L.W.G. Higler

ONDERZOEK NAAR DE VERSPREIDING VAN ASELLUS AQUATICUS EN PROASELLUS MERIDIANUS IN HET GEBIED VAN DE GROTE RIVIEREN

W.MAASKANT

Landbouwhogeschool
Doktoraalverslag Natuurbeheer
LH-Nb projekt nr.74/75.34
Verslag nr.338

Gegevens uitsluitend voor intern gebruik,overname alleen na overleg met de projektleider

140748

INHOUD:

Titelpagina pag. 1

Inhoud 2

Voorwoord 4

Inleiding :Beschrijving van het probleem 5

Hoofdstuk 1 : Literatuuroverzicht

1.1.Algemeen 6

1.2.Morfologie 6

1.3.Ekologie 7

1.4.Levenscyclus 8

1.5.Voorkomen en verspreiding buiten Nederland 9

1.6.Voorkomen en verspreiding in Nederland 11

1.7.Ekologische verwantschap 11

1.8.Ekologisch onderzoek naar de verwantschap tussen A.aquaticus en P.meridianus 14

1.9.De invloed van de waterverontreiniging 15

1.10.Voorkomen en verspreiding in ZW-Nederland 19

Hoofdstuk 2 : Probleemstelling en doel van het onderzoek 22

Hoofdstuk 3 : Verspreidingsonderzoek

3.1.Het onderzoeksgebied 24

3.2.Methode 25

3.3.Beschrijving monsterpunten 27

3.4.Resultaten 29

Hoofdstuk 4 : Experimenteel onderzoek naar de tolerantie van Asellus t.a.v. lage zuurstofkonsentraties

4.1.Literatuur 33

4.2.De experimenten : bespreking van de resultaten 34

Hoofdstuk 5 : Experimenteel onderzoek naar de tolerantie van Asellu t.a.v. hoge zoutkonsentraties

5.1.Literatuur 37

5.2.Opzet van de experimenten 38

5.3.Uitvoering van de experimenten 39
5.4.Resultaten 40
5.5.Berspreking van de resultaten 42

Hoofdstuk 6 : Experimenteel onderzoek naar de tolerantie van Asellus t.a.v. hoge parathionkonsentraties
6.1.Inleiding 44
6.2.Literatuur 44
6.3.Opzet van de experimenten 47
6.4.Uitvoering van de experimenten 48
6.5.Resultaten 48
6.6.Bespreking van de resultaten 50

Hoofdstuk 7 : Diskussie 51

Samenvatting/Summary/Resümee/Résumé/Riassunto 53

Literatuuropgaven 57

Bijlagen

VOORWOORD

Dit verslag is een onderdeel van mijn doktoraalstudie Milieuhygiëne (spec. Waterzuivering) aan de Landbouw Hogeschool te Wageningen. Het geeft de resultaten weer van een 6-maands hydrobiologisch onderzoek voor de vakgroep natuurbehoud en natuurbeheer. Het onderzoek vond plaats in de periode april 1975 tot februari 1976. De leiding berustte bij Drs.J.Gardeniers.

Op deze plaats wil ik allen,die hebben bijgedragen tot de tot standkoming van dit verslag,hartelijk bedanken. Ik dank niet alleen de heer Gardeniers voor zijn bezielende leiding,maar ook de heren Wolff,v.d. Velde en Berdowski voor het beschikbaar stellen van hun vangstgegevens en het technisch personeel van het Biotechnion voor hun medewerking bij het uitvoeren van de laboratoriumexperimenten.

Wageningen,oktober 1976
Wim Maaskant

INLEIDING:Beschrijving van het probleem

De zoetwaterisopoden Asellus aquaticus en Proasellus meridianus vertonen een zeer grote ekologische overeenkomst.Jarenlang werd het soortenpaar beschouwd als een uitzondering op het principe van Gause,dat zegt,dat twee soorten niet dezelfde ekologische niche kunnen bezetten. Dit principe wordt door veel veld-en laboratoriumonderzoek gesteund. Er zijn echter aanwijzingen,dat er wel kompetitie tussen de soorten optreedt,maar over de aard hiervan is nog weinig bekend. Historisch-geografisch bezien lijkt er een langzame vervanging van P.meridianus door A.aquaticus plaats te vinden.
Een belangrijk verschil tussen de soorten is de reaktie op vervuiling. A.aquaticus lijkt duidelijk toleranter t.a.v. waterverontreiniging dan P.meridianus. Zeer weinig is bekend over de werking van de afzonderlijke faktoren,die tezamen het geheel van vervuiling vormen,op het voorkomen van Asellus.
In dit onderzoek wordt nagegaan hoe de verspreiding van de twee soorten in het gebied van de grote rivieren is en welke invloed Rijn en Maas hierop uitoefenen. Hiertoe werd een veldonderzoek verricht en experimenteel onderzoek naar de tolerantie van A.aquticus en P.meridianus t.a.v. enkele vervuilingsfaktoren.

In hoofdstuk 1 wordt een literatuuroverzicht gegeven van de ontwikkeling van onderzoek,dat in het verleden m.b.t. Asellus is verricht. Hoofdstuk 2 omschrijft de probleemstelling en formuleert de onderzoeksdoelen. Het verspreidingsonderzoek wordt in hoofdstuk 3 behandeld. De hoofdstukken 4,5 en 6 behandelen het experimentele onderzoek naar de tolerantie van Asellus t.a.v. enkele parameters.De diskussie volgt in hoofdstuk 7 en in hoofdstuk 8 wordt een samenvatting geggeven.De bijlagen bevatten figuren,tabellen en kaarten.

1. LITERATUUROVERZICHT

1.1. Algemeen

Vóór 1919 werden alle zoetwaterpissebedden aangeduid met de naam Asellus aquaticus. Racovitza herkende in 1919 voor de eerste maal, dat de soort A.aquaticus uit twee afzonderlijke soorten bestaat, nl. eerstgenoemde en A.meridianus. Later werd de taxonomie door Dudich opnieuw onderzocht, waarbij hij een nieuw subgenus kreëerde: Proasellus. De naam Asellus sensu stricto werd gereserveerd voor A.aquaticus, terwijl A.meridianus in het subgenus Proasellus werd geplaatst. Henry en Magniez(1968) maken nu de volgende indeling:

klasse	:Crustacea	
sub-klasse	:Malacostraca	
orde	:Peracarida	
sub-orde	:Isopoda	
soort	:Asellus	-Asellus s.s.;Nipponasellus;Uenasellus
		-Proasellus
		-Conasellus;Baicalasellus;Pseudobaicalasellus;Bragasellus

De verschillen tussen de subgenera zijn echter gering en, zoals zal blijken, dit geldt ook voor de verschillen tussen A.aquaticus en P.meridianus.

1.2. Morfologie

Voor een beschrijving van de vorm en struktuur van de waterpissebed kan verwezen worden naar de diverse auteurs: Holthuis, 1956; Gruner, 1965; Stammer, 1932; Lockwood, 1968; Redeke, 1948. Een aantal algemene aspekten van de morfologie zijn echter het belichten waard. Asellus (bedoeld wordt in het vervolg A.aquaticus én P.meridianus) behoort tot de Crustacea of Kreeftachtigen, welke groep op haar beurt tot de Arthropoda of Geleedpotigen behoort. Een kenmerk van de Geleedpotigen is de aanwezigheid van een harde, gelede cuticula, wat een belangrijke invloed heeft op de diverse aspekten van de morfologie en de fysiologie van

het dier. Bij dieren zonder harde cuticula liggen de spierbundels in blokken of schijven onder de opperhuid,maar de aanwezigheid van een hard,maar beweeglijk exoskelet heeft het mogelijk gemaakt,dat de spierbundels stevige aanhechtingspunten vinden en zich daardoor volledig ontwikkelen. Hierdoor is een veelzijdige beweging,zoals die bij de Crustacea te zien is,mogelijk geworden. Het perifere zenuwstelsel van de Crustacea,dat de spieren kontroleert,is vanwege het geringe aantal knopen uniek in het dierenrijk.
Door de bescherming van de cuticula hebben de Crustacea zich vanuit hun oorspronkelijke,mariene miljeu kunnen ontwikkelen en vestigen op het land of in zoet water. De vermindering van de permeabiliteit van het lichaamsoppervlak lijkt ertoe te hebben bijgedragen dat zij erin geslaagd zijn een hogere bloedkonsentratie te handhaven in vloeibare media dan organismen met een zachter lichaam.
De aanwezigheid van een cuticula heeft ook nadelen. Bijvoorbeeld de noodzaak van vervelling om te kunnen groeien. Tijdens het vervellen is het organisme beroofd van zijn exo-receptoren. Bovendien is de beweeglijk heid in die tijd minimaal,omdat de spieren dan geen aangrijpingspunt kunnen vinden op de dan nog zachte cuticula. Het vervellingsproces wordt gekontroleerd door een goed gekoördineerd komplex van hormonen en zenuwprikkels. Een goede oplossing voor de problemen,die samenhangen met de schommelingen in de cyclus van het metabolisme tijdens de vervelling en de daarmee gepaard gaande fysiologische fluktuaties, heeft de Crustacea in staat gesteld volledig rendement te trekken van de voordelen,die een cuticula biedt. Dit heeft de groep de mogelijkheid geboden zich zeer wijd te verbreiden. Met ongeveer 25.000 soorten is het de derde grootste groep invertebraten,na de insekten en de gastropoden

1.3.Ekologie

Asellus is een boreale soort,die zowel in subarktische als in mediterrane gebieden voorkomt. Het voorkomen is beperkt tot zoete oppervlaktewateren,hoewel er ook vondsten bekend zijn in brak water en grondwater. Het is in hoofdzaak een detritus-eter en hij behoort alszodanig tot het laagste trofische niveau. Het dieet omvat echter naast

plantaardige en dierlijke resten ook bakteriën en algen. Asellus is in het algemeen één der belangrijkste reducenten in een zoetwater miljeu. De habitats,waarin Asellus aangetroffen wordt,kunnen sterk verschillen. Het dier kan zich in stromend en stilstaand water handhaven,hoewel hij stromend water liefst mijdt. Hij wordt gevonden in beken,poelen,plassen, sloten,vaarten en rivieren en kan op elke diepte tot circa vier meter voorkomen. Het mikro-habitat is eveneens zeer gevarieerd. Asellus komt voor onder stenen,in detritus,tussen planten en in modder,maar lijkt de voorkeur te geven aan detritus-rijke plaatsen.

1.4.Levenscyclus

De levenscycli van A.aquaticus en P.meridianus zijn vrijwel gelijk,maar toch kunnen er verschillen worden waargenomen(lit: Seitz,1954;Steel, 1961;Unwin,1920).
In Midden-Europa begint de voortplantingsperiode in februari. Dan worden voor het eerst zwangere vrouwtjes in het veld aangetroffen. De jonge exemplaren komen in mei (A.aq.) of in juni (P.mer.) vrij uit de broedzak. Het percentage zwangere vrouwtjes tijdens de piek van de voortplanting is bij P.meridianus hoger (85%) dan bij A.aquaticus (67%). Bij de laatsgenoemde is het voortplanten in het voorjaar over een langere periode gespreid.
De jonge dieren groeien snel en bereiken na twee maanden sexuele rijpheid. Deze nieuwe generatie plant zich voort tijdens de zomer. Bij P.meridianus stopt het voortplanten vrij abrupt,namelijk op het moment wanneer de oudste generatie de jongen heeft vrijgelaten;de jongere generatie is dan nog niet begonnen zich te vermenigvuldigen. Bij A.aquaticus is slechts een lichte afname van het percentage zwangere vrouwtjes waar te nemen,omdat de jongere generatie meer geleidelijk wordt vrijgelaten. Eind oktober is het voortplantingsseizoen afgelopen.
P.meridianus ligt systematisch iets achter bij A.aquaticus wat betreft het begin van de voortplantingsperiode en het vrijkomen van de jongen. Steel (1961) veronderstelt,dat het verschijnsel,in Engeland, wordt veroorzaakt door het feit dat P.meridianus een meer zuidelijke soort is en dus een iets hogere temperatuur nodig heeft om zich te kunnen voortplanten.

Gedurende het jaar is een sterke verandering van de geslachtverhouding waar te nemen. Aan het begin van de voortplantingstijd,in februari,zijn de geslachten in ongeveer gelijke hoeveelheden aanwezig. Alle nu aanwezige dieren hebben overwinterd. Tegelijkertijd met het optreden van zwangere vrouwtjes neemt het aantal mannetjes af. Seitz (1954) vond,dat mannetjes blijkbaar direkt na de kopulatie afsterven. Nadat de vrouwtjes hun jongen hebben vrijgelaten sterven ook zij af,zodat er in juni plotseling een mannetjesoverschot is. Aan het begin van de herfst is de verhouding weer ongeveer 50:50 en de populaties bestaan dan vrijwel geheel uit dieren,die in het voorjaar geboren zijn. De schommelingen in de geslachtsverhouding worden dus volledig veroorzaakt door het op een verschillend moment afsterven van mannetjes en vrouwtjes.
Monogenetische broedsels,d.w.z. broedsels,die slechts dieren van één sexe bevatten,komen voor bij A.aquaticus (Seitz,1954) en andere isopoden. Waarschijnlijk is het verschijnsel tamelijk zeldzaam bij Asellus, maar in ieder geval beïnvloedt het de 50:50 verhouding,die bij jonge dieren gevonden wordt,niet.
Over de lengte van de draagtijd bestaan verschillende literatuuropgaven. Unwin(1920) noemt een draagtijd van 30-34 dagen,anderen noemen 3-4 weken en Steel (1961) vermeldt 16-18 dagen bij kamertemperatuur. In het veld vond hij echter een draagtijd van ruim een maand.
Steel onderzocht voortd of er een verschil in reproduktievermogen bestaat tussen A.aquaticus en P.meridianus. Hij vond,dat voor dieren van de zelfde lengte,het aantal eieren per broedsel bij P.meridianus gemiddeld hoger ligt dan bij A.aquaticus. Een,door hem toegepaste, statistische toets laat echter zien,dat er geen signifikant verschil in gemiddelde omvang van het broedsel is tussen de twee soorten.

1.5.Voorkomen en verspreiding buiten Nederland

Verschillende auteurs hebben gegevens verzameld over het voorkomen en de verspreiding van Asellus in Europa en Azië : Gruner,1965; Illies,1967;Stammer,1932;Thienemann,1950;Williams,1962. Uit hun gegevens kan het volgende beeld worden opgebouwd.

A.aquaticus is waargenomen in Italië,de Alpen,de Balkan,de midden-europese bergen,de Karpaten,de Hongaarse vlakte,de west-europese vlakte,Scandinavië,Engeland,Ierland,IJsland,Rusland,de Kaukasus, Turkije,de Kaspische vlakte en misschien Groenland (fig.6).
P.meridianus werd gevonden in de west-europese vlakte,West-Duitsland, Engeland,Ierland en Denemarken. Het gaat hier om een echt west-europese soort. De verspreiding van P.meridianus is niet geheel gelijk aan die van het subgenus Proasellus (fig.6).
Birnstein (1951) stelt,dat de ijstijd en geografische isolatie de belangrijkste faktoren zijn geweest voor de verspreiding en evolutie van A.aquaticus. Dit geldt waarschijnlijk ook voor vele andere diersoorten. Hij vermoedt,dat A.aquaticus zich pas na de ijstijd in Europa heeft kunnen vestigen,toen het ijs zich naar het noorden terugtrok. P.meridianus zou de vroegre bewoner van Europa zijn geweest. A.aquaticus zou vanuit Rusland in westelijke richting zijn opgetrokken. Gezien de geografische ligging van de landen kunnen er twee aanvoerroutes zijn geweest: (1)via Noord-Finland en (2)via de Noord-Duitse vlakte en de Deense eilanden. Proasellus is een van oorsprong mediterrane soort en zou zich,volgens verschillende auteurs,na de ijstijd naar het noorden hebben verspreid. De soort kan daarbij in zijn opmars gestuit zijn door A.aquaticus,die vanuit het oosten opdrong.
Interessant is de situatie op de Britse eilanden. Het is de enige plaats waar P.meridianus verder naar het noorden heeft kunnen opdringen. Dit kan verklaard worden op twee manieren: (1)P.meridianus heeft tijdens de ijstijd in Zuid-Engeland kunnen "overwinteren" en (2)P.meridianus werd op het kontinent in zijn opmars gestuit,terwijl de landbrug tussen het kontinent en Engeland verbroken was,voordat A.aquaticus Engeland had bereikt. In dit laatste geval is het hoogst speculatief hoe A.aquaticus de eilanden heeft kunnen bereiken. Williams (1962) suggereert menselijke aktiviteiten als oorzaak. Deze hypothese wordt gesteund door een aantal details in het verspreidingspatroon: (1)A.aquaticus komt niet voor op het Iberische schiereiland. De Baskische provincie is de meest zuidelijke plaats,waar hij gevonden wordt(Gruner,1965).
(2)Op vele,geografisch geïsoleerde,plaatsen komt P.meridianus als enige soort voor. Henry en Magniez (1962) vinden in een aantal bronnen alleen P.meridianus. Hynes (1959) meldt hetzelfde over geïsoleerde plaatsen in Normandië en op de Britse eilanden voor de Franse kust. Verder wordt

A.aquaticus niet aangetroffen op de Fär Oer. Williams (1962) vermeldt P.meridianus als enig voorkomende soort op de eilanden voor de kust van Groot-Brittanië (Isle of Wight,Isle of Man) en tevens,dat de soort domineert op de Britse schiereilanden. Tenslotte zij vermeld,dat P.meridianus de enig voorkomende soort is op de Waddeneilanden (Leentvaar en Higler,1966;Visser,1968;Gonggrijp,197) (fig.5).
Ten overvloede zij opgemerkt,dat de verklaringen voor de verschillen in verspreidingspatronen zeer speculatief zijn. Overigens is voor het paar Gammarus pulex en G.duebeni een zelfde verklaring gegeven.

1.6.Voorkomen en verspreiding in Nederland

A.aquaticus en P.meridianus komen globaal genomen over geheel Nederland voor. Holthuis (1956) noemt voor A.aquaticus vele vindplaatsen in alle provincies. Ook voor P.meridianus noemt hij alle provincies, met uitzondering van Groningen en Zeeland. Volgens Wlliams (1962) komt P.meridianus in Groningen niet voor (fig.1b). Het door Holthuis geschetste beeld lijkt ook nu nog juist,behalve voor de provincie Zeeland,waar P.meridianus diverse malen is gevonden (o.a.Wolff,1973). Thienemann (1950) vermeldt,dat in Limburg op sommige,meer geïsoleerde plaatsen nog allen P.meridianus wordt gevonden. Stammer (1932) beschrijft de verspreiding langs de Nederrijn,in het gebied tussen de Rijn en de Nederlandse grens. Hij vond,dat A.aquaticus en P.meridianus bijna altijd samen werden aangetroffen,maar,dat A.aquaticus,gaande van Krefeld in de richting van Geldern,de overhand krijgt en P.meridianus bijna geheel verdwijnt. Volgens Stammer ligt hier de noordelijke grens van het verspreidingsgebied van P.meridianus en hij vraagt zich dan ook af of de soort verder naar het noorden optrekt,stilstaat of zich terugtrekt. Hij meldt verder geen exemplaar van P.meridianus te hebben gevonden op de rechter Rijnoever,tussen Rees en Emmerich. Verder onderzoek langs de Rijn in Nederland zal,volgens Stammer,moeten aantonen of zijn hypothese,dat deze soort aldaar niet voorkomt,juist is.

1.7.Ekologische verwantschap

In de voorafgaande gedeelten is de grote mate van overeenkomst tussen A.aquaticus en P.meridianus naar voren gekomen. Zeer veel auteurs ver-

melden dan ook,dat de twee soorten in de zelfde habitats worden aangetroffen.
In 1944 werd op een symposium van de British Ecological Society gesteld,dat het paar een uitzondering vormde op de theorie van Gause, welke tot dan toe aanvaard werd als een algemeen geldend biologisch principe. Dit is het principe van de "kompetitieve uitsluiting",wat zegt,dat volledige kompetitie tussen twee soorten niet kan bestaan (Hardin,1960). Nader omschreven houdt dit het volgende in :(1) als twee populaties,die zich niet kruisen,hetzelfde "doen",d.w.z. dezelfde ekologische niche hebben en (2)als ze zich in hetzelfde geografische territirium bevinden en (3)als populatie A zich ook maar zeer weinig sneller vermenigvuldigd dan populatie B,dan zal B uiteindelijk volledig verdwijnen en vervangen worden door A.
Darwin heeft in zijn "Essays" gezegd,dat de kompetitie,die optreedt, het hardst zal zijn tussen soorten,die wat gedrag,bouw en struktuur betreft,bijna identiek zijn. De enige mogelijkheid voor nauw verwante soorten om zich te kunnen handhaven is ekologische differentiatie, d.i.een verandering in gedrag,morfologie of fysiologie,waardoor een nieuwe habitat wordt ingenomen en de kompetitie ontweken wordt.

Voor een helder inzicht in de mechanismen,die werken i.v.m. de kompetitie tussen twee verwante soorten,is het nuttig eens te zien door welke faktoren populaties gereguleerd worden. Harper et.al.(1961) noemen vier manieren,waarop populaties gereguleerd kunnen worden:
(1)Door het aantal veilige plaatsen,dat beschikbaar is tijdens katastrofen.Bijvoorbeeld:de omvang van de populatie van een zoetwaterorganisme kan bepaald worden door het aantal dieren,dat een uitdrogingsperiode overleeft.
(2)Door een tekort aan voedsel.
(3)Door de interakties met predatoren of parasieten.
(4)Door soort-intrensieke faktoren. Een verandering in de fysiologie van een dier kan een effekt hebben op het reproduktievermogen en daardoor op de omvang van de populatie.
Naast deze vier mogelijkheden van regulatie kunnen populaties ook gereguleerd worden door faktoren,die direkt vanuit het miljeu inwerken, maar waarvoor de dichtheid van de populatie,i.t.t. bovengenoemde faktoren,niet van belang is (bijv.het afsterven door te hoge temperaturen).

Zijn er echter twee nauw verwante populaties aanwezig,dan doen zich ook andere faktoren gelden. Allereerst is er de,wellicht theoretische,mogelijkheid,dat de twee soorten in alle opzichten identiek zijn en dus op alle miljeufaktoren identiek reageren. De groei en voortplanting zou dan eveneens gelijk zijn en verwacht kan worden,dat beide soorten dezelfde maximale populatie-omvang zullen bereiken. In deze situatie is voortdurende samenleving mogelijk.
Indien er verschillen zijn tussen de twee soorten ,dan kunnen deze van tweeërlei aard zijn:
(1)De populaties verschillen alleen in efficiency. Ze kunnen bijvoorbeeld verschillen in efficiency om voedsel te gebruiken voor de groei; of de ene populatie kan zich beter verweren tegen predatoren dan de andere. De meest efficiente soort zal zich dus sterker kunnen verbreiden dan de minder efficiente soort en zal zó de overhand krijgen.
(2)De populaties worden door verschillende faktoren gereguleerd. In dit geval is het mogelijk,dat de soorten naast elkaar kunnen blijven bestaan. Wanneer bijvoorbeeld populatie A door een andere predator wordt gegeten dan populatie B,verschillen ze in regulatiefaktor. Beide populaties beschikken alszodanig over een voordeel ten opzichte van de ander. Harper et.al.(1961) omschrijven de "survival of the fittest" alsvolgtvolgt:"The survival of the fittest will only cause the population of one species to increase at the expense of the other if by fittness is meant the relative fitness of the species shown towards the same controlling factor".
Dus als er in het veld twee soorten gevonden worden in een,naar het schijnt,precies dezelfde niche,kan dit betekenen,dat (1)de situatie een overgangstoestand is en uiteindelijk één der soorten zal verdwijnen.(ze worden dan door dezelfde faktoren gereguleerd en er treedt dus kompetitie op). De situatie kan echter ook een voortdurende samenleving zijn (2),in geval de populaties door verschillende faktoren worden gereguleerd. Uit het feit,dat twee soorten naast elkaar worden gevonden kunnen geen konklusies worden getrokken omtrent de aard van het samen optreden. Hieruit blijkt het belang van het onderzoek naar de aard van de faktoren,die populaties reguleren.
Bovenstaande was aanleiding voor enkele auteurs om het paar A.aquaticus en P.meridianus zowel in het veld als in het laboratorium nader

te bestuderen. In de gedeelten 1.8. t/m 1.10. zal hiervan een chronologisch overzicht gegeven worden.

1.8. Ekologisch onderzoek naar de verwantschap tussen A.aquaticus en P.meridianus

Wil men een onderzoek doen naar de verwantschap tussen twee soorten, dan zal moeten worden vastgesteld of het om twee gescheiden soorten gaat en of er geen kruising optreedt.
Hoewel er,nadat P.meridianus onderscheiden was van A.aquaticus,weinig twijfel over bestond of het twee echte soorten betrof,was er toch voortdurend enige onzekerheid hieromtrent. Unwin (1920) suggereerde zelfs,dat A.aquaticus en P.meridianus zich kruisten,hoewel dit verschijnsel,volgens hem,zeer zeldzaam zou zijn. Teneinde hierover zekerheid te verkrijgen voerde Williams (1962c) enkele experimenten uit. Hij zette vijf A.aquaticus wijfjes en vijf mannetjes bij resp. vijf P.meridianus mannetjea en vijf wijfjes. Prekopula tussen de soorten werd in twee gevallen waargenomen. Slechts in één geval werden levende nakomelingen geproduceerd (♀A.a.x♂P.m.);deze bleken de geslachtsorganen van A.aquaticus te dragen. Echter op basis van het vervellingsritme van het wijfje,dat sterk samenhangt met de prekopula,konkludeerde Williams,dat de eieren niet bevrucht zijn door het P.meridianus mannetje,maar dat ze al bevrucht waren voordat get experiment begon. In alle andere gevallen werden onvruchtbare eieren geproduceerd of werd de broedzak geleegd voordat de eieren zich ontwikkeld hadden. Williams' konklusie luidt,dat kruising zeer onwaarschijnlijk is. Onder de ruim 9000 exemplaren,die hij bij zijn andere experimenten gedetermineerd heeft,bleken geen intermediaire soorts kenmerken op te treden.

