De betekenis van de verschillende milieufactoren voor de geselecteerde vogel- en zoogdiersoorten is in matrix-vorm weergegeven (tabel 7). In de matrix zijn de volgende symbolen opgenomen:

- ++ sterke voorkeur, vereist
- + voorkomend
- niet voorkomend, voorkomen marginaal
- 0 geen standplaats- of habitatfactor van betekenis
- ? voorkomen onbekend

Vogels

Kwakken en visarenden broeden in ooibossen, bij voorkeur wordt genesteld in hoge schietwilgen en populieren. De kwak nestelt vooral in bomen die regelmatig met "hun voeten" in het water staan. Doordat ze hoog in de boom nestelen ondervinden ze weinig hinder van zomerhoogwater. Incidentele gevallen van weggespoelde kolonies van kwakken zijn bekend (Cramp en Simmons, 1977; McEwen e.a., 1984). Kwakken foerageren langs de oevers van ondiepe wateren, vooral van poelen en plassen die zijn ontstaan na een hoogwater. Kwakken foerageren langs de waterkant en vanaf boven het water hangende takken naar vissen, amfibieën en waterinsekten. De visarend foerageert in helder water, zowel stromend (nevengeul, rivier) en stagnant water (meren, plassen) op vis. Beide soorten zijn gevoelig voor vervuiling (Duel e.a., 1988).

Waterrallen en porseleinhoenen profiteren van hoogwaters die optreden in april tot begin juni. Ze broeden in dichte moerasvegetaties of droogvallende graslanden (Van den Bergh e.a., 1979). In het broedseizoen foerageren ze in moerasvegetaties en langs de waterrand vanuit dekkingbiedende vegetaties.

Kleine plevier, oeverloper en visdief broeden op de schaars begroeide zandstrandjes van de oevers van de nevengeul en rivier en op de oevers van zandwinplassen (van den Bergh e.a., 1979; Gerritsen e.a., 1985). Als gevolg van het rivierdynamische milieu komen langs de rivier en nevengeul onbegroeiende oevers voor die bij lage afvoeren droogvallen. Evenals bij porseleinhoen en waterral betekent het leven in een zeer hydrodynamische milieu dat de milieu-omstandigheden van jaar tot jaar alsook binnen het broedseizoen sterk kunnen fluctueren, hetgeen niet alleen van invloed is op het aantal broedparen, maar ook op het broedsucces. De visdief foerageert in helder water. De visdief is gevoelig voor verontreinigingen (Van den Bergh e.a., 1979).

Tabel 7. Habitatmatrix van de geselecteerde vogels en zoogdieren

soort	stroomsnelheid (m/s)			waterdiepte (m)			peilfluct. (m)	
	< 0,1	0,1-0,3	> 0,3	< 1	1-5	>5	< 4	>4
kwak	++	-	-	++	-	-	0	0
visarend	0	0	0	-	+	+	0	0
waterral	0	0	0	+	-	-	+	++
porseleinhoen	0	0	0	+	-	-	+	++
kl. plevier	0	0	0	+	-	-	+	++
visdief	0	0	0	-	+	+	+	++
ijsvogel	-	++	++	++	+	-	++	+
oeverzwaluw	0	0	0	0	0	0	++	+
otter	++	+	+	+	++	-	++	+
bever	0	0	+	+	++	+	++	+
waterspitsmuis	+	++	++	++	-	-	++	-

Vervolg tabel 7.

soort	isolatie (dgn/j)				droogval		bodemtype			
	<15	15-100	100-300	>300	niet	wel	grind steen	zand	klei	slib
kwak	0	0	0	0	0	0	-	+	+	+
visarend	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
waterral	0	0	0	0	++	-	-	+	+	+
porseleinhoen	0	0	0	0	++	-	-	+	+	+
kl. plevier	++	+	-	-	++	?	-	++	+	+
visdief	++	+	-	-	++	?	-	++	-	-
ijsvogel	++	+	-	-	++	-	-	++	+	-
oeverzwaluw	0	0	0	0	0	0	-	++	-	-
otter	0	0	0	0	++	-	-	+	+	+
bever	0	0	0	0	++	-	-	+	++	-
waterspitsmuis	++	++	+	-	++	-	-	+	+	+

Vervolg tabel 7.

soort	oevervegetatietype/structuur						oevertalud	
	P	M	S	W	B	G	flauw	steil
kwak	-	+	+	++	-	-	++	-
visarend	-	-	-	+	+	-	0	0
waterral	-	++	+	+	-	-	++	-
porseleinhoen	-	++	-	-	-	+	++	-
kl. plevier	++	-	-	-	-	-	++	-
visdief	++	-	-	-	-	-	++	-
ijsvogel	-	-	-	+	-	-	-	++
oeverwaluw	0	0	0	0	0	0	-	++
otter	-	++	+	+	+	-	++	-
bever	-	-	+	++	+	-	+	++
waterspitsmuis	-	++	+	+	-	-	+	++

Vervolg tabel 7.

soort	doorzicht (m)		eutrofiëgraad		vervuiling
	<0,4	>0,4	<amk	>amk	
kwak	0	0	0	0	-
visarend	-	++	++	+	-
waterral	0	0	0	0	0
porseleinhoen	0	0	0	0	0
kl. plevier	0	0	0	0	0
visdief	-	++	++	+	-
ijsvogel	-	++	++	+	-
oeverwaluw	0	0	0	0	0
otter	-	++	++	+	-
bever	0	0	++	+	0
waterspitsmuis	-	++	++	+	-

De oeverzwaluw en ijsvogel broeden in steilranden. Zomerhoogwaters kunnen desastreuze gevolgen voor de nestjongen hebben. De steilranden moeten zomerhoogwatervrije delen bevatten, willen ijsvogels en oeverzwaluwen in grote aantallen in de oever nestelen. Ijsvogels foerageren in stromend helder water naar vissen, bij voorkeur vanaf boven het water hangende takken. De ijsvogel is gevoelig voor toxische verontreinigingen.

Zoogdieren

Otters foerageren in helder visrijk water. Vooral wateren met dekkingbiedende vegetaties op de oever worden geprefereerd. Otters zijn zeer gevoelig voor verontreinigingen met toxische stoffen. Nest- en rustplaatsen zijn gelegen in moerassen, broekbossen en wilgenbossen en -struwelen. Nestplaatsen liggen bij voorkeur op overstromingsvrije lokaties. Vanwege de hydrodynamiek waren otter-populaties in het verleden langs de rivier lang niet zo goed ontwikkeld als in binnendijkse moerasgebieden (Van Wijngaarden en Van Peppel, 1970). Sinds de bevers in de Biesbosch zijn uitgezet, behoort rekolonisatie van de grote rivieren tot de mogelijkheden. Bevers bewonen twee soorten nesten: in de oever uitgegraven hollen (vooral steile oevers) en in opgeworpen takkenburchten (Van der Ouderaa en Boere, 1984). De ingang van beide type hollen ligt altijd onder water. Bevers mijden wateren die in de zomer droogvallen. In watersystemen waarin peilfluctuaties optreden worden dammen gebouwd, zodat in laagwaterperioden voldoende water aanwezig is. In de nabijheid van de woonplaats dienen bossen aanwezig te zijn.

De waterspitsmuis bewoont (steile) oevers van vooral langzaamstromende wateren, indien een dichte moerasvegetatie op de oevers aanwezig is. In wateren met peilfluctuaties volgen de waterspitsmuizen de waterlijn. Evenwel wateren met grote peilfluctuaties worden gemedend. Waterspitsmuizen prefereren heldere, mesotrofe wateren, alwaar ze jagen op waterinsekten (Brockhuizen e.a., 1992).

6

De effecten van inrichtingsmaatregelen op nevengeulorganismen

6.1. Inleiding

In het kader van ecologische herstel van de grote rivieren is het aanleggen van nevengeulen van groot belang, omdat hierdoor milieu-omstandigheden kunnen worden gecreëerd, waardoor kenmerkende soorten van het riviersysteem zich kunnen vestigen en tot ontwikkeling komen, die door de normalisatie en de intensivering van de scheepvaart sterk achteruit zijn gegaan of zelfs geheel uit het riviersysteem zijn verdwenen. In de nevengeulen is binnen bepaalde grenzen vrij spel voor de morfologische processen erosie en sedimentatie, waardoor een dynamische variatie aan milieu-omstandigheden ontstaat. Voor veel soorten uit het riviersysteem ontstaan er dan mogelijkheden voor vestiging. In de nevengeulen vindt geen scheepvaart plaats, zodat behalve bij de in- en uitstroomopening geen verstorende invloed van scheepsgolven ontstaat.

Nevengeulen zijn in een natuurlijk riviersysteem per definitie niet altijd meestromend en permanent watervoerend. Door sedimentatieprocessen bij in- en uitstroomopening van nevengeulen kunnen natuurlijke drempels ontstaan, waardoor bij lage afvoeren het water in de nevengeul stagneert. Ook kunnen bijvoorbeeld door activiteiten van bevers drempels in nevengeulen ontstaan. Door sedimentatieprocessen kunnen ook ondiepe nevengeulen of nevengeulen met veel ondieptes ontstaan. Droogvallen van (grote delen) van nevengeulen is in een natuurlijk riviersysteem geen onbekend fenomeen. Dit houdt in dat in een natuurlijk riviersysteem niet iedere nevengeul optimale ontwikkelingskansen biedt voor rheofiele nevengeulorganismen.

Echter, om in nevengeulen levensgemeenschappen tot ontwikkeling te laten komen die in het verleden (in grote aantallen) in hoofdgeulen aanwezig waren, dienen nevengeulen stromend water te bevatten. Dit zal in de praktijk niet altijd mogelijk zijn, vanwege een aantal rivierkundige randvoorwaarden, zoals het voorkomen van aanzanding in hoofdgeul en het handhaven van een minimale waterdiepte in hoofdgeul bij laagwaterafvoeren. Bepaalde inrichtingsmaatregelen zullen dan noodzakelijk zijn, waardoor de nevengeulen niet permanent watervoerend zijn of niet permanent stromend water hebben. Om inzicht te verkrijgen in de effecten van dergelijke maatregelen op soorten die in een nevengeul-ecosysteem kunnen worden verwacht (de "nevengeulsoorten"), is in hoofdstuk 5 voor een aantal van deze soorten de habitateisen op een rijtje gezet. In dit hoofdstuk worden deze eisen gerelateerd aan de milieu-omstandigheden die ontstaan als gevolg van inrichtingsmaatregelen, zoals in hoofdstuk 2 beschreven.

De consequenties van inrichtingsmaatregelen op nevengeulsoorten zijn hieronder alleen in globale termen beschreven, omdat het niet mogelijk was in de korte onderzoeksperiode de habitateisen van de nevengeulsoorten gedetailleerd te beschrijven. Bovendien is van een groot

aantal nevengeulsoorten, met name van de macrofaunasoorten, weinig kwantitatieve autecologische informatie bekend.

