

**De Bodem van de Utrechtse-Noordhollandse Vecht
Een biologische en chemische kwaliteitsopname**

Alexander Klink

**Hydrobiologisch Adviesburo Klink bv Wageningen
Rapporten en Mededelingen 35 (4 mei 1990)**

Provincie Utrecht Dienst W & M

**Rijkswaterstaat Directie Noord-Holland Nota ANW
89-21**

Korrespondentie

Hydrobiologisch Adviesburo Klink bv
Boterstraat 28
6701 CW Wageningen

Provincie Utrecht
Dienst Water en Milieu
Bureau Oppervlaktewater
Gallileilaan 15
3508 TH Utrecht

Rijkswaterstaat Directie Noord-Holland
Afdeling Waterhuishouding
Postbus 3119
2001 DC Haarlem

Samenvatting

In opdracht van Provincie Utrecht en Rijkswaterstaat Directie Noord-Holland is in het najaar van 1988 een onderzoek gestart naar de biologische- en chemische gesteldheid van de bodem van de Vecht over het traject Utrecht-Muiden.

Uit de resultaten blijkt dat de bodem van het traject Muiden - Nigtevecht een chemische kwaliteitsklasse 2 tot 3 bezit (uitgedrukt in BER-klassen, gecorrigeerd voor deeltjes $< 16 \mu\text{m}$ en hoeveelheid organisch materiaal en kalk). Het traject van Nigtevecht tot Utrecht is aanzienlijk zwaarder belast en heeft kwaliteitsklasse 3 tot 4.

Het biologisch onderzoek geeft aan dat de kwaliteit in het Noordhollandse deel van de Vecht zorgwekkend is. Karakteristiek voor deze situatie is het hoge percentage misvormingen in de kopkapsels van muggelarven. In het Utrechtse deel is de biologische situatie zo slecht dat deze vergelijkbaar is met de meest gedegradeerde onderwaterbodems in het benedenrivieren gebied. Kenmerkend voor deze situatie is onder meer het vrijwel ontbreken van bodembewonende muggelarven.

Aanbevelingen hebben betrekking op het verdergaand inventariseren van het ecosysteem Vecht. Hierbij dienen ook de ondiepe bodem en de oever biologisch te worden onderzocht.

Inhoudsopgave

Samenvatting	3
1. Doelstelling	7
2. Materiaal en methoden	8
3. Korte beschrijving van het onderzoeksgebied	9
3.1. Hydrologie van de Vecht	9
3.2. Waterkwaliteit	9
3.3. Bekende emissies	10
4. Fysisch-chemische analyses van de bodem van de Vecht. Een karakterisering van het lengteprofiel	11
5. Biologische gegevens	12
5.1. Samenstelling van de levensgemeenschap op de bodem	12
5.2. Biomassa van de bodemfauna	15
5.3. Gehalten van zware metalen in chironomiden	16
5.4. Vergelijking met het onderzoek van het Noordhollandse gedeelte van de Vecht in 1987	17
6. Konklusies	18
7. Aanbevelingen voor verder onderzoek	19
8. Literatuur	20

Figuur 1.	Gehalten van enige zware metalen in het slib van de Vecht	11
Figuur 2.	Ordinatie-diagram van de makro-evertebraten in relatie tot enige milieufactoren	12
Figuur 3.	Voorkomen van <i>Chironomus</i> gr. <i>plumosus</i> en <i>Valvata piscinalis</i> op de bodem van de Vecht en het verloop van het kopergehalte in het sediment	14
Figuur 4.	Overzicht van de voornaamste diergroepen op de bodem van de Vecht (naar biomassa)	15
Figuur 5.	Gehalten van zware metalen in muggelarven ten opzichte van de gehalten in het sediment	16
Tabel 1.	Vergelijking van de biologische en chemische gegevens van 1987 en 1988 in het Noordhollandse deel van de Vecht	17
Bijlage 1.	Ligging van de monsterpunten	
Bijlage 2.1.	Fysisch-chemische gegevens	
Bijlage 2.2.	Klasse indeling van het bemonsterde slib	
Bijlage 3.1.	Overzicht makro-evertebraten	
Bijlage 3.2.	Makro-evertebraten per deelmonster	
Bijlage 3.3.	Misvormingen naar categorie	
Bijlage 3.4.	Metalen in Chironomidae	

1. Doelstelling

In navolging van een onderzoek naar de biologische en chemische gesteldheid van de Vechtbodern in Noord-Holland (Klink, 1988) heeft dit onderzoek tot doel de gesteldheid van de Vechtbodern over de gehele lengte vast te leggen.

Het onderzoek is uitgevoerd in opdracht van Provinciale Waterstaat Utrecht en Rijkswaterstaat Direktie Noord-Holland.

De volgende onderwerpen worden in dit onderzoek vooral belicht:

- biologische en chemische gesteldheid van de bodern van de Vecht in het lengteprofiel
- vergelijking van de resultaten met die van 1987 in het Noordhollandse deel van de Vecht

2. Materiaal en methoden

Op 3, 4 en 5 oktober 1988 zijn op 20 lokaties tussen Utrecht en Weesp bodemonsters verzameld (zie bijlage 1).

De keuze voor deze lokaties is gemaakt aan de hand van bekende emissies en potentiële emissies. Hierbij zijn lokaties geselecteerd, waar recente of historische vervuiling met mikro-verontreinigingen kan worden verwacht, afgewisseld met lokaties waarvan verwacht wordt dat ze relatief onbelast zijn.

- Monstername

Vanaf een boot zijn de diepste delen in het dwarsprofiel bemonsterd. Op de lokaties zijn ter bepaling van de biologische en chemische bodemkomponent 10 deelmonsters (bodemhappen) verzameld met een Eckman-bodemhapper (oppervlakte 225 cm²). De bemonsterde diepte in de bodem bedraagt ca. 15 cm. De biologische deelmonsters (5) zijn aan boord gespoeld over een zeef met maaswijdte van 250 µm en gekonserveerd (formaline 4%).

De chemische deelmonsters (5) zijn gemengd tot het uiteindelijke monster. De deelmonsters voor het biologische en chemisch onderzoek zijn om beurten verzameld om invloed van lokale variaties in de bodemsamenstelling te minimaliseren. Bij het beoordelen van de geschiktheid van de afzonderlijke bodemhappen is als criterium gebruikt dat een geoxideerde bovenlaag zichtbaar moet zijn.

- Verwerking

De chemische monsters zijn geanalyseerd door de laboratoria van Provinciale Waterstaat Utrecht (PWU) te Utrecht en Zuiveringschap Amstel en Gooiland (ZAG) te Weesp op de volgende parameters: PWU en ZAG: droogrest en gloeirest

PWU: totaal fosfaat, Kjeldahl-stikstof, ijzer, chroom, koper, zink, nikkel, cadmium, lood, kwik, arseen, naftaleen, acenaftyleen, acenafteen+fluoreen, fenantreen, anthraceen, pyreen, chryseen, fluorantheen, benzo(a)anthraceen, benzo(b)fluorantheen, benzo(k)fluorantheen, benzo(a)pyreen, dibenzo(a,h.)anthraceen, benzo(g,h,i.)peryleen, indeno(1.2.3.c.d.)pyreen, hexachloorbenzeen, linaan, heptachloor, heptachloorepoxide, dieldrin, o-p DDD, p-p DDD, p-p DDT en PCB's (28, 52, 101, 118, 138, 153, 180)

ZAG: olie, fraktie < 16 µm, fraktie < 2 µm

Bedrijfslaboratorium voor Grond- en Gewasonderzoek Oosterbeek: percentage vocht, pH-KCl en percentage CaCO₃.

De mikro-verontreinigingen zijn gekorrigeerd (konform Waterloopkundig Laboratorium, 1985).

Hierbij zijn de gehalten aan zware metalen en olie omgerekend naar 50% deeltjes < 16 µm gekorrigeerd voor organische stof en CaCO₃. De gehalten aan PAK's, pesticiden en PCB's zijn omgerekend naar organische koolstof en gekorrigeerd voor CaCO₃ en roosterwater in klei (bijlage 2.2)

De biologische monsters zijn door Hydrobiologisch Adviesburo Klink uitgezocht en kwalitatief geanalyseerd. Hierna is van de onderscheiden groepen het drooggewicht en de gloeirest bepaald volgens de norm voor afvalwater en slib (NEN 6620) (bijlage 3.1)

Hiernaast zijn muggelarven verzameld voor metaal-analyse. Deze analyses zijn uitgevoerd door TNO-Delft (bijlage 3.4).

De integratie van de biologische en chemische analyseresultaten is uitgevoerd met behulp van het statistische programma CANOCO (ter Braak, 1987).

Inzage in de gebruikte analyse methoden zijn te verkrijgen bij de genoemde laboratoria.

3. Korte beschrijving van het onderzoeksgebied

3.1. Hydrologie van de Vecht

Het zuidelijke gedeelte van de Vecht loopt van de Weerdsluis in Utrecht tot Nigtevecht waar de Vecht uitkomt in het Amsterdam-Rijnkanaal. Dit deel van de Vecht wordt gevoed door de Kromme Rijn en de stadswateren van Utrecht. De laatste ontvangen hun water grotendeels van de Kromme Rijn, de Lek en de Biltse- en Zeistergrift. Bij lage waterstand van de Lek kan eveneens water worden ingelaten via het Amsterdam-Rijnkanaal. Naar schatting wordt 4-6 m³/sec ingelaten ('s nachts gemiddeld ca. 8 m³/sec; overdag gemiddeld 2 m³/sec) in de Vecht bij de Weerdsluis en via de Oosterstroom. Van deze hoeveelheid wordt gemiddeld 70% bij Maarssen afgevoerd naar het Amsterdam-Rijnkanaal (Provinciale Waterstaat Utrecht, z.j.). In het traject Overmeer-Nigtevecht ontvangt de Vecht een aanzienlijke hoeveelheid kwelwater uit de Horstermeerpolder.

In het noordelijke gedeelte van de Vecht (Muiden tot Nigtevecht) wordt, met name in de zomer, bij Muiden water ingelaten vanuit het IJmeer. Vervolgens stroomt het water in zuidelijke richting en komt via de schutsluizen bij Nigtevecht in het Amsterdam-Rijnkanaal.

De Vecht bestaat derhalve uit twee hydrologische eenheden. Het zuidelijke deel van Utrecht tot Nigtevecht en het gedeelte van Muiden tot Nigtevecht. In dit rapport zal gesproken worden van Utrechtse en Noordhollandse deel van de Vecht. Met de Utrechtse deel wordt het zuidelijke gedeelte van de Vecht in de Provincie Utrecht (Utrecht-Overmeer) aangeduid. De Noordhollandse deel beslaat het traject Muiden-Nigtevecht en Overmeer-Nigtevecht.

Een uitgebreide beschrijving van de waterhuishouding en de gevolgen hiervan op de waterkwaliteit wordt gegeven in het rapport van Provinciale Waterstaat Utrecht en Zuiveringschap Amstel en Gooiland (1984).

3.2. Waterkwaliteit (samengevat uit Provinciale Waterstaat Utrecht en Zuiveringschap Amstel en Gooiland, 1984)

Het Utrechtse deel van de Vecht ontvangt via de Kromme Rijn het effluent van de RWZI's van Doorn, Driebergen, Bunnik, Zeist en de Bilt. De grootste lozing bestaat uit effluent van de RWZI Utrecht. Voorts treedt verontreiniging op door niet gerioleerde bebouwing en riooloverstorten. Bovenstrooms Maarssen loost de R.W.Z.I. van de ACF op de Vecht en bij Maarssen de RWZI van Maarssen dorp. Dit geheel van lozingen resulteert in een matige tot slechte zuurstofhuishouding in het Utrechtse gedeelte van de Vecht. Met behulp van doorspoeling met Lekwater kan zuurstofloosheid worden vermeden.

Het Noordhollandse deel van de Vecht ontvangt effluent van de RWZI Horstermeer, uitslag van kwelwater uit de Horstermeerpolder en nog niet gesaneerde lozing bij Weesp. Belasting van de Noordhollandse gedeelte kan optreden bij Overmeer, waar kwalitatief slecht water uit de 's Gravelandse Vaart in de Vecht uitkomt. De zuurstofhuishouding in de Noordhollandse deel van de Vecht is redelijk tot goed.

