

**Literatuuronderzoek naar enige factoren die invloed
hebben op het biologisch herstel van de Grensmaas**

Alexander Klink

Hydrobiologisch Adviesburo Klink bv Wageningen
Rapporten en Mededelingen 24 (10 juni 1986)

Inhoudsopgave	pagina
Samenvatting	4
1. Inleiding	5
2. Methoden	6
3. Afvoergegevens van de Maas	7
3.1. Algemeen	
3.2. Werking van de stuw bij Borgharen	8
4. Makro-evertebraten en fysisch-chemische parameters	10
4.1. Makro-evertebraten en stroomsnelheid	
4.2. Makro-evertebraten en hoeveelheid zwevende stof	12
4.3. Makro-evertebraten en olie of zware metalen	
4.4. Makro-evertebraten en stuwen	
4.4.1. Fluctuaties in de stroomsnelheid	
4.4.2. Invloed van temperatuurveranderingen	13
4.4.3. Invloed van veranderingen in kwaliteit van de zwevende stof	
4.5. Makro-evertebraten en rekolonisatie	14
5. Huidige perspectieven voor de makro-evertebraten in de Grensmaas	15
5.1. Zwevende stof gehalte	
5.2. Olie en zware metalen	
5.3. Fluctuaties in de afvoer	
5.4. Fluctuaties in de temperatuur	
6. Conclusies	16
6.1. Biologisch verantwoorde minimale afvoer over de Grensmaas	
6.2. Biologisch verantwoorde fluctuaties in het debiet	
6.3. Biologisch verantwoorde gehalten aan zwevende stof	
6.4. Biologisch verantwoorde concentraties minerale olie en zware metalen	
6.5. Biologische consequenties van ontgrindingen	
7. Aanbevelingen voor verder onderzoek	18
8. Literatuur	19
Afbeeldingen	
1. Onderschrijdingspercentage van de afvoer over de Grensmaas in de periode 1911-1985	7
2. Onderschrijdingspercentage van de stroomsnelheid over de Grensmaas in de periode 1911-1985	8
3. Fluctuaties in de stroomsnelheid op enige punten van de Grensmaas bij lage afvoer	8
4. Fluctuaties in de stroomsnelheid op enige punten van de Grensmaas bij hoge afvoer	9
5. Percentage filterfeeders in een aantal grote rivieren	11
6. Frekwentieverdeling van Simuliidae en Hydropsychidae naar stroomsnelheid	11
7. Gemiddelde concentratie van minerale olie in het water van enige rivieren	12
8. Percentage filterfeeders van de totale insectenfauna in de Rijn en de Maas	15
Tabellen	
1. Indeling van makro-evertebraten naar voedselgilde	10
2. Maximaal toelaatbare debietveranderingen per tijdseenheid (naar Bauersfeld, 1978)	13

Bijlagen

1. Wekelijkse afvoergegevens van de Maas bij Eijsden in de periode 1979-1983
2. Tweewekelijkse afvoergegevens in de Grensmaas bij Borgharen beneden de stuw 1979-1980
3. Gehalte aan zwevende stof in de Maas te Eijsden in 1984 op grond van 179 waarnemingen

Citaten betreffende:

4. De relatie tussen de stroomsnelheid en Simuliidae, Rheotanytarsus
5. De relatie tussen de stroomsnelheid en net-spinnende kokerjuffers
6. De relatie tussen zwevende stof gehalte en filterfeeders
7. De invloed van olie en zware metalen op vissen en makro-evertebraten
8. De invloed van debietmanipulatie op drift van makro-evertebraten
9. De invloed van veranderingen in temperatuur en voedselkwaliteit op makro-evertebraten
10. De rekolonisatie van een verlaten rivierbed door makro-evertebraten

Samenvatting

In het literatuuronderzoek naar factoren die invloed hebben op het biologisch herstel van de Grensmaas is gebleken dat de stroomsnelheid over de grindbanken niet lager mag zijn dan 20 cm/s. Hoe lang de periode van lage stroomsnelheid door de fauna wordt getolereerd is in dit onderzoek niet achterhaald.

Fluctuaties in de afvoer door enerzijds het wisselende aanbod van water, maar vooral door de werking van de stuw bij Borgharen zijn dermate groot dat een biologisch herstel van de Grensmaas ernstig wordt belemmerd.

Het periodiek optreden van zeer hoge gehalten aan zwevende stof kan mede oorzaak zijn van de geringe biologische kwaliteit die momenteel heerst in de Grensmaas.

Literatuuronderzoek naar de maximaal toelaatbare concentraties van olie en zware metalen in de Grensmaas is gewenst. In dit onderzoek zijn namelijk aanwijzingen gevonden dat met name het olie gehalte in de Maas een faktor 10 hoger kan zijn dan het biologisch verantwoorde niveau.

Van de Nederlandse rivieren is slechts de Grensmaas in het bezit van natuurlijke stroomversnellingen die gevormd worden door grindbanken. Grindbanken, met een gezamenlijke lengte van 21 km, komen voor op ca. de helft van het rivierbed. Deze stroomversnellingen zijn biologisch zeer waardevol en zullen in de toekomst wellicht weer door de oorspronkelijke fauna worden bewoond. Vanuit een beleidsvisie die gericht is op biologisch herstel kunnen ontgrindingen in het zomerbed van de Grensmaas niet worden toegestaan.

1. Inleiding

In opdracht van Rijkswaterstaat Directie Limburg is een literatuuronderzoek uitgevoerd naar relevante factoren voor het biologisch herstel van de Grensmaas. Dit traject van de Maas is gelegen op de grens tussen België en Nederland tussen Borgharen en Stevensweert. Als enige gedeelte van de Maas in België en Nederland is de Grensmaas niet gestuwd en onbevaarbaar. Het bed bestaat uit een afwisseling van grindbanken, "riffles", waar de stroomsnelheden hoog zijn en diepere delen, "pools", met lagere stroomsnelheden. De Grensmaas heeft riffles over een lengte van ruim 21 km en 19 km bestaat uit pools. Zoals gebleken is uit een recent onderzoek (Klink, 1985) maken deze riffles, tesamen met de vrije afstroming van de Grensmaas, een rivier met zeer hoge biologische potenties. De optimale condities voor diversiteit van de fauna in een stromend water zijn een stroomsnelheid van 60-76 cm/s, een diepte van 28-34 cm en een substraat dat bestaat uit kiezels en keien (Gore, 1978; Orth e.a., 1983). Door uitgebreide inventarisaties is echter gebleken dat de fauna van makro-evertrebraten die momenteel in de Grensmaas aanwezig is, in het geheel niet overeenkomt met de potentiële fauna, of met de fauna die ca. 100 jaar geleden in de Grensmaas heeft geleefd. Voorts is opvallend dat de levensgemeenschap in de Rijntakken de laatste jaren relatief beter ontwikkeld is dan in de Grensmaas. De voornaamste oorzaken die worden genoemd zijn de verontreinigingen afkomstig van het industriegebieden in België. Vooral minerale olie en zware metalen komen in zeer hoge concentraties voor in de Limburgse Maas. Uitgaande van sanering van de verontreinigingen aan Belgische kant, wordt van Nederlandse zijde de behoefte gevoeld om een beleid te voeren dat gericht is op het scheppen van optimale voorwaarden voor biologisch herstel van de Grensmaas. In dit voorwaarde scheppende beleid is de afvoerstrategie van het water over de Grensmaas de voornaamste factor, aangezien de belangrijke lozingen op Nederlands grondgebied zij of worden gesaneerd. Bij laag water moet een keuze worden gemaakt tussen afvoer over het Julianakanaal, of afvoer over de Grensmaas en terugpompen via het Julianakanaal. Hierbij is voor de scheepvaart een hoeveelheid nodig van 12-18 m³/s. Bij het maken van een verantwoorde keuze dient bekend te zijn welke hoeveelheid water de Grensmaas minimaal nodig heeft om de huidige, maar vooral de potentiële fauna in stand te houden. Voorts is het van belang om te weten of ontgrindingen in het zomerbed van de Grensmaas in harmonie te brengen zijn met dit op herstel gerichte beleid. Zowel de afvoerstrategie als ontgrindingen hebben een directe invloed op de stroomsnelheid. Het hier gepresenteerde literatuuronderzoek is er dan ook op gericht om de invloed van de stroomsnelheid op het functioneren van een levensgemeenschap nader te belichten.

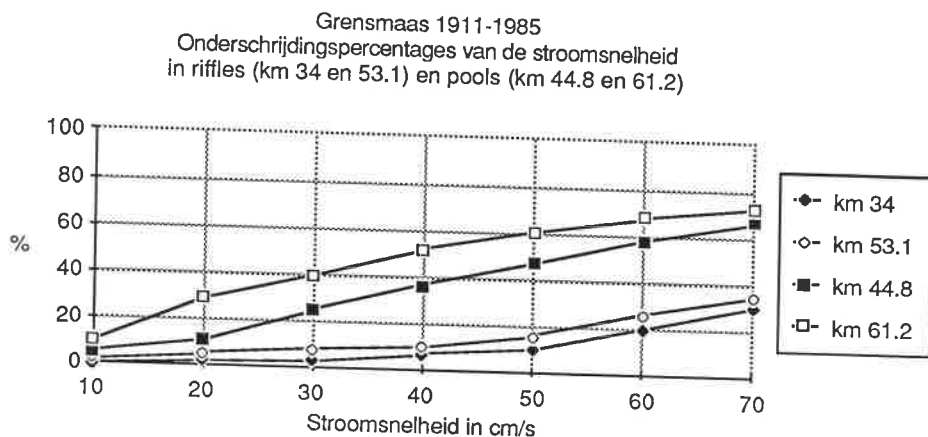
2. Methoden

De volgende informatiebronnen zijn geraadpleegd:

- Een lijst met literatuurvermeldingen en samenvattingen (1980-heden) van Biosciences Information Services (Biosis) in de Verenigde Staten. Bij het zoeken naar een geschikt gegevensbestand is gebruik gemaakt van de volgende combinatie van de trefwoorden: Makrovertebraten, Insecta, Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera, Diptera in combinatie met Stroomsnelheid, Diepte, Afvoer, Stroomgebieden, Stuwmeren en Droogvallen.

Deze zoekstrategie heeft geleid tot 1799 verwijzingen, waarvan er ca. 800 zijn geselecteerd. Van de 800 titels zijn aanvragen voor overdrukken verzonden naar de diverse auteurs. Ongeveer 50% van de auteurs heeft gereageerd met terugzenden van gemiddeld 2 maal de hoeveelheid aangevraagde artikelen. Na twee maanden zijn de overige artikelen via de centrale bibliotheek van de Landbouwhogeschool te Wageningen aangevraagd.

- Een literatuurrecherche door het bestand van het Adviesburo (6000 titels).
 - Gegevens betreffende chemische en fysische gesteldheid van de Maas. Deze gegevens zijn verstrekt door Dienst Informatieverwerking en Direktie Limburg van Rijkswaterstaat.
- Deze opzet heeft geresulteerd in 132 artikelen die min of meer betrekking hebben op het onderwerp van dit literatuuronderzoek.



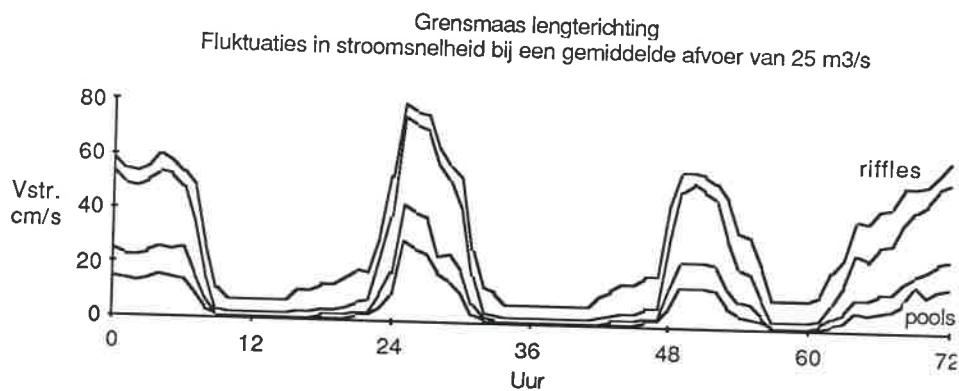
Figuur 2. Onderschrijdingspercentage van de stroomsnelheid over de Grensmaas in de periode 1911-1985

De stroomsnelheid op de riffles bedraagt 40 cm/s of meer in 90% van de periode. In de pools is dit in 60% of minder het geval (Figuur 2).