Williams heeft ook onderzocht of er belangrijke verschillen bestaan m.b.t. de miljeufaktoren,die het voorkomen van de twee soorten beïnvloeden (Williams,1962a). Hij onderwierp enige honderden vindplaatsen van Asellus aan een nauwkeurig onderzoek. Er werden onderzocht:
(1)Belangrijke fysische karakterestieken,zoals diepte,stroomsnelheid, en substraat.

(3)Konsentraties van opgeloste stoffen :SO_4^{2-},Cl^-,Mg,Ca,Na,K,org.stof.
(4)Mikrohabitat.
Hij vond,dat bovenstaande faktoren dezelfde invloed hadden op het voorkomen van zowel A.aquaticus als P.meridianus. Wat betreft de reaktie van de twee soorten op deze faktoren bestaan er dus geen verschillen. Wel vond hij enkele bijzonderheden :(1)op plaatsen waar Asellus afwezig was,bleek de flora en fauna iets gevarieerder te zijn dan op plaatsen waar hij wel gevonden werd ;(2)er bleek een relatie te bestaan tussen de hoeveelheid opgeloste stoffen en de aanwezigheid van Asellus. Het meest duidelijk wordt dit wanneer de konsentratie aan calcium-ionen bekeken wordt (tabel 1.1.). Williams sluit hiermee aan bij de konklusies van Tucker (1958),die vijvers in Zuid-Engeland onderzocht,en Reynoldson,die meren in Schotland heeft geïnventariseerd.

Tabel 1.1.Relatie tussen het voorkomen van Asellus en de calcium-konsentratie (Williams,1962a)

	aantal vindpl.		
Asellus	aanwezig	afwezig	calcium-kons.
	5	14	0,25 meq/l
	1	10	0,25 meq/l

Het is bekend,dat er voor veel zoetwaterorganismen een verband bestaat tussen de calcium-konsentratie en hun voorkomen (Macan,1961). Reynoldson (1966) vindt later echter,dat in Scandinavië Asellus in meren met een extreem laag calciumgehalte wordt gevonden;dit dus i.t.t. de situatie zoals die in Engeland is. Hij verklaart dit vanuit het feit,dat de meren in Scandinavië veel meer detritus bevatten,waardoor de omstandigheden voor Asellus gunstiger zijn en de calciumdrempel verlaagd zou worden.

Voorts onderzocht Williams of A.aquaticus en P.meridianus op de volgende punten verschillen vertonen:
(1)voedsel,voedingsgewoonten en morfologie van de monddelen.
(2)vertikale verdeling in een miljeu.
(3)tolerantie tegen hoge temperaturen.
(4)tolerantie tegen lage zuurstofkonsentraties.
(5)tolerantie tegen uitdroging.

Maar ook wat deze punten betreft was er voor hem geen verschil tussen de twee soorten te konstateren.

In 1963 publiceert Williams de resultaten van een onderzoek,waarin hij heeft nagegaan of er op basis van veldgegevens of laboratoriumexperimenten gekonkludeerd kan worden,dat er kompetitie bestaat tussen A.aquaticus en P.meridianus (Williams,1963). Hij onderwierp het voorkomen van de soorten in Merseyside (GB) aan een statistisch onderzoek. De resultaten tonen aan,dat de gevonden verdeling hoogst onwaarschijnlijk is,indien deze toevallig tot stand is gekomen (tabel 1.2.).

Tabel 1.2.Voorkomen van Asellus in Merseyside (Williams,1963)

vindplaatsen	A.aquaticus	aanwezig	afwezig	totaal
P.meridianus	aanwezig	18	45	63
	afwezig	36	16	52
	totaal	54	61	115

De konklusie luidt,dat er dus interaktie tussen de soorten bestaat. Om meer gegevens te verkrijgen deed Williams een aantal overbrengingsexperimenten. Hij wilde op die manier ontdekken hoe de twee soorten, wanneer ze naast elkaar leven,op elkaar reageren. Hij bracht daartoe 2000 exemplaren van A.aquaticus over in een plas,waar voordien alleen P.meridianus in voorkwam en deed evenzo met 2000 exemplaren P.meridianus in een "A.aquaticus-vijver". Na een jaar nam hij uit beide vijvers een monster (tabel 1.3.).

Tabel 1.3.Overbrengingsexperiment Williams (1963)

begin	eind	totaal aantal ex.in monster
100% P.mer.	47% P.mer.+53% A.aq.	47
100% A.aq.	0% P.mer.+100% A.aq.	133

A.aquaticus handhaafde zich voortreffelijk en lijkt de superiore soort te zijn. De grootte van de beginpopulaties in de plasjes verschilde echter,waardoor de hardheid van de ontstane kompetitie niet even sterk was in beide plasjes;dit kan ten gunste hebben gewerkt van A.aquaticus

welke de grootste beginpopulatie had.
verder voerde hij een aantal experimenten uit om vast te stellen hoe de soorten zich onder laboratoriumomstandigheden gedragen en hoe groot de overleving is. De resultaten van deze experimenten wijzen in de richting van interferentie tussen de soorten,die misschien door jonge dieren wordt veroorzaakt. A.aquaticus lijkt beter te overleven onder de gegeven omstandigheden dan P.meridianus. Er werd voorts een aantal proeven gedaan onder meer natuurlijke kondities. Daartoe werden er vier bakken (1,8 bij 0,45 bij 0,07 m.) opgesteld,waarin verschillende aantallen van beide soorten werden overgebracht. Na enkele maanden werd geteld hoeveel dieren zich in de bakken bevonden (tabel 1.4.).

Tabel 1.4.Kompetitieproef Williams;duur 6maanden (williams,1963)

bak	A.a./P.m.(begin)	A.a./P.m.(eind)
1	50 :50	724:512
2	50:50	548 :222
3	100 : 0	2735 : 0
4	0 :100	(41) :262

A.aquaticus wint het in aantal,zowel in de gemengde als in de ongemengde bakken;hij overleeft dus beter dan P.meridianus. Over een eventuele onderlinge beïnvloeding kunnen geen konklusies worden getrokken,want de 222 exemplaren P.meridianus in bak 2 zijn van dezelfde orde van grootte als de 262 exemplaren in bak 4. De gevonden 41 exemplaren A.aquaticus in bak 4 zijn een raadsel voor de auteur. De gedane onderzoekingen lijken op een kompetitie tussen de soorten te duiden, maar het direkte bewijs ontbreekt.

Later zet Hynes (Hynes en Williams,1965) het onderzoek voort en doet enkele kompetitie-experimenten. Hij vond,dat beide soorten zich onder laboratoriumomstandigheden bevredigend kunnen vermenigvuldigen en dat A.aquaticus P.meridianus in gemengde kultures vervangt,waarbij de interaktie tussen de soorten misschien een agressieve is,vanwege het kannibalisme,dat op zou treden bij A.aquaticus t.a.v. P.meridianus.

Hynes komt in zijn konklusies niet verder dan Williams,nl.dat er aanwijzingen gevonden worden voor kompetitie en dat er een,weliswaar zeer langzame,vervanging van P.meridianus optreedt.

Te vermelden is voorts het onderzoek van Edwards en Learner (1960), dat toonde,dat beide soorten zich m.b.t. de ademhaling volledig identiek gedragen. Zowel zuurstofverbruik als het gedrag bij lage zuurstofgehaltes stemt met elkaar overeen.
Samenvattend kan gesteld worden,dat de hypothese van de kompetitie tussen de twee,nauw verwante,soorten hehandhaafd blijft. Niet duidelijk is of er ekologische verschillen bestaan,maar een opdringen van A.aquaticus ten nadele van P.meridianus lijkt waarschijnlijk.

1.9.De invloed van de waterverontreiniging

Zijn er tot nog toe geen ekologische verschillen gevonden tussen A.aquaticus en P.meridianus,dan lijken deze wel te bestaan wanneer er van waterverontreiniging sprake is. Williams (1960) vond,dat P.meridianus niet voorkomt in vervuilde wateren,terwijl A.aquaticus daar wel voorkwam. Diverse auteurs (Kolkwitz,1950;Liebmann,1951;Sládeček,1963) noemen A.aquaticus kenmerkend voor α-en β-mesosaproob water en toleranter t.a.v. waterverontreiniging dan bijv. Gammarus pulex. Hynes (1960) vermeldt,dat P.meridianus blijkbaar voorkeur heeft voor niet-verontreinigd water. Het optimale miljeu voor beide soorten ligt bij lichte tot matige vernotreiniging. Het miljeu van A.aquaticus is te vergelijken met dat van Helobdella stagnalis,terwijl dat van P.meridianus meer overeenkomst vertoont met dat van Gammarus pulex (Moller Pillot,1971).
In het systeem van Moller Pillot ter beoordeling van organische verontreiniging van laaglandbeken wordt A.aquaticus ingedeeld in de Hirudinea-groep en P.meridianus in de Gammarus-groep,waarbij de eerstgenoemde groep op een sterkere verontreiniging duidt dan de tweede. Indien echter in het veld een plaats wordt gevonden,waar één der soorten ontbreekt,kan de andere soort zijn plaats in het systeem enigszins innemen. De plaatsen van A.aquaticus en P.meridianus liggen dan dichter bij elkaar in het systeem;beide behoren dan tot de Hirudinea-groep (Moller Pillot,1971).

Voor de Brabantse beken suggereert Gardeniers (1966),dat de aantalsverhouding A.aquaticus/P.meridianus een fijne graadmeter kan zijn voor de waterkwaliteit.
Nadat Moon (1957a,1957b) geen korrelatie had gevonden tussen het voorkomen van Asellus en fysische-en chemische faktoren,schreef hij het verschijnen van Asellus in het Engelse merendistrikt toe aan een zekere eutrofiëring van de twee door hem onderzochte meren (Moon,1964,1968). De verrijking van het water heeft de algengroei bevorderd en daardoor een geschikter miljeu geschapen voor Asellus. Dit laatste gold zowel voor A.aquaticus als voor P.meridianus. (Overigens vond Moon aanwijzingen,dat er een langzame vervanging van P.meridianus door A.aquaticus optreedt,hoewel dit niet eenduidig is).

1.10.Voorkomen en verspreiding in ZW-Nederland

Wolff (1973) beschrijft het onderzoek,dat hij heeft verricht naar de verspreiding van Asellus in het zuidwestelijke deel van Nederland, d.w.z. het Deltagebied,de Biesbosch en de benedenlopen van de grote rivieren.
Beide soorten komen voor in de stilstaande of langzaam stromende binnenwateren van het Deltagebied. P.meridianus wordt alleen gevonden in Beijerland,de Hoekse waard en Zeeuws Vlaanderen. A.aquaticus daarentegen is veel meer verbreid en wordt behalve op eerder genoemde plaatsen gevonden in :de duingebieden van Voorne,Goeree, Schouwen en Walcheren,voorts in de polders van Overflakkee,Noord-Beveland en Zuid-Beveland. De polderwateren van de Zeeuwse eilanden zijn vaak min of meer brak en het lijkt alsof A.aquaticus hiervoor toleranter is dan P.meridianus. Over de brakheid van de binnenwateren is nog niet zoveel bekend,maar zeker is,dat er grote schommelingen in de zoutgehalten kunnen optreden (den Hartog,1963;Wolff,1968; Heerebout,1970). De grens tussen zoet en brak water wordt gelegd bij een chloride-konsentratie gelijk aan 0,3‰.(Voor een klassifikatie van de wateren van het Deltagebied,zie den Hartog,1961 en 1963;Peelen en Parma,1967).

A.aquaticus en P.meridianus komen beide voor in het zoetwater van de getijdenzône van de Maas en in het gedeelte van de Biesbosch,dat voornamelijk gevoed wordt door Maaswater. In de wateren,die beïnvloed worden door de Rijn (=Waal+Lek) komt alleen A.aquaticus voor. Dit verschil is statistisch betrouwbaar en de konklusie luidt dan ook,dat hun voorkomen in de wateren signifikant verschilt (tabel 1.5.) (zie ook bijlage 5,fig.7).

Tabel 1.5.Voorkomen van Asellus in Rijn en Maas (Wolff,1973)

	Rijnwater	Maaswater
A.aquaticus	40 waarnemingen	12 waarnemingen
P.meridianus	1 waarneming	11 waarnemingen

X^2-test,$p<0,005$

Wolff vermoedt,dat het verschil in verontreiniging tussen Rijn en Maas er de oorzaak van is,dat P.meridianus alleen in Maaswater voorkomt. In tabel 1.6. staan enkele gegevens vermeld over de samenstelling van Rijn-en Maaswater.

Tabel 1.6.Samenstelling van Rijn-en Maaswater in 1974 (CBS,1975)

O_2-gehalte gemiddeld	Rijn:	5,6 mg/l	Maas:	9,8 mg/l
minimum		2,2 mg/l		7,1 mg/l
O_2-verzadiging gemiddeld		51 %		90 %
minimum		24 %		72 %
BOD gem.		8,8 mg/l		6,4 mg/l
COD gem. (maximum)		38,5(58)mg/l		nb.(13,6)mg/l
Totaal-fosfaat gem.		0,7 mg/l		0,9 mg/l
Kjeldahl-stikstof gem.		3,8 mg/l		3,6 mg/l
Chloride gemiddeld		194 mg/l		64 mg/l
maximum		300 mg/l		109 mg/l

Om te kunnen toetsen of A.aquaticus toleranter is t.a.v. hoge zoutgehalten dan P.meridianus,voerde Wolff (1973) een experiment uit. Hij bracht een aantal exemplaren van beide soorten in plastic containers,met daarin Ceratophillum submersum (ongedoornd hoornblad)

als voedsel. Elke dag werd een zodanige hoeveelheid zeewater toegevoegd,dat het zoutgehalte in de containers telkens met 0,5 ‰Cl^- steeg. Voordat het zeewater werd toegevoegd,werden de dode dieren verwijderd en gedetermineerd. Het resultaat van de proef is geschetst in bijlage 6,fig.9&10. Exemplaren van A.aquaticus konden overleven tot 6,58 ‰Cl^- en van P.meridianus tot 5,45 ‰Cl^-. Dit toont dus niet aan,dat A.aquaticus veel toleranter is voor hoge zoutkonsentraties dan P.meridianus. Opgemerkt zij,dat de aantallen P.meridianus in het experiment laag waren. Wolff zegt,dat zijn onderzoek de konklusies van Williams niet verandert. De ekologische gelijkheid van de soorten kan wellicht worden uitgebreid tot een gelijke tolerantie voor hoge zoutkonsentraties. Aan de andere kant was het wel mogelijk vast te stellen, dat de soorten verschillend reageren op waterverontreiniging. Dit is een groot voordeel voor A.aquaticus,de meest tolerante soort,om zich in deze eeuw te kunnen verbreiden.

2. PROBLEEMSTELLING EN DOEL VAN HET ONDERZOEK

M.b.t. de problematiek van het ekologisch nauw verwante paar A.aquaticus en P.meridianus is het volgende beeld duidelijk geworden : de ekologische overeenkomst is zeer groot;de soorten lijken alszodanig ekologisch niet van elkaar te scheiden. Het paar lijkt dan ook nog steeds een uitzondering te vormen op het principe van Gause. De reaktie op waterverontreiniging levert een verschilpunt op,en wel ten nadele van P.meridianus. Wolff vond een verschil tussen Rijn en Maas m.b.t. het voorkomen van Asellus en veronderstelt,dat dit veroorzaakt wordt door een verschil in mate van vervuiling tussen de rivieren.

Ekologisch onderzoek kan uit twee komponenten bestaan,te weten: (1)veldonderzoek en (2)laboratoriumonderzoek. Door middel van onderzoek in het veld is het mogelijk bepaalde relaties te ontdekken en veronderstellingen te doen omtrent de aard van de gevonden relatie. Laboratoriumonderzoek kan inzicht verschaffen over de werkelijke aard van de relatie. Toegespitst op Asellus houdt dit in, dat er gekonstateerd werd,dat (in het veld) :

-de soorten dezelfde habitat lijken in te nemen
-er verschillen in verspreidingspatroon zijn waar te nemen
-er waarschijnlijk kompetitie optreedt
-er invloed van waterverontreiniging op het voorkomen van de soorten bestaat

Laboratoriumonderzoek toonde aan,dat :

-de soorten op sommige chemische en fysische parameters identiek reageren
-er in het laboratorium kompetitie optreedt

Veldonderzoek en laboratoriumonderzoek zijn dus aanvullende mogelijkheden om een ekologisch probleem te benaderen.

Als onderzoeksdoelen zijn gedefinieerd :

A.Veldonderzoek : (1)onderzoek naar de verspreiding van Asellus in het gebied van de grote rivieren en de invloed van Rijn en Maas hierop.
(2)aanvulling van het veldwerk met verspreidingsgegevens uit rapporten,verslagen en publikaties.

B.Laboratoriumonderzoek : (3)Experimenteel onderzoek naar de tolerantie van beide soorten t.a.v. lage zuurstofgehaltes
(4)idem t.a.v. hoge zoutkonsentraties
(5)idem t.a.v. organische fosforesters

Toelichting op de punten 3,4 en 5 :uit eerder onderzoek is gebleken, dat een aantal faktoren niet verantwoordelijk konden worden gesteld voor het verschil tussen A.aquaticus en P.meridianus m.b.t. de reaktie op vervuiling. Onderzocht werden o.a. elektrolytenkonsentratie,lage zuurstofgehaltes,zuurgraad,hoge temperaturen. Alleen t.a.v. hoge zoutkonsentraties bestaat het vermoeden,dat het een faktor is, waarop de twee soorten verschillend reageren.
Wanneer de verschillende parameters van het Rijn-en Maaswater worden bekeken (tabel 1.6.),vallen enkele verschilpunten op :
(1)het verschil in zuurstofgehalte is aanzienlijk (Rijn :51% verz.; minimum 24% ;Maas :90% verz.;minimum 72%).
(2)de chloridevracht van de Rijn is veel hoger dan die van de Maas : resp. 194 en 64 mg/l (maxima resp. 300 en 109 mg/l). Opgemerkt zij, dat in 1971 de zoutkonsentratie in de Rijn soms boven de officiële zoetwatergrens lag (maximum 1971 :395 mg/l).
(3)uit gegevens van het RIZA blijkt,dat er ook wat betreft de konsentraties organische fosforesters (O.P.esters) grote verschillen tussen Rijn en Maas kunnen optreden (zie 6.2.).

Hoewel het onderzoek naar lage zuurstofgehalten in het verleden geen verschillen tussen A.aquaticus en P.meridianus heeft opgeleverd,lijkt het toch nuttig om hier nogmaals enkele experimenten over op te zetten. Het experimentele onderzoek richt zich dus op lage zuurstofgehaltes,hoge zoutkonsentraties en O.P.esters.

3. VERSPREIDINGSONDERZOEK

3.1. Het onderzoeksgebied

Het onderzoeksgebied is zodanig gekozen, dat het aansluit bij het door Wolff (1973) onderzochte gebied in Zuidwest-Nederland. De oostelijke grens van Wolff's gebied lag ongeveer op de lijn Vianen-Leerdam-Waalwijk.
Onderzocht zijn alleen die delen van het rivierenland, waarvan het water min of meer direkt beïnvloed wordt door de grote rivieren. Daarom vallen de hoger gelegen delen van het onderzochte gebied on feite buiten beschouwing (bijlage 1, fig.1). In dit verband kunnen worden genoemd :het gebied tussen Nijmegen en Mook, de Veluwezoom, de hogere gronden op de lijn Hemmen-Alverna-Wychen en de zuidelijke uitlopers van de Utrechtse heuvelrug.
De grenzen van het onderzoeksgebied zijn :(oostgrens) de lijn Doesburg-Zevenaar-grens tot aan Gennep ;(noordgrens) Doesburg-Veluwezoom-Wageningen-Rhenen-Wijk bij Duurstede-Vreeswijk-Schoonhoven ;(westgrens) Schoonhoven-Sliedrecht-Raamsdonksveer ;(zuidgrens) Raamsdonksveer-Waalwijk-Den Bosch-Oss-Grave-Gennep.
I.v.m. het onderzoek zijn de lopen van de belangrijkste waterwegen van belang. Door de aanleg van kanalen is het niet meer mogelijk de stroomgebieden van Rijn en Maas volledig te scheiden. De wederzijdse beïnvloeding van de twee rivieren is weliswaar niet groot, maar voor de mogelijkheden tot verspreiding van Asellus kunnen de kanalen belangrijk zijn. Het eerste kontakt wordt gevormd door het Maas-Waalkanaal, dat van Mook naar Nijmegen loopt. Het volgende kontakt treedt op bij Rossum, waar Maas en Waal elkaar zeer dicht passeren. Bij Heusden splitst de Bergse Maas zich af en mondt in de Amer uit, terwijl de Maas bij Gorinchem in de Waal stroomt. Rijn en Lek staan, nadat ze bij Pannerden gesplitst zijn, met elkaar in verbinding via het Amsterdam-Rijnkanaal en het Merwedekanaal. De Linge "begint" in de Waal bij Gendt en mondt ook in deze rivier uit bij Gorinchem, terwijl er bij Tiel een inlaat is gegraven.

3.2. Methode

De bemonstering van het gebied moet zodanig geschieden, dat een goede indruk wordt verkregen van het voorkomen van beide soorten. De voorwaarde hiervoor is, dat de monsters representatief zijn voor het gehele gebied, d.w.z.:

(1) de monsterpunten moeten in evenredige mate over het gehele gebied verspreid liggen.

(2) de monsterpunten moeten alle, in het gebied voorkomende, miljeutypen in overeenkomstige mate omvatten.

(3) de dichtheid van de monsterpunten moet voldoende groot zijn.

Een evenredige verdeling van de monsterpunten en een aanvaardbare dichtheid worden bereikt door, m.b.v. topografische kaarten op schaal 1:25.000, min of meer rechte lijnen door het landschap te trekken en op deze lijnen monsterpunten uit te zetten. Dit geschiedt zodanig, totdat het gehele gebied overdekt is met monsterpunten. In de praktijk levert dit problemen op, aangezien het slechts zelden mogelijk is om via een rechte lijn door het landschap te trekken. Het bemonsteren van alle voorkomende miljeutypen levert een extra beperking op m.b.t. de keuze van de monsterpunten. Dikwijls is het noodzakelijk een kompromis tussen de drie genoemde voorwaarden te sluiten.
In de praktijk werd de volgende methode toegepast : m.b.v. de kaart werd een globale route uitgestippeld (bijv. de lijn Wageningen-Grave) en al rijdend door het landschap werd bepaald welke plaatsen bemonsterd worden, waarbij in het oog werd gehouden welke miljeutypen worden gekozen.

De monstername werd uitgevoerd met een rechthoekig schepnet (30x15 cm), dat een maaswijdte van 0,5 mm heeft. Het net was bevestigd op een 1,5 m lange metalen buis. Het monster werd genomen door het net enkele meters schoksgewijze over de bodem te bewegen, waarna de makrofauna in een witte plastic bak werd uitgezocht en de waterpissebedden in 80% alkohol werden meegenomen. De aanwezige planten werden tevens op Asellus onderzocht. Meestal werd het monster ter plaatse uitgezocht, maar enkele malen is de inhoud van het net met een hoe-

veelheid water in een plastic zak gedaan en binnen 24 uur op het laboratorium uitgezocht.

De determinatie van Asellus geschiedde met een binokulair ;de grotere exemplaren konden met het blote oog of met een loupe herkend worden. A.aquaticus en P.meridianus zijn tamelijk een voudig van elkaar te onderscheiden. De eenvoudigste determinatie is die via het verschil in koptekening. A.aquaticus heeft twee kleinere witte vlekken op de kop, terwijl P.meridianus één grotere vlek heeft (bijl.2,fig.2 en bijl.3,fig.4). Naast dit verschil noemt Holthuis (1956) de volgende verschilpunten:
(1)Bij volwassen mannetjes van P.meridianus heeft de subchela van de voorste poot aan de binnenzijde geen driehoekig uitsteeksel zoals bij volwassen mannetjes van A.aquaticus (bijl.2,fig.3).
(2)De antennen van P.meridianus zijn korter dan die van A.aquaticus.
(3)P.meridianus wordt i.h.a. niet zo groot als A.aquaticus.
En voorts de verschillen,gebaseerd op de vorm van het eerste en tweede paar pleopoden :
(4)Het laatste lid van de eerste pleopode van het mannetje van P.meridianus is langer dan breed,met evenwijdige zijranden;de achterrand van het lid is ongeveer even breed als de voorrand. Bij A.aquaticus is het lid onregelmatig van vorm en is achteraan duidelijk breder dan vooraan. (bijl.3,fig.4).
(5)Bij P.meridianus draagt van de twee pleopoden van het mannetje de endopodiet geen spoorvormig aanhangsel zoals bij A.aquaticus;en het laatste lid van de exopodiet is duidelijk langer dan breed;de exopodiet reikt voorbij de endopodiet (bijl.3,fig.4).
(6)Bij het wijfje van P.meridianus zijn de twee pleopoden langwerpig van vorm,hun binnenwand is recht,hun buitenwand iets convex. De pleopoden liggen naast elkaar en bedekken elkaar in het geheel niet,dit i.t.t. A.aquaticus,waar de pleopoden cirkelrond zijn en elkaar in de mediaan van het lichaam gedeeltelijk bedekken (bijl.3,fig.4).
De laatste drie kenmerken zijn konstanter en betrouwbaarder dan de eerste drie. Ook het verschil in koptekening is weliswaar konstant, maar vooral bij jonge of weinig gepigmenteerde exemplaren slecht te herkennen. Overigens gaan de kenmerken van de pleopoden altijd samen met de vlekjes op de kop. Deze zijn duidelijk soortsgebonden. Williams

vond geen intermediaire kenmerken;Gardeniers (1966) evenmin en ook Moller Pillot (1971) meldt een samengaan van pleopode-kenmerken en koptekening en trof geen enkele uitzondering aan.
De in het onderzoek gemonsterde waterpissebedden zijn altijd,indien dit mogelijk was,op pleopoden én op koptekening gedetermineerd. Er is geen enkel exemplaar gevonden,dat een uitzondering op de regel vormde.
De bemonsteringen zijn uitgevoerd in de periode van 12 maart tot 16 juni 1975 en enkele monsters zijn in het najaar van 1975 genomen. De verwerkte literatuurgegevens zijn uit de periode 1970-1975 (tabel 3.1.).