3.3. Bekende emissie (zie ook bijlage 1)

Voor de nummering van de punten is aangesloten op het biologisch-chemisch bodemonderzoek in het Noordhollandse deel van de Vecht in 1987 (Klink, 1988). Hierbij waren 15 monsterpunten betrokken waarvan in dit onderzoek 8 punten (V4,V5,V8,V10, V11,V13,V14) nogmaals zijn bemonsterd.

Emissies of veronderstelde emissies, voor zover bekend bij de opdrachtgevers en bovenstrooms gelegen van de monsterpunten uit dit onderzoek zijn:

Noordhollandse deel van de Vecht

- Weesp (V4, V5). Plasticsfabriek, zeepfabriek, diverse lozingen van huishoudelijk afvalwater, een ijzer opslagplaats en enige verspreide scheepswerven. Hierbij vrijkomende verontreinigingen zijn olie en vetten, organische mikro-verontreinigingen, zware metalen en nutriënten. De overige emissiebronnen zijn sedert 1985 aangesloten op het gemeenteriool.
- Omgeving de Horn (V8). Een voormalige latex fabriek heeft tot het begin van de jaren zeventig op de Vecht geloosd. Later zijn nog grote problemen ontstaan door uitspoeling vanaf het fabrieksterrein. Vermoedelijk bleef de emissie echter beperkt tot de binnendijkse polderwateren.
- Uitermeer (V10). Op deze lokatie komt de 's Gravenlandse Vaart in de Vecht, waardoor zware metalen en PAK's in de Vecht kunnen komen.
- Hinderdam (V11). Geen industrie of bekende lozing.
- Nigtevecht (V13). Voormalig galvaniseerbedrijf. Baggeren werd hier verboden wegens giftigheid van het slib door zware metalen (mededeling Dienstkring IJsselmeerkust van Rijkswaterstaat Directie Noord-Holland).
- Vechthoeve (V14). Verspreide lozing van oppervlaktewater zonder geconstateerde verontreiniging.
- Overmeer (V15). Geen gedocumenteerde verontreiniging. In de omgeving van dit punt vindt voortdurend uitslag plaats van kwelwater uit de Horstermeer. Tevens wordt hier het effluent geloosd van de RWZI Horstermeer.

Utrechtse deel van de Vecht

- De Nes (V16). Geen gedocumenteerde verontreiniging.
- Ten Noorden van Vreeland (V17). Vatenfabriek, tegenwoordig aangesloten op het gemeenteriool van Vreeland. Gemeente Vreeland loosde tot eind 1985 ongezuiverd op de Vecht
- Halverwege Vreeland en Loenen (V18). Anodiseerbedrijf, loost rechtstreeks op de Vecht.
- Loenen (V19). Benedenstrooms voormalige RWZI Loenen.
- Halverwege Loenen en Nieuwersluis (V20). Geen gedocumenteerde verontreiniging.
- Halverwege Nieuwersluis en Breukelen (V21). Benedenstrooms van het limnologisch Instituut en een voormalig galvaniseerbedrijf.
- Ten zuiden van Breukelen (V22). Geen gedocumenteerde verontreiniging.
- Maarssen (V23). Benedenstrooms van effluentlozing RWZI Maarssen.
- Ten zuiden van Maassen (V24). Benedenstrooms voormalige raffinaderij van dierlijke en plantaardige oliën.
- Ten zuiden van Maassen (V25). Benedenstrooms van zuiveringsinstallatie A.C.F.
- Halverwege Maarssen en Zuilen (V26). Scheepswerf, geen gedocumenteerde verontreiniging.
- Utrecht Noord (V27). Benedenstrooms R.W.Z.I. Utrecht.

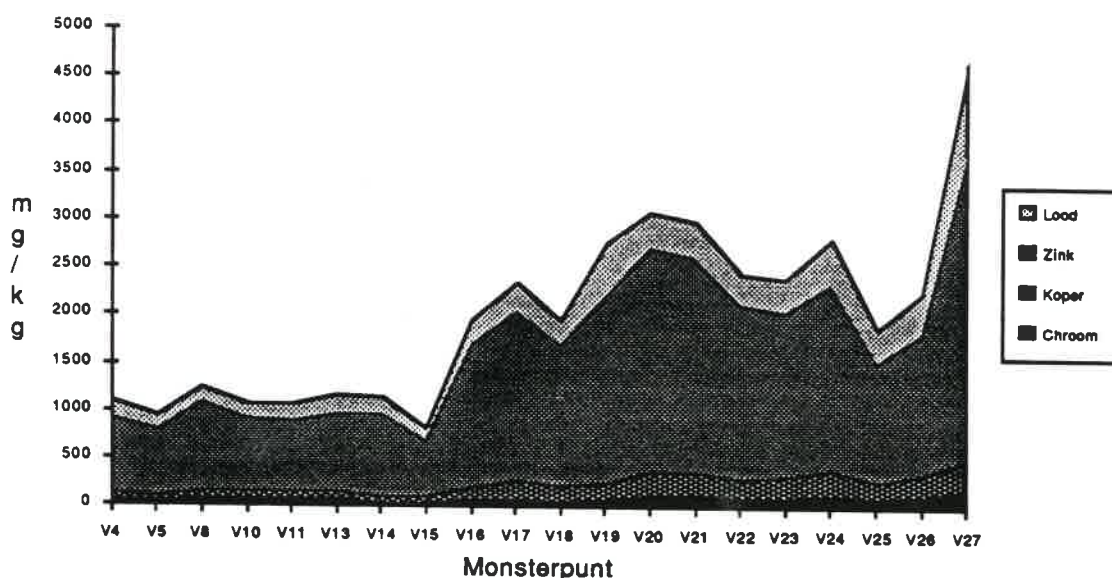
Samenvattend kan worden vastgesteld dat de Vecht een verzameling aan verontreinigingen ontving en ontvangt. Uit de chemische bepalingen moet blijken in hoeverre deze verontreinigingen nog traceerbaar zijn in het slib van de Vecht.

4. Fysisch-chemische analyses van de bodem van de Vecht. Een karakterisering van het lengteprofiel

In bijlage 2.1 en 2.2 zijn de basisgegevens van fysisch-chemische analyses weergegeven, alsmede gekorrigeerde waarden en de BER-klasse indeling (Waterloopkundig Laboratorium, 1985). Op grond hiervan behoort het slib in de Vecht tussen Muiden en Overmeer tot klasse 2-3 (normaal verontreinigd tot lokaal verontreinigd rivierslib). Een uitzondering hierop vormt monsterpunt V15 (Overmeer) met een klasse 4 kwaliteit (lokaal verontreinigd tot lokaal extra verontreinigd rivierslib). Het hoge arseen gehalte is hiervoor verantwoordelijk. Op deze lokatie wordt ook een sterk verhoogd ijzer gehalte aangetroffen, hetgeen een gevolg is van de diepe kwel uit de Horstermeer. Het slib in de Vecht tussen Utrecht en Nigtevecht behoort tot klasse 3-4. Op de punten V20 en V21 (Breukelen en Loenen) zijn de zinkgehalten zeer hoog. Punt V27 (effluent RWZI Utrecht) bevat daarnaast zeer hoge gehalten aan lood en PAK's.

Figuur 1 is illustratief voor het gehalte aan zware metalen in de Vechtbodem. Het Utrechtse gedeelte (monsterpunten V16-V27) bevat gehalten die grofweg een factor 2 hoger zijn dan die in het slib in het Noordhollandse gedeelte van de Vecht. De PCB-gehalten vertonen hetzelfde beeld. De gehalten aan PAK's vertonen enige kleinere pieken op de punten V5 (Weesp), V13 (Nigtevecht), V16 (Nes), V19 (Loenen) en een zeer hoge piek op punt V27 (Utrecht). De kwaliteit van het slib komt niet overeen met de hydrologische tweedeling van de Vecht. Het traject Overmeer-Vechthoeve (V15-V14) bevat lagere gehalten aan verontreinigingen (arseen uitgezonderd) dan de bovenstrooms gelegen punten in het Utrechtse deel van de Vecht (V16-V27). Een mogelijke oorzaak is de sterke verbreding van de Vecht bij de Nes (V16) waardoor de verontreiniging aan de zwevende stof tot bezinking kan komen.

Vecht 1988 lengteprofiel
(gehalten in mg/kg 50% deeltjes <16µm)



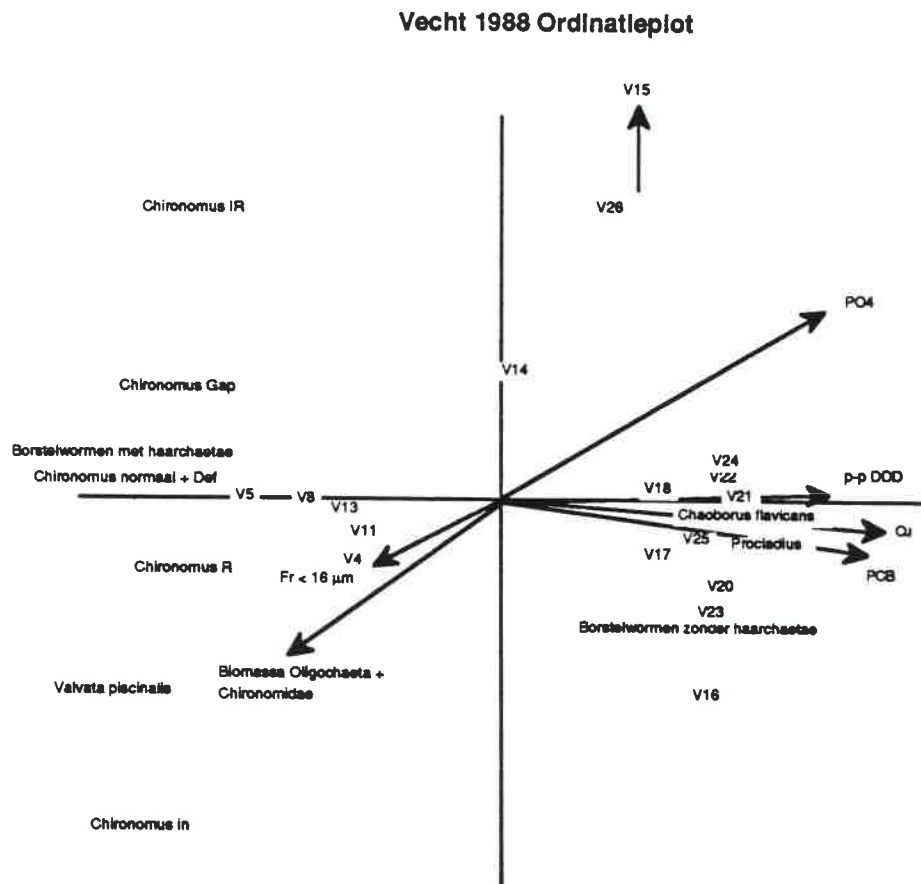
Figuur 1. Gehalten van enige zware metalen in het slib van de Vecht

Ondanks de vele verdachte lokaties in het Utrechtse en Noordhollandse gedeelte van de Vecht blijkt het sediment een relatief homogeen karakter te bezitten.

5. Biologische gegevens

5.1. Samenstelling van de levensgemeenschap op de bodem (zie bijlagen 3.1 t.m. 3.3)

De voornaamste bewoners op de bodem van de Vecht zijn larven van dansmuggen (Chironomidae) en borstelwormen (Oligochaeta). In figuur 2 is de relatie tussen de biologische en chemische gegevens van de monsterpunten uitgezet in een ordinatiediaagram.



Figuur 2. Ordinatiediaagram van de makro-evertebraten in relatie tot enige milieufactoren (zie tekst voor de afkortingen van de soortnamen)

De figuur is het resultaat van een canonische correspondentie analyse, waarbij uitgegaan wordt van een minimum-optimum-maximum relatie tussen een soort en een milieufactor. De lengte van de pijlen is een maat voor de invloed die de bijbehorende factoren uitoefenen op de soorten. De hoek tussen de afzonderlijke pijlen is een maat voor de overeenkomst tussen de verschillende factoren.