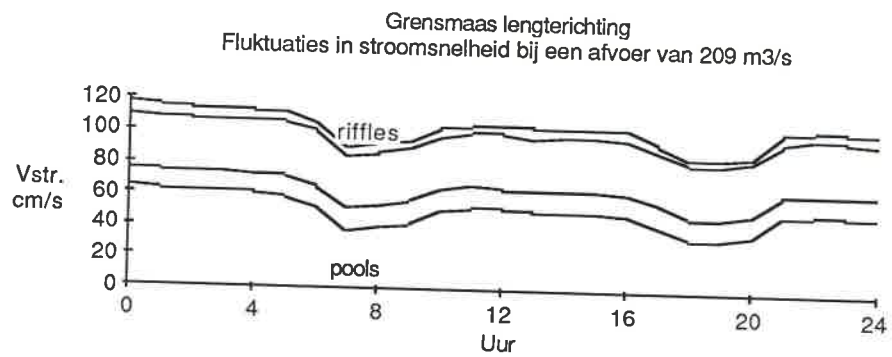
3.2. Werking van de stuw bij Borgharen

De stuw bij Borgharen is in 1931 continue in gebruik genomen om het Julianakanaal op peil te houden.

De inrichting van de stuw is gericht op het reguleren van het waterpeil in het Julianakanaal. Bij lage afvoeren wordt het water over de stuw op de Grensmaas afgevoerd, terwijl bij afvoeren van 225 m³/s en meer het water ook onder de stuw wordt gelost. De afvoer over de Grensmaas is derhalve met de huidige constructie niet goed te regelen. Samen met de werking van de electriciteitscentrale te Lixhe en de handbediening van de stuw, leidt dit tot grote fluktuaties in het debiet over de Grensmaas, zoals blijkt uit figuur 3. Bij hogere afvoeren met onderlossing volgt het debiet meer de natuurlijke afvoer van de rivier (Figuur 4).



Figuur 3. Fluktuaties in de stroomsnelheid op enige punten van de Grensmaas bij een lage afvoer, opgetreden van 18 tm 21 oktober 1985.



Figuur 4. Fluctuaties in de stroomsnelheid op enige punten van de Grensmaas bij gemiddelde afvoer, opgetreden op 10 maart 1986

4. Makro-evertebraten en fysisch-chemische parameters

4.1. Makro-evertebraten en stroomsnelheid

Gegevens over makro-evertebraten kunnen op een aantal manieren worden verwerkt. Twee indelingen waarmee in de regel een goede indruk wordt verkregen van de biologische toestand van een stromend water zijn:

- Een indeling naar plaats (habitat) waar de organismen zich ophouden
- Een indeling naar de manier waarop ze voedsel vergaren (voedselgilde)

De eerste indeling is toegepast in het onderzoek naar de hydrobiologie van de Grensmaas (Klink, 1985). De konklusie wordt daar getrokken dat de insektenfauna vrijwel uitsluitend bestaat uit bewoners van stenen en dat de zand en grindbodem onder de stenen te verontreinigd is voor insektenlarven. De levensgemeenschap van stenen is kwalitatief slechter ontwikkeld in de Grensmaas dan in de Rijn.

In het huidige onderzoek dienen we de tweede optie te hanteren om een inzicht te krijgen in de voorwaarden die makro-evertebraten stellen aan de stroomsnelheid.

In een zeer groot aantal onderzoeken heeft men de indeling naar voedselgilde toegepast (bv. Schröder, 1984 en de referenties hierin). Het uitgangspunt hierbij is dat voedsel aanbod naar aard en hoeveelheid een belangrijke sturende faktor is in een levensgemeenschap. Samengevat kunnen de makro-evertebraten in de volgende voedselgildes worden ondergebracht (zie tabel 1).

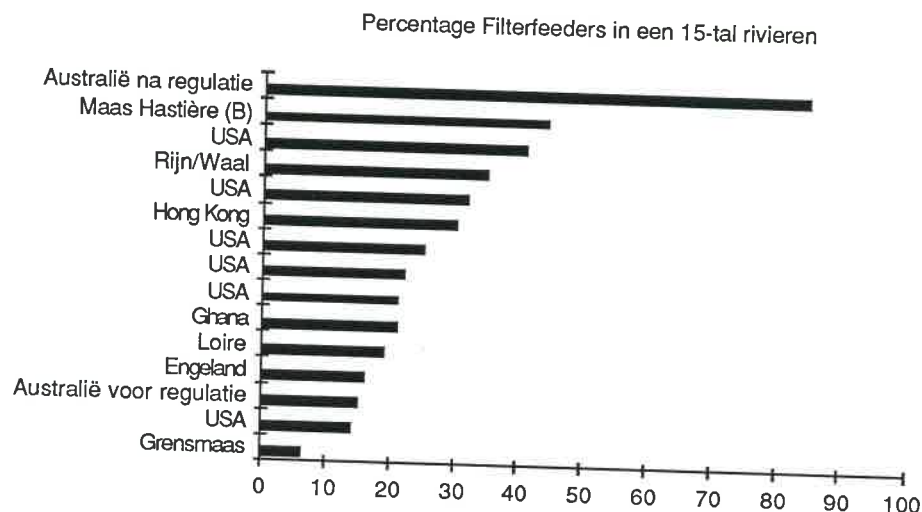
Tabel 1. Indeling van makro-evertebraten naar voedselgilde

Voedselgilde		korte omschrijving van de strategie
shredders	knippers	verkleinen van bladeren
scrapers	schrappers	schrappen van bladeren of stenen
collecters	verzamelaars	verzamelaars van bezonken deeltjes
filterers	filteraars	verzamelaars van zwevende deeltjes
piercers	boorders	uitzuigen van planten of draadwieren
predators	rovers	uitzuigen of opeten van de andere makro-evertebraten

In een stroomgebied van de bron naar de benedenloop treedt een verschuiving op in de verdeling van het voedselaanbod. In de bovenloop bestaat een groot deel van het beschikbare voedsel uit afgevallen bladeren (bv. Cummins, 1979). Naar de benedenloop neemt de hoeveelheid instraling toe, waardoor fytoplankton voor een deel van het voedsel zorgt. Tevens worden de resten van het verteerde blad als kleine deeltjes meegevoerd met de stroming. Dit heeft in een natuurlijk ecosysteem tot gevolg dat in de bovenloop de shredders beter vertegenwoordigd zijn, terwijl de collectors en filterfeeders in de benedenloop hun optimale verspreiding hebben.

Het verschil tussen collectors en filterfeeders is dat collectors actief op zoek gaan naar bezonken deeltjes, terwijl filterfeeders op het substraat zijn vastgehecht. De filterfeeders zijn dan ook het meest direkt afhankelijk van de stroomsnelheid. Ze kunnen slechts dan voedsel vergaren wanneer de stroming deeltjes door hun filterinrichting voert. In figuur 5 is voor een aantal rivieren het aandeel van filterfeeders uitgezet.

In een rivier die niet gestuwd is en nauwelijks verontreinigd (bv. de Loire) maken de filterfeeders ca. 20% uit van het totaal aantal makro-evertebraten. Indien dit percentage veel hoger of lager is, zijn daar dikwijls duidelijke oorzaken voor. Het verschil tussen de abundantie van filterfeeders in de Australische rivier vóór en na regulatie wordt veroorzaakt door toename van de voedselkwaliteit (zie 4.4.3. p. 13).

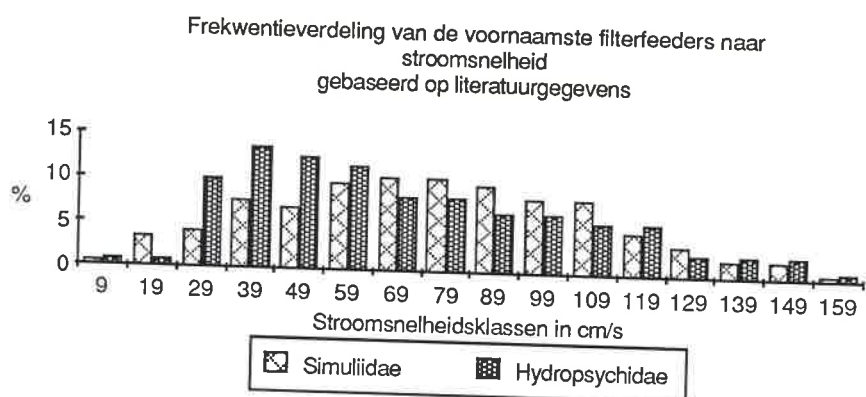


Figuur 5: Percentage filterfeeders in een aantal grote rivieren (Armitage, 1976; Blyth e.a., 1984; Canton e.a., 1984; Davis, 1980; Dudgeon, 1984; Hill e.a., 1982; Klink, 1985; Kondratief e.a., 1984; Minshall e.a., 1982; Petr, 1970; Wallace e.a., 1984)

De filterfeeders, die in de huidige Nederlandse rivieren voorkomen, zijn netspinnende kokerjuffers van de families Hydropsychidae en Polycentropodidae, kriebelmuggen (Simuliidae, zeer schaars!) en Tanytarsini (vnl. Rheotanytarsus). In de bijlagen 4 en 5 is een overzicht gegeven van de stroomsnelheden waarbij deze groepen zijn aangetroffen. Hieruit blijkt dat voor Simuliidae een optimale stroomsnelheid kan worden berekend van 62.1 cm/s (met standaard afwijking 21.5-100.9 cm/s). Voor Hydropsychidae geldt een stroomsnelheid van 58.4 cm/s (20.9-95.9 cm/s) (zie figuur 6). Deze optimale stroomsnelheid wordt op de riffles 20-25% van de dagen onderschreden in de periode 1911-1985, in de pools is dit 60-70% (Figuur 2).

Indien rekening wordt gehouden met de preferentiegrenzen voor de stroomsnelheid (ondergrens 20 cm/s) dan treedt op de riffles ca. 5% overschrijding op en in de pools 10-30%.

Zoals uit figuur 6 blijkt zijn Simuliidae en Hydropsychidae nog bij lagere stroomsnelheden aangetroffen. In deze gevallen is echter duidelijk sprake van marginale levensomstandigheden (zie bijlage 4 en 5).



Figuur 6. Frekwentieverdeling van Simuliidae en Hydropsychidae naar stroomsnelheid

4.2. Makro-evertebraten en hoeveelheid zwevende stof

De filterfeeders zijn niet slechts afhankelijk van de stroomsnelheid, maar tevens van het gehalte aan zwevende stof. Dit is immers hun voedselbron.

In bijlage 6 wordt een overzicht gegeven van enige relaties tussen filterfeeders en het zwevende stof gehalte.

In een rivier kunnen 3 groepen van filterfeeders worden onderscheiden op grond van hun geëigende deeltjes voorkeur (zie bijlagen 4 en 6)

- Hydropsychidae en Polycentropodidae hebben een net met maaswijdten die variëren van 100-300 μm .

- Philopotamidae hebben een net met mazen van 0.5-5 μm .

- Simuliidae hebben waaiers die in staat zijn deeltjes te filteren van 0.1-300 μm (Bijlage 4; Costa e.a., 1980).

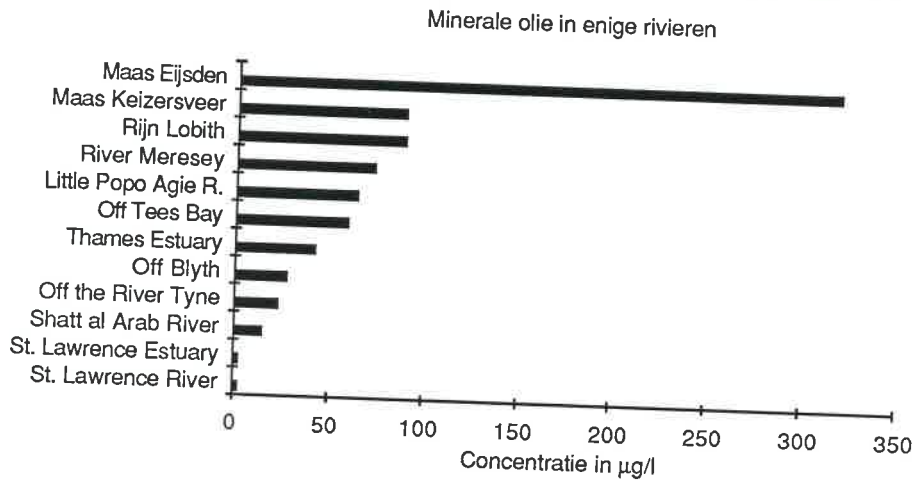
Bij lage gehalten aan zwevende stof (<10 mg/l) zijn deze drie groepen rijkelijk vertegenwoordigd. Bij stijging van het gehalte aan zwevende stof en opgeloste stof (<0.5-1 μm) verdwijnen de Philopotamidae doordat hun net dichtsluit. Hiervan profiteren de Hydropsychidae. Bij een zwevende stof gehalte van 50 mg/l kunnen Hydropsychidae en Simuliidae nog functioneren. Stijgt het zwevende stofgehalte tot 77 mg/l dan treft men in een rivier nauwelijks meer Hydropsychidae aan.

