

MACROFAUNAGEMEENSCHAPPEN IN DROOGVALLENDE BEEKBOVENLOPEN
IN WEST-BRABANT

Een biologische waterbeoordeling op grond van macrofaunagemeenschappen
gerelateerd aan een aantal fysische en chemische parameters in West-Brabant.

Esti Dudok van Heel

Hoogheemraadschap West-Brabant

Breda, 1989

Internationale Agrarische
Hogeschool "Larenstein"
Wageningen
Afstudeerverslag

Hoogheemraadschap West-Brabant
Bureau Oppervlaktewater Kwaliteit
Breda

Begeleidend docent:
Mevr. M. Ham

Begeleider:
Ir. P.J.M. Latour

Voorwoord

Zo'n twaalf jaar geleden liep ik met m'n ouders op het terrein van Bouvigne rond, om het gerestaureerde kasteel te bezichtigen. Wie zou ooit vermoed hebben dat ik twaalf jaar later hier als studente van de Internationale Agrarische Hogeschool "Larenstein" te Wageningen weer zou lopen?

Wie had ooit vermoed dat ik op zoek naar "maagdelijke" bovenloopjes voor het Hoochheemraadschap West Brabant te Breda zou zijn; over kleine zandpaadjes rijdend of met een net naar macrofauna zou "vissen"?

Niemand. Toch heb ik dit allemaal gedurende zes maanden met veel plezier gedaan, om een afstudeervak te voltooien.

Met bijna mijn diploma op zak wil ik nu niet als laatste, maar als eerste Paul Latour, Marion Pach, Ton Ruigrok en Martin Stamhuis bedanken voor de geboden hulp. Ton en Martin voor het controleren van de gedetermineerde organismen. Paul en Marion voor de begeleiding en de hulp bij de gegevensverwerking. Te meer bleek bij deze hulp, zoals Paul het zo mooi uitdrukte: "Meeliften met elkaars kennis".

Ad Mol wil ik graag bedanken voor de verschillende aanwijzingen bij de monsterpunkeuze in het veld of per telefoon; Piet Verdonschot en Jan Cuppen voor het controleren van respectievelijk de worm(en) en kevers.

Als laatste wil ik graag Henk Moller Pillot en Edwin Peeters bedanken.

"Henk, wat ik in een dag hard werken aan autoecologische gegevens van de verschillende organismen van je gehoord heb, had ik nooit zo snel bij elkaar kunnen verzamelen met snuffelwerk in de bibliotheek". "En Edwin, onmisbaar geweest bij het interpreteren van de CANOCO uitdraaien en omzetten van de bestanden in een condenséed format".

Zonder vaak de snelle hulp van al deze mensen was het me niet gelukt om het verslag wat nu voor u ligt in zes maanden af te krijgen.

Samenvatting	3
1. Inleiding	1
1.1 De waterkwaliteit van de nederlandse oppervlaktewateren	1
1.2 Hydrobiologisch onderzoek in beken	2
1.3 De ontstaanswijze van de beken in Noord-Brabant	2
1.4 Probleemstelling en doel	8
2. Materiaal en methode	10
2.1 Monsterpuntkeuze	10
2.2 Monstername	10
2.2.1 Fysische en chemische factoren	10
2.2.2 Macrofauna	22
2.3 Verwerking van de gegevens	23
2.3.1. Verwerking van de fysische-chemische gegevens	23
3. Resultaten	25
4. Foutendiscussie	43
4.1. Methode van bemonstering	43
4.2. Methode van gegevensverwerking	45
5. Discussie	48
5.1 Karakterisering van de herkomst van het water in de beken	48
5.2 Bespreking van de verschillende bemonsteringspunten aan de hand van fysisch-chemische gegevens	50
5.3 Groepering van de verschillende milieuvariabelen aan de hand van PCA-resultaten	51
5.4 Bespreking van de clusters van CCA-resultaten aan de hand van autoecologische gegevens	53
5.5 Groepering van de verschillende milieuvariabelen aan de hand van PCA-resultaten met eliminatie van ACHT01	58
5.6 Bespreking van de clusters van de CCA-resultaten met eliminatie van ACHT01 aan de hand van autoecologische gegevens	59
5.7 Vergelijking van de CCA en de DCA resultaten	60
5.8 Functionele voedingsgroepen en hun verspreidingspatroon	63
5.9 Vergelijking van de clusters met de overige literatuur	65
6. Conclusie	67
Literatuur	69
Determinatieliteratuur	72
BIJLAGEN	75

Samenvatting

Om op een verantwoorde wijze aquatisch-ecologische doelstelling aan wateren toe te kennen is vanuit de noordbrabantse provinciale projectgroep Eco de wens ontstaan voor een uitgebreid onderzoek in beekbovenlopen in Noord-Brabant. Ten behoeve van van de door de provincie te ontwikkelen waterhuishouding- en natuurontwikkelingsplannen.

In dit onderzoek worden macrofaunagegevens van achttien bemonsteringspunten, die geheel verspreid liggen over West-Brabant, éénmalig verzameld en vergeleken met vierentwintig fysisch-chemisch gegevens van diezelfde bemonsteringspunten.

Gegevensverwerking geschiedde met het ordinatie computerprogramma DECORANA, cluster computerprogramma TWINSPAN en het canonisch computerprogramma CANOCO. Met behulp van gestandaardiseerde PCA zijn de vierentwintig fysisch-chemisch variabelen en bemonsteringspunten geordineerd. Verschillende correlaties en relaties tussen de milieuvariabelen zijn ontdekt, zodat een aantal parameters in de verwerking met CANOCO verwaarloosd konden worden. In de algehele interpretatie zijn deze variabelen niet verwaarloosd.

Vergelijking van de verschillende computerprogramma's onderling en met de autoecologische gegevens van de macrofauna resulteerde in groepering van bemonsteringspunten, waarbij elke onderscheiden groep gekenmerkt wordt door een karakteristieke macrofaunasamenstelling.

Deze groepering van beekbovenlopen en blijkt nauw samen te hangen met de fysisch-chemische toestand van het beekecosysteem. De sterk bepalende factoren zijn de de hoeveelheid beschikbare Lebensraum (= volume) en de mate van anorganische en organische vervuiling.

Doordat de vervuiling sterk bepalend was, zijn overige factoren zoals de stroomsnelheid, zuurstofpercentage en pH slechts zwak bepalend.

1. Inleiding

1.1 De waterkwaliteit van de nederlandse oppervlaktewateren

De mens beschouwt oppervlaktewateren als afvoer van grote hoeveelheden water (drainage) en afval (lozingen). Dat ditzelfde water als leefmilieu dient voor organismen, die organisch materiaal afbreken en zo de kringlopen van stoffen in stand houden, wordt vaak vergeten.

In de vijftiger en zestiger jaren hebben zich in toenemende mate problemen voorgedaan met betrekking tot de waterkwaliteit. Gebruiksfuncties van het oppervlaktewater kwamen hierdoor in gevaar en de natuurwaarden werden ernstig aangetast. De in het water levende organismen werden bedreigd door deze toenemende waterverontreiniging. Dit beeld werd waargenomen in bijna alle nederlandse oppervlaktewateren.

Ter bestrijding van de verontreinigingen is de Wet Verontreiniging Oppervlaktewateren (1970) ontstaan. Hierin wordt een gestructureerde basis gelegd voor het waterkwaliteitsbeheer. Dit beheer is in Nederland gedecentraliseerd van opzet, waarbij drie bestuurslagen worden onderscheiden te weten rijk, provincie en waterschappen. De provinciale besturen zijn verantwoordelijk voor de feitelijke uitvoering van het WVO en moeten een waterkwaliteitsplan opstellen. In Noord-Brabant is vanaf 1973 het waterkwaliteitsbeheer door de provincie aan een aantal waterschappen opgedragen, te weten de waterschappen de Alm en Biesbosch, de Dommel, de Aa, de Maaskant en Hoogheemraadschap West-Brabant. Waterkwaliteitsbeheer stond toen vrijwel gelijk aan bestrijding van verontreinigingen door middel van het saneren van lozingen. Het gevolg is dat extreem sterk verontreinigde wateren nauwelijks meer voorkomen. De diffuse verontreiniging en de secundaire verontreiniging zorgen er nog steeds voor dat verarmde levensgemeenschappen van algemeen uiterst tolerante waterorganismen, die weinig eisen stellen aan het milieu, voorkomen in veel oppervlaktewateren (Verdonschot, 1982). Onder diffuse verontreiniging wordt verstaan verontreiniging van zware metalen, fungiciden, grondontsmettingsmiddelen, nutriënten door onder andere uit -en afspoeling van de landbouw en zure regen. Onder secundaire verontreiniging verstaat men effluënten van zuiveringen. Uit de WVO vloeide voort een rijksnota, het eerste Indicatief Meerjaren Programma (1975).

In het eerste IMP-Water werden twee groepen eisen onderscheiden die aan oppervlaktewater gesteld kunnen worden:

1. eisen gericht op de algemene ecologische functie van het water
2. aanvullend te stellen eisen, afhankelijk van de gebruiksdoeleinden.

Hieruit blijkt dat toen hoofdzakelijk de gedachten gingen in de richting van een algemeen beschermingsniveau en werd er nog geen rekening gehouden met de mogelijkheid of noodzaak van verschillende eisen voor verschillende watertypen met hun karakteristieke levensgemeenschappen.

Het tweede IMP-Water (1981) gaat hier verder op in. Het geeft een duidelijk kader voor het formuleren van ecologische doelstellingen voor oppervlaktewateren. Het accent ligt nu meer op het bereiken van een bepaalde gewenste toestand van het oppervlaktewater. Er wordt hierbij onderscheid gemaakt tussen basiskwaliteit (moet minimaal gehaald worden), gebruiksgerichte en ecologische waterkwaliteitsdoelstellingen.

Gebruiksgerichte doelstellingen (zwemwater, viswater) hebben een anthropocentrische, milieutechnische benaderingswijze, terwijl daarentegen de ecologische een ecocentrische, natuurtechnische benaderingswijze heeft. (CUWVO, 1988).

1.2 Hydrobiologisch onderzoek in beken

Nemen we de beken onder de loep dan is allereerst een definitie op zijn plaats. Beken zijn ten gevolge van een natuurlijk hoogteverschil stromende lijnvormige wateren met een van oorsprong min of meer meanderende loop, gevoed door grondwater en/of neerslag (Verdonschot, 1982). De beek wordt tevens gekenmerkt door een van boven naar benedenstrooms toenemende breedte en diepte en afnemende stroomsnelheid. Zodoende wordt de beek verdeeld in boven-, midden- en benedenloop, die geleidelijk in elkaar overgaan.

Afhankelijk van de wijze van watervoeding kunnen er verschillende beken worden onderscheiden. Bron-, kwel-, en sprengbeken worden gevoed door grondwater; duin-, veen-, en laaglandbeken worden voornamelijk gevoed door regenwater (Torenbeek, 1985).

Om de waterkwaliteit te kunnen bepalen wordt er gebruik gemaakt van biologisch onderzoek gecombineerd met fysisch-chemisch onderzoek. Met biologisch onderzoek kan aangetoond worden dat de aanwezigheid van organismen samenhangt met de ter plaatse aanwezige waterkwaliteit (Moller Pillot, 1971). Beide onderzoeken vullen elkaar aan en geven een vollediger beeld van de waterkwaliteit dan de onderzoeken apart, want veel organismen zijn afhankelijk van kwaliteit, morfologie, hydrologie etc..

In het algemeen wordt er voor macrofauna gekozen binnen het biologische onderzoek in stromende wateren, omdat dit als goed handvat dient voor de totaal beoordeling van het aquatische milieu. Macrofyten reageren te langzaam op de biotische -en abiotische milieufactoren, terwijl daarentegen microfyten weer te snel reageren. In dit onderzoek wordt de macrofaunasamenstelling in beekbovenlopen bepaald, omdat in beek midden- en benedenlopen al veel onderzoek gedaan is.

Voortkomend uit onderzoek in de zuidelijk en oostelijk gelegen hoge zandgronden heeft Moller Pillot in 1971 een beoordelingssysteem ontworpen. Dit beoordelingssysteem is erop gebaseerd dat aan de hand van macrofaunasamenstelling de waterkwaliteit bepaald kan worden in beekmidden- en benedenlopen. Echter dit beoordelingssysteem kan niet toegepast worden op bovenlopen, omdat:

1. De ruimtelijke structuur van de bovenlopen anders is. Bovenlopen zijn minder breed en minder diep, waardoor minder volume water per organisme beschikbaar is. Dit is bepalend voor de soortensamenstelling (mondelinge mededeling H. Moller Pillot).
2. Het aantal microhabitats in bovenlopen kleiner is. Aangezien organismen, wat hun voorkomen betreft, afhankelijk zijn van microhabitats zal bij een kleiner aantal microhabitats een minder gevarieerde samenstelling van macrofauna aanwezig zijn.
3. In bovenlopen vaak geen permanente watervoering is. Het voorkomen van organismen is gebonden aan de overlevingsstrategieën, welke direct verband houden met de permanentie van de watervoering.

Om deze reden kan dit beoordelingssysteem niet als geschikte maatlat voor de waterkwaliteit in bovenlopen dienen. Vooralsnog is er geen geschikt beoordelingssysteem voor bovenlopen beschikbaar.

1.3 De ontstaanswijze van de beken in Noord-Brabant

Noord-Brabant kent drie bodemkundige landschappen, die naar wijze van afzetting worden verdeeld in:

1. landschap van de zandgronden
2. landschap van de rivierkleigronden
3. landschap van de zeekleigronden

Van zuid naar noord gaand treedt er een verlaging van het landschap op. Het globale verhang in deze richting wordt aangegeven door de stroomrichting van de rivieren in het zandlandschap. Het globale verhang wordt onderbroken door een hoogte (horst), die ontstaan is als gevolg van in verschillende perioden van de geologische geschiedenis opgetreden bodembewegingen (Peelhorst, Centrale Slenk en Westelijk Noord-Brabant) (fig. 1). De aard van de bodem is een belangrijk gegeven

bij het verklaren van de huidige waterkwaliteit van de beken. Daarom is het noodzakelijk dat de ontstaanswijze van de bodem in de geologische geschiedenis enige aandacht krijgt.

De bodem is het buitenste gedeelte van de aardkorst. Het materiaal waaruit de bodem bestaat (moedermateriaal) is in ons land grotendeels vanuit elders aangevoerd (gesedimenteerd). Dit is onder andere gebeurd door de wind, de rivieren, de zee en het landijs.

De bodem van de zandgronden in Westelijk Noord-Brabant, binnen dit onderzoek is alleen relevant, omdat de oorsprongsgebieden van bovenlopen op de zandgronden liggen. Het zandgebied heeft in grote trekken een vlakke oost-westelijke ligging tussen de rug van de Centrale Slenk en het hogere zandgebied in het uiterste westen en is in het Pleistoceen onder invloed van de wind afgezet als zogenaamd "dekzand". Vooral ten tijde van het Holoceen, na de afzetting van de dekzanden in het Pleistoceen, zijn er veranderingen opgetreden in het moedermateriaal onder invloed van het klimaat, de waterhuishouding, de planten- en dierenwereld en zijn de huidige bodems gevormd. (fig. 1).

Tijdens het Boreaal, een klimaatperiode van het Holoceen, zo'n 7000 voor Christus (tabel 1) is het veen beginnen te ontstaan. De beekafzettingen, de zeeklei en de locale stuifzanden zijn respectievelijk in het Atlanticum, het Subboreaal en het Subatlanticum afgezet (tabel 1). Zo'n 11.000 jaar geleden begon een periode waarin de gemiddelde temperatuur weer wat opliep. Deze zorgde voor afsmelting van de ijskappen, waardoor de zeespiegel steeg. De plantengroei kon zich, door de hogere temperaturen ook beter ontwikkelen (tabel 1). Naarmate de ijskappen door de hogere temperaturen meer wegsmolten, steeg de zeespiegel en werd de afwatering moeilijker. Met de zeespiegel steeg ook de grondwaterspiegel. Zo stroomden de beken vaker over, waardoor er meer water op het land bleef staan. Hierdoor kon veengroei plaatsvinden (fig. 2).

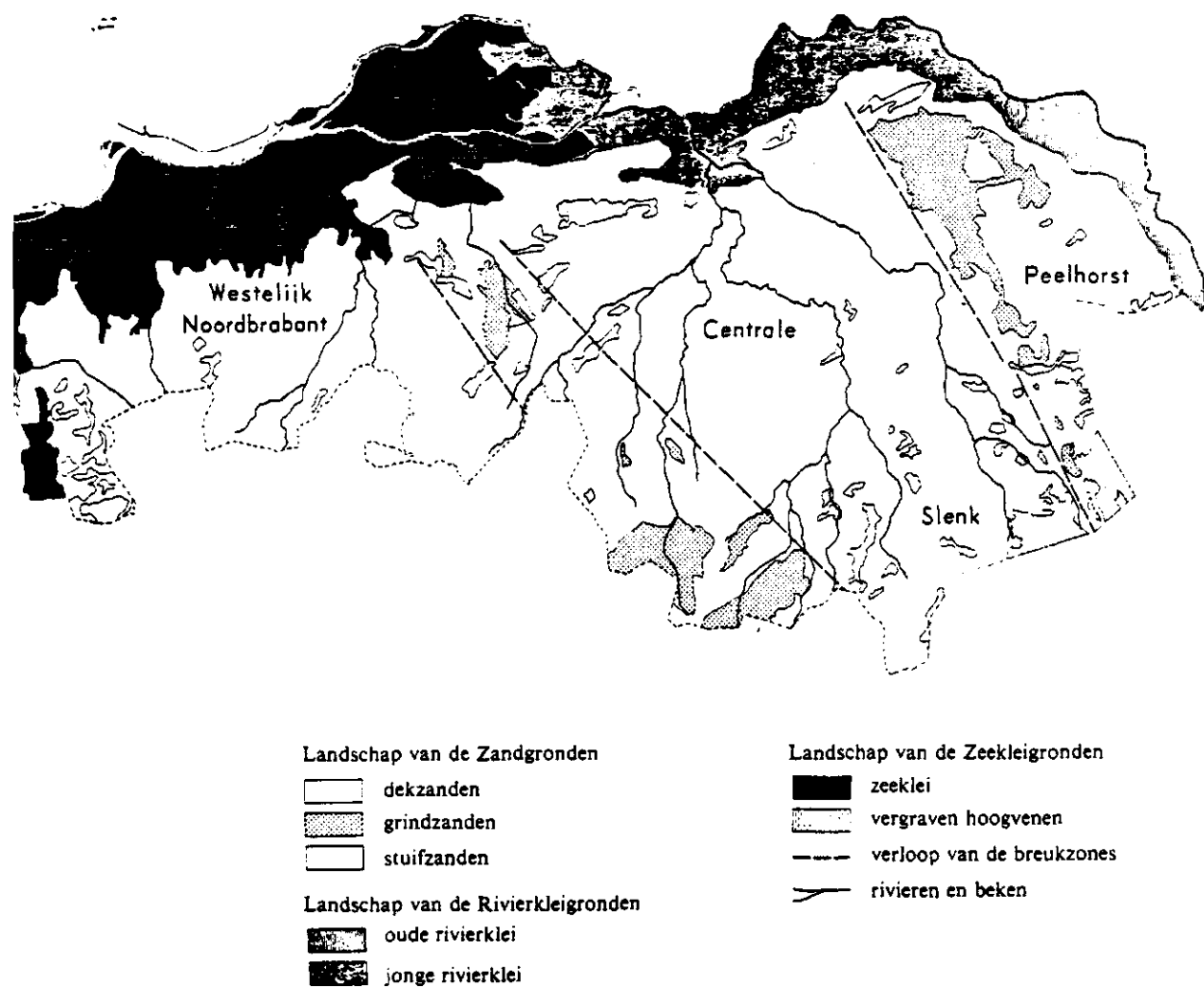
De hogere zeespiegel was er de oorzaak van dat de grotere rivieren en beken hun water moeilijker konden afvoeren, met als gevolg dat de stroomsnelheid en de eroderende kracht afnam.

Toen de mens het veen ging afgraven en ging ontbossen, kreeg men met erosie te maken, omdat de beschermende werking van het veen en de bossen voor de bodem verdwenen was. De veenaafgravingen zorgen voor een snellere waterafvoer en de toegenomen erosie zorgde voor wat meer sediment. In dit stadium werden de beekbezinkingen afgezet.

De stijgende grondwaterspiegel gedurende het Atlanticum zorgde dat de beken weer sneller gingen stromen. Zij doorbraken de dekzandafzettingen en veel van de huidige stroomstelsels zijn zo ontstaan (Egelmeers, 1983; Schellekens, 1981).

De beken in Noord-Brabant zijn laaglandbeken. Deze beken maken deel uit van het stelsel laaglandbeken die zich in het hele gebied bevinden van de Kempen tot Hamburg. Laaglandbeken worden gekarakteriseerd door hun lage stroomsnelheid in vergelijking met echte bergbeken, door hun relatief zachte bodem en door het feit dat hun voeding plaats vindt door instroming uit de eveneens zachte bodem uit de omgeving door afspoeling van het regenwater. Bij dit laatste proces worden mineralen uit de ondergrond onttrokken en/of meegevoerd vanaf de bovengrond. Het karakteristieke van laaglandbeken is dat ze nooit ontspringen uit één bron, maar regenwater vloeit naar een groot aantal smalle slootjes. Deze stromen samen tot een breder slootje oftewel een bovenloop. Bovenlopen gaan geleidelijk over in midden- en benedenlopen (van der Straaten, 1975).

In het pleistocene gebied van West-Brabant hebben zich vijf grote stroomstelsels ontwikkeld te weten, die van de Aggerlopen, de Zoom, de Roosendaalsche en Steenbergse Vliet, de Mark en de Donge (fig. 3).



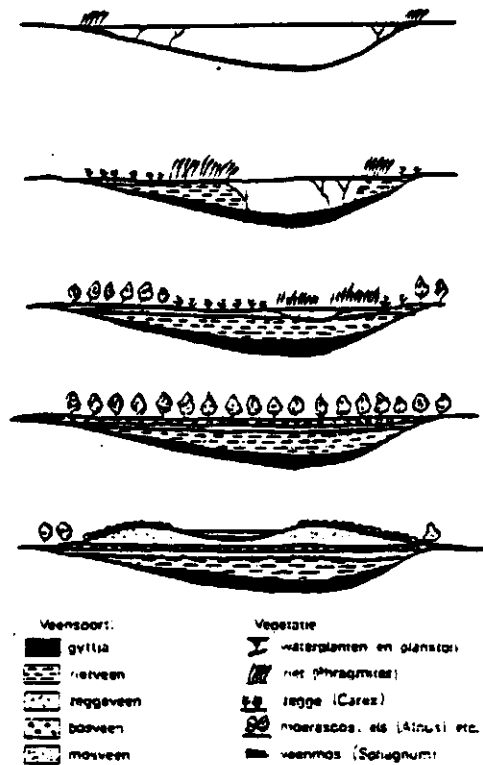
Figuur 1 : Een overzichtskaart van Noord Brabant. (van Diepen, 1968).

Chronostratigrafie			Afzettingen van grote rivieren	Afzettingen in zee en bij de kust	Afzettingen van lokale herkomst
KWARTAIR	HOLOCEEN		Afzettingen van Tiel Betuwe Formatie Afzettingen van Gorkum	Afzettingen van Duinkerke Afzettingen van Calais Hollandveen Westland Formatie	Formatie van Kootwijk Formatie van Singraven Formatie van Griendts veen
	PLEISTOCEN		Laat Midden Vroeg Eemien Saalien* Holsteinien Elsterien* Cromerien complex** Menapien* Waalien Eburonien* Tiglien	Formatie van Kreftenheye ? Formatie van Sterksel Formatie van Kedichem Formatie van Tegelen	Jong dekzand II Laag van Usselo Jong dekzand I Oud dekzand II dekzanden, löss en smeltwaterzanden Formatie van Twente Formatie van Eindhoven

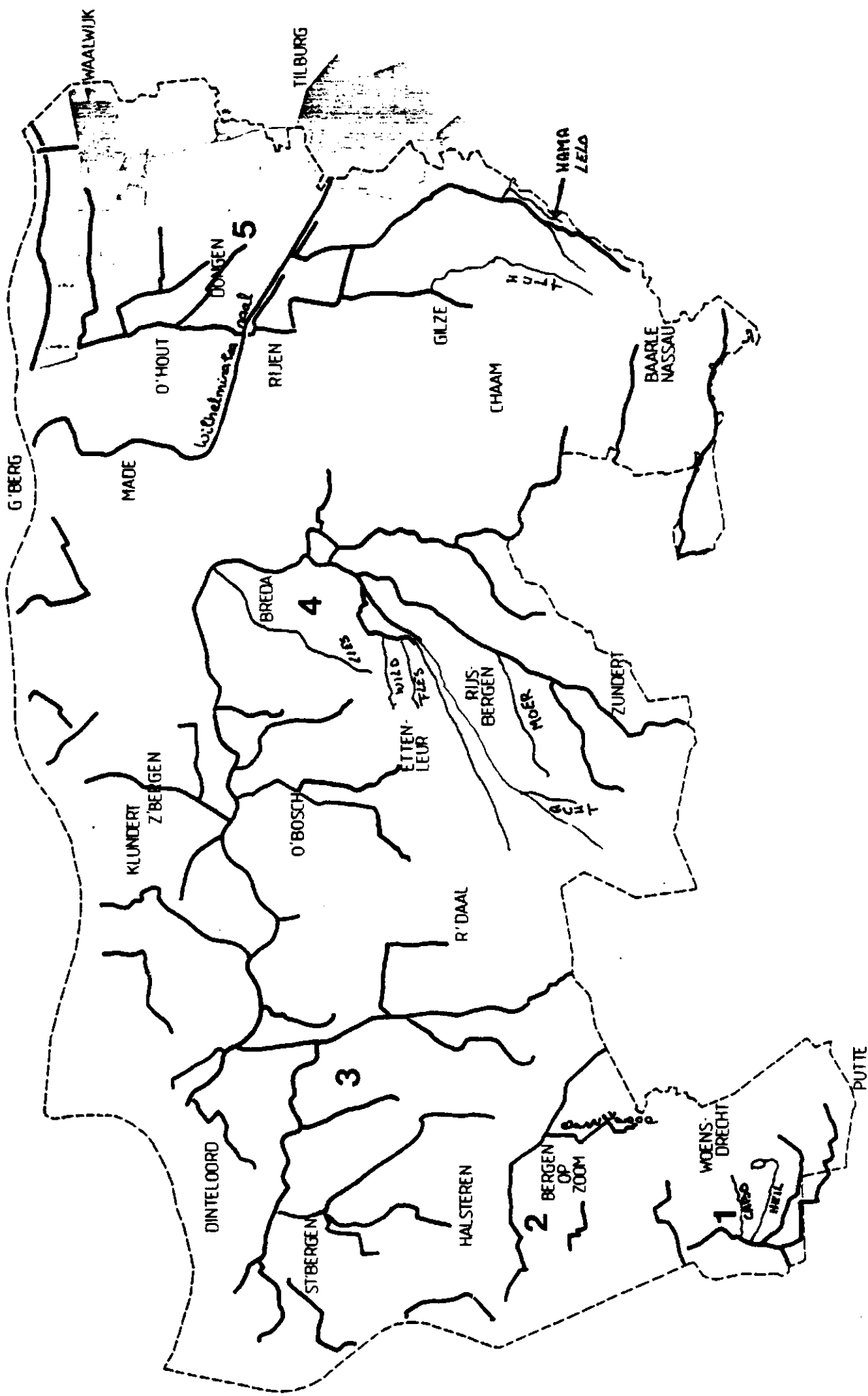
* Koude tijd

** afwisseling van koude en warme tijden

Tabel 1: Een overzicht van het pleistocene en holocene tijdperk.
(Schellekens, 1980).



Figuur 2: Het optreden van veengroei.
(Schellekens, 1980).



Figuur 3: De stroomgebieden van de vijf grote stroomtelendeels in West-Brabant.

De Aggerlopen

De Aggerlopen, een aantal kleinere stroompjes in het uiterste westen, die uitmonden in de Westerschelde, liggen op de Brabantse Wal. De Brabantse Wal, de zandrug tussen Ossendrecht en Halsteren kwam tot ontwikkeling tijdens de laatste ijstijd door de eroderende werking van de oerstromen van de Schelde, die hun loop in noordelijke richting hadden. Tot het stelsel van de Aggerlopen behoren de Agger, de Kabeljauwbeek, de Rijnwaterloop, de Leuvensche Beek, de Heiloo en de Calfvense Bosloop. Oorspronkelijk zijn dit gegraven beken om een snelle afvoer van het water te verkrijgen. De laatste twintig jaar hebben zich hier verder geen ingrijpende normalisaties meer voorgedaan.

De Zoom

Dit systeem ligt ten zuid-oosten van Bergen op Zoom. De Zoom is een in het verre verleden vergraven vaart, waarover het transport van turf plaats vond. De turf was afkomstig uit het gebied rond de Kalmthoutse Heide. Hierop uitmondend komt de bovenloop van de Bleekloop stromend vanaf de Kalmthoutse Heide.

De Roosendaalsche en Steenbergse Vliet

Dit systeem ligt ten zuiden en ten noord-westen van Roosendaal. Het ontspringt in de drassige en venige delen van de Antwerpse Kempen en stroomt in noordelijke richting naar het Westelijk Noordbrabantse zeekleigebied. Het stroomstelsel buigt ten zuiden van Stampersgat af in westelijke richting en mondt uit in het Volkerak.

Het stroomgebied van de Mark

Dit systeem wordt aangetroffen in de omgeving van Breda en mondt uit in het Volkerak. Ten zuiden van Breda vormen de Bovenmark en de Aa of Weerijs de hoofdstromen. Ter hoogte van Breda komen deze stromen tezamen en vormen dan de Mark, die ten noorden van Breda afbuigt in westelijke richting en overgaat in de Dintel.

Een paar eeuwen geleden stroomde de Mark ter hoogte van Zevenbergen nog in noordwestelijke richting en mondde uit in het Hollandsch Diep. Na de Sint-Elisabethsvloed (1421) kwam de verbinding met de Dintel tot stand, een brede kreek die in het Volkerak uitmondde. Aan de verlenging met de Dintel heeft de rivier zijn officiële naam "Mark en Dintel" te danken.

Evenals de Roosendaalsche Vliet ontspringt de Mark in de drassige, venige delen van de Antwerpse Kempen. De hoofdloop van het systeem, de Mark-Dintel heeft in de loop van de laatste eeuwen ingrijpende veranderingen ondergaan. Ook de vele waardevolle zijlopen van het systeem werden voor het overgrote deel gedurende de laatste vijftien jaar genormaliseerd, bijvoorbeeld de Aa of Weerijs, de Moersloot, de Goudbergse Ley en delen van de Chaamse Beken.

De Donge

Tussen oostelijk en westelijk Noord-Brabant ligt een wigvormig plateau, dat geografisch aangeduid wordt als Midden-Brabant. Het grootste deel van dit gebied wordt omsloten door twee stroomstelsels. Het gebied van de Oude Ley in het zuid-oosten dat zijn afwateringsgebied heeft naar Oost-Brabant en het gebied van de Donge in het zuid-westen dat zijn afwateringsgebied heeft naar West-Brabant. Het gebied maakt nog deel uit van de Centrale Slenk.

De Donge ligt westelijk van Tilburg; de Donge vormt de hoofdloop. In de loop der jaren heeft deze loop een aantal aanzienlijke wijzigingen ondergaan. Een aantal bovenlopen worden of zijn al genormaliseerd, de Oude Vaart, de Bovenste Ley, de Kleine Ley, de Hultensche Ley en de Groote Ley.

(van Diepen, 1968).

1.4 Probleemstelling en doel

Om op een verantwoorde wijze aquatisch-ecologische doelstelling aan wateren toe

te kennen is vanuit de noordbrabantse provinciale projectgroep Eco de wens ontstaan voor een uitgebreid macrofauna en fysisch-chemisch onderzoek in beekbovenlopen ten behoeve van de door de provincie te ontwikkelen waterhuishouding- en natuurontwikkelingsplannen. Tot de taak van de projectgroep Eco behoort uitwerking van een deel van het provinciale waterkwaliteitsplan. Hieronder vallen de aanwijzing en formulering van ecologische doelstellingen in Noord-Brabant.

De probleemstelling is als volgt te formuleren:

- . waar liggen de beekbovenlopen; vaak zijn ze niet goed op de kaart aangegeven
- . waar liggen de bovenlopen met een potentiële natuurwaarde
- . moet er al of niet aan een bepaalde bovenloop een natuurwaarde toegekend worden
- . hoe wordt de kwaliteit beoordeeld op basis van de in het water levende dierlijke organismen

Het doel dat in dit onderzoek gesteld is:

1. Het karakteriseren van niet of weinig beïnvloede ecosystemen van beekbovenlopen in West-Brabant door kwalitatief en kwantitatief beschrijven van macrofauna, fysische en chemische parameters.
2. Het karakteriseren van beïnvloedingen op bekecosystemen in termen van verschuivingen van fysische en chemische parameters en in soortensamenstelling en -abundantie

2. Materiaal en methode

2.1 Monsterpuntkeuze

Verdeeld over vier van de vijf stroomgebieden in West-Brabant zijn achttien monsterpunten gekozen. Bij het vaststellen van de monsterpunten is gezocht naar loopjes met een spreiding in de mate van stroming, beïnvloeding door de mens, de morfologie van de beek, beschaduwing, wat het oorsprongsgebied is en de spreiding van de punten over West-Brabant (fig. 3 en tabel 2). Van west naar oost gaand liggen de vier onderzochte stroomgebieden:

1. Het stroomgebied van de Aggerlopen ten zuiden van Bergen op Zoom
2. Het stroomgebied van de Zoom gelegen op de Brabantse Wal
3. Het stroomgebied van de Mark ten zuiden en ten noorden van Breda
4. Het stroomgebied van de Donge ten zuidwesten van Tilburg

De bovenlopen in het stroomgebied van de Roosendaalsche Vliet zijn niet onderzocht, omdat veel bovenlopen in België ontspringen.