Tabel 3.1.Verwerkte literatuurgegevens

gebied	auteur	jaar
Maas-en diezepolders	Butijn	1974
Kroonbeek en Tielebeek	Ellenbroek e.a.	1972
Binnenveld	Gijsen	1974
Poldervaarten Almkerk	Higler	1970
Rivierengebied incidentele waarn.	V.D.Velde	1972-75
Polderdistrikt Rijn en IJssel	Vogel	1975
Vijfheerenlanden	Berdowski e.a.	1975
Rivieren	Wolff	1971

3.3.Beschrijving monsterpunten

De variatie in de bemonsterde miljeutypen was zeer groot. Ze kunnen globaal in enkele groepen worden ingedeeld :
(1)De poldersloot is een meestal onbeschaduwd,matig vervuild miljeu, met planten-en algengroei in het water. Het substraat bestaat meestal uit bladeren,planten en modder. De diepte is gering en de stroming nihil. De fauna is tamelijk soortenarm.
(2)De wetering of vaart is een bredere watergang (3-10 m.) met een iets grotere diepte en vaak lichte stroming. Meestal steile oevers, zodat de plantengroei beperkt blijft. De verontreiniging is meestal iets minder dan in de sloot. Het substraat bestaat uit bladeren,tak-

jes,steentjes,modder en zand.
(3)Het wiel is een kolkgat van een rivier en heeft daarom een,voor Nederlandse begrippen,grote diepte (tot ongeveer 10 m.). De oevers zijn steil en de plantengroei in het wiel bestaat dan ook vaak uit drijvende waterplanten. De waterkwaliteit is dikwijls tamelijk goed,omdat lozingen vaak plaatsvinden op de dichtbij aanwezige rivier. Hoewel het substraat beperkt is vanwege de grote diepte en de steile oevers, is er meestal een rijke fauna. Het lijkt een minder geschikt miljeu voor Asellus.
(4)Plassen kunnen zeer verschillend zijn,maar hebben dikwijs rietbegroeiing en zijn niet zo diep (0,5-3,0 m.). Het substraat bestaat uit riet,bladeren,takken en modder. De verontreiniging kan sterk verschillen en hangt af van het beheer. De fauna varieert en,ondanks het vaak rijk aanwezige substraat,wordt Asellus niet altijd aangetroffen.
(5)Uiterwaarden hebben vaak plasjes en sloten en de kenmerken hiervan komen overeen met de eerdergenoemde plassen en poldersloten. Ze worden echter gekenmerkt door periodieke overstroming van rivierwater, hetgeen de flora en fauna beïnvloedt. Soms zijn de plasjes in de uiterwaarden alleen maar ondergelopen weilanden,waardoor de makrofauna soms nauwelijks aanwezig is. De diepte varieert van een halve meter tot enkele meters. De kwaliteit van de wateren in de uiterwaarden is meestal niet zo goed,maar vaak beter dan in de rivier zelf.
(6)Rivierarmen kunnen tot hetzelfde miljuetype behoren als de rivieren,maar wanneer de verbinding met de rivier verbroken is,ontwikkelen ze zich tot een bijzonder miljeutype (een duidelijk voorbeeld hiervan is de Kil van Hurwenen). De waterkwaliteit kan die van de rivier zijn, of beter. De diepte bedraagt vaak enkele metres en de begroeiing kan zeer gevarieerd zijn.
(7)De rivieren vormen in hun oorspronkelijke toestand een bijzonder miljeu vanwege de grote variatie van substraat,stroomsnelheid,bodem,diepte enzovoorts. Dit geldt echter reeds lang niet meer. De huidige rivieren zijn tamelijk diepe watergangen,aan de oevers afgezet met stenen, riet en basalt. In het midden is de stroomsnelheid hoog en langs de oevers gering. De variatie van het substraat is nihil :stenen,zand, wier. De waterkwaliteit is zeer slecht,wat i.h.b. geldt voor Lek en

Waal;de Maas is minder verontreinigd. De fauna van de Rijn is zeer arm (Heuss,1970),terwijl de Maas iets soortenrijker is. Wolff en Peeters (1973) vonden de volgende soorten in lage dichtheden in de Rijn: Bithynia tentaculata,Limnaea cf peregra,Sphaerium corneum,Pisidium casertanum (mollusken);Asellus aquaticus (isopode);Eriocheir sinensis (decapode);niet-geïdentificeerde chironomidenlarven en olichochaeten en grote aantallen bloedzuigers. In de Maas vonden zij: Acroluxus lacustris,Bithynia tentaculata,Valvata piscinalis,Viviparus viviparus,Limnaea auricularia,Physa acuta,Unio tumidus,Anodonta anatina,Sphaerium corneum,S.vivicola,S.solidum,Pisidium casertanum,P.henslowanum,P.moitessierianum,P.nitidum,P.supinum,Dreissena polymorpha (mollusken);Asellus aquaticus,Proasellus meridianus (isopoden);Eriocheir sinensis (decapode);chironomidenlarven,olichochaeten en bloedzuigers.

3.4.Resultaten

Een lijst met gegevens over monsterplaats,verhouding A.aquaticus/P.meridianus,aantallen enz. is bijgevoegd als bijlage 8 t/m 13. De vangstgegevens zijn ingetekend op de kaarten 1 en 2,welke aan dit verslag zijn bijgevoegd.

Kaart 1. Op deze kaart zijn alle monsterpunten ingetekend en om elk monsterpunt is een cirkel getrokken met een diameter van ongeveer anderhalve centimeter. De betekenis van de kleuren is:

horizontaal gearceerd	:monster met alleen A.aquaticus
vertikaal gearceerd	:monster met alleen P.meridianus
horizontaal+vertikaal gearc.	:monster met zowel A.aquaticus als P.meridianus

Uit de kaart is dus af te lezen,waar één der soorten als enige voorkomt en waar beide soorten samen voorkomen.

Kaart 2. Op deze kaart zijn eveneens alle monsterpunten ingetekend;de arcering heeft nu de volgende betekenis:

horizontaal gearceerd	:A.aquaticus vormt meer dan 66⅔% van het monster
horizontaal+vertikaal gearc.	:Beide soorten hebben een aandeel in het monster tussen 33⅓% en 66⅔%.

vertikaal gearceerd :P.meridianus vormt meer dan $66\frac{2}{3}$% van het monster

De kaart geeft dus aan waar één der soorten in meerderheid voorkomt en waar de aantallen ongeveer gelijk zijn. Indien enkele cirkels elkaar overlappen,is zowel vertikaal als horizontaal gearceerd.

Worden beide kaarten samen bekeken,dan kan nog extra informatie worden verkregen. Bijvoorbeeld:wanneer op kaart 2 een monsterplaats een vertikale arcering heeft,betekent dit,dat er daar terplaatse tenminste $66\frac{2}{3}$% P.meridianus werd gevonden. Is dezelfde cirkel op kaart 1 echter horizontaal én vertikaal gearceerd,wil dat zeggen,dat het percentage P.meridianus weliswaar boven $66\frac{2}{3}$% ligt,maar niet gelijk is aan 100%. Is daarentegen dezelfde cirkel op kaart 1 ook rood,dat houdt in, dat P.meridianus als enige soort aanwezig is.
Over de verdeling van de monsterpunten naar miljeutype kan het volgende gezegd worden. Er is getracht een representatief beeld te verkrijgen van het rivierengebied om o.m. te voorkomen,dat de kaarten 1 en 2 slechts verspreidingskaarten van miljeutypen zouden zijn en niet de verspreidingskaarten van twee soorten Asellus in de diverse miljeu's van het rivierengebied. Dit heeft geresulteerd in de verdeling,zoals die staat aangegeven in tabel 3.2. Aangegeven wordt de verdeling van de twee soorten in de diverse miljeu's en de verdeling van de miljeu's in het totaal van monsterplaatsen.

Tabel 3.2.Voorkomen van beide soorten Asellus in diverse miljeutypen.

	Percentage A.aq. in miljeutype					totaal aantal
	100	$100<A\leq 66\frac{2}{3}$	$66\frac{2}{3}<A\leq 33\frac{1}{3}$	$33\frac{1}{3}<A<0$	0	monsterpl.
poldersloot	53	18	11	3	15	38
vaart	14	44	14	14	14	7
wiel	25	25	50	-	-	4
plassen	60	10	-	-	30	10
uiterwaarden	76	6	6	12	-	17
rivierarmen	33	33	-	33	-	3
gemiddeld	53	18	10	6	13	79
	0	$0>P\geq 33$	$33\frac{1}{3}>P>66\frac{2}{3}$	$66\frac{2}{3}\geq P>100$	100	
	Percentage P.mer. in miljeutype					

Duidelijk is,dat de poldersloot een zeer veel voorkomend miljeutype is in het rivierenland.
In tabel 3.3. zijn de vangsten in de grote rivieren en de wateren, die direkt in kontakt staat met de rivieren,samengevat. Er wordt een verdeling gemaakt tuusen Rijn (Lek),Waal en Maas en aangegeven is of beide soorten zijn aangetroffen of slechts één soort.

Tabel 3.3.Voorkomen van A.aquaticus en P.meridianus in de grote rivieren en de wateren,die er direkt mee in kontakt staan.

	Aangetroffen soorten			
	A.aquaticus	A.aq.+P.mer.	P.meridianus	totaal
Rijn	9	-	-	9
Waal	8	2	-	10
Maas	3	8	3	14
totaal	20	10	3	33
Of vereenvoudigd:				
Rijn(Lek+Waal)	17	2	-	19
Maas	3	8	3	14
totaal	20	10	3	33

Uit een statistische test (χ^2-test,$p<0,005$) blijkt,dat deze verdeling niet waarschijnlijk is,indien hij door toeval tot stand is gekomen. Er bestaat dus een signifikant verschil tussen de Rijn en de Maas m.b.t. het voorkomen van de twee soorten. Dit is in overeenstemming met de door Wolff (1973) getrokken konklusie.

Over de vangstgegevens kan verder nog gezegd worden,dat de dichtheden per monsterpunt zeer sterk verschillen. De gevonden dichtheden lijken niet van invloed te zijn op de verhouding A.aquaticus/P.meridianus of op het al dan niet ontbreken van één der soorten op een zeker punt.
De grootte van de dieren kan sterk variëren; de kleinste exemplaren hadden een lengte van ongeveer 1 mm. en waren wel op soort,maar niet op geslacht te determineren. In het algemeen is A.aquaticus iets langer dan P.meridianus en zijn mannetjes groter dan vrouwtjes. Het grootste exemplaar,dat gevonden is,had een lengte van 16,5 mm.;een A.aqua-

ticus mannetje.

Samenvattend kunnen de volgende punten worden genoemd m.b.t. de verspreiding van Asellus in het rivierengebied:
-Beide soorten komen in het gehele rivierengebied voor,waarbij A.aquaticus vaker aangetroffen wordt dan P.meridianus (kaart 1). Plaatsen waar A.aquaticus niet is gevonden:een strook ten zuidwesten van Tiel, in de teelebeek en Kroonbeek (Noord-Limburg) en op enige plaatsen, niet ver van de Maas,in de omgeving van Grave. P.meridianus is niet gevonden ten noorden van de Rijn,met als enige uitzondering het Wageningse Binnenveld. Verder is de soort nauwelijks aangetroffen ten oosten van de lijn Arnhem-Nijmegen;slechts in het polderdistrikt Rijn en IJssel zijn enkele exemplaren gevonden.
-Zowel A.aquaticus als P.meridianus komen in alle miljeu's,die in tabel 3.2. zijn genoemd,voor en lijken in hun voorkeur voor een bepaald miljeu niet te verschillen. Tussen het feit,dat 48% van de monsterplaatsen een poldersloot is en het feit,dat op 53% van de monsterplaatsen A.aquaticus is gevonden,lijkt geen ekologisch verband te bestaan. Met andere woorden:hieruit mag niet worden gekonkludeerd,dat de poldersloot een gunstiger miljeu zou zijn voor A.aquaticus dan voor P.meridianus. Onder 3.3. is reeds gezegd,dat de poldersloot vaak redelijk vervuild is,hetgeen er dan ook de oorzaak van is,dat A.aquaticus zich er beter kan handhaven dan P.meridianus.
-De rivieren Lek en Waal zijn ongunstig voor P.meridianus;deze soort wordt in de rivieren bijna niet aangetroffen. Lek en Waal verschillen hierin van de Maas,waar beide soorten,ongeveer evenredig,worden aangetroffen. De Maas is dus voor P.meridianus een gunstiger miljeu,wat betreft de vervuilingsgraad. De grote rivieren lijken er de oorzaak van te zijn,dat P.meridianus in het noordelijke deel van het onderzochte gebied veel minder voorkomt dan in de gebieden langs de Maas (dit komt duidelijk naar voren op kaart 2). De invloed van de grote rivieren op het voorkomen van de twee soorten lijkt aanzienlijk.
-O.a. door de aanleg van waterwegen is het onmogelijk om historisch-geografische invloeden in het verspreidingspatroon te herkennen. In deze eeuw hebben beide soorten de mogelijkheid (gehad) om zich in het gehele gebied te verspreiden. Bovendien lijken historisch-geografisch geïsoleerde plaatsen (pag.13) in het rivierengebied te ontbreken.

4. EXPERIMENTEEL ONDERZOEK NAAR DE TOLERANTIE VAN ASELLUS T.A.V. LAGE ZUURSTOFKONSENTRATIES

4.1. Literatuur

Edwards en Learner (1060) onderzochten het gedrag van A.aquaticus en P.meridianus bij lage zuurstofgehalten en vonden,dat de soorten zich identiek gedragen en,dat het zuurstofverbruik vrijwel gelijk blijft bij verschillende zuurstofgehalten. Beide soorten houden een konstant verbruik bij konsentraties hoger dan 1,5 ppm. Het verbruik lijkt sterk af te hangen van de mate van aktiviteit van het dier.
Williams (1962a) vermeldt waarden uit de literatuur voor A.aquaticus,waaruit blijkt,dat deze soort 22 tot 48 uur kan overleven in een zuurstofloos miljeu bij 16-20°C. Uit veldwaarnemingen bleek,dat de soort nog gevonden wordt bij 0,4-0,6 ppm zuurstof.
Andere onderzoekers vonden,dat A.aquaticus in flessen met beginkonsentraties 89%,23% en 0,2% zuurstof,resp. 7 dagen,5 dagen en 24 uur kan overleven. Een klein veldonderzoek van Williams (1962a) leerde, dat er geen korrelatie bestaat tussen het voorkomen van één der soorten en de zuurstofkonsentratie in een bepaald miljeu.. Hij konkludeerde hieruit,mede op grond van andere literatuurgegevens,dat tolerantie t.a.v. lage zuurstofgehalten geen rol speelt voor hun ekologie.
Ook Moller Pillot (1971) vermeldt de grote resistentie van A.aquaticus t.a.v. zuurstofloosheid:"Er werd gekonstateerd,dat tenminste A.aquaticus in klein aantal kan overleven,wanneer het water een tijdlang geheel zuurstofvrij is en een hoge BZV heeft".
M.b.t. het zuurstofverbruik zijn niet veel gegevens beschikbaar,die betrekking hebben op zowel A.aquaticus als P.meridianus. Meerdere experimenten zijn door diverse auteurs verricht om het zuurstofverbruik van A.aquaticus te meten. Allee (1929) bestudeerde kolonies van Asellus communis in Noord-Amerika en verrichtte zuurstofmetingen in het veld en onder laboratoriumkondities. Hij vond een verbruik van 1,5 ug O_2/uur per exemplaar voor wijfjes en 4,3 ug O_2/uur per exemplaar voor mannetjes. Gemiddeld hadden wijfjes geringe afmetingen dan de mannetjes. Lang en Ruzickova-Langova (1950) onderzochten

de periodiciteit in het zuurstofverbruik van A.aquaticus en vonden waarden tussen 4,2 en 7,3 ug O_2/uur per exemplaar. Pattée (1965) deed onderzoek naar de stenothermie en eurythermie van zoetwaterinvertebraten en liet o.a. zien wat de invloed van overplaatsing van A.aquaticus uit een aquarium in een respirometer is (bijl.7,fig.11). Hieruit bleek een zuurstofkonsumptie van ongeveer 0,4 ug O_2/uur per exemplaar.

4.2. De experimenten:bespreking van de resultaten

Alle experimenten zijn uitgevoerd i.s.m. F.Peijnenburg (1976). Om een overzichtelijk geheel te maken zijn opzet,uitvoering en resultaten in het door hem geschreven verslag te vinden. Hier zal in het kort worden ingegaan op de resultaten.
Vermeld zij slechts,dat de proeven met gesloten zuurstofflesjes zijn uitgevoerd,bij 15°C en voortdurend in het donker. De waterpissebedden zijn minimaal 7 dagen geakklimatiseerd in aquaria,voordat ze voor de experimenten werden gebruikt.(Voor een vergelijking van de "gesloten-fles-methode met de stromend water-methode voor de meting van zoetwaterorganismen,zie Kamler,1969).
In tabel 4.1. is kort samengevat wat de belangrijkste resultaten van de experimenten zijn.

Tabel 4.1. Resultaten zuurstofexperimenten Asellus

exp.nr.	O_2-beginkonsentratie	O_2verzadiging	t_a,t_p
1	0,0 mg/l	0 %	$t_p < t_a$
2	0,0	0	$t_p < t_a$
3	0,30-0,85	3,0-8,5	$t_p < t_a$
4	0,85	8,5	$t_p = t_a$
5	2,05	20,0	$t_p > t_a$
6	3,00	29,5	$t_p = t_a$
7	3,00	29,5	$t_p > t_a$
8	4,20	41,0	$t_p > t_a$

t_a=tijdstip van sterfte A.aquaticus (gemiddeld);t_p=idem voor P.meridianus

De onnauwkeurigheid in de O_2.beginkonsentratie bedraagt 0,05 mg/l. De laatste kolom in tabel 4.1. geeft aan of het tijdstip van sterfte van één der soorten signifikant verschillend is van het tijdstip van sterfte van de andere soort (t-test,$p<0,05$). $t_a=t_p$ duidt er op,dat geen signifikant verschil aanwezig is.

Bij zuurstofkonsentraties tot 0,85 mg/l sterft P.meridianus duidelijk eerder dan A.aquaticus;bij 0,85 mg/l was geen signifikant verschil te zien. Bij 2,05 mg/l lijkt de situatie omgekeerd te zijn:A.aquaticus sterft nu eerder dan P.meridianus. Deze situatie blijkt zich ook voor te doen bij hogere verzadigingspercentages,m.u.v. experiment 6,waar geen signifikant verschil kon worden aangetoond. Ten overvloede zij opgemerkt,dat hier slechts wordt gesproken van zuurstof<u>begin</u>konsentraties.
Een verklaring voor het waargenomen verschijnsel,i.c. de omkering van t_a en t_p,zou kunnen worden gevormd door een verschil in zuurstofverbruik tussen beide soorten. Aangenomen wordt dan,dat A,aquaticus meer konsumeert dan P.meridianus,terwijl eerstgenoemde soort eveneens de sterkste zou moeten zijn. De redenering gaat alsvolgt:het zuurstofgehalte in de eerste drie experimenten is zo laag,dat beide soorten het reeds in het begin moeilijk hebben. A.aquaticus is in het algemeen iets groter en sterker en zou dus iets meer weerstand bezitten en daardoor later sterven dan P.meridianus. Wanneer de beginzuurstofkonsentratie hoger is,zoals met name in de laatste drie experimenten het geval is, kunnen beide soorten geruime tijd zonder zuurstoftekort leven. Omdat A.aquaticus meer zuurstof zou verbruiken dan P.meridianus,zou voor deze soort (i.c.A.aq.) het zuurstoftekort het eerste voelbaar zijn en daarom sneller sterven. M.a.w. het zuurstofgehalte zou in de flesjes met A.aquaticus sneller dalen dan in de flesjes met P.meridianus.
Op grond van proeven met een respirometer,om de ademhaling van Asellus te meten,kan worden gekonkludeerd,dat bovenstaande verklaring onjuist is (zie ook bijl.7,fig.12). Er is vastgesteld,dat:(1)er geen verschil in zuurstofverbruik bestaat tussen A.aquaticus en P.meridianus,en (2)het verbruik dermate laag is,dat zuurstoftekort,of zelfs zuurstofloosheid,bij de experimenten 5 t/m 8 onmogelijk kan ontstaan. Dit wordt duidelijk aan de hand van tabel 4.2.

Tabel 4.2. Het zuurstofverbruik van Asellus in een respirometer.

	aantal ex.	gem. lengte	O_2-verbruik per exempl.
A. aquaticus	3	5,5 mm	1,2 µg/uur (±0,5 µg)
	6	5,1	1,0
	8	5,1	0,6
P. meridianus	3	6,5	0,7
	4	5,6	2,9
	7	5,1	1,2
	7	6,3	0,7

Een eenvoudige rekensom laat zien, dat zuurstofloosheid in de experimenten 5 t/m 8 vrijwel onmogelijk is. Bij 15°C is de maximale zuurstofverzadiging 10,2 mg/l. Dit betekent voor een flesje met inhoud van 300 ml en 20% verzadiging:

$$0,3 \cdot 0,2 \cdot 10,2 = 0,612 \text{ mg } O_2$$

Stel de zuurstofkonsumptie van Asellus op 1,0 µg/uur, dan is de aanwezige zuurstof toereikend voor tenminste 25 dagen. De experimenten duurden allen korter dan 25 dagen, zodat aangenomen kan worden, dat er voortdurend voldoende zuurstof aanwezig was. Bovendien lijkt het waarschijnlijk, dat de zuurstofkonsumptie van Asellus lager is dan ongeveer 1,0 µg/uur, want deze waarde is afkomstig van respirometer-experimenten, waarbij steeds met meerdere exmplaren tegelijk werd gewerkt. Tijdens de proeven jaagden ze elkaar op en verbruikten daardoor meer zuurstof dan de dieren in de flesjes, die zeer inaktief waren.

Hoewel de resultaten niet geheel eenduidig zijn, kan gekonkludeerd worden, dat: (1) verschillen in tolerantie t.a.v. lage zuurstofgehalten niet te verklaren zijn met een verschil in ademhaling; (2) A. aquaticus een grotere weerstand tegen zuurstofloosheid heeft dan P. meridianus; (3) beide soorten geruime tijd kunnen overleven bij lage zuurstofgehalten.

5. EXPERIMENTEEL ONDERZOEK NAAR DE TOLERANTIE VAN ASELLUS T.A.V. HOGE ZOUTKONSENTRATIES

5.1. Literatuur

De meeste literatuurgegevens hebben betrekking op onderzoek van de invloed van zoutkonsentraties op A.aquaticus. Veel minder gegevens zijn beschikbaar over P.meridianus. De tolerantie van A.aquaticus en P.meridianus t.a.v. hoge zoutkonsentraties en de miljeu's,waarin de soorten zijn gevonden,worden door enkele auteurs vermeld (tabel 5.1.).

Tabel 5.1. Enkele literatuuropgaven m.b.t. de zoutolerantie van Asellus.

konsentratie Cl^-	plaats	bron	soort
2,16 mg/l	Engeland	Williams,1962a	A.aquaticus
3240	Werra	Heuss,1973	,,
1410	Deltagebied	Wolff,1973	,,
3657	Baltic	Lockwood,1959	,,
15400	Westfalen	Lockwood,1959	,,
2,15	Engeland	Williams,1962a	P.meridianus
160	Texel	Leentvaar,1966	,,
200	Texel	Visser,1968	,,

Gruner (1965) vermeldt,dat A,aquaticus sterk euryhalien is en zelfs samen met brakwaterisopoden als Cyathura carinata en Idotea chelipes is aangetroffen. Laboratoriumonderzoek m.b.t. de tolerantie t.a.v. hoge zoutgehalten is verricht door Heuts (1943),Lockwood (1959) en Wolff (1973). De konsentratie elektrolyten in het medium heeft een grote invloed op de osmotische druk van het bloed en de ionenhuishouding van Asellus. Oorspronkelijk zijn de Crustacea uit het mariene miljeu afkomstig en,nadat ze zich in zoet water hadden gevestigd,is door verlaging van de permeabiliteit van het lichaamsoppervlak een hogere bloedkonsentratie gehandhaafd. De NaCl-konsentratie in het bloed van Asellus bedraagt ongeveer 150 mM (=8,6 ‰) (Lockwood,1959). Deze hogere konsentratie wordt in stand gehouden door aktief transport van ionen vanuit het medium.