De relatie tussen de soorten en de milieufactoren is te bepalen door vanuit het midden van de soortnaam een denkbeeldige lijn te trekken loodrecht op de pijl van de milieufactor. De plaats waar deze denkbeeldige lijn de milieupijl snijdt is een maat voor de positieve correlatie tussen de milieufactor en de soort. Hoe verder van de oorsprong de pijl wordt aangesneden hoe groter de correlatie. Indien een soort de pijl in het negatieve (niet getekende) gedeelte van de pijl snijdt betekent dit een negatieve correlatie. Ook hier bepaalt de afstand tot de oorsprong de mate van negatieve correlatie.

De plaats van de soorten in figuur 2 wordt berekend met een ordinatie en regressie model.

De plaats van de monsterpunten in figuur 2 wordt berekend door het gemiddelde te nemen van de plaatsen van alle individuen die op dat monsterpunt zijn aangetroffen.

Voor specificaties van de berekeningen die ten grondslag liggen aan deze ordinatie wordt verwezen naar Jongman e.a. (1987) en ter Braak (1987). Hierin staan tevens interpretatie voorbeelden vermeld.

Het diagram valt in twee delen uiteen. In het rechter gedeelte bevinden zich de Utrechtse monsterpunten met relatief hoge gehalten aan PO_4 , p-p DDD, Cu en PCB's. De bodemfauna van het Utrechtse deel van de Vecht bestaat voornamelijk uit borstelwormen (Tubificidae) zonder haarchaetae en de muggelarven *Procladius* en *Chaoborus flavicans*. Bij deze analyse is V27 buiten beschouwing gebleven omdat in oriënterende berekeningen bleek dat de hoge gehalten aan verontreinigingen op dit punt de verschillen tussen de overige punten overschaduwde.

De monsterpunten van het Noordhollandse deel van de Vecht liggen in het linker gedeelte van het diagram (V14 en V15 uitgezonderd. V15 wijkt dermate af dat de ligging buiten dit diagram valt). De bijbehorende fauna bestaat hoofdzakelijk uit de muggelarve *Chironomus*, de slak *Valvata piscinalis* en borstelwormen (Tubificidae) met haarchaetae. Voorts is onderscheid gemaakt tussen larven van *Chironomus* normaal, dus zonder misvormingen en *Chironomus* met specifieke misvormingen (*Chironomus* IR, Gap, Def, R, In). Voor de beschrijving van deze misvormingen wordt verwezen naar Klink (1988).

Het misvormingspercentage bedraagt 25% en is daarmee kenmerkend voor slibbodems van zeer verdachte kwaliteit (van Urk en Kerkum, 1986). De oorzaak voor het optreden van misvormingen is momenteel nog onbekend. In het algemeen is vastgesteld dat larven in hoog belaste bodems hoge percentages misvormingen vertonen, in tegenstelling tot die in laag belaste bodems.

Onderzoek naar de oorzaken wordt onder andere uitgevoerd door Dienst Binnenwateren/RIZA van Rijkswaterstaat en TNO-Milieutechniek Delft.

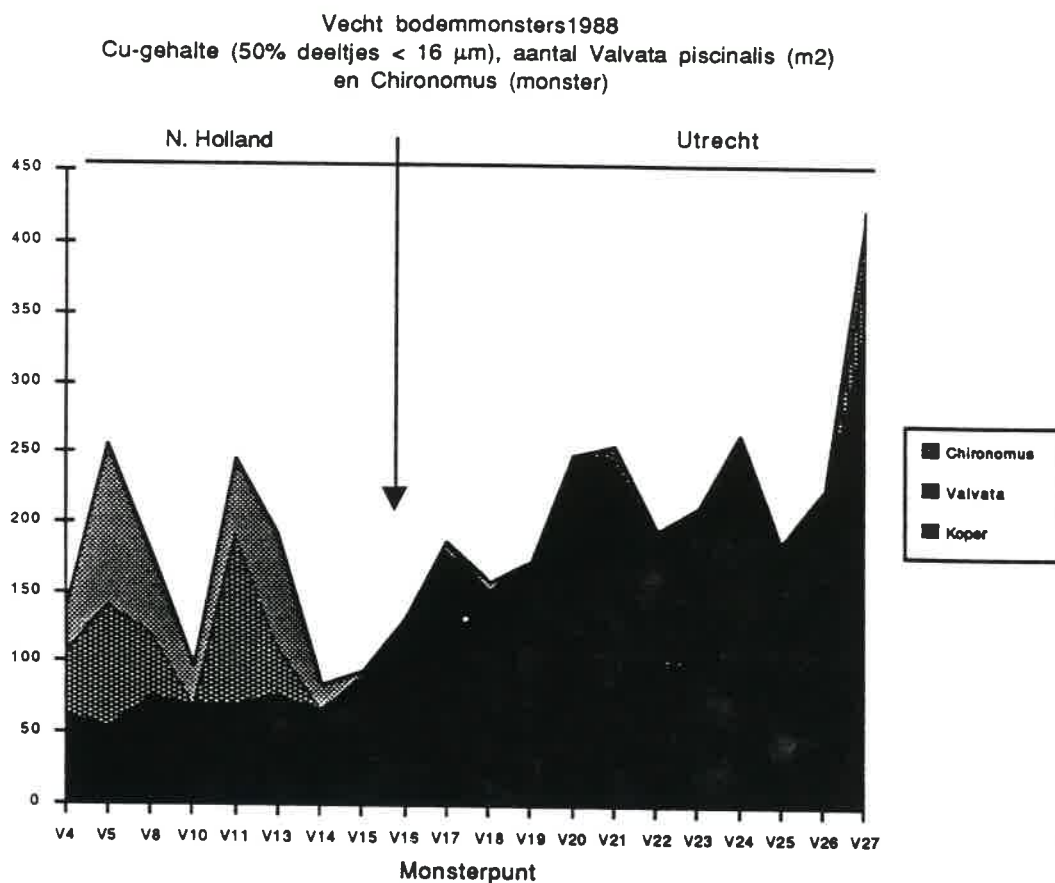
Wat de mechanismen zijn die de verschillende categorieën misvormingen veroorzaken is eveneens onbekend. De hier onderscheiden categorieën verschillen niet wezenlijk in hun relaties tot de milieufactoren. Evenmin is dit het geval voor *Chironomus* zonder en met misvormingen.

Uit het onderzoek van het Noordhollandse deel van de Vecht in 1987 bleek dat 23% van de muggelarven misvormd was (Klink, 1988). Daar werd gekonkludeerd dat de bodemfauna kenmerkend is voor bodems met een zorgwekkende kwaliteit. In dit onderzoek blijft deze konklusie ongewijzigd.

Worden de biologische gegevens van het Utrechtse deel afgezet tegen die van het Noordhollandse deel van de Vecht, dan kan worden vastgesteld dat de situatie in het Utrechtse deel aanmerkelijk slechter is. In dit gedeelte van de Vecht zijn de slibbewonende *Chironomus*larven niet of nauwelijks aanwezig. De fauna die is aangetroffen leeft niet echt in de bodem (*Procladius* en *Chaoborus*) of heeft een veel hogere graad van tolerantie tegen verontreiniging (borstelwormen zonder haarchaetae) (van Urk et al., 1985). De situatie in het Utrechtse gedeelte is vergelijkbaar met die van de meest verontreinigde bodems in het benedenrivierengebied (van Urk et al., 1985).

Wordt de samenstelling van de bodemfauna getoetst aan de BER-klasse indeling van rivierslib (Waterloopkundig Laboratorium, 1985) dan wordt slib van klasse 3-4 (Utrechtse deel) gekenmerkt door dominantie van borstelwormen (Tubificidae) zonder haarchaetae, terwijl slib van klasse 2-3 (Noordhollandse deel) voornamelijk wordt bewoond door *Chironomus* en borstelwormen met haarchaetae. De klasse 3 monsterpunten in het Noordhollandse deel vertonen in biologische zin geen verschil met de klasse 2 monsterpunten. De klasse 3 monsterpunten in het Noordhollandse deel vertonen in biologische zin echter zeer grote verschillen met de klasse 3 monsterpunten in het Utrechtse deel. Dit geeft een duidelijke aanwijzing dat voor de Vecht de chemische klasse-indeling niet synchroon verloopt met de levensgemeenschap op de bodem.

In figuur 3 is ter illustratie het voorkomen van *Chironomus gr. plumosus* en *Valvata piscinalis* uitgezet over het lengteprofiel van de Vecht. Het verloop van het kopergehalte is kenmerkend voor de meeste zware metalen, p-p DDD en PCB's.

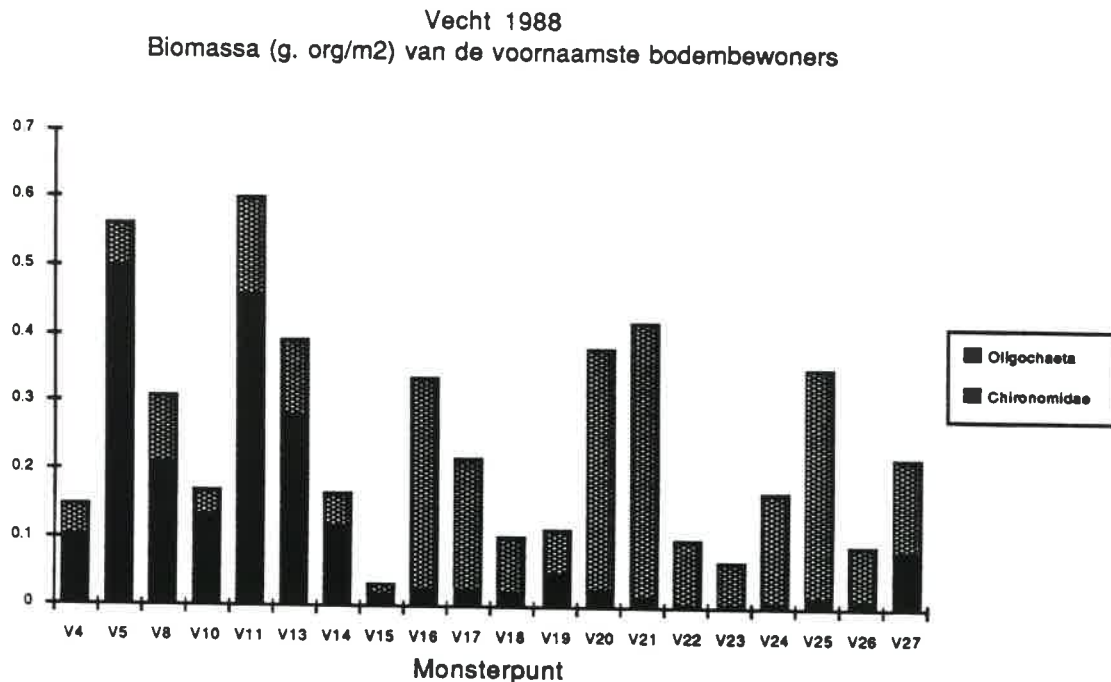


Figuur 3. Voorkomen van *Chironomus gr. plumosus* en *Valvata piscinalis* op de bodem van de Vecht en verloop van het kopergehalte in het sediment (mg/kg 50% deeltjes < 16 µm)

De figuren 2 en 3 suggereren een verband tussen het kopergehalte in het sediment en het voorkomen van bodemorganismen. Voor alle duidelijkheid wordt hier vermeld dat enerzijds het verloop van het kopergehalte illustratief is voor een groot aantal andere verontreinigingen. Anderzijds is in hoofdstuk 3.2 aangegeven dat de zuurstofhuishouding in het Utrechtse deel aanzienlijk slechter is dan in de Noordhollandse deel van de Vecht. Het ontbreken van deze bodemfauna in de Utrechtse deel geeft slechts weer dat de bodem niet geschikt is voor deze organismen. Welke oorzaak of combinatie van oorzaken hieraan ten grondslag ligt is nog niet duidelijk. Momenteel worden door DBW/RIZA experimenten uitgevoerd met muggelarven en sediment uit de Vecht.