In het noordelijke stroomgebied van de Mark ligt één monsterpunt, omdat al in veel bovenlopen van de Bovermark recentelijk onderzoek is gedaan, zoals het Chaamse bekenstelsel, de Strijbeekse beek en het Merkske (Latour, 1988; Ronken, 1982).

2.2 Monstername

2.2.1 Fysische en chemische factoren

Er zijn een aantal algemene gegevens genoteerd op speciale veldformulieren, zoals diepte, breedte, meandering, beschaduwing en doorzicht.

Enkele belangrijke fysische en chemische milieuparameters zijn met behulp van veldmeters gemeten (stroomsnelheid, temperatuur, zuurstofgehalte, zuurstofverzadigingspercentage, elektrische geleidbaarheid, pH).

De betekenis van de parameters wordt hieronder uitgelegd (Kuypers, 1987; Latour, 1985; Ringelberg, 1976; Ketelaars, 1986; Hoogheemraadschap, 1988; den Hartog).

1. Stroomsnelheid. Deze heeft gevolgen voor vorm van de beek, voor de samenstelling van het bodemmateriaal (hoe hoger de stroomsnelheid des te grover het meegevoerde materiaal), voor de temperatuur van het water (water met een lage stroomsnelheid zal sneller opwarmen), voor de zuurstofvoorziening (als gevolg van turbulentie neemt de zuurstofinbreng toe naarmate de stroomsnelheid toeneemt). Verder heeft de stroomsnelheid direct invloed op het voorkomen van bepaalde microhabitats en daarmee verband houdend organismen, die gebonden zijn aan de microhabitats.

2. Temperatuur. Deze is belangrijk voor de reactiesnelheid van alle metabolische en chemische processen.

3. Zuurstof is voor vele organismen een absolute noodzaak. Zuurstofgehalte en zuurstofverzadigingspercentage geven informatie over de toestand van het betreffende water. Zowel lage als zeer hoge verzadigingspercentages duiden op storende invloeden, zoals lozingen van afvalwater en/of nutriënten en daardoor optredende algenbloei. Met name door algenbloei kan er een zeer grote dag-nachtvariatie in het zuurstofgehalte optreden.

Tabel 2: Per stroomegebied de verschillende locaties met per locatie de algehele morfologie

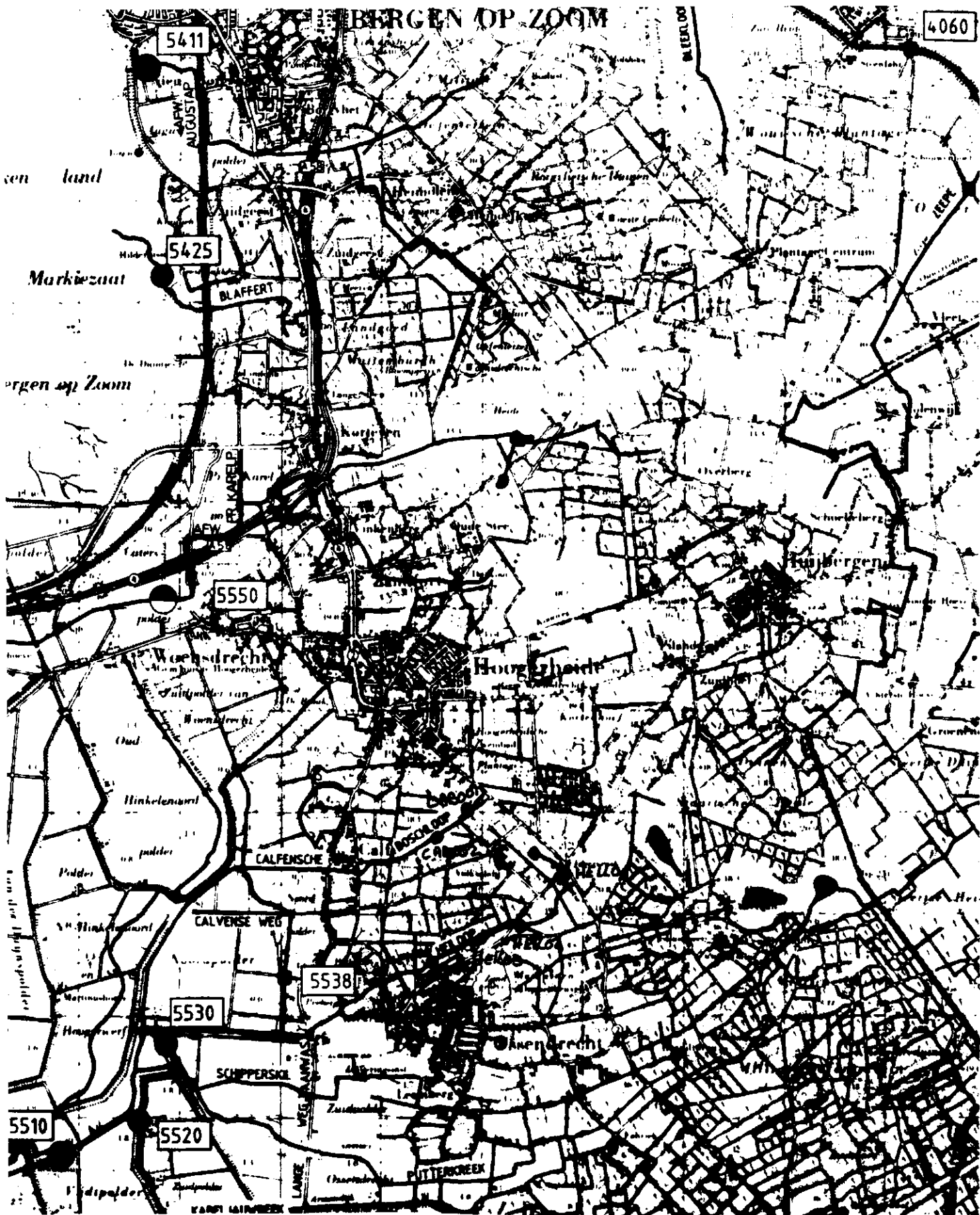
Stroomgebied	Bemonsteringpunt	Coördinaten	Figuur	Antropogene beïnvloeding	Stroming	Beschadiging	Natuurlijkheid	Bodem	Flab	Bron	Ligging beneden strooms	Microhabitats
Agger	CABO01	81,7-380,9	4	0	+	+	+	A,B	-	H	L	P,Q,R,S,T
	CABO02	81,5-380,8	4	0	0	+	0	A,B,C	-	I	L	P,Q,R
	HEILO1	82,7-380,4	4	0	+	0	0	A,D	-	I	I	P,Q
	HEILO2	82,7-379,9	4	+	+	+	0	A,B,E	-	I	L	P,Q,R
	HEILO3	82,0-379,8	4	+	+	+	0	A,B	-	I	L	P,Q,S
	HEILO4	81,2-379,7	4	+	+	+	0	A,B	-	I	M	P,Q
Zoon	BLEEO1	83,2-382,0	5	-	0	+	0	A,B	-	J	N	P,Q,R,U
	BLEEO2	83,5-382,1	5	-	0	-	0	A,B	-	J	N	P,Q,R
Aa	ACHT01	98,9-385,7	6	+	-	+	0	A,B,G	-	K	L	Q,R
	FLES01	103,5-391,3	7	+	0	+	0	A,B,C	++	J	L	P,Q,R
	MOER01	101,3-387,9	8	0	-	+	+	A,B,G	++	J	L	Q,R
	WILD01	103,4-387,7	7	0	-	+	0	A,B,G	++	H	L	Q,R
	WILD02	103,7-393,8	7	0	-	0	0	A,B,G	++	H	L	P,Q
Mark	LIES01	107,4-399,3	9	-	-	+	0	B,D,G	-	H	L	P,Q,R,U,V
Donge	HAMA01	129,6-389,8	10	-	+	0	+	A,B,C	-	I	O	P,R
	HAMA02	129,3-389,7	10	-	+	-	+	A,B	-	I	L	P,Q,R
	HULT01	126,5-389,7	11	+	+	-	-	A,B	++	J	L	Q,R
	LELO01	128,9-389,9	10	-	0	+	0	A,B	-	J	O	P,Q,R

++ = veel
+ = groot
0 = gering
- = geen, afwezig

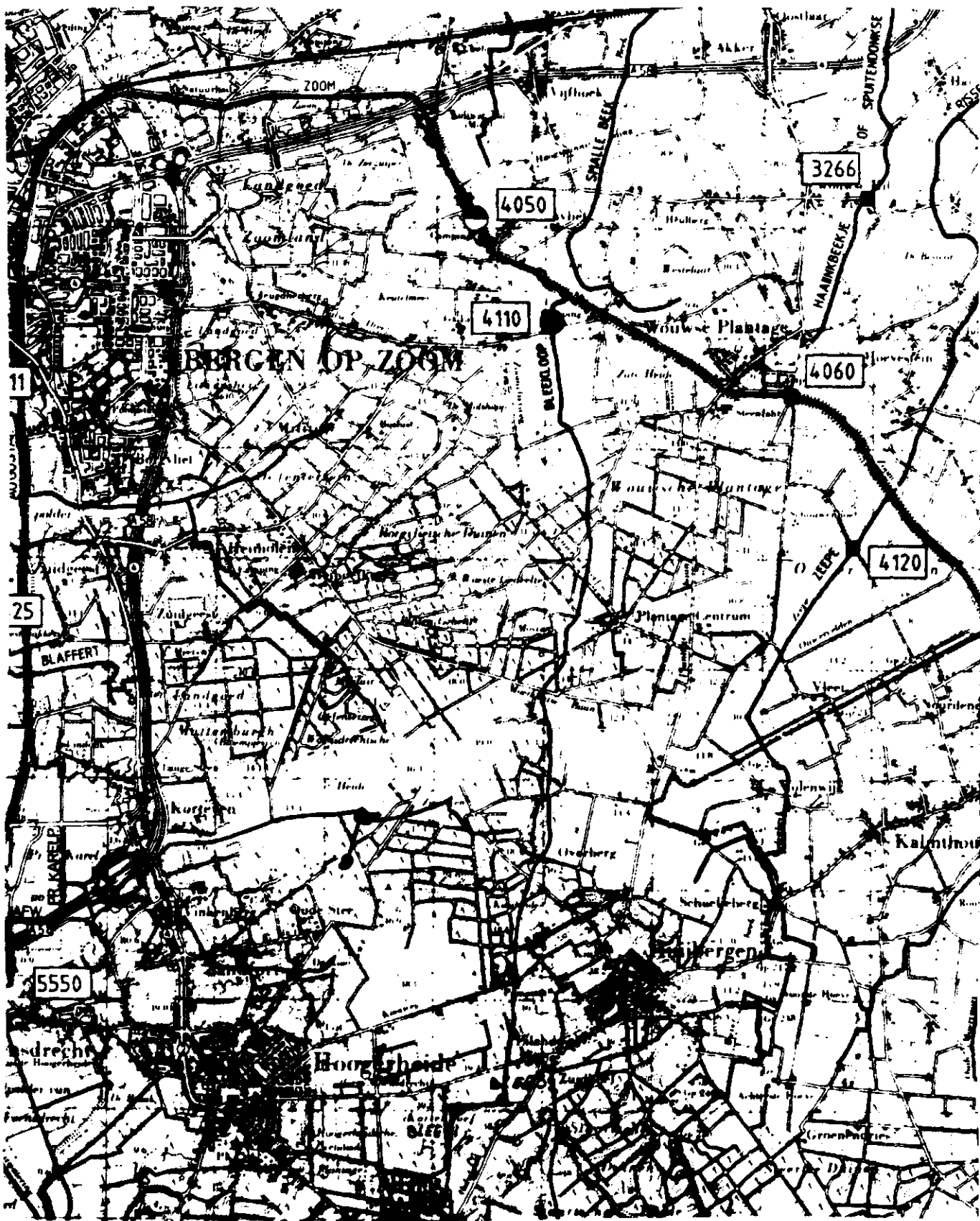
- A = zand
B = detritus
C = ijzer oker
D = slib
E = klei
F = modder
G = leem

H = onbekend
I = ven
J = heide
K = moeras
L = cultuurland
M = ven met doorspoelwater van drinkwaterinstallatie
N = natuurreservaat
O = bos

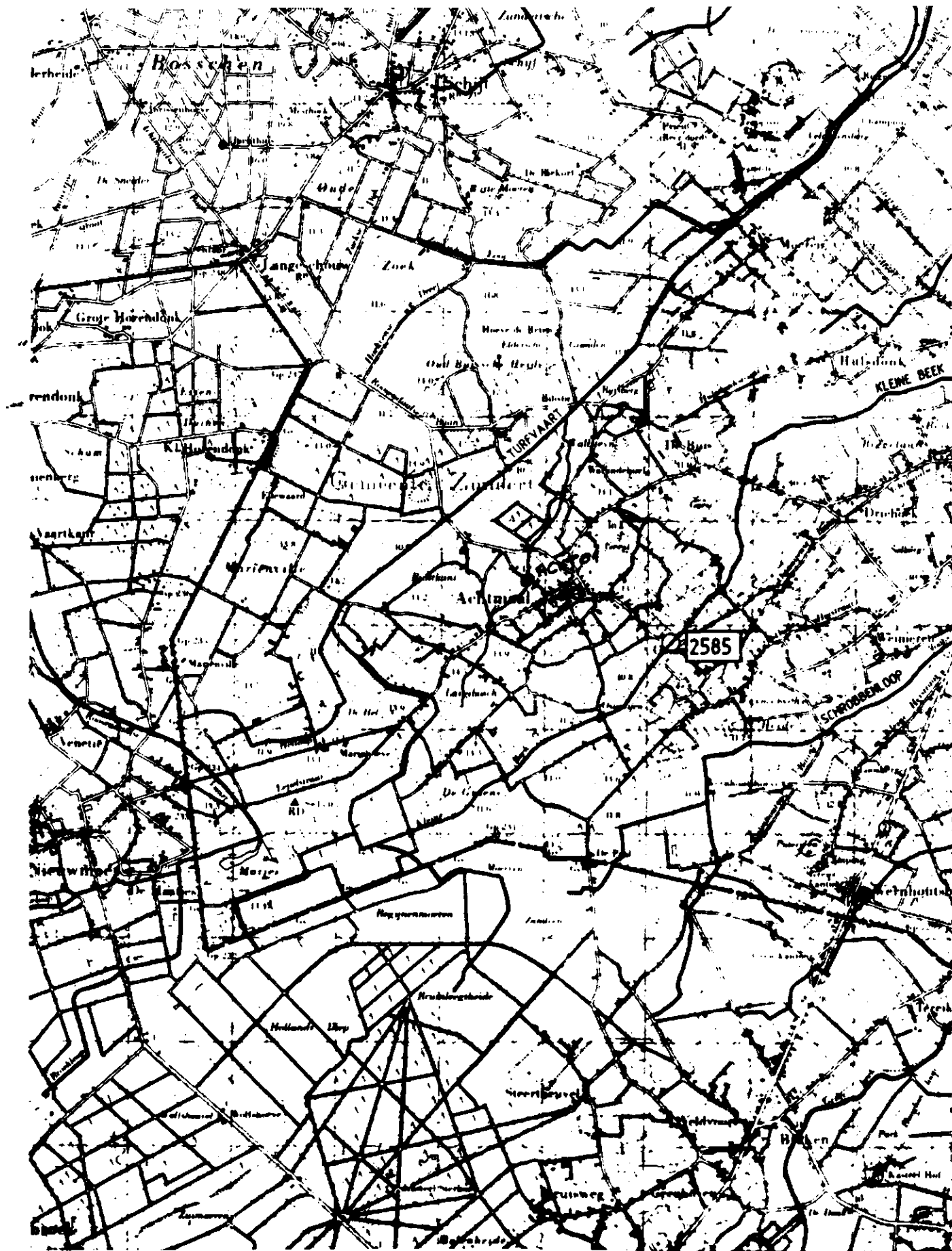
P = kale bodem
Q = bladpakket en takken
R = oever
S = stroomegul
T = stenen
U = waterplanten
V = boomwortels



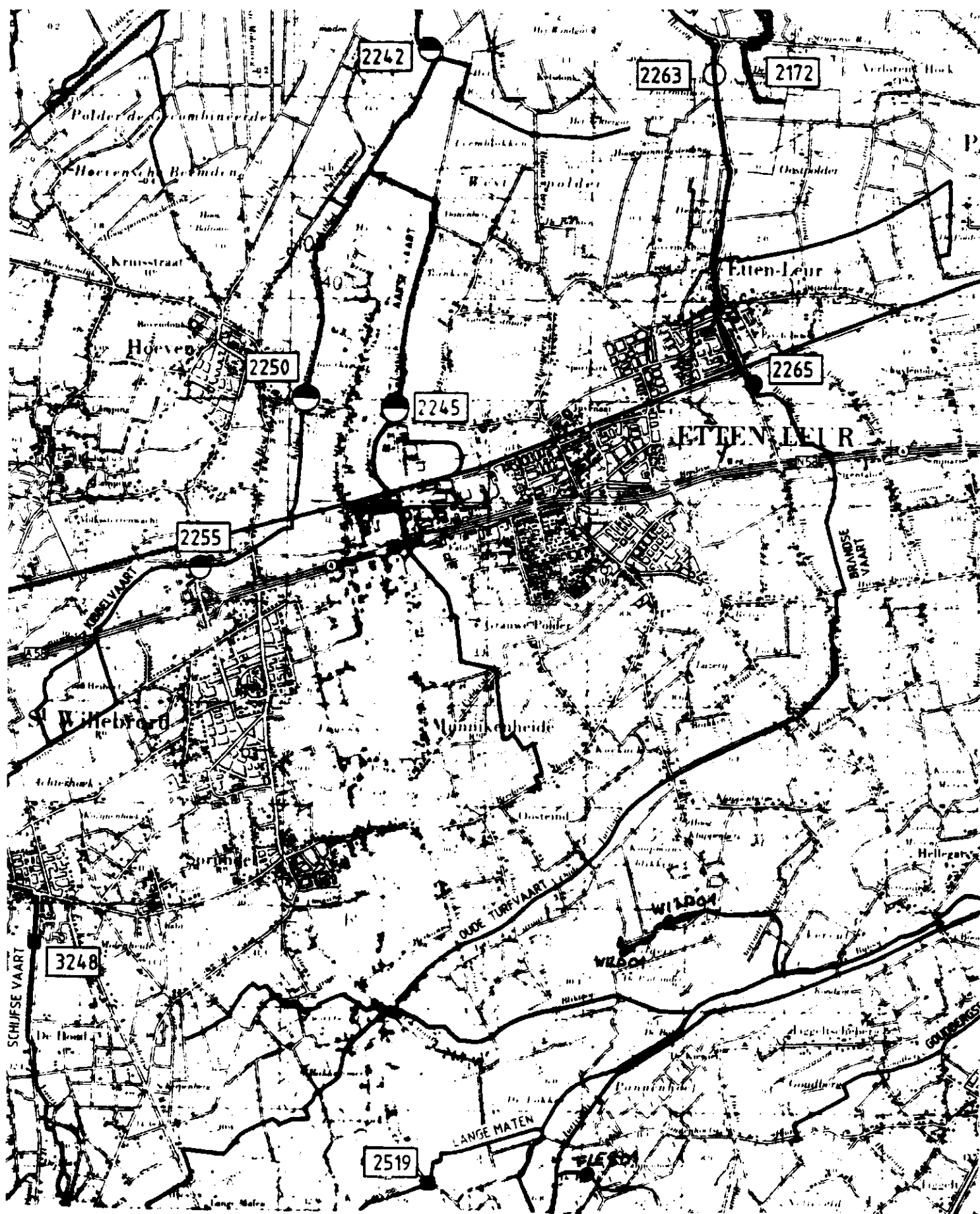
Figuur 4: De bemonsteringspunten in de beekbovenlopen van de Calvense Bosloop en de Heiloo, waar in maart/april 1989 macrofauna is bemonsterd.



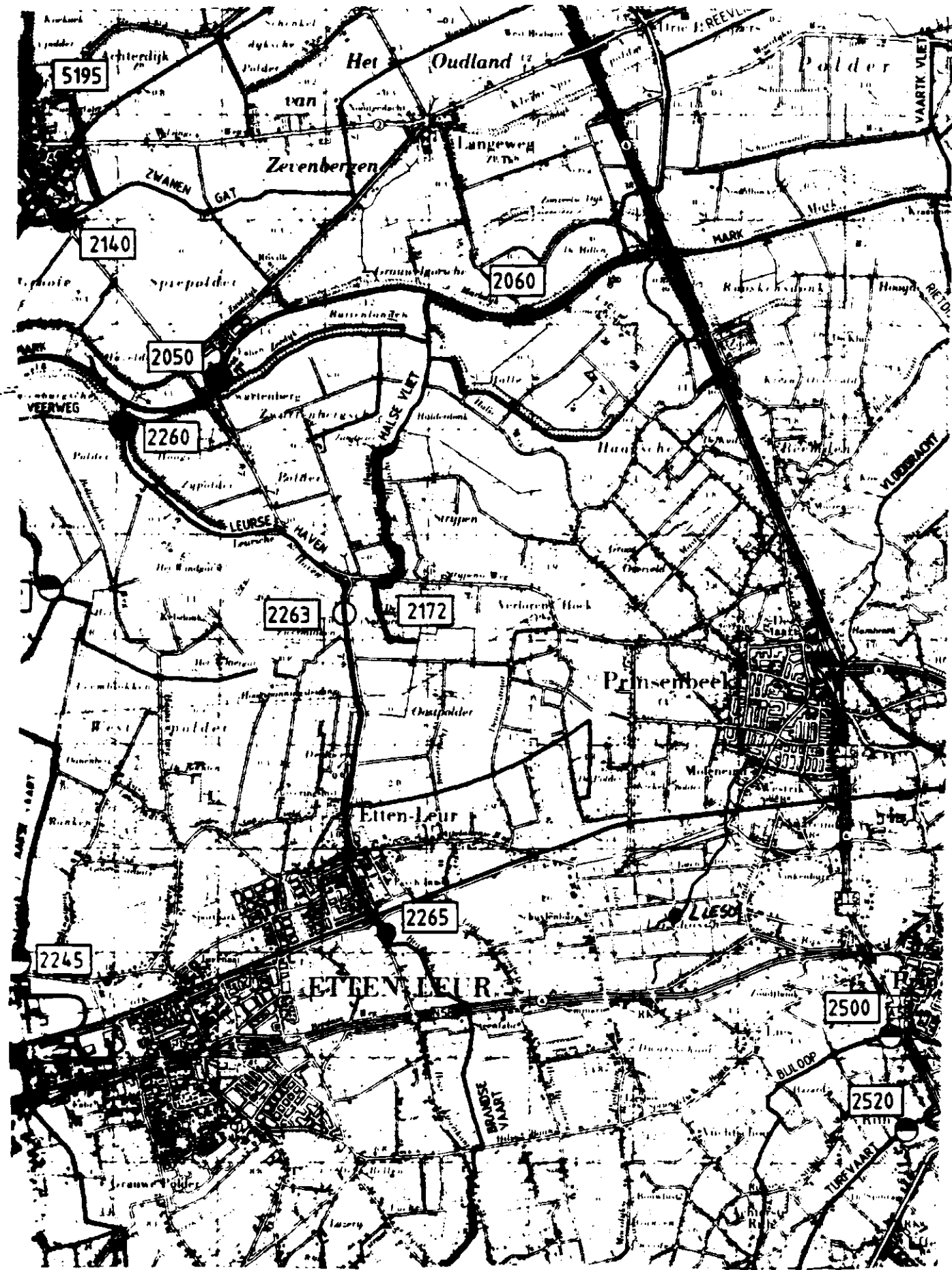
Figur 5: De bemonsteringspunten in de bovenloop van de Bleekloop, waar in maart/april 1989 macrofauna is bemonsterd.



Figuur 6: Het bemonsteringspunt in de bovenloop van de Achtmaalloop, waar in maart/april 1989 macrofauna is bemonsterd.



Figuur 7: De bemonsteringspunten in de beekbovenlopen van de Flesloop en de Wildertloop, waar in maart/april 1989 macrofauna is bemonsterd.

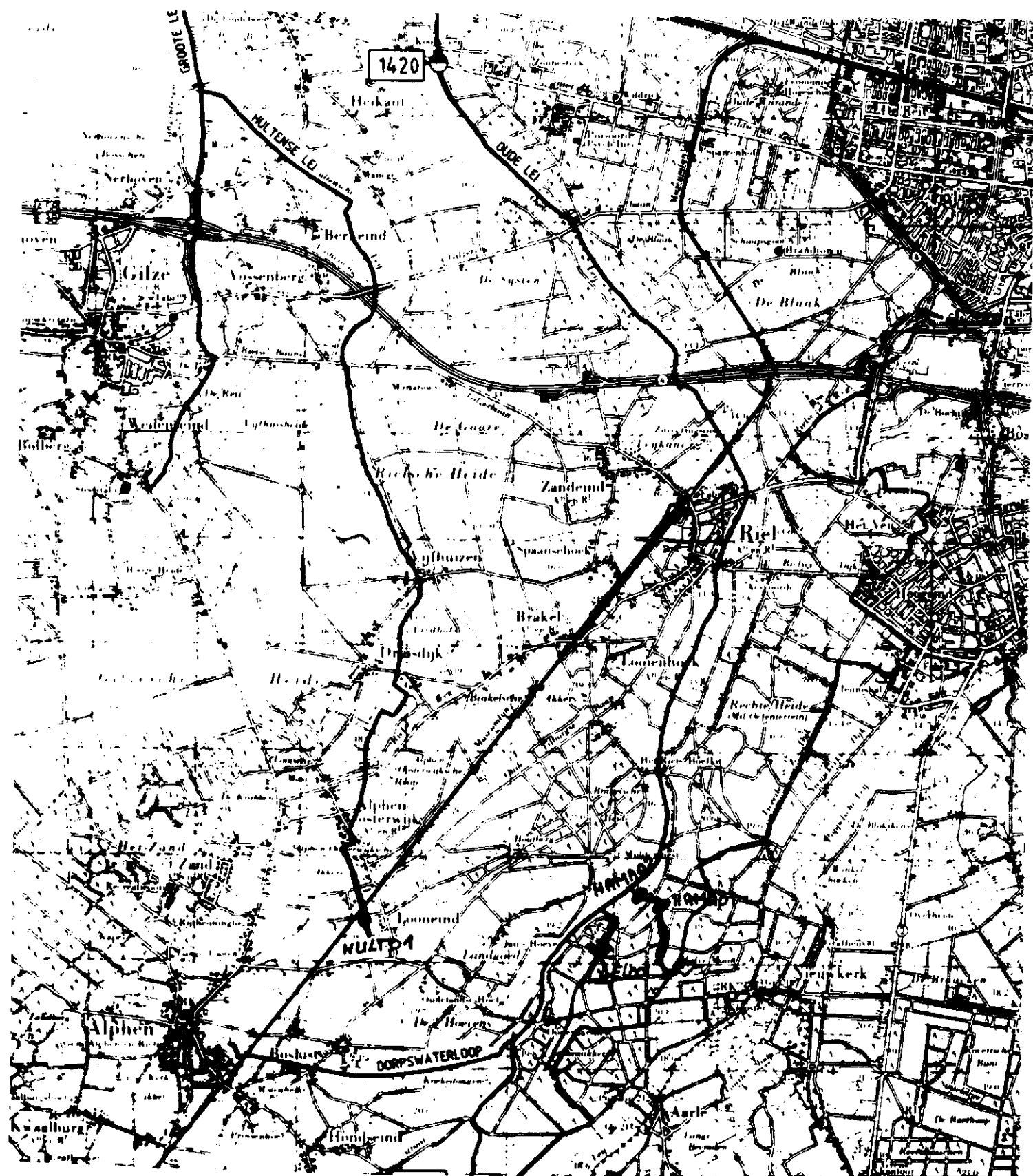


Figuur 9: Het bemonsteringspunt in de beekbovenloop van de Liesboschloop, waar in maart/april 1989 macrofauna is bemonsterd.

~~figure 10~~

...

...



Figuur 10: De bemonsteringspunten in de beekbovenlopen van de Halve Maanloop en Hultense Leijde Leijloop, waar in maart/april 1989 macrofauna is bemonsterd.

4. Zuurstofverzadigingspercentage. Dit is de verhouding tussen de concentratie zuurstof, die gevonden wordt, en de maximale concentratie, die onder fysische evenwichtsomstandigheden in oplossing kan zijn. Dit percentage geeft een meer objectieve maatstaf dan het zuurstofgehalte, daar met de temperatuur van het water rekening is gehouden.

5. Elektrisch geleidingsvermogen is een maat voor de concentratie aan opgeloste ionen, onder andere Na^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ en Cl^- , SO_4^{2-} en HCO_3^- in het water. De verdeling over de diverse ionen is er echter niet uit af te leiden. Ionen, die in slechts geringe concentraties voorkomen, maar wel van groot belang zijn voor de processen die zich in het aquatische milieu afspelen (zoals fosfaat, nitraat en tweewaardig ijzer) komen in de EGV nauwelijks tot uitdrukking. De EGV is tevens een maat voor de verblijftijd van het grondwater in de ondergrond. Als gevolg van de lange verblijftijd van het water in de grond lossen chemische verbindingen uit de bodem op. Extreem hoge EGV's in zoet water wijzen op bemesting door de toevoeging van een overmaat aan ionen. Van Wirdum (1980) geeft een aantal referentiepunten aan voor water van verschillende herkomst, namelijk neerslag (EGV = $56 \mu\text{S}/\text{cm}$), schoon rivierwater (EGV = $500 \mu\text{S}/\text{cm}$) en zeewater (EGV = $5000 \mu\text{S}/\text{cm}$). Kuypers (1987) geeft daarentegen een algemene richtlijn voor zoet onvervuild water namelijk een EGV < $400 \mu\text{S}/\text{cm}$. De Lange (1981) geeft als richtlijn voor de EGV van schoon oppervlaktewater in Noord-West Overijssel van 250–650 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

6. De pH indiceert de herkomst van het water en eventuele bemesting. De H^+ ionen concentratie in het grondwater neemt af naarmate de verblijftijd langer is, door reductie van sulfaten en omzetting van calciumcarbonaten. Bij sterke bemesting zal de pH afnemen door uitwisseling aan het adsorptiecomplex door andere kationen als Na^+ en K^+ en door toevoeging van H^+ ionen uit de mest.

De hierna volgende parameters zijn door middel van analyses in het laboratorium bepaald.

7. Ca^{2+} is een maat voor de verblijftijd van het grondwater in de ondergrond. Met een langere verblijftijd neemt de Ca^{2+} concentratie toe als gevolg van het oplossen van CaCO_3 in de ondergrond. De mate waarin oplossing plaatsvindt is afhankelijk van het CaCO_3 gehalte in de ondergrond, de verblijftijd van het grondwater en de hoeveelheid beschikbare H^+ ionen. Ook bemesting met calcium houdende mest kan aanleiding zijn voor hoge Ca^{2+} concentraties in het grondwater.

8. K^+ en Na^+ zijn samen met H^+ dominante kationen in het regenwater. Bovendien is er een belangrijke toevoeging aan de bodem mogelijk door bemesting, vooral K^+ duidt op faecale verontreiniging. Voorts zijn natrium en kalium ionen aan het adsorptiecomplex makkelijk uitwisselbaar tegen H^+ ionen, zodat ze eenvoudig in oplossing gaan, veelal met chloride-ionen verbindingen vormend.

9. Tweewaardig magnesium is een indicator voor de herkomst van het water. Mg^{2+} concentraties in het grondwater zijn redelijk constant. Het grootste deel van de magnesium ionen komt met het regenwater het systeem in. Daarnaast kan Mg^{2+} in belangrijke mate door bemesting aan de bodem worden toegevoegd.

10. Fe^{2+} kan in zure milieu's oplossen en in het grondwater meegevoerd worden. Het kan daardoor een aanwijzing zijn voor een sterke bemestingsinvloed of een lange verblijftijd van het grondwater in de ondergrond. Het kan hierdoor een indicator voor kwelwater zijn. Tweewaardig ijzer is echter moeilijk nauwkeurig te bepalen door de snelle omzettingsreactie, die plaatsvindt bij het in aanraking komen met zuurstof. Het wordt dan omgezet in het moeilijk oplosbare ferrihydroxide $\text{Fe}(\text{OH})_3$. De zuurstof gebruikt voor deze redoxreactie komt niet meer ten goede aan de organismen.

11. N-Kjeldahl geeft de hoeveelheid stikstof aan, die organisch en in ammonium gebonden is.

12. Ammonium wordt goeddeels als voedingsstof door de vegetatie opgenomen. Daar waar echter hoge concentraties in het grondwater worden aangetroffen is er sprake van bemesting.

13. Nitraat en nitriet zijn producten van het nitrificatieproces



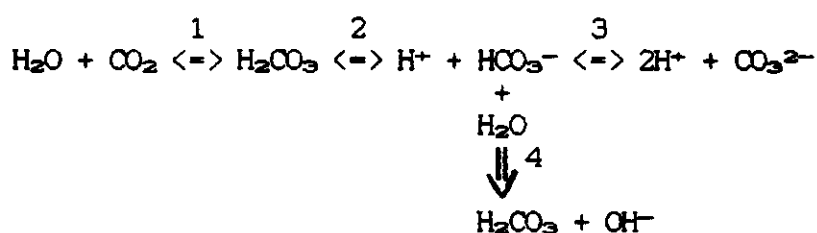
Nitriet is een tussenproduct in dit proces en is giftig voor organismen. Omzetting van nitriet in nitraat verloopt zeer snel. Een verhoogde nitriet concentratie duidt op een gestoord afbraakproces. Het gehele proces vereist zuurstof, die dan niet ten goede komt aan de organismen.

14. Sulfaat wordt evenals magnesium door neerslagwater en/of mest aan de bodem toegevoegd. In het eerste geval voornamelijk in de vorm van NH_4HSO_4 en $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$. Bij langere verblijftijd in de bodem neemt de concentratie SO_4^{2-} af, door vorming van het slecht oplosbare zout CaSO_4 . Verder kan sulfaat een indicator zijn voor sulfaathoudend grondwater.