4.3. Makro-evertebraten en olie of zware metalen

In bijlage 7 zijn enige onderzoeken geciteerd met betrekking tot olie en zware metalen, alsmede de concentraties in de Maas bij Eijsden over de periode 1979-1983. De invloed van PAK's en PCB's is niet nagegaan in deze studie.

De maximale concentraties van zware metalen in de Maas liggen veelal op een niveau dat schadelijk is voor de levensgemeenschap. De gemiddelde concentraties geven volgens de referenties eveneens aanleiding tot ongerustheid.

Minerale olie in de Maas met een gemiddelde waarde van 320 $\mu\text{g/l}$ (RIWA, 1984) en een maximale waarde van 1400 $\mu\text{g/l}$ in de periode 1979-1983 staat in duidelijk contrast met een geschat no effect level van 25 $\mu\text{g/l}$ (Woodward e.a., 1983). Zie tevens figuur 7.



Figuur 7. Gemiddelde concentratie van minerale olie in het water van enige rivieren (Douabal e.a., 1985; RIWA, 1984 en 1985; Woodward e.a., 1983)

4.4. Makro-evertebraten en stuwen

4.4.1. Drift bij debietmanipulatie

Drift is het verschijnsel dat makro-evertebraten hun plaats op of in het substraat verlaten en met de stroming worden meegevoerd. Dit gedrag heeft te maken met de natuurlijke verspreiding van organismen in stromend water. Het is tevens een mechanisme om aan ongunstige omstandigheden te ontkomen (zie bijlage 8).

5. Huidige perspectieven voor de makro-evertebraten in de Grensmaas

5.1. Fluctuaties in afvoer

De dagelijkse fluctuaties in de afvoer zijn van een dermate omvang dat gedurende een groot aantal dagen in het late voorjaar tot de herfst katastrofale drift zou optreden indien de potentiële fauna in het bed van de Grensmaas aanwezig was. Sterke fluctuaties leiden voorts tot het uitdrogen van de poppen en de eipakketten. Met name de filterfeeders, die bijzonder gevoelig zijn voor wisselingen in de stroomsnelheid, zullen in de huidige situatie erg weinig mogelijkheden hebben om zich te vestigen (Bijlage 8). Indien de hoogst toelaatbare fluctuatie in afvoer ten behoeve van zalm wordt gehanteerd (26%/uur, Bauersfeld, 1978) dan wordt dit percentage bij een lage afvoer zoals in figuur 3 (P. 8) in 33 van de 72 uur overschreden. Bij een gemiddelde afvoer van ca. 200 m³/s (figuur 4; P. 9) is dit in 2 van de 24 uur het geval.

5.2. Fluctuaties in de temperatuur

Alhoewel zeer ingrijpende veranderingen in de fauna zijn beschreven die veroorzaakt worden door een afwijkend temperatuurregiem onder invloed van stuwings, geeft de situatie bij de stuw van Borgharen niet de indruk dat stratifikatie optreedt. De invloed van de stijging van de temperatuur in de Maas met 2.5 °C in de afgelopen 70 jaar (Schouten e.a., 1981) is op dit moment nog niet in te schatten.

5.3. Zwevende stof gehalte

Het gemiddelde jaarlijkse zwevende stofgehalte in de Grensmaas wijkt niet af van dat in de Rijn.

De fluctuaties in de gehalten in de Maas zijn echter veel hoger (Bijlage 3). Aangezien een concentratie van 77 mg/l zwevende stof aanleiding geeft tot het verdwijnen van Hydropsyche (Wynes, e.a., 1981), kunnen hogere gehalten vooral in het groeiseizoen (maart-augustus) de ontwikkeling van een populatie stagneren. In Nederland vliegen de imagines uit in de periode mei-augustus (van Urk, pers. med.).

5.4. Olie en zware metalen, pesticiden, PAK's en PCB's

Olie en in mindere mate zware metalen geven op grond van de literatuur serieuze aanwijzingen dat ze verantwoordelijk kunnen zijn voor een sterke aantasting van de levensgemeenschap in de Grensmaas. Zware metalen en pesticiden worden ervan verdacht structurele kopafwijkingen in muggelarven te veroorzaken (van Urk, e.a., 1985). In rivierafzettingen treedt een significante negatieve relatie op tussen kopafwijkingen en ouderdom (Klink, 1986). De rol die PAK's en PCB's in dit verband vervullen is niet bekend. Ondanks het feit dat dit onderzoek niet gericht is geweest op het zoeken naar de effecten van deze stoffen op de levensgemeenschap, lijkt het zeer gewenst dit alsnog te doen.

6. Konklusies

6.1. Biologisch verantwoorde minimale afvoer over de Grensmaas

Uit de stroomsnelheidsvoorkeur van de voornaamste filterfeeders is gebleken dat de optimale stroomsnelheid ca. 60 cm/s bedraagt. Een stroomsnelheid van 20 cm/s moet als minimum worden beschouwd. Deze stroomsnelheid dient te gelden voor de riffles in de Grensmaas. Wat dit tot gevolg heeft voor de minimaal nog toelaatbare afvoer wordt door de opdrachtgever onderzocht. Tijdens dit onderzoek kon niet worden achterhaald hoeveel dagen deze lage stroomsnelheid wordt getolereerd. Technische aanpassingen voor het regelen van de afvoer over de Grensmaas dienen erop gericht te zijn deze periode zoveel mogelijk te bekorten.

6.2. Biologisch verantwoorde fluktuaties van het debiet

Gebleken is dat de fluktuaties van het debiet in de Grensmaas vergelijkbaar zijn met bestrijdingsmaatregelen tegen de filterende Simuliidae elders in de wereld. Omdat juist deze organismen karakteristiek zijn voor de potentiële riffle fauna in de Grensmaas zal een voorwaarde scheppend beleid van Nederlandse kant erop gericht moeten zijn om plotselinge afvoerschommelingen te weren. De literatuur geeft niet veel informatie van kwantitatieve aard. Duidelijk blijkt echter dat een debietverdubbeling in enige uren leidt tot een verveelvuldiging van de drift. In het kader van het Amerikaanse zalmvisserijbeleid zijn richtlijnen opgesteld om te voorkomen dat een snelle waterstandsverlaging leidt tot het stranden van zalmachtigen (Tabel 2). Een rivier met zalmachtigen is een stap in de goede richting voor de potentiële fauna in de Grensmaas. Aangezien voor makro-evertebraten deze grenzen niet in de literatuur zijn aangetroffen zijn de normen, geformuleerd voor zalm momenteel het enige aanknopingspunt. Op grond daarvan bedraagt de maximaal toelaatbare verandering van het debiet bedraagt per uur tussen de 12-26% ten opzichte van het debiet voor verandering. Het is zeer wel mogelijk dat deze zalmnorm te ruim is voor makro-evertebraten, die veel minder mobiel zijn. Een norm voor de fluktuatie van het debiet in de Grensmaas kan zonder verder onderzoek niet worden gegeven. Gedacht wordt dat deze norm zich aan de ondergrens van de zalmnorm zal bevinden (10-15% per uur.)

6.3. Biologisch verantwoorde gehalten aan zwevende stof

Tijdens dit onderzoek zijn een aantal referenties gevonden die een relatie tussen zwevende stof en het voedselgilde filterfeeders rechtvaardigen. Een reden om ook voor deze parameter een norm te ontwerpen. Hierbij kan de aandacht worden gericht op de meest tolerante kokerjuffer *Hydropsyche*, die volgens Wynes e.a., (1981) verdwijnt indien het gehalte zwevende stof boven 77 mg/l stijgt. Deze hoge gehalten zijn schadelijk in het groeiseizoen van de larven (maart-augustus). Sanering van de verontreiniging zou derhalve moeten resulteren in een maximaal gehalte aan zwevende stof van ca. 75 mg/l in de maanden maart-augustus. Een andere groep net-spinnende kokerjuffers (*Philopotamidae*), die vroeger in de Maas hebben geleefd (Klink, 1985), schijnt reeds te verdwijnen bij een zwevende stofgehalte van <10 mg/l (Bijlage 6). Dit laatste ter illustratie dat nog een aanzienlijke inspanning is vereist voordat de levensgemeenschap van een eeuw geleden wederom in de Grensmaas aanwezig is.

6.4. Biologisch verantwoorde concentraties minerale olie, zware metalen, PAK's en PCB's

Wat betreft de concentratie van minerale olie kan in dit onderzoek slechts worden teruggesproken op 2 referenties. Hierbij wordt het no effect level geschat op respectievelijk < 100 µg/l en ca. 25 µg/l (Woodward e.a., 1981 en 1983). Een betere indicatie voor de toelaatbare concentratie van minerale olie is gewenst. Duidelijk is echter dat de huidige concentratie in de Maas (320 µg/l) biologisch onverantwoord is. Ten aanzien van gehalten aan zware metalen, PAK's en PCB's dient eveneens additioneel literatuuronderzoek te worden uitgevoerd.

6.5. Biologische konsekwenties van ontgrindingen

Het bed van de Grensmaas heeft grindbanken (riffles) over een lengte van 21 km, de overige 19 km bestaat uit pools. De Grensmaas is hiermee het enige traject van de Maas in België en Nederland, maar ook de enige rivier in Nederland, waarin natuurlijke stroomversnellingen voorkomen. Uit een groot aantal referenties blijkt dat deze riffles van zeer grote biologische waarde zijn. Indien ontgrindingen in het zomerbed zouden worden toegestaan heeft dit onmiddellijk de konsekwentie dat een gedeelte van deze riffles verdwijnt. Vanuit een visie die gericht is op herstel van de biologische functie van de Grensmaas is grindwinning in het zomerbed derhalve niet gewenst.

7. Aanbevelingen voor verder onderzoek

7.1. Biologisch verantwoorde fluktuaties in het debiet

In het voorafgaande is aangetoond dat fluktuaties in het debiet een zeer nivelerende werking hebben op de levensgemeenschap in een rivier. Kwantitatieve aspecten zijn in dit onderzoek slechts voor zalm gevonden. Om te komen tot een norm voor de gehele levensgemeenschap in de Grensmaas dient aanvullende literatuurrecherche te worden uitgevoerd, eventueel ondersteund door experimenteel onderzoek.

7.2. Biologisch verantwoorde gehalten aan zwevende stof

Uit dit onderzoek is gebleken dat het zwevende stofgehalte van de Maas veel hoger is dan biologisch verantwoord wordt geacht. Er zijn aanwijzingen gevonden dat het zwevende stofgehalte in de vorige eeuw in de Maas lager geweest is dan 10 mg/l. Het gemiddelde gehalte over de periode 1981-1984 bedraagt 65 mg/l. Vooral de frekwent optredende pieken in het zwevende stofgehalte die ontstaan bij een snelle stijging van de afvoer geven aanleiding tot ongerustheid. Om deze parameter beheersbaar te maken, dient enerzijds onderzocht te worden wat het maximaal toelaatbare gehalte is en in welke periode hierop geen overschrijdingen mogen worden gemaakt. Anderzijds is het van groot belang de emissiebronnen te kennen om vervolgens de zwevende stof zo adequaat mogelijk te saneren.

7.3. Biologisch verantwoorde concentraties van minerale olie, zware metalen, PAK's en PCB's

Deze literatuurrecherche is uitgevoerd ten behoeve van de fysische factoren die een biologisch herstel van de Grensmaas beïnvloeden, de reden dat weinig aandacht is besteed aan chemische factoren. Evident is dat de huidige gehalten aan minerale olie zorgwekkend zijn. Hoe zorgwekkend deze gehalten zijn dient in een vervolgonderzoek te worden vastgesteld. Voor zware metalen, PAK's en PCB's moet eveneens nog gestalte worden gegeven aan het biologisch verantwoorde referentiekader.