Heuts (1943) bestudeerde de invloed van enige miljeufaktoren op de osmoregulatie van enkele Crustacea,waaronder Asellus. Hij zegt:"Bij het stijgen van de uitwendige konsentratie treedt een bijna regelmatige vermeerdering der chloridefraktie in de totale osmotische druk op". Hij vond verder,dat de voedingstoestand van invloed was op het chloridegehalte in het bloed. Wanneer Asellus enkele dagen wordt uitgehongerd, treedt een sterke daling op in de chloride-konsentratie,terwijl de osmotische druk minder sterk daalt. Uit enkele experimenten blijkt,dat A.aquaticus 24 uur kan overleven tot aan een NaCl-gehalte gelijk aan 300 mM (=17,25 ‰). Lockwood (1959,1960) onderzocht de regulatie van de osmotische druk en de ionenhuishouding van A.aquaticus. Enkele resultaten waren:

(1)A.aquaticus kan zich aanpassen in media met konsentraties variërend van 0,088 mM tot 200 mM NaCl (5,1-11,7 ‰).

(2)A.aquaticus kan zeven dagen overleven bij NaCl-konsentraties van 200 mM NaCl tot maximaal 270 mM NaCl (resp. 11,7 en 15,8 ‰).

(3)Op grond van de resultaten moet een vondst van Asellus in Westfalen (zie tabel 5.1.) als een uitzondering worden beschouwd,welke misschien het gevolg is geweest van een genetische selektie gedurende een lange periode.

(4)Uithongeren heeft geen merkbare invloed op de osmotische druk,Na^+-konsentratie en Cl^--konsentratie van het bloed. Het verlies van Na^+ en Cl^- ionen uit het lichaam kan ook in afwezigheid van voedsel worden tegengegaan d.m.v. aktieve opname.

De laatste konklusie is in strijd met hetgeen Heuts vond.

De experimenten van Wolff (1973) worden hier volledigheidshalve nogmaals vermeld. Hij vond,dat A,aquaticus zich kan aanpassen tot 6,58 ‰ Cl^- en P.meridianus tot 5,45 ‰Cl^-.

5.2.Opzet van de experimenten

Het doel van de uitgevoerde experimenten was,na te gaan hoe beide soorten reageren op:(1)een plotselinge verandering van het zoutgehalte in het medium en (2)een geleidelijke verhoging van het zoutgehalte. Onderzocht werden de reaktie bij NaCl-gehalten van 10‰;7,5‰;5‰;1‰, waarbij de dieren rechtstreeks vanuit de aquaria werden overgebracht

naar de flessen met de desbetreffende konsentratie. Het door Wolff uitgevoerde experiment werd in enigszins gewijzigde vorm herhaald.

5.3.Uitvoering van de experimenten(exp.1,2,3 en 4)

Nadat de dieren tenminste vijf dagen waren geakklimatiseerd in de aquaria, werd een reeks zuurstofflesjes gevuld met leidingwater,waarin NaCl in diverse konsentraties is opgelost. Aan elk flesje werd een eikeblad of beukeblad toegevoegd,waarna de dieren vanuit de aquaria in de flesjes werden overgebracht. De bladeren werden toegevoegd om de dieren houvast te geven en een voedingsbron,zodat gedurende het experiment geen uithongering optrad. In elk flesje zat één exemplaar,zodat er geen onderlinge beïnvloeding tussen de dieren bestond. Tijdens het experiment bleven de flesjes open,zodat voldoende zuurstof aanwezig bleef. Met regelmatige tijdsintervallen werd gekeken of er dieren waren gestorven. Na overlijden werden geslacht en lengte bepaald.

(experiment 5)
De dieren werden nu in een serie 250 ml bekerglazen overgebracht,die elk gevuld waren met 200 ml leidingwater,waarin een hoeveelheid NaCl was opgelost. In elk bekerglas werd een eikeblad of beukeblad gelegd. Bij het begin van het experiment bevond zich een 1 ‰NaCl-oplossing in de bekerglazen. Elke dag werden de glazen leeggegoten en werd er een zoutoplossing opgegoten,die 1 % gekonsentreerder was dan die van de vooraf gaande dag. Hier verschilde de methode van de door Wolff toegepaste werkwijze. Hij voegde elke dag een kleine hoeveelhied zout toe, waardoor de zoutkonsentratie steeg. De voordelen van het verversen van de oplossingen zijn:(1)de zoutoplossingen zijn eenvoudig te bereiden, want men hoeft niet elke dag een geringe hoeveelheid zout af te wegen (1 ‰:200mg/200 ml) en toe te voegen;(2)de oplossingen worden alle op dezelfde wijze bereid en tegelijkertijd ververst,zodat alle bekerglazen dezelfde zoutkonsentratie hebben. Het nadeel van de verversingsmethode is echter,dat de dieren elke dag eenmaal gestoord worden. Gebleken is,dat dit nauwelijks van invloed is op het gedrag van de dieren. Na overlijden werden geslacht en lengte bepaald. Alle experimenten werden uitgevoerd bij 15°C en in het donker.

5.4. Resultaten

Experiment 1 :10 ‰ NaCl. A.aquaticus en P.meridianus zijn afkomstig uit de Beerze (NB). De NaCl-konsentratie is gelijk aan 10,0±0,3 g/l, hetgeen overeenkomt met 6070±182 mg/l Cl^-. De resultaten staan vermeld in bijlage 14. Achtereenvolgend zijn opgenomen: lengte en geslacht der dieren en het tijdstip van sterfte. Verder worden vermeld: de gemiddelde lengte van de dieren en het tijdstip, waarop de dieren gemiddeld sterven. In beide gevallen staat de standaardafwijking hiervan vermeld, welke een maat is voor de spreiding van de waarnemingen. De korrelatiekoëfficiënt geeft aan hoe het verband is tussen de lengte van de dieren en het tijdstip van sterfte.

Uit de resultaten van het experiment blijkt duidelijk, dat P.meridianus eerder sterft dan A.aquaticus. De eerste exemplaren van P.meridianus sterven al kort na het begin van het experiment. Er zijn reeds zeven individuen dood, wanneer de eerste van A,aquaticus sterft. Slechts één exemplaar van P.meridianus vormt een duidelijke uitzondering en sterft pas na ruim 700 uur. De korrelatie tussen de lengte van de dieren en het tijdstip van sterfte is verschillend voor beide soorten. A.aquaticus geeft een lichte negatieve korrelatie (-0,29), maar P.meridianus een duidelijk positieve korrelatie (+0,77). Toch kan, mede op grond van de resultaten van de andere experimenten, gekonkludeerd worden, dat er voor beide soorten geen verband bestaat tussen de lengte van de dieren en het tijdstip van sterfte. Zoals zal blijken, is de waarde van +0,77 een uitzondering.
M.b.v. een Wilcoxon-test wordt getoetst of de afmetingen van de dieren van de twee soorten signifikant verschillen. Met 5% onbetrouwbaarheid blijken de populaties niet signifikant in lengte te verschillen, zodat de soorten zeker onderling te vergelijken zijn.
De Wilcoxon-test laat met 5% onbetrouwbaarheid zien, dat P.meridianus signifikant eerder sterft dan A.aquaticus. Hieruit kan gekonkludeerd worden, dat P.meridianus signifikant gevoeliger is voor een plotselinge verandering van de NaCl-konsentratie van 0 naar 10 ‰ dan A.aquaticus.
De resultaten zijn grafisch weergegeven in bijlage 15.

Experiment 2:7,5 ‰NaCl. Het experiment werd uitgevoerd met dieren uit de Beerze, bij een NaCl-gehalte gelijk aan 7,5±0,3 ‰ (4551±182 mg/1 Cl^-). Resultaten, zie bijlage 16.
De Wilcoxon-test laat zien, dat de lengte van de populaties niet signifikant verschillend is (γ=0,05). De korrelatie tussen lengte en tijdstip van sterfte is voor P.meridianus -0,59 en voor A.aquaticus +0,35. (Op gemerkt zij, dat het teken van de korrelatiekoëfficiënt bij beide soorten tegengesteld is aan die bij het eerste experiment). Het tijdstip van sterfte bij A.aquaticus ligt veel later dan bij P.meridianus; er zijn reeds negen P.meridianus exemplaren dood, voordat het eerste A.aquaticus exemplaar sterft. Dit verschil komt duidelijk tot uiting in de grafiek van bijlage 17. Een Wilcoxon-test toont, dat het verschil in tijdstip van sterfte signifikant later is voor A.aquaticus dan voor P.meridianus (γ=0,05).

Experiment 3:5,0 ‰NaCl. De NaCl-konsentratie is gelijk aan 5,0±0,2 ‰ (3034±121 mg/1 Cl^-). De dieren zijn afkomstig uit de Beerze. Resultaten zie bijlagen 18 en 19.
Aangezien de mortaliteit bij deze konsentratie veel lager is, zijn niet alle dieren binnen de duur van het experiment gestorven. Ongeveer 900 uur (37 dagen) na het begin is het experiment afgebroken.
Er bestaat geen signifikant verschil tussen de twee populaties wat betreft de lengte (Wilcoxon, γ=0,05). Korrelaties en standaardafwijkingen zijn zowel berekend voor de dieren, die tijdens het experiment zijn gestorven, als voor de gehele groep. In het laatste geval is aangenomen, dat de nog levende exemplaren na 900 uur zouden zijn gestorven. Met 5% onbetrouwbaarheid blijkt, dat er een signifikant verschil in mortaliteit bestaat tussen P.meridianus en A.aquaticus. Het tijdstip van sterfte ligt voor P.meridianus signifikant eerder dan voor A.aquaticus.

Experiment 4:1,0 ‰NaCl. Dieren afkomstig uit de Beerze. NaCl-konsentratie gelijk aan 1,0±0,1 ‰NaCl (607±60 mg/1 Cl^-). De sterfte bij deze konsentratie blijkt dermate laag te zijn, dat het experiment na drie weken is beëindigd. Tijdens het experiment was slechts één exemplaar van A.aquaticus gestorven (lengte 6,0 mm; ;sterfte 198,5-264 uur).

De konklusie luidt,dat beide soorten zich bij 1,0 ‰NaCl vrijwel volledig kunnen aanpassen en tenminste drie weken kunnen blijven leven.

Als blanko voor de experimenten werd een kontrolegroep gebruikt,welke op dezelfde wijze werd behandeld als de andere groepen,met als enige uitzondering,dat zij zich in zuiver leidingwater bevonden. Asellus blijkt zeer goed te kunnen overleven onder laboratoriumomstandigheden. Van een groep van tweemaal tien exemplaren stierf er slechts één exemplaar binnen vijf weken. Voor de experimenten werd het daarom niet noodzakelijk geacht een korrektie voor de blanko aan te brengen.

Experiment 5. Dit experiment is analoog opgezet aan de proef,die Wolff (1973) heeft uitgevoerd. Ditmaal werd gewerkt met dieren afkomstig uit de Maas bij Grave (NB). De resultaten staan vermeld in bijlage 20 en zijn grafisch weergegeven in bijlage 21.
De Wilcoxon-test laat zien,dat de lengte van de dieren niet signifikant verschillend is tussen de twee populaties. Binnen de populaties bestaat er vrijwel geen korrelatie tussen de lengte en de konsentratie, waarbij de dieren sterven (A.aquaticus r=-0,09;P.meridianus r=-0,15). Zowel uit de tabel als uit de grafiek blijkt,dat de mortaliteit van de soorten bijna gelijk is. Een Wilcoxon-test geeft dan ook geen signifikant verschil te zien. De konklusie is dus hetzelfde als die van Wolff:er bestaat geen aanwijzing,dat P.meridianus gevoeliger is voor stijgende zoutgehalten dan A.aquaticus.

5.5.Bespreking van de resultaten

De resultaten van de eerste drie experimenten geven alle een zelfde trend te zien:P.meridianus is veel gevoeliger voor een plotselinge verandering van het zoutgehalte dan A.aquaticus. Het tijdstip van sterfte ligt in alle experimenten voor P.meridianus signifikant eerder dan voor A.aquaticus. Uit de experimenten 3 en 4 blijkt,dat de soorten bij 1,0 ‰ en 5 ‰ NaCl geruime tijd kunnen overleven. Het vijfde experiment toont,dat het aanpassingsvermogen aan stijgende zoutgehalten van beide soorten gelijk is,hetgeen ook door Wolff (1973) werd gevonden. Uit dit experiment is in ieder geval nogmaals gebleken,dat de dieren een tamelijk groot aanpassingsvermogen bezitten

t.a.v. hogere zoutgehalten. Wolff's konklusie,dat de ekologische gelijkheid van de twee soorten wellicht uitgebreid kan worden met een identieke reaktie op hoge zoutgehalten,is waarschijnlijk juist wat betreft het vermogen van de dieren zich geleidelijk aan hogere zoutgehalten aan te passen,maar lijkt niet op te gaan voor de reaktie op een plotselinge verandering van de zoutkonsentratie. A.aquaticus lijkt een groter aanpassingsvermogen te hebben bij plotselinge veranderingen dan P.meridianus.
Het is zeer wel mogelijk,dat dit verschil in aanpassingsvermogen een ekologische betekenis heeft. Wolff vermeldde,dat P.meridianus in Zuidwest-Nederland alleen voorkomt in Zeeuws-Vlaanderen en op Beijerland en de Hoekse Waard,maar dat de soort volledig afwezig was op de Zeeuwse eilanden en schiereilanden. A.aquaticus daarentegen werd in vrijwel het gehel Deltagebied gevonden. Heerebout (1970) beschrijft een klassifikatiesysteem voor brakke binnenwateren. Hij laat zien,dat veel binnenwateren direkt of indirekt worden beïnvloed door het zeewater,doordat ze via het grondwater of direkt,via eventuele inlaat van zeewater,in kontakt staan met het zeewater. Mede door verdamping en precipitatie kan het zoutgehalte sterk variëren,hetgeen een grote invloed heeft op de aanwezige zoetwaterfauna. De grotere tolerantie van A.aquaticus t.a.v. snelle stijging van het zoutgehalte kan een faktor zijn,die in het voordeel van deze soort werkt,m.b.t. het zich kunnen handhaven in het Deltagebied.
Uit de experimenten is gebleken,dat beide soorten zich bij 1,0 ‰ NaCl (600 mg/l Cl^-) vrijwel volledig kunnen aanpassen. Deze waarde ligt nog ruim beneden de hoogste waarden,die in de Rijn gevonden worden;deze liggen rond 400 mg/l Cl^-. Op grond van de experimenten lijkt de konklusie gerechtvaardigd,dat het ontbreken van P.meridianus in de Rijn niet verklaard kan worden uit de hogere zoutgehalten in die rivier. Exakter geformuleerd:de faktor NaCl uit het komplex vervuilingsfaktoren is niet verantwoordelijk voor het optreden van eerder genoemd verschijnsel.
Hoewel het zoutgehalte wellicht geen invloed heeft op het "direkte" voorkomen van Asellus,kan het wel invloed uitoefenen op bijvoorbeeld het reproduktievermogen,of op pasgeboren exemplaren. M.a.w. het is onzeker wat de invloed is van hoge zoutgehalten op de levenscyclus van de twee soorten in zijn totaliteit.

6. EXPERIMENTEEL ONDERZOEK NAAR DE TOLERANTIE VAN ASELLUS T.A.V. HOGE PARATHIONKONSENTRATIES

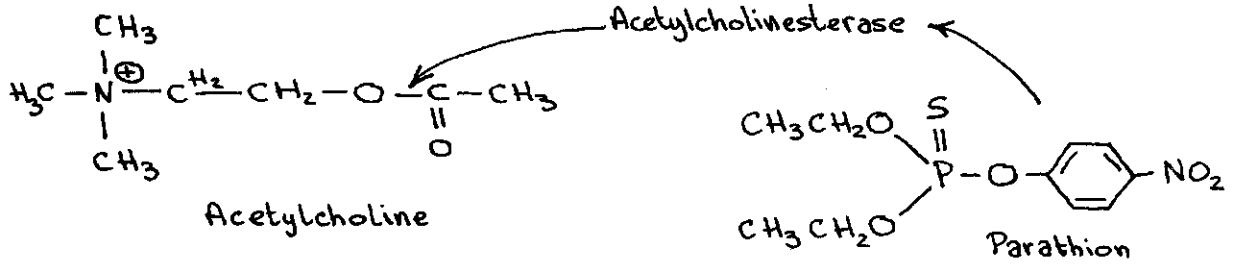
6.1. Inleiding

Bij het onderzoek naar de effekten van organische fosforverbindingen op Asellus is het noodzakelijk een beperking te maken, Deze groep stoffen omvat zoveel verschillende verbindingen,dat een dergelijk onderzoek jaren zou kunnen duren. Belangrijke vertegenwoordigers van deze groep O.P.esters zijn o.a. parathion,diazinon,azonfos-methyl,malathion en chloorvos. Voor de experimenten is een keuze gemaakt voor parathion; enerzijds omdat deze stof in de praktijk veelvuldig wordt toegepast (USA:in 1980 1 miljard pounds;Faust en Gomaa,1972) en anderzijds vanwege de praktische reden,dat de afdeling toxicologie eveneens onderzoek door naar de werking van parathion op Crustacea.

6.2. Literatuur

Het werkingsmechanisme van O.P.esters berust op de remming van het enzym cholinesterase,welke stof een neurotransmittor is. Door de remming wordt de afbraak van acetylcholine door het enzym verminderd en treedt ophoping van acetylcholine op. Ophoping heeft tot gevolg,dat de zenuwprikkels niet meer overgedragen kunnen worden op de spieren (fig.6.1.)

Fig.6.1. De remming van acetylcholinesterase door (Koeman,1973a)



De toxiciteit van parathion is verschillend voor diverse organismen. De vistoxiciteit is relatief gering (bijv. in vergelijking tot koolwaterstoffen),terwijl de Crustacea zeer gevoelig zijn (Koeman,1973a).

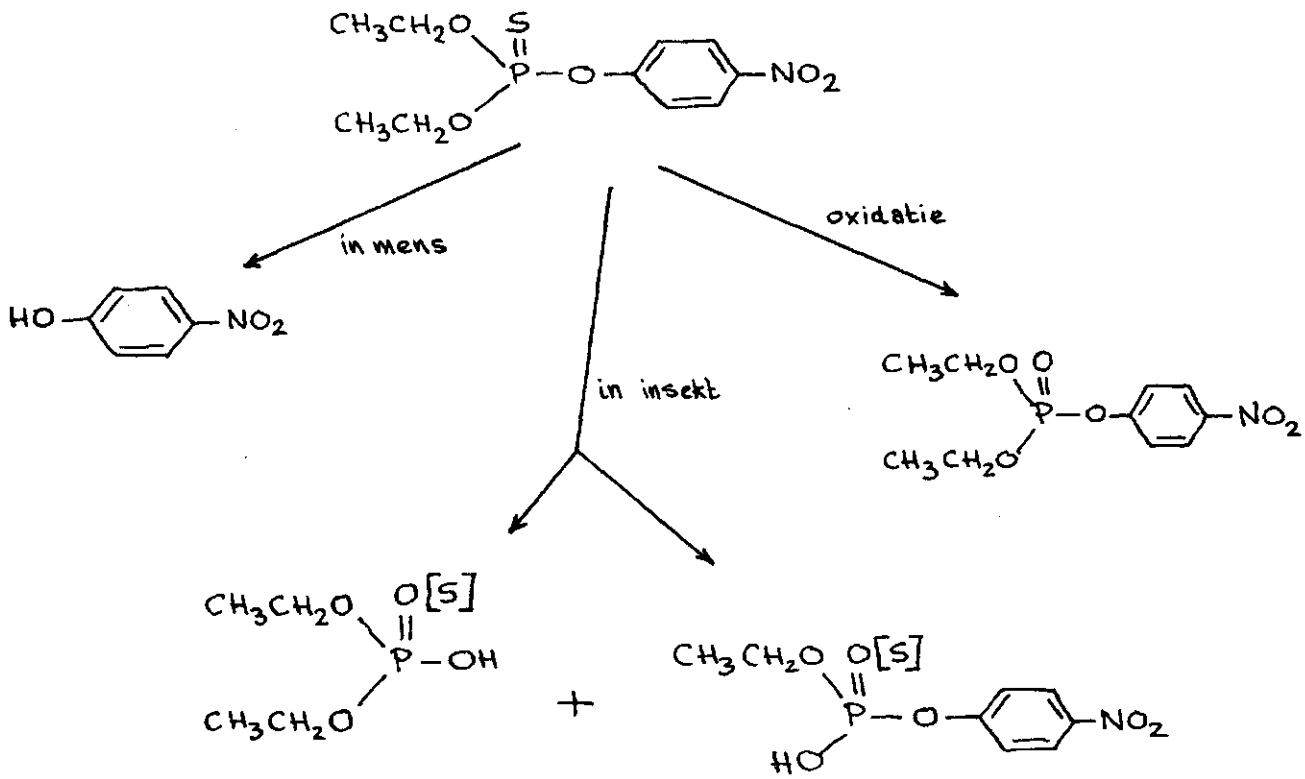
De verschijnselen van een vergiftiging met O.P.esters zijn karakterestiek. Lüdemann en Neumann (1962) vonden voor een grote groep waterorganismen identieke symptomen:"het verloop van de vergiftiging werd gekenmerkt door een toenemende verdoving. Na een korte periode van opwinding begonnen de dieren te tuimelen en vielen op de zij. De ademfrequentie nam sterk af en na een tijd trad langzaam de dood in. Het was echter mogelijk zwaar beschadigde dieren binnen enkele uren weer te laten herstellen door ze over te brengen in zuiver water".
WittopKoning en v.d.Meer (1975) beschrijven de verschijnselen voor de door hun onderzochte Crustacea:"De symptomen zijn min of meer gelijk voor alle soorten. Ze kunnen worden samengevat door:toenemende verlamming,meestal,maar niet altijd,voorafgegaan door heftige beweging, verlies van koördinatie,verlies van evenwicht en soms stuiptrekkingen".
Asellus lijkt zeer gevoelig te zijn voor parathion en wordt door Lüdemann en Neumann zelfs als indikatororganisme aangeduid. In tabel 6.1. staan enkele toxiciteitsgegevens vermeld.

Tabel 6.1.Toxiciteitsgegevens m.b.t. Asellus

kontakttijd	lethale konsentratie	literatuuropgave	opmerkingen
24 uur	0,01 -0,05 mg/l	Lüdemann e.a.1962	18-22°C
24 uur	0,015-0,090 mg/l	WittopKoning.1975	

Lüdemann en Neumann (1962) vermelden bij 0,005 mg/l reeds vergiftigingsverschijnselen te hebben waargenomen.
Diverse faktoren beïnvloeden de toxiciteit van parathion:zuurgraad, temperatuur,beluchting,aanwezigheid van slib of modder (Lüdemann en Herzel,1973). Nauw samen hiermee hangt de afbraaksnelheid van parathion. Bijna alle O.P.esters zijn weinig persistent,maar parathion lijkt de meest persistente verbinding uit de groep te zijn (Cowart et al,1971). Afhankelijk van de omstandigheden kan parathion in een aantal verbindingen worden omgezet,welke meestal minder toxisch zijn (hydrolyses), maar soms een grotere toxiciteit hebben (sommige oxidaties) (Ouentin, 1969). In figuur 6.2. staan enkele afbraakwegen aangegeven.
Tabel 6.2. vermeldt de afbraaksnelheid van parathion onder diverse omstandigheden.

Fig.6.2.Afbraakwegen van parathion (Quentin,1969)



Tabel 6.2.Afbraaksnelheid van parathion

halfwaardetijd	temperatuur	zuurgraad	opmerkingen	literatuuropgave
2594 uur(108 d)	20°C	7,4		Faust en Gomaa,1972
2121 uur(88 d)	20°C	5,5-6,0	aq.dest.	Quentin e.a.,1969
1356 uur(57 d)	20°C	7,5		Quentin e.a.,1969
552 uur(23 d)	20°C	6,0		Cowart e.a.,1971
168 uur(7 d)	-	-	rivierwater	Eichelberger,1971

De konsentraties cholinesteraseremmende stoffen in het Nederlandse oppervlaktewater worden vermeld door Greve et.al.(1972),zie tabel 6.3. De gegevens m.b.t. Rijn en Maas in tabel 6.4. zijn afkomstig van het RIZA.

Tabel 6.3. Konsentraties cholinesteraseremmende stoffen in het Nederlandse oppervlaktewater (Greve et.al.,1972)

		1969	1970	1971	
Rijn (+zijrivieren)	gem.sep.-dec.	3,25	0,87	0,50	µg/l (=ppb)
	maximum	5,83	1,92	1,09	
Maas (+zijrivieren)	gem.jun,okt,nov,dec.	0,26	0,28	0,10	
	maximum	0,44	0,50	0,24	

Tabel 6.4. Konsentraties cholinesteraseremmers in Rijn en Maas(RIZA)

Rijn (Lobith)	1973	1°kwartaal	2°kw.	3°kw.	4°kw.
		5,73	1,52	2,42	3,27
	1974	1°kwartaal	2°kw.		
		0,92	0,95		
Maas (Eijsden)	1973	1°kwartaal	2°kw.	3°kw.	
		0,69	0,20	0,13	
	1974	1°kwartaal	2°kw.		
		0,07	0,06		

De aangegeven waarden zijn kwartaalgemiddelden,uitgedrukt in µg/l (=ppb)

Uit de tabellen 6.3. en 6.4. komt naar voren,dat (1)de konsentraties in de Maas lager zijn dan in de Rijn en (2)de konsentraties nogal variëren en periodiek zeer hoog kunnen zijn.