15. Chloride ionen zijn goed bruikbaar bij de herkomstbepaling van het grondwater. Cl^- ionen blijven in oplossing en worden niet beïnvloed door organische processen. Grotere concentraties chloride ionen zijn meestal een aanwijzing voor bemestingsinvloed.

16. Bicarbonaat is evenals Ca^{2+} een maat voor de verblijftijd van het grondwater in de ondergrond en afhankelijk van dezelfde factoren.

De aanwezige hoeveelheid waterstofionen is afhankelijk van de condities, die heersen in de wortelzone. In de wortelzone vindt CO_2 productie plaats door ademhaling van wortels en micro-organismen. Deze CO_2 concentratie is bepalend voor de concentratie waterstofionen. Volgens de reactie



wordt er uit infiltratiewater H^+ ionen vrijgemaakt. De waterstofionen reageren weer met CaCO_3 :



waarbij calcium- en bicarbonaationen vrijkomen. Naarmate het infiltratiewater langer in de grond zit zal er meer koolstofdioxide in het water komen en kan zodoende omgezet worden in bicarbonaat volgens stap 1 en 2. De reactie van de bicarbonaat oplossing wordt bepaald door de verhouding van de bij de dissociatie van H_2CO_3 ontstane waterstofionen en bij de hydrolyse van het bicarbonaat afkomstige hydroxide-ionen. Wordt aan zo'n oplossing zuur toegevoegd, dan wordt een deel van het bicarbonaat gesplitst, doch het zuur gelijktijdig gebonden. Het vrijkomende koolstofdioxide kan door de zwakke dissociatie slechts weinig waterstofionen leveren en daardoor de reactie weinig beïnvloeden. De pH verandering staat niet in verhouding tot de hoeveelheid toegevoegd zuur.

Bicarbonaat wordt hierdoor tevens een maat voor het bufferend vermogen.

17. Orthofosfaat, ook wel de actuele fosfaatbron genoemd, is de direct opneembare vorm van fosfaat. Fosfaten spelen samen met nitraat een zeer belangrijke rol bij de eutrofiëring van wateren. Tesaamen zijn zij de essentiële bouwstoffen voor plantaardig materiaal.

18. Totaalfosfaat geeft de totale hoeveelheid fosfaat aan in organische P-verbindingen, polyfosfaten en orthofosfaten. In de vorm van een neerslag of colloïdale deeltjes is het vaak in het aquatische milieu aanwezig. Niet direct opneembaar is het in de vorm van polyfosfaten, maar door omzetting tot monofosfaten is totaalfosfaat wel een potentiële vorm van fosfaat. Fosfaten zitten onder andere in huishoudelijk afvalwater, neerslag, kwel en af- en uitspoeling van bemest land.

19. Chemisch Zuurstof Verbruik (CZV) geeft de totale hoeveelheid oxideerbare stoffen aan.

20. Biochemisch Zuurstof Verbruik (BZV) is een maat voor de hoeveelheid biologische afbreekbare organische stof welke aanwezig is als natuurlijke of als kunstmatige verontreiniging in het water. De mate van belasting met organische stof is een primair criterium waarop de vervuilingsgraad is gebaseerd. Doordat de hoeveelheid organische stof, die geloosd wordt, van moment tot moment kan verschillen en bovendien al snel afgevoerd wordt, geeft een concentratie bepaling in een monster, dat op een bepaald moment genomen is, een onzeker beeld van de vervuilingssituatie. Om deze reden wordt de BZV-toets onder standaard condities uitgevoerd. Bij deze toets wordt van een watermonster bepaald hoeveel zuurstof verbruikt wordt in vijf dagen onder standaard temperatuur (20 °C) en licht condities. Hoe hoger de concentratie biologische afbreekbare organische stof, hoe hoger de BZV, hoe meer bacteriën en andere decomposers aanwezig zijn om deze organische stoffen af te breken. Dit omzettingsproces vraagt veel zuurstof, welke dan niet meer beschikbaar is voor andere organismen.

21. De totale hardheid is het totale gehalte calcium en magnesium opgelost in water. De totale hardheid wordt uitgedrukt in duitse hardheidsgraden (°D). Eén °D komt overeen 5,6 mmol/l CaO. Calcium is nodig voor de bouw van schelpen en panthers. Het voorkomen van veel waterslakken is vaak gecorreleerd aan de hardheid.

22. De zwevende stof wordt gezien als maat voor de stroming en de korrelgrootte van het substraat. Hoe meer stroming des te meer er troebeling van het water optreedt ten gevolge van de zwevende stof. Bestaat het substraat uit deeltjes met een kleine korrelgrootte dan zal eerder troebeling optreden bij een matige stroming dan bij dezelfde stroomsnelheid en deeltjes met een grotere korrelgrootte.

Voor de chemische bepalingen werden drie melkflessen (één liter), twee plastic flessen voor de macro-ionen en de Fe^{2+} -bepalingen (250 ml) en één plastic fles (500 ml) voor de zwevende stof bepalingen gevuld met beekwater.

Om tweewaardig ijzer te kunnen meten in het laboratorium is het beekwater van één fles van 250 ml in het veld afgefiltreerd over een vouwfilter om het filtraat te zuiveren van neergeslagen driewaardig ijzer in de vorm van ijzerhydroxide en aangezuurd met één normaal zoutzuur (HCl) tot circa pH 2.

De monsterflessen zijn zo snel mogelijk op de monsterdag zelf in de koeling gezet om verdere microbiële activiteit tegen te gaan.

De chemische parameters zijn bepaald in het chemisch laboratorium van het Hoogheemraadschap West-Brabant te Breda. De fysische en chemische parameters kunnen evenals organismen fungeren als typen onderscheidende factoren en vormen daarom een wezenlijk onderdeel van het ecologisch onderzoek. Echter men dient er rekening mee te houden dat fysische en chemische parameters momentopnames zijn en de aanwezige dierlijke organismen een afspiegeling zijn van een toestand over een langere periode. Daarom werd de macrofauna éénmalig bemonsterd in maart-april 1989 en de fysische en chemische parameters driemaal, namelijk maart-april 1989, 18 mei 1989 en 28 juni 1989.

Naast de fysische-chemische bepalingen is een bodemprofiel gestoken met behulp van een steekbuis om de dikte en de soort van de verschillende bodemlagen te meten, terwijl andere grootheden nauwkeurig geschat zijn, zoals de hoeveelheid detritus, stenen en takken etc..

2.2.2 Macrofauna

In de beken bestaat de macrofauna overwegend uit bentische organismen, dat wil zeggen organismen die in of op de bodem leven in substraat in de nabijheid van de bodem (stenen, takken, bladeren en planten).

De bemonstering is uitgevoerd met behulp van een macrofaunanet; een net met een opening van 20 x 30 cm en een diepte van 40 cm, gemaakt van gaas met een maaswijdte van een halve millimeter.

Per monsterplaats zijn zoveel mogelijk micromilieu's (bladopkiet, waterplanten, kaal substraat etc.) meegenomen, zodanig dat het monster representatief geacht mag worden voor het bemonsterde traject in de beek. De lengte van het traject kan per beek verschillen.

Bij monsternamen is het net tegen de stroomrichting in schoksgewijs over de bodem en door zoveel mogelijk micromilieu's bewogen. In verhouding zoals de microhabitats voorkomen in de bovenloop zijn de microhabitats bemonsterd. De lengte van het traject is nauwkeurig genoteerd. De monsters zijn in gesloten emmers vervoerd naar het laboratorium en ten hoogste twee dagen gekoeld (4 °C) bewaard voor verdere verwerking.

Het uitzoeken van de organismen is gebeurd met behulp van een lichtbak van plexiglas met doorvallend licht. Ter bevordering van het doorzicht is er gebruik gemaakt van een zeefopstelling, waarbij het monster over gazen zeven is gespoeld. De gazen zeven hebben een maaswijdte van respectievelijk 4 mm, 1 mm, 0,5 mm en 0,3 mm. De organismen zijn gefixeerd in 80 % alcohol met uitzondering van de Acarina (watermijten), Hirudinea (bloedzuigers) en Tricladida (platwormen). Watermijten zijn gefixeerd in Koenike-vloeistof. Platwormen zijn in het water bewaard en zo snel mogelijk gedetermineerd en bloedzuigers zijn in 30 % alcohol gefixeerd.

Met behulp van een stereo- en doorvallend lichtmicroscop zijn de organismen geteld en zo ver mogelijk tot op soort gebracht. Voor de gebruikte determinatiewerken wordt verwezen naar de determinatieliteratuur.

2.3 Verwerking van de gegevens

2.3.1. Verwerking van de fysische-chemische gegevens

1. Bij het karakteriseren van het water (herkomst en/of antropogene invloed) is gebruik gemaakt van de Ionic Ratio (=IR).

De Ionic Ratio (van Wirdum, 1980) geeft een aanwijzing voor de herkomst en bemestingsinvloed van het water. De verhouding, waarin Ca^{2+} en Cl^- in het water tot elkaar staan is typerend voor het water: atmoclien, lithoclien, thallasoclien en elke mengvorm. Bij bemesting zal het aandeel van Cl^- in de Ionic Ratio toenemen, omdat door uitspoeling van chlorides uit de mest deze in het grondwater terecht komen.

$$\text{IR} = 0.5[\text{Ca}^{2+}] / (0.5[\text{Ca}^{2+}] + [\text{Cl}^-])$$

De gevonden waarden kunnen grafisch worden uitgezet tegen de logaritme van de EGV. Van Wirdum geeft in deze grafiek drie referentiepunten aan voor water van verschillende herkomst:

a. neerslag	EGV = 56 $\mu\text{S/cm}$, IR = 0,24
b. schoon rivierwater	EGV = 500 $\mu\text{S/cm}$, IR = 0,88
c. zeewater	EGV = 5000 $\mu\text{S/cm}$, IR = 0,04

2. Ter bepaling van de vervuilingsgraad zijn de fysisch-chemische gegevens getoetst aan de basiskwaliteit volgens het IMP 85-89.

3. Gestandaardiseerde Principale Componenten Analyse (PCA) (bijlage 1) is gebruikt om de om correlaties tussen de verschillende milieuvariabelen aan te tonen.

2.3.2. Verwerking van de biologische gegevens

Om naar verbanden te zoeken tussen het voorkomen van macrofauna en een set van milieuvariabelen kunnen zogenaamde "multivariate technieken" gebruikt worden (bijlage 1). Dit zijn analyses voor problemen betreffende meer dan één object met meer dan één eigenschap.

Er bestaan verschillende technieken. Deze kunnen onderscheiden worden in twee groepen: directe gradiënt analyse en indirecte gradiënt analyse (Gauch, 1982).

Bij "directe gradiënt analyse" wordt gezocht naar verbanden tussen het voorkomen van soorten en een van te voren bekende milieu gradiënt. Hierbij zijn de monsters zo gekozen, dat zij gerangschikt zijn volgens een van te voren gedefinieerde milieu gradiënt, bijvoorbeeld pH (Torenbeek, 1985).

Bij "indirecte gradiënt analyse" worden de monsterpunten aan de hand van in de biotische parameters aanwezige variatie gerangschikt door middel van ordinatie en/of classificatie.

Vervolgens wordt nagegaan welke fysische en chemische variabelen aan welke monsterpunten gecorreleerd zijn.

In dit onderzoek werd de "indirecte gradiënt analyse" toegepast. Voordat de gehele gegevensset met de verschillende computerprogramma's verwerkt konden worden waren een aantal voorbereidingen nodig:

- * standaardisatie van de bemonsterde trajecten van de locaties. Ter vergelijking van de abundanties van de verschillende soorten tussen verschillende locaties is standaardisatie van de trajectlengte vereist. In dit onderzoek zijn de bemonsterde trajecten gestandaardiseerd naar tien meter.
- * invoer van de gegevens met het computerprogramma BINORMA. Dit programma voert per monsterpunt de soorten en de aantallen per soort in.
- * omzetting van de BINORMA bestanden met een computerprogramma vervaardigd op de Landbouw Universiteit te Wageningen in een condensed format tabel.

- a. Gegevensverwerking geschiedde met het ordinarie computerprogramma DECORANA, het canonische computerprogramma CANOCO en het cluster computerprogramma TWINSpan (bijlage 2, 3, 4).
- b. Middels een literatuurstudie kan inzicht verkregen worden in de autoecologie van organismen in aquatische levensgemeenschappen.
- c. Met behulp van toetsing aan de theorie van Vannote (1980) kan inzicht verkregen worden in het procentuele aandeel van de verschillende functionele voedingsgroepen in de verschillende bovenlopen (zie paragraaf 5.7).

3. Resultaten

In dit hoofdstuk worden een aantal figuren gepresenteerd, die in hoofdstuk vijf besproken worden. Om het overzicht te behouden wordt figuur voor figuur besproken. Eerst zijn de milieuvariabelen zonder rekening te houden met de macrofauna getoetst aan de basiskwaliteit volgens IMP- en CUWVO richtlijnen ter bepaling van de mate van de beïnvloeding van de onderzochte lopen. Deze toetsing wordt gepresenteerd in de tabellen 3 en 4. In figuur 12 is de Ionic Ratio logaritmisch uitgezet tegen de EGV ter bepaling van de herkomst van het water en de mate van beïnvloeding van de onderzochte lopen.

In figuur 13 wordt het gestandaardiseerde PCA-ordinatie diagram gepresenteerd ter bepaling van de correlaties tussen de verschillende milieuvariabelen. Vervolgens wordt aan de hand van dit diagram een aantal milieuvariabelen geëlimineerd om de gegevens met behulp van CANOCO te verwerken.

De verschillende relaties die bestaan tussen het voorkomen van de macrofauna en de milieuvariabelen worden aangetoond in de CCA-ordinatie diagrammen (figuur 14 en 15). Uit deze analyses blijkt dat de mate van vervuiling een zeer grote invloed heeft op de macrofaunasamenstelling. De hypothese is nu dat door eliminatie van het meest vervuilde bemonsteringspunt de Achtmaalloop de vervuiling een minder sterke invloed heeft op de macrofaunasamenstelling. Dit punt blijkt namelijk zeer bepalend te zijn voor de analyse.

Wederom wordt weer de gestandaardiseerde PCA analyse uitgevoerd maar dan zonder de Achtmaalloop.

Het gestandaardiseerde PCA-ordinatie diagram zonder ACHT01 wordt gepresenteerd in figuur 16. Vervolgens worden in figuur 17 en 18 de CCA-ordinatie diagrammen met weglating van het bemonsteringspunt ACHT01 gepresenteerd.

Figuur 19 en 20 geven de clustering volgens TWINSpan weer. De CCA-diagrammen en de TWINSpan tabel worden met de autoecologische gegevens geïntergreerd gesproken in tabel 6. Deze tabel staat achterin het verslag.

Vervolgens wordt in figuur 21 het DCA-ordinatie diagram gepresenteerd.

In tabel 5 staan de eigenwaarden en de belangrijkste verklarende variabelen van de eerste twee assen in de hierboven genoemde diagrammen.

Met behulp van een aantal regels kunnen de volgende biplots beter geïnterpreteerd worden.

- * de lengte van de vectoren van de onderliggende milieugradiënten (= de eigenwaarde) bepaalt in hoeverre de eerste vier ordinatie-assen van de soorten en de bemonsteringspunten verklaard kunnen worden. Milieuvariabelen met langere pijlen zijn sterker gecorreleerd met de ordinatie-assen dan degene met korte pijlen.

- * indien het projectiepunt per soort (per bemonsteringspunt) aan dezelfde zijde ligt als de pijlpunt bestaat er een grote positieve correlatie tussen soort (bemonsteringspunt) en milieuvariabele.

- * indien de oorsprong tussen het projectiepunt en de pijlpunt ligt bestaat er een geringe of een sterke negatieve correlatie.

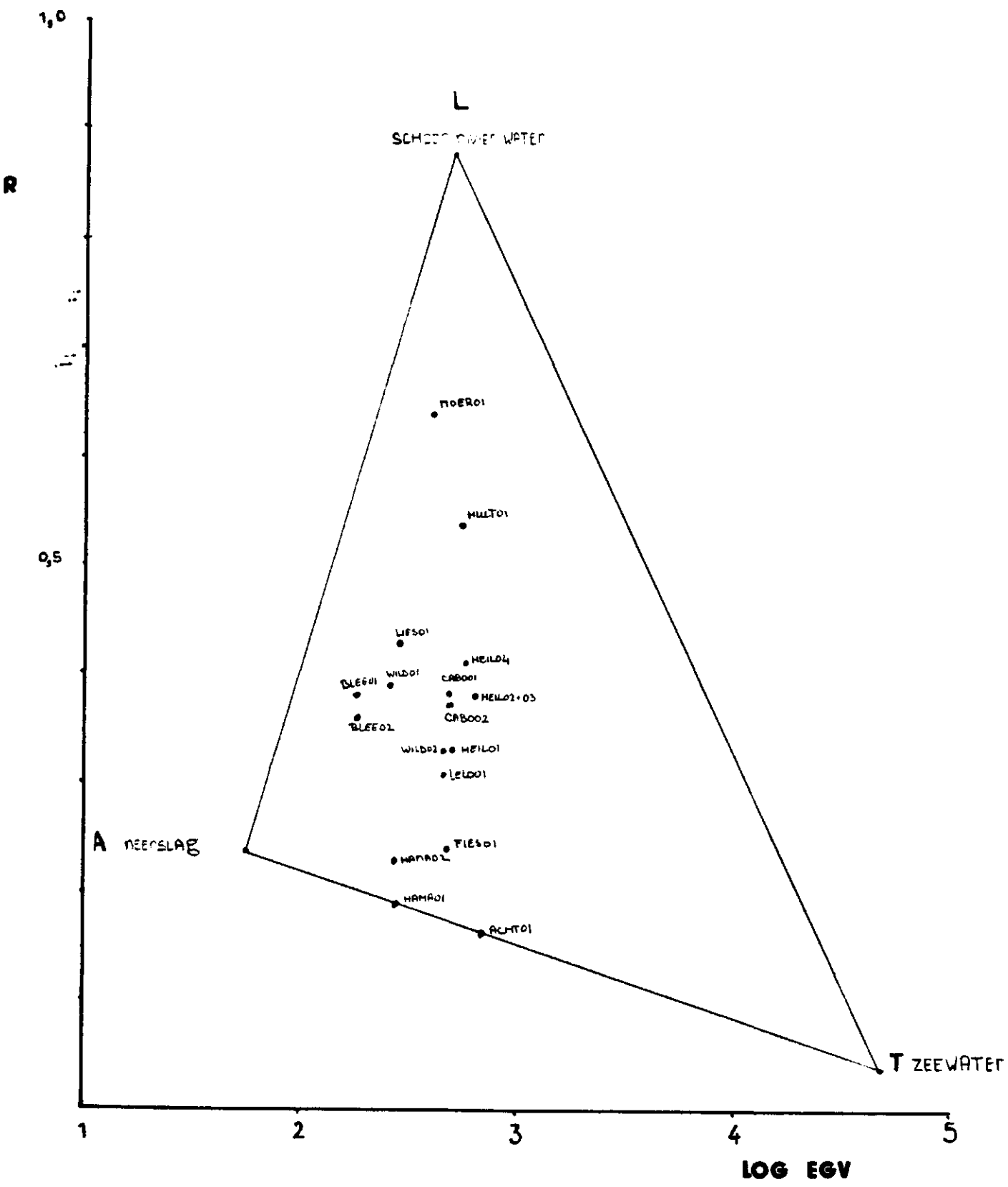
- * indien soorten (bemonsteringspunten) rondom de oorsprong gerangschikt zijn bestaat er weinig correlatie met de ordinatie-assen.

- * relatie van een soort (bemonsteringspunt) met een variabele is te bepalen door de soort (bemonsteringspunt) loodrecht te projecteren op de vector. De afstand van de soort (bemonsteringspunt) ten opzichte van de vector is relatief.

(Jongman, 1987; Barnett, 1980).

Tabel 7 presenteert het procentuele aandeel van de verschillende functionele voedingsgroepen per bemonsteringspunt.

In tabel 8 wordt de macrofaunasamenstelling in dit onderzoek vergeleken met de macrofaunasamenstellingen uit andere onderzoeken.



Figuur 12: De Ionic Ratio (=IR) logaritmisch uitgezet tegen de EGV voor de
 verschillende bemonsteringspunten.
 L = lithoclien
 A = atmoclien
 T = thallasoclien.
 (Zie bijlage 5* voor de betekenis van de codes).
 * bijlage 5 wordt vervangen door tabel 17.B
 26

Tabel 3: Toetsing van de verschillende milieuvariabelen aan de IMP-basiskwaliteit.

Milieuvariabele	Basiskwaliteit volgens IMP 85-89	Locaties die de norm overschrijden
temperatuur (°C)	<25 (n)	-
zuurstof (mg/l)	>5 of >4 of >3 (n)	ACHT01, WILD01
pH	6,5 < pH < 9 (n)	ALLE
sulfaat (mg/l)	<100 (n)	ACHT01, FLES01
totaalfosfaat (mg/l)	<0,25 (*,z,n)	-
N-kjeldahl (mg/l)	<2 (*,z)	-
nitraat/nitriet (mg/l)	<10	CABO01, CABO02 HEIL01 t/m HEIL04 WILD02
ammonium (mg/l)	<1 (j,n)	ACHT01, FLES01
BZV5 (mg/l)	<5	ACHT01, WILD01 WILD02
chloride (mg/l)	<200 (n)	-

n = overschrijding door natuurlijke omstandigheden mogelijk

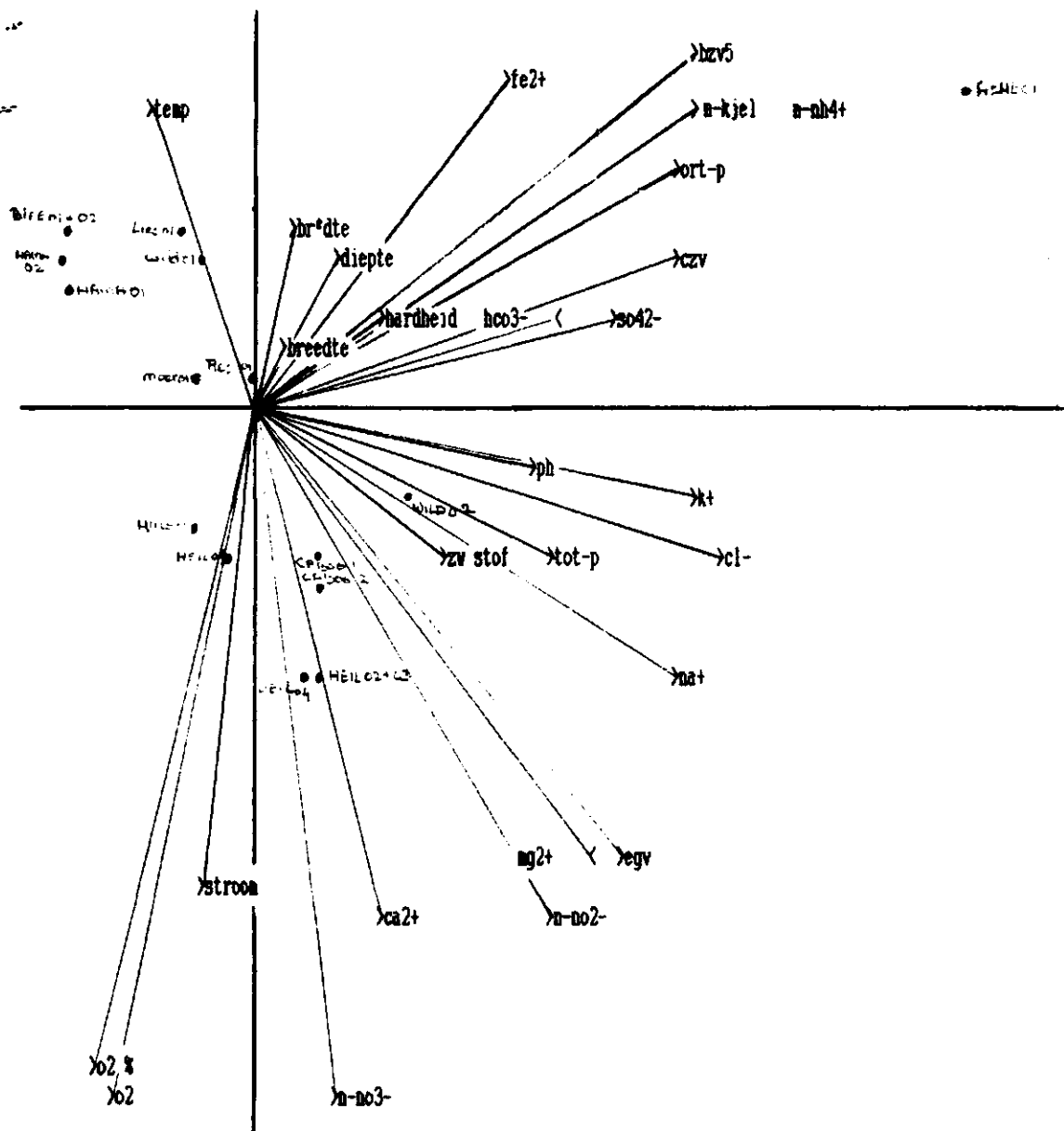
z = zomerhalfjaar gemiddelde (april tot en met september)

* = geldt uitsluitend voor stromende wateren

j = jaargemiddelde

Tabel 4: De natuurlijke trajecten van de verschillende milieuvariabelen in beken.

Milieuvariabele	Natuurlijk traject (CUWVO)	Locaties die de norm overschrijden
temperatuur (°C)	10 - 15	-
pH	7 - 8	geldt voor allen
chloride (mg/l)	0 - 20	ACHT01, CABO01 CABO02, FLES01, HULT01 HEIL01-HEIL04, LIES01 WILD02, LELO01
sulfaat (mg/l)	0 - 40	-
calcium (mg/l)	10 - 100	-
ortho-fosfaat (mg/l)	0 - 0,1	ACHT01, CABO01
nitraat (mg/l)	0 - 1	-
zuurstof (minimum) (mg/l)	6 - 9	-
zuurstof (maximum) (mg/l)	8 - 11	-

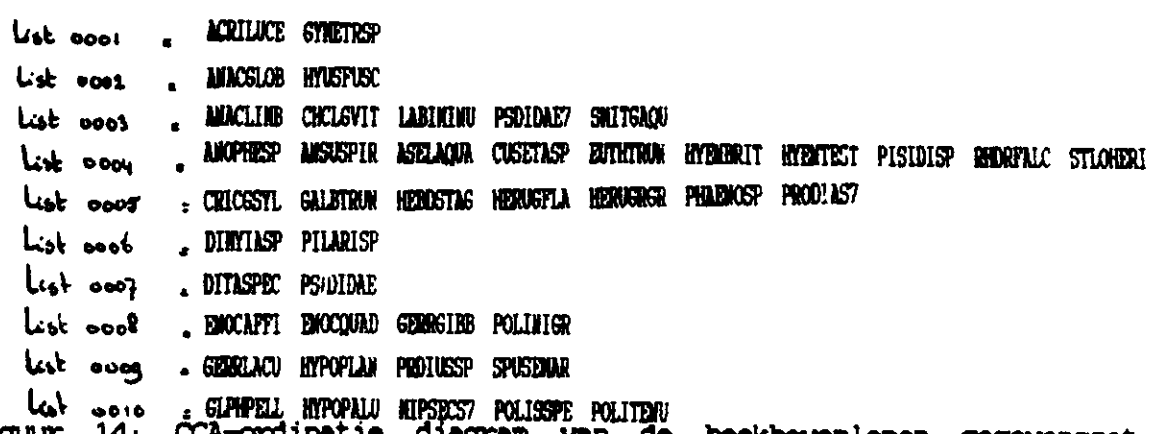


Figuur 13: Gestandaardiseerde PCA-ordinatie diagram van de milieuvariabelen gegevensset in een covariantie biplot schaal met de milieuvariabelen als vectoren weergegeven en de bemonsteringspunten als punten.

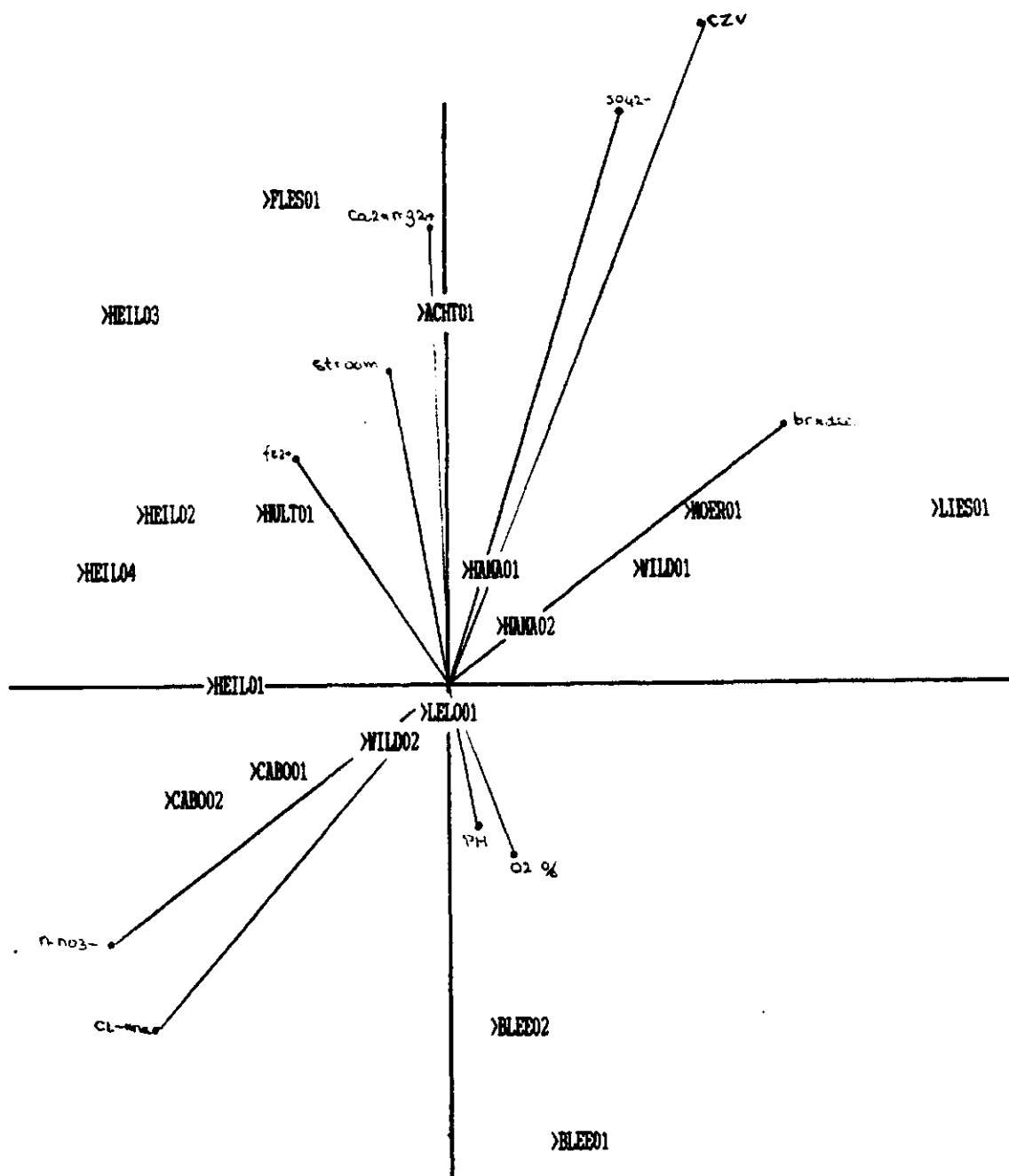
Horizontaal: as 1; Verticaal: as 2.