6.2 Niet permanent meestromende nevengeulen

Met het aanleggen van drempels wordt het rivierwater bij lage afvoeren uitsluitend via de hoofdgeul afgevoerd. In de nevengeul zal het water stagneren, indien ook benedenstrooms een drempel aanwezig is. De duur van de periode waarin geen waterstroming in de nevengeul is, wordt bepaald door de onderschrijdingsduur van het rivierwater van de drempelhoogte. In dit onderzoek zijn de volgende inrichtingsvarianten onderscheiden:

- * gemiddeld minder dan 15 dagen per jaar stagnant water (nevengeultype Heesselt)
- * gemiddeld ongeveer 100 dagen per jaar stagnant water (nevengeultype Roetwaard)
- * gemiddeld ongeveer 50 dagen per jaar meestromend (nevengeultype Druten)

Door het aanleggen van drempels wordt niet alleen de stroomsnelheid van het water in de nevengeul beïnvloed, ook de mate van peildynamiek zal veranderen indien bij in- en uitstroomopeningen drempels worden aangelegd. Hoe hoger de drempel des te minder de peildynamiek in de nevengeul overeenkomt met die in de hoofdgeul.

Watervegetatie

De belangrijke hydrologische factoren voor waterplanten in nevengeulen die door het aanleggen van drempels worden beïnvloed zijn de stroomsnelheid en de peildynamiek (waterdiepte, inundatie, droogval). In nevengeulsystemen met lage tot middelhoge drempels (type Heesselt resp. Roetwaard) kunnen soorten als rivierfonteinkruid (*Potamogeton nodosus*) en vlottende waterranonkel (*Ranunculus fluitans*) worden aangetroffen.

Soorten als watergentiaan (*Nymphoides peltata*), waterpeper (*Polygonum amphibium*) en schedefonteinkruid (*Potamogeton pectinatus*) zullen langs de bovenlopen van de Nederlandse rivieren vooral tot ontwikkeling komen in nevengeulen die weinig in direct contact staan met de rivier (type Druten) en langs de benedenloop in nevengeulen die langdurig in direct contact staan met de rivier (type Heesselt en Roetwaard), indien de stroomsnelheid niet te groot is. Deze soorten zijn in het huidige riviersysteem vooral beperkt tot gestuwde riviertrajecten, benedenloop van rivieren en stagnante wateren in de uiterwaard.

Vegetaties met gele plomp (*Nuphar luteum*) zijn langs de boven- en middenloop van de Nederlandse rivieren vooral beperkt tot stagnante wateren in de uiterwaard, die minder dan 20 dagen in direct contact staan met de rivier (Maenen, 1989; Ducl, 1991) en kunnen in alleen langs de benedenloop in nevengeulen met lage en middelhoge drempels worden aangetroffen.

Oevervegetatie

Een van de belangrijkste milieufactoren voor de ontwikkeling van oevervegetaties op de oevers van nevengeulen is de mate van peildynamiek (inundatieduur, -frequentie en -periode). Door het aanleggen van drempels wordt de mate van peildynamiek verminderd.

Langs de bovenloop komen op de oevers nevengeulen met lage drempels (nevengeultypen Heesselt en Roetwaard) wilgenbossen en -struwelen tot ontwikkeling en op de lage delen van de oevers moerasvegetaties met zwanebloem (*Butomus umbellatus*), gele waterkers (*Rorippa amphibia*), pijlkruid (*Sagittaria sagittifolia*) en watertorkruid (*Oenanthe aquatica*) en pioniervegetaties met slijkgroen (*Limosella aquatica*), klein glaskroos (*Elatine hydropiper*), echt vlooienkruid (*Pulicaria vulgaris*) en naaldwaterbies (*Eleocharis acicularis*).

Op oevers van nevengeulen met hoge drempels (type Druten) komen wilgenbossen - en struwelen en moerasvegetaties met riet (*Phragmites australis*) tot ontwikkeling en met zeer hoge drempels (nevengeul is < 20 dagen in direct contact met de rivier ook moerasvegetaties met kalmoes (*Acorus calamus*) en mattenbies (*Scirpus lacustris*) (Duel, 1991). Langs de benedenloop komen riet- en mattenbiesvegetaties ook op oevers van nevengeulen met lage tot middelhoge drempels (nevengeultype Heesselt en Roetwaard) tot ontwikkeling.

De in beschouwing genomen inrichtingsvarianten hebben geen invloed op de ontwikkeling van essen-iepenbossen en stroomdalgraslanden.

Macrofauna

Een van de belangrijkste milieufactoren die de habitatkwaliteit voor macrofauna bepaalt, is de stroomsnelheid. Verschillende macrofaunasoorten zijn in verband met de zuurstof- en voedselbeschikbaarheid, strikt gebonden aan permanent stromend water (de rheofiele soorten). Het gaat hierbij ondermeer om gewone rivierkreeft (*Astacus astacus*), de steenvlieggen *Isogenus nubecula* en *Isoperla grammica*, oeveraas (*Palingenia longicauda*), de eendagsvlieg *Ephoron virgo*, de kriebelmuggen (*Simulium ssp.*), de weidebeekjuffer (*Calopteryx splendens*), rivierrombout (*Gomphus flavipes*), mosselwantsje (*Aphelocheirus aestivalis*) en de kokerjuffer *Hydropsyche contubernalis*. Deze soorten kunnen alleen optimaal tot ontwikkeling komen in nevengeulen waar permanent stromend water aanwezig is. Nevengeulen met een lage drempel (type Heesselt) bieden voor de bovengenoemde macrofaunasoorten slechts beperkte mogelijkheden voor populatie-ontwikkeling. In nevengeulen waarin het water voor langere perioden stagnant is, zullen de rheofiele macrofaunasoorten ontbreken.

In nevengeulen die langdurig met niet permanent in open verbinding staan (type Roetwaard) worden gekenmerkt door macrofaunasoorten die stromend water preferen of die behalve in stagnant water ook in stromend water kunnen worden aangetroffen, maar dan in de stroomluwe delen. Tot deze groep kunnen ondermeer worden gerekend de mosselen *Unio crassus*, *Unio pictorum* en driehoeksmossel (*Dreissena polymorpha*), de rivierslak *Viviparus viviparus* en de larven van de eendagsvlieg *Potamanthus luteus*, de plasrombout (*Gomphus pulchellus*) en van de vedermuggen *Lipiniella arenicola* en *Cricotopus sylvestris*.

In de nevengeulen die als gevolg van een hoge drempel gedurende korte periode meestromend zijn (type Druten), komen vooral macrofaunasoorten tot ontwikkeling die worden aangetroffen in de benedenloop van rivieren en in stagnante wateren in de uiterwaard, zoals de vedermuglarven *Dicrotendipes nervosus*, *Cricotopus sylvestris* en *Lipiniella arenicola*, de driehoeksmossel en de levendbarende rivierslak (*Viviparus viviparus*). Door Van den Brink (1990) is de macrofauna van stagnante wateren in de uiterwaard beschreven.

Vissen

De echte riviervissen (barbeel, gestippelde alver, winde, kopvoorn, serpeling en sneep) zijn gebonden aan stromend, zuurstofrijk water. Dit geldt ook voor beekbewoners als bermpje, die ook in nevengeulen kunnen worden aangetroffen. Lage drempels in nevengeulen (type Heesselt) hebben geen of geringe invloed op het voorkomen van deze soorten. Nevengeulen met middelhoge en hoge drempels (type Druten en Roetwaard) zijn voor deze soorten van geringe betekenis (overeenkomstig gestuwde riviertrajecten). De visstand in deze typen nevengeulen wordt vooral gedomineerd door soorten als riviergrondel, baars, kolblei, blankvoorn, kwabaal, pos en rivierdonderpad. Deze soorten behoren tot een groep van vissoorten die zowel in stromende als in stagnante wateren worden aangetroffen.

Ook de baars kan tot deze groep van vissoorten worden gerekend, alhoewel de soort vooral de stagnante wateren in de uiterwaard preferert.

Soorten als grote modderkruiper, snoek, zeelt en bittervoorn hebben een voorkeur voor stagnante wateren. Deze vissoorten zijn in het riviersysteem beperkt tot stroomluwe wateren in het benedenloopgebied. Deze soorten kunnen zich uitsluitend handhaven in nevengeulen met hoge drempels (type Druten).

Vogels

Vogelsoorten als waterral (*Rallus aquaticus*), porseleinhoen (*Porzana porzana*), kleine plevier (*Charadrius dubius*) en visdief (*Sterna hirundo*) zijn opportunisten en hierdoor aangepast aan dynamische milieu-omstandigheden. Ze treden explosief op wanneer de omstandigheden gunstig zijn en de broedpopulatie kan van plaats tot plaats en van jaar tot jaar sterk variëren. Langs nevengeulen met lage tot middelhoge drempels ontstaan voor deze soorten regelmatig gunstige omstandigheden voor nestplaatsen, echter de kans op verstoring van het broedsucces door zomerhoogwater is groot. Langs nevengeulen met hoge drempels is broedhabitat voor kleine plevier en visdief (onbegroeide zandoevers) zeer beperkt. Waterrallen en porseleinhoenen treden minder frequent explosief op.

Zoogdieren

Bevers (*Castor fiber*) bewonen zowel stromende als stagnante wateren. In stromende wateren met grote peildynamiek worden dammen gebouwd, zodat ook bij lage afvoeren de ingang van nesten of burchten onder water blijft. Ook waterspitsmuizen (*Neomys fodiens*) en otters (*Lutra lutra*) komen zowel langs stromende en stagnante wateren voor. Vermindering van peildynamiek heeft een positieve invloed op deze soorten.

6.3 Droogvallende nevengeulen

In plaats van drempels kunnen nevengeulen zodanig worden aangelegd dat bij lage afvoeren dat grote delen van de geul droogvallen. Deze situatie ontstaat ook wanneer oude strangen aan de hoofdgeul worden gekoppeld.

Water- en oeverplanten

Waterplanten als watergentiaan en gele plomp kunnen perioden van droogval overleven. Wanneer droogval een vrijwel jaarlijks terugkerend fenomeen is, zullen de watervegetaties plaats maken voor pionier- en moerasvegetaties.

Op onbegroeide bodems die in de zomermaanden gedurende korte periode droogvallen komen pioniervegetaties met slijkgroen tot ontwikkeling. Moerasvegetaties met gele waterkers komen tot ontwikkeling op langdurig droogvallende bodems.

Macrofauna en vissen

Weinig aquatische diersoorten zijn aangepast aan langdurig droogvallende wateren (van enkele weken tot maanden). Eén van de weinige soorten waarvan dit bekend is, is van de steenvlieg *Nemoura cinerea*. Verschillende aquatische diersoorten kunnen korte perioden van droogval (maximaal ongeveer enkele weken) overleven. Zolang de waterbodem nat blijft kunnen larven van de kokerjuffer *Hydropsyche contubernalis*, de eendagsvlieg *Potamanthus luteus* en van de vedermug *Lipiniella arenicola* overleven. Ook vissoorten als bermpje (*Nemacheilus barbatulus*) en grote modderkruiper (*Misgurnus fossilis*) kunnen korte perioden van droogval in natte bodems overleven.