5.2. Biomassa van de bodemfauna

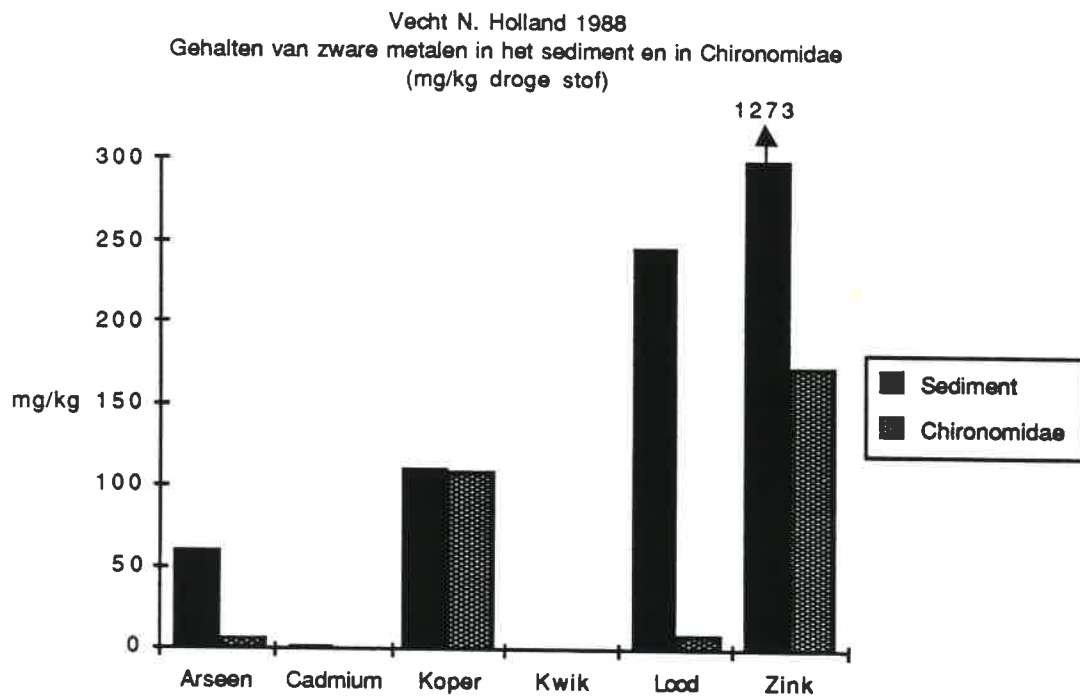
In figuur 4 zijn de biomassa's in het lengteprofiel van de Vecht uitgezet. Opmerkelijk hierbij is dat het minimum in de biomassa optreedt nabij het punt waar uitslag van kwelwater uit de Horstermeer plaatsvindt (V15). Dit punt wordt gekenmerkt door zeer hoge gehalten aan arseen, waarbij de vraag rijst of diep kwelwater hiervoor verantwoordelijk is. Het grote verschil in soortensamenstelling tussen de Noordhollandse en Utrechtse gedeelte van de Vecht komt in figuur 4 niet tot uitdrukking in de totale biomassa van de bodemfauna. Uit het ordinatiediagram (figuur 2) en figuur 4 kan worden afgeleid dat in dit onderzoek de soortensamenstelling de kwaliteit van de bodem beter weergeeft dan de biomassa.



Figuur 4. Overzicht van de voornaamste diergroepen op de bodem van de Vecht (naar biomassa)

5.3. Gehalten van zware metalen in chironomiden

Op de punten V8, V10, V13 en V14 zijn gehalten van zware metalen bepaald in larven van Chironomidae door TNO-MT Delft. In figuur 5 is een overzicht gegeven van de gehalten in de larven ten opzichte van de gehalten in het sediment, gemiddeld over de monsterpunten en de larven. Opvallend zijn hierbij de hoge gehalten van koper in de larven (ca. 110 mg/kg droge stof). Van de overige metalen is lood in de laagste relatieve concentratie in de organismen aangetroffen. Uit laboratoriumexperimenten met koper blijken gehalten van 100 mg/kg droge stof in de larven geen aanleiding te geven voor verhoogde mortaliteit (Hooftman en Adema, 1988). Of deze gehalten een verhoogd percentage misvormingen vertonen is uit experimenten nog niet aangetoond (mededelingen DBW/RIZA). In de veldsituatie vertonen de larven afkomstig van deze monsterpunten ca. 30% misvormingen. Een relatie tussen percentage misvormingen en zware metalen in de muggelarven is niet vastgesteld.



Figuur 5. Gehalten van zware metalen in muggelarven ten opzichte van de gehalten in het sediment

5.4. Vergelijking met het onderzoek van het Noordhollandse gedeelte van de Vecht in 1987

In tabel 1 is een vergelijking gemaakt tussen het onderzoek in het Noordhollandse deel van de Vecht in 1987 en in 1988. Hierbij is uitgegaan van de gekorrigeerde waarden. In 1988 is een significante stijging opgetreden in Kjeldahl-stikstof, fraktie deeltjes < 16 µm, < 2 µm, Tubificidae met en zonder haarchaetae en Procladius spec. Een significante daling ten opzichte van 1987 vertonen het gehalte aan nikkel, cadmium, PAK's en aantallen Chironomus spec. Nikkel en cadmium gehalten zijn in 1988 ongeveer gehalveerd ten opzichte van 1987. Een verklaring voor de toename in de fraktie deeltjes < 2 µm en < 16 µm kan niet worden gegeven. In beide gevallen heeft de analyse plaatsgevonden bij het Zuiveringschap Amstel en Gooiland. In 1987 zijn ook de overige analyses uitgevoerd door het ZAG. In 1988 zijn deze analyses uitgevoerd door Provinciale Waterstaat Utrecht. Indien de stijging in de fraktie deeltjes < 2 µm en < 16 µm niet veroorzaakt is door analysefouten dan heeft een lichte afname plaatsgevonden in de gehalten van de meeste zware metalen (uitgedrukt in mg/kg 50% deeltjes < 16µm). Indien uitgedrukt in mg/kg droge stof, dan heeft een geringe toename plaatsgevonden in de gehalten aan zware metalen. De gehalten aan PAK's zijn afgenomen indien uitgedrukt in mg/kg org. C, zowel als uitgedrukt in mg/kg droge stof. Voor de gekorrigeerde waarden is het gemiddelde gehalte met ca. 40% afgenomen.

Parameter	Toename + Afname -	Signifikantie	Organisme	Toename + Afname -	Signifikantie
Droogrest	+	N.S.	Tubificidae met haarchaetae	+	*
Gloeirest	-	N.S.	Tubificidae zonder haarchaetae	+	***
Fosfaat totaal	-	N.S.	Procladius spec.	+	*
Stikstof Kjeldahl	+	*	Valvata piscinalis	-	N.S.
Fraktie < 16 µm	+	***	Chironomus spec.	-	*
Fraktie < 2 µm	+	*			
Chroom	-	N.S.			
Koper	-	N.S.			
Zink	-	N.S.			
Nikkel	-	***			
Cadmium	-	***			
Lood	-	N.S.			
Kwik	+	N.S.			
Arseen	-	N.S.			
Som Bomeff PAK's	-	*			
Calciumcarbonaat	-	N.S.			
Organische stof	+	N.S.			

Tabel 1. Vergelijking van de biologische en chemische gegevens van 1987 en 1988 in het Noordhollandse deel van de Vecht

De samenstelling van de bodembewoners heeft zich sterk gewijzigd in 1988 ten opzichte van 1987. Een significante afname van Chironomuslarven is gepaard gegaan met een significante toename van het aantal Tubificidae. Dit geldt vooral voor de vervuilingstolerante Tubificidae zonder haarchaetae. In hoeverre deze negatieve veranderingen veroorzaakt zijn door natuurlijke schommelingen is met de opzet van dit onderzoek niet te achterhalen. De afname in de Chironomus larven is vermoedelijk geen gevolg van het uitvliegen omdat de soort zich in de bemonsteringsperiode in 1987 en 1988 (eind september - begin oktober) voorbereidt op overwintering in het laatste larvale stadium. Algemeen kan worden opgemerkt dat het voor de monitoring van het ecologisch herstel van de Vecht van groot belang is om deze situatie te blijven volgen.

6. Konklusies

- Op grond van de chemische gegevens van de Vechtbodem heeft het Noordhollandse gedeelte van de Vecht een BER-klasse 2-3 en de bodem van het Utrechtse deel valt in BER-klasse 3-4. Het verschil komt tot uitdrukking in de gehalten aan zware metalen die in het Utrechtse deel ca. 2 maal zo hoog zijn als in het Noordhollandse deel. Ook de PCB en PAK gehalten zijn hoger in het Utrechtse gedeelte.

- De Vecht is in te delen in twee grote hydrologische eenheden. Op grond van de metalengehalten in het sediment zijn deze eenheden duidelijk terug te vinden. De Vecht tussen Muiden en Nigtevecht wordt gekenmerkt door relatief lage gehalten aan metalen. Het traject Utrecht-Nigtevecht is veel zwaarder belast. Binnen het traject Utrecht-Nigtevecht wordt tussen Overmeer en Nigtevecht een derde type sediment aangetroffen. Dit sediment wordt gekenmerkt door hoge gehalten aan ijzer en arseen, als gevolg van de uitslag van diepe kwel. Opmerkelijk zijn de relatief lage gehalten aan de overige zware metalen ten opzichte van het bovenstrooms gelegen traject. De mogelijke oorzaak is bezinking van een belangrijk gedeelte van het slib in de verbreding van de Nes.

- Op grond van het hoge percentage misvormde muggelarven die leven op de bodem van het Noordhollandse deel van de Vecht kan worden vastgesteld dat de kwaliteit zorgwekkend is. In het Utrechtse deel is de situatie nog beduidend slechter en komt overeen met de meest slechte situatie in het benedenrivierengebied. De muggelarven zijn blijkbaar niet in staat in een dergelijke bodem te overleven.

Een relatie tussen de levensgemeenschap en de gehalten aan mikro-verontreinigingen dringt zich op. De zuurstofhuishouding in het Utrechtse deel is echter ook slechter dan in het Noordhollandse deel (PWU en ZAG, 1984), hetgeen eveneens kan leiden tot een verarmde levensgemeenschap.

- Het percentage misvormde muggelarven kan niet worden gerelateerd aan de gehalten van mikro-verontreinigingen in het sediment. Dit blijkt evenmin mogelijk te zijn voor de aard van de misvormingen.

- Wordt de biologische kwaliteit van de bodem van de Vecht vergeleken met de chemische kwaliteit volgens de BER-klasse indeling, dan blijkt dit te resulteren in een verschillende beoordeling. De chemische klasse 2 en 3 in de Noordhollandse Vecht vertonen een vergelijkbare levensgemeenschap, evenals klasse 3 en 4 in de Utrechtse Vecht. De klasse 3 bodem in Noord-Holland vertoont echter een totaal andere levensgemeenschap dan de klasse 3 bodem in Utrecht. De levensgemeenschap geeft een meer gedifferentieerd oordeel over de bodemkwaliteit dan de chemische BER-klassen.

- De faunasamenstelling in het Noordhollandse deel van de Vecht in 1988 vertoont een verslechtering ten opzichte van 1987. Nader onderzoek moet uitwijzen of dit verschijnsel te verklaren is binnen de natuurlijke fluktuaties in de levensgemeenschap.

- De bodemonsters in het Noordhollandse deel van de Vecht bevatten in 1988 lagere gehalten aan PAK's dan in 1987. Indien de gehalten aan zware metalen worden gecorrigeerd voor de fraktie $< 16 \mu\text{m}$ dan vertonen de monsters van 1988 eveneens een lager gehalte voor cadmium en nikkel.

- In tegenstelling tot de chemische bepalingen en de samenstelling van de levensgemeenschap op de bodem van de Vecht wijzen de biomassagegegevens niet op een duidelijke kwaliteitsgradiënt in de Vecht.

- Bepalingen van zware metalen in muggelarven tonen aan dat koper in vergelijkbare concentraties aanwezig is in muggelarven en in het sediment. De gehalten van de overige metalen zijn in de organismen beduidend lager dan in het sediment.