(Zie bijlage 5* voor de betekenis van de codes)

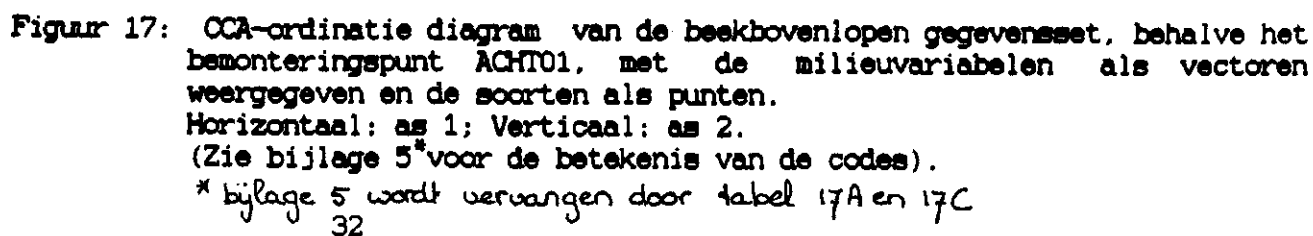
* bylage 5 wordt vervangen door tabel 17B en 17C



* bylage 5 wordt vervangen door tabel 17 A en 17 C



Figuur 15: OCA-ordinatie diagram van de beekbovenlopen gegevensset met de milieuvariabelen als vectoren weergegeven en de bemonsteringspunten als punten.
 Horizontaal: as 1; Verticaal: as 2.
 (Zie bijlage 5* voor de betekenis van de codes).
 * bijlage 5 wordt vervangen door tabel 17B en 17C



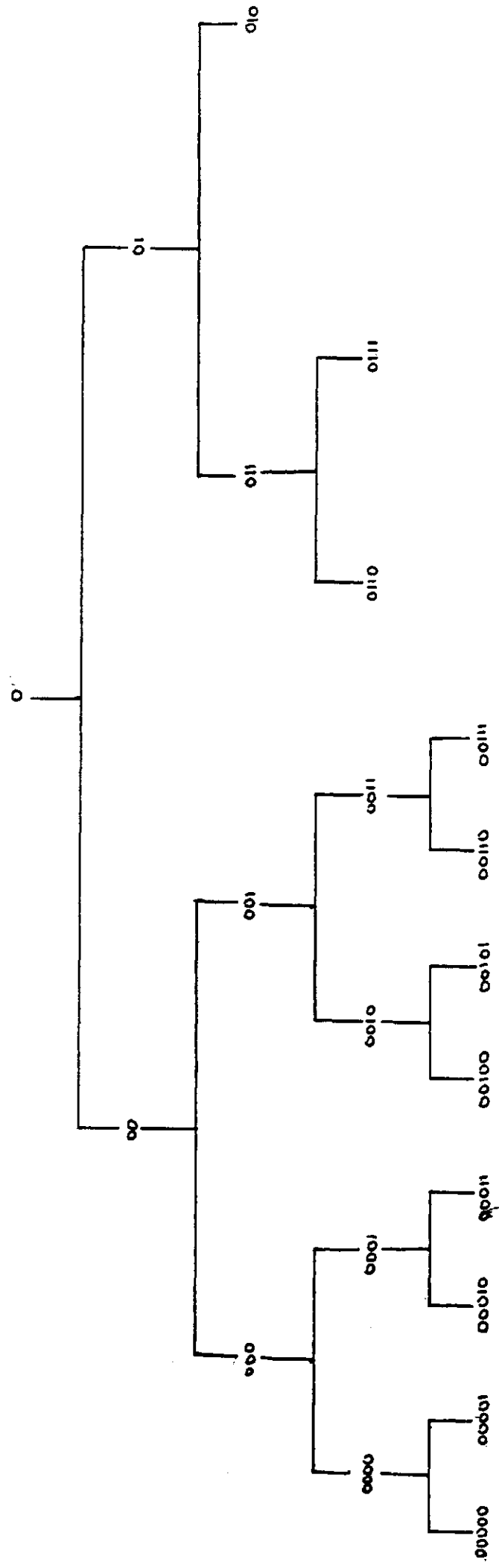
11 11 1 111 1
561782349012456783

8	ANOP	HESP	3	00000
9	ANSU	SPIR	4	00000
11	ASEL	AQUA	3	00000
28	CUSE	TASP	2	00000
35	DUGE	LUGU	352	00000
36	DUGE	SISP	24	00000
45	EUTH	TRUN	3	00000
58	HYEN	ERIT	2	00000
59	HYEN	TEST	1	00000
101	PISI	DISP	5	00000
106	POPE	UNCI	23	00000
117	RHDR	FALC	2	00000
129	STLO	HERI	2	00000
140	XEPE	LOSP	43	00000
67	HYPO	NIGR	33-2-22	00001
141	ZAMY	IASP	3-4	00001
29	CYPH	ONS6	55-53-1-12	00010
37	DYTI	SCA6	44-22	00010
7	ANAC	LUTE	-334	00011
39	EISE	TEIR	3-4-2	00011
70	HYPO	RIA6	-5-5-2	00011
4	AGAB	USS6	34553-3	00100
17	CHCL	GPIG	-55-1-1	00100
26	CRIC	GSYL	-2	00100
27	CUCI	DAE	-2	00100
46	GALB	TRUN	4	00100
48	GERR	LACU	-2	00100
51	HEBD	STAG	-3	00100
52	HERU	AQUA	-53	00100
54	HERU	GFLA	-2	00100
55	HERU	GRGR	4	00100
69	HYPO	PLAN	-2	00100
84	MALO	NEB7	-32524	00100
98	PHAE	NOSP	-2	00100
107	PRDI	USSP	4	00100
109	PROD	IAS7	-2	00100
127	SPUS	EMAR	-2	00100
41	ENOC	AFFI	2	00101
42	ENOC	QUAD	-2	00101
47	GERR	GIBB	2	00101
49	GLPH	PELL	32	00101
66	HYPO	MEMN	-2-22	00101
68	HYPO	PALU	-22	00101
88	MIPS	ECS7	-33	00101
89	MIPS	ECSF	-2445	00101
92	NATA	RSSP	-42	00101
103	POLI	NIGR	-2	00101
104	POLI	SSPE	-43	00101
105	POLI	TENU	-43	00101
130	TABA	NIAE	-2	00101
85	MALO	NEBU	-525-2	00110
113	PSTA	VARI	-5-3-2	00110
133	TATA	RSSP	-5-42421	00110
83	MALO	GOET	-34-444-312	00111
108	PROA	MERI	4-55-2	00111
20	CHIR	ONSP	-5552-42-22-2	010
82	MALO	GOE7	-22-22	010
110	PROD	OLIV	-5-3	010
64	HYPO	GYLL	-4-3-3	0110
71	HYUS	FUSC	-25-2-1-5	0110
76	LILU	CENT	5-552-24	0110
5	ANAC	GLOB	5542333-1-23-125	0111
79	LUCU	VARI	545555523224-4-5	0111
40	ENEI	DAE	3-5-12-2-2-2	1000
96	PALP	OMSH	5-2-3-32-1	1000
99	PHLI	DOSP	-3-252332-2-154	1000

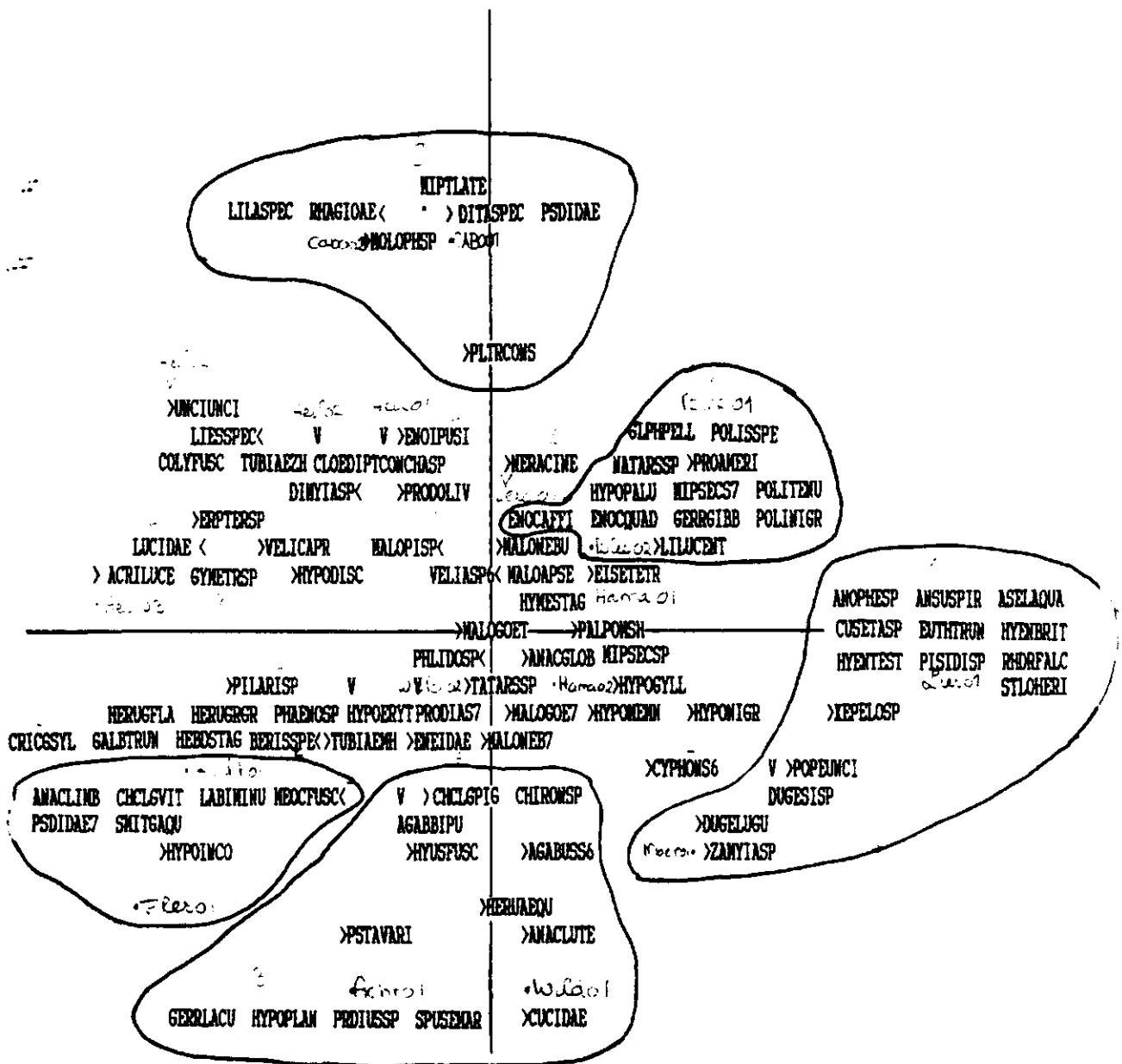
30	DIMY	IASP	-2-11	1001
32	DIPT	ERA7	-2-2	1001
81	MALO	APSE	-3-3-2251-13	1001
86	MALO	PISP	-5-545-432414-2	1001
3	AGAB	BIPU	-4-2-1-2123	101
12	HERI	SSPE	-2-2	101
43	ENOI	PUSI	-3-1-21	101
63	HYPO	ERYT	-2-2	101
93	NERA	CINE	54-555555-255-322	1100
135	TUBI	AEMH	-525-3-4324-23-25	1100
78	LUCI	DAE	-122-2-4	11010
138	VELI	ASP6	2-3-1-2222	11010
139	VELI	CAPR	-3-1-11	11010
6	ANAC	LIMB	-2	11011
18	CHCL	GVIT	-2	11011
61	HYME	STAG	-1-1	11011
62	HYPO	DISC	-1-2	11011
65	HYPO	INCO	-2-2	11011
72	LABI	MINU	-2	11011
87	MEOC	FUSC	-2-2	11011
95	ORCL	ADAE	-2	11011
100	PILA	RISP	-1-2	11011
112	PSDI	DAE7	-2	11011
125	SMIT	GAQU	-2	11011
131	TAPO	DIA7	-1-2	11011
1	ACRI	LUCE	-1	11100
22	CLOE	DIPT	-1	11100
23	COLY	FUSC	-1	11100
44	ERPT	ERSP	-112	11100
50	GYME	TRSP	-2	11100
73	LIES	SPEC	-14	11100
136	TUBI	AEZH	-22-5-2	11100
137	UNCI	UNCI	-1	11100
16	CEPO	GOAE	-2-121	11101
33	DITA	SPEC	-2	11110
74	LILA	SPEC	-3	11110
90	MIPT	LATE	-32	11110
91	MOLO	PHSP	-234	11110
102	PLTR	CONS	-2-42-2	11110
111	PSDI	DAE	-1	11110
116	RHAG	IOAE	-2	11110
134	TIPU	LIAE	-1-13	11110
24	CONC	HASP	-5-22-43	11111

000000011111111111
001111100000001111
000110000011
01111

Figuur 19: Resultaten van de clustering volgens TWINSpan met gegevens van macrofauna die bemonsterd is in maart/april 1989 over een gestandaardiseerd traject van 10 m met behulp van een standaard macrofaunanet.



Figuur 20: Dendrogram van soortsaandelingen volgens TWINSpan.
(Zie tabel 19 voor de betekenis van de codes en de soorten).



Figuur 21: DCA-ordinatie diagram van de beekbovenlopen gegevensset.
 Horizontaal: as 1; Verticaal: as 2.
 (Zie bijlage 5* voor de betekenis van de codes).
 * bijlage 5 wordt vervangen door tabel 17 A en 17 B

Tabel 5: De verschillende eigenwaarden voor de eerste vier ordinatie-assen van de ordinatie diagrammen figuur 14, 15, 17, 18 en 21).

		ordinatie - as			
		1	2	3	4
eigenwaarde CCA	(14)	0,41	0,35	0,32	0,27
verklarende variabele	(14)	volume	CZV/SO42	O2 %	Fe2
	(15)			stroom	
eigenwaarde CCA	*(17)	0,41	0,35	0,31	0,28
verklarende variabele	(17)	volume	SO42	CZV	Fe2
eigenwaarde DCA	(21)	0,43	0,39	0,26	0,10
verklarende variabele		vervui ling + stroom	vervui ling + O2 %	-	-

* - dit geldt tevens voor de eigenwaarden uit figuur 18

abel 7: Het procentuele aandeel van de verschillende functionele voedingsgroepen in de verschillende bemonsteringspunten. De macrofauna is bemonsterd in maart/april 1989 met een standaard net over een gestandaardiseerd traject van 10 m.

bemo. punt	CG	CF	S	SH	P	CG/CF	CG/S	CG/P	CF/P	SH/S	R
ACHT01	92,4	2,6	-	-	2,0	-	-	2,4	-	0,5	0,2
BLEE01	13,0	-	-	76,1	5,3	-	-	0,3	-	0,6	4,8
BLEE02	2,8	-	-	81,1	14,7	-	-	0,1	-	0,4	3,5
CABO01	1,0	-	-	95,1	1,7	-	0,1	0,1	-	0,3	1,8
CABO02	0,7	-	-	94,4	2,4	-	-	0,3	-	0,5	1,5
FLES01	58,9	-	-	-	23,5	-	-	5,9	-	-	5,9
HAMA01	10,0	-	-	30,0	30,0	-	-	-	-	5,0	25,0
HAMA02	3,1	-	-	6,3	15,6	-	-	-	-	12,5	62,5
HEIL01	9,2	0,9	-	77,4	8,8	-	0,5	0,5	-	-	2,8
HEIL02	17,0	-	-	29,8	28,7	-	13,8	-	-	1,0	5,3
HEIL03	50,0	13,6	-	-	13,6	-	-	-	-	-	22,7
HEIL04	84,9	1,6	-	1,1	9,2	-	-	-	-	-	2,7
HULT01	44,2	1,9	-	2,9	9,6	-	1,0	-	-	24,0	14,4
LELO01	12,3	3,5	-	67,5	16,8	-	-	-	-	-	5,3
LIES01	10,3	12,5	-	29,4	25,1	-	-	-	-	6,5	16,2
NOERO1	3,5	11,6	-	4,5	67,4	-	-	1,2	-	5,8	5,8
WILD01	32,8	8,2	-	-	35,8	-	-	1,5	-	20,1	1,5
WILD02	62,6	0,2	-	2,1	30,5	-	0,2	0,4	-	2,1	1,9

CG = collector-gatherers
CF = collector-filterers
S = scrapers
SH = shredders
P = predators
CG/CF = collector-gatherers/collector-filterers
CG/S = collector-gatherers/scrapers
CG/P = collector-gatherers/predators
CF/P = collector-filterers/predators
SH/S = shredders/scrapers
R = restgroep

Tabel 8: Vergelijking van de verschillende clusterings uit de verschillende onderzoeken (ten Cate, 1986; Ketelaars, 1986; Latour, 1988) met de clusterings verkregen in dit onderzoek.

Associatie Cluster	Soort	Typering	Auteur	Dit onderzoek Cluster
A --- ---	PROAMERI HEROSTAG TIPULIAE PLTRCONS HIPSCNOT HYENRIPA POPBELAE	niet of weinig beïnvloede bovenloopjes, bronbeken stromende wateren, kwel, fijn/grof zand met stenen bladpakketten detritus en weinig waterplanten, permanent wervoerende beken	ten Cate	-
B	NERACINE TUFETUBI GARUPULE AGABUSS6 MIPSATRO	neerslagbeken, vallen gedurende een vrij lange periode droog, soorten met een korte levenscyclus en/of geschikte overzomeringsstrategieën	ten Cate	-
C	HEFTERSP ANLINERV LIBICRIN	geschaduwde beken met grote dimensies, hoge stroomsnelheden laag zuurstofpercentage, stromen door landbouwgebieden	ten Cate	-
D	POPEGNUB PISIDISP PALPOMSP NERACINE EISETETR AGABUSS6 ASELAQUA SIGADIST CHCLSPIG	weinig natuurlijke beken met verbrede en verdiepte bedding verwijdering van de oevervegetatie, plaatsing van stuwen, meanders afgesneden en bochten rechtgetrokken	ten Cate	1
E 5+6 7+8	PSTAVARI CHIRONOSP CRICGSYL	bovenlopen met een natuurlijk profiel echter met ingrijpende beïnvloedingen zoals beschoeiingen en afvallozingen, soortenarme gemeenschappen	ten Cate Ketelaars Latour	3
1	LILUCENT POPEUNCI LISSPEC LUCUVARI	soortenarme droogvallende met niet bijzonder lage pH, valt de hele zomer en een deel van de herfst droog	Ketelaars	1
2	CLOEDIPT NERACINE TATARSSP LILUAFYI	enkele maanden droogvallende beken, soorten tolerant voor matig verontreinigde beken	Ketelaars	5
3	LILUAURI NERACINE HYPONIGR	beken vallende gehele zomer droog, kwelwater, hoge nitraatgehalten	Ketelaars	4

Vervolg tabel 8.

Associatie Cluster	Soort	Typering	Auteur	Dit onderzoek Cluster
4. —	ZAMYASP NALOPISP AGABBIPU KEPELOSP PROIUSSP DUGELUGU HYPOPALU NATARSSP	geen droogvallende beken, lage zuurstof percentages hoge ammonium gehalten, hoge ESV, bij eventuele droog valling blijven er vochtige plaatsen zoals onder stenen of bladpakketten	Ketelaars	1 4
I	CHIRONSP TUBIAEMH TUBIAEZH LUCUVARI	algemeen voorkomende soorten	Latour	-
II	ZAMYASP APSECTSP PHAENOSP	soorten die verstoringen en organische belasting kunnen verdragen, beken met gestoorde situaties	Latour	-
III	CONCHASP HEZOSTAG PROIUSSP PSTAVARI NIPSECS	anthropogene beïnvloede gedegeneerde beken, ver- graven met fluctuerende afstroming, substraat bestaat uit gemengd zand en/of slib	Latour	3
IV	NERACINE NALONEBU	kleine watertjes, stilstaande poelen soms soorten aanwezig met terrestrische levenswijze	Latour	6

4. Foutendiscussie

4.1. Methode van bemonstering

* Bij het bemonsteren van de bovenloop is gebruik gemaakt van een standaard macrofaunanet, zoals deze gebruikt wordt bij het bemonsteren van macrofauna in midden- en benedenlopen. Dit net is echter niet goed te gebruiken in bovenlopen, omdat bovenlopen kleiner zijn.

In bovenlopen kon het net niet volledig onder water geduwd worden, zodat bemonstering van een standaard volume verloren ging. Het voorkomen van organismen is sterk gecorreleerd aan de ruimte, die ze kunnen innemen. Hoe groter de Lebensraum, hoe meer organismen erin kunnen voorkomen. Het bemonsterde volume wordt daardoor een zeer belangrijke parameter. Dit probleem is opgelost door de gemeten diepte en breedte per monsterpunt met elkaar te vermenigvuldigen. Daar alle trajectlengten per monsterpunt gestandaardiseerd zijn naar tien meter kan volstaan worden met een relatieve maat voor het bemonsterde volume, uit te drukken in de breedte maal de diepte.

Tevens is het mogelijk geweest dat een aantal soorten gemist zijn ten gevolge van het te grote net. Hierdoor kon het net niet goed op de bodem of in de oever geplaatst worden. In dit soort gevallen had beter de kickmethode toegepast kunnen worden. Hierbij wordt het net loodrecht op en deels in de bodem geplaatst met de opening in stroomopwaartse richting, waarna de bodem voor het net met de voet wordt omgewoeld en het losgemaakte materiaal in het net wordt verzameld (van der Hammen, 1984). Het gevolg kon zijn dat er een klein aantal van bodem en/of oever organismen gevangen werd en als zeldzaam werden beschouwd, terwijl deze organismen vaak tot de algemeen voorkomende soorten behoren. Echter het percentage gemiste soorten per bemonsteringspunt is niet controleerbaar en is er gewerkt met de getelde abundaties en soorten, die bemonsterd zijn.

* Ter bepaling van Fe^{2+} is in het veld beekwater gefiltreerd over een vouwfilter om het filtraat te zuiveren van onopgeloste $\text{Fe}(\text{OH})_3$. Echter colloïdale deeltjes $\text{Fe}(\text{OH})_3$ gaan door het vouwfilter heen. Wil men dit voorkomen dan moet men gebruik maken van een membraanfilter. Dit is om praktische redenen niet haalbaar in het veld. Bij bepaling in het laboratorium van Fe^{2+} werd een systematische fout gemaakt, want in feite werd een concentratie van ferri en ferro bepaald. Hoe groot deze fout was, was niet controleerbaar.

Het was mogelijk dat deze fout weer gecompenseerd werd, doordat bij bewegen van het flesje tijdens wandelen en filtreren voor het aanzuren zuurstof inslag plaatsvond. Fe^{2+} werd dan omgezet in Fe^{3+} . Daar dit niet meetbare processen zijn, moet men er wel van bewust zijn dat het kan gebeuren.

De systematische fouten, die hierbij optraden zijn waarschijnlijk zo klein ten opzichte van de eventuele gemiste soorten, dat deze fouten verwaarloosbaar waren. De ijzer gehalten zijn om deze redenen gebruikt in de analyses.

* Voor een aantal bemonsteringspunten HEIL01, HEIL02, HEIL03, HEIL04, CAB001, CAB002, BLEE01, BLEE02, LIES01) zijn de Fe^{2+} bemonsteringen en bepalingen twee weken later uitgevoerd dan de bemonstering van de macrofauna (tabel 9), omdat bij de eerste analyse foute bepalingen gedaan zijn. Uit tabel 9 en 10 blijkt dat deze Fe^{2+} waarden ten opzichte van de waarden bij de tweede chemische bemonstering (18/5/1989) weinig verschillen. De verwachting is dat de Fe^{2+} concentraties bij de bemonstering van 10/4/1989 niet veel hoger of lager liggen dan de tweewaardig ijzer concentraties van de eerste bemonstering. Om deze redenen zijn de gegevens van de ijzergehalten, die bemonsterd zijn op 10/4/1989 wel gebruikt in de analyses.

* Een derde "fout" die gemaakt is bij de gegevensverwerking met de computer is het relateren van de het voorkomen van macrofauna aan de fysische-chemische gegevens, die één keer gelijktijdig met de macrofauna bemonsterd zijn, in plaats van met de gemiddelde waarden van de drie keer bemonsterde fysisch-chemisch gegevens na macrofaunabemonstering. Dit middelen had eventueel gemogen ware het niet dat vorig jaar (1988) een zeer nat jaar was, terwijl dit jaar een zeer

extreem droog jaar is (tabel 11). De fysisch-chemische gegevens zullen in dit droge jaar de gegevens van vorig jaar in het geheel niet benaderen. Een bijkomend feit is dat veel loopjes veel eerder droogvielen en de derde bemonstering bijna geheel kwam te vervallen, waardoor middelen niet mogelijk was.

* Het oorspronkelijke idee van éénmalige bemonstering van de macrofauna en tweemaalige fysisch-chemische bemonstering voorafgaande aan de macrofaunabemonstering, is dat macrofauna een beeld geeft van de waterkwaliteit van de voorafgaande periode. In deze voorafgaande periode zou twee keer fysisch-chemisch bemonsterd moeten zijn en één keer gelijktijdig met de macrofauna. Dit is niet gebeurd, integendeel er hebben twee fysisch-chemisch bemonsteringen na macrofauna bemonstering plaatsgevonden. Bemonstering voorafgaande aan de macrofauna is niet gebeurd om praktische redenen:

- ∴ Bij droogvallende bovenlopen is de watervoering afhankelijk van de neerslag. Dus na een periode van droogval (zomer) zou zeer frequent bekeken moeten worden wanneer bemonsterd kan worden. In dit geval zou dat rond juli/augustus 1988 zijn geweest (tabel 11). Dit betekende in januari/maart 1988 vaststelling van de monsterpunten. Binnen het kader van dit afstudeerproject was dit onmogelijk.

* Een laatste en zeer belangrijk feit in de methode van bemonstering is uit statistisch oogpunt bezien de onverenigbaarheid van kwalitatief en kwantitatief bemonsteren.

De betrouwbaarheid van de bemonstering wordt door drie factoren bepaald:

1. ruimtelijke verdeling van de organismen
2. monstergrootte
3. aantal monsters

De manier waarop de organismen in een ruimte verdeeld zijn (toevallige verspreiding, geklonterde verspreiding of regelmatige verspreiding) bepalen de soortensamenstelling en de abundanties.

Het monsteroppervlak bepaalt de soortensamenstelling, want de achterliggende theorie is dat bij toename van de monstergrootte een toename van het aantal soorten verwacht wordt. Theoretisch bezien kan dit in het oneindige doorgaan, maar praktisch is dit niet realistisch. De relatie tussen monstergrootte en soortenaantal kan grafisch weergegeven worden in een species-area kromme (fig. 22). Men streeft ernaar om naar aanleiding van de grafiek een ideaal oppervlak te bemonsteren. Onder het ideale oppervlak wordt dan verstaan dat oppervlak, waarbij het aantal soorten nauwelijks toeneemt indien een nog groter oppervlak bemonsterd zou worden.

Door van een aantal genomen monsters op één locatie het gemiddelde te nemen wordt al een betrouwbaarder beeld van de soortensamenstelling verkregen.

Bij een kwalitatieve bemonstering wil men zoveel mogelijk verschillende soorten vangen. Per bemonsteringspunt zou het minimum areaal bepaald moeten worden door middel van het scoren van de aan- of afwezigheid per soort. De nadruk ligt hierbij op de monstergrootte en de verscheidenheid aan monsters. Dit vraagt een selectieve bemonsteringsmethode. Bij kwantitatieve bemonstering daarentegen ligt de nadruk meer op het aantal monsters die aselect genomen moeten worden. Hoe meer monsters hoe betrouwbaarder de abundanties per soort (Peeters, 1989).

Hieruit volgt dat voorafgaand aan kwantitatief onderzoek eerst kwalitatief onderzoek gedaan moet worden. Gaat men hierna kwantitatief onderzoek doen op dezelfde locaties dan is het ideale monsteroppervlak per locatie bekend en kan dit oppervlak bemonsterd worden. Dit vergroot de betrouwbaarheid van het onderzoek.

Wil men kwalitatieve en kwantitatieve bemonstering in één onderzoek met elkaar verenigen, zoals in dit onderzoek gebeurd is, dan moeten om praktische redenen compromissen gesloten worden, die niet ten goede komen aan de betrouwbaarheid van tabel 11 en figuur 22

de bemonstering. In dit onderzoek is het ideale monsterringoppervlak niet bepaald. De consequentie is dat waarschijnlijk een aantal soorten gemist zijn, dit is echter niet te controleren.

Dit tweesporenbeleid van tegelijk kwalitatief en kwantitatief bemonsteren is in dit onderzoek gedeeltelijk ondervangen door semikwantitatief te bemonsteren. Dit houdt in dat de weinig abundante soorten meer gewicht en de zeer abundante soorten minder gewicht aan toegekend is. Dit is gedaan door middel van een natuurlijke logaritmische transformatie van de abundanties toe te passen.

4.2. Methode van gegevensverwerking

Om uit de hoeveelheid gegevens verantwoorde conclusies te trekken is gebruik gemaakt van een aantal computerprogramma's (CANOCO, DECORANA en TWINSpan). Deze computerprogramma's zijn wiskundige modellen en ontwikkeld om het voor de mens mogelijk te maken de complexiteit van de relaties tussen het voorkomen van macrofauna en de verschillende milieuvariabelen te doorgronden.

De voordelen van deze computerprogramma's is de toetsbaarheid en de reproduceerbaarheid van de resultaten. Het grote nadeel is dat het vereenvoudigde modellen blijven, die van een aantal veronderstellingen uitgaan, zoals:

1. een unimodale responsie van organismen op milieugradienten
2. bemonsterspunten mogen niet variëren in hun graad van homogeniteit
3. normale verdeling van het responsiemodel
4. de voornaamste verklarende gradiënt in CANOCO is een lineaire combinatie van de milieuvariabelen

(Gauch, 1982; Jongman, 1987).

Het nadeel van DECORANA is dat het programma alleen ordineert. Verdere verwerking zal handmatig moeten gebeuren. Op zich heeft dit als voordeel dat de informatie beter geïntegreerd kan worden met de autoecologische gegevens. Echter het is tijdrovend werk.

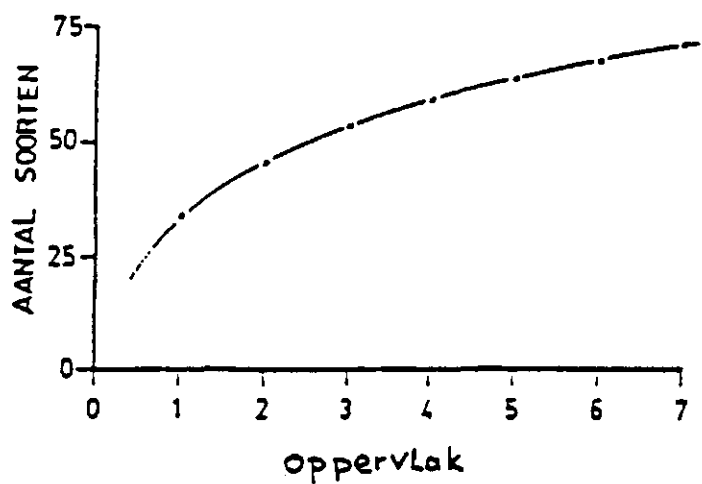
CANOCO vult de hiaten van DECORANA op. Echter het wiskundige model wordt hierdoor robuuster. Zo veronderstelt CANOCO dat bij optimale berekening het aantal milieuvariabelen kleiner moet zijn dan het aantal bemonsteringspunten minus twee ($q < n-2$). Is dit niet het geval dan kunnen een aantal milieuvariabelen sterk met elkaar gaan interfereren of zijn een aantal milieuvariabelen met elkaar gecorreleerd. Een aantal milieuvariabelen moeten dan verwaarloosd worden. Dit verwaarlozen van variabelen vraagt veel ervaring. In feite wordt er informatie "weggegooid" om meer informatie te verkrijgen. Welke milieuvariabelen sterk met elkaar correleren is te controleren door binnen CANOCO gestandaardiseerde PCA (bijlage 1) te draaien, om zo tot een verantwoorde keuze van de te "weg te gooien" of combinaties van milieuvariabelen te komen (Jongman, 1987; Looman, 1984).

Eén van de belangrijkste veronderstellingen van DECORANA en CANOCO gaat uit van een normale verdeling van het responsiemodel (figuur 23). De gegevens die in macrofauna onderzoeken verkregen worden zijn over het algemeen zelden normaal verdeeld. De veldgegevens zullen zodanig getransformeerd moeten worden naar een normale verdeling, zodat het gerechtvaardigd is om CANOCO, DECORANA en TWINSpan te gebruiken. Wil men controleren of de gegevens normaal verdeeld zijn dan kan men gebruik maken van de "Machtenwet van Taylor". Dit is een statistische toets die het verband tussen de variantie en het gemiddelde uitgaat. De "Machtenwet van Taylor" luidt als volgt:

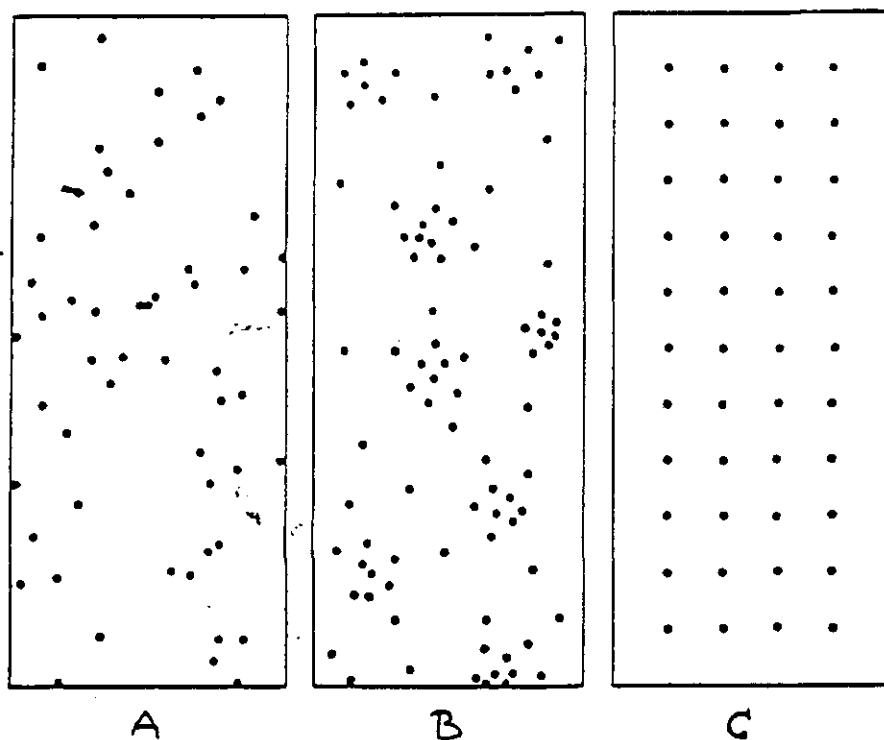
$$\sigma^2 = \mu^p$$

waarin μ = het theoretische gemiddelde

σ = de theoretische standaardafwijking



Figuur 22: Species-area kromme.
(Peeters, 1989).



Figuur 23: Dispersie patronen.
a: toevallige verspreiding
b: geklonterde verspreiding
c: regelmatige verspreiding
(Peeters, 1989)

- b = de maat voor klontering (verspreiding van organismen over de ruimte) (figuur 24)
a = constante, afhankelijk van een aantal factoren zoals bemonstering

Door in een onderzoek meerdere monsters op diverse locaties te nemen en vervolgens het gemiddelde (μ) en de standaardafwijking (σ) te berekenen worden μ en σ verkregen. Is door middel van deze toets overtuigend aangetoond dat de gegevens normaal verdeeld zijn dan hoeft geen transformatie toegepast te worden. Is daarentegen overtuigend aangetoond dat de verdelingen niet-normaal verdeeld zijn dan kan een transformatie toegepast worden.

Alhoewel in dit onderzoek per monsterpunt meerdere deelmonsters genomen zijn, maar deze bij elkaar gedaan zijn kan de "Machtenwet van Taylor" niet toegepast worden. Feitelijk mogen de computerprogramma's niet gebruikt worden. Echter in 98 % (mondelinge mededeling E. Peeters) van de gevallen zijn de gegevens niet-normaal verdeeld, zodat met 98 % zekerheid een natuurlijke logaritme transformatie van de abundanties van de soorten in dit onderzoek gerechtvaardigd is (Peeters, 1989).