7.4. Biologisch verantwoorde oeververdediging

Dit aspect is tijdens het onderzoek niet aan de orde gesteld. De mate van oeververdediging oefent echter ook invloed uit op het biologisch herstel van de Grensmaas. De oevers waren in het begin van de vorige eeuw begroeid met riet en wilg. Dit is een habitat die bijzonder soortenrijk is en per oppervlakte eenheid effectief substraat 10 tot 50 maal meer biomassa aan makro-evertetraten voortbrengt dan zand en kleibodems (Benke e.a., 1984). Vanaf de eerste helft van de vorige eeuw heeft de Nederlandse zowel als de Belgische bevolking zich ingezet om de oevers van de Grensmaas te verdedigen. Dit heeft ertoe geleid dat aan Nederlandse zijde veel kribben en strekdammen zijn aangelegd. Aan de Belgische kant zijn grote delen in beton gezet (Rivierkaarten eerste uitgave en herzieningen). Hierdoor is de geleidelijke overgang van water naar land verdwenen en daarmee ook de vegetatie. Aanbevolen wordt om onderzoek uit te voeren naar lokaties in de Grensmaas die op een zodanige wijze kunnen worden beheerd dat de oevervegetatie zich wederom kan ontwikkelen en waarbij de afvoerfunctie van de rivier niet nadelig wordt beïnvloed.

8. Literatuur

- Armitage, P.D., 1976
A quantitative study of the invertebrate fauna of the River Tees below Cow Green Reservoir
Freshwat. Biol. 6: 229-240
- Barton, D.R., Wallace, R.R., 1979
Effects of eroding oil sand and periodic flooding on benthic macroinvertebrate communities in a brown-water stream in northeastern Alberta, Canada
Can. J. Zool. 57(128): 533-541
- Bauersfeld, K., 1978
Stranding of juvenile salmon by flow reductions at Mayfield Dam on the Cowlitz River, 1876
Techn. Rep. Dep. Fish. Washington 36
- Beckett, D.C., Miller, M.C., 1982
Macroinvertebrate colonization of multiplate samplers in the Ohio river: the effect of dams
Can. J. Fish. Aquat. Sci. 39(12): 1622-1627
- Benke, A.C., van Arsdall, T.C., Gillespie, D.M., 1984
Invertebrate productivity in a subtropical blackwater river: the importance of habitat and life history
Ecological Monographs 54(1): 25-63
- Besch, W.K., Schreiber, I., Herbst, D., 1977
Der Hydropsyche-Toxizitätstest, erprobt an Fenethcarb
Schweiz. Zschr. Hydrol. 39: 69-85
- Blyth, J.D., Doeg, T.J., St-Clair, R.M., 1984
Response of the macroinvertebrate fauna of the Mitta- Mitta River, Victoria, to the construction and operation of Dartmouth Dam 1. Construction and initial filling period
Occasional Pap. Mus. Victoria, 1(1/2): 83-100
- Boobar, L.R., Granett, J., 1980
Simulium penobscotensis Diptera Simuliidae habitat characteristics in the Penobscot River Maine USA
Environ. Entomol. 9(4): 412-415
- Brooker, M.P., Hemsworth, J.J., 1978
The effect of the release of an artificial discharge of water on invertebrate drift in the R. Wye, Wales
Hydrobiologia, 59: 155-163
- Canton, S.P., Cline, L.D., Short, R.A., Ward, J.V., 1984
The macroinvertebrates and fish of a Colorado stream during a period of fluctuating discharge
Freshwater Biol. 14(12): 311-316
- Car, M., 1983
The influence of water-level fluctuation on the drift of Simulium chutteri Lewis, 1965 (Diptera: Nematocera) in the Orange River, South Africa
Onderstepoort J. vet. Res. 50(3): 173-177
- Champeau, A., ea, 1982
Les retenues hydro-electriques du Verdon: impact sur la riviere, consequences du marnage
Bull. Ecol. 13(2):203-239
- Chutter, F.M., 1968
On the ecology of the fauna of stones in the current in a South African river supporting a very large Simulium (Diptera) population
J. Appl. Ecol. 5: 531-561
- Chutter, F.M., 1969
The distribution of some stream invertebrates in relation to current speed
Int. Revue ges. Hydrobiol. 54(3): 413-422
- Chutter, F.M., 1972
Notes on the biology of South African Simuliidae, particularly Simulium (Eusimulium) nigrirtarse Coquillett
News Lett. Limnol. Soc. South. Africap. 10-18
- Chutter, F.M., Noble, R.G., 1966
The reliability of a method of sampling stream invertebrates
Arch. Hydrobiol. 62(1): 95-103
- Ciborowski, J.J.H., 1983
Influence of current velocity, density and detritus on drift of mayfly species (Ephemeroptera)
Can. J. Zool. 61(1): 119-125
- Colbo, M.H., 1979
Distribution of winter-developing Simuliidae (Diptera) in Eastern Newfoundland
Can. J. Zool. 57(11): 2143-2152

- Colbo, M.H., 1985
Variation in larval black fly populations at three sites in a stream system over five years (Diptera: Simuliidae)
Hydrobiologia 121: 77-82
- Corrarino, C.A., Brusven, M.A. 1983
The effects of reduced stream discharge on insect drift and stranding of near shore insects
Freshwat. Invertebr. Biol. 2(2): 88-98
- Costa, H.S., McKeown, J.J., Borton, D.L., 1980
Fate of suspended biological solids discharged to receiving waters
J. Water Pollut. Contr. Fed. 52(10): 2432-2441
- Cotta-Ramusino, M., Pacchetti, G., Lucchese, A., 1981
Influence of chromium (VI) upon stream Ephemeroptera in the Pre-Alps
Bull. Environ. Contam. Toxicol. 26(2): 228-232
- Cudney, M.D., Wallace, J.B., 1980
Life cycles, microdistribution and production dynamics of six species of net-spinning caddisflies in a large southeastern (USA) river
Holarct. Ecol. 3(3): 169-182
- Cummins, K.W., 1979
The natural stream ecosystem. In: *The ecology of regulated streams*, Plenum Publ. Corp. N.Y
J.V.Ward, J.A.Stanford (eds.) p. 7-24
- Davis, J.R., 1980
Species composition and diversity of benthic macro- invertebrates of Lower Devil's River, Texas
Southwest. Nat. 25(3): 379-384
- Decamps, H., Capblancq, J. and Tourenq, J.N., 1984
Lot
In: *Ecology of European Rivers*/B.A. Whitton (ed.) p: 207-236
- Dejoux, C., Jestin, J.M., Troubat, J.J., 1983
Validite de l'utilisation d'un substrat artificiel dans le cadre d'une surveillance ecologique des rivières tropicales traitées aux insecticides
Rev. Hydrobiol. trop. 16(2): 181-193
- Deutsch, W.G., 1981
Suppression of macrobenthos in an iron-polluted stretch of the Susquehanna river (Pennsylvania)
Proc. PA Acad. Sci. 55(1): 37-42
- Douabul, A.A., Al-Saad, H.T., 1985
Seasonal variations of oil residues in water of Shatt Al-Arab River, Iraq
Water Air Soil Pollut. 24(3): 237-246
- Dudgeon, D., 1984
Longitudinal and temporal changes in functional organization of macroinvertebrate communities in the Lam Tsuen River, Hong Kong
Hydrobiologia 111: 207-217
- Extence, C.A., 1981
The effect of drought on benthic invertebrate communities in a lowland river
Hydrobiologia 83(2): 217-224
- Fisher, S.G., Gray, L.J., Grimm, N.B., Busch, D.E., 1982
Temporal succession in a desert stream ecosystem following flash flooding
Ecol. Monogr. 52(1): 93-110
- Fraley, J.J., 1979
Effects of elevated stream temperatures below a shallow reservoir on a cold water macroinvertebrate fauna. In: *The ecology of regulated streams*, Plenum Publ. Corp. N.Y
J.V.Ward, J.A.Stanford (eds.) p. 257-272
- Freeman, M.C., Wallace, J.B., 1984
Production of net-spinning caddisflies (Hydropsychidae) and black flies (Simuliidae) on rock outcrop substrate in a small southeastern Piedmont stream
Hydrobiologia 112: 3-15
- Fuller, R.L., MacKay, R.J., 1980
Field and laboratory studies of net-spinning activity by Hydropsyche larvae (Trichoptera; Hydropsychidae)
Can. J. Zool. 58(11): 2006-2014
- Fuller, R.L., Mackay, R.J., Hynes, H.B.N., 1983
Seston capture by Hydropsyche betteni nets (Trichoptera; Hydropsychidae)
Arch. Hydrobiol. 97(2): 251-261

- Gaugler, R., Molloy, D., 1980
Feeding inhibition in black fly larvae (Diptera; Simuliidae) and its effects on the pathogenicity of *Bacillus thuringiensis* var. israelensis
Environ. Entomol. 9(5): 704-708
- Georgian, T.J. Jr., Wallace, J.B., 1981
A model of seston capture by net-spinning caddisflies
Oikos 36(2): 147-157
- Ghetti, P.F., Ravanetti, U., 1984
The drift over one year of Plecoptera and Ephemeroptera in a small stream in northern Italy
Arch. Hydrobiol. 99(4): 478-488
- Giles, R.C., Brown, L.R., Minchew, C.D., 1978
Bacteriological aspects of fin erosion in mullet exposed to crude oil
J. Biol. (Bronx New York) 12: 113-117
- Gore, J.A., 1978
A technique for predicting instream flow requirements of benthic macroinvertebrates
Freshwat. Biol. 8: 141-151
- Gray, L.J., 1981
Species composition and life histories of aquatic insects in a lowland Sonoran desert stream
Am. Midl. Nat. 106(2): 229-242
- Gunn, R.J.M., 1985
The biology of *Brachycentrus subnubilus* Curtis (Trichoptera) in the River Frome, Dorset
Hydrobiologia 120(2): 133-140
- Haag, K.H., Resh, V.H., Neff, S.E., 1984
Changes in the adult caddisfly (Trichoptera) community of the Salt River, Kentucky
Trans. Ky. Acad. Sci. 45(3/4): 101-108
- Hill, B.H., Webster, J.R., 1982
Aquatic macrophyte breakdown in an Appalachian river
Hydrobiologia 89: 53-59
- Holden, P.B., 1979
Ecology of riverine fishes in regulated stream systems with emphasis on the Colorado River In: The ecology of regulated streams, Plenum Publ. Corp. N.Y
J.V. Ward, J.A. Stanford (eds.) p. 57-74
- Howell, C.J., Begemann, G.J., Muir, R.W., Louw, P., 1981
The control of Simuliidae (Diptera: Nematocera) in South African rivers by modification of the water flow volume
Onderstepoort J. Vet. Res. 48(1): 47-49
- Hynes, H.B.N., 1970
The ecology of running waters
Liverpool Univ. Press p: 1-555
- Irvine, J.R., 1985a
Effects of varying discharge on the downstream movement of salmon fry, *Oncorhynchus tshawytscha* Walbaum
J. Fish. Biol. 27: galley proof
- Irvine, J.R., 1985b
Effects of successive flow perturbations on stream invertebrates
Can. J. Fish. Aquat. Sci. 42: 1922-1927
- Irvine, J.R., Henriques, P.R., 1984
A preliminary investigation on effects of fluctuating flows on invertebrates of the Hawea River, a large regulated river in New Zealand
N.Z. J. Mar. Freshw. Res. 18(3): 283-290
- Jaag, O., Ambuehl, H., 1962
The effect of the current on the composition of biocoenoses in flowing water streams
Int. Conf. Wat. Poll. Res. section 18: 1-17
- Kiss, O., 1976
[The presentation of the 'mosaic-pattern' principle on the Trichoptera of the stream system Szalajka in the Mts. Buekk, North-Central Hungary][Hongaars]
Fol. Hist.-Nat. Mus. Matr. (1976-1977) 4: 63-69
- Kiss, O., 1979
[The interpretation of the mosaic-pattern principle of the associations in streams and the ecological niche][Hongaars]
Acta Acad. Paedag. Agri. Nova Ser. 15: 453-466