7. Aanbevelingen voor verder onderzoek

- De voornaamste emissies op de Vecht worden teruggedrongen. De Rijn bevat veel minder mikro-verontreinigingen dan 15 jaar geleden. Hetzelfde geldt voor de loodemissie door het verkeer. Overstorten worden teruggedrongen, waardoor minder ongezuiverd afvalwater in het oppervlaktewater terecht komt. Centrale deelontharding van drinkwater is ook aktueel, waardoor minder koper in het afvalwater terecht komt. Deze maatregelen zullen uiteindelijk leiden tot een afname van de metaalbelasting van het Vechtsediment. Voor het biologisch- en chemisch herstel van de bodem van de Vecht en te nemen saneringsmaatregelen is het uitermate belangrijk om te achterhalen hoe snel de bodem van de Vecht reageert op deze ontwikkelingen. Belangrijke onderzoeksvragen hierbij zijn de sedimentatiesnelheid, verticale uitwisseling van de verontreinigingen in het sediment en de sedimenttransport in de lengterichting van de Vecht.
- Tijdens het volgen van het saneringsproces is biologische monitoring noodzakelijk om vast te stellen wanneer de Vecht als ecosysteem op het gewenste nivo is aangekomen. Dit onderzoek heeft voor het kompartiment bodem een eerste bijdrage geleverd.
- Naast de biologische monitoring van de diepe bodem is het gewenst om ook de kwaliteit van de levensgemeenschap in de overzône en op de ondiepe bodem vast te stellen en te blijven volgen.
- De onderzoeken in de Vecht kunnen worden ondersteund door laboratorium experimenten, waarbij onder andere inzicht kan worden verkregen in de invloed die verontreinigingen en de zuurstofhuishouding hebben op het ontstaan van een bodemfauna die bestaat uit muggelarven, dan wel uit borstelwormen.

8. Literatuur

- Hoofman, R.N., Adema, D.M.M., 1988. Ontwikkeling van een set toetsmethoden voor de toxicologische analyse van de verontreinigingsgraad van onderwaterbodems (Periode mei 1987 - augustus 1988). Rapport TNO-MT R 88/334a: 45 pp + bijl.
- Jongman, R.H.G., ter Braak, C.J.F., et al., 1987. Data analysis in community and landscape ecology. PUDOC, Wageningen, 299 pp., ISBN 90-220-0908-4
- Klink, A.G., 1988. Hydrobiologisch onderzoek van de bodem van de Vecht in Noord-Holland. Hydrobiol. Adviesburo Klink Rapp. Meded. 33: 21 pp. + bijl.
- Prov. Waterstaat Utrecht, z.j. Rapport kwantitatief onderzoek zuidelijke Vecht, 20 pp + bijl.
- Prov. Waterstaat Utrecht, Zuiveringschap Amstel & Gooiland, 1984. De verontreiniging van de Vecht. Gevolgen voor de Vechtplassen en mogelijke oplossingen. 4e Concept. Publ. PWU/ZAG, 38 pp. + bijl.
- Sprenger, T., 1987. Zware metalen in de onderwaterbodem van de Utrechtse Vecht. Publ. PWU/LU Wageningen, 27 pp. + bijl.
- Waterloopkundig Laboratorium Delft, 1985. Inventarisatie kwaliteit onderwaterbodems rijkswateren. Versl. Onderz. R2120
- ter Braak, C.J.F., 1987. CANOCO - a FORTRAN program for canonical community ordination by [partial] [detrended] [canonical] correspondence analysis, principal components analysis and redundancy analysis (version 2.1). Rapport TNO Wageningen, 87 ITI A 11: 95 pp.
- van Gogh, W.G., 1988. Resultaten van het waterkwaliteitsonderzoek in de Rijn in Nederland 1987. RWS/DBW Nota 88.045: 73 pp.
- van Urk, G., Kerkum, F.C.M., 1986. Misvormingen bij muggelarven uit Nederlandse oppervlaktewateren. H₂O 26: 624-627
- van Urk, G., Kerkum, F.C.M., Wiersma, S.M., 1985. Bodemfauna in verontreinigde onderwaterbodems. H₂O 24: 509-512

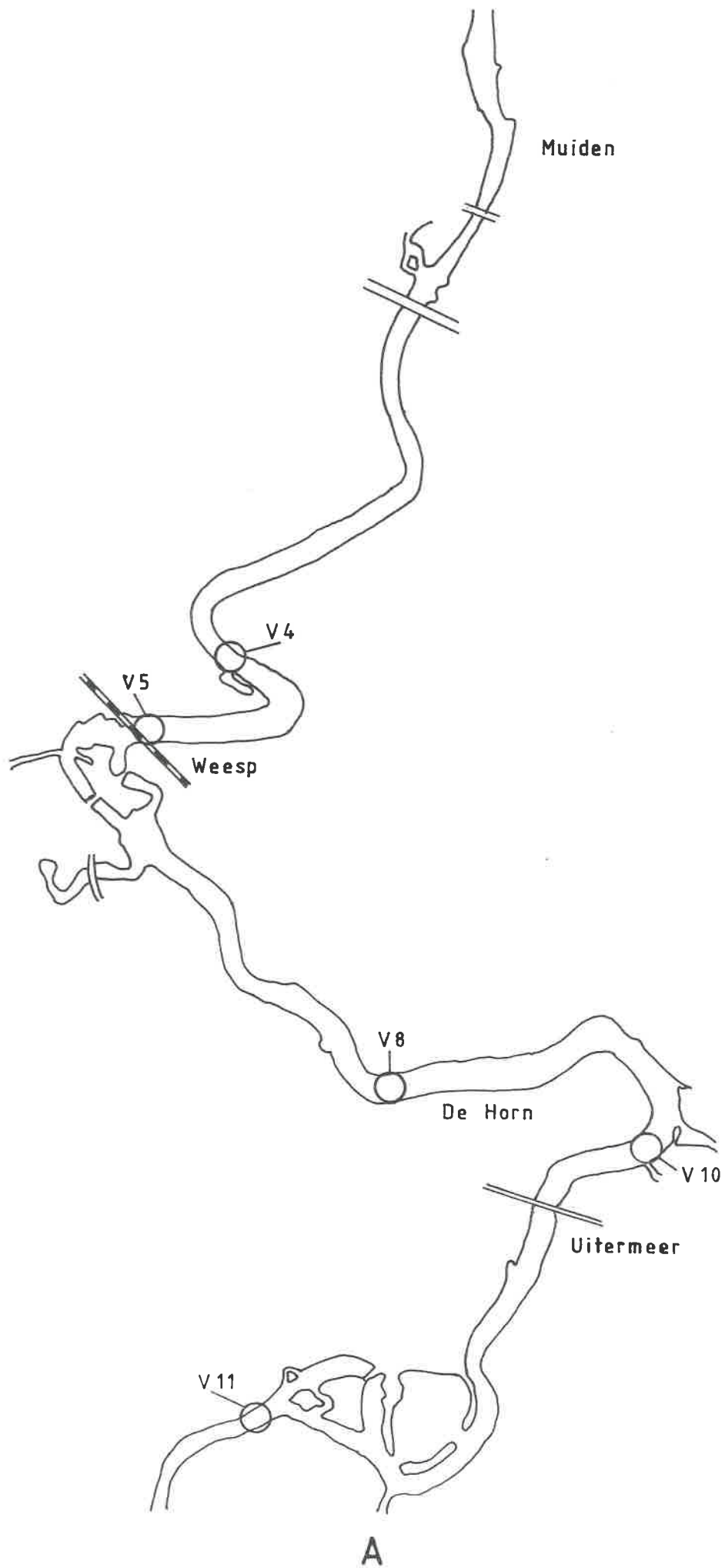
**De Bodem van de Utrechtse-Noordhollandse Vecht
Een biologische en chemische kwaliteitsopname
Bijlagen**