In het algemeen kan gezegd worden dat bij gebruik van deze computerprogramma's simplificaties optreden. Men moet ook goed voor ogen houden dat deze wiskundige modellen een middel zijn om samen met de autoecologische gegevens tot verantwoorde conclusies te kunnen komen.

5. Discussie

In dit hoofdstuk worden de figuren in hoofdstuk drie één voor één besproken in de hierna volgende paragrafen.

5.1 Karakterisering van de herkomst van het water in de beken

In deze paragraaf worden de stromingspatronen en herkomst van het water in de bemonsterde beken bepaald.

Inzicht in het stromingspatroon van grondwater is noodzakelijk om de verspreiding en negatieve gevolgen van verontreinigingen en antropogene beïnvloedingen voor de kwaliteit van natuurgebieden te kunnen bestuderen.

In het algemeen stroomt grondwater van infiltratiegebieden (vanaf de grondwaterscheiding) door ondiepe en diepe bodemlagen naar lager gelegen gebieden (kwelgebieden) (figuur 25).

De hiernavolgende gebieden worden gekenmerkt door stroming van ondiep grondwater met meerdere van de hierna te noemen eigenschappen:

1. Kwelgebieden:
 - grondwaterstroming bevat een opwaarts gerichte component (in de richting van het maaiveld).
 - dicht afwateringsstelsel (veel sloten of andere watergangen).
 - ligging in de laagste delen van de zandgronden nabij de ontwateringsbasis (stromend oppervlaktewater ligt dichtbij de ontwateringsbasis en in de zônes grenzend aan de hoge zandgronden).
 - ondiepe grondwaterstanden.
 - geringe fluctuaties van de grondwaterstand gedurende het jaar.

2. Infiltratiegebieden:
 - de grondwaterstroming bevat een naar benedengerichte component; voornamelijk ondergrondse afvoer van het neerslagoverschot.
 - weinig of geen afwateringsgangen.
 - ligging op de middelhoge en hoge zandgronden.
 - relatief diepe grondwaterstanden.
 - aanwezigheid van een grondwaterscheiding.
 - matig tot goed doorlatende ondergrond.

3. Hydrologisch geïsoleerde gebieden:
 - geringe verticale grondwaterafstroming.
 - relatief dicht afwateringsstelsel.
 - ligging op de lage zandgronden met of zonder slecht doorlatende laag en op de middelhoge en de hoge zandgronden met slecht doorlatende lagen op enkele meters beneden het maaiveld.
 - hoge grondwaterstanden gedurende natte perioden.
 - sterk fluctuerende grondwaterstand gedurende het jaar.

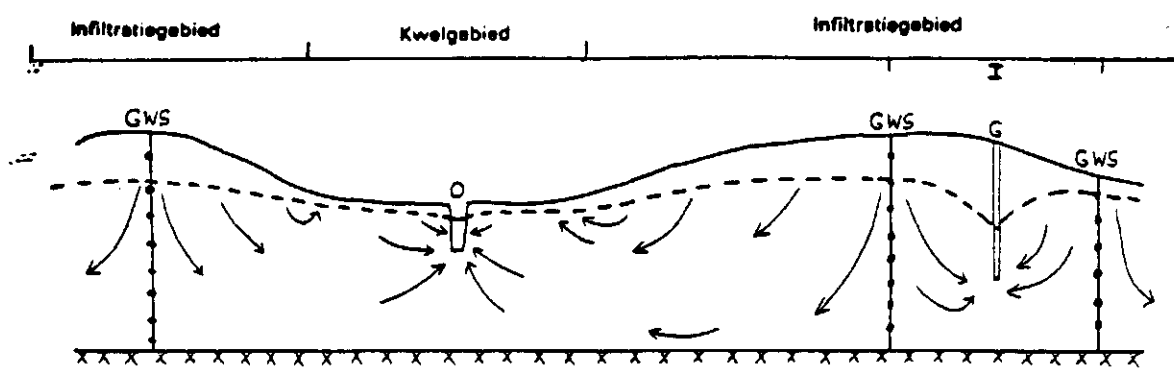
(figuur 25)

Om de ruimtelijke samenhang tussen infiltratie- en kwelgebieden te kunnen beschrijven dient de omvang van het gehele voedingsgebied, dat de kwelzône van ondiep grondwater voorziet, bekend te zijn.

De grens van het voedingsgebied wordt gevormd door de waterscheiding. De afstroming van het ondiepe grondwater loopt van de waterscheiding naar de ontwateringsbasis. De ontwateringsbasis van het ondiepe grondwater wordt gevormd door een watergang waarop de aangrenzende gronden en waterlopen afwateren. De ontwateringsbasis komt meestal in de kwelzône voor. De waterscheiding van het ondiepe grondwater bevindt zich meestal in de hoogste delen van het landschap.

(Vissers, 1985).

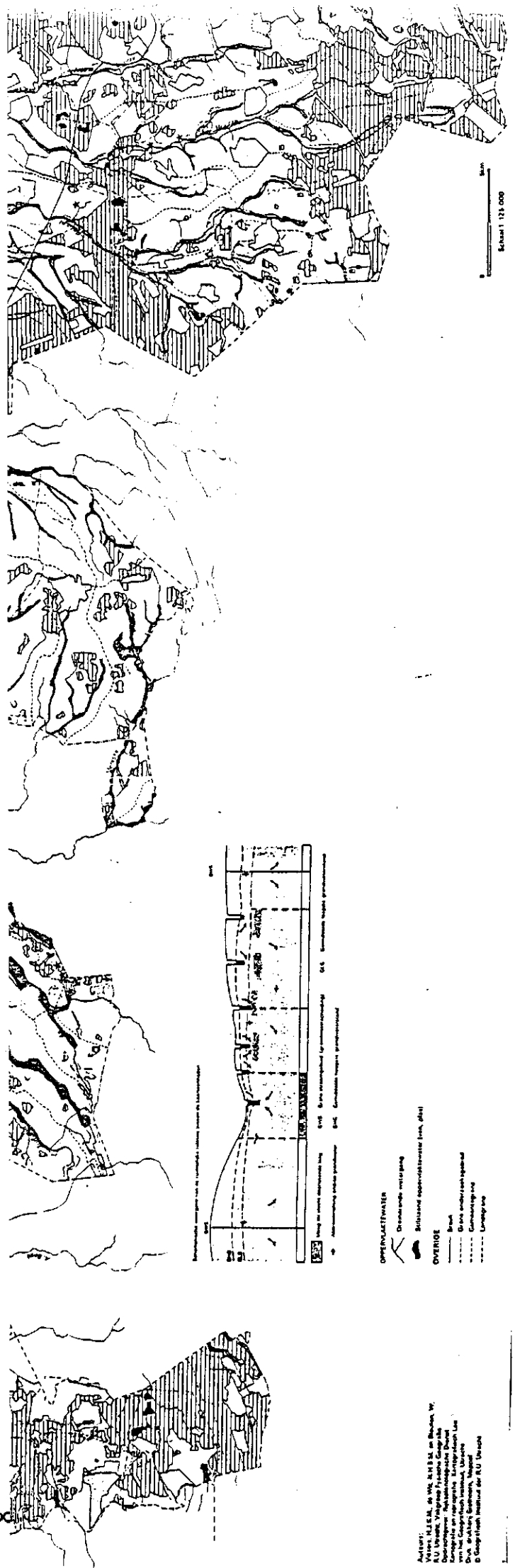
Om aan te geven in welke gebieden de bemonsteringspunten liggen is met behulp van de kaart van de grondwaterstromingen op de zandgronden (figuur 26) dit bepaald



Legenda

GWS: grondwaterscheiding	--- grondwatervlak
O : ontwateringsbasis	xxx hydrologische basis
G : grondwateronttrekking	→ afstromingsrichting grondwater
I : intrekgebied pompstation	

Figuur 25: Globale stroming van het ondiepe grondwater in een homogeen watervoerend pakket (schematisch).
(Visser, 1985).



Figuur 26: De ruimtelijke relaties door
het Zuidelijk zandgebied.
(Vissers, 1985).

voor de achttien locaties. Uit figuur 26 blijkt dat de bemonsteringspunten FLES01, WILD01, WILD02, HAMA01, HAMA02, LEL001, ACHT01, HEILO3 en HEILO4 in infiltratiegebieden liggen; MOER01 en HULT01 in kwelgebieden liggen en LIES01, HEILO1, HEILO2, CABO01, CABO02, BLEE01 en BLEE02 in de hydrologisch geïsoleerde gebieden liggen. Worden figuur 12 en 26 met elkaar gecombineerd dan blijken de conclusies niet mooi over elkaar heen te vallen. In figuur 12 is te zien dat de bemonsteringspunten in drie groepen te verdelen zijn.

A. De Moersloot en de Hultensche Leij liggen het dichtst bij het lithocliene referentiepunt

B. De Bleekloop, de Wildertloop, de Liesboschloop, de Calfvense Bosloop, de Heiloo en de Leijloop liggen in het midden van het diagram

C. De Halve Maanloop, de Fleschloop en de Achtmaalloop liggen dicht bij de atmocliene en thallasocliene referentiepunten

De Moersloot en de Hultensche Leij zijn door hun ligging in groep A geplaatst. Door de hoge calciumgehalten is de Ionic Ratio groot ten opzichte van die van de andere bemonsteringspunten. Dit verklaart de "hoge" ligging van deze punten in figuur 12. De hoge calciumgehalten duiden op een lange verblijftijd van het water in de grond (zie paragraaf 2.2.1). In overeenstemming hiermee is de ligging van deze punten in de kwelgebieden op de kaart, die de grondwaterstroming weergeeft (figuur 26), want omdat het kwelwater is heeft het een lange verblijftijd in de grond gehad. Geconcludeerd kan worden dat het water in de Moersloot en de Hultensche Leij afkomstig is van ondiep kwelwater.

Gezien het feit dat de punten in groep B dicht bij elkaar vallen en in het midden van het diagram vallen geeft aan dat deze punten gedeeltelijk gevoed worden door ondiep grondwater en neerslag water. In combinatie met de kaart, die de grondwaterstroming weergeeft, is dit te verklaren doordat deze punten in hydrologisch geïsoleerde gebieden liggen waar allerlei grondwaterstromen optreden. Binnen groep B is nog een onderverdeling van de punten te zien. Zo zijn de Bleekloop, de Liesboschloop en het eerste bemonsteringspunt van de Wildertloop dicht bij het atmocliene referentiepunt geplaatst dan de rest van de punten in deze groep, die dicht bij het thallasocliene punt geplaatst zijn. Hieruit blijkt dat de Bleekloop, de Liesboschloop en het eerste bemonsteringspunt van de Wildertloop minder vervuild zijn door de de lage EGV dan de rest van de punten.

ACHT01, FLES01, HAMA01 en HAMA02 zijn in groep C geplaatst. Dit betekent dat deze punten voornamelijk door regenwater gevoed worden. Dit is zeer goed te verklaren wat de Halve Maanloop betreft met behulp van de gegevens uit de tabel met de algehele morfologie van de bemonsteringspunten (tabel 2). De Halve Maanloop wordt gevoed door het Halve Maan Ven; dit ven wordt gevoed door neerslagwater, evenzo wordt de Halve Maanloop.

FLES01 en ACHT01 liggen relatief dicht bij het thallasocliene referentiepunt. Dit betekent dat deze punten een hoog chloridegehalte bevatten en hierdoor relatief dicht bij het zeewaterpunt liggen. Daar bekend is dat niet in zeewater of brakwater is bemonsterd, zijn deze punten vervuild.

5.2 Bespreking van de verschillende bemonsteringspunten aan de hand van fysisch-chemische gegevens

In deze paragraaf worden de milieuvariabelen van de verschillende bemonsteringspunten voor zover mogelijk getoetst aan de hand van IMP-richtlijnen voor de basiskwaliteit. Deze toetsing is uitgevoerd om een beter beeld te krijgen van welke onderzochte lopen vervuild zijn en welke lopen niet.

Worden alleen de chemische parameters beschouwd (tabel 3 en 4) dan blijkt uit toetsing aan de IMP-basiskwaliteit dat het punt ACHT01 zeer vervuild is en bijna alle IMP normen overschrijdt. Tevens blijkt uit deze toetsing dat voor bijvoorbeeld de Fleschloop het sulfaatgehalte, ammoniumgehalte en het chloridegehalte volgens basiskwaliteit worden overschreden. Dit is een indicatie dat de Fleschloop enigszins vervuild is door uitspoeling van nutriënten uit

bemesting. Dit geldt evenzo voor de Calfvense Bosloop, die de nitraat-, chloride- en orthofosfaatrichtlijnen overschrijdt en de Wildertloop die de richtlijnen voor zuurstof-, nitraat-, EZV5- en chloridegehalten overschrijdt. De Heiloo loop overschrijdt de richtlijnen voor nitraat- en chloridegehalten. In vergelijking met de morfologietabel (tabel 2) blijkt dat bij al deze punten cultuurlandschap bovenstrooms ligt. Bemesting zou er onder andere de oorzaak van zijn dat voor bepaalde chemische parameters de norm overschreden wordt. In hoeverre dit beeld zich voortzet wordt hieronder besproken.

5.3 Groepering van de verschillende milieuvariabelen aan de hand van PCA-resultaten

Gestandaardiseerde Principale Componenten Analyse (PCA) (bijlage 1) is gebruikt om de gecorreleerde milieuvariabelen te groeperen (figuur 13). Op grond van deze groepering en ontdekte correlaties zijn een aantal milieuvariabelen verwaarloosd. De resterende niet-gecorrleerde milieuvariabelen zijn in de CANOCO analyse (zie paragraaf 5.4) gebruikt om eventuele relaties tussen voorkomen van macrofauna met milieuvariabelen aan te tonen. Aan het eind van deze paragraaf is een samenvatting gegeven om een beter beeld te krijgen van de fysisch-chemische toestand van de onderzochte lopen.

Uit de PCA-ordinatie diagram (figuur 13) valt af te lezen dat veel chemische parameters met elkaar correleren. Er zijn vijf groepen te onderscheiden, waarin onderling de chemische parameters sterk correleren:

1. de "organische vervuilingsparameters" CZV, EZV5, SO_4^{2-} , N-kjel, ORT-P, HCO_3^- en NH_4^+
2. EGV, macro-ionen
3. Stroomsnelheid, O_2 %
4. Temperatuur
5. Volume water in de beek, Fe^{2+} gehalten

Groep 1

Uit de PCA-ordinatie diagram is af te lezen dat als vervuilingsindicatoren kunnen dienen CZV, EZV5, N-kjeldahl, NH_4^+ , SO_4^{2-} , HCO_3^- en orthofosfaat. Uit het feit dat de vectoren orthofosfaat en totaalfosfaat ver uit elkaar liggen valt af te leiden dat orthofosfaat een andere indicatie aangeeft dan totaalfosfaat. Een mogelijke verklaring hiervoor is dat orthofosfaat in deze groep een indicator is voor belasting van het water met organische bemesting. Evenals de andere milieuvariabelen in deze groep, zoals bijvoorbeeld CZV, N-kjeldahl en ammonium. Tevens is te zien dat N-kjeldahl en NH_4^+ bij de "organische vervuilingsindicatoren" horen en nitraat/nitriet niet. De verwachting was dat dit wel zo zou zijn. Uit de literatuur is bekend dat de hoeveelheid nitraat of beter gezegd de voortgang van het nitrificatieproces positief gecorreleerd is aan de afmetingen van de loop oftewel het volume water (Visser, 1985). Hoe kleiner de (boven)loop hoe minder het nitrificatieproces is verlopen en hoe minder nitraat aanwezig is. Dit is niet het geval. Deze parameters zijn negatief gecorreleerd. Vooruitlopend op de PCA-ordinatie diagram, waarin de Achtmaalloop verwaarloosd is (figuur 16) valt af te leiden dat nog steeds het nitraatgehalte en het volume water negatief gecorreleerd zijn. Een mogelijke verklaring hiervoor kan zijn de "storende" werking van de hoge nitraatgehalten en de kleine afmetingen van de bemonsteringspunten CAB001 en CAB002 (tabel 9).

Uit de PCA-ordinatie diagram blijkt de vervuilingsgraad van monsterpunt ACHT01. De Achtmaalloop is in het diagram weergegeven door een zeer lange vector. Dit betekent dat dit monsterpunt een zeer bepalend punt is voor de analyse.

Groep 2

Deze groep bestaat uit de macro-ionen Na^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , Cl^- en de EGV. Daar de EGV bepaald wordt door deze macro-ionen is de vector in het PCA-ordinatie diagram een resultante van de samenstellende vectoren van de macro-ionen. Echter

de EGV valt vrijwel samen met de vector van Mg^{2+} . In dit geval is Mg^{2+} de bepalende vector/factor in de EGV.

Uit het diagram valt tevens af te leiden dat de pH vector volledig samenvalt met de K^+ vector. De hypothese is dat de hier bemonsterde bovenlopen oorspronkelijk zuur zijn, maar doordat bemesting van kunstmest een grote rol speelt zal bij een groot K^+ aanbod een uitwisseling met H^+ plaatsvinden, waardoor het water minder zuur wordt. Mede door deze hypothese zijn de vectoren in groep twee indicaties voor beïnvloeding met kunstmest.

Groep 3

In de derde groep zijn positief gecorreleerd het zuurstofpercentage, het zuurstofgehalte en de stroomsnelheid. Deze positieve correlatie is goed te verklaren met behulp van de theorie. Bij een grotere stroomsnelheid zal ten gevolge van meer turbulentie een grotere zuurstofinslag plaatsvinden.

Groep 4

Groep vier is alleen samengeteld uit de temperatuur. Dat de temperatuur in een aparte groep geplaatst is en niet gecorreleerd is met de andere parameters spreekt voor zich, omdat de temperatuur alleen invloed heeft op de snelheid van het verloop van de chemische reacties en geen invloed op gehalten..

Groep 5

In deze groep vallen de afmetingen van de beek en het volume bemonsterde water. Hierbij is het volume de belangrijkste parameter (zie paragraaf 4.1). Verder valt nog op te merken dat het volume negatief gecorreleerd is met het zuurstofpercentage en de stroomsnelheid. Uit de literatuur (Ringelberg, 1976) blijkt dat het zuurstofpercentage een resultante is van een aantal processen:

1. verlaging door het afbraakproces ten gevolge van contact met de bodem.
2. verhoging door zuurstofopname ten gevolge van contact met de lucht.
3. verhoging door turbulentie.

In smalle en ondiepe beken zal meer turbulentie optreden dan in brede diepe beken bij een gelijke stroomsnelheid. Er zal hierdoor meer zuurstofinslag plaatsvinden. Binnen dit onderzoek zal het laatste proces het percentage zuurstof grotendeels bepalen.

Deze verklaring geldt niet in zijn geheel, indiende PCA-ordinatie diagram met eliminatie van de Achtmaalloop (figuur 16) bekeken wordt. Het zuurstofpercentage is minder gecorreleerd met de stroomsnelheid en valt nu in de groep van de anorganische vervuilingsindicatoren. Dit is te verklaren met behulp van de tabel met de milieuvariabelen (tabel 9). Uit deze tabel blijkt dat het zuurstofpercentage en de nitraatgehalten positief gecorreleerd zijn. Deze positieve correlatie is te verklaren met behulp van gegevens uit de tabel met de algehele morfologie van de bovenlopen (tabel 2). Het blijkt namelijk dat in een aantal bemonsteringspunten algenbloei optreedt. En deze algenbloei treedt meer op in bemonsteringspunten waar sprake is van geen stroming heerst. Bij afwezigheid van stroming kunnen algen beter hun positie ten opzichte van het licht kiezen. Zodoende kan de positieve correlatie van het zuurstofpercentage, stroomsnelheid en volume water verklaard worden.

De correlaties zijn uitgebreid besproken om verantwoord een aantal parameters te kunnen elimineren. Deze eliminatie van parameters is nodig om aan de voorwaarde ($q < n-2$) van CANOCO te voldoen. Om de hierna volgende redenen konden een aantal parameters geëlimineerd worden.

In groep één zijn geëlimineerd: EZV5, N-kjel, N-NH₄⁺, ORT-P, HCO₃⁻ en de hardheid, omdat deze parameters allen de mate van organische belasting indiceren. De CZV en SO₄²⁻ zijn in de CANOCO analyse behouden, omdat tijdens de verwerking met CANOCO bleek dat deze twee parameters niet correleren met andere parameters. Dit is te zien aan de inflation factor (zie bijlage 3).

In groep twee zijn geëlimineerd: K⁺, TOT-P, Zw stof, EGV, N-NO₂⁻, Na⁺, Cl⁻, Ca²⁺ en Mg²⁺. Ca²⁺ en Mg²⁺ zijn samen getrokken tot één parameter, omdat deze twee parameters het grootste aandeel in de EGV hebben. Dit geldt evenzo voor de samentrekking van de parameters Na⁺ en Cl⁻. De EGV, TOT-P en K⁺ is verwaarloosd om redenen die hierboven in groep twee genoemd zijn.

In groep drie is alleen het zuurstofgehalte verwaarloosd, omdat deze minder indiceert dan het zuurstofpercentage. Het zuurstofgehalte is namelijk niet voor de temperatuur gecorrigeerd, terwijl dit wel gebeurd is voor het zuurstofpercentage.

De temperatuur is verwaarloosd, omdat de bemonsteringen verspreid over de dag zijn genomen. Doordat het tijdstip van monsternamen varieerde is geen vergelijk meer mogelijk tussen de temperaturen van de verschillende bemonsteringspunten.

In groep vijf zijn de milieuv variabelen breedte en diepte verwaarloosd. De reden is al vermeld in paragraaf 4.1.

Samenvattend:

1. De bemonsteringspunten de Achtmaalloop en de Fleschloop zijn zeer vervuild;
2. De Calfvense Bosloop, de Wildertloop en de Heilloop zijn matig vervuild
3. Het nitraatgehalte en het volume water zijn negatief gecorreleerd;
4. De parameter volume water is een belangrijke maat voor het voorkomen van organismen;
5. Het zuurstofpercentage en stroming zijn grotendeels positief gecorreleerd;
6. Het zuurstofpercentage en de stroming zijn negatief gecorreleerd met het volume water;
7. Een aantal parameters behouden zijn voor de CANOCO computerverwerking, te weten: NO₃⁻, (Cl⁻-Na⁺), pH, O₂ %, volume (=breedte), CZV, SO₄²⁻, (Ca²⁺+Mg²⁺), stroming en Fe²⁺;

5.4 Bespreking van de clusters van CCA-resultaten aan de hand van autoecologische gegevens

In deze paragraaf worden aan de hand van de CCA-ordinatie diagrammen (fig. 14 en 15), TWINSpan (tabel 12 en figuur 20) en de autoecologische gegevens clusters gemaakt van de macrofaunasamenstellingen en de bemonsteringspunten. Deze figuren stemmen niet geheel overeen. Waar zo nodig was is beargumenteerd waarom voor de clustering volgens CANOCO of TWINSpan is gekozen. Ter verduidelijking van het geheel zijn de interpretaties van de figuren samengevat in tabel 6. Naar deze tabel wordt voornamelijk verwezen in de hierna volgende tekst. Worden andere figuren of tabellen aangehaald dan wordt dit expliciet vermeld. Tabel 6 staat geheel achterin het verslag.

Autoecologische gegevens zijn van belang om de interpretatiemogelijkheden te vergroten. Naast een bepaald fysisch-chemisch milieu is het biotisch milieu van belang voor de faunasamenstelling (Thierry in Ketelaars, 1986).

De interpretatiemogelijkheden zijn onder andere beperkt door de (nog) geringe kennis over de autoecologie van een groot aantal soorten, de onmogelijkheid om alle literatuurbronnen te bestuderen en de onvolledige taxonomische kennis, zodat een volledig beeld van de milieueisen en milieuvorkeuren moeilijk te krijgen is (Ketelaars, 1986).

Uit de tabel blijkt dat de verschillende soorten en bemonsteringspunten verdeeld zijn volgens een onderliggende gradiënt in een aantal clusters.

Cluster 1

Uit de tabel blijkt dat cluster 1 getypeerd is door brede en diepe beken, matige verontreiniging (lage CZV, SO₄²⁻ en NO₃⁻) een hoog zuurstofpercentage en

zuurgraad en een laag Fe^{2+} -gehalte. Uit figuur 15 valt af te leiden dat vooral in de Liesbosloop en de Moersloot deze combinatie van milieuv variabelen voorkomt. De matige verontreiniging zou verklaard kunnen worden door uitgespoelde anorganische voedingsstoffen uit bemest cultuurland dat bovenstrooms van beide bovenlopen ligt (tabel 2).

Gezien de soorten die in dit cluster voorkomen zijn vooral Euthyas truncata, Anopheles spec en Stylodrilus heringianus indicatorsoorten voor stilstaand en schoon water (Viets, 1936; Ketelaars, 1986). Hydraena brittini en Hydraena testacea komen voor in niet-zure bosgreppels (mondelinge mededeling J. Cuppen). Behalve H. brittini en H. testacea zijn Culiseta spec en Pisidium spec aangepast aan droogvallende milieu's. Mede doordat Asellus aquaticus aanwezig is, betekent dit dat het hier gaat om een relatief lang watervoerende beken, aangezien Asellus aquaticus en Anisus spinorbis gebonden zijn aan permanent watervoerende watergangen (Ketelaars, 1986).

Uit de verwerking met CANOCO blijkt dat Xenopelopia spec, Dugesia lugubris, Polypedilum cf uncinatum en Zavreliomyia spec in een ander cluster geplaatst zijn. Echter uit de autoecologische gegevens blijkt dat dit niet helemaal terecht is. Evenals Anisus spinorbis, Pisidium spec en Asellus aquaticus indiceren Xenopelopia spec en Zavreliomyia spec de aanwezigheid van rottend bladmateriaal in semipermanente wateren (mondelinge mededeling H. Moller Pillot). Zavreliomyia spec is een typische bovenloop soort en komt vooral voor in bronmoerassen en kwel sloten. De habitat van Z. spec is detritusrijk stilstaand water met een zand- of een modderbodem. De aanwezigheid van Z. spec kan op kwelwater duiden.

Tevens blijkt uit de tabel dat dit cluster samengesteld is uit soorten, die alleen kunnen voorkomen in een groot volume water. Waarschijnlijk nemen deze soorten zo'n Lebensraum in dat ze alleen kunnen voorkomen in brede en diepe bovenlopen.

Geconcludeerd kan worden dat cluster 1 getypeerd wordt door soorten die gebonden zijn aan brede en diepe bovenlopen. De bovenlopen zijn niet of weinig beïnvloed, hebben een relatief lange watervoering en een hoge zuurgraad. De beken bezitten weinig tot geen stroming.

Cluster 2

Uit de tabel is af te lezen dat in dit cluster soorten voorkomen die een grote Lebensraum bezitten, een matige verontreiniging kunnen verdragen (positieve correlatie met de CZV, SO_4^{2-} , $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$, $\text{Cl}^- + \text{Na}^+$), geen hoge nitraatgehalten verdragen en geen correlatie vertonen met het zuurstofpercentage, pH en ijzergehalten. Uit het feit dat veel soorten rondom de oorsprong gerangschikt zijn (figuur 14) blijkt dat CANOCO niet voldoet om het voorkomen van de soorten te verklaren aan de hand van de milieuv variabelen. TWINSpan (tabel 12) voldoet in dit geval beter en stemt meer overeen met de autoecologische gegevens.

In dit cluster worden de volgende soorten geplaatst: Anacaena lutescens en Eiseniella tetraedra en de larven van Cyphon spec. Van deze soorten zijn weinig gegevens bekend. De larven van Cyphon spec komen in droogvallende zure wateren voor. Van E. tetraedra is bekend dat deze in vervuilde droogvallende wateren voorkomt. Daar deze soorten in de TWINSpan dendrogram (figuur 20) door de eerste deling in groep 0 vallen is een mogelijke verklaring van het voorkomen van deze soortensamenstelling dat stroming een belangrijke rol speelt.

De soorten in dit cluster vallen volledig samen met het bemonsteringspunt WILD01. Uit tabel 6 blijkt dat in het eerste bemonsteringspunt van de Wildertloop behalve deze vervuiling indicerende soorten ook schoon, stilstaande wateren soorten voorkomen, zoals Z. spec en Micropsectra spec (zie cluster 4). In de Wildertloop blijkt dat er zeer dik bladpakket op de bodem ligt (tabel 2) verklaart het feit dat vuil en schoon water indicerende soorten naast elkaar kunnen leven. Op zich is de waterkwaliteit goed (laag Cl^- , Na^+ , K^+ , SO_4^{2-} gehalten (tabel 9)). Echter door de rottingsprocessen en de afwezigheid van stroming wordt er veel zuurstof verbruikt (tabel 9).

Dit cluster wordt getypeerd door soorten die in matig tot vervuilde, niet

stromende beken voorkomen.

Cluster 3

Dit cluster bestaat uit zeer vervuilde beken (hoge CZV, SO_4^{2-} , Cl^- - Na^+ , Ca^{2+} - Mg^{2+} gehalten en lage zuurstofpercentages). Beken met lage nitraat en hoge ijzergehalten, een lage pH en een matige tot sterke stroming. Dit beeld wordt bevestigd door de soorten Spercheus emarginatus, Psectrotanypus varius, Gerris lacustris, Procladius spec, Enchytraeidae, Cricotopus gr sylvestris, Chironomus spec, Gaiba truncatula, larven van Agabus spec, die allen voorkomen in zeer vervuild water (Ketelaars, 1986; Moller Pillot, 1978/1979; Drost, 1976; Jansen, 1965). Uit de literatuur is bekend dat Chironomus spec weinig gevoelig is voor lage zuurstofgehalten en talrijk is in organisch vervuilde wateren, waarin relatief een sterke afbraak is van organisch materiaal. C. spec mijdt sterke stroming (Moller Pillot, 1978/1979). Agabus spec larven leven op de bodem en voeden zich met bentische organismen, zoals Chironomiden en Oligochaeta. Larven zijn meer gebonden aan hun milieu dan de adulten, omdat ze niet kunnen vliegen. Ze worden daardoor betere indicatoren voor vervuild water.

Uit tabel 6 blijkt dat CANOCO en TWINSpan niet met elkaar overeenstemmen. CANOCO plaatst de bemonsteringspunten ACHT01 en FLES01 dicht bij elkaar, terwijl daarentegen TWINSpan ze ver uit elkaar plaatst. Een verklaring hiervoor zijn de verschillende indelingen in TWINSpan en CANOCO. De eerste indeling van TWINSpan is op stroming en de tweede indeling op vervuiling gebaseerd. De eerste indeling van CANOCO is op de hoeveelheid water in de beek, de tweede indeling op de vervuiling en derde en vierde indeling op een gecombineerde zuurstof percentage en stroming gebaseerd (tabel 5). Uit de CCA-ordinatie diagram met de bemonsteringspunten (figuur 15) blijkt de grote invloed van de vervuiling. Op grond van de vervuilingsgraad is het bemonsteringspunt FLES01 dicht bij het bemonsteringspunt ACHT01 geplaatst. Echter bekijkt men de vector stroom dan zouden de bemonsteringspunten de FLES01 en ACHT01 hoge stroomsnelheden moeten hebben. Het tegendeel wordt bewezen in de tabel met de milieuvariabelen (tabel 9). In dit geval voldoet de indeling van TWINSpan beter en vallen in cluster 3 de bemonsteringspunten WILD01 en WILD02 en ACHT01.

Op grond van dit bewijs moet er niet veel waarde gehecht worden aan de vector stroom in de CCA-ordinatie diagrammen figuur 14 en 15.

Dit cluster kan dan beter getypeerd worden door soorten die voorkomen in zeer verontreinigde beken met weinig tot geen stroming.

Cluster 4

Uit tabel 6 blijkt dat in dit cluster soorten voorkomen die leven in beken met weinig water, een zeer lage vervuilingsgraad (lage CZV, SO_4^{2-} , Ca^{2+} - Mg^{2+} , Fe^{2+} , Cl^- - Na^+ - gehalten) hoge pH en hoge zuurstofpercentages. Soorten die in dit cluster voorkomen zijn Limnephilus centralis, Glyptotendipes pellucidus, Natarsia spec, Micropsectra spec en Polycelis tenuis. Uit de literatuur is bekend dat L. centralis voorkomt in droogvallende zure stilstaande schone wateren. N. spec en G. pellucidus indiceren de aanwezigheid van grof detritus, dat niet ligt te rotten. Eerstgenoemde soort voedt zich hiermee, terwijl de tweede genoemde soort zijn kokertje maakt van dode grove bladeren. G. pellucidus vereist schoon water. Het feit dat M. spec (een echte schone beeksoort aldus H. Moller Pillot) aanwezig is duidt op stroming. Uit de tabel is af te lezen dat de bemonsteringspunten BLEE01 en BLEE02 in dit cluster vallen. In deze punten heerst een matige stroming, dus de aanwezigheid van M. spec is te verklaren.

TWINSpan en CANOCO stemmen overeen in deze clusterindeling. Met alleen dit verschil dat Hydroporus nigrita in TWINSpan in cluster 1 geplaatst is. In dit onderzoek maakt het niet uit in welke van de twee clusters H. nigrita geplaatst wordt. Het voorkomen van H. nigrita is blijkbaar niet gebonden aan een grote Lebensraum om zich heen, echter wel aan lagere temperaturen. H. nigrita is een indicator voor koude bronnen (Ketelaars, 1986). LIES01 en BLEE01 liggen beide in het bos, BLEE02 ligt wat meer onbeschadwd, maar heeft veel overhangende oevers,

dus de temperatuur blijft laag (tabel 2). Dit is een mogelijke verklaring voor het voorkomen van H. nigrita in deze bovenlopen. Echter dit is moeilijk te controleren, omdat de achttien punten verspreid over de dag en een aantal dagen bemonsterd zijn.

Cluster 4 is te typeren als een cluster met soorten die in zeer schone wateren met weinig stroming voorkomen. De soorten behoeven geen grote ruimte om zich heen te hebben, maar vereisen wel een hoog zuurstofgehalte.