- Kiss, O., 1981
Trichoptera in the Ilona Stream of the Matra Mountains North Hungary
Proc. 3rd Int. Symp. Trich. Ser. Entomol. G.P. Moretti (ed.) 20: 129-138
- Kiss, O., 1984
Trichoptera in an intermittent rill of the Buekk Mountains, North Hungary
4th Internat. Symp. Trich. Ser. Entomol. J.C. Morse (ed.) 30: 191-195
- Klink, A.G., 1985
Hydrobiologie van de Grensmaas; Huidig functioneren, potenties en bedreigingen. Deel 1: Overzicht van het onderzoek en konklusies. Deel 2: Gegevensbestand
Hydrobiol. Adviesburo Klink Rapp. Meded. 15(1):1-38;(2)1-111
- Klink, A.G., 1986
Palaeolimnologisch onderzoek naar de geschiedenis van kopafwijkingen bij muggelarven in de grote Nederlandse rivieren
Hydrobiol. Adviesburo Klink Rapp. Meded. 25: 1-15 + Bijl.
- Klink, A.G., Moller-Pillot, H.K.M., 1982
Onderzoek aan de makro-vertebraten in de grote Nederlandse rivieren
Hydrobiol. Adviesburo Klink Rapp. Meded. 3: 1-57
- Kondratieff, P.F., Matthews, R.A., Buikema, A.L. Jr., 1984
A stressed stream ecosystem: macroinvertebrate community integrity and microbial trophic response
Hydrobiologia 111: 81-91
- Kondratieff, B.C., Voshell, J.R. Jr., 1981
Influence of a reservoir with surface release on the life history of the mayfly *Heterocloeon curiosum* (McDunnough) (Ephemeroptera; Baetidae)
Can. J. Zool. 59(2): 305-314
- Kraft, K.J., Mundahl, N.D., 1984
Effect of intermittent flow regulation on temperature and macroinvertebrate distribution and abundance in a Michigan River
Freshwat. Invertebr. Biol. 3(1): 21-35
- Kraft, K.J., Sypniewski, R.H. 1981
Effect of sediment copper on the distribution of benthic macroinvertebrates in the Keweenaw Waterway
J. Great Lakes Res. 7(3): 258-263
- Lacey, L.A., Mulla, S., 1979
Factors affecting feeding rates of blackfly larvae
Mosq. news 39: 315-319
- Ladle, M., Welton, J.S., Bass, J.A.B., 1980
Invertebrate colonisation of the gravel substratum of an experimental recirculating channel
Holarc. Ecol. 3: 116-123
- Larkin, P.A., McKone, D.W., 1985
An evaluation by field experiments of the McLay model of stream drift
Can. J. Fish. Aquat. Sci. 42(5): 909-918
- Learner, M.A., Williams, R., Harcup, M., Hughes, B.D., 1971
A survey of the macro-fauna of the River Cynon, a polluted tributary of the River Taff (South Wales)
Freshwat. Biol. 1: 339-367
- Lowe, R.L., 1979
Ecology and regulated streams. In: The ecology of regulated streams, Plenum Publ. Corp. N.Y
J.V. Ward, J.A. Stanford (eds.) p. 25-34
- Maitland, P.S., 1964
Quantitative studies on the invertebrate fauna of sandy substrates in the River Endick, Scotland
Proc. R. Soc. Edinb. B (1963/1964). 68(4): 277-301
- Marcus, B.A., 1981
Hydropsyche larvae (Trichoptera: Hydropsychidae) from a lake weedbed
J. N.Y. Entomol. Soc. 89(2): 56-58
- McClelland, W.T., Brusven, M.A., 1980
Effects of sedimentation on the behavior and distribution of riffle insects in a laboratory stream
Aquat. Insects 2(3): 161-169
- McCullough, D.A., Minshall, G.W., Cushing, C.E., 1979
Bioenergetics of lotic filter-feeding insects *Simulium* spp. (Diptera) and *Hydropsyche occidentalis* (Trichoptera) and their function in controlling organic transport in.....
Ecology 60(3): 585-596
- Minshall, G.W., Andrews, D.A., 1973
An ecological investigation of the Portneuf River, Idaho: a semiarid-land stream subjected to pollution
Freshwat. Biol. 3: 1-30

- Minshall, G.W., Brock, J.T., LaPoint, T.W., 1982
Characterization and dynamics of benthic organic matter and invertebrate functional feeding group relationships in the Upper Salmon River, Idaho (USA)
Int. Revue ges. Hydrobiol. 67(6): 793-820
- Molles, M.C. Jr., 1985
Recovery of a stream invertebrate community from a flash flood in Tesuque Creek, New Mexico
Southwest Nat. 30(2): 279-287
- Moretti, G.P., Tucciarrelli, F., Cianficconi, F. 1981
Composizione e consistenza del popolamento tricotterologico nell'ecosistema fluviale del Medio Po (Caorso-Piacenza)
Riv. Idrobiol. 20(1): 231-244
- Niesiolowski, S., 1980a
[Blackflies (Simuliidae; Diptera) of Widawka and Grabia Rivers, Poland][Pools]
Pol. Pismo Entomol. 80: 413-462
- Niesiolowski, S., 1980b
Studies on the abundance, biomass and vertical distribution of larvae and pupae of black flies (Simuliidae; Diptera) on plants of the Grabia River, Poland
Hydrobiologia 75(2): 149-156
- Norris, R.H., Lake, P.S., Swain, R., 1982
Ecological effects of mine effluents on the south Esk River north-eastern Tasmania 3. Benthic macroinvertebrates
Aust. J. Mar. Freshwat. Res. 33(5): 789-809
- Novotny, J.F., 1985
Effects of a Kentucky flood-control reservoir on macroinvertebrates in the tailwater
Hydrobiologia 126(2): 143-153
- Orth, D.J., Maughan, O.E., 1983
Microhabitat preferences of benthic fauna in a woodland stream
Hydrobiologia 106(2): 157-168
- Parker, C.R., Voshell, J.R.Jr., 1983
Production of filter-feeding Trichoptera in an impounded and a free-flowing river
Can. J. Zool. 61(1): 70-87
- Petersen, R.C. Jr., Petersen, L.B.M., Wallace, J.B., 1984
Influence of velocity and food availability on catchnet dimensions of *Neureclipsis bimaculata* (Trichoptera: Polycentropodidae)
Holarct. Ecol. 7(4): 380-389
- Petr, T., 1970
The bottom fauna of the rapids in the Black Volta River in Ghana
Hydrobiologia 36(3/4): 399-418
- Philipson, G.N., Moorhouse, B.H.S., 1974
Observations on ventilatory and net-spinning activities of the genus *Hydropsyche* Pictet (Trichoptera, Hydropsychidae) under experimental conditions
Freshwat. Biol. 4: 525-533
- RIWA 1984
De samenstelling van het Maaswater in 1982
RIWA Rapport p: 1-182 + bijl. 10
- RIWA 1985
Jaarverslag '84- Deel A: de Rijn
RIWA Jaarverslagen p: 1-96
- Rabeni, C.F., Gibbs, K.E., 1980
Ordination of deep river invertebrate communities in relation to environmental variables
Hydrobiologia 74: 67-76
- Richardson, J.S., 1984a
Effects of seston quality on the growth of a lakeoutlet filter feeder
Oikos 43: 386-390
- Richardson, J.S., 1984b
Prey selection and distribution of a predaceous, net-spinning caddisfly, *Neureclipsis bimaculata* (Polycentropodidae)
Can. J. Zool. 62(8): 1561-1565
- Richardson, J.S., Clifford, H.F., 1983
Life history and microdistribution of *Neureclipsis bimaculata* (Trichoptera: Polycentropodidae) in a lake outflow stream of Alberta, Canada
Can. J. Zool. 61(11): 2434-2445

- Stanford, J.A., Ward, J.V., 1979
Stream regulation in North America. In: The ecology of regulated streams, Plenum Publ. Corp. N.Y
- J.V.Ward, J.A.Stanford (eds.) p. 215-236
- Statzner, B., 1981
The relation between 'hydraulic stress' and microdistribution of benthic macroinvertebrates in a lowland running water system, the Schierenseebrooks (North Germany)
Arch. Hydrobiol. 91(2): 192-218
- Swink, W.D., Novotny, J.F., 1985
Invertebrate colonization rates in the tailwater of a Kentucky flood-control reservoir
J. Freshwat. Ecol. 3(1): 27-34
- Taylor, B.R., Roff, J.C., 1982
Evaluation of ecological maturity in three headwater streams
Arch. Hydrobiol. 94(1): 99-125
- Trnkova, J., 1984
The influence of the water works at Dalesice on macrozoobenthos of the Jihlava river
Vestn. cs. Spolec. zool. 48(3): 223-240
- Trnkova, J., 1985
Drift of the Jihlava river as affected by the operation of the water works at Dalesice
Vestn. cs. Spolec. zool. 49(1): 53-66
- van Urk, G., 1984
Lower-Rhine-Meuse
In: Ecology of European Rivers, B.A.Whitton (ed.) p. 437-468
- van Urk, G., Kerkum, F.C.M., Wiersma, S.M., 1985
Bodemfauna in verontreinigde onderwaterbodems
H2O 24: 494-499
- Verneaux, J., Faessel, B., 1976
Larves du genre Hydropsyche (Trichopteres: Hydropsychidae) taxonomie, donnees biologique et ecologique
Annls Limnol. 12(1): 7-16
- Wallace, J.B., Benke, A.C., 1984
Quantification of wood habitat in subtropical coastal plain streams
Can. J. Fish. Aquat. Sci. 41(11): 1643-1652
- Wallace, B.J., Webster, J.R., Woodall, W.R., 1977
The role of filterfeeders in flowing waters
Arch. Hydrobiol. 79(4): 506-532
- Ward, J.V., Stanford, J.A., 1979
Ecological factors controlling stream zoobenthos with emphasis on thermal modification of regulated streams. In: The ecology of regulated streams, Plenum Publ. Corp. N.Y
- J.V.Ward, J.A.Stanford (eds.) p. 35-55
- Westwood, A.R., Brust, R.A., 1981
Ecology of black flies (Diptera: Simuliidae) of the Souris River, Manitoba as a basis for control strategy
Can. Ent. 113(3): 223-234
- Williams, D.D., Hynes, H.B.N., 1976
The recolonization mechanisms of stream benthos
Oikos 27: 265-272
- Williams, D.D., Hynes, H.B.N., 1977
Benthic community development in a new stream
Can. J. Zool. 55: 1071-1076
- Winget, R.N., 1984
Ecological studies of a regulated stream: Huntington river, Emery County, Utah
Great Basin Nat. 44(2): 231-256
- Woodward, D.F., Mehrle, P.M., Mauck, W.L., 1981
Accumulation and sublethal effects of a Wyoming crude oil cutthroat trout
Trans. Amer. Fish. Soc. 110: 437-445
- Woodward, D.F., Riley, R.G., 1983
Petroleum hydrocarbon concentrations in a salmonid stream contaminated by oil field discharge water and effects on macrobenthos
Arch. Environm. Contam. Toxicol. 12(3): 327-334
- Wotton, R.S., 1980
Coprophagy as an economic feeding tactic in blackfly larvae
Oikos 34: 282-286

- Wynes, D.L., Wissing, T.E., 1981
Effects of water quality on fish and macroinvertebrate communities of the little Miami River
Ohio J. Sci. 81(5/6): 259-267
- Xiang, J., Schröder, P., Schwoerbel, J., 1984
Phaenologie und Nahrung der Larven von *Hydropsyche angustipennis* und *H. siltalai* (Trichoptera: Hydropsychidae) in einem Seeabfluß
Arch. Hydrobiol. Suppl. 66(2): 255-292
- Zanella, E.F., 1982
Shifts in caddisfly species composition in Sacramento River California USA invertebrate communities in the presence of heavy metal contamination
Bull. Environ. Contam. Toxicol. 29(3): 306-312

Bijlagen bij:

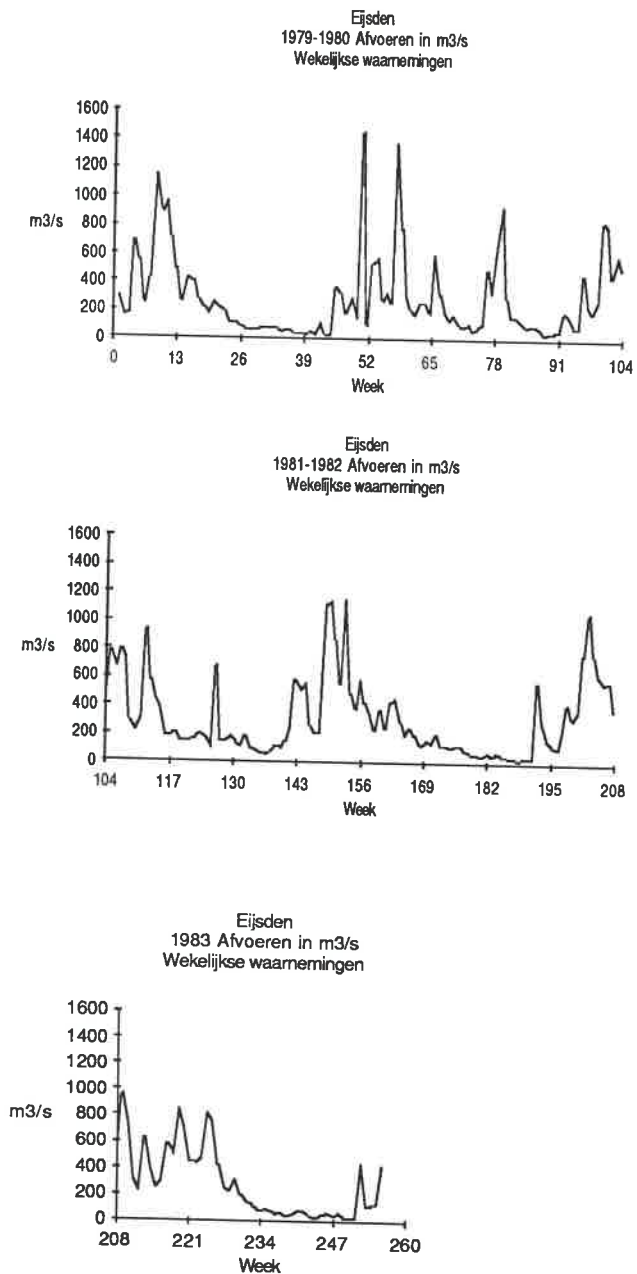
Literatuuronderzoek naar enige factoren die invloed hebben op het biologisch herstel van de Grensmaas

Alexander Klink

Hydrobiologisch Adviesburo Klink bv Wageningen
Rapporten en Mededelingen 24 (10 juni 1986)

Bijlage 1

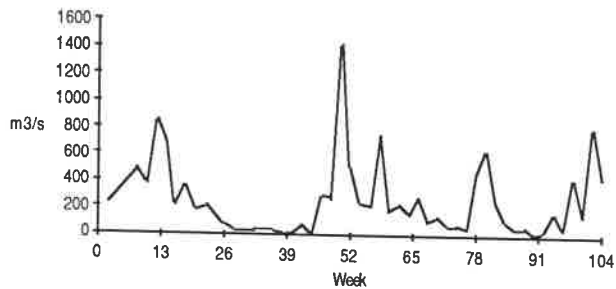
Bijlage 1: Wekelijkse afvoergegevens van de Maas bij Eijsden in de periode 1979-1983



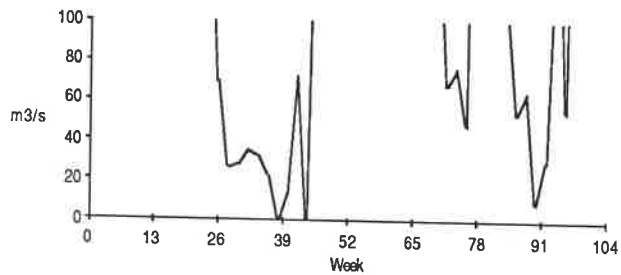
Bijlage 2

Bijlage 2: Tweewekelijkse afvoergegevens in de Grensmaas bij Borgharen
beneden de stuw
over de periode 1979-1980

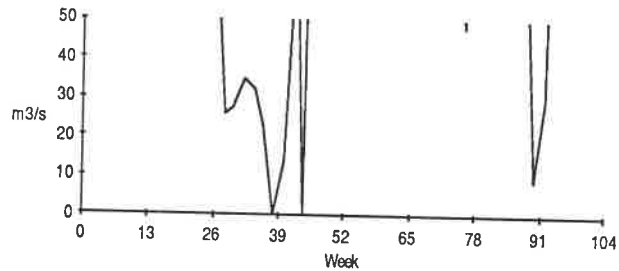
Borgharen beneden de stuw
1979-1980 Afvoeren in m³/s
Tweewekelijkse waarnemingen



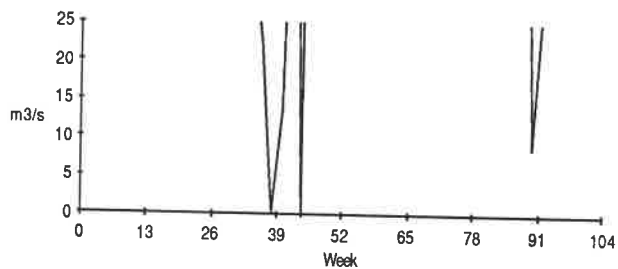
Borgharen beneden de stuw
1979-1980 Afvoeren in m³/s
Tweewekelijkse waarnemingen
Onderschrijding 100 m³/s



Borgharen beneden de stuw
1979-1980 Afvoeren in m³/s
Tweewekelijkse waarnemingen
Onderschrijding 50 m³/s

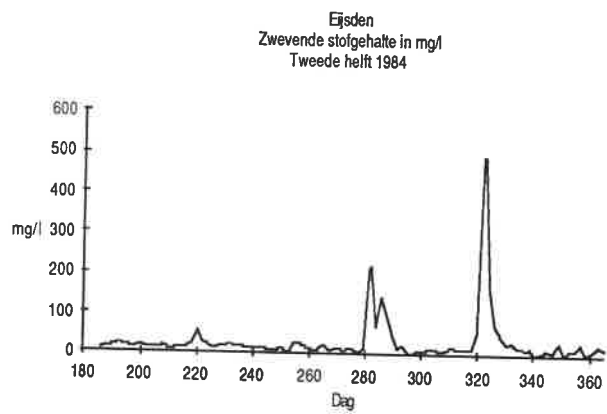
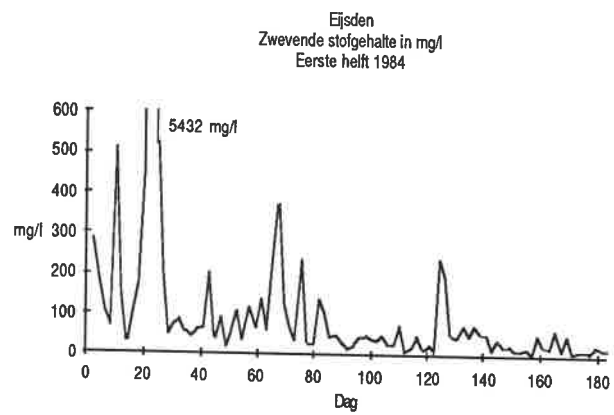


Borgharen beneden de stuw
1979-1980 Afvoeren in m³/s
Tweewekelijkse waarnemingen
Onderschrijding 25 m³/s



Bijlage 3

Bijlage 3: Zwevende stofgehalte bij Eijsden in 1984
op grond van 179 waarnemingen



De relatie tussen stroomsnelheid en Simuliidae, Rheotanytarsus				
Referentie	jaar	Simuliidae	biotoop	geografie
		ecologische informatie		
Armitage	1976	Dominantie bij 50-75 cm/s		
Boobar e.a.	1980	Kolonisatie treedt pas op bij Vstr. ≥ 30 cm/s	rivieren	UK
Chutter	1968	Bij Vstr. 24-152 cm/s een plaag voor de bevolking	rivieren	USA
Chutter	1969	Simuliidae significant gekorreleerd aan stroomsnelheid in het traject tussen 35-62 cm/s met een optimum bij 62 cm/s	rivieren	Z. Afrika
Chutter	1972	Na periodiek droogvallen treedt binnen 10 dagen kolonisatie op	rivieren	Z. Afrika
Chutter e.a.	1966	Vstr. 35-62 cm/s	rivieren	Z. Afrika
Colbo	1979	Na 90 dagen dichtheden van 30.000-50.000 ind./m ² Bij 4 plaag veroorzakende Simuliidae ligt de minimale Vstr. tussen 8-22 cm/s	beken	Canada
Colbo	1985	Vstr. 30-100 cm/s		
Freeman e.a.	1984	Vstr. 75-142 cm/s	rivieren	Canada
Gore	1978	Optimale stroomsnelheid bij 77 cm/s en 27 cm diepte	beken	USA
Larkin e.a.	1985	Zeer abundant bij Vstr. 26-77 cm/s	beken	USA
Maitland	1964	Vstr. > 10 cm/s	beken	USA
McCullough e.a.	1979	13-19 cm/s is de laagste stroomsnelheid die nog wordt getolereerd	rivieren	UK
Minshall	1969	Vstr. op riffles 19-35 cm/s wel Simuliidae, maar in de pools (lagere stroomsnelheden) geen Simuliidae	beken	USA
Minshall e.a.	1973	Vstr. 58-110 cm/s		
Niesiolowski	1980a	Vstr. 10-104 cm/s	rivieren	USA
Niesiolowski	1980b	De meest eurytope Simuliidae komt voor bij Vstr. 10-120 cm/s	rivieren	Polen
Orth e.a.	1983	Op grond van gewogen gemiddelden is de optimale stroomsnelheid 82 cm/s, diepte 20 cm en Froude-getal > 0.8	rivieren	Polen
Rabeni e.a.	1980	68% komt voor bij Vstr. > 11 cm/s 32% bij Vstr. 5-11 cm/s	beken	USA
Rivosecchi e.a.	1974	Minimale stroomsnelheid 20-80 cm/s	rivieren	USA
Rivosecchi e.a.	1983	Bij Vstr. 65-125 cm/s een plaag voor koeien (tot 1600/koe)	beken	Italië
Ross e.a.	1980	Bij Vstr. 18 cm/s openen en sluiten de waaiers nog	rivieren	Italië
Rühm e.a.	1982	Simuliidae zijn een konstante plaag in een rivier met een snelheidsprofiel van 35-100 cm/s	laboratorium	USA
Schröder	1980a	Vstr. altijd > 20 cm/s	rivieren	Duitsland
Schröder	1980b	Optimale voedselopname bij Vstr. 50-70 cm/s	beken	Duitsland
Schröder	1981a	Geen voedselopname bij Vstr. < 1.5 cm/s	laboratorium	Duitsland
Schröder	1982	Vstr. 30-100 cm/s	laboratorium	Duitsland
Schröder	1983	Bij Vstr. 4-6 cm/s filteren Simuliidae nog wel	beken	Duitsland
Schröder	1984	Vstr. 10 cm/s	laboratorium	Duitsland
Schröder +	1985	Alleen voorkomen bij Vstr. > 20 cm/s en zwevende stof < 5 mg/l	laboratorium	Duitsland
Schröder e.a.	1985		beken	Duitsland
Schröder e.a.	1981	Optimaal bij Vstr. 80 cm/s		
Statzner	1981	Abundantie is significant gekorreleerd aan de stroomsnelheid met een optimum van 63-100 cm/s	laboratorium	Duitsland
		Het bijbehorende Froude-getal 0.75-0.93	laboratorium	Duitsland
Westwood e.a.	1981	Bij Vstr. 7-140 cm/s in dichtheden die plagen veroorzaken	rivieren	Canada
Wotton	1980	Bij hoge dichtheden worden ook de faecaliën van soortgenoten als voedingsbron gebruikt	beken	USA
Wynes e.a.	1981	Vstr. 87.9-115.4 cm/s		
			rivieren	USA
Referentie	jaar	Rheotanytarsus	biotoop	geografie
		ecologische informatie		
Brooker e.a.	1978	Vstr. 35 cm/s		
Learner e.a.	1971	Van 15 monsterpunten in de rivier komt Rheotanytarsus slechts voor op de plaats met de hoogste stroomsnelheid (170 cm/s) gemeten aan het oppervlak	rivieren	UK
			rivieren	UK
McAuliffe	1984	Vstr. 25.4-56.4 cm/s		
Scheiring	1984	Vstr. 31-57 cm/s	beken	USA
			beken	USA
		Simuliidae stroomsnelheid gem. 61.2 cm/s (21.5-100.9)		