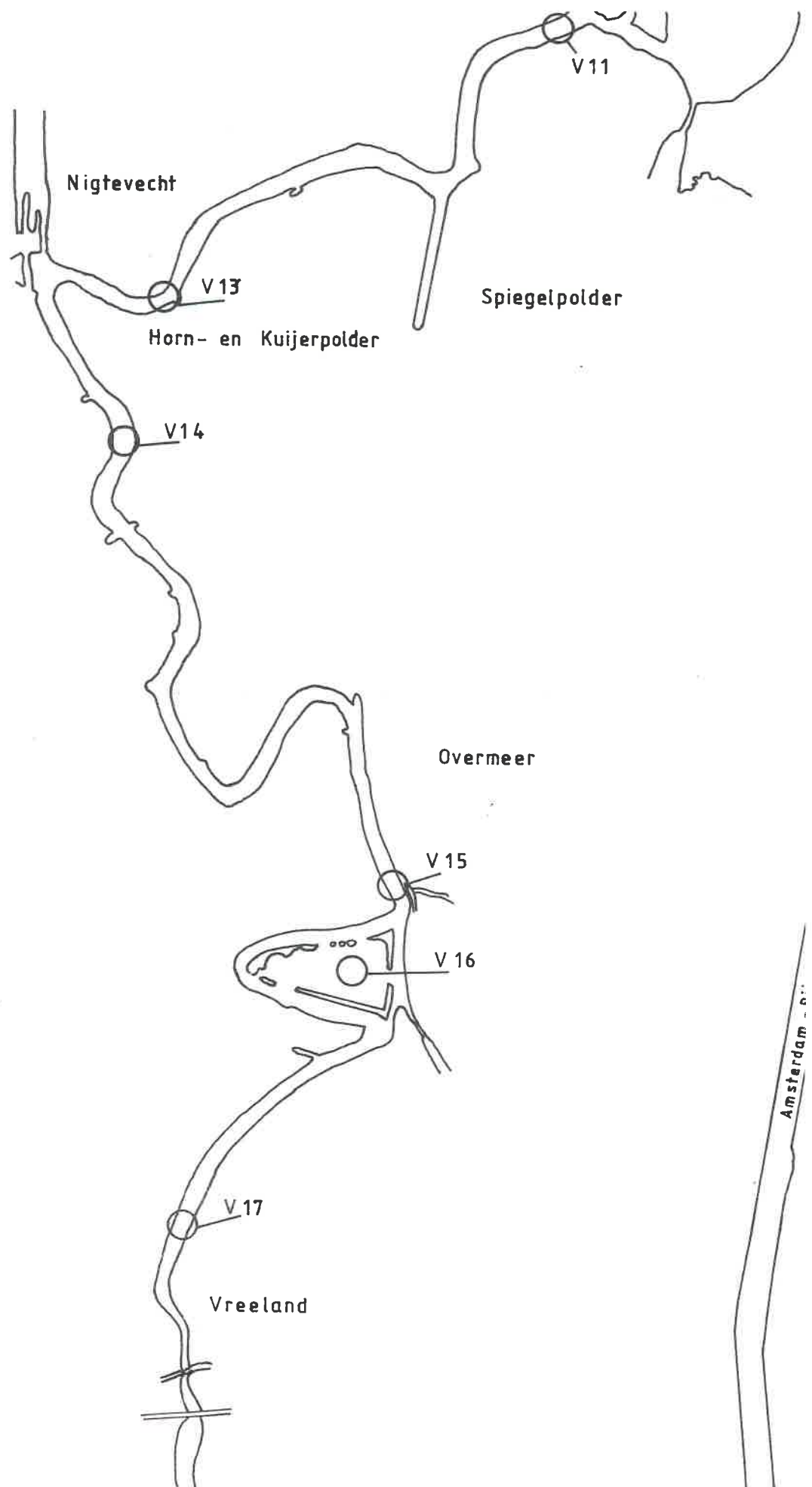
Alexander Klink

**Hydrobiologisch Adviesburo Klink bv Wageningen
Rapporten en Mededelingen 35 (4 mei 1990)**

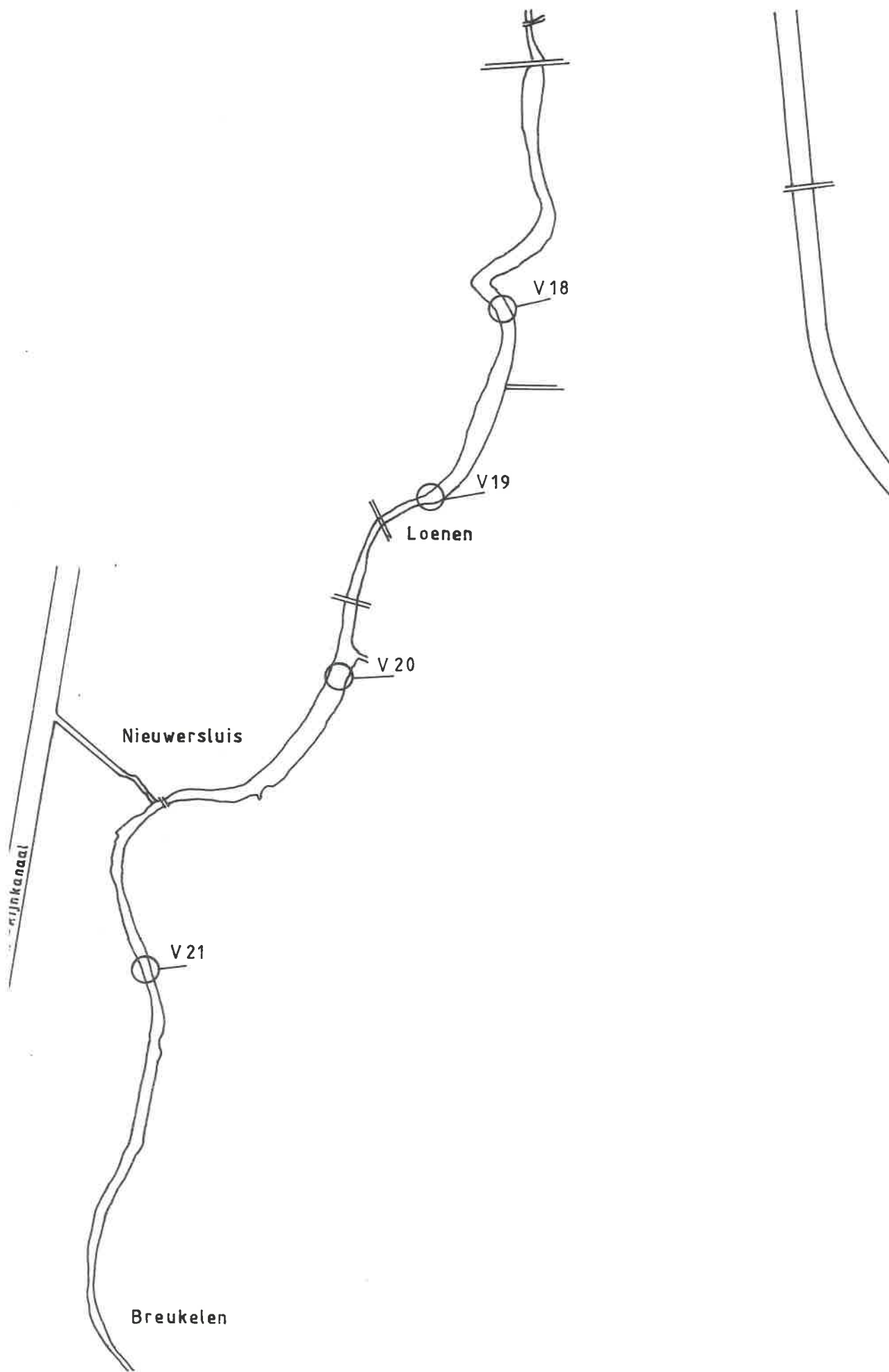
Provincie Utrecht Dienst W & M

**Rijkswaterstaat Direktie Noord-Holland Nota ANW
89-21**





B



C

Breukelen

Overzichtsk
ligging mon
bodem faun

V 22

Cromwijck

V 23

Amsterdam - Rijnkanaal

Maarssen

V 24

V 26

V 25

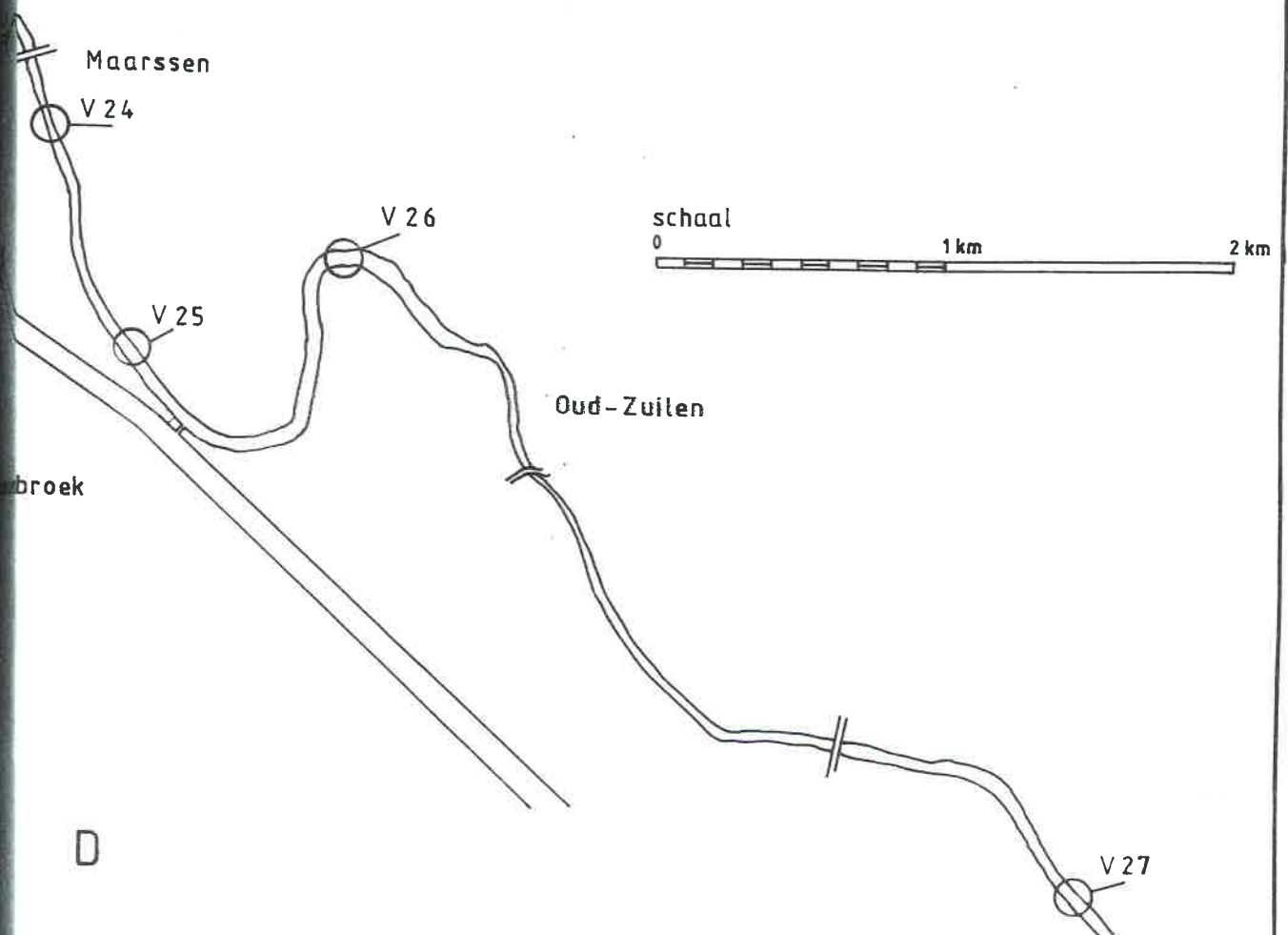
Oud-Zuilen

Maarssenbroek

schaal
0

D

Overzichtskaart
ligging monsterlokaties
bodem fauna vecht 1988



Bijlage 2.1 Fysisch-chemische gegevens

Monsterpunt		V884	V885	V888	V8810	V8811	V8813	V8814	V8815	V8816	V8817	V8818	V8819	V8820	V8821	V8822	V8823	V8824	V8825	V8826	V8827
Methode/naam	eenheid																				
Droogrest	%	22.2	17.7	13	15.5	14.2	17.5	22.4	16.6	21.1	13.1	11.4	26.1	16.7	17.8	20.2	21.9	28.7	19.2	19.1	19.1
Gloeirest % droogrest	%	84	80	77	78	76	77	80	74	80	73	73	87	76	78	79	79	86	79	81	84
Fosfaat totaal PO ₄	mg/kg ds	2452	4290	5210	3677	5516	5823	12565	17161	10419	14403	8887	3984	8581	8887	10419	11032	7355	9194	10113	5823
Stikstof-Kjeldahl N	mg/kg ds	6200	8200	11000	10000	11000	11000	8200	11000	8400	12000	12000	6200	11000	10000	9400	9800	6400	10000	8800	6700
Gran. samenstelling < 16 µm	%	48.3	71.5	74.6	54.1	65.9	56	43	55.4	46.3	69.3	77.3	22.6	71.3	64.1	61.5	62.7	26.5	53.2	35.8	23.4
Gran. samenstelling < 2 µm	%	34	44	52.5	38.5	44.7	38.8	28.3	26.7	30.7	50.7	56.4	30.6	50.7	47	43.5	41.6	40	37.4	60.3	41.2
IJzer	g/kg ds	41.2	777	70.8	48.3	47.3	76.4	99.1	134.2	55.3	49.6	34.0	25.7	49.0	44.2	53.5	54.3	35.5	49.8	46.8	41.4
Chroom	mg/kg ds	84	100	155	140	150	120	64	56	110	190	155	65	245	225	175	205	105	150	130	135
Koper	mg/kg ds	78	97	145	100	120	115	82	140	160	330	310	115	445	400	300	335	195	255	215	235
Zink	mg/kg ds	960	1250	1770	1050	1290	1220	1050	910	1820	3210	3020	1300	4200	3610	2820	2720	1440	1720	1440	2200
Nikkel	mg/kg ds	20	25	30	25	30	25	20	25	35	35	35	20	55	50	40	70	35	50	45	60
Cadmium	mg/kg ds	2	2	3	3	3	2	2	0	8	16	10	3	19	16	10	11	5	6	5	5
Lood	mg/kg ds	205	245	295	215	265	265	210	170	305	545	460	370	650	605	475	560	350	460	425	660
Kwik	mg/kg ds	2	2	2	1	2	1	1	1	2	4	4	2	6	5	4	5	2	3	3	4
Arseen	mg/kg ds	31	38	46	37	31	49	110	410	54	42	32	11	33	31	27	31	20	31	28	38
Fluorantheen	mg/kg ds	2.1	3.4	2	1.7	1.1	4.7	2	1.6	3	2.8	2	2.9	3	3	2.5	3.4	2.4	2.8	5.8	14.8
Benzo(a)anthraceen	mg/kg ds	1.2	1.6	0.8	0.8	0.6	2.9	1.2	0.8	2	1.8	1.3	1.8	2	2	1.6	3	1.4	1.4	3.2	9.4
Benzo(b)fluorantheen	mg/kg ds	1.3	1.8	1.6	1.4	0.7	2.6	1.3	1	2.2	2.1	1.7	2	2.2	2	2.2	2.8	1.8	1.8	3.8	9
Benzo(k)fluorantheen	mg/kg ds	0.6	0.8	0.6	0.6	0.4	1.2	0.6	0.4	1	1	0.6	0.8	1.9	0.8	0.9	1.2	0.8	0.8	1.6	3.9
Benzo(a)pyreen	mg/kg ds	1.2	1.8	0.8	0.8	0.4	2	1	0.6	2.1	1.5	1.2	1.8	1.6	1.6	1.4	1.8	1.3	1.3	2.8	7.3
Dibenzo(a,h)anthraceen	mg/kg ds	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
Benzo(g,h,i)peryleen	mg/kg ds	0.9	1.2	0.9	0.7	0.6	2.1	0.8	0.6	1.4	1.2	1.2	1.4	1.4	1.3	1.6	2	1	1.2	2.2	5.3
Indeno(1,2,3-c,d)pyreen	mg/kg ds	0.8	1.2	1.2	0.9	0.5	2.4	0.7	0.6	1.3	1.2	1.2	1.6	1	0.9	1.4	1.7	0.7	1	2.4	5.1
Som Borneff PAK's	mg/kg ds	8.2	11.9	8	7	4.4	18	7.7	5.7	13.1	11.7	9.3	12.4	13.2	11.7	11.7	16	9.5	10.4	21.9	54.9
Naftaleen	mg/kg ds	0.1	0.1	0	0	0.2	0	0.1	0.2	0.5	1	0.2	0.1	0.3	0.2	0.1	0	0	0	0.6	1.3
Acenafthyleen	mg/kg ds	0.1	0.8	0	0	2.2	0	2.2	0.6	0.6	1.5	0.5	0.2	0.4	0.2	0.4	0.4	0	0	2.1	1.1
Acenafteen+Fluoreen	mg/kg ds	0.3	1.8	0	0	0.2	0.5	3.2	0.4	1.2	1.6	1	0.7	1.2	1	0.6	1	0.7	1	1.6	4.5
Fenantreen	mg/kg ds	0.3	1.8	0	0	0.4	0.5	0.5	0.4	1.2	1.6	1	0.7	1.2	1	0.6	1	0.7	1	1.6	4.5
Anthraceen	mg/kg ds	0.2	0.3	0.1	0.1	0	0.3	0.2	0.1	0.3	0.2	0.1	0.2	0.2	0.2	0.1	0.2	0.2	0.2	0.4	2.4
Pyreen	mg/kg ds	1.4	2.4	1.2	1.2	0.8	4.4	1.4	1	3.1	2.8	1.4	2.2	2.2	2	1.7	2.4	1.8	2	3.7	7.7
Chryseen	mg/kg ds	1.4	1.9	1.1	1	0.7	3	1.4	1	2.1	2	1.6	2	2.4	2.4	1.9	2.4	2	2	4	10.9
Som 16 PAK's	mg/kg ds	12	21	10.4	9.3	8.9	26.7	16.7	9.4	22.1	22.4	15.1	18.5	21.1	18.7	17.1	23.4	14.9	16.6	35.9	87.3
Oliefreon extract	mg/kg ds	740	1800	660	530	510	2300	370	1600	1500	2000	130	1900	3700	3000	2200	2800	1500	2200	1800	2800
Hexachloorbenzeen	µg/kg ds	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	10
Lindean	µg/kg ds	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Heptachloor	µg/kg ds	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Heptachloorepoxide	µg/kg ds	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Dieldrin	µg/kg ds	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
o-p DDD	µg/kg ds	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
p-p DDD	µg/kg ds	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	55	35	65	70	50	45	50	60	60	100
p-p DDT	µg/kg ds	0	0	0	0	10	10	0	0	0	0	0	20	20	0	0	0	0	10	0	0
PCB 28	µg/kg ds	0	0	0	0	0	15	0	30	65	90	25	0	50	50	30	25	20	20	25	40
PCB 52	µg/kg ds	0	0	0	0	0	0	15	25	50	15	0	40	35	20	35	15	20	25	45	
PCB 101	µg/kg ds	0	0	0	0	0	0	0	20	40	90	20	0	45	50	30	40	20	25	30	55
PCB 118	µg/kg ds	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PCB 138	µg/kg ds	0	10	0	0	0	10	10	55	70	120	40	20	55	55	35	50	30	35	40	60
PCB 153	µg/kg ds	0	10	0	0	0	10	0	50	65	120	30	15	50	50	30	40	25	30	35	45
PCB 180	µg/kg ds	0	0	0	0	0	0	15	25	40	15	0	25	25	15	20	10	15	15	20	
Som PCB	µg/kg ds	0	20	0	0	0	20	10	140	200	370	105	35	175	180	110	150	85	105	120	180