Vogels en zoogdieren

Droogvallende nevengeulen zijn ongeschikt voedselgebied voor viseters zoals visarend (*Pandion haliaetus*), visdief, ijsvogel (*Alcedo atthis*) en otter. Droogvallende slikkige terreintjes vormen voedselbiotoop voor steltlopers. Ontstane poeltjes vormen voedselbiotoop voor kwak (*Nycticorax nycticorax*). Droogvallende nevengeulen zijn ongeschikt habitat voor bevers en waterspitsmuizen.

6.4 Nevengeulen met steile oevers en weinig ondiepten

Door bij de aanleg van nevengeulen te streven naar een natuurlijke variatie in oevers, ontstaat een driehoekig asymmetrisch profiel met steile buitenbochten en flauwe binnenbochten. Het aanleggen van nevengeulen met flauw aflopende oevers en grootschalige ondiepten neemt veel ruimte in beslag. In de praktijk zal de benodigde ruimte niet altijd beschikbaar zijn, bijvoorbeeld in smalle uiterwaarden.

Water- en oeverplanten

Op steile oevers is de ruimte voor ontwikkeling van water- en oeverplanten beperkt. Van de in beschouwing genomen water- en oeverplanten heeft kalmoes een voorkeur voor steile oevers (Janse, 1986).

Macrofauna

Bij flauw oplopende oevers en grootschalige ondiepten zijn bij iedere afvoer habitats voor de macrofauna beschikbaar. Wanneer flauwe oevers en grootschalige ondiepten ontbreken zal er bij verschillende afvoeren te weinig geschikt substraat aanwezig zijn voor (massale) kolonisatie. Dit betekent dus dat deze soorten niet optimaal tot ontwikkeling kunnen komen. Dit geldt ondermeer voor soorten die afhankelijk zijn van bodembewonende algen. Deze algen komen alleen tot een bepaalde waterdiepte tot ontwikkeling. Veranderingen in de afvoer leiden tot veranderingen in de waterstand, waardoor deze soorten andere delen van de geul gaan koloniseren. Indien hiervoor weinig ruimte is, zal voor de macrofaunasoorten die van de bodembewonende algen leven, onvoldoende voedsel beschikbaar zijn.

Vissen

De voorkeur voor soorten als baars en grote modderkruiper voor oevers met flauw talud en ondiepten hangt vooral samen met de aanwezigheid van watervegetatie. Oevers met waterplanten zijn voor deze soorten van betekenis als voortplantingshabitat. Er zijn geen vissoorten bekend die een voorkeur hebben voor steile oevers. Steile oevers met in het water hangende takken kunnen fungeren als paaihabitat of schuilmogelijkheid voor vissen, evenals blootgewoelde boomwortels.

Vogels en zoogdieren

Oeverwaluw (*Riparia riparia*) en ijsvogel bewonen hollen in steile oevers. Soorten als waterral en porseleinhoen zijn vooral gebonden aan brede, flauw aflopende, mocrassige oevers en soorten als visdief en kleine plevier aan onbegroeide, brede zandstranden. Voor het graven van hollen in oevers hebben bevers een sterke voorkeur voor oevers met een steil onderwatertalud. Ook waterspitsmuizen hebben voor het graven van hollen een sterke voorkeur voor oevers met een steil talud. Otters mijden wateren met steile oevers.

6.5 Nevengeulen met kleiputten en zandwinplassen

In veel uiterwaarden zijn zandwinplassen en/of kleiputten aanwezig als gevolg van zand- respectievelijk kleiwinning. Bij het aanleggen van nevengeulen in dergelijke uiterwaarden, kunnen deze stagnante wateren in verbinding worden gebracht met de nevengeulen. Afhankelijk van deze wijze waarop de aantakking wordt gerealiseerd, ontstaan er grootschalige stroomluwe milieus in het totale nevengeulstelsel.

De volgende inrichtingsvarianten zijn mogelijk:

- * nevengeulen met aantakking van kleiputten
- * nevengeulen met aantakking van zandwinplassen (type Roetwaard)
- * nevengeulen met aantakking van zandwinplassen en kleiputten (type Druten).

Water- en oeverplanten

In zandwinplassen is de ruimte voor ontwikkeling van waterplanten beperkt tot een smalle strook, dit in tegenstelling tot de ondiepe kleiputten. Bij een matige doorstroming komt een watergentiaanvegetatie tot ontwikkeling en bij een geringe doorstroming een watervegetatie met gele plomp. Op de oevers van de zandwinputten en kleiputten komen moerasvegetaties en wilgenbossen en -struwelen tot ontwikkeling, overeenkomstig de oevers van de nevengeul.

Macrofauna

In de kleiputten en zandwinplassen die zijn aangetakt aan de nevengeulen zal qua macrofaunasamenstelling overeenkomsten vertonen met de huidige levensgemeenschappen in kleiputten en zandwinplassen die in open verbinding staan met de hoofdgeul of die zeer regelmatig in directe verbinding staan met het rivierwater (Van den Brink, 1990). Ook zullen overeenkomsten bestaan met nevengeulen die door hoge drempels slechts een korte periode meestromend zijn (type Druten, zie § 6.2.).

Soorten die in de stroomluwe milieus kunnen worden aangetroffen zijn ondermeer de mosselen *Unio crassus* en *Unio pictorum*, driehoeksmossel en de larven van de eendagsvlieg *Potamanthus luteus*, de grote keizerslibel (*Anax imperator*), plasrombout (*Gomphus pulchellus*) en van vedermuggen *Lipiniella arenicola* en *Dicrotendipes nervosus*.

De rivierslakken *Viviparus viviparus* en *Theodoxus fluviatilis* en de larven van de beekrombout en de kleine tanglibel zijn soorten die zowel in stromend water als in de brandingszone van grote wateren (bv. zandwinplassen) tot ontwikkeling komen.

Vissen

De grote modderkruiper is in het rivierengebied gebonden aan de ondiepe stagnante wateren met rijke begroeiing van waterplanten, zoals kleiputten. Volwassen baarzen leven vooral in diepe wateren (zoals zandwinplassen) en zijn alleen in het voorjaar vanwege de voortplanting gebonden aan de oeverzone. Riviervissen, zoals de barbeel overwinteren veelal in diepe wateren (zandwinplassen en grindgaten) die in open verbinding staan met de rivier of

nevengeul. In de zomermaanden fungeren stroomluwe milieus voor deze soorten als rustplaats.

Soorten als riviergrondel, blankvoorn en pos kunnen zowel in nevengeulen als in de stagnante wateren die zijn aangetakt aan de nevengeul tot ontwikkeling kunnen komen.

Vogels en zoogdieren

De zandwinplassen en kleiputten zijn voor verschillende in beschouwing genomen soorten vogels en zoogdieren van betekenis als voedselgebied (zoals voor visarend, visdief, otter, kwak). De aantakking van deze wateren aan nevengeulen is hierop van geringe invloed.

6.6. Nevengeulen met ooibossen op de oevers

Voor verschillende nevengeulsoorten is de aanwezigheid van ooibossen op de oevers van essentieel belang. De aanwezigheid van dood hout in de nevengeul (het zogenaamde snag-habitat) wordt gestimuleerd door de ontwikkeling van ooibossen op de oevers. Het dode hout vormt een belangrijk substraat voor de vestiging van filterfeeders in het stromende water, zoals kriebelmuggen en driehoeksmosselen.

Voor verschillende vissoorten is het snag-habitat van belang voor de voortplanting, zoals voor de riviergrondel en de baars.

Visarenden en kwakken nestelen in de ooibossen. Kwakken en ijsvogels foerageren bij voorkeur vanaf boven het water hangende takken. Voor bevers zijn beboste oevers noodzakelijk.

7

Discussie

De invalshoek van dit onderzoek is soortgericht, waarbij het accent ligt op soorten die in nevengeulen tot ontwikkeling komen. Met behulp van een globale inventarisatie naar de habitateisen van de soorten is getracht een beeld te verkrijgen van de ontwikkelingsmogelijkheden van de nevengeulsoorten bij bepaalde inrichtingsvormen van de nevengeul. De effecten van bepaalde maatregelen op het totaal ecologisch functioneren van nevengeulsystemen blijven in deze studie buiten beschouwing. Wanneer er duidelijkheden bestaan over de lokatie van een proefproject kunnen de ecologische effecten van verschillende inrichtingsvarianten in detail worden bestudeerd. Deze analyse moet zich dan niet alleen beperken tot het nevengeulstelsel, maar tot het totale uiterwaardengebied dat door de inrichtingsmaatregelen wordt beïnvloed. Door het aanleggen van nevengeulen wordt de rivierdynamiek in de uiterwaard vergroot, waardoor ook aldaar ecologische veranderingen zullen optreden. Vooral soorten van geringe rivierdynamiek die momenteel in de verlande kleiputten en strangen aanwezig zijn, zullen bij het aanleggen van een nevengeul sterk in aantal afnemen of mogelijk zelfs verdwijnen.

Voor de vestiging van rheofiele soorten in nevengeulen die in het verleden in de hoofdgeul aanwezig waren, is permanent stromend water een vereiste. Echter, ook nevengeulen die niet altijd meestromend zijn of waarvan grote delen bij laagwater droogvallen, zijn van ecologische betekenis. Dergelijke nevengeulen zijn immers ook in een natuurlijk riviersysteem aanwezig. Indien voor rheofiele diersoorten de omstandigheden ongunstig worden kunnen ze zich actief of passief (drift) verplaatsen naar andere delen respectievelijk stroomafwaartse delen van de nevengeul of het riviersysteem. Rekolonisatie van rheofiele organismen kan vervolgens weer optreden indien de omstandigheden gunstig zijn vanuit de lokaties waar de soort zich heeft kunnen handhaven en ontwikkelen.

In nevengeulen waarin het water langdurig kan stagneren zal de fytoplanktonproductie toenemen. Ook ontstaan er goede ontwikkelingsmogelijkheden voor zoöplankton. De veranderde milieu-omstandigheden en de ontwikkeling van plankton en water- en oevervegetaties zal leiden tot veranderingen in de macrofauna en visfauna. De ontstane faunalevensgemeenschap zal overeenkomsten vertonen met die van het benedenrivieren-gebied.

In droogvallende nevengeulen zal de macrofauna worden gedomineerd door soorten die in de zomermaanden uitvliegen en waarvan de eieren droogteresistent zijn of in het najaar worden afgezet. Allerlei poeltjes die bij het droogvallen ontstaan vormen voortplantingsbiotoop voor amfibieën. Op de drooggevallen oevers broeden plevieren, sterns en oeverlopers.

De betekenis van het aankoppelen van kleiputten heeft vooral betrekking op het creëren van een open verbinding met relatief ondiep stroomluwe wateren waarin allerlei water- en oeverplanten tot ontwikkeling komen. Bovendien zijn veel kleiputten omgeven door wilgenbossen en -struwelen, hetgeen goede perspectieven biedt voor de ontwikkeling van het snag-habitat in het nevengeulstelsel.