6.3. Opzet van de experimenten

Eerst werd nagegaan voor welke konsentraties van parathion Asellus gevoelig is en of de effekten binnen een tamelijk korte periode kunnen worden waargenomen. Hiertoe werd een oriëntatiereeks ingezet met konsentraties:28;18;11;5;1 ppb. Vervolgens werden grotere series met resp. 3 en 5 ppb ingezet,teneinde te onderzoeken of A.aquaticus en P.meridianus verschillend reageren.

6.4. Uitvoering van de experimenten

Een reeks van 250 ml bekerglazen werd gevuld met een parathionoplossing en in elk glas werd een eikeblad of beukeblad gelegd(zie ook pag.39 onder 5.3.). Dan werden vanuit de aquaria in elk glas waterpissebedden overgebracht. De voorraadoplossing van parathion werd elke week opnieuw aangemaakt. Alle experimenten vonden plaats bij 15°C en in het donker. Nadat de dieren zijn gestorven,werden lengte en geslacht bepaald. (Een onzekere faktor vormt de eventuele adsorptie van parathion aan het bladmateriaal. Adsorptie zal de konsentratie in de oplossing verlagen,maar aan het blad verhogen. Om toch een zo konstant mogelijk parathiongehalte te houden,werden de oplossingen elke dag ververst. Verversing heeft ook als voordeel,dat er geen konsentratieverlaging optreedt t.g.v. hydrolyse.)

6.5. Resultaten

De verschijnselen,die optreden bij vergiftiging van Asellus met parathion zijn ongeveer gelijk aan die,welke beschreven zijn onder 6.2.
Er kunnen verschillende stadia worden waargenomen:
(1)De dieren worden verlamd,bewegen onregelmatig (houterig) en niet zo snel meer.
(2)Ze liggen op de zij of op de rug en bewegen met de poten. De ademhaling is tamelijk snel,maar onregelmatig.
(3)Verdergaande verzwakking;de ademhaling is zwak en onregelmatig en de poten trillen krampachtig.
(4)De dieren lijken dood,maar ademen nog zwak en onregelmatig;ze bewegen nauwelijks meer. Deze fase kan tamelijk lang duren (enkele dagen).
(5)De dood treedt vrijwel ongemerkt in.

Oriëntatie-experiment. Vanuit de uitgangsoplossing (267 mg/l parathion in aceton) werd een voorraadoplossing gemaakt (26,7 ppb),van waaruit een oriëntatiereeks werd ingezet van resp. 26,7;17,8;10,7; 5,3;1,1 ppb. Voor de oriëntatie werd alleen A.aquaticus gebruikt,omdat is aangenomen,dat de gevoeligheid van P.meridianus in het zelfde

konsentratiegebied zal liggen. De gebruikte dieren zijn afkomstig uit de Beerze (NB). De resultaten staan vermeld in tabel 6.5.

Tabel 6.5. Oriëntatiereeks gevoeligheid A.aquaticus voor parathion.

konsentratie	aantal exempl.	gem.lengte	tijdstip van sterfte(gem.)
26,7±0,5 ppb	5	9,8 mm	6,4 dag
17,8±0,5	5	6,4	6,4
10,7±0,5	5	8,2	8,0
5,3±0,5	5	5,7	10,2
1,1±0,5	15	8,2	17,7

Op grond van de gevonden resultaten werd besloten twee series in te zetten, vam resp. 5,3±0,5 en 3,0±0,5 ppb.

Experiment 1. Parathionkonsentratie 5,3±0,5 ppb. De dieren zijn afkomstig uit de Maas. De resultaten worden vermeld in bijlage 22 en zijn grafisch weergegeven in bijlage 24.
De lengte van de twee populaties is niet signifikant verschillend (Wilcoxon, γ=0,05) en de korrelatie tussen de lengte en het moment van sterfte is voor A.aquaticus +0,10 en voor P.meridianus -0,09, waaruit blijkt, dat de lengte van de dieren zeer waarschijnlijk niet van invloed is op de gevoeligheid voor parathion. Uit een statistische toets (Wilcoxon, γ=0,05) blijkt, dat het tijdstip van sterfte voor A.aquaticus signifikant eerder ligt dan voor P.meridianus. A.aquaticus is dus bij 5,3 ppb signifikant gevoeliger voor parathion dan P.meridianus.

Experiment 2. Parathionkonsentratie 3,0±0,5 ppb. Dieren afkomstig uit de Maas. Resultaten zie bijlagen 23 en 24.
De lengte van de populaties is signifikant verschillend; A.aquaticus is langer dan P.meridianus. Indien wordt aangenomen, dat de lengte niet van invloed is op het moment van sterfte, kunnen de populaties worden vergeleken. Een Wilcoxon-test laat dan zien, dat A.aquaticus bij 3,0 ppb signifikant eerder sterf dan P.meridianus (γ=0,05).
Het is echter ook mogelijk uit de beide populaties dié exemplaren af te zonderen, welke een gelijke lengte hebben (de onderstreepte exem-

plaren in bijlage 23). De groepen kunnen dan met elkaar worden vergeleken. Dan blijkt echter nog altijd te gelden,dat A.aquaticus signifikant eerder sterft dan P.meridianus (γ=0,05). De korrelatiekoëfficiënten tussen lengte en tijdstip van sterfte zijn resp.:A.aquaticus -0,42 en P.meridianus +0,32.

6.6.Bespreking van de resultaten

De laatste twee experimenten geven hetzelfde beeld te zien:A.aquaticus sterft signifikant eerder dan P.meridianus,terwijl de optredende symptomen bij beide soorten gelijk zijn.
In de oriëntatiereeks is een trend te zien (tabel 6.5.):het tijdstip van sterfte ligt duidelijk later naarmate de parathionkonsentratie lager is. Dit duidt op een dosis-effekt-relatie van parathion op de dieren. Opmerkelijk is,dat hiervan bij de twee experimenten van 5,3 en 3,0 ppb niets waar te nemen is. M.b.v. Wilcoxon kan getoetst worden of er verschil in tijdstip van sterfte bestaat tussen de dieren bij 5,3 en die bij 3,0 ppb. Met 5% onbetrouwbaarheid blijkt,dat er voor, zowel A.aquaticus als P.meridianus,geen signifikant verschil in tijdstip van sterfte bestaat. Het verschil tussen beide series van 5,3 en 1,1 ppb is wel signifikant voor A.aquaticus,evenals het verschil tussen de series met 3,0 en 1,1 ppb.

De resultaten tonen,dat A.aquaticus gevoeliger is voor parathion dan P.meridianus,hetgeen in tegenstelling is met het beeld,waarin P.meridianus de gevoeligste soort is t.a.v. verontreiniging in het algemeen. Hoewel de hogere konsentraties cholinesteraseremmers in de Rijn een verklaring hadden kunnen vormen voor de afwezigheid van P.meridianus aldaar,laten de experimenten zien,dat dit volstrekt niet het geval is.

7. DISKUSSIE

Ook uit dit onderzoek is naar voren gekomen, dat het paar A.aquaticus en P.meridianus zeer veel overeenkomsten vertonen. Genoemd kunnen worden:

-In het onderzochte gebied lijken A.aquaticus en P.meridianus in dezelfde miljeu's voor te komen.

-Er bestaat geen verschil tussen de soorten, wat betreft de ademhaling.

-Beide soorten reageren identiek op een geleidelijke verhoging van het zoutgehalte.

Gebleken is echter, dat er ook verschillen zijn waar te nemen, nl.:

-Verschillen in verspreidingspatroon. Hoewel er geen historisch-geografische invloeden meer zijn waar te nemen, is de verspreiding van de twee soorten niet identiek in het rivierengebied. Dit is voornamelijk terug te voeren op de invloed van de grote rivieren.

-Beide soorten hebben een grote tolerantie t.a.v. lage zuurstofgehalten. De weerstand van A.aquaticus t.a.v. zuurstofloosheid is groter dan die van P.meridianus, terwijl de indruk bestaat, dat bij hogere zuurstofgehalten (20-40 % verzadiging) P.meridianus in het voordeel is ten opzichte van A.aquaticus.

-A.aquaticus is duidelijk de tolerantste soort, wanneer het een plotselinge verhoging van het zoutgehalte betreft, hetgeen een voordeel kan betekenen in het Deltagebied, waar in de polders sterk wisselende zoutgehalten voorkomen.

-In tegenstelling tot hetgeen werd verwacht, blijkt P.meridianus toleranter te zijn t.a.v. parathion dan A.aquaticus. Hieruit zou kunnen blijken, dat P,meridianus toch niet op alle fronten in de verdediging is ten op zichte van A.aquaticus.

-Evenals Wolff (1973) al vond, is ook uit dit onderzoek gebleken, dat het voorkomen van de twee soorten in de Rijn enerzijds en de Maas anderzijds, sterk verschilt. De sterkere vervuiling van de Rijn t.o.v. de Maas is hiervan waarschijnlijk de oorzaak. Hiermee wordt aangesloten bij wat uit de literatuur over vervuilingssystemen reeds bekend was, nl. dat A.aquaticus minder gevoelig is voor waterverontreiniging dan P.meridianus (Opgemerkt zij, dat uit dit onderzoek naar voren is gekomen, dat parathion niet de faktor is uit de verzameling vervuilings-

faktoren,die dit kan verklaren).
Bovenstaande verschillen tussen de beide soorten zijn alleen verschillen,die direkt kunnen worden waargenomen. Het zou bijvoorbeeld mogelijk kunnen zijn,dat een geleidelijke verhoging van het zoutgehalte een zelfde reaktie heeft bij beide soorten,maar dat de effekten daarvan op de gehele levenscyclus voor elke soort verschillend is. Om dit te kunnen onderzoeken,is het echter noodzakelijk,dat met meerdere generaties dieren wordt gewerkt.

Resumerend kan gezegd worden,dat het voorliggende onderzoek weliswaar heeft bijgedragen tot de kennis over de reaktie van twee soorten Asellus op enkele parameters,maar dat geen argumenten zijn aangevoerd om te veronderstellen,dat A.aquaticus en P.meridianus ekologisch verschillend zijn. Het paar lijkt nog steeds een uitzondering te vormen op het principe van Gause.

8. SAMENVATTING

(1) Uit veld-en laboratoriumonderzoek is gebleken,dat de waterpissebedden Asellus aquaticus en Proasellus meridianus (Crust.,Isopoda) twee zeer nauw verwante soorten zijn.
(2) T.a.v. waterverontreiniging lijkt P.meridianus de gevoeligste soort te zijn,hetgeen de verklaring kan vormen voor het ontbreken van deze soort in de Rijn,welke rivier sterker vervuild is dan de Maas,waarin P.meridianus wel voorkomt.
(3) Veldonderzoek in het gebied van de grote rivieren laat zien,dat het voorkomen van P.meridianus gekonsentreerd is langs de Maas,terwijl A.aquaticus in het gehele gebied talrijk is. De invloed van de rivieren op het voorkomen van Asellus lijkt aanzienlijk.
(4) Experimenteel onderzoek naar de tolerantie van de twee soorten t.a.v. lage zuurstofgehalten geeft geen duidelijke indikatie voor een verschil tussen beide soorten. A.aquaticus is beter bestand tegen zuurstofloosheid dan P.meridianus. Beide soorten kunnen gedurende een lange periode bij lage zuurstofgehalten overleven.
(5) Het aanpassingsvermogen t.a.v. geleidelijk stijgende zoutgehalten is voor de twee soorten gelijk. A.aquaticus kan een plotselinge konsentratieverhoging beter overleven dan P.meridianus.
(6) P.meridianus is toleranter t.a.v. parathion dan A.aquaticus. Beide soorten zijn zeer gevoelig voor lage konsentraties.

SUMMARY (english)

(1) Field-and laboratory research showed the isopods Asellus aquaticus and Proasellus meridianus to be closely related species.
(2) Concerning waterpollution P.meridianus seems to be the more sensitive species,which could be the explanation for the fact the species doesn't occur in the river Rhine. This river is more polluted than the river Meuse,where P.meridianus was found.
(3) Fieldinvestigations in the Rhine and Meuse area put forward a concentration of P.meridianus along the river Meuse,whereas A.aquaticus is abundant in the whole area.

(4) Experiments on the tolerance of the two species in relation to low oxygen concentrations don't give a clear indication for any difference.
(5) Adaption to gradual increasing salt concentrations is the same for both species. A.aquaticus stands better a sudden increase in concentration than P.meridianus.
(6) P.meridianus is more tolerant to parathion. Both species show a strong reaction to low parathion levels.

RESUEMEE (Deutsch)

(1) Untersuchungen im Feld und im Labor haben gezeigt,dass die Wasserasseln Asellus aquaticus und Proasellus meridianus zwei nah verwandte Arten sind.
(2) Im Bezug auf Wasserverschmutzung ist A.aquaticus empfindlicher als P.meridianus,was der Grund sein kann für das fehlen dieser Art im Rhein. In der Maas,welcher Fluss weniger verunreinigt ist als den Rhein,wird P.meridianus schon gefunden.
(3) Die Untersuchungen haben gezeigt,dass P.meridianus hauptsächlich die Maas entlang getroffen wird. A.aquaticus kommt im ganzen Gebiet in grossen Mengen vor. Die grosse Flüsse beeinflussen das Vorkommen beider Arten stark.
(4) Experimentelle Untersuchungen haben keine Unterschiede zwischen die Arten ergeben im Bezug auf Widerstand gegen niedrige Sauerstoffkonzentrationen. Sauerstofflosigkeit kann A.aquaticus besser überstehen als P.meridianus. Beide Arten können längere Zeit im Leben bleiben bei niedrige Sauerstoffkonzentrationen.
(5) Eine langsame Erhöhung der Salzkonzentration hat dieselbe Auswirkung auf den beiden Arten. Eine plötzliche Aenderung kann A.aquaticus besser überstehen als P.meridianus.
(6) P.meridianus hat mehr Widerstandsvermögen gegen Parathion als A.aquaticus. Beide Arten sind sehr empfindlich für Parathion.

RéSUMé (français)

(1) Les récherches faits dans le laboratoire et aux champs ont montré,

que les Asellides de l'eau douce,Asellus aquaticus et Proasellus merdianus,sont des espèces très analogues.
(2) Au sujet de la pollution de l'eau P.meridianus est l'espèse le plus sensible. C'est pourquoi que P.meridianus manque dans le fleuve Rhin, le quel est plus souillé que le fleuve Meuse.
(3) Des récherches au région des grandes fleuves montrent,que le présence de P.meridianus est concentré le longs du Meuse et on a trouvé partout le A.aquaticus.
(4) On n'a pas trouvé un'indication,que la tolérance des deux espèces concernent des concentrations bas d'oxygène est different. Les deux espèces peuvent survivre l'absence d'oxygène pendant un jour,mais la résistance de A.aquaticus est plus grande.
(5) Tous les deux ont une grande faculté d'adaption pour des concentrations augmentent de sel. A.aquaticus a une résistance plus grande concernent un altération brusque du concentration de sel.
(6) P.meridianus est plus tolérant,que A.aquaticus par rapport a parathion. Les deux espèces sont très sensibles pour parathion aux concentrations très bas.

RIASSUNTO (italiano)

(1) Delle ricerche nel campo e nel laboratorio hanno indicato,che i onischi dell'aqua,Asellus aquaticus e Proasellus meridianus,sono specii molto congiunte.
(2) Nel punto dell'inquinamento dell'aqua si puòconcludere,che P.meridianus è la specie la più sensibile,che può essere la spiegazione per il fatto del mancare di P.meridianus nel fiume Reno. Quello fiume è più sporgato che il fiume Mosa,dove si trova solamente P.meridianus.
(3) La presenza di P.meridianus è concentrata alle spondi del fiume Mosa,invece A.aquaticus è numeroso in tutta la regione. L'influenza dei grandu fiumi sembra considerevole.
(4) Esperimenti sulla toleranza delle due specii riguardo alle concentrazioni basse del oxygeno non hanno dato un'indicazione chiara per una differenza tra le due specii. A.aquaticus resista meglio l'absenza del oxygeno che P.meridianus. Le specii sono capace di suvivere durante un

periodo lungo in un ambiente con poco oxygeno.
(5) La capacità da adattarsi a un incremento graduale di concentrazione de sale è uguale per le due specii. A.aquaticus suviva meglio un incremento improviso nella concentrazione che P.meridianus.
(6) P.meridianus a di più forza di resistenza riguardo a parathion che A.aquaticus. Tutte le due specii sono molto sensibile per contenuti bassi.

- - - - -

Literatuur :

ALLEE,W.C.-1929-Studies in animal aggregations : natural aggregations of the isopod Asellus aquaticus. Ecology 10:14-36

BERDOWSKI,J.-1976-Pers. comm. betreffende vondsten van Asellus in de omgeving van Gorinchem.

BIRNSTEIN,J.A.-1951-Faune de l'URSS ; VII Asellota.Moskou 1-142

BUTIJN,G.D.-1974-Waterverontreiniging en makrofauna in het waterschap De Maas-en Diezepolders.Verslag doctoraalonderzoek natuurbeheer nr.220.LH-Nb 74-66

CBS-1974-Algemene milieustatistiek 1973.pp.65-79. Den Haag

CBS-1975-Statistisch zakboek 1975.pp.1-13. Den Haag

COWART,R.P.&BONNER,F.L.&EPPS,E.A.-1971-Rate of hydrolysis of seven organophosphate pesticides. Bull.Environm.Contam.&Toxic.6(3)

EDWARDS,R.W.&LEARNER,M.A.-1960-Some factors affecting the oxygen consumption of Asellus. J.Exp.Biol.37:706-718

EICHELBERGER,J.W.&LICHTENBERG,J.J.-1971-Persistance of pesticides in river water. Environm.Sci.Technol.5:541-544

ELLENBROEK,G.A.&HENDRIKS,J.L.J.-1972-Vergelijkend hydrobiologisch onderzoek in de Kroonbeek en de Teelebeek,een schone en een verontreinigde laaglandbeek.Rapport nr.55 Zoöl.lab.afd.Dieroecologie Kath.Univ.Nijmegen

FAUST,S.D.&GOMAA,H.M.-1972-Chemical hydrolysis of some organic phosphorus and carbamate pesticides in aquatic environments.Environm. Letters 3(3):171-201

GARDENIERS,J.J.P.-1966-De invloed van de verontreiniging op de fauna van de beken van het strommgebied van de Dommel. Verslag doctoraalonderzoek '65-'66 Kath.Univ.Nijmegen

GREVE,P.A.&FREUDENTHAL,J.&WIT,S.L.-1972-Potentially hazardous substances in surface waters.II Cholinesterase inhibitors in Dutch surface waters. Sci.Total Environment 1:253-265

GRUNER,H.E.-1965-Die Tierwelt Deutschlands,51.Teil:Krebstiere oder Crustacea,V Isopoda.1.Lieferung

GIJSEN,M.van-1974-Hydrobiologisch onderzoek van het Wageningse Binnenveld. Verslag doctoraalonderzoek Natuurbeheer nr.237.LH-Nb 74-01

HARDIN,G.-1960-The competitive exclusion principle. Science 131:1292-1297

HARPER,J.L.e.a.-1961-The evolution and ecology of closely related species living in the same area. Evolution 15:209-227

HARTOG,C.den-1961-Die faunistische Gliederung im Südwest-niederländischen Deltagebiet. Int.Revue ges.Hydrobiol.46:407-418(3)

HARTOG,C.den-1963-The amphipods of the Deltaïc area of the rivers Rhine,Meuse and Scheldt,in relation to the hydrography of the area;I.Introduction and hydrography. Neth.J.Sea Research 2:29-39(1)

HEEREBOUT,G.R.-1970-A classification system for isolated brackish inland waters,based on median chlorinity and chlorinity fluctuation. Neth. J.Sea Research 4:494-503(4)

HENRY,J.P.-1967-Asellus de Belgique. Annales de la Société Zoologique de Belgique Tome 97 fasc.4:237-244

HENRY,J.P.&MAGNIEZ,G.-1962-Présence d'Asellus meridianus Racovitza en Bourgogne. Hydrobiologia 21:334-338

HENRY,J.P.&MAGNIEZ,G.-1968-Sur la systématique et la biogéographie des Asellides. C.R.Acad.Sc.Paris,t.267:87-89

HEUSS,K.-1966-Beitrag zur Fauna der Werra,einem salinaren Binnengewässer. Gewässer und Abwasser 43:48-64

HEUTS,M.J.-1943-Studies over de osmoregulatie van het bloed bij enkele Crustaceeën(Asellus aquaticus;Gammarus pulex en G.locusta). Meded. Kon.Vlaamsche Academie voor Wetenschappen,letteren en schoone kunsten van België V nr.2

HIGLER,L.W.G.-1970-Makrofaunistische inventarisatie van enige poldervaarten in de omgeving van Almkerk (N.B.) ter bepaling van de waterkwaliteit. Stencil werkgroep biologische waterkwaliteitsbeoordeling

HOLTHUIS,L.B.-1956-Isopoda en Tanaidacea. Fauna van Nederland 16:1-280

HYNES,H.B.N.-1959-On the occurrence of Gammarus duebeni in fresh water and of Asellus meridianus Racovitza in Western France. Hydrobiologia

HYNES,H.B.N.&WILLIAMS,W.D.-1965-Experiments on competition between two Asellus species (Crust.Isopoda). Hydrobiologia 26:203-210

ILLIES,J.e.a.-1967-Limnofauna Europea;Eine Zusammenstellung aller die europaïschen Binnengewässer bewohnenden mehrzelligen Tierarten mit Angaben über ihre Verbreitung und Oekologie.Stuttgart pp.198-201

KAMLER,E.-1969-A comparison of the closed-bottle and flowing-water methods for mesurement of respiration in aquatic invertebrates. Pol. Arch.Hydrobiol. 16:31-49

KOEMAN,J.H.-1973[a]-Syllabus Algemene toxicologie.Afd.Toxicologie van de LH,Wageningen

KOEMAN,J.H.-1973[b]-Syllabus Milieutoxicologie.Afd.Toxicologie van de LH, Wageningen

KOLKWITZ,R-1950-Oekologie der Saprobien;Ueber die Beziehungen der Wasserorganismen zur Umwelt. Stuttgart

LANG,J.&RUZICKOVA-LANGOVA,M.-1951-Periodicity in oxygen consumption of Asellus aquaticus. Mém.Soc.zool.Tchécosl. 15:89-98

LEENTVAAR,P.&HIGLER,L.W.G.-1966-Duinplas de Muy op Texel. De levende natuur 69:110-115

LIEBMANN,H.-1951/1960-Handbuch der Frischwasser-und Abwasserbiologie; I.Teil:1951 ; II.Teil:1960 ;München,1149 pp.

LOCKWOOD,A.M.P.-1959-The osmotic and ionic regulation of Asellus aquaticus. J.Exp.Biol.36:546-555

LOCKWOOD,A.M.P.-1960-Some effects of temperature and concentration of the medium on the ionic regulation of the isopod Asellus aquaticus L. J.Exp.Biol.37:614-630

LOCKWOOD,A.M.P.-1968-Aspects of the physiology of Crustacea.University reviews in biology.Oliver & Boyd London

LUEDEMANN,D.&HERZEL,F.-1973-Toxizität und zeitliche Konzentrationsänderung des Insektizids Parathion im Wasser. Zeitschrift für Angewandte Zoologie 2:177-181

LUEDEMANN,D.&NEUMANN,H.-1962-Ueber die Wirkung der neuzeitlichen Kontaktinsektizide auf die Tiere des Süsswassers. Anzeig.Schädlingskunde 35:5-9

MACAN,T.T.-1961-Factors that limit the range of freshwater animals. Biol. Rev.36:151-198

MADSEN,B.L.-1968-The distribution of nymphs of Brachyptera risi Mort. and Nemoura flexuosa Aub.(Plecoptera) in relation to oxygen. Oikos 19: 304-310

MOLLER PILLOT,H.K.M.-1971-De faunistische beoordeling van de verontreiniging in laaglandbeken. Proefschrift Kath.Univ.Nijmegen

MOON,H.P.-1957a-The distribution of Asellus in Windemere. J.Anim.Ecol. 26:113-123

MOON,H.P.-1957b-The distribution of Asellus in the English Lake District and adjoining areas. J.Anim.Ecol.26:403-409

MOON,H.P.-1964-Occurrence of Asellus (Crust.,Isopoda) in Esthwaite and Ullswater,English Lake District. Nature 203:894 (nr.4947)

MOON,H.P.-1968-The colonization of Esthwaite and Ullswater,English Lake District,by Asellus (Crust.,Isopoda). J.Anim.Ecol.37:405-415

NIJMEEGSE BIOLOGEN VERENIGING-1969-Verslag van het werkkamp,gehouden op de Hamert;1-15 aug.1969. Zoöl.lab.der Kath.Univ.Nijmegen

PARMA,S.-1969-Hydrografie van de Biesbosch. Meded.Hydrobiol.Ver.2:95-145

PATTEE,E.-1965-Sténothermie et eurythermie des invertebres d'eau douce et la variation journalière de température. Thèses Faculté des sciences de l'université de Lyon

PEELEN,R.-1967-Isohalines in the Delta area of the rivers Rhine,Meuse and Scheldt. Neth.J.Sea Research 3:576-596

PEETERS,J.C.H.& WOLFF,W.J.-1973-Macrobenthos of the rivers Meuse and Rhine in the Netherlands. Hydrobiological Bull. 7:121-126

PEIJNENBURG,F.-1976-Verslag doctoraalonderzoek Natuurbeheer m.b.t. Asellus.Nog te verschijnen.