Referentie	jaar	De relatie tussen stroomsnelheid en netspinnende kokerjuffers	biotoop	geografie
Besh e.a.	1977	Hydropsyche vertoont afwijkingen in het patroon van het net bij 1 ppb Fenethcarb (Cholinesterase remmer)	laboratorium	Zwitserland
Chutter	1968	Hydropsyche Vstr. 24-152 cm/s		
Chutter	1969	Cheumatopsyche vertoont een significante relatie met Vstr.	rivieren	Z.Afrika
Chutter e.a.	1966	Maximale dichtheden worden bereikt bij Vstr. 20-60 cm/s	rivieren	Z.Afrika
Cudney e.a.	1980	Cheumatopsyche vertoont maximale dichtheid bij Vstr. 62 cm/s		
		Hydropsyche incommoda Vstr. 25-50 cm/s. Maaswijdte 82-105 µm	rivieren	Z.Afrika
		Hydropsyche rossi Vstr. 10-75 cm/s. Maaswijdte 100-165 µm	rivieren	USA
		Chimarra Vstr. 20-40 cm/s. Maaswijdte 0.8-3 µm		
Freeman e.a.	1984	Hydropsyche/Cheumatopsyche dichtheden ca. 600/m ² bij Vstr. 75-142 cm/s	beken	USA
Fuller e.a.	1980	Bij een stroomsnelheidsverlaging van 40-20-10 cm/s treedt reductie op van netspinnen in het vierde en vijfde stadium.	laboratorium	USA
		Het derde stadium is niet gevoelig voor stroomsnelheidsverlaging		
Fuller e.a.	1983	Hydropsyche belteni Vstr. 50 cm/s	laboratorium	USA
Georgian e.a.	1981	Van een bergbeek naar een grote rivier treedt een verschuiving op van Hydropsychidae die netten met een grote maaswijdte maken (Vstr. ca. 100-200 cm/s) naar soorten die fijnmazige netten maken bij een Vstr. max. 80 cm/s	rivieren	USA
Gunn	1985	Brachycentrus subnubilus Vstr. 11-82 (gem. 26) cm/s		
Jaag e.a.	1962	Hydropsyche angustipennis unduleert bij Vstr. < 5 cm/s en zuurstof 8 mg/l. Bij verlaging van het zuurstofgehalte neemt het aantal unduleren toe	rivieren	USA
Kiss	1976	Hydropsyche Vstr. 79-90 cm/s	laboratorium	Duitsland
Kiss	1979	Hydropsyche Vstr. 79-111 cm/s		
Kiss	1981	Vstr. 30-70 cm/s (Hydropsyche angustipennis/instabilis)	beken	Hongarije
Kiss	1984	Hydropsyche Vstr. 20-50 cm/s	beken	Hongarije
Maitland	1964	Vstr. 30-50 cm/s (Hydropsyche instabilis)	beken	Hongarije
Marcus	1981	Hydropsyche in een bed van ondergedoken waterplanten.	rivieren	UK
		Deze plaats in het meer staat niet meer onder invloed van een instromende beek. Dit was interessant genoeg voor een artikel	meren	USA
McCullough e.a.	1979	Hydropsyche produktieproeven bij Vstr. 24-53 cm/s		
Minshall e.a.	1973	Hydropsyche/Cheumatopsyche Vstr. 23-110 cm/s	laboratorium	USA
Moretti e.a.	1981	Hydropsyche modesta en Psychomyia pusilla bij Vstr. 30-48 cm/s	rivieren	USA
Orth e.a.	1983	Op grond van gewogen gemiddelden zijn de volgende optima bepaald: Cheumatopsyche Vstr. 33 cm/s. Froude getal 0.4-0.6	rivieren	Italië
		Hydropsyche Vstr. 55 cm/s. Froude-getal 0.4-0.6	beken	USA
		Chimarra Vstr. 46 cm/s. Froude-getal 0.4-0.6		
Petersen e.a.	1984	Neureclipsis bimaculata Vstr. 4 tot >22 cm/s. Naarmate de stroomsnelheid toeneemt wordt de netopening kleiner.	beken	Zweden
		Maaswijdte 105-234 µm		
Petr	1970	Vstr. 20-140 cm/s dominantie van Cheumatopsyche		
Philipson e.a.	1974	Net spinnen neemt af met de stroomsnelheidsverlaging van 40 naar 20 naar 10 cm/s. Unduleren neemt in deze volgorde toe	rivieren	Ghana
Rabeni e.a.	1980	Hydropsyche 96.1% bij Vstr. > 11 cm/s. 3.9% bij Vstr. 5-11 cm/s	laboratorium	UK
		Cheumatopsyche 89.6% (>11cm/s) 7.3%(5-11 cm/s) 3.2%(<5cm/s)	rivieren	USA
		Brachycentrus subnubilus 100% bij Vstr. >11cm/s		
Richardson	1984a	Neureclipsis bimaculata Vstr. 10-12 cm/s		
Richardson	1984b	Neureclipsis bimaculata groeit veel sneller direct benedenstrooms van een stuwmeer dan verder stroomafwaarts doordat enerzijds de zwevende stof driemaal hoger is en anderzijds de voedingswaarde hoger is door meegevoerd plankton	rivieren	Canada
			rivieren	Canada
Richardson e.a.	1983	Neureclipsis bimaculata komt nog voor bij Vstr. < 5cm/s		
Scheiring	1985	Hydropsyche Vstr. 31-57 cm/s	rivieren	Canada
van Urk	1984	Vstr. 30-110 cm/s (Hydropsyche contubernalis)	beken	USA
Vernaux e.a.	1976	Hydropsyche gevonden tot een stroomsnelheid van 300 cm/s	rivieren	Nederland
Wynes e.a.	1981	Hydropsychidae Vstr. 87.9-115.4 cm/s		Frankrijk
Xiang e.a.	1984	Bij Vstr. 10 cm/s nauwelijks Hydropsyche aanwezig	rivieren	USA
		Bij Vstr. 20 cm/s weinig Hydropsyche aanwezig	beken	Duitsland
		Bij Vstr. > 50 cm/s zeer veel Hydropsyche		
		Hydropsychidae stroomsnelheid gem. 58.4 cm/s (20.9-95.9)		

Referentie	jaar	De relatie tussen zwevende stof en filterfeeders		
Champeau e.a.	1982	Benedenstrooms 5 waterkrachtcentrales komt in de rivier een zwevende stof gehalte voor van 1.6-3.1 mg/l. In de rivier handhaaft zich een gezonde Ephemeroptera populatie	biotoop rivieren	geografie Frankrijk
Gaugler e.a.	1980	Meer dan 50 mg/l aan deeltjes geeft remming bij voedselopname van Simuliidae. Wellicht wordt dit veroorzaakt doordat de darm vol zit, want pas na 1.5 uur treedt remming op	laboratorium	USA
Georgian e.a.	1981	Bij een zwevende stofgehalte van 1-3.5 mg/l maken Hydropsychidae en Philopotamidae een belangrijk deel uit van de fauna	rivieren	USA
Haag e.a.	1984	Door erosie als gevolg van kaalkap nam de hoeveelheid opgeloste stof (<1 µm) toe van 40-160 mg/l naar 223-272 mg/l. Als gevolg hiervan verdwenen kokerjuffers met zeer fijnmazige netten (0.5-3 µm). Hydropsychidae namen sterk in aantal toe (maaswijdte 100-250 µm)	rivieren	USA
Hynes	1970	De combinatie van wisselende stroomsnelheden en toename in het gehalte aan zwevende stof kan desastreuze gevolgen hebben voor een levensgemeenschap	rivieren	UK
Klink	1985	In afzettingen van de Grensmaas die uit de vorige eeuw dateren zijn regelmatig resten van Philopotamidae aangetroffen. In de huidige Grensmaas zijn ze niet aanwezig	rivieren	Nederland
Kondratieff e.a.	1984	In een beek met een organisch zwevende stofgehalte van 0.1-6 mg/l bestaat de fauna voor 20-50% uit filterfeeders. Op een ander punt bedroeg het org. zw. stofgehalte 4.5-26 mg/l. De filterfeeders maakten 5% uit van deze fauna	beken	USA
Lacey e.a.	1979	Optimale deeltjes concentratie voor Simuliidae is 50 mg/l. Overschrijding hiervan geeft remming in de voedselopname	laboratorium	Canada
Lowe	1979	Direkt benedenstrooms een stuw bedraagt het zwevende stofgehalte 2.2-7.4 mg/l. 40 km. stroomafwaarts is dit 29.5-36 mg/l. Dit wordt veroorzaakt door bezinking in het stuwpand. Om dichtslibben te voorkomen wordt af en toe slib gelost waardoor de zwevende stof in de rivier vele malen hoger wordt dan van nature. Zowel het te hoge, als het te lage zwevende stofgehalte tasten de levensgemeenschap aan	rivieren	USA
McClelland e.a.	1980	In een laboratorium experiment blijkt dat door toevoeging van fijn materiaal aan het systeem de mikrohabitats tussen de stenen verloren gaan, als gevolg waarvan een reductie van de fauna plaatsvindt	laboratorium	USA
McCullough e.a.	1979	In laboratoriumproeven met Simuliidae en Hydropsyche werd een zwevende stof gehalte aangehouden van 1.9-26.9 mg/l	laboratorium	USA
Minshall e.a.	1973	Bij een totale hoeveelheid opgeloste stof (< 1µm) van 400 mg/l komen er zeer veel Hydropsychidae voor met grofmazige netten. Echter Philopotamidae met zeer fijnmazige netten zijn afwezig	rivieren	USA
Minshall e.a.	1982	In een riviercontinuum worden filterfeeders meer in de benedenloop aangetroffen waar het grove organische materiaal afneemt en de zwevende stof toeneemt. Het aantal filterfeeders is gerelateerd aan de afvoer en hoeveelheid getransporteerd organisch materiaal	rivieren	USA
Smith	1976	Toename in zwevende stof onder dammen kan aanleiding geven tot dichtslibben van paaiplassen voor zalm	rivieren	USA
Taylor e.a.	1982	In een beek met een organisch zwevende stofgehalte van 0.5-5 mg/l bestaat de fauna in de bovenloop voor 23% uit filterfeeders, in de benedenloop voor 54%. De konklusie wordt getrokken dat de organische deeltjes in de bovenloop groot zijn en daardoor de netten verstoppert, terwijl van de kleinere deeltjes in de benedenloop maar een fractie wordt gevangen in de netten	beken	USA
Wallace e.a.	1977	In een rivier met een organisch zwevende stofgehalte van 1.5-4.4 mg/l nemen Hydropsychidae en Philopotamidae een belangrijke plaats in	rivieren	USA
Wynes e.a.	1981	Bij een zwevende stofgehalte variërend tussen 3.1 en 83.7 mg/l zijn er in de rivier nauwelijks meer Hydropsychidae bij waarden > 77 mg/l	rivieren	USA

De invloed van olie en zware metalen op vissen en makro-evertebraten				
Referentie	jaar	Olie		
Barton e.a.	1979	In een rivier die stroomt door Athabasca oilsands, heerst een olie conc. van <100 µg/l. In dit gedeelte van de rivier leven geen Plecoptera en Trichoptera	biotoop	geografie
Giles e.a.	1978	Relatie tussen olie aantastingen van vinnen, ogen en kieuwen is gelegen in de verandering van de uitwendige microflora	rivieren	USA
Woodward e.a.	1981	Mortaliteit bij forel stijgt tot 50% bij olie conc. van 520 µg/l. Bij 100 µg/l blijft de groei sterk achter in een experiment over 90 dagen. Een conc. van 450-520 µg/l veroorzaakt kieuw- en oogafwijkingen. Staartvin afwijkingen treden op bij een conc. van 150 µg/l. No effect concentratie is lager dan 100 µg/l	laboratorium	USA
Woodward e.a.	1983	De nog toelaatbare olie conc. ligt rond de 24 µg/l. Bij 46-85 µg/l verdwijnen Trichoptera en Plecoptera. De Shannon-Wiener diversiteit van makro-evertebraten daalt van 3.5 naar 1.1	laboratorium	USA
			rivieren	USA
Referentie	jaar	Zware metalen		
Cotta Ramusino e.a.	1981	Ephemeroptera zijn zeer gevoelig voor Chroom. Een concentratie van 100 µg/l opgelost Chroom verdelgt alle Ephemeroptera in een beek	biotoop	geografie
Deutsch	1981	Bij een totaal Fe gehalte van maximaal 8.3 mg/l verdwenen de meeste Trichoptera en Ephemeroptera. Enig herstel trad op bij hoge afvoeren in de winter, waarbij een conc. van 4 mg Fe/l werd gemeten	beken	Italië
Kraft e.a.	1981	Een koper concentratie in het sediment van 589 ppm was verantwoordelijk voor een reductie van de makro-evertebraten tot 5% van de biomassa bij 33 ppm Cu	rivieren	USA
Norris e.a.	1982	De organismen die het meest gevoelig zijn voor afval van mijnbouw (zware metalen) zijn Ephemeroptera		
Rang	corresp.	In het sediment van de Grensmaas varieert het koper gehalte van 10-175 ppm	rivieren	Australië
RIWA	1984	In 1982 waren de gemiddelde waarden voor opgelost Cd, Cu, Zn en Fe in de Maas bij Eijsden resp. 0.8 µg Cd/l, 11 µg Cu/l, 176 µg Zn/l en 1390 µg Fe/l		
RWS Limburg	1984	De maximale concentratie Fe in de Maas bij Eijsden bedroeg in 1979 25.2 mg/l, in 1980 8.5 mg/l, in 1981 15.6 mg/l, in 1982 11.8 mg/l en in 1983 6.2 mg/l	rivieren	Nederland
Zanella	1982	In enige jaren decimeerde een populatie van Brachycentrus (Trichoptera) ten voordele van Hydropsyche. De auteur heeft sterke vermoedens dat toename van zware metalen hiervan de oorzaak is. Maximale concentraties aan opgeloste metalen zijn: 1 µg Cd/l; 26 µg Cu/l; 59 µg Zn/l	rivieren	USA