Het aantakken van zandwinplassen beïnvloedt in belangrijke mate de sedimenthuishouding van het nevengeulstelsel. Op het punt waar de nevengeul de zandwinplas binnenstroomt vindt sedimentatie van zand en klei plaats. Vanuit de zandwinplas stroomt vervolgens helder water in het benedenstroomse deel van de nevengeul. Inhoeverre het aankoppelen van een zandwinplas in het bovenstroomse deel van de nevengeul een verzanding van de nevengeul kan voorkomen is onbekend. De zandwinplas biedt volop mogelijkheden voor de ontwikkeling van fyto- en zoöplankton. Door de uitwisseling van water tussen de zandwinplas en de nevengeul zal de planktonproductie ook beschikbaar komen voor in de nevengeul en rivier levende organismen.

Door de verbeterde zuurstofhuishouding in het afgelopen decennium zijn veel rheofiele soorten in het Nederlandse riviersysteem teruggekeerd, zoals de kokerjuffer *Hydropsyche contubernalis*, het mosselwantsje (*Aphelocheirus aestivalis*) en de eendagsvlieg (*Ephoron virgo*). Een verdere verbetering van de zuurstofhuishouding is voor de optimale ontwikkeling van veel rheofiele organismen echter noodzakelijk. Voor verschillende soorten organismen is een verdere vermindering van de vervuiling van het rivierwater en waterbodem met zware metalen en organische micro-verontreinigingen noodzakelijk. In welke mate de vermindering zal moeten plaatsvinden, zal nog nader moeten worden onderzocht.

Een verdere terugdringing van de eutrofiëgraad is tevens noodzakelijk. Het aankoppelen van geïsoleerde zandwinplassen aan nevengeulen, zal leiden tot blauwalgenbloei in de zandwinplassen, zoals ook nu het geval is in zandwinplassen die in open verbinding staan met de rivier. Ook is een terugdringing van de zoutbelasting noodzakelijk, gezien de invasie van de invasie van brakwatersoorten onder de macrofauna in de afgelopen decennia (Bij de Vaate en Van den Brink, 1993).

In deze studie staat de habitatkwaliteit van de "nevengeulsoorten" centraal. Verschillende soorten zijn uit het riviersysteem verdwenen. De vestiging van deze soorten in de nevengeulen is niet alleen afhankelijk van de habitatgeschiktheid, maar wordt tevens bepaald door de mogelijkheden voor rekolonisatie. Verschillende macrofaunasoorten zijn recent weer in het rivierengebied aangetroffen en verschillende soorten, waaronder eendagsvlieg *Potamanthus luteus*, beekrombout en kleine tanglibel zijn in staat wanneer geschikte habitats aanwezig zijn het Nederlandse rivierengebied te rekoloniseren.

Van een aantal soorten zijn de dichtst bij zijnde populaties zo ver gelegen, dat natuurlijke rekolonisatie van het Nederlandse riviersysteem onwaarschijnlijk is, het gaat hierbij om de steenvliegen *Isogenus nubecula* en *Isoperla grammica*, oevertaas en rivierrombout.

De otter is in het afgelopen decennium in Nederland uitgestorven, voornamelijk als gevolg van de aanwezigheid van verontreinigingen in het aquatisch systeem. De dichtst bij zijnde otterpopulaties in Duitsland staan onder sterke druk. Hoewel otters grote afstanden kunnen overbruggen, zal vestiging vanuit Duitsland weinig perspectiefrijk zijn vanwege hun gevoeligheid voor verontreinigingen.

In dit onderzoek zijn de mogelijkheden voor het aanleggen en de inrichting van nevengeulen in drie voorbeeldlokaties uitgewerkt. Als gevolg van de rivierkundige randvoorwaarden die door Rijkswaterstaat zullen worden gesteld bij het creëren van nevengeulen op de lokaties, zal het meestromend karakter sterk verschillen en hiermee ook de mogelijkheden voor het creëren van habitats voor rheofiele organismen. Van de drie lokaties biedt de Heesseltsche Uiterwaarden de beste perspectieven voor het aanleggen van een meestromende nevengeul en het creëren van habitats voor rheofiele organismen.

Op de andere lokaties zal de betekenis van nevengeulen voor rivierorganismen beperkt zijn tot soorten die gebonden zijn aan stroomluwe milieus.

8

Conclusies en aanbevelingen

8.1 Conclusies

1. Door veranderingen in de morfologie en het intensieve scheepvaartverkeer biedt de hoofdgeul te weinig mogelijkheden voor kenmerkende rivierorganismen (met name de rheofiele soorten). In het huidig riviersysteem is het aanleggen van nevengeulen voor deze soorten van essentieel belang, omdat hierdoor omstandigheden kunnen worden gecreëerd, waardoor deze organismen tot ontwikkeling kunnen komen.
2. Door ruimte te bieden aan de morfologische processen erosie en sedimentatie ontstaat een grote variatie aan biotopen, hetgeen de soortendiversiteit van het nevengeulstelsel zal vergroten.
3. Voor optimale ontwikkelingsmogelijkheden van rheofiele organismen in de nevengeul is een permanente waterstroming ($> 0,2 - 0,3$ m/s) van essentieel belang.
4. De ontwikkeling van benthische algen (met name kiezelwieren) is gebaat bij grootschalige ondieptes in de nevengeul. Deze benthische algen vormen een belangrijke voedselbron voor rheofiele macrofauna (o.a. larven van *Cricotopus sylvestris*) en vissen (o.a. snoek).
5. Het in verbinding stellen van kleiputten omgeven met wilgenbossen met de nevengeul, zal ertoe leiden dat er plaatselijk grote hoeveelheden plante- en boomresten in de nevengeul belanden. Dit leidt tot een verhoogd voedselaanbod en biotoopdifferentiatie. Onder de macrofauna profiteren hiervan vooral de shredders (zorgen voor de afbraak) en de filteraars (aanhechtingssubstraat).
6. De ontwikkeling van oobossen op de oevers van de nevengeul zal bijdragen aan het vergroten van het aanbod van plante- en boomresten in de nevengeul. Tevens vormen oobossen nestgelegenheden voor vogelsoorten die kenmerkend zijn voor het rivierengebied, zoals visarend en kwak.
7. De kleiputten die in verbinding staan met nevengeulen zijn stroomluwe milieus, waarin water- en oeverplanten tot ontwikkeling komen. Deze water- en oevervegetatie is van belang voor verschillende soorten macrofauna (ei-afzetting, voedsel, paring en migratie), alsook voor vissen (ei-afzetting, voedsel, rust- en schuilplaatsen) en vogels (voedsel, nestplaats).

8. Het in verbinding stellen van zandwinplassen met nevengeulen beïnvloed in belangrijke mate de sedimenthuishouding van nevengeulen. Door de aantakking van zandwinplassen zal voor nevengeulorganismen het aanbod aan fyto- en zoöplankton sterk toenemen. De mogelijkheden voor water- en oeverplanten is echter beperkt tot een smalle oeverzone. De zandwinplassen vormen een voedselgebied voor visetende vogels en fungeren als rustplaats voor overwinterende watervogels
9. De ontwikkeling van aquatische levensgemeenschappen van nevengeulen waarin het water gedurende lange periodes stagneert, zal overeenkomsten vertonen met die van de stagnante wateren in de bekade uiterwaarden en met die van het benedenrivierengebied. In dergelijke nevengeulen zijn de ontwikkelingsmogelijkheden voor rheofiele soorten minimaal of beperkt.
10. De huidige kwaliteit van het rivierwater zal nog verder moeten worden verbeterd, om de ontwikkelingsmogelijkheden voor de kenmerkende rivierorganismen te optimaliseren.
11. De effecten van het aanleggen van nevengeulen op hydrologie, morfologie en biota worden momenteel modelmatig beantwoord, echter in hoeverre de veranderingen ook in praktijk zullen plaats vinden is onzeker, vanwege de onzekerheden over verschillende abiotische processen en de habitateisen van verschillende macrofaunasoorten. Een proefproject is noodzakelijk om de effecten op praktijkschaal te kunnen bestuderen.
12. Van de drie in dit rapport beschreven voorbeeldlokaties, biedt een nevengeul in de Heesseltsche Uiterwaarden de beste perspectieven voor het creëren van habitats voor rheofiele organismen, omdat binnen de rivierkundige randvoorwaarden in deze uiterwaard de beste mogelijkheden aanwezig zijn om het meestromend karakter optimaal tot recht te laten komen.

8.2 Toepassingsmogelijkheden

In deze paragraaf wordt aangegeven welke betekenis de in dit rapport gepresenteerde gegevens kunnen hebben voor het nemen van beleidsbeslissingen. Zoals al eerder vermeld is de aanleg van nevengeulen op zich een ontwikkeling die de ecologische functie van rivieren kan versterken en herstellen. De mogelijkheden voor ecologisch herstel van de rivieren zullen echter in samenhang met de maatregelen ter verbetering van de afvoer- en scheepvaartfunctie moeten worden afgewogen. Er moet steeds worden bekeken of de gevolgen van een ingreep nadelig zijn voor de overige functies. In het zoeken naar een optimale inrichting van het rivierengebied waarbij de ecologische functie serieus wordt meegenomen is kennis omtrent de

standplaatsfactoren en habitateisen van in de rivier (potentieel) voorkomende organismen essentieel. De relatie tussen deze eisen en inrichtingsmogelijkheden vormen de basis voor "ecological engineering". Hoewel elk riviersysteem zijn eigen karakteristieke kenmerken heeft is de problematiek bij het zoeken naar een evenwicht tussen de verschillende rivierfuncties vergelijkbaar.

Enerzijds wordt voor een gevarieerde en natuurlijke ecologische ontwikkeling een zo groot mogelijke vrijheid van de rivier in de uiterwaarden gewenst. Anderzijds is die vrijheid beperkt door de voorwaarde dat de scheepvaartfunctie kan worden gehandhaafd en binnendijkse gronden geen (overstromings)gevaar lopen. Ook door de veranderde omstandigheden in de rivier ten opzichte van de oorspronkelijke situatie kan niet worden volstaan met het verwijderen van de zomerkades. Sinds de tijd dat er van nature nog nevengeulen voorkwamen is het afvoerpatroon en -gedeeltelijk daarmee samenhangend- de bodemsamenstelling zodanig veranderd dat verdere inrichtingsmaatregelen nodig zijn om de voorwaarden te scheppen voor het ontwikkelen van rivierhabitats.