QUENTIN,K.E.& PHILIPP,G.& WEIL,L.-1969-Zum Verhalten von Organophosphorpestiziden in Gewässer. Publ.Inst.für Wasserchemie und chemische Balneologie der Technische Hochschule München. Von Wasser 36:54-63

REDEKE,H.C.-1948-Hydrobiologie van Nederland. pp.286-289.Amsterdam

REYNOLDSON,T.B.-1961-Observations on the occurrence of Asellus in some lakes of northern Britain. Verh.int.Verein.theor.angew.Limnol. 14:988-994

REYNOLDSON,T.B.& YOUNG,J.O.-1966-The relationship between the distribution of Dendrocoelum lacteum (Müll) and Asellus in Britain and Fennoscandia. Verh.int.Verein.theor.angew.Limnol. 16:1633-1639

SEITZ,I.-1954-Jahreszeitliche Schwankungen im Geschlechtsverhältnis freilebender Populationen von Asellus aquaticus L. Zool.Anz. 153:269-275

STAMMER,E.A.-1932-Zur Kenntnis der Verbreitung und Systematik der Gattung Asellus,insbesondere der mitteleuropäischen Arten(Isopoda). Zool. Anz. 5:117-131

STEEL,E.A.-1961-Some observations on the life history of Asellus aquaticus L. and A.meridianus Rac.(Crust.,Isopoda). Proc.Zool.Soc. London 137:71-87

THIENEMANN,A.-1950-Die Binnengewässer. Band XVII. Verbreitungsgeschichte der Süsswassertierwelt Europas. Stuttgart.

TUCKER,D.S.-1958-The distribution of some freshwater invertebrates in ponds in relation to annual fluctuations in chemical composition of water. J.Anim.Ecol. 27:105-119

UNWIN,E.E.-1920-Notes upon reproduction of Asellus aquaticus. J.Limn. Soc. (Zool.) 34:335-343

VELDE,G.v.d.-1975-Pers,comm.betreffende vondsten van Asellus aquaticus en Proasellus meridianus in Nederland;1964-1975. Zoöl.lab.Kath. Univ.Nijmegen

VISSER,G.J.M.-1968-Om het behoud van een brakwaterfauna op het eiland Texel. De levende natuur 71:221-230

VOGEL,S.-1975-Een biologische waterkwaliteitsbeoordeling op basis van de makrofauna in het polderdistrikt Rijn en IJssel. Verslag praktijktijd biologie;LH-Wageningen

WILLIAMS,W.D.-1962a-Some remarks on phenotypical variation and genetic isolation in Asellus (Crust.,Isopoda). Crustaceana 4:279-284

WILLIAMS,W.D.-1962b-The geographical distribution of the isopods Asellus aquaticus L. and A.meridianus Rac.(Crust.,Isopoda). Proc.Zool.Soc. 139:75-96

WILLIAMS,W.D.-1962c-Notes on the ecological similarities of Asellus aquaticus L. and A.meridianus Rac.(Crust.,Isopoda). Hydrobiologia 20:1-30

WILLIAMS,W.D.-1963-The ecological relationships of Isopod Crustaceans Asellus aquaticus L. and A.meridianus Rac. Proc.Zool.Soc. 140: 661-679

WITTOP KONING,L.J.L.& MEER,C.v.d.-1974-The cause of death of Palaemonetes varians (Leach,1814) treated with cholinesterase inhibitors. Comp.Biochem.Physiol. 51c:73-77

WOLFF,W.J.-1968-The Mollusca of the estuarine region of the rivers Rhine, Meuse and Scheldt in relation to the hydrography of the area. I.The Unionidae. Basteria 32:13-47

WOLFF,W.J.-1971-Pers.comm.betreffende vondsten van Asellus aquaticus en Proasellus meridianus in Rijn,Waal en Maas. Hydrobiologisch Instituut Yerseke

WOLFF,W.J.-1973-The distribution of Asellus aquaticus L. and Proasellus meridianus Rac. in the southwestern part of the Netherlands. Hydrobiologia 42:381-392

GONGGRIJP -1973?-Betreffende vondsten van Asellus op Waddeneilanden. Titel onbekend bij auteur.

Bijlage 1.

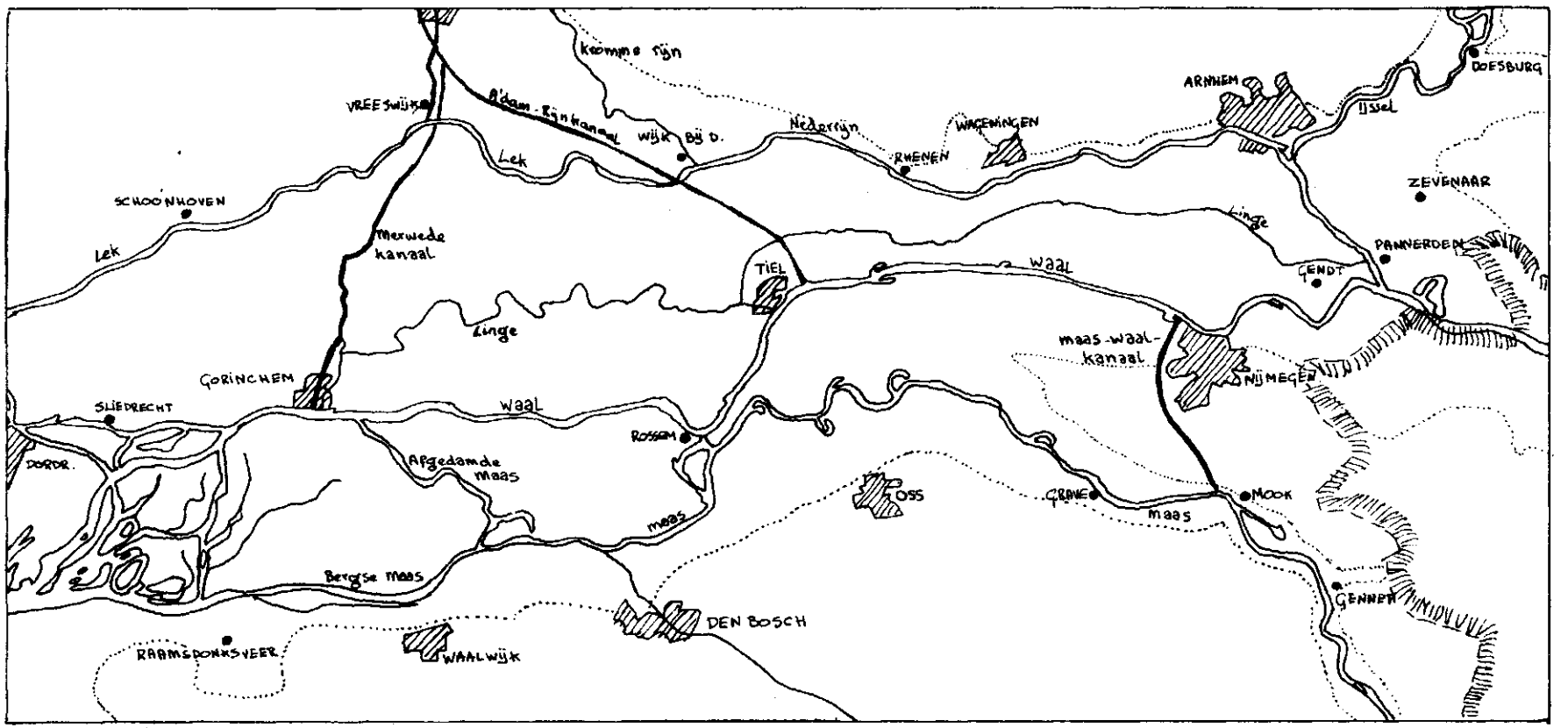


Fig. 1 : Rivierenland.

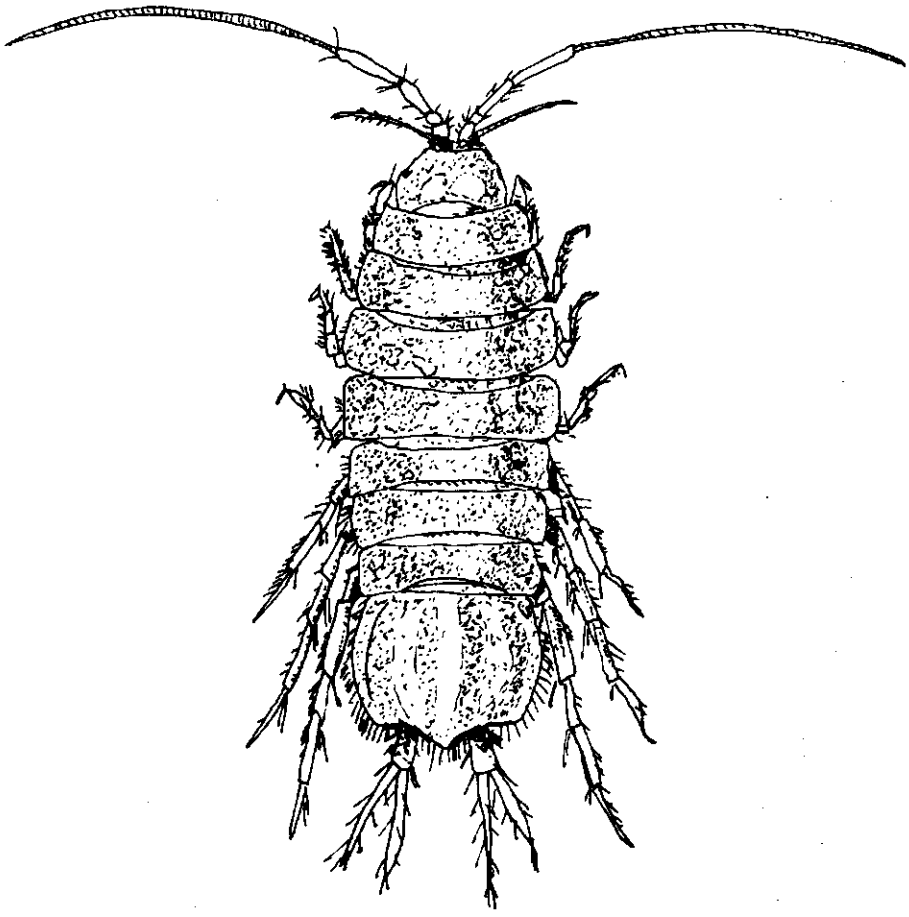


Fig.2 : Asellus aquaticus

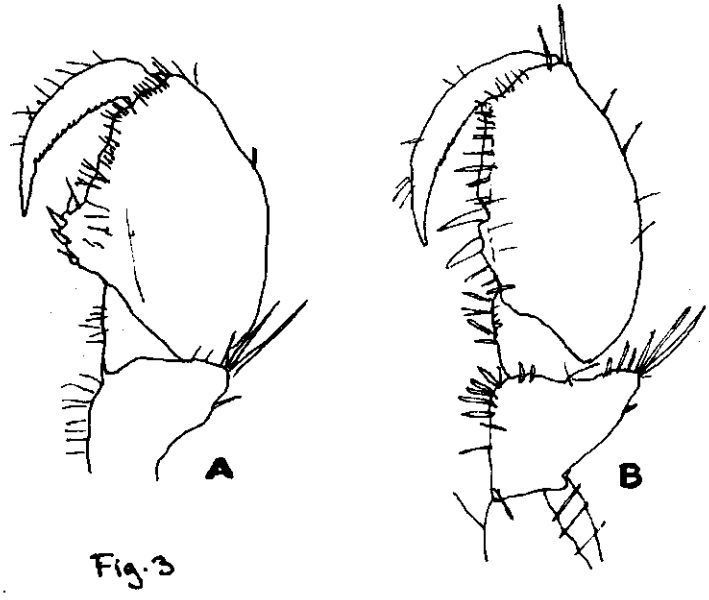
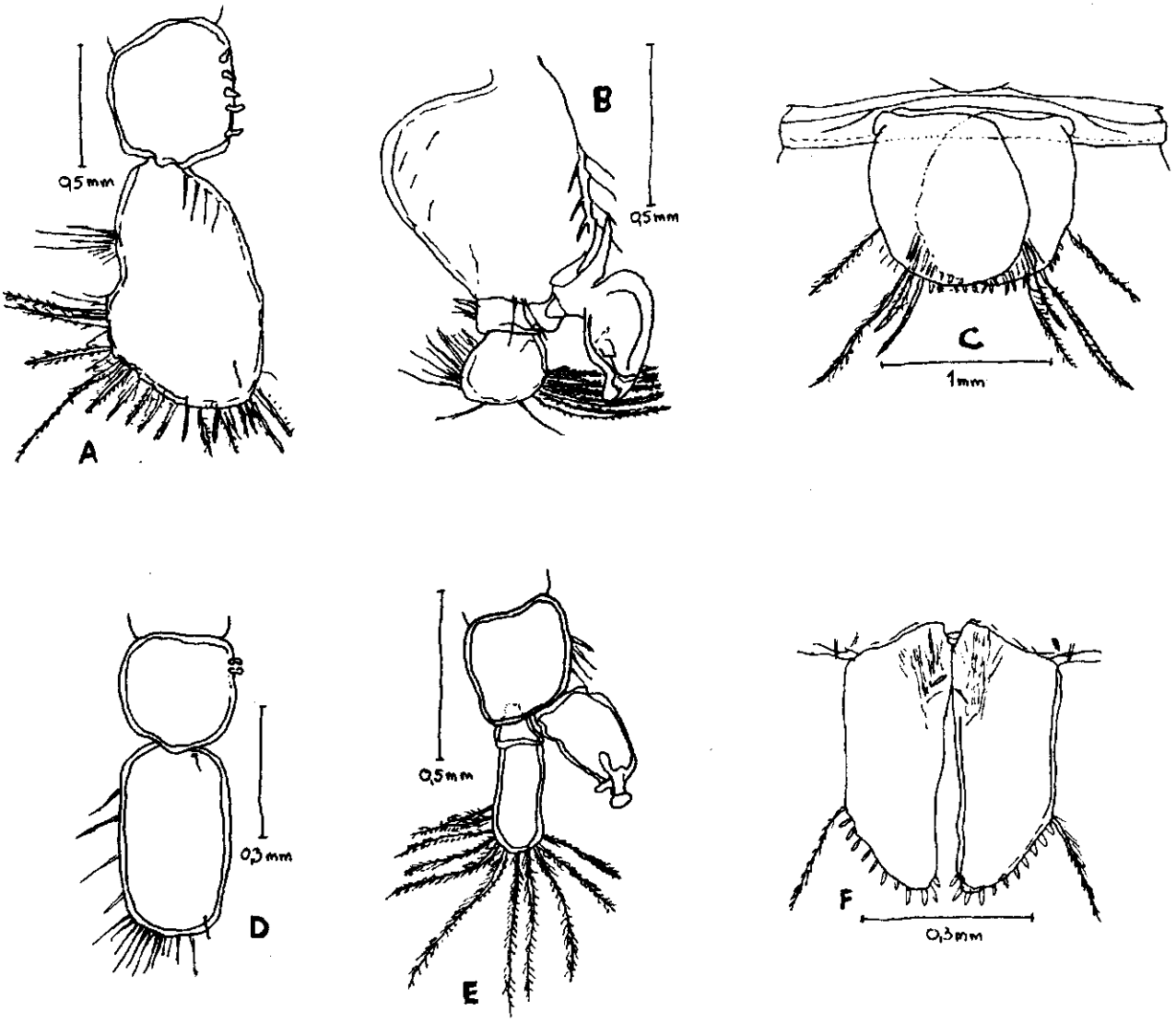
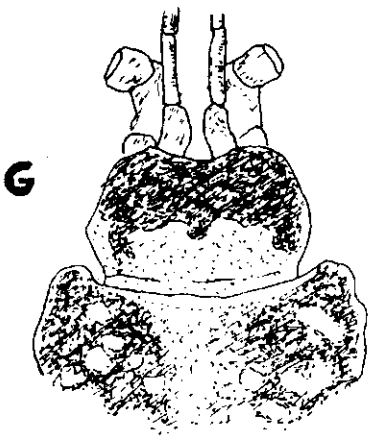


Fig.3 :Klauw van de eerste peraeopode.
A:Asellus aquaticus B:Proasellus meridianus





A: 1° pleopode, man A.aquaticus
B: 2° pleopode, man ,,
C: 2° pleopode, wijfje ,,

D: 1° pleopode, man P.meridianus
E: 2° pleopode, man ,,
F: 2° pleopode, wijfje ,,

G: Kop en 1° peraeomeer ,,

(naar Gruner, 1965)

Fig. 4

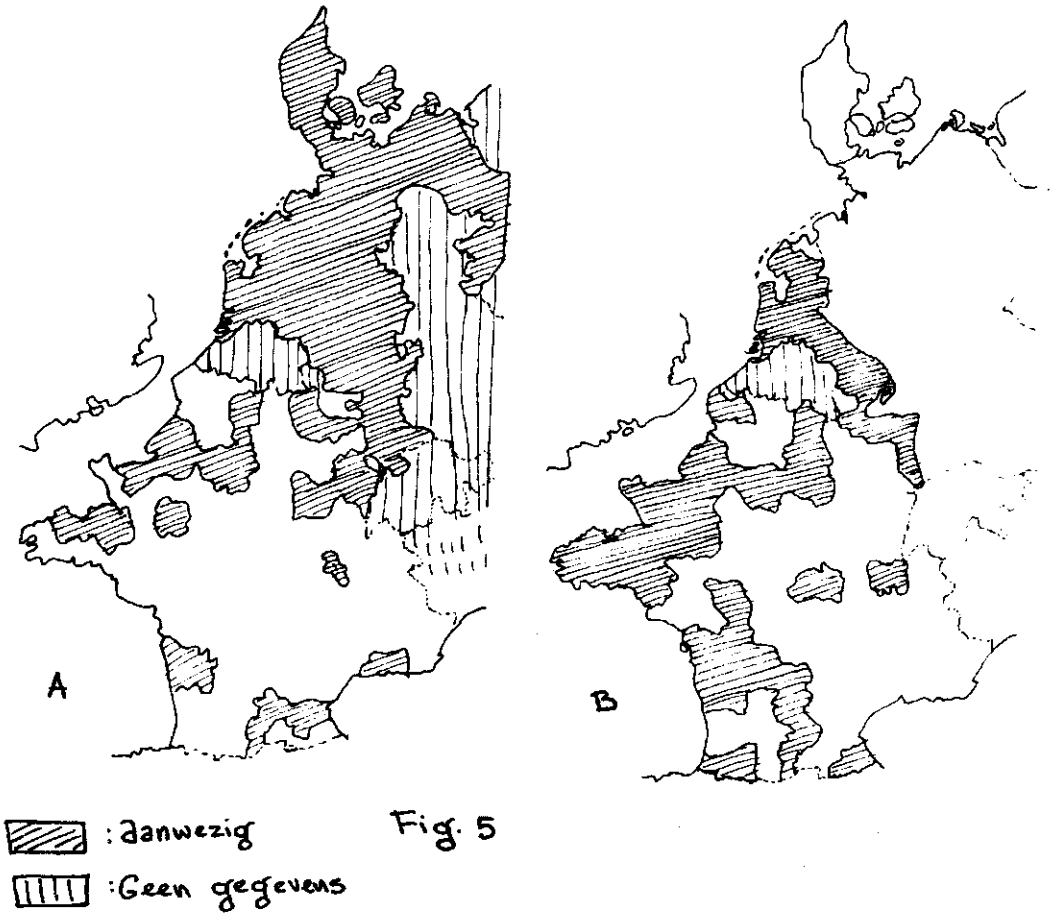


Fig. 5

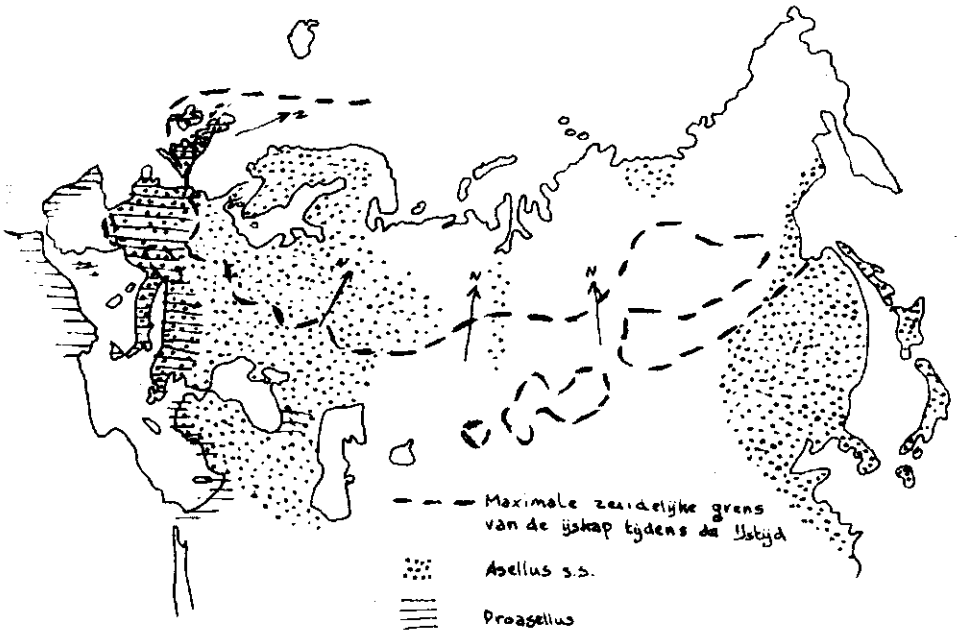


Fig. 6

Fig.5:De verspreiding van A.aquaticus(A) en P.meridianus(B) in Denemarken,West-Duitsland,Frankrijk en de Lage landen.(naar Williams,1962b)

Fig.6:De verspreiding van de subgeni Asellus sensu stricto en Proasellus(naar Williams,1962b)

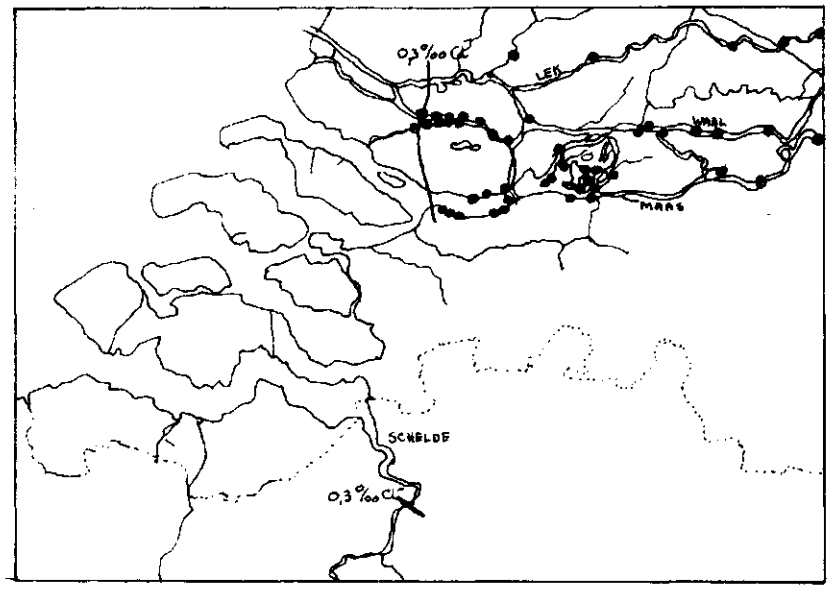


Fig. 7A

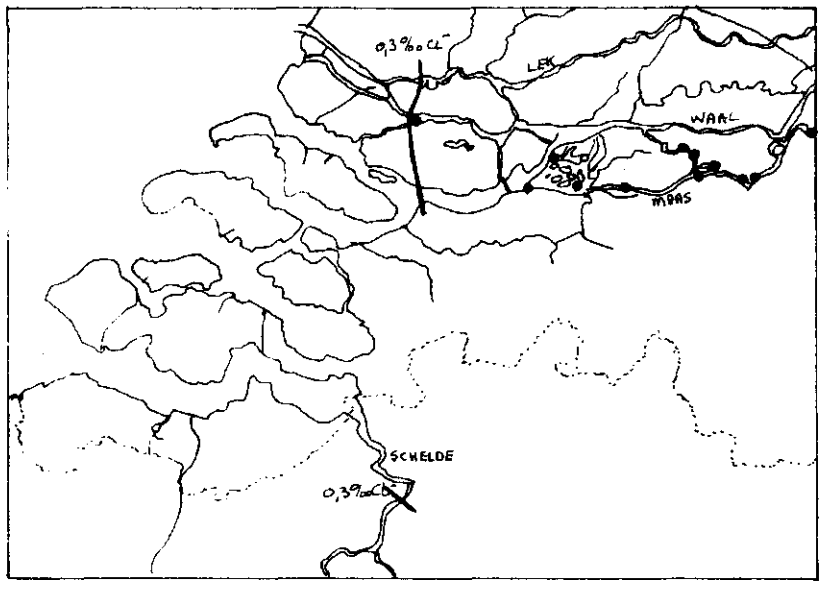


Fig. 7B

Fig.7: De verspreiding van A.aquaticus(7a) en P.meridianus(7b) in de rivieren en getijdewateren.
Aangegeven is de isohaline van 0,3‰.
(naar Wolff,1973)