Cluster 5

Cluster 5 wordt gekenmerkt door een aantal indifferente soorten, die in matig verontreinigde beken voorkomen. Indifferent wat betreft volume water, stroming, nitraat, natrium, chloride en sulfaat (tabel 6). Tegenstrijdig hiermee zijn de autoecologische gegevens uit de literatuur. Bekend is dat Macropelopia goetghebueri, Hydroporus gyllenhallii in zure en droogvallende beken voorkomen bij een niet te sterke organische vervuiling. Macropelopia nebulosa komt daar voor waar een ophoping van detritus op zandbodems plaatstvindt (Ketelaars, 1986). Uit figuur 14 blijkt tevens dat het zuurstofpercentage hoog is. Dit verklaart het feit dat Tanytarsus spec aanwezig is. Deze soort komt in veel biotopen voor, maar vereist een goede zuurstofhuishouding (Ketelaars, 1986).

Anacaena globulus is een typische bovenloopsoort (mondelinge mededeling H. Moller Pillot). Uit de aanwezigheid van de algemeen voorkomende soort Hydrobius fuscipes, indicator voor temporaire weinig stromende en stilstaande wateren valt af te leiden dat de beken die in dit cluster vallen weinig tot geen stroming hebben. Uit de TWINSpan tabel (tabel 12) blijkt tevens dat het hier gaat om indifferente soorten wat de mate van stroming betreft. Deze soorten komen grotendeels voor in de wateren met weinig tot geen stroming (ACHT01, BLEE01, BLEE02, LIES01, MOER01, WILD01 en WILD02).

Uit de verwerking met TWINSpan blijkt dat soorten als Chironomus spec en Psectrotaypus varius ook in dit cluster geplaatst zijn. Op grond van de autoecologische gegevens zijn deze soorten in cluster 3 geplaatst. Dit geldt evenzo voor de soorten Limnephilus centralis en Proasellus meridianus echter deze zijn in cluster 4 geplaatst.

Cluster 6

Cluster 6 is samengesteld uit een aantal soorten, die karakteristieke soorten voor zure bovenlopen zijn. Dit is vooral bekend voor de soorten Nemoura cinerea, Agabus bipustulatus, Hydroporus erythrocephalus, Velia caprai en Macropelopia spec. N. cinerea is een indicator voor droogvallend, stromend, schoon water (Beijer, 1980; Ketelaars, 1986; Moller Pillot, 1978/1979).

Agabus bipustulatus is een algemene soort en begeleidende soort van temporaire stromende en stilstaande wateren (Cuppen, 1980). De adulten kunnen goed vliegen en koloniseren nieuw ontstane wateren. Hieruit blijkt dat adulten minder gebonden zijn aan hun milieu dan de larven die niet kunnen vliegen.

Aangezien in dit onderzoek de meeste van de achttien punten dit jaar zijn drooggevallen, is droogvalling geen goed criterium om het voorkomen van deze soorten te verklaren. Toch kan het een verklaring zijn voor de samenstelling van de soorten in dit cluster. Het feit dat de soortensamenstelling voornamelijk bestaat uit adulte kevers, dipteralarven en terrestrische organismen. Een andere mogelijke verklaring van aanwezigheid van deze soorten in dit cluster is dat het algemene soorten van semipermanente bovenlopen zijn, die de zomerse periode van droogvalling overbruggen door in de bodem te kruipen of weg te vliegen.

Gezien de indeling van de soorten en de bemonsteringspunten in de TWINSpan tabel kan een ander mogelijk criterium zijn de mate van stroming die het voorkomen van deze soorten in dit cluster verklaart.

In dit cluster vallen de bemonsteringspunten HAMA01, HAMA02. Het beste kan dit cluster getypeerd worden door karakteristieke bovenloopsoorten die in droogvallende, stromende, zure milieu's voorkomen.

Cluster 7

Cluster 7 wordt gekenmerkt door soorten die voorkomen in matig vervuilde, enigszins smalle en ondiepe, stromende, zure wateren met een laag zuurstofpercentage. Dit zijn onder andere soorten zoals Anacaena limbata, Chaetocladius gr vitellinus, Laccobius minutes, Smittia gr aquatilis. Veel van deze soorten kunnen een periode van korte droogval doorstaan, maar prefereren stromende, detritusrijke wateren. Chaetocladius gr piger verdraagt eveneens lichte droogval en komt vooral voor in kwel sloten en bronmoerassen waar veel detritus op de zand- of modderbodem ligt (Ketelaars, 1986). Dit kan duiden op kwelwater.

Volgens H. Moller Pillot (mondelinge mededeling) is het voorkomen van C. gr vitellinus zeer vreemd, want er zijn nog geen waarnemingen gedaan dat deze soort in bovenlopen voorkomt. C. gr vitellinus komt in zeer zuurstofrijke dunne waterlaagjes voor. Vaak is dit over stenen aflopend water. C. gr vitellinus is alleen in HULT01 waargenomen. Mogelijk is het voorkomen van deze soort te verklaren door het feit dat het erf van de ernaast gelegen boerderij wordt schoon gespoten.

Uit de TWINSpan tabel blijkt dat de bemonsteringspunten HAMA01, HAMA02, HULT01 en FLES01 in dit cluster geplaatst worden. Op grond van de autoecologische gegevens is dit terecht voor HULT01 en FLES01. In beide punten indiceert de fauna (tabel 6) de aanwezigheid van redelijk schoon water, niet veel stroming. Er zijn wel elementen van verrijking aanwezig (nitraatgehalte en flab tabel 9 en 2).

Op grond van de macrofaunasamenstelling en de relatief grote stroming worden de soorten in de bemonsteringspunten HAMA01 en HAMA02 in cluster 6 geplaatst

Cluster 8

Volgens tabel 6 bestaat dit cluster uit de soorten die sterk gerelateerd zijn aan aan hoge Fe^{2+} -gehalten, hoge stroomsnelheden, hoge nitraatgehalten, lage zuurstofpercentages, weinig volume water en een matige verontreiniging. Onder deze condities betekent dit de aanwezigheid van indifferente soorten, die niet gebonden zijn aan een bepaalde biotoop. Maar het voorkomen van deze macrofaunasamenstelling onder deze condities stemt niet overeen met de autoecologische gegevens en de TWINSpan tabel. Zo is van Acricotopus lucens en Limnophyes spec bekend dat het indifferente eurytope soorten zijn, die in voedselrijk milieu voorkomen (Ketelaars, 1986). Cloëon dipterum vereist langzaam stromend, niet-zuur water. A. lucens vereist eveneens een hoge pH (mondelinge mededeling H. Moller Pillot). A. lucens komt voor in HEIL03. Uit figuur 14 is af te lezen dat soorten die in dit cluster voorkomen in een zuur milieu kunnen leven. Dit spreekt de autoecologische gegevens geheel tegen. Daar meer waarde gehecht is aan de autoecologische gegevens betekent dit dat aan de vector pH in figuur 14 geen grote waarde gehecht mag worden.

Verder blijkt uit tabel 9 dat de bemonsteringspunten HEIL01, HEIL02, HEIL03 en HEIL04 hoge zuurstof percentages bezitten. Dit kan verklaard worden door de hoge concentratie voedingsstoffen. Hierdoor treedt algenbloei op, waardoor de hoge zuurstof percentages ontstaan. De hoge zuurstof percentages stemmen niet overeen met figuur 14. Evenals bij de pH mag aan de vector O_2 % in figuur 14 weinig waarde gehecht worden.

Op grond van de soortensamenstelling en de autoecologische gegevens vallen in dit cluster de bemonsteringspunten HEIL01, HEIL02, HEIL03, HEIL04 en LEL001 in afwijking van CANOCO en TWINSpan.

Cluster 9

Volgens tabel 6 bestaat dit cluster uit soorten die sterk gerelateerd zijn aan een kleine Lebensraum. Globaal genomen zijn de soorten in dit cluster schoonwaterindicatoren. Dit is onder andere te zien aan de lage CZV-, SO_4^{2-} en $Ca^{2+}Mg^{2+}$ -gehalten, de hoge zuurgraad, de afwezigheid van hoge stroomsnelheden en middelmatige zuurstofpercentages. Echter wat de laatste parameters betreft spreekt de autoecologie van de aanwezige soorten dit geheel tegen. Zo vereisen

Dicranota spec en Psychodidae een goede zuurstofhuishouding. Conchapelopia spec is een stromendwaterindicator; Limnophila spec, Rhagio spec en Micropterna lateralis zijn schoonwaterindicatoren, terwijl daarentegen Prodiamesa oliveacea in stromende wateren een indicator is voor matige verontreiniging (Ketelaars, 1986).

Uit tabel 6 blijkt dat de bemonsteringspunten CAB001 en CAB002 in dit cluster vallen. Uit de tabel met de milieuvariabelen (tabel 9) blijken de hoge nitraatgehalten en stroming in deze bemonsteringspunten. De clustering van deze soorten is te verklaren door het schone karakter van het water (tabel 6), maar door uitspoeling van nutriënten uit de kunstmest is het water sterk verontreinigd met nitraat, fosfaat, sulfaat en natrium (tabel 9 en 10). Doordat de stroomsnelheid zo hoog is krijgen algen geen kans om te groeien. Er treedt geen algenbloei op, zodat zuurstof en voedingsstoffen primair beschikbaar blijven voor de macrofauna.

Het geheel is samengevat in tabel 13, die nader besproken wordt in paragraaf 5.7

5.5 Groepering van de verschillende milieuvariabelen aan de hand van PCA-resultaten met eliminatie van ACHT01

Dit alles overziend mag uit de voorgaande paragrafen geconcludeerd worden dat de vervuiling en de beschikbare Lebensraum een grote invloed hebben op de macrofaunasamenstelling. Als secundaire bepalende milieuvariabelen zijn voornamelijk de mate van stroming, het zuurstofpercentage en de pH.

De Achtmaalloop is een zeer vervuild en daardoor bepaald bemonsteringspunt. De hypothese is dat bij eliminatie van de Achtmaalloop eventueel andere onderliggende milieugradiënten ontdekt worden en er een andere clustering van macrofauna optreedt. Om deze redenen is dit punt uit de volgende CANOCO analyses gelaten.

In deze paragraaf wordt het PCA-ordinatie diagram met eliminatie van de Achtmaalloop besproken.

Uit het PCA-ordinatie diagram met eliminatie van ACHT01 (figuur 16) is dan af te leiden dat er een andere clustering van vectoren optreedt. De oorzaak hiervan is dat door verwaarlozing van de Achtmaalloop andere parameters met elkaar gaan correleren.

In vergelijking met het PCA-ordinatie diagram met ACHT01 (figuur 13) zijn de vectoren nu in vier groepen verdeeld:

1. anorganische vervuilingsindicatoren, zoals CZV en EZV5.
2. macro-ionen, EGV, nitraat en zuurstofpercentage.
3. temperatuur.
4. volume en ijzergehalte.

Afgezien van dezelfde globale verdeling als in het PCA-ordinatie diagram (figuur 13) vallen toch een aantal andere correlaties op.

Groep 1

In groep 1 is behalve de vervuilingsindicatoren (CZV, EZV5, HCO_3^- , ort-P en tot-P) ook de pH geplaatst. De vector van de pH valt nu vrijwel samen met de vector van de CZV. Dit bevestigt de veronderstelling dat oorspronkelijk deze bemonsteringspunten zure bovenlopen waren, maar onder invloed van de vervuiling (door uitwisselingsprocessen in adsorptiecomplexen) minder zuur zijn geworden.

In vergelijking met het PCA-ordinatie diagram (figuur 13) zijn orthofosfaat en totaalfosfaat nu wel sterk gecorreleerd. Een mogelijke verklaring kan hiervoor zijn dat ten gevolge van uitspoeling van nutriënten uit kunstmest voornamelijk orthofosfaat in het water komt. De verhoogde hoeveelheid fosfaat blijkt niet uit de tabel met de milieuvariabelen (tabel 9). Indien men echter de tabel met de morfologie van de beken (tabel 2) bekijkt dan komt vooral in FLES01, HULT01, WILD01, WILD02, MOER01 en HAMA02 flab voor. De nutriënten zijn vastgelegd in de algen en dus niet meer meetbaar.

Groep 2

In deze groep valt te zien dat de EGV nu in hoge mate gecorreleerd is met het chloridegehalte. De gemeten EGV is grotendeels gecorreleerd met de chlorideconcentratie.

Verder valt in deze groep op dat het zuurstofpercentage sterk gecorreleerd is met K^+ en evenveel waarde heeft als de nitraatvector (even lange vectoren; de projectiepunten vallen samen op de eerste ordinatie-as). Uit verdere CCA analyse met de bemonsteringspunten (figuur 17) blijkt hoe sterk O_2 % en NO_3^- gecorreleerd zijn. Dit is te verklaren door de aanwezigheid van algen, die goed gedijen bij veel licht, nitraat en weinig stroming en hierbij zuurstof produceren (zie paragraaf 2.2.1).

Verder bestaat deze groep uit de sterk gecorreleerde parameters sulfaat en ammonium. Dit is te verklaren met gegevens uit paragraaf 2.2.1; SO_4^{2-} wordt als kunstmest toegediend aan de bodem in de vorm van NH_4HSO_4 en $(NH_4)_2SO_4$.

In dit geval is groep 1 en 2 samengevoegd tot één groep die samengesteld is uit vectoren, die een maat zijn voor anthropogene beïnvloeding en wel in de vorm van uitspoeling van kunstmest toegediende nutriënten.

In groep 3 en 4 zijn geen veranderingen opgetreden. Voor de verklaring van de groepering wordt verwezen naar paragraaf 5.3.

Naar aanleiding van bovengenoemde correlaties zijn een aantal parameters verwaarloosd in de gegevensverwerking met CANOCO:

In groep 1 zijn alle parameters geëlimineerd, behalve de gecombineerde parameters Cl^-Na^+ en $Ca^{2+}Mg^{2+}$, die het grootste aandeel in de EGV hebben; de pH, CZV, SO_4^{2-} , en O_2 %, die de mate van anorganische vervuiling indiceren.

De temperatuur (groep 3) is geëlimineerd, omdat de monsters verspreid over de dag genomen zijn. Voor de verklaring wordt verwezen naar paragraaf 5.3.

Evenzo wordt voor de verklaring van de verwaarlozing van de breedte en de diepte in groep 4 verwezen naar paragraaf 5.3.

Geconcludeerd kan worden dat de hypothese niet bevestigd wordt. De mate van vervuiling blijft een grote invloed uitoefenen op de macrofaunasamenstelling zelfs als het meest vervuilde punt ACHT01 geëlimineerd wordt.

5.6 Bespreking van de clusters van de CCA-resultaten met eliminatie van ACHT01 aan de hand van autoecologische gegevens

In deze paragraaf wordt aan de hand van de CCA-ordinatie diagrammen figuur 16 en 17 de clustering van de soorten en bemonsteringspunten besproken. Verwacht wordt dat door eliminatie van ACHT01 de soorten en bemonsteringspunten anders geordineerd worden volgens CCA en andere onderliggende milieugradiënten ontdekt worden ter verklaring van het voorkomen van bepaalde macrofaunasamenstellingen.

Echter de resultaten voldoen niet aan de verwachting en komen globaal overeen met de CCA-ordinatie diagrammen zonder de eliminatie van de Achtmaalloop. Voor een uitgebreide bespreking wordt dan ook verwezen naar paragraaf 5.4 en tabel 6. Een aantal soorten verschuiven meer naar de oorsprong toe en een aantal verschuiven langs de tweede as naar beneden.

Bekend is dat soorten geplaatst rondom de oorsprong in een biplot weinig relatie met de assen en de milieuvariabelen hebben. Dit is te zien aan Nemoura cinerea, Anacaena globulus, Enicocla pusilla, Hydroporus erythrocephalis, Plectrocnemia conspersa, Macropelopia goetghebueri en Velia caprai. Dit zijn met name de soorten uit cluster 6, de karakteristieke bovenloopsoorten. Door weglating van het vuilste bemonsteringspunt wordt verwacht dat de vervuilingsgraad een minder grote tot zelfs geen invloed heeft op de macrofaunasamenstelling en de bovengenoemde soorten ook echt als karakteristieke bovenloopsoorten uit de verf

komen. En dus wordt verwacht dat de soorten minder om de oorsprong gerangschikt worden. Het blijkt echter dat deze soorten door de computerverwerking nog steeds rondom de oorsprong gerangschikt zijn, maar wel wat verschoven zijn langs de tweede ordinatie as in de richting van de schone bemonsteringspunten BLEE01 en BLEE02.

Een grotere verschuiving geven de soorten te zien die in cluster 3 geplaatst zijn. Psectrotanytus varius, Chaetocladius gr piger, Helophorus aqualis, Culicidae (vervuilingsindicatoren) komen dicht bij de schoonwaterindicatoren te liggen, zoals Micropsectra spec., Natarsia spec., Limnophila spec. en Rhagio spec. Verder is te zien dat deze soorten in de positieve richting van de pH vector verschuiven. Een mogelijke verklaring hiervoor is de al eerder gegeven verklaring dat de pH een maat voor de vervuiling is.

Een opvallend feit uit het CCA-ordinatie diagram (figuur 17) is dat de volume parameter zeer sterk negatief gecorreleerd is met het natrium en chloride gehalte. Dit betekent hoe groter het volume water wordt hoe meer natrium en chloride zich in het water bevinden. Met behulp van deze correlatie is vastgesteld dat naar mate men meer benedenstrooms van de beek komt des te meer er beïnvloeding van het water door mogelijke meststoffen bestaat.

Over het algemeen kan gezegd worden dat het volume en stroming zeer belangrijke parameters zijn om het voorkomen van macrofauna te verklaren (tabel 5). De tweede belangrijke gradiënt binnen deze achttien bemonsteringspunten is de vervuilingsgraad (organisch dan wel anorganisch). Hieruit is het belang van de vervuiling af te leiden. Zo blijkt uit tabel 5 dat Fe^{2+} in CANOCO pas als vierde belangrijke gradiënt wordt onderkend. Door de overheersende invloed van de vervuiling worden het zuurstofpercentage, de pH en de stroomsnelheid als secundaire verklarende variabelen onderkend door middel van integratie van de CCA-resultaten met de TWINSPAN-resultaten en de autoecologische gegevens en kan niet bekeken worden of Fe^{2+} echt als vierde belangrijke parameter geldt.

Uit het voorgaande volgt de belangrijkheid van integratie van computerverwerkingen, autoecologische en fysisch-chemisch gegevens. Door middel van deze integratie is het mogelijk geweest een aantal belangrijke relaties van het voorkomen van macrofauna met een aantal milieutypen/parameters aan te tonen.

5.7 Vergelijking van de CCA en de DCA resultaten

Ter vergelijking van de DCA en CCA resultaten zijn de CCA clusters (tabel 6) in de DCA-ordinatie diagram (figuur 21) getekend. Te zien is de globale overeenkomst tussen beide resultaten. Volgens Jongman (1987) zijn de belangrijkste milieugradiënten onderkend, indien DCA en CCA resultaten weinig van elkaar verschillen (tabel 5.44). Gezien de rangschikking van de soorten langs de eerste twee assen is een gecombineerde gradiënt te zien voor beide assen. De soorten op de eerste as zijn van links naar rechts gaand gerangschikt volgens een afnemende mate van vervuiling en stroming. Behalve deze gradiënten is in vergelijking met tabel 10.6 te zien dat de soorten in cluster 7 beter of een langere periode van droogval kunnen verdragen in tegenstelling tot cluster 1.

De tweede as geeft van onder naar boven een rangschikking van soorten te zien volgens een afnemende vervuilingsgraad en een toenemend zuurstofpercentage. Evenals de DCA soortenindeling komt de DCA monsterindeling overeen met de CCA indeling. Echter met dit verschil dat WILD01 en ACHT01 in een cluster en FLES01 en HULT01 in een ander cluster geplaatst zijn. Een verklaring hiervoor is dat door de aanwezigheid van zeer veel bladmateriaal en geen stroming, rottingsprocessen plaatsvinden in WILD01. Door dit natuurlijke (niet antropogeen) organische afval komen vuil water indicatoren voor, terwijl op zich het water een goede kwaliteit heeft. De TWINSPAN en de DCA resultaten stemmen overeen (zie paragraaf 5.4)

Wat betreft het belang van de volumeparameter stemmen DCA en CCA niet overeen.

Uit het DCA-ordinatie diagram is niet te bepalen of het volume het grootste deel van de variatie verklaart. Een mogelijke verklaring voor dit verschil is niet te geven.

Het geheel is samengevat in een tabel.

Tabel 14: De verschillende bemonsteringspunten gegroepeerd aan de hand van typerende macrofauna en een aantal milieuvariabelen.
De bovenlopen zijn gerangschikt naar toenemende mate van vervuiling.

Locatie	Cluster	Typerende fauna	Stroming	Vervuiling	Volume	pH
BLEE01 BLEE02	4	MIPSECSP, NATARSSP LILUCENT, POLITENU	-	-	klein	>5
CABO01 CABO02	9	PLTRCONS, CONCHASP LILASPEC, MIPTLATE	+	-/0	klein	>5
LIES01 MOER01	1	EUTHTRUN, POPEUNCI ANSUSPIR, ZAMYIASP	-	0	groot	>5
HAMA01 HAMA02	6	NERACINE, VELICAPR MALOPISP, PHLIDOSP	+	-	klein	<5
FLES01 HULT01	7	SMITAQUA, HYMESTAG LABIMINU, HYPOINCO	0	+	groot	>5
HEILO1 HEILO2 HEILO3 HEILO4 LELO01	8	LISSSPEC, ACRILUCE ERPTERSP, CLOEDIPT	+	0/+	groot	>5
ACHT01 WILD01	3	SPUSEMAR, CRICGSYL CHIRONSP, PSTAVARI	-	+	groot	>5
LIES01 MOER01 WILD01 WILD02	2	CYPHONS6, ANACLUTE EISETEIR	-	0/+	indif ferent	>5
WILD02	5	TATARSSP, HYPOGYLL MALONEBU, HYUSFUSC	-	+	klein	>5

+ = groot
0 = gering
- = afwezig

5.8 Functionele voedingsgroepen en hun verspreidingspatroon

Een goed inzicht in de structuur en het functioneren van het ecosysteem kan worden verkregen door de bestudering van de voedingsgewoonten van de samenstellende dierlijke organismen.

Cummins (1973) heeft een indeling geïntroduceerd, waarbij de macrofauna in een aantal functionele voedingsgroepen wordt ingedeeld naar aard en wijze van voedselopname (tabel 15). Hierbij wordt meer nadruk gelegd op de wijze van voedselopname dan op de aard van het voedsel.

De volgende functionele voedingsgroepen worden onderscheiden:

Shredders (=knippers)

Shredders zijn dieren die hun voedsel knippen, scheuren, bijten of kauwen of in dood hout mineren. Hun voedsel bestaat uit grof organisch materiaal met een diameter groter dan één millimeter.

Collectors (=verzamelaars)

Collectors zijn dieren die leven van voedsel wat bestaat uit fijn organisch materiaal met een diameter kleiner dan één millimeter en/of ultra fijn organisch materiaal, waarvan de diameter ligt tussen de halve micrometer en de vijftig micrometer. Zij verzamelen het voedsel. Hierbij kan onderscheid gemaakt worden tussen de dieren die zwevend organisch materiaal vergaren (collector-filterers) en dieren die gedepositeerd, sediment gebonden detritus vergaren (collector-gatherers).

Scrapers (=schrapers)

Scrapers zijn dieren die hun voedsel van oppervlakten afgrazen, raspen of schrapen. Het voedsel bestaat dan uit dunne organische films op substraatoppervlakken.

Predators (=predatoren, inclusief parasieten)

Predatoren zijn organismen die specifiek zijn aangepast voor het actief vangen van levende prooi.

Piercers (=stekers)

Piercers zijn dieren die zich voeden met celvloeistoffen. Hun monddelen zijn daartoe aangepast om individuele cellen aan te kunnen boren.

Selectie van voedsel door macrofauna vindt hoofdzakelijk plaats op grond van deeltjesgrootte en ten dele plaats op grond van voedselkwaliteit. "Scrapers" en "predators" selecteren relatief meer op kwaliteit, terwijl daarentegen "shredders" en "collectors" meer selecteren op deeltjesgrootte.

Zoals al eerder is gezegd is een beekstelsel een netwerk van greppeltjes en bovenloopjes die samenvloeien tot middenlopen, die op hun beurt weer samenvloeien tot een benedenloop. Tenslotte kan de benedenloop een rivier worden.

Vannote heeft in 1980 "The River Continuum Concept" ontwikkeld naar aanleiding van wetmatigheden in veranderingen in het fysisch milieu, die gepaard gaan met begeleidende veranderingen in de functionele organisatie van de levensgemeenschappen. Beïnvloeding van de autochtone voedselbeschikbaarheid voor de macrofauna door de fysische variabelen (stroomsnelheid, temperatuur, input van de energie, beddingmorfologie, substraatsamenstelling) geeft een systematische verschuiving van functionele voedingsgroepen te zien van bron tot monding. Dit resulteert in een continue gradient van fysische hoedanigheden en verspreidingspatronen van de functionele voedingsgroepen (figuur 27).

Het continuum is verdeeld in een aantal trajecten (=orders). In de orders één tot en met drie vindt sterke beïnvloeding plaats door de oevervegetatie. De autotrofe

figuur 27

productie wordt door de oevervegetatie gereduceerd door beschaduwing en levert grote hoeveelheden allochtone detritus. In de orders vier en vijf is er een afnemend belang van terrestrische organische input, een verhoogde significante autochtone primaire productie én van bovenstrooms afkomstig organisch materiaal. De zône waar de verschuiving plaats vindt van heterotroof naar autotroof is primair afhankelijk van de mate van beschaduwing. De laatste order, order zes, ontvangt grote hoeveelheden fijn particulier organisch materiaal (=FPOM, deeltjes met een diameter kleiner dan één millimeter).

Verschuivingen in relatieve abundantie en dichtheid van functionele voedingsgroepen geven de verschuivingen in de voedselbronnen weer.

1. shredders zijn het beste vertegenwoordigd in het bovenstroomse traject
2. scrapers zijn het beste vertegenwoordigd in het middengedeelte van het continuüm
3. collectors nemen stroomafwaarts toe
4. predators zijn bij benadering constant in relatieve abundantie in het hele continuüm
5. overige functionele groepen zijn of zeldzaam of alleen lokaal abundant

Wordt de hierboven genoemde theorie van Vannote getoetst dan blijkt deze theorie in hoge mate te voldoen (tabel 7). In de niet tot weinig beïnvloede, kleine bovenlopen is het aandeel shredders zeer hoog en het aandeel van collector-gatherers, collector-filterers en collector-gatherers/predators zeer laag. Hierin treedt een verschuiving cq omkering op naarmate de bovenlopen breder en dieper worden en in open cultuurlandschap of zich benedenstrooms van een cultuurlandschap in een bos bevinden. Zo zijn in de bemonsteringspunten ACHT01, FLES01, HEIL03 en WILD01 de shredders geheel verdwenen en is het grootste percentage collector-gatherers, collector-filterers en collector-gatherers/predators aanwezig. In de schone karakteristieke bovenlopen zoals de punten BLEE01, BLEE02, CABO01, CABO02, HAMA01 en HAMA02 is het procentuele aandeel shredders zeer hoog.

De bredere en diepere bovenlopen worden gekenmerkt door een toename in de mate van vervuiling.

5.9 Vergelijking van de clusters met de overige literatuur

Vergelijking met andere literatuur is slechts in beperkte mate mogelijk, omdat er nauwelijks literatuur over dit onderwerp beschikbaar is. De onderzoeken van ten Cate (1986), Ketelaars (1986) in Twente zijn wel geschikt wat de droogvallende beekbovenlopen betreft. Het onderzoek van Latour (1988) in de Chaamse beken is zeer geschikt ter vergelijking met dit onderzoek, omdat het in boven- en benedenlopen van het stroomgebied van de Mark is uitgevoerd.

De clusteringen van de soorten uit de verschillende onderzoeken en dit onderzoek zijn naast elkaar in tabel 8 geplaatst om overeenkomsten en verschillen te kunnen aantonen. Hieruit blijkt dat de macrofaunasamenstelling uit dit onderzoek haast niet overeenstemt met de macrofaunasamenstelling die voorkomt in het onderzoek van ten Cate (1986). In dit onderzoek komt Plectrocnemia conspersa alleen voor in CABO02, HAMA02 en LELO01. Deze bemonsteringspunten liggen in infiltratie en hydrologisch geïsoleerde gebieden. In dit onderzoek is P. conspersa een indicator voor schoon stromend water met microhabitats, zoals fijn of grof zand met stenen (tabel 2). Zo komt P. conspersa vooral in Twente in bronbeken voor. Dit zou volgens ten Cate op kwelwater kunnen duiden.

Zelfs de macrofaunasamenstelling van alle bemonsteringspunten uit dit onderzoek vertoont geen overeenkomst met de macrofaunasamenstelling van de meestal droogvallende neerslagbeken uit het onderzoek van ten Cate (associatie B in ten Cate, 1986). Behalve een aantal algemeen voorkomende soorten uitgezonderd, zoals Nemoura cinerea en larven van Agabus spec.

Cluster 1 is samengesteld uit de soorten Pisidium spec., Polypedulum gr nubeculosum en Asellus aquaticus. Dit cluster vertoont overeenkomst met associatie d uit het onderzoek van ten Cate (1986). Ten Cate vindt deze associatie in weinig natuurlijke vaak gestuwde beken. Dit stemt zeer goed overeen met de soorten en bemonsteringspunten waaruit cluster 1 is samengesteld (tabel 2 en 14). De algemene soorten van associatie D zoals Nemoura cinerea, larven van Agabus spec., Chaetocladius gr piger, Limnephilidae, Enchytraeidae en Eiseniella telraedra komen overeen met de soortensamenstelling van enigszins verstoorde of semi-natuurlijke beken in dit onderzoek. Clusters 5 en 3 vertonen uit dit onderzoek in hoge mate overeenkomst met associatie E uit het onderzoek van ten Cate en cluster 5 uit het onderzoek van Ketelaars. Het is een soortensamenstelling met weinig soorten en de soorten die dan voorkomen kunnen een hoge mate van organische belasting verdragen.

De macrofaunasamenstelling zoals Ketelaars (1986) deze in droogvallende beken in Twente onderzocht heeft vertoont zeer veel overeenkomsten met de soortensamenstelling van de onderzochte beekbovenlopen in West-Brabant. De soorten Limnephilus centralis, Polypedilum cf uncinatum, Limnophyes spec. en Lumbriculus variegatus zijn in dit onderzoek in een ander cluster ingedeeld dan dat Ketelaars dit doet. Daar de zuurgraad in de onderzochte beken verschilt ten opzichte van de door Ketelaars onderzochte beken. Ketelaars clustert deze soorten die voorkomen in beken die soortarme zure milieu's bezitten en die de gehele zomer en een deel van de herfst droogvallen. Eén van de hoogste pH's in dit onderzoek bedraagt 5,1, terwijl in het onderzoek van Ketelaars dit één van de laagste waarde is. Het begrip hoog en laag is maar betrekkelijk, beter kan gezegd worden dat de soorten die in dit cluster voorkomen een optimum pH van circa 5 hebben.

De soorten uit cluster 1 Pisidium spec., Natarsia spec., Dugesia lucubris, Xenopelopia spec., Zavreliomyia spec. zijn voornamelijk soorten die niet tegen droogvalling kunnen. Verder is het noemenswaardig dat Ketelaars een cluster met deze soorten aangeeft die niet tegen droogvalling kunnen. Ketelaars bevestigt deze veronderstelling dat deze soorten geen droogvalling verdragen uit paragraaf 5.4.

mis in dit onderzoek is de vaststelling per beekbovenloop of de beken een min of meer een permanente watervoering hebben (paragraaf 4.2). Zodoende is een vergelijking met de resultaten van Ketelaars in verband met de mate van droogvalling niet mogelijk.

Vergelijking van de resultaten uit dit onderzoek met de resultaten uit het onderzoek van Latour (1988) geeft een iets ander beeld. De onderzochte beekbovenlopen uit het onderzoek van Latour zijn voornamelijk antropogeen beïnvloede droogvallende loopjes. De clustering van beide onderzoeken komt niet overeen. De soorten die beide onderzoeken gemeen hebben, zoals de algemene soorten Nemoura cinerea en Macropelopia nebulosa, in karakteristieke droogvallende bosloopjes.

Zo bestaat associatie II uit het onderzoek van Latour uit de soorten Zavrelimyia spec., Phaenopsectra spec. en Apsectrotanypus spec. en bemonsteringspunten met een sterk gestoorde situatie, terwijl daarentegen Z. spec. in dit onderzoek in cluster 1 geplaatst is. En cluster 1 wordt juist getypeerd door beken met een niet erg verstoorde situatie.

..

..

6. Conclusie

* Een karakterisering van niet of weinig beïnvloede ecosystemen van beekbovenlopen in West-Brabant is mogelijk aan de hand van kwalitatief en kwantitatief beschrijven van de macrofauna, fysisch en chemische parameters. Elk onderscheiden cluster wordt gekenmerkt door een karakteristieke macrofaunasamenstelling.

* De meest onbeïnvloede niet zure bovenlopen in dit onderzoek in West-Brabant is de Bleekloop. Deze loop wordt gekenmerkt door het voorkomen van onder andere Natarsia spec., Hydroporus palustris, Polycelis tenuis, Polycelis nigrita, Limnephilus centralis en Gerris gibbifer.

* De meest karakteristieketypische stromende zure beekbovenloop in West-Brabant is de Halve Maanloop. Deze loop wordt gekenmerkt door het voorkomen van onder andere Hydroporus erythrocephalus, Velia caprai, Nemoura cinerea, Agabus bipustulatus, Beris spec en Macropelopia spec.

* Mogelijk worden de Hultensche Leij en de Moersloot gevoed door kwelwater. Dit blijkt de fysisch en chemische gegevens.

* De Bleekloop, de Halve Maanloop en de Calfvense Bosloop hebben een potentiële natuurwaarde. Dit blijkt uit de karakteristieke natuurlijke levensgemeenschap.

* De Achtmaalloop, de Fleschloop en de Wildertloop zijn zeer vervuild. Dit blijkt uit de sterk verarmde levensgemeenschap en de fysisch en chemische milieuvariabelen.