Met behulp van de in dit rapport gepresenteerde standplaatsmatrices kan voor verschillende inrichtingvarianten worden nagegaan welke naar verwachting de grootste diversiteit aan soorten dan wel ruimte aan zeer specifieke soorten bieden. Zo kan enerzijds een ontwerp worden aangepast aan specifieke doelstellingen en anderzijds worden getoetst op verwacht "ecologisch rendement". Een dergelijke toetsing blijft nog kwalitatief omdat niet van elke soort een dichtheid/biomassa kan worden gegeven en bovendien de factor oppervlak niet is meegenomen. Zo wordt er vanuit gegaan dat als een bepaald substraat in de nevengeul voorkomt dat ook in voldoende mate aanwezig is om een daaraan gebonden soort te herbergen. Ook is geen rekening gehouden met het feit dat alleen de aanwezigheid van geschikt habitat geen garantie is dat de daaraan gebonden soort ook werkelijk verschijnt. De bereikbaarheid van dat habitat is een apart verhaal. Wel kan in beeld worden gebracht welke soorten(groepen) naar verwachting zullen voorkomen als gevolg van gemaakte keuzen. Ten slotte moet worden opgemerkt dat de in de matrices opgenomen soorten al een keuze zijn van riviergebonden soorten. Dat betekent dat de op deze wijze bepaalde "diversiteit" een relatief begrip is en alleen kan worden gehanteerd om nevengeulontwerpen met elkaar te vergelijken. In de praktijk van het ontwerpen is hieraan ook de grootste behoefte. De afweging van een inrichtingsplan met nevengeulvariant tegen bijvoorbeeld een inrichtingsplan met geïsoleerde plassen kan niet worden gemaakt.

Ter illustratie is hierna voor de in dit rapport geïntroduceerde nevengeulontwerpen een afweging gemaakt op grond van aantallen te verwachten soorten. De gebruikte ontwerpen zijn wat de ontwerpparameters betreft nog erg globaal uitgewerkt. Bij een meer gedetailleerd ontwerp kan ook voor één lokatie een aantal mogelijke ontwerpvarianten naast elkaar worden gelegd. In de hier gebruikte voorbeelden zijn nog onvoldoende gegevens bekend over de aan te leggen taluds en daarvan afgeleid de te verwachten begeleidende vegetatietypen. Ook zijn, doordat wordt uitgegaan van een min of meer standaard uitvoering van alle drie de geulen, niet alle aspecten voldoende differentiërend.

Tabel 8. Vergelijking van de "nevengeultypen" voor de verschillende parametergroepen

lokatie/soortgroep (totaal aantal soorten)		vegetatie (14)	macro- fauna (25)	vis (5)	vogels (8)	zoog- dieren (3)	totaal (55)
Heeselt zonder putten 0.5 m/s altijd stromend 6 m fluctuaties		30 %	70 %	80%	75 %	100%	60 %
Druten met klei-/ zandput 0.5-0.1 m/s 50 dagen stromend 7 m fluctuaties	periodiek droog- vallend	30 %	< 1%	0%	40%	0 %	5 %
	periodiek stagnant	70 %	55 %	60%	60 %	100 %	60 %
Roetwaard met zandput 0.3 m/s 250 dagen stromend 4 m fluctuaties		60 %	60 %	80%	40 %	100 %	60 %

Over het geheel genomen blijkt elk type geul een belangrijke bijdrage te kunnen leveren aan het ecosysteem van de rivieren. Het voorbeeld geeft aan dat bij de beoordeling van de verschillende "nevengeultypen" de gestelde doelen voor het natuurontwikkelingsgebied doorslaggevend zullen zijn. Zo zal de vegetatieontwikkeling in de geul achterblijven als de omstandigheden voor stroomminnende macrofauna en vogels gunstig zijn (Heesselt versus Roetwaard). Het droogvallen van de nevengeul biedt perspectieven voor slechts een klein aantal organismen en is daarom alleen aan te bevelen als daarnaast ook permanent water aanwezig is.

8.3 Aanbevelingen voor onderzoek

Voordat wordt gestart met een proefproject nevengeulen, worden de volgende voorstudies aanbevolen:

1. Ecologische informatie

Om vooraf een keuze te kunnen bepalen van de gewenste inrichting van nevengeulen is nader onderzoek naar de autecologie van verschillende diersoorten noodzakelijk om de effecten van maatregelen om soorten te kunnen beoordelen. Hierbij gaat het niet alleen om soorten die in nevengeulen leven, maar ook om soorten die door de toename van rivierdynamiek in de uiterwaard mogelijk kunnen verdwijnen (bv. soorten van verlandingsmilieus) of juist hierbij baat hebben (bv. ralachtigen).

Voor een deel kan gebruik worden gemaakt van de habitatgeschiktheidsmodellen die momenteel door TNO voor Rijkswaterstaat worden ontwikkeld. Het gaat hierbij om de soorten die behoren tot de rivier-AMOEBE. Met behulp van deze soortspecifieke modellen kan de habitatkwaliteit van soorten in de huidige situatie en als gevolg van ingrepen worden geanalyseerd (zie ook Duel, 1992).

Voor de effectvoorspelling van inrichtingsmaatregelen op vegetatie kan in belangrijke mate gebruik worden gemaakt van bestaande modellen. Niet uitgesloten wordt, dat deze modellen moeten worden aangepast.

2. Tijdreeksanalyse

Het ecologisch herstel van de Rijn wordt stapsgewijs bereikt. Veel van de maatregelen zijn terug te voeren op het weer ongedaan maken van historische ingrepen die een duidelijk aanwijsbaar effect sorteerden op het ecosysteem. De veranderingen in de toestand van natuur en milieu worden gerelateerd aan het referentiebeeld van de Rijn. Dit beeld heeft betrekking op een periode waarin de invloed van de mens beperkt was.

De herstelmaatregelen moeten worden beoordeeld op het verwachte rendement. Hierbij is het van belang om te weten welke negatieve invloeden ermee ongedaan worden gemaakt en hoe een maatregel zich verhoudt tot andere maatregelen. Dit biedt zicht op de juiste volgorde van maatregelen en in de mate waarin met combinaties naar maatwerk moet worden gestreefd.

Veel kenmerkende rivierorganismen zijn in het verleden verdwenen. De vraag is wat nu de belangrijkste knelpunt is voor herstel van de habitatkwaliteit voor deze soorten.

Het is daarom van belang om een overzicht te hebben van de veranderingen in het Rijnecosysteem in termen van menselijke beïnvloeding en de daaraan gekoppelde reacties in de levensgemeenschappen. Om het effect van verschillende ingrepen die elkaar overlappen in de tijd zoveel mogelijk te scheiden, dienen deze gegevens zo nauwkeurig mogelijk in tijd en ruimte gesitueerd te zijn. Dit kan worden gerealiseerd door culturele en natuurlijke informatiebronnen bijeen te brengen. Culturele bronnen over menselijke invloeden betreffen: ontbossing in het stroomgebied; inrichting en beheer van de rivier, ten behoeve van ontginning, veiligheid, gebruik voor scheepvaart, visserij, landbouw in uiterwaarden; milieuhygiëne etc. Natuurlijke archieven liggen in het landschap als restgeulen, wielen, klei- en zandbodems. Het lopende palaeolimnologisch onderzoek (RUU) aan zware metalen in binnendijks en buitendijks gelegen wielen verdient hierbij speciale aandacht. Natuurlijke archieven geven zowel informatie over historische elementen in de levensgemeenschap als over milieu en dynamiek. Over de natuur in het Rijngebied is in het verleden veel op schrift gesteld: het thans algemeen bekende vormt slechts een geringe selectie van hetgeen bijeengezocht kan worden.

3. De benodigde milieukwaliteit

De kwaliteit van water en zwevend materiaal kan een beperkende factor voor rekolonisatie van nevengeulsoorten in ogenschijnlijk geschikte habitats. Door het voorkomen van nevengeulsoorten in andere riviersystemen te relateren aan de heersende milieukwaliteit kan een beeld worden verkregen, onder welke milieukwaliteitscondities de gewenste soorten nog tot ontwikkeling kunnen komen. Het onderzoek naar deze relaties dient gebaseerd te zijn op de hedendaagse ecotoxicologische inzichten inzake de samenhangen tussen toxiciteit van stoffen, de hardheid van water, de beschikbaarheid van zuurstof en de mogelijke gecombineerde werking van stoffen. Erkende probleemstoffen voor de soort moeten afzonderlijk worden vergeleken. De totale mate van vervuiling kan worden vergeleken via standaard-eenheden, de toxic-units. Ook de mate waarin soorten voorkomen, moet bekend zijn. Het incidenteel verdwaald aantreffen van een soort dient helder te zijn onderscheiden zijn van een levensvatbare populatie.

4. Morfo- en hydrodynamiek

Met betrekking tot de morfologische en hydraulische consequenties van het aanleggen van nevengeulen bestaan veel vragen, die deels met bestaande kennis (in modellen) kunnen worden beantwoord.

Wat zijn de sturende processen voor het ontstaan van nevengeulen. Wordt met de lokatiekeuze van nevengeulen hiermee rekening gehouden. Hoe stabiel zijn nevengeulen? Is het blootleggen van oude geulen vanuit hydraulisch en morfologisch oogpunt wel geschikt? Onder welke omstandigheden vindt sterke erosie van bedding of oevers van de nevengeul plaats en onder welke omstandigheden treedt sterke aanzanding bij de in- en uitstroomopening op en in de nevengeul zelf? Kunnen zandwinplassen de verzanding van nevengeulen tegen gaan of versterken ze de verzanding van de instroomopening? In welke mate kan door in- en uitlaatwerken de sedimenthuishouding in de hoofd- en nevengeul worden beïnvloed?

Welke morfologische veranderingen in de hoofdgeul treden op bij het aanleggen van een nevengeul, al dan niet in combinatie met grootschalige ontkleiningen in de uiterwaard en/of grootschalige ooibosontwikkeling?

5. Inrichtingsontwerpen

Voordat met een proefproject wordt gestart, kunnen verschillende inrichtingsontwerpen worden getoetst aan de gewenste ecologische ontwikkelingsrichtingen. Dit geschiedt op basis van bestaande ecologische informatie. Hierbij wordt gebruik gemaakt van de daartoe ontwikkelde vegetatie- en faunamodellen (zie 1). Ook zullen de inrichtingsvarianten moeten worden beoordeeld op de verwachte hydraulische en morfologische veranderingen.