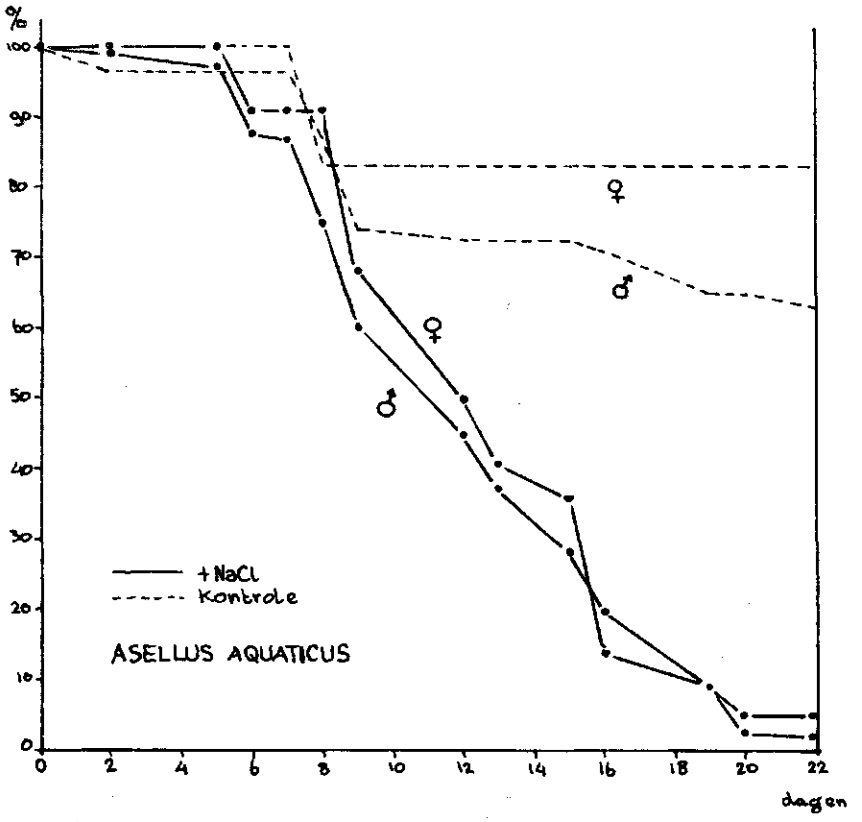


Fig.9: De tolerantie van A.aquaticus t.a.v. stijgende zoutgehalten.Aangegeven wordt het aantal overlevende exemplaren(n=222) en het aantal kontrole-exemplaren(n=58)

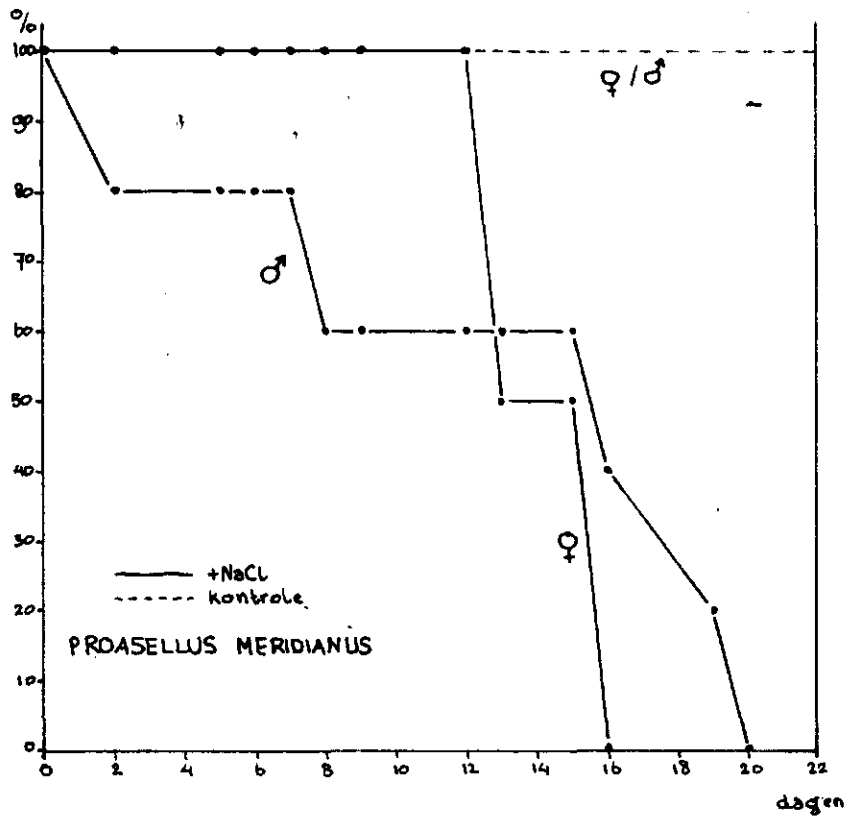


Fig.10: De tolerantie van P.meridianus t.a.v. stijgende zoutgehalten.Aangegeven wordt het aantal overlevende exemplaren(n=7) en het aantal kontrole-exemplaren(n=3)

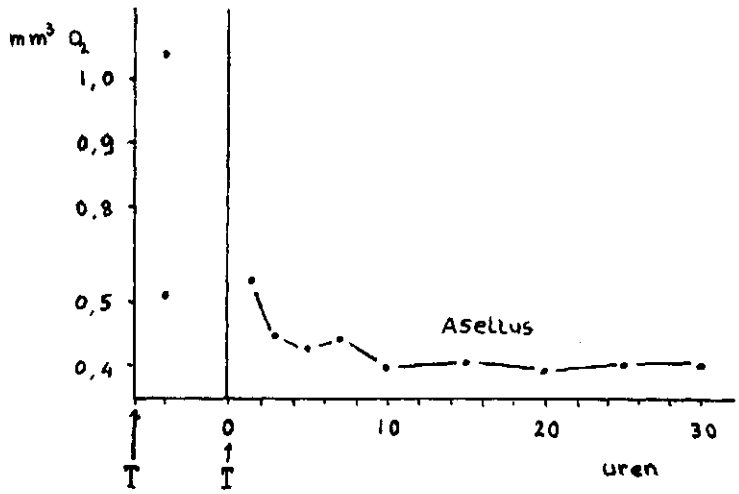


Fig.11:Invloed van overplaatsing in een respirometre op het metabolisme van Asellus.Weergegeven staat het gemiddelde van 7 waarnemingen.(naar Pattée,1965)

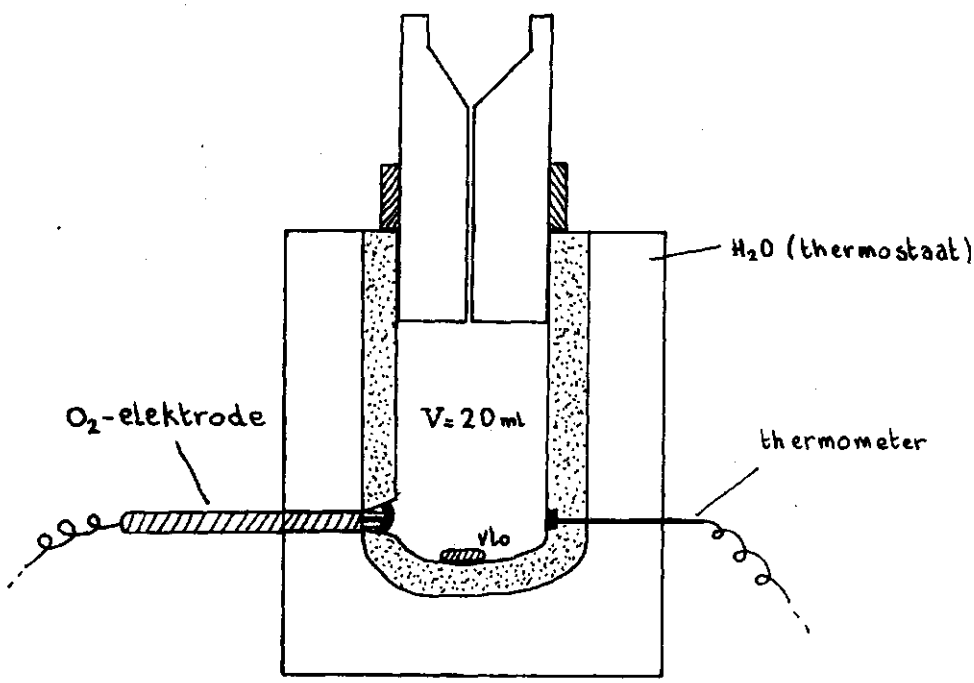


Fig12 : Respirometer

Monster nr.	aantal ex. totaal	aantal ex. A.aq.	aantal ex. P.mer.	% van totaal A.aq.	% van totaal P.mer.	koördinaten	ref.
1	65	65	-	100	-	439,25/176,25	
2	16	16	-	100	-	438,62/176,20	
3	30	30	-	100	-	435,18/177,95	
4	26	26	-	100	-	433,38/179,73	
5	37	34	3	92	8	436,75/178,96	
6	46	43	3	93	7	435,83/166,80	
7	36	33	3	92	8	435,05/164,70	
8	66	66	-	100	-	438,55/163,55	
9	11	11	-	100	-		
10	-	-	-	-	-	435,23/153,97	
11	12	12	-	100	-	429,40/155,67	
12	39	37	2	95	5	426,90/151,17	
13	40	32	8	80	20	439,62/181,45	
14	21	21	-	100	-	442,23/180,70	
15	36	36	-	100	-	423,10/145,28	
16	21	21	-	100	-	419,28/145,16	
17	6	6	-	100	-	416,85/145,72	
18	25	25	-	100	-	417,53/125,17	
19	29	29	-	100	-	423,65/125,70	
20	-	-	-	-	-	431,20/161,03	
21	49	-	49	-	100	430,67/161,75	
22	-	-	-	-	-	427,15/162,81	
23	55	13	42	24	76	427,96/165,08	
24	68	15	53	22	78	424,92/168,53	
25	37	37	-	100	-	423,38/164,77	
26	73	7	66	10	90	424,10/161,67	
27	6	6	-	100	-	425,97/161,92	
28	61	-	61	-	100	429,35/160,72	
29	29	29	-	100	-	430,15/157,89	
30	42	-	42	-	100	428,83/158,77	
31	58	-	58	-	100	426,70/157,85	
32	3	-	3	-	100	423,54/153,94	
33	-	-	-	-	-	422,33/152,25	
34	61	24	37	39	61	417,92/147,98	
35	65	64	1	98	2	437,18/183,35	

Monster nr.	aantal ex. totaal	aantal ex. A.aq.	aantal ex. P.mer.	% van totaal A.aq.	% van totaal P.mer.	koördinaten	ref.
36	2	1	1	50	50	434,28/183,98	
37	80	80	-	100	-	431,49/186,01	
38	16	16	-	100	-	431,50/186,47	
39	15	5	10	33	67	429,67/182,58	
40	302	264	38	87	13	425,79/182,23	
41	7	6	1	86	14	420,25/182,76	
42	6	-	6	-	100	420,40/180,40	
43	1	-	1	-	100	417,67/180,70	
44	99	-	99	-	100	415,79/182,51	
45	-	-	-	-	-	418,00/183,25	
46	46	-	46	-	100	419,20/177,23	
47	-	-	-	-	-	420,35/175,65	
48	120	-	120	-	100	423,26/171,45	
49	54	54	-	100	-	425,46/170,97	
50	6	6	-	100	-	429,37/168,48	
51	8	8	-	100	-	430,05/171,80	
52	9	9	-	100	-	433,25/172,95	
53	-	-	-	-	-	440,00/158,51	
54	9	9	-	100	-	440,00/157,45	
55	22	22	-	100	-	439,75/151,47	
56	9	9	-	100	-	136,48/442,12	
57	4	3	1	75	25	440,88/134,55	
58	54	54	-	100	-	435,09/136,89	
59	87	79	8	91	9	430,97/134,10	
60	18	15	3	83	17	426,83/133,30	
61	26	26	-	100	-	425,81/138,30	
62	18	18	-	100	-	444,31/157,73	
63	19	19	-	100	-	441,84/148,97	
64	28	28	-	100	-	442,96/141,06	
65	35	33	2	94	6	440,35/141,48	
66	10	6	4	60	40	438,30/146,60	
67	3	3	-	100	-	433,92/152,34	
68	84	84	-	100	-	435,26/155,62	
69	252	252	-	100	-	439,13/194,97	
70	31	31	-	100	-	436,73/199,30	

Monster nr.	aantal ex. totaal	aantal ex. A.aq.	P.mer.	% van totaal A.aq.	P.mer.	koördinaten	ref.
71	9	9	-	100	-	434,20/197,80	
72	111	111	-	100	-	431,50/194,98	
73	113	113	-	100	-	433,15/190,42	
74	43	43	-	100	-	430,43/191,42	
75	28	28	-	100	-	430,90/197,52	
76	11	11	-	100	-	419,68/195,28	
77	79	79	-	100	-	431,37/146,97	
78	36	31	5	86	14	431,15/141,88	
79	144	122	22	85	15	426,37/143,55	
80	12	7	5	58	42	416,68/150,92	
81	100	3	97	3	97	418,62/153,17	
82	70	36	34	51	49	423,36/155,30	
83	18	12	6	67	33	421,53/157,27	
84	63	63	-	100	-	442,30/127,77	
85	65	42	23	65	35	436,65/127,06	
86	22	11	11	50	50	431,79/122,88	
87	93	42	51	45	55	428,80/114,80	
88							
89							
90				100	-	442,50/125,01	v.d.Velde
91				100	-	444,18/132,92	,,
92				100	-	432,52/133,00	,,
93				100	-	431,60/131,00	,,
94				100	-		,,
95				100	-	415,07/125,45	,,
96				100	-		,,
97				100	-	429,40/189,90	,,
98	35	27	8	77	23	446,90/168,52	v.Gijsen
99	28	26	2	93	7	446,60/168,52	,,
100	278	166	112	60	40	446,40/169,27	,,
101	8	8	-	100	-	446,63/168,32	,,
102	4	3	1	75	25	444,75/172,90	,,
103	487	347	140	71	29	444,51/172,80	,,
104	59	57	2	97	3	444,11/173,22	,,
105	46	22	24	48	52	444,33/172,15	,,

Monster nr.	aantal ex. totaal	aantal ex. A.aq.	P.mer.	% van totaal A.aq.	P.mer.	koördinaten	ref.
106	45	35	10	78	22	443,67/172,13	,,
107	19	10	9	53	47	444,31/171,70	,,
108	2	-	2	-	100	444,72/171,63	,,
109	87	28	59	32	68	444,18/171,10	,,
110	30-70	20-60	0-10	67-83	14-33	419,97/129,87	Higler
111	0-20	0-20	-	100	-	418,24/125,82	,,
112	-	-	-	-	-	420,61/129,28	,,
113				-	100		Ell.&Hendr.
114				-	100		,,
115	7	7	-	100	-	442,33/197,28	Vogel
116	160	160	-	100	-	436,31/197,14	,,
117	60	60	-	100	-	444,60/199,70	,,
118	2	2	-	100	-	444,68/200,20	,,
119	35	35	-	100	-	434,48/220,22	,,
120	14	14	-	100	-	441,53/199,80	,,
121	1	1	-	100	-	439,75/200,45	,,
122	50	50	-	100	-	440,75/201,43	,,
123	19	19	-	100	-	443,13/201,75	,,
124	1	1	-	100	-	444,90/201,70	,,
125	22	22	-	100	-	444,65/202,35	,,
126	1	1	-	100	-	444,03/202,25	,,
127	3	3	-	100	-	441,00/203,40	,,
128	24	24	-	100	-	439,20/203,45	,,
129	3	3	-	100	-	437,71/204,40	,,
130				100	-	437,69/204,65	,,
131	37	10	27	27	73	442,37/204,75	,,
132	3	-	3	-	100	442,80/199,50	,,
133	193	135	58	77	23	414,6 /134,8	Butijn
134	247	185	62	75	25	415,5 /135,9	,,
135	144	29	115	20	80	413,4 /136,3	,,
136	788	743	45	94	6	413,3 /138,8	,,
137	784	623	161	74	26	413,6 /137,8	,,
138	91	75	16	82	18	414,1 /139,0	,,
139	101	26	75	26	74	416,0 /140,8	,,
140	38	36	2	94	6	415,0 /138,9	,,

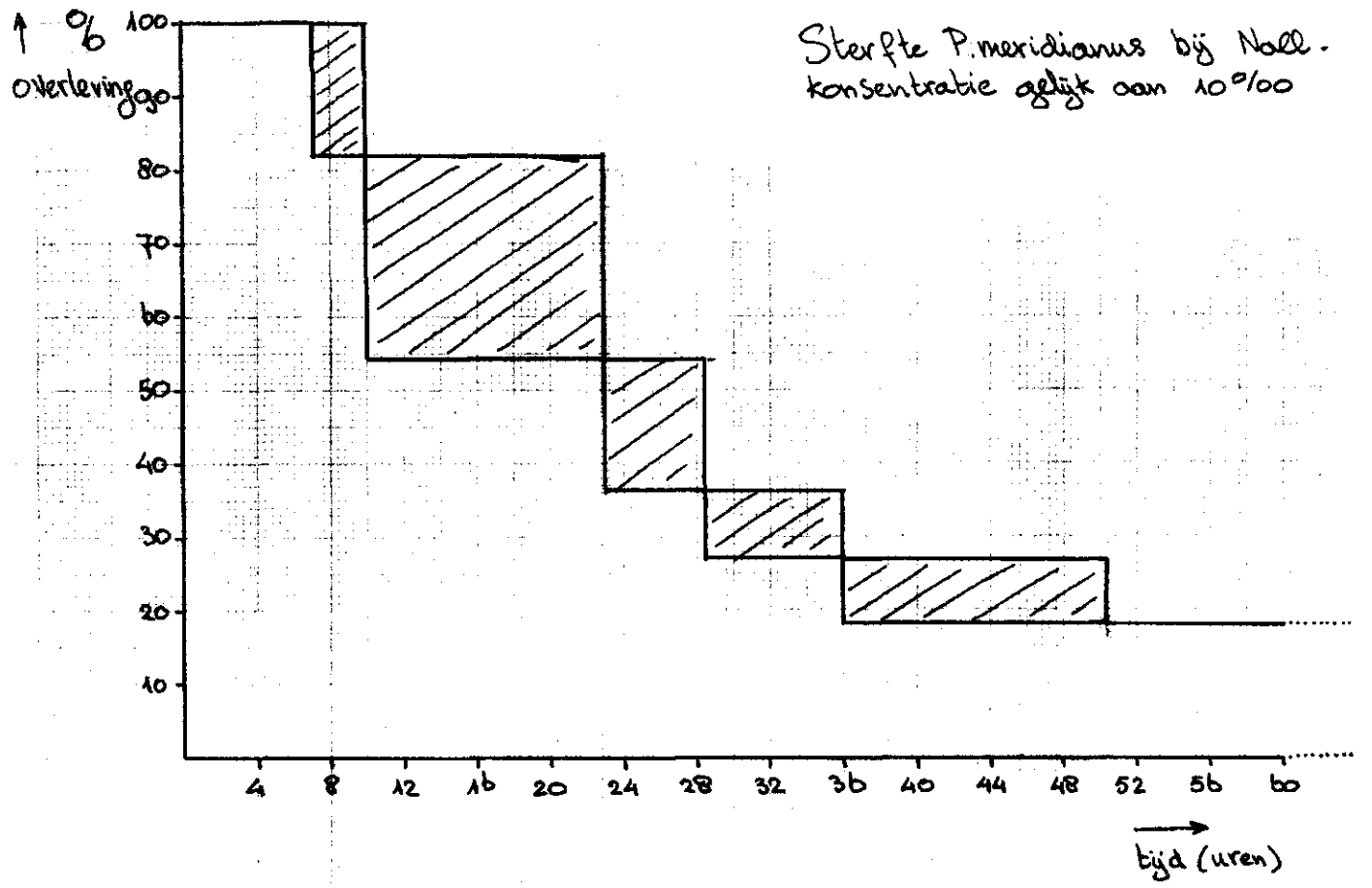
Monster nr.	aantal ex. totaal	aantal ex. A.aq.	aantal ex. P.mer.	% van totaal A.aq.	% van totaal P.mer.	koördinaten	ref.
141	80	79	1	99	1	414,7 /145,4	Butijn
142	112	98	14	88	12	412,9 /144,5	,,
143	71	64	7	90	10	410,6 /144,0	,,
144	92	83	9	90	10	410,3 /140,1	,,
145	18	18	-	100	-	414,0 /140,8	,,
146	2	2	-	100	-	437,60/190,50	Stam
147	66	65	1	98	2	438,30/185,83	,,
148	140	137	3	98	2	438,70/177,55	,,
149	277	247	30	89	11	436,55/166,30	,,
150	49	46	3	94	6	435,21/156,25	,,
151	1	1	-	100	-	431,60/154,02	,,
152	7	6	1	86	14	432,94/147,80	,,
153	6	6	-	100	-	433,32/142,15	,,
154	1	1	-	100	-	429,58/128,20	,,
155	25	8	17	32	68	439,15/182,15	,,
156	24	21	3	88	12	435,10/182,98	,,
157	1	1	-	100	-	439,72/176,00	,,
158	99	98	1	99	1	437,55/172,25	,,
159	4	4	-	100	-	431,92/133,90	,,
160	-	-	-	-	-	436,43/145,53	,,
161	-	-	-	-	-	434,04/145,63	,,
162	1	1	-	100	-	436,06/144,06	,,
163	5	-	5	-	100	439,00/144,48	,,
164	6	-	6	-	100	431,61/151,60	,,
165	20	1	19	5	95	435,75/151,45	,,
166	-	-	-	-	-	434,70/157,55	,,
167	1	1	-	100	-	437,82/154,35	,,
168	68	53	15	78	22	440,83/157,23	,,
169	35	31	4	89	11	437,30/173,60	,,
170	45	39	6	87	13	438,70/179,98	,,
171	60	60	-	100	-	439,06/171,90	
172	45	45	-	100	-	444,05/178,35	
173	724	713	11	98	2	393,35/211,40	Nijm.Biol.V.
174	172	170	2	99	1	392,95/211,20	,,
175	237	220	17	93	7	392,20/210,67	,,

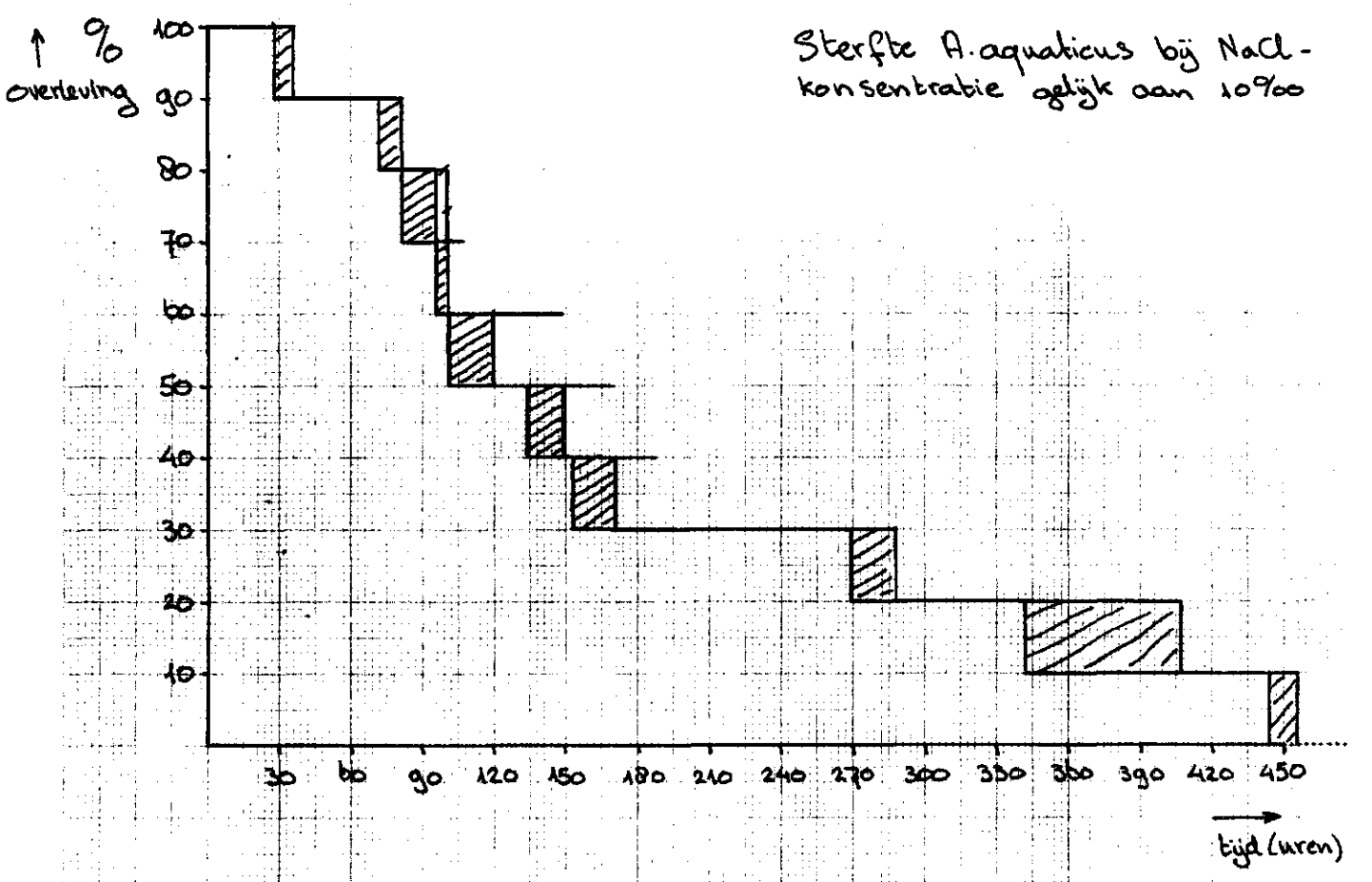
Monster nr.	aantal ex. totaal	aantal ex. A.aq.	aantal ex. P.mer.	% van totaal A.aq.	% van totaal P.mer.	koördinaten	ref.
176	86	62	24	72	28	391,55/210,10	Nijm.Biol.V.
177	1	-	1	-	100		Wolff
178	2	2	-	100	-		,,
179	1	1	-	100	-		,,
180				100	-	393,55/208,94	Nijm.Biol.V.
181	127	62	65	49	51	291,09/208,50	,,
182	2	1	1	50	50	413,8 /133,8	Butijn
183							
184							
185							
186							
187							
188							
189	40-80	20-60	0-20	50-75	25-50	421,13/127,45	Higler
190	4	3	1	75	25		Berdowski
191							
192	7	6	1	86	14		,,
193	9	7	2	78	22		,,
194	16	12	4	75	25		,,
195	81	62	19	77	23		,,
196	5	4	1	80	20		,,
197	43	41	2	95	5		,,
198	6	5	1	83	17		,,
199	46	44	2	96	4		,,
200	7	6	1	86	14		,,
201	24	22	2	96	4		,,
202	22	21	1	95	5		,,
203							
204 t /m 210	100% A.aquaticus			Polder Rietveld			,,
211 t/m 213	100%		,,	Het Hooge veld			,,
214 t/m 222	100%		,,	Oosterwijk			,,
223 t/m 225	100%		,,	Leeuwensche veld			,,
226 t/m 228	100%		,,	Fazantenhof			,,
229 t/m 243	100%		,,	Vereenigde polders Kedeichem met Oosterwijk			
244 t/m 252	100%		,,	Polder Hoog-of Klein Oosterwijk			,,
253 t/m 254	100%		,,	De Meent			,,
255 t/m 260	100%		,,	Polder Oud Schaayk			,,
261 t/m 272	100%		,,	Klein Hoogland			,,

Bijlage 14. Sterfte van A. aquaticus en P. meridianus bij NaCl-konsentratie gelijk aan 10,0±0,3 ‰ NaCl.