* De Heilloop, de Leijloop zijn matig vervuilde stromende beekbovenlopen. Dit blijkt uit de macrofaunasamenstelling en de fysisch en chemische milieuvariabelen.

* De Moersloot, Liesboschloop en de Hultensche Leij zijn matig vervuilde stilstaande beekbovenlopen. Dit blijkt uit de karakteristieke levensgemeenschap en de fysisch en chemische milieuvariabelen.

* Het voorkomen van macrofauna is sterk gerelateerd aan de beschikbare Lebensraum.

* De toestand van het bekecosysteem wordt in hoge mate bepaald door de aard en de intensiteit van de antropogene beïnvloeding op het natuurlijke milieu in de bovenlopen. De organische en anorganische vervuiling ten gevolge van de antropogene beïnvloeding is van grote invloed op de macrofaunasamenstelling. Milieuvariabelen die een zwakke invloed uitoefenen op de macrofaunasamenstelling zijn, onder andere de mate van stroming, het zuurstofpercentage en de zuurgraad.

* Het voorkomen van functionele voedingsgroepen is nauw gerelateerd aan de aard en de hoeveelheid beschikbaar voedsel:

- Shredders komen voor met de hoogste dichtheden in bovenlopen met een goede waterkwaliteit. Dit zijn vooral de Bleekloop, de Calfvense Bosloop, de Halve Maanloop en de Liesboschloop.

- Collector-gatherers komen voor met de hoogste dichtheden in organisch verontreinigde bovenlopen. Dit zijn vooral de Achtmaalloop, de Wildertloop, de Fleschloop, de Hultensche Leij en de Heilloop.

* Milieuvariabelen, die bepalend zijn voor de macrofaunasamenstelling in beekbovenlopen zijn het volume water oftewel de schikbare Lebensraum, de organische belasting en de stroomsnelheid:

1. Natuurlijke beekbovenlopen worden gekarakteriseerd door een lage organische belasting van het water. Dit geldt voor de Bleekloop, de Calfvense Bosloop en de Halve Maanloop.
2. Vergroting van het volume water leidt tot een verrijking van de macrofaunasamenstelling. Dit geldt voor de Liesboschloop en de Moersloot.
3. Input van organische en anorganische stoffen in bovenlopen heeft een nivellerende invloed op de macrofauna samenstelling. Dit geldt voor de Achtmaalloop, de Fleschloop en de Wildertloop.
4. Stromende bovenlopen leiden tot een andere karakteristieke macrofauna samenstelling dan weinig tot niet-stromende beekbovenlopen, bijvoorbeeld de karakteristieke macrofaunasamenstelling van de Calfvense Bosloop indiceert een harde stroming. De macrofaunasamenstelling van de Bleekloop indiceert afwezigheid van stroming.
5. Semipermanente watervoering in natuurlijke beekbovenlopen leidt tot een verandering in macrofaunasamenstelling naar een macrofauna die kenmerkend is voor "oever" fauna. Vergelijk de macrofaunasamenstelling van de Liesboschloop met de macrofaunasamenstelling van de Bleekloop.

* Vaststelling van eventuele verbanden met de permanentie van de watervoering met behulp van de macrofaunasamenstelling was niet mogelijk daar waarschijnlijk de meeste van de achttien bemonsteringspunten droogvallende bovenlopen zijn.

Literatuur

- Barnett, V., 1980.
Interpreting multivariate data, John Wiley & Sons, Chichester.
- Beijer, J.A.J., 1980.
Ecologie van steenvliegen (Plecoptera) in periodiek droogvallende beken, Verslag LH/NB nr. 534, Landbouwhogeschool, Wageningen.
- Braak, C.J.F. ter, 1987.
Unimodal models to relate species to environment, Proefschrift, Pudoc, Wageningen.
- Braak, C.J.F. ter, 1988.
CANOCO - a FORTRAN program for canonical community ordination by [partial] [detrended] [canonical] correspondence analysis, principal components analysis and redundancy analysis (version 2.1), Technical report: LWA-88-02, Groep Landbouwwiskunde, Wageningen.
- Cate, L. ten, G. Schmidt, 1986.
Makrofaunagemeenschappen in beekbovenlopen; Een aanzet tot het ontwikkelen van een biologisch waterbeoordelingssysteem op grond van makrofaunagemeenschappen gerelateerd aan een aantal fysische en chemische parameters in Twente, Rijksinstituut voor Natuurbeheer, Leersum.
- Cummins, K.W., 1973.
Trophic relations of aquatic insects, Ann. Rev. of Entomol., Vol. 18: 183-206.
- Cuppen, H.P.J.J., 1980.
De macrofauna in een aantal droogvallende- en permanente stilstaande wateren in het ruilverkavelingsgebied Brummen- Voorst, Een analyse van de effecten op het natuurlijk milieu in voorbereiding zijnde ruilverkaveling Brummen-Voorst met behulp van een hydrobiologisch onderzoek naar de macrofauna, Regionale Milieuraad, Oost-Veluwe, Apeldoorn.
- CUWVO, Werkgroep V-I van de, 1988.
Ecologische normdoelstellingen voor nederlandse oppervlakte wateren.
- Diepen, D. van, 1968
De bodem van NOORDERABANT, Stichting voor bodemkartering, Wageningen
- Egelmeers-Legierse, A., K. Walravens, 1983.
Een hydrobiologisch onderzoek in zuidwest Brabant, Het stroomgebied van de Zoom en de Molenbeek c.a., Hoogheemraadschap West Brabant, Breda.
- Gauch Jr, H.G., 1982.
Multivariate analysis in community ecology, Cambridge University Press, Cambridge.
- Hammen, H. van der, T.H.L. Claassen, P.F.M. Verdonchot, 1984.
Handleiding voor Hydrobiologische Milieu-inventarisatie, Eindverslag Interprovinciale Ambtelijke Werkgroep Milieu-inventarisatie, subwerkgroep Hydrobiologie, Haarlem.
- Hartog, C. den.

- Dictaat Hydrobiologie. Vakgroep Hydrobiologie, Landbouw Universiteit, Wageningen.
- Hill, M.O., 1979a.
TWINSPAN, A FORTRAN program for arranging mutivariate data in an ordered two-way table by classification of the individuals and attributes, Cornell University, Ithaca, New York.
- Hill, M.O., 1979b.
DECORANA, A FORTRAN program for detrended correspondance analysis and reciprocal averaging, Cornell University, Ithaca, New York.
- Hoogheemraadschap West Brabant, 1988.
Kwaliteit oppervlaktewater, jaaroverzicht 1988, dl. 1 Algemene beschouwing, Breda.
- Jongman, R.H., C.F.J. ter Braak & O.F.R. van Tongeren, 1987.
Data analysis in landscape ecology, Pudoc, Wageningen.
- Ketelaars, H.A.M., 1986
Makrofauna-gemeenschappen in droogvallende watergangen, Basisrapport Project E.K.O.O. nr. 18, Rijks Instituut voor Natuurbeheer, Leersum.
- KNMI, 1989.
Landelijk meetnet regenwatersamenstelling in Nederland; Voorlopig overzicht van de meetresultaten van het eerste kwartaal 1989, KNMI/RIVM, De Bilt.
- Kuypers, E., 1987.
Invloed van bodemgebruik op kwaliteit van bodem en grondwaterhuishouding in relatie tot de vegetatie-ontwikkeling in de beekdalen vande Chaamse en Groote of Roode beek. Doctoraalverslag Vakgroep Natuurbeheer, Landbouwuniversiteit, Wageningen.
- Latour, P.J.M., 1985.
Karakterisering van periodiek droogvallende beekjes in het stroomgebied van de lunterse beek aan de hand van de makrofauna; Aanzet tot beheer, Verslag Natuurbeheer nr. 804, Landbouw Hogeschool, Wageningen.
- Latour, P.J.M., J.Ph. Witte, R.H. Aalderink, et al., 1988.
Haalbaarheidsstudie ecologische doelstelling Chaamse beken, Werkrapport 1988, Vakgroep Natuurbeheer, Landbouw Universiteit, Wageningen.
- Looman, C.W.N., 1984.
Documentatie computergebruik voor de vakgroep Vegetatiekunde, Plantenoecologie en Onkruidkunde, Vakgroep Vegetatiekunde, Plantenoecologie en Onkruidkunde, Wageningen.

- Moller Pillot, H.K.M., 1971.
Faunistische beoordeling van de verontreiniging in laaglandbeken, Dissertatie K.U. Nijmegen, Pillot Standaardboekhandel, Tilburg.
- Ringelberg, J., 1976.
Inleiding tot de aquatische oecologie in het bijzonder in het zoete water, Scheitema & Holkema, Utrecht.
- Ronken, C.A.C. & J.A. van der Velden, 1982
Een hydrobiologisch onderzoek in het stroomgebied van de Boven-Mark, Moller-instituut, Tilburg.
- Schellekens, F.A.M., 1981
"Aa of Weerijs", Een biologische beoordeling van de waterkwaliteit van de zijbeken van de Aa of Weerijs, Hoogheemraadschap West Brabant, Breda.
- Straaten, J. van der, P.C. von Meijenfeldt, 1975.
Beken in Brabant, Hoe houden wij dit bezit, Stichting Brabantse Milieufederatie, Tilburg.
- Tolkamp, H.H., 1980.
Organism-substrate relationships in lowland streams, Proefschrift, Pudoc, Wageningen.
- Torenbeek, R., 1988.
Hydrobiologie en waterhuishouding: Een beleidsvoorbereidende studie, RIN-rapport 88/55, Rijks Instituut voor Natuurbeheer, Leersum.
- Verdonschot, P.F.M., 1982.
Enkele opmerkingen over (ecologische) watertypen en waterkwaliteit, Themadag "Water in Twente", Zwolle.
- Vannote, K.L., et al., 1980.
The River Continuum Concept, Can. J. of Fish. and Aquat. Sci., 37: 130-137.
- Visser, H.J.S.M., N.H.S.M. de Wit, W. Bleuten, 1985.
Ruimtelijke effecten van bemesting via ondiep grondwater; Bedreiging van de kwaliteit van grond- en oppervlaktewater en gevolgen voor de natuur en waterwinningen op de Nederlandse zandgronden, Vakgroep Fysische Geografie R.U., Utrecht.
- Wirdum, G. van, 1981.
Linking up the natic subsystem in models for water management. In: Water Resources Management on a Regional Scale, Proceedings of Technical Meeting 37, CHO/TNO Proceedings and Informations no. 27, CHO/TNO, 's Gravenhage.

Determinatieliteratuur

Tricladida

Reynoldson, T.B., 1978.

A key to the British species of freshwater Triclad. Scient. Publs. Freshwat. biol. Ass. 23: 32p.

Oligochaeta

Brinkhurst, R.O., 1971.

A guide to the identification of British Aquatic Oligochaeta. Scient. Publs. Freshwat. biol. Ass. 22: 55p.

Hirudinea

Dresscher, T.G.N., L.W.G. Higler, 1982.

De Nederlandse bloedzuigers (Hirudinea). Wet. Med. KNNV 154: 64p.

Acarina

Dauids, C., 1979.

De watermijten (Hydrachnellae) van Nederland, levenswijze en voorkomen. Wet. Med. KNNV 132: 78p.

Eijk, R.H. van der, 1977.

Proefuitgave van een watermijtentabel voor Nederland. Landbouw Hogeschool, Biol. St. Wijster: 137p.

Viets, K.O., 1936.

Wassermißen oder Hydracarina. Tierwelt Deutschlands 31 und 32: 574p.

Plecoptera

Hynes, H.B.N., 1977.

A key to the adults and nymphs of the British Stoneflies (Plecoptera). Scient. Publs. Freshwat. biol. Ass. 17 (third Ed.): 92p.

Ephemeroptera

Kimmins, D.E., 1972.

A revised key to the adults of the British species of Ephemeroptera with notes on their ecology. Scient. Publs. Freshwat. biol. Ass. 15: 75p.

Heteroptera

Nieser, N., 1982.

De Nederlandse water- en oppervlaktewantsen. Wet. Med. KNNV 155: 78p + bijlagen.

Trichoptera

Higler, L.W.G., 1979.

Determinatietabel voor kokerjufferlarven in Nederland: Familie-tabel; Hydropsychidae; Hydroptilidae; Ecnomidae; Rhyacophilidae; Phryganeidae; Philopotamidae; Psychomyiidae; Glossosomatidae; Polycentropodidae; Beraeidae; Leptoceridae; Odontoceridae, Rijks Instituut voor Natuurbeheer, Leersum.

Higler, L.W.G., 1989.

Determinatietabel voor de Nederlandse Limnephilidae, deel 1: Limnephilidae met enkelvoudige kieuwen (in press), Rijks Instituut voor Natuurbeheer, Leersum.

Hiley, P.D., 1976.

The identification of British limnephilid larvae (Trichoptera). Systematic Entomol. 1: 147-167.

Coleoptera

Berge Henegouwen, A. van, 1982.

De Nederlandse soorten van het genus *Laccobius*, een systematische en faunistische studie. Bijdragen tot de faunistiek van Nederland IX, Zoölogische Bijdragen no. 28.

Berge Henegouwen, A. van, 1986.

Revision of the European species of *Anacaena* Thomson (Col.: Hydrophilidae), Ent. Scand. 17: 393-407.

Drost, B. & M. Schreijer, 1976.

Waterkever-tabel. Jeugdbondsuitg., Amsterdam: 201p.

Klausnitzer, B., 1977.

Bestimmungstabellen für die Gattungen aquatischer Coleopteren-Larven Mitteleuropas. Beitr. Ent., Berlin 27: 145-192.

Nilsson, A.N., 1982.

A key to the larvae of the Fennoskandian Dytisidae (Coleoptera). Fauna Norlandica (2): 1-45.

Diptera (algemeen)

Johannsen, O.A., 1934.

Aquatic Diptera, Part 1. Entomol. Reprint Specialists.

Tolkamp, H.H., 1976.

Determinatietabel voor het bepalen van de familie, geslacht en soms zelfs soort der Europese, in het water levende Diptera-larven. Stencil Vakgroep Natuurbeheer, Landbouw Hogeschool, Wageningen: 74p.

Tipulidae

Brindle, A., 1967.

The larvae and pupae of the British *Cylindrotominae* and *Limoniinae* (diptera, Tipulidae). Trans. Soc. British Entomology 17 (VII).

Chironomidae

Klink, A.G., 1981.

Determinatie-Tabel voor de poppen en de larven der Nederlandse Tanytarsini. Deel 1. Tabellen tot geslacht. Landbouw Hogeschool, Vakgroep Natuurbeheer, Wageningen: 25p. + 22 fig..

Moller Pillot, H.K.M., 1978/1979.

De larven der Nederlandse Chironomidae (diptera). Nederl. Faun. MED. 1A: 1-276.

Moller Pillot, H.K.M., 1984.

De larven der Nederlandse Chironomidae (Diptera). Nederl. Faun. Med. 1B: 1-175.

Wilson, R.S. & J.D. Mc Gill, 1982.

A practical key to the genera of pupal exuviae of the British Chironomidae. Dept. Zoology, Univ. Bristol.

Mollusca

Jansen, A.W. & C.F. Vogel, 1965.

Zoetwatermollusken van Nederland. Jeugdbondsuitg., Amsterdam: 160p.

1.

2.

Multivariate technieken

1. Classificatie

Soorten en/of monsters die een bepaalde (hoge) mate van overeenkomst vertonen worden bij classificatietechnieken in clusters gegroepeerd. Verschillen in de dataset worden samengevat in verschillen tussen clusters. Er zijn vele classificatietechnieken.

Onderscheid wordt onder andere gemaakt in divisieve en agglomeratieve technieken. In het eerste geval worden alle soorten (monsters) in een cluster geplaatst en door op elkaar volgende delingen ontstaan kleinere clusters. Bij de agglomeratieve methode worden alle soorten (monsters) in een eigen "cluster" geplaatst. Door fusies van op elkaar lijkende "clusters" ontstaan grotere clusters (Gauch, 1982).

2. Ordinatatie

Een multidimensionale regressie techniek is onder andere ordinatie. Binnen de multidimensionale ruimte worden assen gezocht die een maximale hoeveelheid van de totale variatie verklaren. Elke volgende as staat loodrecht op alle andere assen. De eerste ordinatie-as verklaart de grootste variatie. De resultaten van ordinatie kunnen in een biplot worden weergegeven. De puntenwolk in de multidimensionale ruimte wordt dan afgebeeld op het vlak dat door de twee belangrijkste ordinatie-assen wordt bepaald (Barnett, 1980).

Bij evaluatie van de resultaten verkregen in de cluster analyse kan ordinatie gebruikt worden. Aan de hand van een ordinatie kan bekeken worden of de clusters een goede scheiding in het materiaal weergeven en of de clusters de voornaamste gradiënten in de dataset verklaren.

Op verschillende manieren kan ordinatie uitgevoerd worden:

- * Detrended correspondence analysis (DCA). Deze methode is gebaseerd op "reciprocal averaging" (RA). Het algoritme is als volgt (Gauch, 1982; Jongman, 1987):
 1. Eerst worden aan de bemonsteringspunten arbitraire niet gelijke scores toegekend.
 2. Nieuwe soort-scores worden berekend door gewogen gemiddelde van de plaats-scores.
 3. Nieuwe plaats-scores worden berekend door gewogen gemiddelde van de soort-scores.
 Stap twee en drie worden zo herhaald tot dat de scores stabiliseren. De scores stabiliseren naar de uiteindelijke oplossing. Deze oplossing is onafhankelijk van de initiële, arbitrair gekozen plaats-scores. Op deze manier wordt de eerste ordinatie-as verkregen. De tweede as en hogere assen worden door dezelfde procedure van gewogen gemiddelde verkregen. Maar na iedere middeling worden de scores door middel van regressie zodanig veranderd, dat ze ongecorrleerd zijn met die van de voorafgaande as etc.. Een nadelige eigenschap van RA is, dat de assen weliswaar ongecorrleerd zijn, maar dat de tweede en hogere assen wel systematisch sterk gerelateerd zijn aan de eerste as. Hierdoor wordt het "hoefijzer effect" veroorzaakt. Een tweede nadelige eigenschap van RA is, dat de assen aan hun uiteinden ineengedrukt en in het midden uitgerekt worden. DCA is een ordinatie techniek

die genoemde nadelen niet heeft.

- * Principale componenten analyse (PCA). PCA is een multivariate regressie analyse, die uit het totaal aan variatie in de monsters de hoofdlijnen (gradiënten) samenvat in de zogenaamde principale componenten. Tevens geeft PCA aan op welke wijze de parameters samenhangen met de gradiënten.

Wil men van een willekeurig object, waarvan een groot aantal variabelen zijn gemeten meer weten over de onderlinge afhankelijkheden en correlaties daartussen, dan is het handig gebruik te maken van PCA. Verder kan PCA van dienst zijn wanneer men een groot aantal variabelen heeft gemeten, maar slechts met een klein aantal verder wil werken: die selectie kan door PCA worden verantwoord (Looman, 1984).

..

3. Canonische ordinatie technieken.

De canonische ordinatie technieken staan tussen de directe gradiënt analyse (regressie) en de ordinatie. Dit zijn ordinatie technieken die in multivariate directe gradiënt analyse technieken zijn omgezet en tegelijkertijd veel soorten en milieuparameters verwerken. Het doel van canonische ordinatie is het ontdekken van het belangrijkste patroon in de relaties tussen soorten en de waargenomen omgeving (ter Braak, 1987).

DECORANA (Hill, 1979b)

DECORANA is een ordinatie-programma dat gebruik maakt van de DCA-techniek (zie bijlage 1). De monsterpunten met een overeenkomende fauna worden gegroepeerd. DCA berekent via een andere techniek hetzelfde als het cluster-programma TWINSpan. Een overeenkomend resultaat ondersteunt de clusterindeling. Afwijkingen maken een heroverweging van de interpretatie noodzakelijk. Het programma geeft monster-scores en soortscores op de eerste vier ordinatie-assen, gradiëntlengten en de eigenwaarde van de eerste vier assen (zie bijlage 3). Het percentage verklaarde variatie kan verkregen worden door DCCA te draaien zonder milieu-assen (zie bijlage 3). In feite worden dan de milieuparameters op het ordinatiediagram gelegd en uitgerekend hoe veel variatie door die milieuv variabelen verklaard wordt.

DCA is relatief gevoelig voor zogenaamde "outliers", dat wil zeggen totaal afwijkende monsters of soorten. Deze afwijkingen kunnen reëel zijn of het gevolg zijn van gebruikte technieken, zoals bemonstering, of toeval zijn.

Door van de eerste drie assen een driedimensionale voorstelling te maken, zoals in figuur A gedemonstreerd wordt, is de onderlinge verhouding van de clusters op die drie assen in één oogopslag te zien. Uit figuur A blijkt ook dat twee punten die in het platte vlak dicht bij elkaar liggen, in de driedimensionale ruimte ver uiteen kunnen liggen. Bij de bestudering van de diagrammen dient hier altijd op gelet te worden.

CANOCO (ter Braak, 1987; Jongman, 1987)

Naast soort-monster gegevens kan een set gegevens van milieuv variabelen als invoer gebruikt worden in het programma CANOCO (= canonische correspondentie analyse). De basisstructuur is dezelfde als DCA, met dit verschil dat door toevoeging van regressie in de vorm van een directe gradiënt analyse de assen mede in het licht van de milieuv variabelen worden gekozen. Deze techniek heet CCA (= canonical correspondence analysis). Binnen het programma zit een verbetering op een aantal onvolkomenheden, zoals het hoofijzer effect (bijlage 1). Om dezelfde redenen dat DCA een verbetering is van RA, is DCCA (= detrended canonical correspondence analysis) een verbetering van CCA.

Met behulp van CCA en DCCA kan het belangrijkste patroon in de relaties tussen soorten, bemonsteringspunten en milieuv variabelen ontdekt worden. CCA en DCCA is een robuuste techniek met weinig gevoel voor afwijkende punten. Bij een overeenkomende macrofauna en verschillende milieuv variabelen wordt het meeste gewicht toegekend aan de macrofauna en is het verschil in fysische-chemische milieu niet of nauwelijks terug te vinden.

Het programma geeft tevens informatie over de correlatie tussen de soort (bemonsteringspunt)-assen en de milieu-assen, de standaarddeviatie van de soort (bemonsteringspunt)-assen en de milieu-assen en een correlatiematrix van alle soorten bemonsteringspunten en milieuv variabelen.

De resultaten van CCA en DCCA bevatten een aantal belangrijke kenmerken, die als maat beschouwd kan worden voor het belang van de assen binnen deze analyse:

- * Aangegeven wordt hoeveel van de aanwezige variatie op de eerste vier assen door milieuv variabelen verklaard wordt in de vorm van percentage verklaarde variatie.

- * De eigenwaarde. De eigenwaarde wordt beschouwd als een maat voor voor de diversiteit tussen de monsters onderling. Een geheel homogene tabel heeft een eigenwaarde van nul. Een lage eigenwaarde betekent een geringe variatie in de dataset en een korte milieugradiënt. Een hoge eigenwaarde, die de waarde één benadert, verklaart een groot deel van de variatie in een dataset.

- * Correlatie tussen soorten en milieuv variabelen. Een hoge correlatie ($> 0,8$) betekent dat de milieuv variabele de belangrijkste variatie in de soortenverdeling op de hoofdas (= eerste as) verklaart.

TWINSpan (Hill, 1979a).

TWINSpan (= Two-way indicator species analysis) is een zogenaamde polythetisch divisieve techniek. Dit houdt in dat de verdeling van de soorten (monsters) in clusters op grond van meerdere soorten gebeurt.

Allereerst wordt de dataset met behulp van RA geordend, resulterend in een matrix, waarin soort- en monsterrelaties zo getrouw mogelijk zijn weergegeven. Het programma verdeelt de soorten (monsters) in clusters, waarbij de deling net zolang doorgaat tot een vooraf opgegeven aantal delingen of de clusters een minimum-grootte bereikt hebben.

In de uiteindelijke tabel komt tot uitdrukking door welke soorten bepaalde clusters bemonsteringspunten worden gekarakteriseerd.

Tabel 6: De verschillende soorten geplaatst in een cluster naar aanleiding van figuur 14 en tabel 12 in vergelijking met de autoecologische gegevens uit verschillende literatuur bronnen.

Cluster	Soort	Autoecologische gegevens uit ten Cate, Ketelaars, Moller Pillot	locatie*	locatie**	milieu variabelen
1	ANOPSESP	prefereert stilstaand water	LIES01	LIES01	vol ++
	ANSUSPIR	prefereert droogv. plantenrijke wateren, onstabiele milieu's	WOER01	WOER01	CZV +
	ASELAQUA	droogv. meer permanente, matig verontreinigde water			SO42 +
	CUSETASP	droogv., stilstaande wateren			CaMg +
	EUTHTRUM	stilstaande schone wateren			stroom +/-
	HYENBRIT	droogv. niet zure bosgreppels			Fe2 —
	HYENTEST	droogv. niet zure bosgreppels			NO3 —
	PISIDISP	droogv., opp. slijblaag mits niet erg verontreinigd, permanent			ClNa +
	RHDFALC	schoon water			O2 % +
	STLOHERI	schoon water			pH +
	XEPELOSP	bodem met rottend bladmat., droogv. stilstaand water, algemeen			
	DUGELUGU	kleine warme eutrofe wateren,			
	DUGESISP	-			
	POPEJNCI	droogv. zure, stilstaande semipermanente wateren			
	ZAMYIASP	detritusrijke stilstaande wateren met zand/modderbodem in kwel-sloten en bronmoerassen, typische bovenloop soort			
2	CYPHONS6	droogvallend, zuur water	WILD01	WILD01	vol + Fe2 +
	ANACLUTE	-	HAMA01	LIES01	CZV + NO3 -
	EISETETR	droogvallend, vuil water	HAMA02	WOER01	SO42 + ClNa + CaMg + O2 % + stroom + pH 0
3	AGABUSS6	droogv. leven op de bodem eten benth. org. Chir. en Oli	ACHT01	ACHT01	vol 0
	CRICGSYL	eutrofe wateren, samen met CHIRONSP en PSTAVARI in associatie	FLES01	WILD01	CZV +
	CUCIDAE	vervuilings indicator		WILD02	SO42 +
	CHIRONSP	verdraagt lage O2 %, rijdt sterke stroming, talrijk in org verv.			CaMg ++
	ENEIDAE	droogvallende wateren			stroom ++
	GALBTRUM	droogvallende wateren			Fe2 ++
	GERRLACU	-			NO3 0
	HEBDSTAG	overleving van lange perioden van O2 afw, matig tot sterk verv			ClNa +
	HERUAEQU	-			O2 % —
	HERUGFLA	droogv. gedeeltelijk oever soort			pH —
	HERUGRGR	droogv. gedeeltelijk oever soort			
	HYOPLAN	komt in zure wateren voor			
	HALONEB7	droogv., komt voor bij ophoping van detritus, op zandbodem			
	PHAENOSP	-			
	PROTUSSP	komt voor in vervuilde wateren			
	PRODIAS7	komt voor in stromende wateren			
	PSTAVARI	niet in snelstromend wel in droogv organisch vervuild water			
	SPUSEMAR	kan zeer goed tegen een hoog organisch belast water			
4	ENOCAPFI	-	BLEE01	BLEE01	vol -/0
	ENOCQUAD	-	BLEE02	BLEE02	CZV —
	GERRGIBB	-			SO42 —
	GLPHPELL	komt voor in schoon water met grof bladafval			CaMg —
	HYPOMENN	prefereert droogvallende bospoeltjes			stroom —
	HYPONIGR	prefereert droogvallende koude bronnen			Fe2 —
	HYOPALU	ubiquist van voornamelijk permanent water			NO3 +/-

4	LILUCENT MIPSECS7 MIPSECS7 NATARSSP POLINIGR POLISSPE POLITENU PROAMERI	in schone stilstaande zure droogvallende poelen prefereert stromende wateren, echte beeksoort prefereert stromende wateren, echte beeksoort in detritusrijk stilstaand water met zandbodem, kweindicator in droogvallende wateren onder oeverstenen, temporeaire stilstaand water, matige verontr. - in permanent stromend water, verdraagt alleen lichte verontr.			ClNa -- O2 % ++ pH ++
5	ANACGLOB HYPOGYLL HYUSFUSC LUCUVARI MALOGOET MALOGOE7 MALONEBU TATARSSP	in droogvallend milieu in droogvallend zuur milieu algemeen in temporeair stromend en stilstaand water zeer algemeen in allerlei biotopen voorkomend zure bovenloop soort bij niet te sterke organische vervuiling zure bovenloop soort bij niet te sterke organische vervuiling in droogv. stromend water bij ophoping van detritus komt voor in verschillende biotopen, grote O2 behoefte	HAMA01 HAMA02 LELO01	ACHT01 BLEE01 BLEE02 LIES01 MOER01 WILD01 WILD02	vol 0 O2 % + CZV 0 pH + SO42 0 CaMg 0 stroom 0 Fe2 0 NO3 0 ClNa 0
6	AGABBIPU BERISSPE ENEIDAE ENOIPUSI HYPOERYT LUCIDAE MALOAPSE MALOPISP NERACINE PALPOMSH PHILIDOSP TUBIAEMH VELIASP6 VELICAPR DINYIASP	begeleidende soort van temporeair stromend en stilstaand water - komt voor in droogvallende wateren in droogvallende wateren gedeeltelijk een terrestrische soort komt voor in droogvallende wateren terrestrische soort - in droogvallende stromende wateren typisch soort voor stromende schone droogvallende bovenlopen verdraagt licht droogval in droogvallende milieu's in droogvallende organisch vervuilde komt voor in stromende wateren komt voor in stromende wateren -	HAMA01 HAMA02 HULT01 LELO01 WILD01 WILD02	vrijwel alle locat- ties	vol 0 CZV 0 SO42 0 CaMg 0 stroom 0 Fe2 0 NO3 0 ClNa 0 O2 % 0 pH 0
7	ANACLIMB CHCLP1G CHCLGVIT HYMESTAG HYPODISC HYPOINCO LABIMINU NEOCFUSC PILARISP PSIDDAE7 SMITGAQU	lange periode droogv. stilstaand en stromend detritusrijk water detritusrijk zandbodem van kweislotten, verdraagt lichte droogval verdraagt korte droogval - in droogvallende milieu's - zuur stilstaand + langzaam stromend, heeft permanent vochtigheid terrestrisch verdraagt korte droogval leeft op zandbodems is half terrestrisch	HEIL01 HEIL03 HULT01	FLES01 HAMA01 HAMA02 HULT01	vol 0 CZV 0 SO42 0 CaMg 0 stroom +/-0 Fe2 +/-0 NO3 0 ClNa 0 O2 % - pH -
8	ACRILUCE CLOEDIPT COLYFUSC ERPTESP GYMETRSP LIESSPEC TUBIAEZH UNCINUCI	niet in zuur milieu, indifferent voor vervuiling langzaam stromende poelen, niet in zuur milieu in droogvallende milieu's algemene soort - gedeeltelijk terrestrisch in droogvallende zuurarme voedselrijke milieu's leven in org. verrijkte milieu's met tijdelijk O2 tekort -	HEIL01 HEIL02 HEIL03 HEIL04	CABO01 CABO02 HEIL01 HEIL02 HEIL03 HEIL04 LELO01	vol - ClNa - CZV 0 O2 -- SO42 + pH -- CaMg ++ stroom ++ Fe2 ++ NO3 +

9	DITASPEC	in schone milieu's, veel O ₂ eisend	CAB001	CAB001	vol	—
	LILASPEC	in droogvallende schone wateren	CAB002	CAB002	CZV	-
	NIPTLATE	vereist een schone zandbodem	WILD02	HEIL01	SO ₄ 2	-
	MOLOPHSP	leeft niet in afzettingen van rottingslib		HEIL02	CaMg	0
	PLTRCONS	vereist langzaam stromend schoon water, vangt prooidier in net		HEIL03	stroom	+
	PRODOLIV	indiceert in stromend water matige veronttr, in stilst-schoon		HEIL02	Fe2	+
	PSOIOAE	vereist schoon water en veel O ₂		LELO01	NO ₃	++
	RHAGIOAE	in droogvallende schone wateren			O ₂ %	0
	CONCHASP	in stromende droogvallende milieu's			pH	0

* = locaties gegroepeerd volgens figuur 14

** = locaties gegroepeerd volgens tabel 12

++ = soorten en locaties zijn zeer sterk positief gecorreleerd met een hoge waarde van de milieuvariabele

+ = soorten en locaties zijn positief gecorreleerd met een hoge waarde van de milieuvariabele

0 = soorten en locaties zijn niet gecorreleerd met de milieuvariabele

- = soorten en locaties zijn negatief gecorreleerd met een hoge waarde van de milieuvariabele

— = soorten en locaties zijn zeer sterk negatief gecorreleerd met een hoge waarde van de milieuvariabele

abel 9: De verschillende milieuvariabelen van de verschillende bemonsteringspunten.