6. Monitoringprogramma

Aan het proefproject is een monitoringprogramma gekoppeld teneinde de veranderingen zo nauwkeurig mogelijk in beeld te krijgen. De opzet van het monitoringprogramma dient nader te worden onderzocht. De belangrijkste onderzoeksvragen hebben betrekking op:

- (a) de parameters van het meetnet
- (b) de meetfrequentie en tijdstippen
- (c) de meettechnieken (standaardisatie)
- (d) evaluatiemomenten
- (e) de wijze waarop de huidige situatie wordt vastgelegd

Literatuur

- Barneveld, H., 1992. Levende rivieren: rivierkundige aspecten van op grote schaal meestromende nevengeulen. In: Levende rivieren. WNF, Zeist.
- Becker, G., 1987. Lebenszyklus, Reproduktion und ökophysiologische Anpassungen von *Hydropsyche contubernalis*, einer Köcherfliege mit Massenvorkommen im Rhein. Inaugural-Dissertation, Köln.
- Bergh, L.M.J. van den, W.G. Gerritse, W.H.A. Hekking, P.G.M.J. Keij en F. Kuyk, 1979. Vogels van de grote rivieren. Spectrum, Utrecht/Antwerpen.
- Bird, G.A. en H.B.N. Hynes, 1981. Movement of immature aquatic insects in a lotic habitat. *Hydrobiologia* 77(2): 103-112.
- Bloemendaal, F.H.J.L., Th.C.M. Brock en C. den Hartogh, 1988. Structuur van waterplanten en hun vegetaties. In: Bloemendaal en Roelofs (red): Waterplanten en waterkwaliteit: 11-26. KNNV, Utrecht.
- Bloemendaal, F.H.J.L. en J.G.M. Roelofs, 1988. Waterplanten en waterkwaliteit. KNW, Utrecht.
- Boudewijn, T.J., S. Dirksen, R.G. Mes en L.K. Slager, 1989. De aalscholver: indicatorsoort voor de kwaliteit van Nederlandse wateren. *Limosa* 62(2): 96-97.
- Brink, F.W.B. van den, 1990. Typologie en waardering van stagnante wateren langs de grote rivieren in Nederland, op grond van waterplanten, plankton en macrofauna, in relatie tot fysisch-chemische parameters. EHR, nr 25.
- Brock Th.C.M.G., G. van der Velde & H.M. van de Steeg, 1987. The effects of extreme water level fluctuations on the wetland vegetation of a nymphaid-dominated oxbow lake in the Netherlands. *Arch Hydrob.* 27: 57-73.
- Broekhoven, A.L.M. van en J.A.M. Vanhemelrijk, 1989. Ecologische ontwikkelingsrichting grote rivieren. Rijkswaterstaat-RIZA, Arnhem.
- Broekhuizen, S., B. Hoekstra, V. van Laar, C. Smeenk en J.B.M. Thissen (red), 1992. Atlas van de Nederlandse zoogdieren. KNNV, Utrecht.
- Brummelen, T.C. van, 1990. Chemicals affecting spawning migration of anadromous fish by causing avoidance responses or orientational disability, with special reference to concentrations in the River Rhine. EHR, nr 17.
- Claessens, E.E.C.M., 1981. The stoneflies (Plecoptera) of the Netherlands. *Nieuwsbrief European Invertebrate Survey - Nederland* 10: 73-77.
- Craig, D.A. & M.M. Galloway, 1987. Hydrodynamics of larval black flies.
- Cramp, S. en K.E.L. Simmons, 1977. Handbook of the birds of Europe, the Middle East and North Africa. The birds of the Western Palearctic. Volume 1: Ostrich-Ducks. Oxford Univ. Press.
- Creemers, R.C.M., 1991. Amfibieën in uiterwaarden: een voorbereidende literatuurstudie. Rijkswaterstaat-RIZA, Lelystad.
- CUWVO, 1988. Ecologische normdoelstellingen voor Nederlandse oppervlaktewateren. Coördinatiecommissie Uitvoering Wet Verontreiniging Oppervlaktewateren.

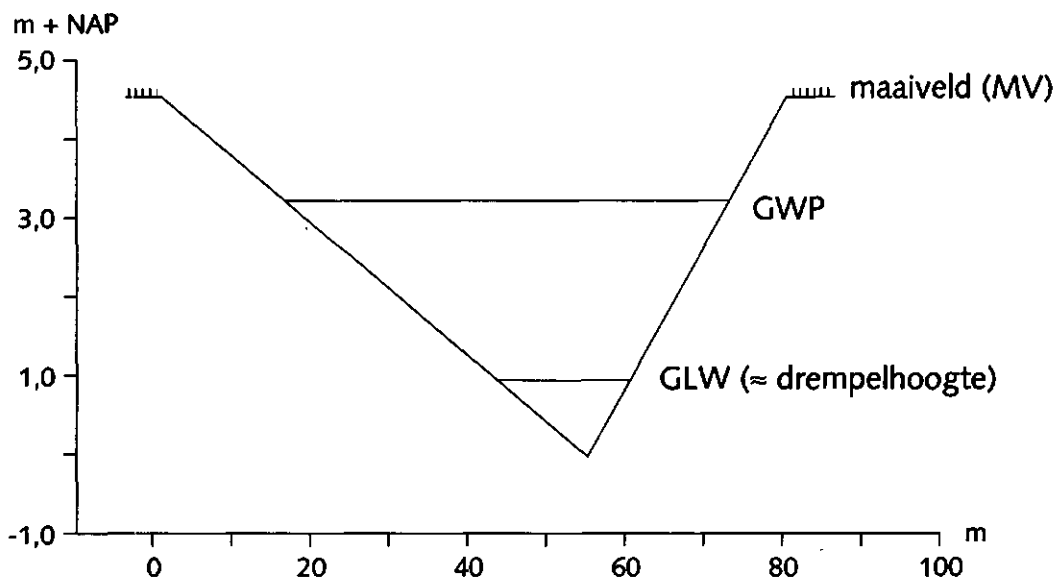
- Dedual, M., 1987. The effect of cadmium upon the structure of the olfactory nerve in the young pike. *Toxicological and Environmental Chemistry* 14: 227-231.
- Dessel, B. van, 1989. Ecologisch herstel van de Rijnmacrofauna. *EHR*, nr 14.
- Doef, R.W., A.J.M. Smits en F.C.M. Kerkum, 1991. Water- en oeverplanten in het IJsselmeergebied (1987-1989). Rijkswaterstaat-RIZA, Lelystad.
- Dogger, J.W., F. Balk, L.L. Bijlmakers & A.J. Hendriks, 1992. Schatting van risico's van microverontreinigingen in de Rijn voor groepen organismen van de rivier-AMOEBE. *EHR*, nr 38.
- Drok, W.J., 1988. Uiterwaarden: behoud waar nodig, ontwikkelen waar mogelijk. Beschrijving van de ecologische waarden, knelpunten en ontwikkelingsmogelijkheden in de Gelderse uiterwaarden: een visie vanuit natuur en landschap. Provincie Gelderland, Arnhem.
- Duel, H., 1986. Waterzuivering door moerassystemen (macro-helofytenfilters) ten behoeve van de drinkwaterwinning. TNO, Delft.
- Duel, H., 1991. Natuurontwikkeling in de uiterwaarden. Perspectieven voor het vergroten van rivierdynamiek en het ontwikkelen van oobossen in de uiterwaarden van de Rijn. *EHR* no. 29.
- Duel, H., 1992. Modellen voor de beoordeling van oevers op hun geschiktheid als habitat of corridor voor fauna. TNO en Rijkswaterstaat-DWW, Delft.
- Duel, H., en J.K.M. te Boekhorst, 1991. Helofytenfilters voor verbetering van de kwaliteit van het oppervlaktewater in het landelijk gebied, een programmeringsstudie. RMNO, publicatie nr.53, Rijswijk.
- Duel, H., R. During en J.B.M. Thissen, 1988. Ecologisch profiel van enkele plante- en diersoorten van binnenwateren. TNO, Delft.
- Duel, H. en C. Kwakernaak, 1992. Rivierdynamiek in uiterwaarden. Ecologische perspectieven en consequenties voor rivierafvoer. *Landschap* 9(4): 255-270.
- Dumont, M.J., 1982. Vooronderzoek naar landschapecologische relaties. Trek van waterdieren. Rijksinstituut voor onderzoek in de bos- en landschapsbouw De Dorschkamp, Wageningen.
- Frentrop, J., 1992. Molluskenfauna van de Rijn bij Lobith. *Natura* 1992-9: 222-224.
- Gerken, B., 1988. Auen: verborgene Lebensadern der Natur. Verlag Rombach Freiburg.
- Gerritsen, G.J., T.J. de Kogel, A.J. Dijkstra & P. Bremer, 1985. Flora en fauna van de IJsseluiterwaarden. Provinciaal Planologische Dienst van Overijssel, Zwolle.
- Geijskens, D.C. & J. van Tol, 1983. De libellen van Nederland (Odonata). KNNV, Hoogwoud.
- Gleichman-Verheijen, E.C. & Ma, W., 1989. Consequenties van verontreiniging van de (water)bodem voor natuurwaarden in de Biesbosch. Rijksinstituut voor natuurbeheer. Arnhem, RIN-rapport 89/17.
- Graaf, M.C.C. de, H.M. van de Steeg, L.A.C.J. Voesenek & C.W.P.M. Blom, 1990. Vegetatie in de uiterwaarden: de invloed van hydrologie, beheer en substraat. *EHR*, nr. 16.

- Haas, A.W. de, 1991. Nevengeulen: onderzoek naar de mogelijkheden, de consequenties en de te stellen eisen bij aanleg van nevengeulen in uiterwaarden. EHR, nr. 33.
- Henderson, P.Th., 1986. Verdedigingsmechanismen van het organisme tegen toxische stoffen. Milieu 1986/3: 86-90.
- Huet, M., 1962. Influence du courant sur la distribution des poissons dans les eaux courantes. Schw. Hydrob. 24: 413-432.
- Hynes, H.B.N., 1970. The ecology of running waters. Univ. of Waterloo, Ontario, Canada.
- Janse, J.H., 1986. Ecologische waarden van de wateren in het winterbed van grote rivieren. Rijksinstituut voor Natuurbeheer, Leersum.
- Katwijk, M.M. van en J.G.M. Roelofs, 1988. Vegetaties van waterplanten in relatie tot het milieu. Laboratorium voor Aquatische Ecologie, Katholieke Universiteit Nijmegen.
- Ketelaars, H.A.M., 1986. Makrofaunagemeenschappen in droogvallende watergangen. RIN, Arnhem, EKKO nr. 18.
- Klink, A., 1991. Ecologisch relevante factoren bij het inrichten van een nevengeulencomplex in de Rijn.
- Klink, A., 1992. Levende rivieren. De Rijn een broedmager ecosysteem met meer dan genoeg voedsel. In opdracht van WWF.
- Liley, N.R., 1981. Chemical communication in Fish. Can. J. of Fish. and Aquatic Sci. Vol. 39: 22-35.
- Maenen, M.M.J., 1989. Water- en oeverplanten in het zomerbed van de Nederlandse grote rivieren in 1988. Hun voorkomen en relatie met algemene fysisch-chemische parameters. EHR nr. 13.
- McEwen, L.C., C.J. Stafford en G.L. Hensler, 1984. Organochlorine residues in eggs of black-crowned night-herons from Colorado and Wyoming. Environmental Toxicology and Chemistry 3: 367-376.
- Ministerie van Verkeer en Waterstaat, 1989. Derde nota Waterhuishouding. SDU, Den Haag.
- Ministerie van Verkeer en Waterstaat, 1993. De Rijn. Arnhem/Lelystad.
- Mol, A.W.M., 1985. Hydrobiologische districten in Nederland. Rijksinstituut voor Natuurbeheer, Leersum.
- NMF, 1989. Natuurontwikkeling Duursche Waarden. Zwolle.
- Nijssen, H. en S.J. de Groot, 1987. De vissen van Nederland. KNNV, Hoogwoud.
- Ouderaa, A.P.M. van der en G. Boere, 1984. Herintroductie van de bever in Nederlandse natuurgebieden. Argus 9(2): 5-8.
- Pygott, J.R., K. O'Hara & J.W. Eaton, 1990. Fish community structure and management in navigated British canals. In: W.L.T. van Densen e.a. (eds.): Management of freshwater fisheries. Pudoc, Wageningen.
- Redeke, H.C., 1948. Hydrobiologie van Nederland.
- Saris, F.J.A. en H. Duel, 1987. Het Haringvliet, het bezinkput van West-Europa. Landschap 4(3): 216-232.
- Semmekrot, S., F.T. Vriese en A.J.P. Raat, 1993. Assessment of spawning places in the river Meuse (in prep).