Referentie	jaar	De invloed van debietmanipulatie op drift van makro-evertebraten		
Beckett e.a.	1982	Bij een plotselinge afname van de stroomsnelheid neemt de drift sterk toe	biotoop	geografie
Brooker e.a.	1978	20-voudige drifttoename van Rheotanytarsus bij een debiettoename van 1.3-4.3 m ³ /s in 3 uur. Ephemerella vertoonde een 13-voudige toename in drift	rivieren	USA
Canton e.a.	1984	Drifttoename bij afname van de afvoer. Ephemeroptera worden het meest getroffen	rivieren	UK
Car	1983	Bij een waterstandsval van 10.5 cm/etmaal neemt de drift van Simuliidae toe met 600%. Een hieropvolgende daling met 5 cm/etmaal veroorzaakte slechts een verdubbeling van de normale drift. Bij drift komen de larven in pools terecht waar de stroomsnelheid te laag is om te filteren	beken	USA
Ciborowski	1983	Significante drifttoename bij Ephemeroptera door verandering in Vstr. Controle 31.2 cm/s. Experiment 17.0-51.4 cm/s	rivieren	Z.Afrika
Corrarino e.a.	1983	Drifttoename van 400% bij halvering van het debiet. Katastrofale drift (tot 1000 maal normale drift) trad binnen 1 uur op bij een debietreductie van 0.28-0.08 m ³ /s	laboratorium	Canada
		Aan de drift namen vnl. Simuliidae en Baetis deel. De netspinnende kokerjuffers maakten een groot deel uit van de gestrande organismen	beken exp.	USA
Ghetti e.a.	1984	De fauna is in de zomer en herfst het meest gevoelig voor debiet manipulatie		
Gray	1981	Drifttoename bij plotselinge debiettoename. Plecoptera en Ephemeroptera worden het meest getroffen	beken	Italië
		Beken die jaarlijks droogvallen en met enige vloedgolven te maken hebben verliezen na een uitzonderlijk lange vloedperiode van 3 maanden (9 maal een afvoergolf) 86% van de fauna	beken	USA
Howell e.a.	1981	Als plaagbestrijding tegen Simuliidae werd een stuw 66 uur dichtgedraaid, waardoor het water daalde met 29-73%. Deze behandeling werd 6 maal herhaald met als resultaat dat 98.8% van de Simuliidae verdwenen was. De poppen en eieren drogen uit, terwijl de larven gaan drijven en zodoende in pools terecht komen waarin ze het naar alle waarschijnlijkheid ook niet overleven	rivieren	Z.Afrika
		5 maal het normale debiet. De Vstr. neemt hierbij toe van 23.5 tot 53.2 cm/s. Nadat deze behandeling 12 maal is uitgevoerd in 4 weken is de gevoelige fauna uit het systeem verdwenen		
Irvine	1985a	Drifttoename bij jonge zalm indien Vstr. toeneemt tot meer dan 25 cm/s		
Irvine	1985b	Drifttoename tot 20 maal normale drift na een snelle toename in het debiet	rivieren	Nw. Zeeland
Irvine e.a.	1984	Kunstmatige debiettoename (15-30 m ³ /s) leidt tot een 20-voudige drifttoename. De hierop volgende manipulaties (15-60 m ³ /s, dag 2 en 15-105 m ³ /s, dag 3) geven slechts een geringe toename in de drift	beken	Nw. Zeeland
Scullion e.a.	1983	Drifttoename bij een kunstmatige verhoging van het debiet (3-6 maal). Chironomidae nemen direkt aan de drift deel, Plecoptera wachten hiermee tot het donker is	rivieren	UK
Trnkova	1984	Benedenstrooms een deep release reservoir ondergaat de fauna een drastische verarming. Dit is enerzijds te wijten aan het veranderde temperatuur regime, maar vooral door de onregelmatige fluktuaties in de afvoer. Dit heeft tot gevolg dat de kokerjuffers verdwijnen	rivieren	Tsjechoslow.
Trnkova	1985	16-19-voudige drifttoename door onregelmatige fluktuaties in de afvoer bij een stuw	rivieren	Tsjechoslow.

De invloed van veranderingen in temperatuur en voedselkwaliteit op makro-evertbraten				
Referentie	jaar			
Blyth e.a.	1984	Een jaar na de konstruktie van een deep release dam is zelfs 70 km benedenstrooms nog geen regeneratie van de fauna opgetreden. De reden hiervoor is het veranderde temperatuur regiem	biotoop rivieren	geografie Australië
Cummins	1979	Door een verhoogde temperatuur benedenstrooms van stuwen wordt het voedselgilde scrapers vrijwel uitgesloten van het systeem omdat deze organismen hoge temperaturen niet kunnen verdragen. Het resultaat hiervan is dat het grove organische materiaal niet wordt verkleind en andere voedselgilden (o.a. filterfeeders) minder voedsel beschikbaar krijgen.	rivieren	USA
		Kunstmatige veranderingen in de afvoer, temperatuurregiem of lichthuishouding in een rivier resulteren in een herstrukturering van stromend water gemeenschappen		
Décamps e.a.	1984	Bij lage afvoeren treedt in een gestuwde rivier stratifikatie op van het fytoplankton. Hierdoor nemen turbiditeit en temperatuur sterk toe. Stroomminnende organismen nemen af	rivieren	Frankrijk
Fraley	1979	Surface release dammen brengen een ernstige verstoring teweeg voor koudwater minnende organismen zoals Lepidostoma, Psychomyia en Brachycentrus. Hiervan profiteren de warmwater minnende organismen (Hydropsychidae en Simuliidae)	rivieren	USA
Gunn	1985	Onder de uittaal van een dam nemen de filterfeeders in aantal toe, ten koste van versnipperaars en grazers	rivieren	UK
Holden	1979	Bij surface release vanaf hoge dammen treedt regelmatig oververzadiging van gas op. Dit leidt tot gas-bel vorming, een van de voornaamste doodsoorzaken bij jonge zalm en forel	rivieren	USA
Kondratieff e.a.	1981	Benedenstrooms een surface release reservoir is de levenscyclus van een eendagsvlieg een maand opgeschoven t.o.v. de referentie. Oorzaak is de temperatuur die in februari 1.5 °C lager is dan in de referentie (2.5 vs. 4 °C)	rivieren	USA
Kraft e.a.	1984	Benedenstrooms een surface release reservoir is de biomassa 6 maal hoger dan de bovenstroomse referentie. Cheumatopsyche is hiervoor met name verantwoordelijk. De diversiteit neemt af door fluktuaties in stroomsnelheid en temperatuur	rivieren	USA
Novotny	1985	Deep release dam is de oorzaak voor een sterke afname in de diversiteit van de fauna benedenstrooms. Chironomidae, Simuliidae en Hydropsychidae nemen in aantal toe. Dit verschijnsel wordt toegeschreven aan debietfluktuaties van 20-60 m³/s over de periode van een week. 21 km benedenstrooms de dam is nog geen volledig herstel opgetreden	rivieren	USA
Parker e.a.	1983	De droge stofproductie van filterende kokerjuffers bedroeg in de referentie rivier 9.4-51.5 g/m²/j. Benedenstrooms een stuw bedroeg deze produktie 325 g/m²/j. De aanvoer van zooplankton is hiervoor verantwoordelijk. De afmetingen van het zooplankton (105-864 µm) zijn gunstig voor deze kokerjuffers met een net waarvan de mazen variëren van 100-250 µm. De grote dichtheid van filterfeeders bij de stuw heeft nadelige gevolgen voor de fauna benedenstrooms door afname van de kwaliteit van het voedsel	rivieren	USA
Richardson	1984a	De filterfeeder Neureclipsis bimaculata groeit direkt onder de stuw 20 maal sneller dan 17 km benedenstrooms. De oorzaak is de hoge kwaliteit van het voedsel (plankton) dat door het stuwmeer geleverd wordt	rivieren	Canada
Richardson	1984b	Direkt onder de stuw is het zwevende stof gehalte 10-15 mg/l, waarvan 5.5 mg/l bestaat uit organisch materiaal. 17 km benedenstrooms bedraagt het zwevende stof gehalte 20 mg/l met een organisch aandeel van 2 mg/l. Dit is de reden dat de filterende kokerjuffer Neureclipsis bimaculata 20 maal zo snel groeit vlak onder de stuw	rivieren	Canada
Stanford e.a.	1979	Regen rivieren zowel als gemengde rivieren hebben van nature een jaarlijkse fluktuatie in de afvoer. De vorming van bepaalde habitats, zoals grind en zandbanken is hiervan het gevolg. Door deze natuurlijke fluktuaties te polijsten treedt een ernstig habitat verlies op	rivieren	N. Amerika
Ward e.a.	1979	Bij deep release dammen krijgt de ontvangende rivier in de winter relatief warm water, terwijl het water in de zomer kouder is. Dit heeft tot gevolg dat bepaalde organismen al uitvliegen terwijl de luchttemperatuur nog te koud is. Een andere groep organismen (Plecoptera) vliegt door de koude zomer temperatuur te laat uit waardoor de cyclus niet voltooid kan worden	rivieren	USA

Referentie	jaar	De rekolonisatie van een verlaten rivierbed door makro-evertebraten		
Barton e.a.	1979	Door natuurlijke opstuwing van het water in de zijrivier door hoge afvoer van de hooftdrivier verdwijnen Baetis, Simuliidae en Rheotanytarsus uit de zijrivier. Er treedt een snelle rekolonisatie op	biotoop rivieren	geografie Canada
Dejoux e.a.	1983	Rivier die behandeld was met insecticiden werd binnen 30 dagen slechts gerekoloniseerd door ongevoelige soorten	rivieren	Ivoorkust
Extence	1981	In 1976 droogde een deel van het bed uit. In het jaar daarna trad een significante afname op in Gastropoda. Een significante toename vertoonden Hydropsyche, enige Chironomidae, Tubificidae, Helobdella en Asellus	rivieren	UK
Fisher e.a.	1982	Rekolonisatie na een afvoergolf duurt langer dan 63 dagen	beken	USA
Ladle e.a.	1980	Een kunstbeek met Vstr. 40 cm/s werd na 1 maand gekoloniseerd door Rheotanytarsus en Simuliidae. Na 4 maanden verscheen Hydropsyche	beken	UK
Molles	1985	Beek waarin het gehele bed is weggespoeld, is na twee jaar nog niet hersteld. Het type beek ontvangt normaal gesproken nauwelijks vloedgolven	beken	USA
Shaw e.a.	1980	Op basis van het aantal soorten treedt na droogvallen herstel op in 64 dagen	beken	USA
Sagar	1983	Droogvallen in de zomer geeft na 15 dagen herstel bij Vstr. 40 cm/s	rivieren	Nw. Zeeland
Swink e.a.	1985	Droogvallen in de winter geeft na 33 dagen herstel bij Vstr. 40 cm/s		
		Kolonisatie van makro-evertebraten duurt langer dan 95 dagen benedenstrooms een stuwmee. In deze periode zijn de eendagsvliegen en kokerjuffers die bovenstrooms voorkomen nog niet aanwezig	rivieren	USA
Williams e.a.	1976	Rekolonisatie na droogvallen gebeurt voor 41.4% door drift, 28.2% door eiafzetting van volwassen organismen, 19.1% door migratie stroomopwaarts en 18.2% door migratie vanuit de diepe delen van het stroombed	beken	USA
Williams e.a.	1977	Op basis van het aantal soorten treedt na droogvallen herstel op in 109 dagen	beken	USA
Winget	1984	Een jaar na het in gebruik nemen van een stuw, koloniseerde benedenstrooms Simuliidae in aantallen die vele malen hoger waren dan voor de stuwkonstruktie. Reden hiervoor is het hoogwaardige voedsel dat in de vorm van fyto- en zooplankton aan de rivier wordt toegevoegd	rivieren	UK