Bijlage 2.2 Klasse indeling van het slib in de Vecht

Monsterpunt		V884	V885	V888	V8810	V8811	V8813	V8814	V8815	V8816	V8817	V8818	V8819	V8820	V8821	V8822	V8823	V8824	V8825	V8826	V8827
Chroom	mg/kg 50% < 16μ	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	3	3	2	3	3	2	3	3
Koper	mg/kg 50% < 16μ	2	1	2	2	2	2	2	2	2	3	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3
Zink	mg/kg 50% < 16μ	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	4	4	3	3	3	3	3	4
Nikkel	mg/kg 50% < 16μ	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	3
Cadmium	mg/kg 50% < 16μ	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	1	1	2	2	2	2	2	1	1	2
Lood	mg/kg 50% < 16μ	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	2	2	2	2	3	2	3	4
Kwik	mg/kg 50% < 16μ	2	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Arseen	mg/kg 50% < 16μ	2	2	2	2	1	3	3	4	3	2	1	1	1	1	1	1	2	2	2	3
Som Borneff PAK's	mg/kg org.C	3	3	2	2	2	3	2	2	3	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	4
Olie freon extrakt	mg/kg 50% < 16μ	1	1	1	1	1	2	1	1	2	1	1	3	2	2	2	2	2	2	2	3
p-p DDD	μg/kg org.C	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
p-p DDT	μg/kg org.C	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1
Som PCB	μg/kg org.C	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	1	1	1	2	1	1	1	1	1	2
BER-klasse gekorrigeerd		3	3	2	2	2	3	3	4	3	3	3	3	4	4	3	3	3	3	3	4

Bijlage 3.1 Overzicht Makro-evertebraten

Monsterpunt (5 bodemhappen)	V4	V5	V8	V10	V11	V13	V14	V15	V16	V17	V18	V19	V20	V21	V22	V23	V24	V25	V26	V27	Som
Borstelwormen																					
Lumbriculidae									1												1
Tubificidae m. haarchaetae		20	41	10	38	14		2	1	2		2						1		1	132
Tubificidae z. haarchaetae	20	30	32	27	63	47	21	6	83	40	23	13	68	100	32	32	41	67	21	42	808
Spirosperma ferox		2	1			1		3			4	1	3		1			4		2	22
Bloedzuigers																					
Erpobdella octoculata																	1			2	3
Glossiphonia complanata																				7	7
Glossiphonia heteroclita																				1	1
Helobdella stagnalis											3									24	27
Slakken																					
Bithynia tentaculata											2						1				3
Valvata piscinalis	5	10	5		14	4								1						6	45
Mosselen																					
Anadonta anatina													1		1						2
Dreissena polymorpha					1							9			1						11
Pisidium amnicum									2												2
Unio pictorum						1			1			1							1		4
Kreeftachtigen																					
Asellus aquaticus												3									3
Gammarus spec. juv.							1	7		1		3			9	2	4				27
Gammarus tigrinus							2	2				1							2		7
Neomysis integer	2																				2
Kokerjuffers																					
Cyrtus flavidus								1											1		2
Pluimmuggen																					
Chaoborus flavicans			1	1	1	1	2			5	6	9	3	1				1			31
Knutten																					
Ceratopogonidae indet.					1																1
Dansmuggen																					
Anatopynia plumipes												1									1
Procladius spec.	1	1	8	2	5	3	2	1	2	4	7	11	24	13	3	3	7	9	4	1	111
Chironomus gr. plumosus	30	114	56	27	52	78	16	4		4	5	1	1				1	1	5	30	425
Chpl. normaal	16	98	41	20	41	43	13	4		2	5	1	1				1		3	26	315
Chpl. Def	4	7	7		3	6				1								1			29
Chpl. Gap	2	5	4	1	4	11				1									2	1	30
Chpl. In	4	2	1	2	1	2															10
Chpl. IR		1	3		3	5	1												1		14
Chpl. R	5	2	3	4	3	14	2													3	32
Chironomus spec.																				13	13
Cladopelma gr. laccophila														1							1
Cryptochironomus spec.							1		6		1	4								8	20
Diclotendipes gr. tritonus																			1	11	12
Glyptotendipes gr. pallens												1									1
Harnischia spec.																				6	6
Microchironomus tener		1											4	2							7
Phaenopsectra spec.																				1	1
Polypedilum nubeculosum	1				1	1						2						1	2	16	24
Polypedilum scalaenum		1		1								1									2

Bijlage 3.2 Makro-evertebraten per deelmonster

V4	A	B	C	D	E	Gem./hap	Stdv gem.	VC %	95% int. (±)
Nat monster volume > 250 µm	150	200	200	150	150	170.0	24.49	16	68
Borstelwormen									
Tubificidae z. haarchaetae	4	4	8	2	2	4.0	2.19	61	6
Slakken									
Valvata piscinalis	0	1	1	2	1	1.0	0.63	71	2
Kreeftachtigen									
Neomysis integer	1	1	0	0	0	0.4	0.49	137	1
Dansmuggen									
Procladius spec.	1	0	0	0	0	0.2	0.40	224	1
Chironomus gr. plumosus	6	5	4	14	1	6.0	4.34	81	12
Polypedilum gr. nubeculosum	0	0	0	1	0	0.2	0.40	224	1
Misvormingen Chironomus	4	4	1	5	0	2.8	1.94	77	5
% Misvormingen	66.7	80	25	35.7	0	41.5	28.79	78	80
Totaal aantal individuen	12	11	13	19	4	11.8	4.79	45	13
Totaal aantal taxa	4	4	3	4	3	3.6	0.49	15	1
V5	A	B	C	D	E	Gem./hap	Stdv gem.	VC %	95% int. (±)
Nat monster volume > 250 µm	50	150	120	200	100	124.0	50.04	45	139
Borstelwormen									
Tubificidae m. haarchaetae	1	4	6	1	8	4.0	2.76	77	8
Tubificidae z. haarchaetae	13	6	5	3	3	6.0	3.69	69	10
Spirosperma ferox	1	0	0	0	1	0.4	0.49	137	1
Slakken									
Valvata piscinalis	1	1	0	3	5	2.0	1.79	100	5
Dansmuggen									
Procladius spec.	0	0	0	0	1	0.2	0.40		1
Chironomus gr. plumosus	15	25	29	27	18	22.8	5.38	26	15
Cryptochironomus spec.	0	0	0	1	0	0.2	0.40	224	1
Microchironomus tener	1	0	0	0	0	0.2	0.40	224	1
Misvormingen Chironomus	0	6	4	5	1	3.2	2.32	81	6
% Misvormingen	0	24	13.8	18.5	5.56	12.4	8.65	78	24
Totaal aantal individuen	32	36	40	35	36	35.8	2.56	8	7
Totaal aantal taxa	6	4	3	5	6	4.8	1.17	27	3
V8	A	B	C	D	E	Gem./hap	Stdv gem.	VC %	95% int. (±)
Nat monster volume > 250 µm	60	50	60	70	80	64.0	10.20	18	28
Borstelwormen									
Tubificidae m. haarchaetae	2	16	10	9	4	8.2	4.92	67	14
Tubificidae z. haarchaetae	14	10	1	3	4	6.4	4.84	85	13
Spirosperma ferox	0	0	0	0	1	0.2	0.40	224	1
Slakken									
Valvata piscinalis	0	4	0	0	1	1.0	1.55	173	4
Pluimmuggen									
Chaoborus flavicans	0	0	1	0	0	0.2	0.40	224	1
Dansmuggen									
Procladius spec.	3	4	0	0	1	1.6	1.62	114	5
Chironomus gr. plumosus	13	11	11	10	11	11.2	0.98	10	3
Misvormingen Chironomus	2	3	5	3	2	3.0	1.10	41	3
% Misvormingen	15.4	27.3	45.5	30	18.2	27.3	10.60	43	29
Totaal aantal individuen	32	45	23	22	22	28.8	8.93	35	25
Totaal aantal taxa	4	5	4	3	6	4.4	1.02	26	3