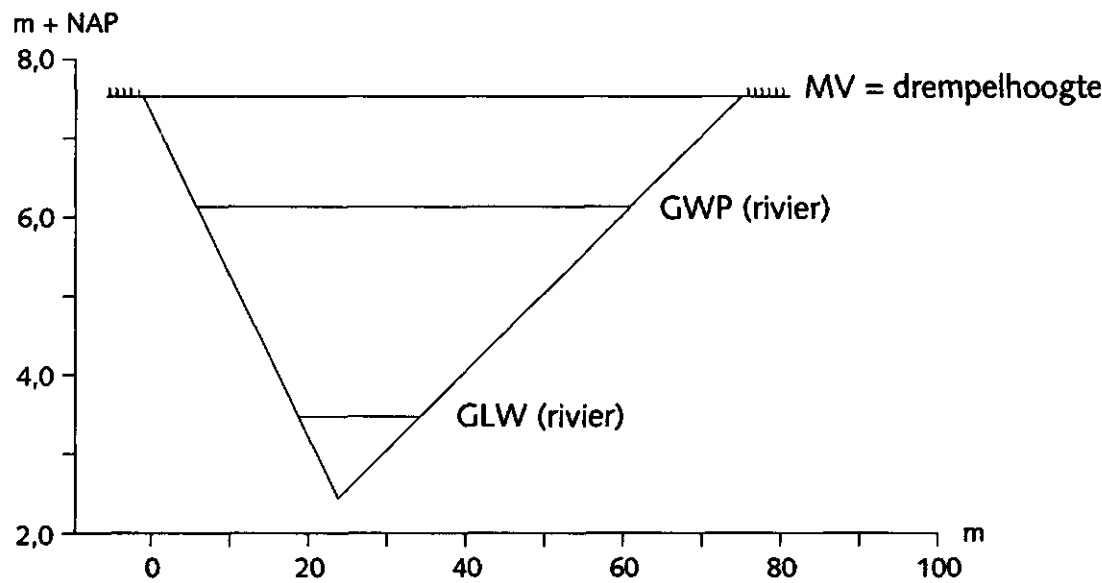
- Smit, H. en G. van Urk, 1987. Het herstel van de ecologische waarden van de Rijn: over de zalm en ecologische doelstellingen. *H₂O* 17: 427-430.
- Smits, A.J.M., M.J.H. de Lyon, G. van der Velde, P.L.M. Steentjes en J.G.M. Roelofs, 1988. Distribution of three nymphaeid macrophytes (*Nymphaea alba*, *Nuphar lutea* and *Nymphoides peltata*) in relation to alkalinity and uptake of organic carbon. *Aquat. Bot.* 32: 45-62.
- SOVON, 1987. Atlas van de Nederlandse broedvogels. Almelo.
- Steeg, H. van der 1990. Overzicht van de belangrijkste vegetatietypen van uiterwaarden van de bovenrivier. In: De Graaf e.a. (red): Vegetatie in de uiterwaarden: de invloed van hydrologie, beheer en substraat. EHR, nr. 16.
- Steur, G.G.L., F. de Vries & C. van Wallenburg, 1985. Bodemkaart van Nederland 1:250.000. Stichting voor bodemkartering, Wageningen.
- Teixeira, R.M., 1979. Atlas van de Nederlandse broedvogels. Vereniging tot Behoud van Natuurmonumenten in Nederland, 's-Graveland, 431 p.
- Thorpe, J., 1977. Synopsis of biological data on the perch. FAO. Fisheries synopsis nr. 113, Rome.
- Urk, G. van, 1981. Veranderingen in de macro-invertebratenfauna van de IJssel. *H₂O* 14: 494-499.
- Urk, G. van, 1984. Lower Rhine-Meuse. In: Whitton (ed): Ecology of European rivers. Blackwell Sc. Publ.
- Vaate, A. bij de en F.W.B. van den Brink, 1993. Non-indigenous aquatic macro-invertebrates in the Lower-Rhine (in prep).
- Vanhemelryk, J.A.M., 1991. Water- en oeverplanten in riviersystemen: standplaatsfactoren in relatie tot inrichting en beheer van stromend water in het rivierengebied.
- Verdonschot, P.F.M., J. Runhaar, W.F. van der Hoek, C.F.M. de Bok & B.P.M. Specken, 1992. Aanzet tot een ecologische indeling van oppervlaktewateren in Nederland.
- Vermaat, J.E. 1991. Betekenis van het lichtklimaat en de waterbeweging voor ondergedoken waterplantenvegetaties in de Utrechts-Noordhollandse Vecht. RPV.
- Vierssen, W. van en H.G. Wind, 1990. Rivieren, natuurlijk dynamisch: naar een geïntegreerd beheer van het Rijnstroomgebied, een verkenning vanuit hydraulisch-morfologisch en ecologisch gezichtspunt. IHE, Delft.
- Voo, E.E. van der, 1965. Tussen Lek en Ronde Venen. Landschap en plantengroei van het "groene hart" van het Utrechts-Zuidhollandse polderland. KNNV, wetenschappelijke mededelingen, nr. 60.
- Wasscher, M.T., 1990. Libellen in de provincie Utrecht. Leiden.
- Wit, J.A.W. de, M.A. van der Gaag, C. van der Guchte, C.J. van Leeuwen & J. Koeman, 1991. The effect of micropollutants on components of the Rhine ecosystem. EHR rapport 35.
- Wijngaarden, A van en J. van de Peppel, 1970. De otter, *Lutra lutra*, in Nederland. *Lutra* 12 (1/2): 1-70.

Bijlage 1
Schetsontwerpen nevengeulen in voorbeeldlokaties

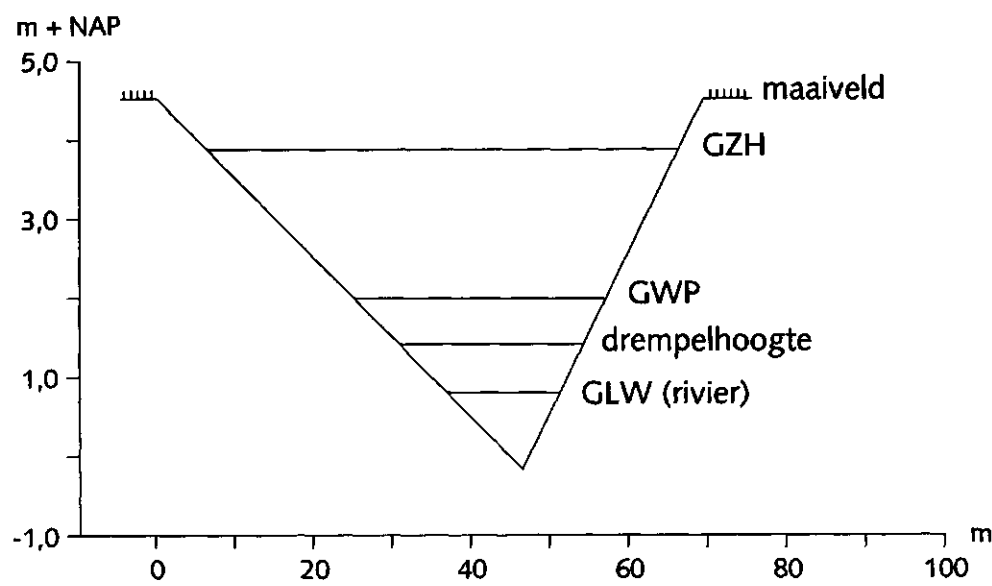
Heesseltsche Uiterwaarden



Afferdensche en Deestsche Waarden



Roetwaard



- GZH = gemiddeld zomerhoogwaterpeil
- GWP = gemiddeld waterpeil
- GLW = gemiddeld laagwaterpeil

Bijlage 2

Stroomsnelheden van Rijn en Rijntakken

(naar gegevens van Rijkswaterstaat)

Traject	Stroomsnelheid (m/s)		
	Q 90%	Q 50%	Q 10%
Boven-Rijn - Waal			
Lobith - Pannerdensche Kop	0,76	1,01	1,25
Pannerdensche Kop - Nijmegen	0,89	1,01	1,21
Nijmegen - Dodewaard	0,88	1,00	1,20
Dodewaard - Tiel	0,88	1,01	1,22
Tiel - St. Andries	0,84	0,99	1,22
St. Andries - Zaltbommel	0,79	0,98	1,22
Zaltbommel - Herwijnen	0,67	0,89	1,16
IJssel			
IJsselkop - De Steeg	0,91	0,99	1,14
De Steeg - Doesburg	0,83	0,90	1,04
Doesburg - Dieren	0,78	0,85	1,00
Dieren - Zutphen	0,68	0,76	0,91
Zutphen - Deventer	0,66	0,73	0,87
Deventer - Olst	0,59	0,67	0,81
Olst - Wijhe	0,56	0,65	0,81
Wijhe - Katerveer	0,52	0,63	0,81
Katerveer - Kampen	0,40	0,50	0,71
Pannerdensch Kanaal - Neder-Rijn - Lek			
Pannerdensche Kop - Doornenburg	0,54	0,98	1,23
Doornenburg - IJsselkop	0,46	0,91	1,18
IJsselkop - Arnhem	0,07	0,76	1,07
Arnhem - Driel	0,05	0,64	1,03
Driel - Lekskensveer	0,06	0,65	0,92
Lekskensveer - Grebbe	0,05	0,57	0,96
Grebbe - Remmerden	0,04	0,49	0,99
Remmerden - Eck en Wiel	0,04	0,46	1,04
Eck en Wiel - Amerongen	0,03	0,40	0,98
Amerongen - Wijk bij Duurstede	0,05	0,57	0,93
Wijk bij Duurstede - Culemborg	0,04	0,45	0,86
Culemborg - Hagestein	0,03	0,40	0,86

PUBLICATIES EN RAPPORTEN VAN HET PROJECT "ECOLOGISCH HERSTEL RIJN EN MAAS"