Milieu variabele	ACHT01	BLEE01	BLEE02	CAB001	CAB002	FLES01	HAMA01	HAMA02	HEIL01	HEIL02	HEIL03	HEIL04	MULT01	LELO01
Breedte cm	80,0	70,0	60,0	40,0	60,0	80,0	60,0	60,0	60,0	70,0	80,0	110,0	30,0	70,0
Diepte cm	20,0	10,0	3,5	3,5	7,5	11,0	10,0	3,5	10,0	25,0	10,0	10,0	5,0	10,0
Volume cm³	1600,0	700,0	210,0	140,0	450,0	880,0	600,0	210,0	600,0	1750,0	800,0	1100,0	150,0	700,0
Temperatuur °C	9,7	14,2	12,3	11,6	10,0	6,2	10,0	9,8	8,0	8,0	7,0	7,0	6,2	10,6
Zuurstof mg/l	2,2	7,8	7,5	10,7	11,3	9,9	8,5	7,9	11,8	11,5	12,2	12,5	10,5	6,7
Zuurstof %	18,0	73,0	69,0	98,0	99,0	102,0	75,0	67,0	99,0	96,0	101,0	102,0	83,0	60,0
pH	6,5	5,6	5,5	6,0	4,8	4,3	3,8	3,6	5,0	5,0	5,7	6,2	4,9	4,2
BSV µS/cm	670,0	180,0	180,0	470,0	460,0	460,0	270,0	270,0	480,0	620,0	630,0	550,0	540,0	330,0
CZV mg/l	157,0	43,0	44,0	62,0	75,0	31,0	16,0	16,0	39,0	47,0	42,0	32,0	21,0	16,0
BEVS mg/l	67,0	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
N- kjeldabl mg/l	16,0	1,7	2,2	3,5	4,3	3,1	1,8	2,8	2,4	1,6	2,5	3,7	1,0	1,3
N- ammonium mg/l	10,0	0,1	0,1	0,3	0,5	1,2	0,5	0,5	0,7	0,7	0,5	0,6	0,3	0,2
N- nitriet mg/l	0,11	0,06	0,01	0,12	0,11	0,05	0,02	0,02	0,07	0,14	0,11	0,16	0,05	0,03
N- nitraat mg/l	0,6	1,5	1,4	19,0	37,0	4,0	1,5	1,5	22,0	28,0	22,0	29,0	13,0	2,8
Ortho- P mg/l	0,3	0,1	0,1	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Totaal-P mg/l	1,0	0,3	0,3	0,9	1,5	0,3	0,3	0,3	0,4	0,3	0,4	0,5	0,4	0,2
Zw. stof mg/l	25,0	15,0	20,0	30,0	45,0	5,0	5,0	5,0	10,0	25,0	20,0	15,0	5,0	5,0
Bicarbonaat mg/l	1,4	0,2	0,2	0,4	0,2	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2	0,6	0,2	0,1
Sulfaat mg/l	143,0	35,0	37,0	54,0	64,0	104,0	67,0	69,0	66,0	79,0	87,0	74,0	62,0	91,0
Chloride mg/l	67,0	14,0	15,0	33,0	31,0	34,0	19,0	15,0	35,0	40,0	40,0	34,0	23,0	21,0
Hardheid °D	63,3	28,0	28,6	73,4	66,1	49,3	28,0	27,4	7,7	9,8	9,2	8,9	95,2	46,5
Calcium mg/l	26,0	17,0	17,0	41,0	37,0	22,0	8,7	9,0	35,0	49,0	49,0	48,0	54,0	19,0
Kalium mg/l	32,0	8,2	8,1	13,0	14,0	17,0	9,4	9,6	20,0	18,0	20,0	17,0	12,0	10,0
Magnesium mg/l	11,0	2,6	2,6	9,3	8,9	7,4	4,9	5,0	6,6	11,0	11,0	8,8	9,4	7,9
Natrium mg/l	53,0	2,8	3,0	24,0	21,0	14,0	2,2	2,3	24,0	31,0	32,0	25,0	14,0	7,9
IJzer mg/l	11,0	0,8	0,8	0,5	0,1	12,0	3,2	3,1	0,1	0,2	0,2	0,8	0,1	0,9
Stroming cm/s	0,0	2,0	6,0	20,0	4,0	8,0	30,0	22,2	16,0	30,0	38,0	43,0	17,0	4,0
IR	0,16	0,38	0,36	0,38	0,37	0,24	0,19	0,23	0,33	0,38	0,38	0,41	0,54	0,31
Log BGV	2,83	2,25	2,25	2,67	2,66	2,66	2,43	2,43	2,68	2,79	2,80	2,74	2,73	2,52
datum van bemonstering	3/4	28/3	28/3	28/3	28/3	3/4	10/4	10/4	20/3	20/3	20/3	20/3	6/4	10/4
datum van ijzer bemonstering	3/4	10/4	10/4	10/4	10/4				10/4	10/4	10/4	10/4		

Vervolg Tabel 9

Milieu variabele		LIES01	NOER01	WILD01	WILD02
Breedte	cm	150,0	50,0	50,0	50,0
Diepte	cm	50,0	17,3	10,0	5,0
Volume	cm³	7500,0	866,7	500,0	250,0
Temperatuur	°C	8,2	7,4	6,5	5,4
Zuurstof	mg/l	6,5	8,7	5,9	9,7
Zuurstof	%	55,0	73,0	51,0	78,0
pH		5,4	5,7	6,1	6,5
ESV	µS/cm	290,0	390,0	260,0	470,0
CZV	mg/l	28,0	39,0	81,0	111,0
BZV5	mg/l	1,0	1,0	12,0	8,0
N- kjeldahl	mg/l	6,2	1,5	2,6	4,4
N- ammonium	mg/l	0,4	0,1	0,1	0,1
N- nitriet	mg/l	0,03	0,01	0,02	0,10
N- nitraat	mg/l	4,6	3,4	0,5	11,0
Ortho- P	mg/l	0,1	0,1	0,1	0,1
Totaal-P	mg/l	0,4	0,3	0,4	0,7
Zw. stof	mg/l	5,0	30,0	40,0	35,0
Bicarbonaat	mg/l	-1	1,4	0,7	1,6
Sulfaat	mg/l	54,0	77,0	51,0	52,0
Chloride	mg/l	26,0	15,0	20,0	33,0
Hardheid	°D	6,7	84,0	40,9	60,5
Calcium	mg/l	40,0	53,0	24,0	32,0
Kalium	mg/l	17,0	11,0	10,0	15,0
Magnesium	mg/l	4,7	6,8	4,3	9,4
Natrium	mg/l	1,1	1,4	7,8	51,0
Ijzer	mg/l	0,1	0,2	0,1	0,7
Stroming	cm/s	0,0	0,0	0,0	0,0
IR		0,43	0,64	0,38	0,33
Log ESV		2,46	2,59	2,41	2,67
datum van bemonstering		22/3	3/4	3/4	3/4
datum van ijzer bemonstering		10/4			

tabel 10: De verschillende milieuvariabelen van de verschillende bemonsteringspunten.

Milieu variabele	ACHT01	BLEED1	BLEED2	CAB001	CAB002	FLES01	HAMA01	HAMA02	HEIL01	HEIL01	HEIL02	HEIL02	HEIL03	HEIL04
Breedte cm	50,0	70,0	D	30,0	17,5	60,0	42,5	40,0	15,0	45,0	50,0	50,0	60,0	-1
Diepte cm	15,0	10,0	R	1,0	2,0	10,0	5,0	2,0	2,0	6,0	5,0	8,0	5,0	16,5
Volume cm³	750,0	700,0	O	30,0	35,0	600,0	212,5	80,0	30,0	270,0	250,0	400,0	300,0	-1
Temperatuur °C	14,9	17,4	O	18,1	17,9	15,6	14,5	16,6	14,5	15,0	13,7	15,0	15,2	17,5
Zuurstof mg/l	2,1	7,3	G	9,1	9,1	4,6	10,7	11,3	5,9	4,0	10,6	9,0	10,2	10,1
Zuurstof ‰	19,0	71,0	G	93,0	92,0	43,0	102,0	112,0	57,0	42,0	100,0	88,0	100,0	102,0
pH	5,9	5,3	E	6,7	6,2	3,5	3,7	3,7	6,1	6,8	4,4	4,4	4,6	7,9
EGV µS/cm	450,0	140,0	V	540,0	540,0	480,0	310,0	320,0	470,0	470,0	530,0	540,0	520,0	300,0
CZV mg/l	300,0	156,0	A	77,0	92,0	235,0	13,0	12,0	107,0	146,0	29,0	30,0	72,0	11,0
BZV5 mg/l	17,0	3,0	L	1,0	2,0	7,0	1,0	1,0	16,0	2,0	1,0	1,0	2,0	3,0
N- kjeldahl mg/l	15,0	4,4	L	3,8	3,9	8,3	0,9	0,9	5,6	8,4	1,8	1,7	2,2	0,9
N- ammonium mg/l	5,4	0,4	E	0,5	0,4	3,8	0,1	0,1	1,3	3,9	0,4	0,6	0,3	0,2
N- nitriet mg/l	0,02	0,02	N	0,05	0,04	0,02	0,01	0,01	1,10	0,17	0,06	0,04	0,02	0,02
N- nitraat mg/l	0,2	0,6		24,0	24,0	0,3	0,6	0,5	4,3	1,3	19,0	18,0	18,0	0,9
Ortho- P mg/l	0,2	0,1		0,3	0,3	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1
Totaal-P mg/l	2,0	0,5		0,9	1,0	0,5	0,2	0,1	0,7	1,1	0,2	0,2	0,2	0,4
Zw. stof mg/l	165,0	135,0		20,0	90,0	120,0	5,0	5,0	70,0	75,0	5,0	5,0	40,0	20,0
Bicarbonaat mg/l	95,0	25,0		36,0	30,0	15,0	0,0	0,0	46,0	56,0	16,0	16,0	15,0	135,0
Sulfaat mg/l	91,0	30,0		72,0	73,0	124,0	59,0	62,0	78,0	44,0	89,0	84,0	89,0	23,0
Chloride mg/l	52,0	13,0		33,0	35,0	31,0	14,0	14,0	36,0	26,0	36,0	39,0	36,0	13,0
Hardheid °D	7,1	3,9		8,1	9,4	4,9	4,2	4,8	7,7	7,3	9,2	7,2	8,1	10,3
Calcium mg/l	24,0	11,0		38,0	38,0	13,0	11,0	11,0	29,0	43,0	37,0	35,0	35,0	42,0
Kalium mg/l	17,0	4,0		37,0	37,0	11,0	2,2	2,2	32,0	38,0	22,0	20,0	20,0	3,2
Magnesium mg/l	6,9	2,0		12,0	12,0	4,4	6,1	6,3	5,1	5,2	9,6	8,7	9,3	3,0
Natrium mg/l	29,0	7,6		19,0	19,0	21,0	10,0	10,0	30,0	18,0	16,0	15,0	18,0	13,0
IJzer mg/l	7,9	2,2		0,3	0,3	29,0	2,3	1,6	0,7	1,3	0,2	0,2	0,2	1,8
Stroming cm/s	0,0	1,0		5,0	0,0	5,0	19,0	8,6	0,0	0,0	7,7	0,0	0,0	15,0
IR	0,19	0,03		0,36	0,35	0,17	0,28	0,28	0,29	0,45	0,34	0,31	0,33	0,62
Log EGV	2,65	2,15		2,73	2,73	2,68	2,49	2,51	2,67	2,67	2,72	2,73	2,72	2,48
datum van bemonstering	18/5	18/5	18/5	18/5	18/5	18/5	19/5	19/5	18/5	27/6	18/5	27/6	18/5	18/5

Vervolg Tabel 10.

Milieu variabele		HEIL04	HULT01	LELO01	LIES01	MOER01	WILD01	WILD02
Breedte	cm	80,0	20,0	50,0	110,0	D	D	D
Diepte	cm	3,0	5,0	10,0	30,0	R	R	R
Volume	cm ³	240,0	100,0	500,0	3300,0	O	O	O
Temperatuur	°C	19,2	13,6	13,5	18,3	O	O	O
Zuurstof	mg/l	8,0	7,3	7,8	7,2	G	G	G
Zuurstof	%	86,0	71,0	71,0	74,0	G	G	G
pH		7,8	6,0	4,1	7,1	E	E	E
ESV	-- µS/cm	300,0	480,0	320,0	480,0	V	V	V
CZV	mg/l	13,0	210,0	82,0	38,0	A	A	A
BZV5	mg/l	1,0	11,0	1,0	1,0	L	L	L
N- kjeldahl	mg/l	0,7	11,0	2,5	1,8	L	L	L
N- ammonium	mg/l	0,2	1,0	0,3	0,5	E	E	E
N- nitriet	mg/l	0,03	0,04	0,01	0,02	N	N	N
N- nitraat	mg/l	0,3	9,5	3,3	0,3			
Ortho- P	mg/l	0,1	0,1	0,1	0,1			
Totaal-P	mg/l	0,3	3,1	0,2	0,1			
Zw. stof	mg/l	20,0	515,0	125,0	50,0			
Bicarbonaat	mg/l	124,0	43,0	12,0	168,0			
Sulfaat	mg/l	20,0	61,0	64,0	62,0			
Chloride	mg/l	19,0	24,0	18,0	32,0			
Hardheid	°D	6,7	9,0	5,7	13,1			
Calcium	mg/l	27,0	42,0	14,0	66,0			
Kalium	mg/l	4,9	25,0	5,9	1,8			
Magnesium	mg/l	2,9	11,0	9,9	7,3			
Natrium	mg/l	11,0	12,0	11,0	21,0			
Ijzer	mg/l	6,7	0,2	0,4	0,4			
Stroming	cm/s	12,5	0,0	2,0	0,0			
IR		0,53	0,47	0,28	0,51			
Log ESV		2,48	2,68	2,51	2,68			
datum van bemonstering		27/6	19/5	19/5	18/5	18/5	18/5	18/5

Tabel 11: Verdeling van de gemiddelde neerslag in mm per maand van elf KNMI - meetstations in West-Brabant.

maand	1988	1989	normaal
januari	146	29	67
februari	76	57	45
maart	123	87	60
april	13		49
mei	59		59
juni	7		70
juli	137		75
augustus	71		74
september	129		62
oktober	78		75
november	41		79
december	76		76

(Bron: Hoogheemraadschap, 1988).

Tabel 15: De indeling van de verschillende soorten in verschillende functionele voedingsgroepen.
(Cummins, 1973).

General category based on feeding mechanism	General particle size range of food (microns)	Subdivision based on feeding mechanisms	Subdivision based on dominant food	North American aquatic insect taxa containing predominant examples
Shredders	> 10 ⁴	Chewers and miners	Herbivores: living vascular plant tissue	Trichoptera (Phryganeidae, Leptoceridae) Lepidoptera Coleoptera (Chrysomelidae) Diptera (Chironomidae, Ephydriidae)
		Chewers and miners	Detritivores (large particle detritivores): decomposing vascular plant tissue	Plecoptera (Filipalpia) Trichoptera (Limnephilidae, Lepidostomatidae) Diptera (Tipulidae, Chironomidae)
Collectors	< 10 ⁴	Filter or suspension feeders	Herbivore-detritivores: living algal cells, decomposing organic matter	Ephemeroptera (Siphonuridae) Trichoptera (Philopotanidae, Psychomyiidae, Hydropsychidae, Brachycentridae) Lepidoptera Diptera (Simuliidae, Chironomidae, Culicidae)
		Sediment or deposit (surface) feeders	Detritivores (fine particle detritivores): decomposing organic matter	Ephemeroptera (Caenidae, Ephemeridae, Leptophlebiidae, Baetidae, Ephemerellidae, Heptageniidae) Hemiptera (Gerridae) Coleoptera (Hydrophilidae) Diptera (Chironomidae, Ceratopogonidae)
Scrapers	< 10 ⁴	Mineral scrapers	Herbivores: algae and associated material (periphyton)	Ephemeroptera (Heptageniidae, Baetidae, Ephemerellidae) Trichoptera (Glossosomatidae, Helicopsychidae, Molannidae, Odontoceridae, Goreridae) Lepidoptera Coleoptera (Elmidae, Psephenidae) Diptera (Chironomidae, Tabanidae)
		Organic scrapers	Herbivores: algae and associated material (periphyton)	Ephemeroptera (Caenidae, Leptophlebiidae, Heptageniidae, Baetidae) Hemiptera (Corixidae) Trichoptera (Leptoceridae) Diptera (Chironomidae)
Predators	> 10 ⁴	Swallowers	Carnivores: whole animals (or parts)	Odonata Plecoptera (Setipalpia) Megaloptera Trichoptera (Rhyacophilidae, Polycentropidae, Hydropsychidae) Coleoptera (Dytiscidae, Gyrinidae) Diptera (Chironomidae)
		Piercers	Carnivores: cell and tissue fluids	Hemiptera (Belostomatidae, Nepidae, Notonectidae, Naucoridae) Diptera (Rhagionidae)

Tabel 16: De abundanties van de verschillende soorten die bemonsterd zijn in de verschillende bovenlopen in West Brabant met een standaard macrofauna net over een gestandaardiseerd traject van tien meter in maart/april 1989.

	A C H T O 1	B L E O 1	B L E O 2	C A B O 1	C A B O 2	F L E S O 1	H A M A O 1	H A M A O 2	H E I L O 1	H E I L O 2	H E I L O 3	H E I L O 4	H U L T O 1	L E L O 1	L I E S O 1	M O E R O 1	M I L D O 1	M I L D O 1
	1	1	2	1	2	1	1	2	1	2	3	4	1	1	1	1	1	1
Soort..	ABUNDITIES																	
ACRILUCE	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-
AGABBIPIV	-	-	2	-	-	2	1	2	-	1	-	-	4	-	-	-	16	-
AGABUSS6	83	-	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	5	15	80	7
ANACGLOB	17	7	8	4	8	-	1	4	-	1	-	-	26	-	33	20	4	7
ANACLINB	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-
ANACLUTE	7	-	-	-	-	-	-	4	-	-	-	-	-	-	-	5	12	-
ANOPHESP	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5	-	-	-
ANSUSPIR	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10	-	-	-
ASELAQUA	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8	-	-	-
BERISSPE	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	3
CEPOGOAE	-	-	-	2	2	-	-	-	-	3	-	1	-	-	-	-	-	-
CHCLGP16	-	-	-	-	-	1	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	32	253
CHCLGVIT	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4	-	-	-	-	-
CHIROMSP	149	-	-	-	-	-	-	-	2	-	3	3	4	13	-	50	44	3
CLOEDIPT	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
COLYFUSC	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-
CONCHASP	-	-	-	10	8	-	-	-	4	3	-	-	-	-	-	-	-	73
CRICGSYL	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3
CUCIDAE	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4	-
CUSETASP	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3	-	-	-
CYPHOM56	-	-	-	-	-	-	1	2	-	-	-	1	-	-	95	155	44	7
DIMYLASP	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	3
DIPTERA7	-	2	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
DITASPEC	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
DUGELUGU	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8	30	-	-
DUGESISP	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3	10	-	-
DYTISCA6	10	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3	-	10	-	-
EISETETR	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5	-	-	10
EMEIDAE	73	-	-	3	-	-	2	-	-	1	2	-	4	-	5	-	-	-
EMOCAFPI	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
EMOCQUAD	-	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
EMOIPUST	-	-	5	1	-	-	-	-	-	1	-	2	-	-	-	-	-	-
EMPTERSP	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1	2	-	-	-	-	-	-	-
EUTHITUM	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8	-	-	-
GALBITUM	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	13
GERAGTBB	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
GERBLACU	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
GLPIPELL	-	5	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
GYNETESP	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-
HEROSTAG	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7
HERUAQU	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	28	7
HERUGFLA	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3
HERUGGCR	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10
HYEMBRIT	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3	-	-	-
HYEMTEST	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3	-	-	-

	A	B	B	C	C	F	H	H	H	H	H	H	L	L	M	M	M
	C	L	L	A	A	L	A	A	E	E	E	E	U	E	I	O	I
	H	E	E	B	B	E	M	M	I	I	I	I	L	L	E	L	L
	T	E	E	O	O	S	A	A	L	L	L	L	T	O	S	R	D
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	1	1	2	1	2	1	1	2	1	2	3	4	1	1	1	1	1
Soort	ABUNDANTIES																
HYMESTAG	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
HYPODISC	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-
HYPOERYT	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4	-	-	-	-
HYPOGYLL	-	-	8	-	-	-	-	8	-	-	-	-	-	-	10	-	-
HYPOINCO	-	-	-	-	-	3	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-
HYPOINEM	-	3	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4	-
HYPOINIGR	-	2	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5	5	4	-
HYPOPALU	-	2	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
HYPOPLAM	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
HYPORIAG	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	30	24
HYUSFUSC	3	-	2	1	-	-	-	-	-	-	-	-	22	-	-	-	64
LABIMINU	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4	-	-	-	-
LIDRHOTT	-	-	-	-	-	-	-	-	4	-	-	112	-	-	-	-	-
LISSSPEC	-	-	-	-	-	-	-	-	1	13	-	-	-	-	-	-	-
LILASPEC	-	-	-	-	8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
LILACENT	-	33	53	-	-	-	4	10	-	-	-	-	-	3	25	-	-
LUCIDAE	-	-	-	-	2	-	-	-	-	1	3	3	6	-	-	-	-
LUCUVARI	248	135	57	10	-	16	-	-	2	5	3	2	40	20	33	10	136
MALOAPE	-	3	2	1	5	-	-	-	1	-	-	-	-	50	-	5	8
MALOGOET	10	15	11	-	-	-	-	-	-	5	1	2	-	-	-	5	-
MALOGOE7	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3	-	-	4
MALOWEBU	-	2	33	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
MALOWEB7	7	2	11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	113
MALOPISP	-	13	230	1	13	-	-	-	15	8	2	13	2	-	-	40	-
MEOCFUSC	-	-	-	-	-	2	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-
MIPSECS7	-	12	20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4
MIPSECS7	-	5	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10
MIPFLATE	-	-	-	9	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
MOLOPHSP	-	-	-	7	13	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-
NATARSSP	-	17	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
NERACINE	-	850	1788	1486	1396	-	6	4	167	28	-	2	2	253	110	15	40
ORCLADAE	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-
PALPOMP	3	-	-	1	-	-	-	-	2	-	-	-	-	7	30	-	7
PHAEOSP	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3
PHILDISP	-	2	9	3	-	-	1	20	2	-	-	-	16	7	-	5	4
PILARISP	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	4	-	-	-	-
PISIDISP	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	58	-	-
PLTRCONS	-	-	-	15	3	-	-	2	-	-	-	-	-	3	-	-	-
POLINIGR	-	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
POLISSPE	-	14	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
POLITEMU	-	10	8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
POPENACT	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3	5	-
PROTUSSP	10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PROAMERI	-	55	26	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	18	-	-
PRODIA7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3
PRODOLIV	-	-	-	-	7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	20
PSIDIAE	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-
PSTAVARI	112	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7

RHAGIOAE	-	-	-	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
----------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

ervolg tabel 16.

	A	B	B	C	C	P	H	H	H	H	H	H	H	L	L	M	N	V
	C	L	L	A	A	L	A	A	E	E	E	E	U	E	I	O	I	I
	H	E	E	B	B	E	M	M	I	I	I	I	L	L	E	E	L	L
	T	E	E	O	O	S	A	A	L	L	L	L	T	O	S	R	D	D
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	1	1	2	1	2	1	1	2	1	2	3	4	1	1	1	1	1	1
Soort--	ABUNDATIES																	
RHOFALC	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3	-	-	-
SNITGAGU	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-
SPOSEMAR	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
STLOWERI	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3	-	-	-
TABANIAE	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TAPODIA7	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-
TATARSSP	23	2	11	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	3	-	-	-	10
TIPULIAE	-	-	-	1	5	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TUBIAEZH	1541	-	-	-	2	3	-	-	-	5	2	3	-	-	-	-	-	7
TUBIAEZH	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	22	2	3	-	-	-	-	-
TUFETUBI	3402	-	6	-	-	2	-	2	12	3	1	14	36	-	-	-	4	69
UNCIUNCI	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-
VELICAPR	-	-	-	-	-	1	1	-	-	8	-	1	-	-	-	-	-	-
VELIASP6	-	-	-	-	2	2	2	4	-	6	-	-	-	7	3	-	-	-
XEPFLOSP	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	13	5	-	-
ZAMYIASP	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8	-	12	-

Tabel 17A: De codering van de verschillende soorten

Code	Soort
ACRILUCE	Acricotopus lucens
AGABBIPU	Agabus bipustulatus
AGABUSS6	Agabus bipustulatus larve
ANACGLOB	Anacaena globulus
ANACLIMB	Anacaena limbata
ANACLUTE	Anacaena lutescens
ANOPHESP	Anopheles spec.
ANSUSPIR	Anisus spinorbis
ASELAQUA	Asellus aquaticus
BERISSPE	Beris spec.
CEPOGOAE	Ceratopogonidae
CHCLGPIG	Chaetocladius gr piger
CHCLGVIT	Chaetocladius gr vitellinus
CHIRONSP	Chironomus spec.
CLOEDIPT	Cloëon dipterum
COLYFUSC	Colymbetes fuscus
CONCHASP	Conchapelopia spec.
CRIOGSYL	Cricotopus gr sylvestris
CUCIDAE	Culicidae
CUSETASP	Culiseta spec.
CYPHONS6	Cyphon spec larve
DIMYIASP	Dicranimyia spec.
DIPTERA7	Diptera pop
DITASPEC	Dicranota spec.
DUGELUGU	Dugesia lugubris
DUGESISP	Dugesia spec.
DYTISCA6	Dytiscidae larve
EISETETR	Eisenella tetraeda
ENEIDAE	Enchytraeidae
ENOCACFI	Enochrus affinis
ENOCQUAD	Enochrus quadripunctatus
ENOIPUSI	Enoicyla pusilla
ERPTersp	Erioptera spec.
EUTHTRUN	Euthyas truncata
GALBTRUN	Galba truncatula
GERRGIBB	Gerris gibbifer
GERRLACU	Gerris lacustris
GLPHPELL	Glyptotaelius pellucidus
GYMETRSP	Gymnetiocnemus spec.
HEBDSTAG	Helobdella stagnalis
HERUAEDU	Helophorus aequalis
HERUGFLA	Helophorus gr flavipes
HERUGRGR	Helophorus gr grandis
HYENBRIT	Hydraena britteni
HYENTEST	Hydraena testacea
HYMESTAG	Hydrometra stagnorum
HYPODISC	Hydroporus discretus
HYPOERYT	Hydroporus erythrocephalus

Vervolg tabel 17A.

HYPOGYLL	Hydroporus gyllenhallii
HYPOINCO	Hydroporus incognitus
HYPOMEMN	Hydroporus memnonius
HYPONIGR	Hydroporus nigrita
HYPOPALU	Hydroporus palustris
HYPOPLAN	Hydroporus planus
HYPORIA6	Hydroporinae larve
HYUSFUSC	Hydrobius fuscipes
LABIMINU	Laccobius minutes
LIDRHOF	Limnodrilus hoffmeisteri
LISSPEC	Limnophyes spec.
LILASPEC	Limnophila spec.
LILUCENT	Limnephilus centralis
LUCIDAE	Lumbricidae
LUCUVARI	Lumbriculus variegatus
MALOAPSE	Macropelopia/ Apsectrotanypus
MALOGOET	Macropelopia goetghebueri
MALOGOE7	Macropelopia goetghebueri pop
MALONEBU	Macropelopia nebulosa
MALONEB7	Macropelopia nebulosa pop
MALOPISP	Macropelopia spec.
MEOCFUSC	Metriocnemus fuscipes
MIPSECS	Micropsectra spec.
MIPSECS7	Micropsectra spec. pop
MIPTLATE	Micropterna lateralis
MOLOPHSP	Molophilus spec.
NATARSSP	Natarsia spec.
NERACINE	Nemoura cinerea
ORCLADAE	Orthocladiinae
PALPOMSH	Palpomyia sensu HWB
PHAENOSP	Phaenopsectra spec.
PHLIDOSP	Phylidorea spec.
PILARISP	Pilaria spec.
PISIDISP	Pisidium spec.
PLTRCONS	Plectrocnemia conspersa
POLINIGR	Polycelis nigrita
POLISSPE	Polycelis spec.
POLITENU	Polycelis tenuis
POPEUNCI	Polypedilum uncinatum
PRDIUSSP	Procladius spec.
PROAMERI	Proasellus meridianus
PRODIAS7	Prodiamesa spec. pop
PRODOLIV	Prodiamesa olivacea
PSDIDAE	Psychodidae
PSTAVARI	Psectrotanypus varius
RHAGIOAE	Rhagio spec.
RHDRFALC	Rhyacodrilus falciformis
SMITGAQU	Smittia gr aquatilis
SPUSEMAR	Spercheus emarginatus
STLOHERI	Stylodrilus heringianus
TABANIAE	Tabanidae
TAPODIA7	Tanypodinae pop
TATARSSP	Tanytarsus spec.
TIPULIAE	Tipulinae
TUBIAEMH	Tubificidae met haren

Vervolg tabel 17A.

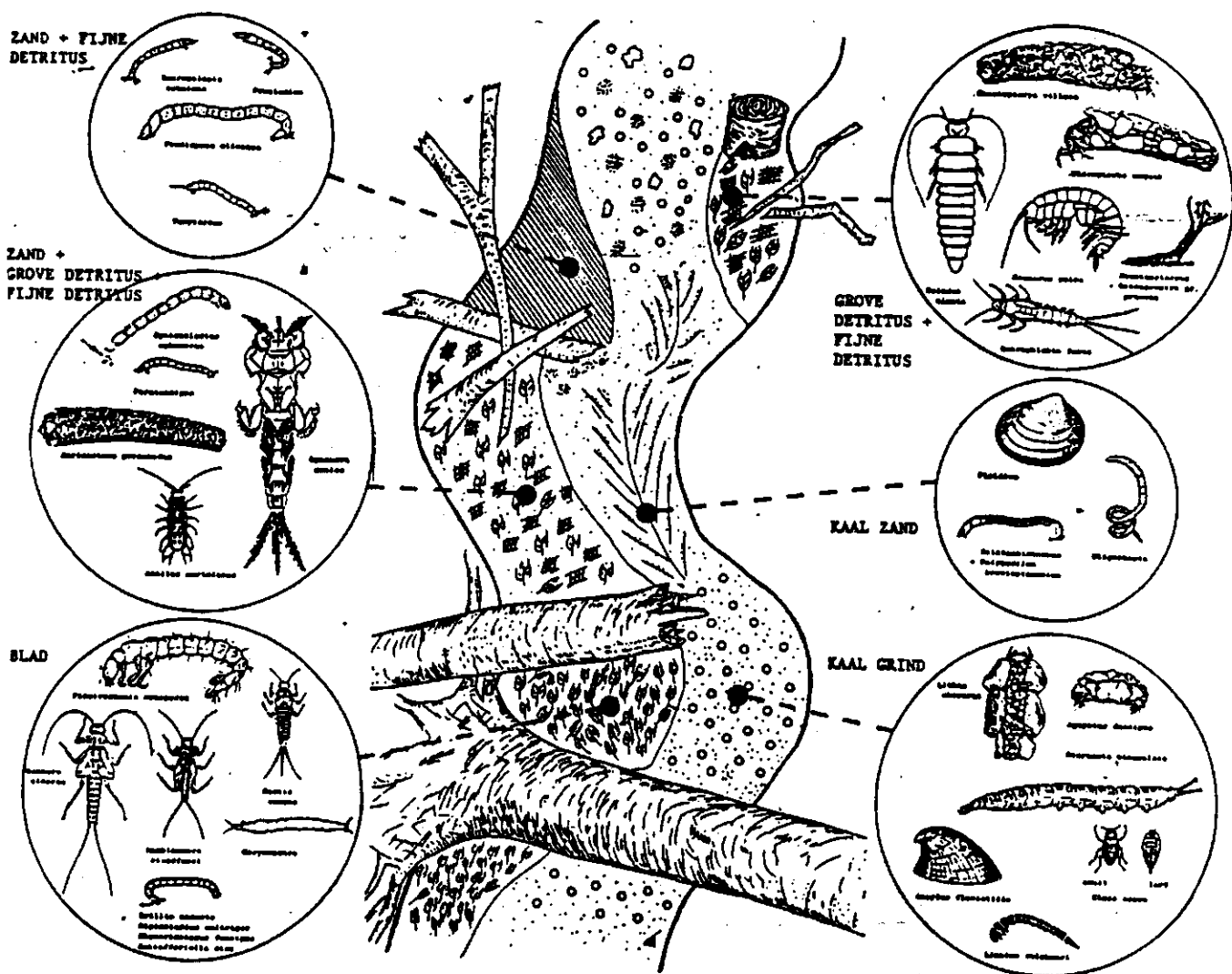
TUBIAEZH	Tubificidae zonder haren
TUFETUBI	Tubifex tubifex
UNCIUNCI	Uncinatis uncinata
VELICAPR	Velia caprai
VELIASP6	Velia spec. larve
XEPELOSP	Xenopelopia spec.
ZAMYIASP	Zavreliomyia spec.

Tabel 17B: De codering van de verschillende bemonsteringspunten.

Code	Beekbovenloop	Bemonsteringspunt
ACHT01	Achtmaalloop	1
BLEE01	Bleekloop	1
BLEE02	Bleekloop	2
CABO01	Calfvense Bosloop	1
CABO02	Calfvense Bosloop	2
FLES01	Fleschloop	1
HAMA01	Halve Maanloop	1
HAMA02	Halve Maanloop	2
HEIL01	Heilloop	1
HEIL02	Heilloop	2
HEIL03	Heilloop	3
HEIL04	Heilloop	4
HULT01	Hultensche Leij	1
LELO01	Leijloop	1
LIES01	Liesboschloop	1
MOER01	Moersloot	1
WILD01	Wildertloop	1
WILD02	Wildertloop	2

Tabel 17C: De codering van de verschillende milieuvariabelen.

Code	Eenheid	Milieuvariabele
breedte	cm	Breedte van de waterloop
diepte	cm	Diepte van de waterloop
br*dte	cm ³	Volume bij een standaard traject van 10 m
temp	°C	Temperatuur van het water
o2	mg/l	Zuurstofgehalte
o2 %	%	Zuurstofpercentage
.ph		Zuurgraad
egv	μS/cm	Electrisch Geleidend Vermogen
czv	mg/l	Chemisch Zuurstof Verbruik
-.bzv5	mg/l	Biochemisch Zuurstof Verbruik
n-kjel	mg/l	N- kjeldahl
n-nh4+	mg/l	Ammonium gehalte
n-no2-	mg/l	Nitriet gehalte
n-no3-	mg/l	Nitraat gehalte
ort-p	mg/l	Ortho-fosfaat gehalte
tot-p	mg/l	Totaal-fosfaat gehalte
zw stof	mg/l	Zwevende stof gehalte
hco3-	mg/l	Bicarbonaat gehalte
so42-	mg/l	Sulfaat gehalte
cl-	mg/l	Chloride gehalte
hardheid	°D	Hardheid
ca2+	mg/l	Calcium gehalte
k+	mg/l	Kalium gehalte
mg2+	mg/l	Magnesium gehalte
na+	mg/l	Natrium gehalte
fe2+	mg/l	IJzer gehalte
stroom	cm/s	Stroomsnelheid



Figuur 27: De indeling van een beek in de verschillende orders.
(Vannote, 1980).