Bijlage 3.2 Makro-evertelaten per deelmonster

V14	A	B	C	D	E	Gem./hap	Stdv gem.	VC %	95% int. (±)
Nat monster volume > 250 µm	300	250	200	450	450	330.0	102.96	35	286
Borstelwormen									
Tubificidae z. haarchaetae	1	3	3	7	7	4.2	2.40	64	7
Kreeftachtigen									
Gammarus tigrinus	0	0	0	2	0	0.4	0.80	224	2
Gammarus spec. juv.	1	0	0	0	0	0.2	0.40	224	1
Pluimmuggen									
Chaoborus flavicans	0	2	0	0	0	0.4	0.80	224	2
Dansmuggen									
Procladius spec.	0	0	1	1	0	0.4	0.49	137	1
Chironomus gr. plumosus	4	3	5	1	3	3.2	1.33	46	4
Cryptochironomus spec.	1	0	0	0	0	0.2	0.40	224	1
Misvormingen Chironomus	2	1	0	0	0	0.6	0.80	149	2
% Misvormingen	50	33.3	0	0	0	16.7	21.08	141	59
Totaal aantal individuen	7	8	9	11	10	9.0	1.41	18	4
Totaal aantal taxa	4	3	3	4	2	3.2	0.75	26	2
V15	A	B	C	D	E	Gem./hap	Stdv gem.	VC %	95% int. (±)
Nat monster volume > 250 µm	100	100	100	150	150	120.0	24.49	23	68
Borstelwormen									
Tubificidae m. haarchaetae	0	0	1	0	1	0.4	0.49	137	1
Tubificidae z. haarchaetae	4	0	1	1	0	1.2	1.47	137	4
Spirosperma ferox	0	0	1	1	1	0.6	0.49	91	1
Kreeftachtigen									
Gammarus tigrinus	0	0	0	2	0	0.4	0.80	224	2
Gammarus spec. juv.	0	0	0	7	0	1.4	2.80	224	8
Kokerjuffers									
Cyrtus flavidus	0	0	0	1	0	0.2	0.40	224	1
Dansmuggen									
Procladius spec.	0	1	0	0	0	0.2	0.40	224	1
Chironomus gr. plumosus	3	1	0	0	0	0.8	1.17	163	3
Misvormingen Chironomus	0	0	0	0	0	0.0	0.00		0
% Misvormingen	0	0	0	0	0	0.0	0.00		0
Totaal aantal individuen	7	2	3	12	2	5.2	3.87	83	11
Totaal aantal taxa	2	2	3	5	2	2.8	1.17	47	3
V16	A	B	C	D	E	Gem./hap	Stdv gem.	VC %	95% int. (±)
Nat monster volume > 250 µm	250	250	250	250	250	250.0	0.00	0	0
Borstelwormen									
Lumbricidae	0	0	0	0	1	0.2	0.40	224	1
Tubificidae m. haarchaetae	1	0	0	0	0	0.2	0.40	224	1
Tubificidae z. haarchaetae	27	6	8	14	28	16.6	9.29	63	26
Mosselen									
Platidium amnicum	1	1	0	0	0	0.4	0.49	137	1
Unio pictorum	0	1	0	0	0	0.2	0.40	224	1
Dansmuggen									
Procladius spec.	0	2	0	0	0	0.4	0.80	224	2
Cryptochironomus spec.	2	0	1	0	3	1.2	1.17	109	3
Totaal aantal individuen	31	10	9	14	32	19.2	10.19	59	28
Totaal aantal taxa	4	4	2	1	3	2.8	1.17	47	3

Bijlage 3.2 Makro-evertebraten per deelmonster

V20	A	B	C	D	E	Gem./hap	Stdv gem.	VC %	95% int. (±)
Nat monster volume > 250 µm	100	75	75	100	75	85.0	12.25	16	34
Borstelwormen									
Tubificidae z. haarchaetae	8	6	22	19	13	13.6	6.15	51	17
Spirosperma ferox	1	0	2	0	0	0.6	0.80	149	2
Mosselen									
Anodonta anatina	0	0	0	1	0	0.2	0.40	224	1
Pluimmuggen									
Chaoborus flavicans	0	1	0	0	2	0.6	0.80	149	2
Dansmuggen									
Procladius spec.	6	3	6	6	3	4.8	1.47	34	4
Chironomus gr. plumosus	0	0	0	0	1	0.2	0.40	224	1
Microchironomus tener	0	0	2	0	2	0.8	0.98	137	3
Misvormingen Chironomus	0	0	0	0	0	0.0	0.00		0
% Misvormingen	0	0	0	0	0	0.0	0.00		0
Totaal aantal individuen	15	10	32	26	21	20.8	7.78	42	22
Totaal aantal taxa	3	3	4	3	5	3.6	0.80	25	2
V21	A	B	C	D	E	Gem./hap	Stdv gem.	VC %	95% int. (±)
Nat monster volume > 250 µm	75	125	500	250	100	210.0	157.00	84	436
Borstelwormen									
Tubificidae z. haarchaetae	0	17	31	29	23	20.0	11.14	62	31
Slakken									
Valvata piscinalis	0	0	0	1	0	0.2	0.40	224	1
Kreeftachtigen									
Gammarus spec. juv.	0	0	5	0	4	1.8	2.23	138	6
Pluimmuggen									
Chaoborus flavicans	0	0	0	0	1	0.2	0.40	224	1
Dansmuggen									
Procladius spec.	0	0	1	5	7	2.6	2.87	123	8
Cladopelma gr. laccophila	0	0	0	0	1	0.2	0.40	224	1
Microchironomus tener	0	0	0	1	1	0.4	0.49	137	1
Totaal aantal individuen	0	17	37	36	37	25.4	14.81	65	41
Totaal aantal taxa	0	1	3	4	6	2.8	2.14	85	6
V22	A	B	C	D	E	Gem./hap	Stdv gem.	VC %	95% int. (±)
Nat monster volume > 250 µm	75	150	125	125	125	120.0	24.49	23	68
Borstelwormen									
Tubificidae z. haarchaetae	2	4	1	19	6	6.4	6.53	114	18
Spirosperma ferox	0	0	0	0	1	0.2	0.40	224	1
Mosselen									
Anodonta anatina	0	0	0	1	0	0.2	0.40	224	1
Dreissena polymorpha	0	0	0	1	0	0.2	0.40	224	1
Kreeftachtigen									
Gammarus spec. juv.	0	2	0	0	0	0.4	0.80	224	2
Dansmuggen									
Procladius spec.	0	0	1	1	1	0.6	0.49	91	1
Totaal aantal individuen	2	6	2	22	8	8.0	7.38	103	20
Totaal aantal taxa	1	2	2	4	3	2.4	1.02	48	3
V23	A	B	C	D	E	Gem./hap	Stdv gem.	VC %	95% int. (±)
Nat monster volume > 250 µm	100	75	125	100	75	95.0	18.71	22	52
Borstelwormen									
Tubificidae z. haarchaetae	0	7	10	13	2	6.4	4.84	85	13
Dansmuggen									
Procladius spec.	0	1	0	0	2	0.6	0.80	149	2
Totaal aantal individuen	0	8	10	13	4	7.0	4.56	73	13
Totaal aantal taxa	0	2	1	1	2	1.2	0.75	70	2

Bijlage 3.2 Makro-evertebraten per deelmonster

V27	A	B	C	D	E	Gem./hap	Stdv gem.	VC %	95% int. (±)
Nat monster volume > 250 µm	400	400	400	300	500	400.0	63.25	18	176
Borstelwormen									
Tubificidae m. haarchaetae	0	0	1	0	0	0.2	0.40	224	1
Tubificidae z. haarchaetae	1	8	31	1	1	8.4	11.62	155	32
Spirosperma ferox	0	1	1	0	0	0.4	0.49	137	1
Bloedzuigers									
Erpobdella octoculata	2	0	0	0	0	0.4	0.80	224	2
Glossyphonia complanata	6	0	0	1	0	1.4	2.33	186	6
Glossyphonia heteroclita	0	0	0	1	0	0.2	0.40	224	1
Helobdella stagnalis	22	1	1	0	0	4.8	8.61	201	24
Slakken									
Valvata piscinalis	3	1	2	0	0	1.2	1.17	109	3
Dansmuggen									
Procladius spec.	0	1	0	0	0	0.2	0.40	224	1
Chironomus gr. plumosus	0	23	2	1	4	6.0	8.60	160	24
Chironomus spec.	0	0	8	4	1	2.6	3.07	132	9
Cryptochironomus spec.	4	1	2	1	0	1.6	1.36	95	4
Dicrotendipes gr. tritonus	10	1	0	0	0	2.2	3.92	199	11
Harnischia spec.	4	1	1	0	0	1.2	1.47	137	4
Phaenopsectra spec.	0	0	0	0	1	0.2	0.40	224	1
Polypedilum gr. nubeculosum	5	5	6	0	0	3.2	2.64	92	7
Misvormingen Chironomus	0	3	0	0	1	0.8	1.17	163	3
% Misvormingen	0	13	0	0	25	7.6	10.06	148	28
Totaal aantal individuen	57	43	55	9	7	34.2	21.93	72	61
Totaal aantal taxa	9	10	10	6	4	7.8	2.40	34	7

Bijlage 3.3 Misvormingen naar categorie

Hap	stadium	tanden	Def	Gap	In	Ir	R	W?
V4: Chironomus gr. plumosus								
A	4	16			10;11			
A	4	14					10	
A	3	13		6;9				
A	3	14	8					
B	4	14					6	
B	4	14					6	
B	4	15			10;11		6	
B	4	16			5;6			
C	4	15	8					
D	4	15	8					
D	4	15	8					
D	4	14					6	
D	3	14		5;7				
D	4	16			10;11			
V5: Chironomus gr. plumosus								
B	4	15	8					
B	4	15	8					
B	4	14			6;7			
B	4	16						
B	4	15	6					
B	3	14	8				10	
C	4	15	8					
C	4	14		6;8				
C	4	14		6;8				
C	4	14		6;8				
D	4	13	9			10;11		
D	4	16			10;11			
D	4	15	8					
D	4	14					10	
D	4	14		6;8				
E	4	14		7;9				
V8: Chironomus gr. plumosus								
A	3	13		5;8				
A	4	15	8					
B	4	14					10	
B	4	14				7		
B	3	15	8					
C	4	14				9		
C	4	14				9		
C	4	14				7		
C	4	16			9;10			
C	4	15	8					
D	4	14					6	
D	4	14	8	6;8				
D	4	15	8					
E	4	15	8					
E	3	14	8				6	
V10: Chironomus gr. plumosus								
A	4	14		6;8				
A	3	14					6	
B	4	14					6	
B	4	14					10	
C	4	16			9;10			
C	4	16			6;7			
E	4	14					10	

Bijlage 3.3 Misvormingen naar categorie

Hap	stadium	tanden	Def	Gap	In	l r	R	W?
V17: Chironomus gr. plumosus								
D	3	1 4		6;8				
E	4	1 5	8					
V25: Chironomus gr. plumosus								
E	4	1 5	6					
V26: Chironomus gr. plumosus								
A	4	1 5		7;8				
E	4	1 3		5;7		9		
V27: Chironomus gr. plumosus								
B	4	1 4					1 0	
B	4	1 4		7;9				6 en 10
B	3	1 4					1 0	
E	4	1 4					6	

Bijlage 3.4 Metalen in Chironomidae

Chironomidae	Monsterpunt	V8	V10	V13	V14	Gemiddeld
Vers gewicht	g	0.2986	0.1948	0.4255	0.2903	0.3023
Asvrij drooggewicht	mg	3.9	6.7	2.9	4.6	4.525
Arseen	mg/kg ds	8.8	12.7	6.6	6.2	8.575
Cadmium	mg/kg ds	0.44	1.12	0.25	1.14	0.7375
Koper	mg/kg ds	130	189	140	105	141
Kwik	mg/kg ds	0.57	0.44	0.35	0.2	0.39
Lood	mg/kg ds	14	24	5.6	11	13.65
Zink	mg/kg ds	251	233	147	242	218.25
Sediment	Monsterpunt	V8	V10	V13	V14	Gemiddeld
Arseen	mg/kg ds	46	37	49	110	60.5
Cadmium	mg/kg ds	3	3	2	2	2.5
Koper	mg/kg ds	145	100	115	82	110.5
Kwik	mg/kg ds	2	1	1	1	1.25
Lood	mg/kg ds	295	215	265	210	246.25
Zink	mg/kg ds	1770	1050	1220	1050	1272.5
Chironomidae/sediment	Monsterpunt	V8	V10	V13	V14	Gemiddeld
Arseen	%	15.7	24.8	9.8	4.9	13.8
Cadmium	%	12.0	27.0	9.1	49.6	24.4
Koper	%	73.5	136.5	88.2	111.5	102.4
Kwik	%	23.4	31.8	25.3	17.4	24.5
Lood	%	3.9	8.1	1.5	4.6	4.5
Zink	%	11.6	16.0	8.7	20.1	14.1