- 1 - 1988 Ecological rehabilitation of the river Rhine: a proposal for a Netherlands research programme. (RIZA, RIVM, RIVO-DLO)
- 2 - 1988 Fish and their environment in large european river ecosystems; the Dutch part of the river Rhine. W.G. Cazemier, Science de l'Eau 7, 95-114 (1988). (RIVO-DLO)
- 3 - 1988 High rates of denitrification in a storage reservoir fed with water of the river Rhine. W. Admiraal and J.C. van der Vlugt. Arch. Hydrobiol. 113, 593-605 (1988). (RIVM)
- 4 - 1988 Impact of biological activity on detritus transported in the lower river Rhine: an exercise in ecosystem analysis. W. Admiraal en B. van Zanten, Freshwater Biology 20, 215-225 (1988). (RIVM)
- 5 - 1988 Continue signalering van toxische stoffen in het aquatische milieu met behulp van biologische bewakingssystemen - literatuurstudie. J. Botterweg, 31 pp., Den Haag (1988). (RIZA)
- 6 - 1988 Environmental stress in five aquatic ecosystems in the floodplain of the river Rhine. W. Admiraal, E.D. de Ruyter van Steveninck en H.A.M. de Kruijf. The Science of the Total Environment 78, 59-75 (1988). (RIVM)
- 7 - 1989 Bioaccumulation in yellow eel (*Anguilla anguilla*) and perch (*Perca fluviatilis*) from the Dutch branches of the Rhine- mercury, organochlorine compounds and polycyclic aromatic hydrocarbons. F. van der Valk, H. Pieters en R.C.C. Wegman. (RIVO-DLO)
- 8 - 1989 Beoordeling en evaluatie van biologische alarmeringssystemen op het meetstation Lobith. Bio-alarm project fase I. J. Botterweg. (RIZA)
- 9 - 1989 Ecologisch herstel Rijn - beleid en onderzoek. Symposium- verslag 26 mei. E.C.L. Martelijn (red.). (RIZA)
- 10 - 1989 Summary of results and conclusions from the first phase (1988-1989) of the Netherlands research programme "Ecological Rehabilitation Rhine". J.A.W. de Wit, W. Admiraal, C. van der Guchte and W.G. Cazemier. (RIZA)
- 11 - 1989 Literature survey into the possibility of restocking the River Rhine and its tributaries with Atlantic salmon (*Salmo salar*). S.J. de Groot. (RIVO-DLO)
- 12 - 1989 Literature survey into the possibility of restocking the River Rhine and its tributaries with sea trout (*Salmo trutta trutta*). S.J. de Groot. (RIVO-DLO)
- 13 - 1989 Water- en oeverplanten in het zomerbed van de Nederlandse grote rivieren in 1988. Hun voorkomen en relatie met algemene fysische en chemische parameters. M.M.J. Maenen. (RIZA)
- 14 - 1989 Ecologisch herstel van de Rijnmakrofauna. B. van Dessel. (RIZA)
- 15 - 1989 Comparison of nitrification rates in three branches of the lower river Rhine. Biogeochemistry 8, 135-151. W. Admiraal and Y.J.H. Botermans. (RIVM)
- 16 - 1990 Vegetatie in de uiterwaarden: de invloed van hydrologie, beheer en substraat. M.C.C. de Graaf, H.M. van de Steeg, L.A.C.J. Voosenek en C.W.P.M. Blom. (RIZA)
- 17 - 1990 Chemicals affecting the spawning migration of anadromous fish by causing avoidance responses or orientational disability, with special reference to concentrations in the River Rhine. T.C. van Brummelen. (RIZA)
- 18 - 1990 Biomonitoring met de larven van Chironomiden en kokerjuffers. F. Heinis en T. Krommentuijn. (RIZA)
- 19 - 1990 Changes in plankton communities in regulated reaches of the lower River Rhine. E.D. de Ruyter van Steveninck, W. Admiraal and B. van Zanten. (RIVM)
- 20 - 1990 Fixation of dissolved silicate and sedimentation of biogenic silicate in the lower River Rhine during diatom blooms. W. Admiraal, P. Breugem, D.M.L.H.A. Jacobs and E.D. de Ruyter van Steveninck. (RIVM)
- 21 - 1990 On the potential of basing an ecological typology of aquatic sediments on the nematode fauna: an example from the River Rhine. T. Bongers and J. van de Haar. (RIVM)
- 22 - 1990 Monitoring the toxicity of organic compounds dissolved in Rhine water. D. de Zwart and A.J. Folkerts. (RIVM)
- 23 - 1990 The kinetics of the degradation of chloroform and benzene in anaerobic sediment from the River Rhine. P. van Beelen and F. van Keulen. (RIVM)
- 24 - 1990 Phases in the development of riverine plankton: examples from the rivers Rhine and Meuse. E.D. de Ruijter van Steveninck, B. van Zanten and W. Admiraal. (RIVM)
- 25 - 1990 Typologie en waardering van stagnerende wateren langs de grote rivieren in Nederland, op grond van waterplanten, plankton en macrofauna, in relatie tot fysisch-chemische parameters. F.W.B. van den Brink. (RIZA)
- 26 - 1990 Ecologische ontwikkelingsrichting grote rivieren. Aanzet tot kwantitatieve uitwerking van ecologische doelstellingen voor de grote rivieren in Nederland. J.A.M. Vanhemeltijk en A.L.M. van Broekhoven. (RIZA)
- 27 - 1991 Monitoring macroinvertebrates in the River Rhine. Results of a study made in 1988 in the Dutch part. A. bij de Vaate and M. Greijdanus-Klaas. (RIZA)
- 28 - 1991 Voedsel ecologie van vissen in de Nederlandse Rijnakken. P.J.M. Bergers. (RIZA)
- 29 - 1991 Natuurontwikkeling in uiterwaarden. Perspectieven voor het vergroten van rivierdynamiek en het ontwikkelen van oobossen in de uiterwaarden van de Rijn. H. Duel. (RIZA)
- 30 - 1991 Phytoplankton in the river Rhine, 1989. Comparison between Lobith and Maasluus. R. Bijkerk. (RIVM)
- 31 - 1991 Inventarisatie van en verbeteringsplanning voor de fysieke belemmeringen voor de migratie van vis op de grote Nederlandse rivieren. A.W. de Haas. (RIZA)
- 32 - 1991 Visintrek mogelijkheden in de Rijn in Nederland. J.A.M. Vanhemeltijk. (RIZA)
- 33 - 1991 Nevengeulen - onderzoek naar de mogelijkheden, de consequenties en de te stellen eisen bij de aanleg van nevengeulen in de uiterwaarden. A.W. de Haas. (RIZA)
- 34 - 1991 The Asiatic clam, *Corbicula fluminea* (Müller, 1774), a new immigrant in the River Rhine. A. bij de Vaate (ed.). (RIZA)
- 35 - 1991 The effects of micropollutants on components of the Rhine ecosystem. Ed. J.A.W. de Wit et al. (RIZA)
- 36 - 1991 Aquatische makro-eventebraten in de Duursche Waarden 1989- 1991. A. Klink, E. Martelijn, J. Mulder en B. bij de Vaate. (RIZA)
- 37 - 1991 Sensitivity of bacterioplankton in the Rhine river to various toxicants measured by thymidine incorporation and activity of exoenzymes. D.M.J. Tubbing and W. Admiraal. (RIVM)

- 38 - 1992 Schatting van risico's van microverontreinigingen in de Rijn voor groepen organismen van de rivier-AMOEBA. J.W. Dogger, F. Balk, L.L. Bijlmakers en A.J. Hendriks (RIZA)
- 39 - 1992 Macrofauna in de diepe waterbodem van het noordelijk Deltabekken. H.C. Dudok van Heel, H. Smit en S.M. Wiersma. (RIZA)
- 40 - 1992 Ecological rehabilitation of the Rivers Rhine and Meuse: Netherlands research programme(1992-1995). Anonymous. (RIZA, RIVM, IBN-DLO, RIVO-DLO, SC-DLO).
- 41 - 1992 Projekt Ecologisch Herstel Maas. J. Botterweg en W. Silva (RIZA).
- 42 - 1992 Groei en overleving van *Viottende waternonkel* (*Ranunculus Fluitans* Lam.) in de Maas: transplantatie en semi-veldexperimenten. M. de la Haye (RIZA).
- 43 - 1992 Microverontreiniging in Blankvoorns en schelpdieren uit de Maas en Maasplassen, 1991. B. van Hattem en S. Dirksen (RIZA).
- 44 - 1992 Vegetaties en het oevermilieu van de Grensmaas: I Veldopname en verwerking van gegevens. D. de Boer (RIZA).
- 45 - 1992 Waterplanten en de Maasplassen: inventarisatie 1990 - 1991. B. Paffen, P. van Avesaath en W. Overmars (RIZA).
- 46 - 1992 De visstand in de Grensmaas. T. Vriese (RIZA).
- 47 - 1992 Methode voor de schatting van milieurisico's in de Gelderse uiterwaarden (RIZA).
- 48 - 1993 Macro-evertebraten op de bodem van het Hollandsch Diep - Haringvliet. A. Klink en H.C. Dudok van Heel. (RIZA)
- 49 - 1993 De morfodynamiek van rivierduinen langs de Waal en de Lek. R.F.B. Isarin en H.J.A. Berendsen. (RIZA)
- 50 - 1993 Ecologisch herstel van de Rijn, van onderzoek naar beleid (1988-1992). Ecological rehabilitation of the River Rhine, The Netherlands summary report (1988-1992). G.M. van Dijk en E.C.L. Martijn (eds.). (RIZA, RIVM, IBN-DLO, RIVO-DLO, SC-DLO)
- 51 - 1993 Documentation of zooplankton species in the Lower River Rhine. B. van Zanten and P. Leentvaar. (RIVM)
- 52 - 1993 Monitoring macroinvertebrates in the River Rhine. Results of a study executed in the Dutch part in 1990. A. bij de Vaate and M. Greijdanus-Klaas. (RIZA)
- 53 - 1993 Worden groei, overleving en kieming van *Viottende Waternonkel* (*Ranunculus fluitans* Lamarck) in Maaswater beïnvloed door waterstandsfluctuaties? Semi-veldexperimenten. M.A.A. de la Haye. (RIZA)
- 54 - 1993 Paai- en opgroeigebieden voor vis in de Maas. S. Semmekrot en F.T. Vriese. (RIZA)

Aanvragen/requests:

- (RIZA): Institute for Inland Water Management and Waste Water Treatment, P.O. Box 17, 8200 AA Lelystad, The Netherlands.
- (RIVM): National Institute for Public Health and Environmental Protection, P.O. Box 1, 3720 BA Bilthoven, The Netherlands.
- (RIVO-DLO): Netherlands Institute for Fishery Investigations, P.O. Box 68, 1970 AB IJmuiden, The Netherlands.
- (IBN-DLO): Institute for Forestry and Nature Research, P.O. Box 9201, 6800 HB Arnhem, The Netherlands.
- (SC-DLO): The Winand Staring Centre for Integrated Land, Soil and Water Research, P.O. Box 125, 6700 AC Wageningen, The Netherlands.

- 55-1993 Biologische bewaking van Rijn en Maas: ervaringen met vissen en watervlooien (1988-1992). D.A. Stouten, F. Noppert, F. Balk en A.J. Hendriks (RIZA)
- 56-1994 Nevengedelen: verkenning naar de ecologische betekenis van inrichtingsvarianten. H. Ducl, R. Daring en B. Specken. (RIZA)