A. aquaticus			P. meridianus		
lengte	sexe	tijdstip van sterfte	lengte	sexe	tijdstip van sterfte
8,0 mm.	♂	28,0- 36,5 uur	7,0 mm.	♂	7,0- 10,0 uur
7,0	♂	71,5- 82,0	5,5	♂	7,0- 10,0
8,0	♂	82,0- 95,5	6,5	♂	10,0- 23,0
6,0	♀	95,5- 99,5	7,0	♂	10,0- 23,0
7,0	♂	107,5-120,0	5,5	♀	10,0- 23,0
5,0	♂	133,5-148,5	5,0	?	23,0- 28,5
7,5	♂	152,0-170,5	4,5	?	23,0- 28,5
7,0	♂	269,0-288,0	6,5	♂	28,5- 36,0
4,5	♀	341,5-407,0	7,0	♂	36,0- 50,5
7,5	♂	444,0-455,0	6,0	♂	102,5-103,5
			9,5	♀	623,5-769,5

	A. aq.	P. mer.
gemiddelde lengte	6,75 mm	6,36 mm
gemiddeld tijdstip van sterfte	181,3 uur	90,3 uur
standaardafwijking lengte	1,21 mm	1,34 mm
,, tijdstip v. sterfte	139,1 uur	202,8 uur
korrelatiekoëfficiënt	+0,288	+0,768


Sterfte P. meridianus bij NaCl-konsentratie gelijk aan 10‰
↑ % overleving
100
90
80
70
60
50
40
30
20
10
4
8
12
16
20
24
28
32
36
40
44
48
52
56
60
tijd (uren)

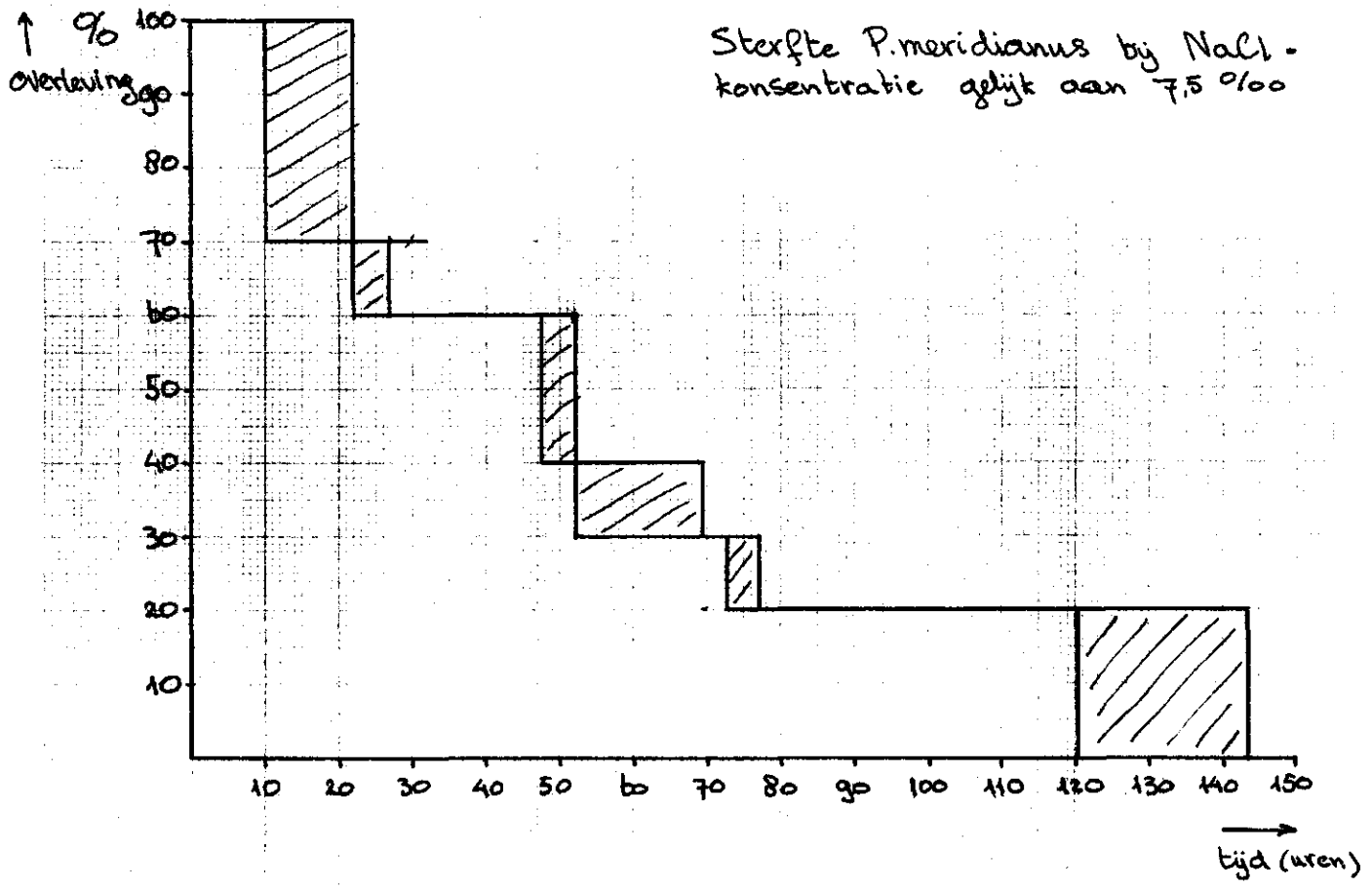

Sterfte A. aquaticus bij NaCl-konsentratie gelijk aan 10‰
↑ % overleving
100
90
80
70
60
50
40
30
20
10
30
60
90
120
150
180
210
240
270
300
330
360
390
420
450
tijd (uren)

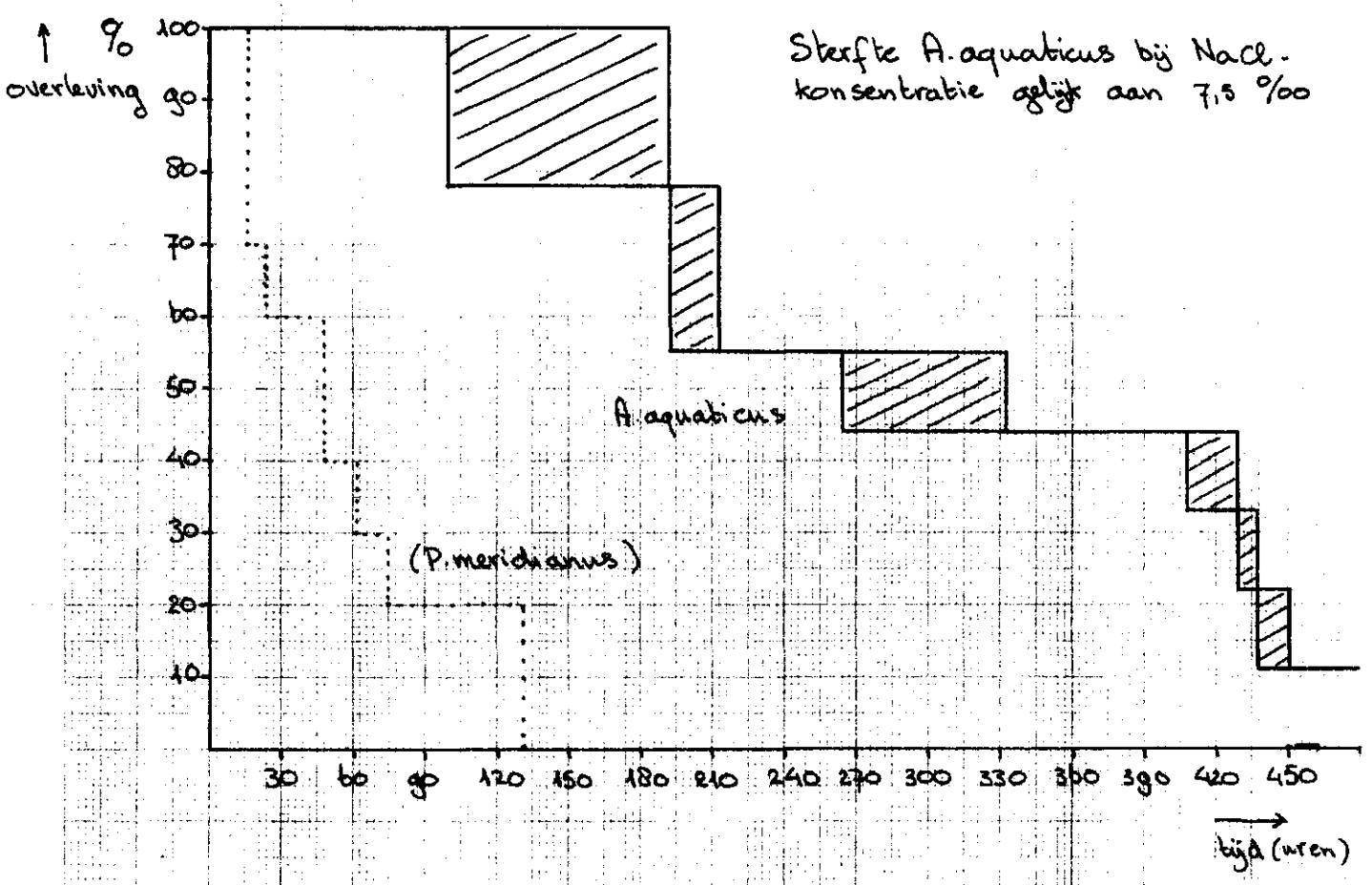
Bijlage 16. Sterfte van A.aquaticus en P.meridianus bij NaCl-konsentratie gelijk aan 7,5±0,3 ‰NaCl

A.aquaticus

lengte	sexe	tijdstip van sterfte	lengte	sexe	tijdstip van sterfte
7,0 mm.	♂	99,5-120,5 uur	7,5 mm.	♂	10,0- 22,0 uur
8,0	♀	99,5-120,5	7,0	♂	10,0- 22,0
6,0	♀	191,5-214,0	9,0	♂	10,0- 22,0
6,5	♂	191,5-214,0	5,0	♀zw.	22,0- 27,0
6,5	♂	263,0-333,5	9,0	♂	47,5- 52,5
10,5	♀	407,5-429,5	6,0	♂	47,5- 52,5
8,5	♂	429,5-436,5	6,5	♀	52,5- 69,5
3,5	♀	436,5-452,5	6,0	♂	72,0- 77,0
9,5	♂	713,5-750,0	5,5	♀	120,5-143,5
			4,5	♀	120,5-143,5

	A.aquaticus	P.meridianus
gemiddelde lengte	7,33 mm	6,60 mm
gem. tijdstip van sterfte	305,7 uur	57,2 uur
standaardafwijking lengte	2,08 mm	1,54 mm
,, tijdstip v. sterfte	220,4 uur	44,4 uur
korrelatiekoëfficiënt	+0,349	-0,589


Sterfte P.meridianus bij NaCl-konsentratie gelijk aan 7,5 ‰
↑ % overleving
100
90
80
70
60
50
40
30
20
10
10 20 30 40 50 60 70 80 90 100 110 120 130 140 150
→ tijd (uren)

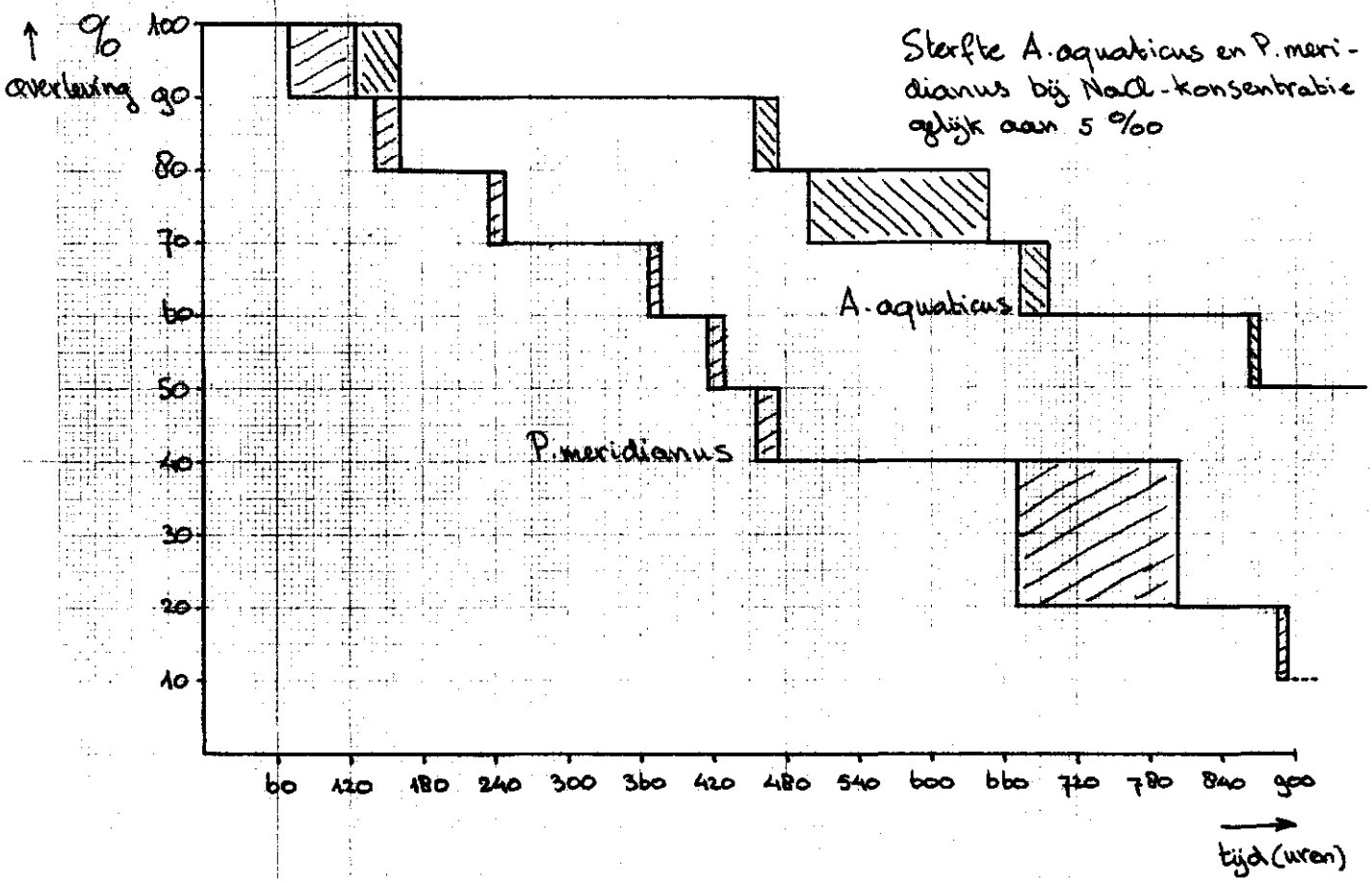

Sterfte A.aquaticus bij NaCl-konsentratie gelijk aan 7,5 ‰
↑ % overleving
100
90
80
70
60
50
40
30
20
10
A.aquaticus
(P.meridianus)
30 60 90 120 150 180 210 240 270 300 330 360 390 420 450
→ tijd (uren)

Bijlage 18. Sterfte van A.aquaticus en P.meridianus bij NaCl-konsentratie gelijk aan 5,0±0,2 ‰

A.aquaticus

lengte	sexe	tijdstip van sterfte	lengte	sexe	tijdstip van sterfte
7,5 mm.	♂	145,0-164,0 uur	6,0 mm.	♂	70,0-128,0 uur
6,5	♀	453,0-475,5	8,0	♂	145,0-164,0
4,5	♀	499,0-648,0	5,0	♀	235,5-241,0
5,0	♀	672,5-696,0	7,5	♂	368,0-379,0
7,0	♂	860,5-865,5	4,0	♂	413,5-429,0
5,5	♂	885,0	6,0	♂	453,0-475,0
7,0	♀	885,0	6,5	♀	669,5-812,0
6,5	♀	885,0	5,5	♂	669,5-812,0
6,0	♀	885,0	5,5	♂	885,0-890,0
7,0	♀	885,0	6,0	♂	890,0

	A.aq.	P.mer.
gemiddelde lengte	6,25 mm	6,00 mm
gem. tijdstip van sterfte	(n=5) 550,5 uur	457,8 uur (n=9)
gem. tijdstip van sterfte	(n=10) 725,3 uur	492,0 uur (n=10)
standaardafwijking lengte	(n=5) 1,29 mm	1,22 mm (n=9)
,, lengte	(n=10) 0,98 mm	1,15 mm (n=10)
,, tijdstip v. sterfte	(n=5) 266,5 uur	278,9 uur (n=9)
,, tijdstip v. sterfte	(n=10) 255,9 uur	312,1 uur (n=10)
korrelatiekoëfficiënt	(n=5) -0,367	-0,239 (n=9)
,,	(n=10) -0,108	-0,264 (n=10)

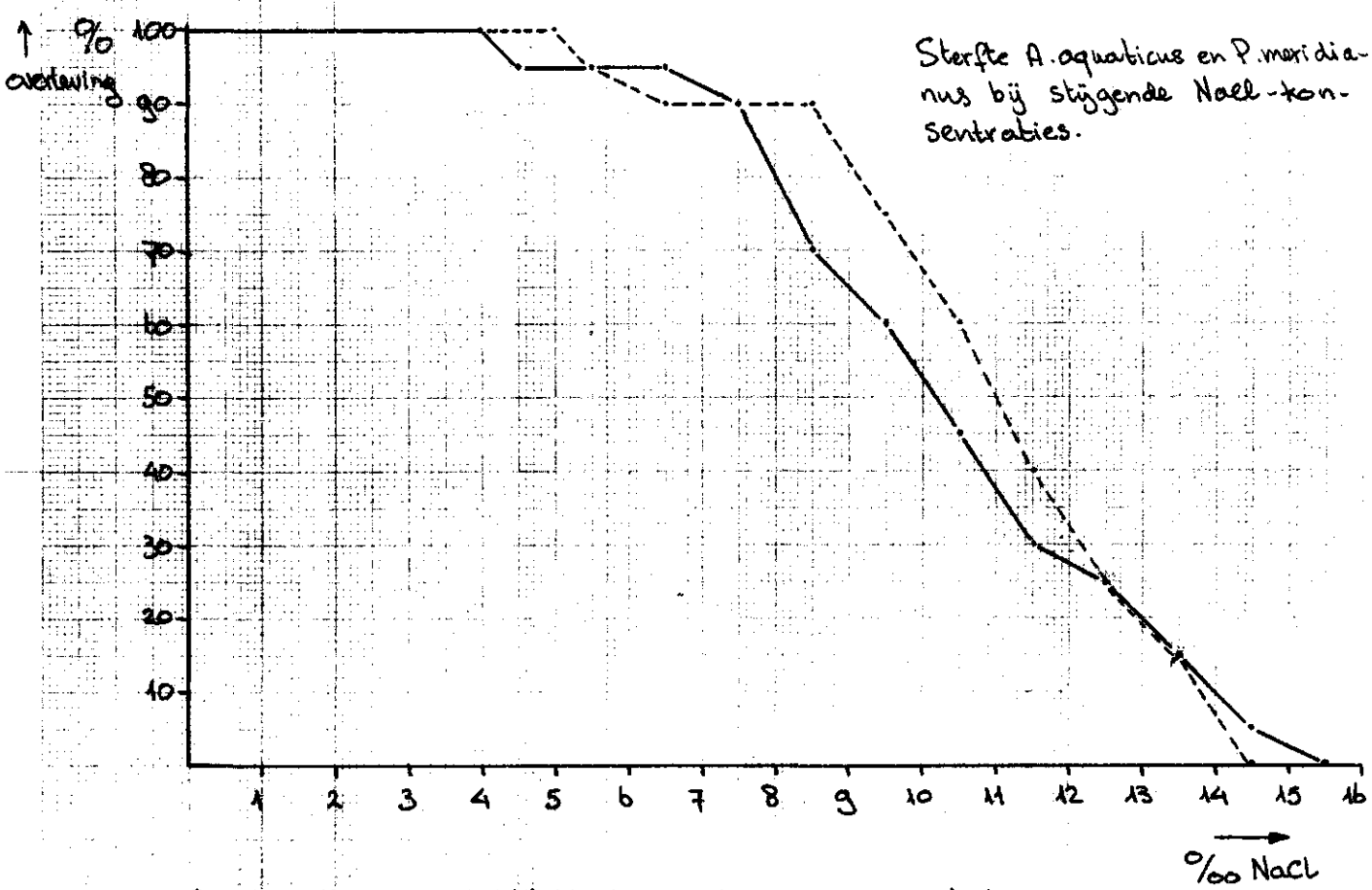

Sterfte A. aquaticus en P. meridianus bij NaCl-konsentratie gelijk aan 5 ‰
↑ % overleving
100
90
80
70
60
50
40
30
20
10
A. aquaticus
P. meridianus
60
120
180
240
300
360
420
480
540
600
660
720
780
840
900
tijd (uren)

Bijlage 20. Sterfte van A.aquaticus en P.meridianus bij stijgende NaCl-konsentraties

A.aquaticus

lengte	sexe	sterfte bij kons.	lengte	sexe	sterfte bij kons.
5,5 mm.	♀	6 ‰ NaCl	5,5 mm.	♀ zw.	5 ‰ NaCl
6,5	♀	7	6,0	♂	8
6,5	♂	10	5,0	♂	9
4,5	♀	10	5,0	♂	9
11,0	♂	10	7,0	♂	9
6,5	♂	11	5,0	♂	9
5,5	♀	11	7,5	♂	10
8,0	♀ zw.	11	5,5	♀	10
4,5	♀	12	6,0	♂	11
7,0	♀ zw.	12	6,5	♂	11
5,5	♀	12	7,0	♂	11
10,0	♂	12	5,5	♀	12
8,5	♂	13	4,5	♀	12
6,0	♀	13	5,0	♀ zw.	12
8,5	♂	13	7,0	♂	13
4,0	♀	14	7,0	♂	14
6,0	♂	14	5,0	♂	14
5,5	♀	15	5,5	♂	15
4,5	♂	15	5,0	♂	15
7,5	♀	15	4,5	♀	16

	A.aq.	P.mer.
gemiddelde lengte	6,58 mm	5,75 mm
gem. tijdstip v. sterfte	11,8	11,3
standaardafwijking lengte	1,87 mm	0,94 mm
,, tijdstip v. sterfte	2,44	2,75
korrelatiekoëfficiënt	-0,089	-0,148



Sterfte A. aquaticus en P. meridianus bij stijgende NaCl-konsentraties.

Opm. Terwille van de duidelijkheid is niet weergegeven wat de spreiding van de waarnemingen is [± ½ dag]

tijd (dagen)

Bijlage 22. Sterfte van A.aquaticus en P.meridianus bij parathion-konsentratie gelijk aan 5,3±0,5 ppb.

A.aquaticus			P.meridianus		
lengte	sexe	sterfte na:	lengte	sexe	sterfte na:
6,0 mm.	♂	7 dag.	7,5 mm.	♂	11 dag.
6,0	♂	9	5,0	♂	12
6,0	♂	10	6,0	♂	20
5,0	♀	12	5,5	♀zw.	20
6,5	♀	13	7,0	♂	22
7,0	♀	14	6,0	♂	23
6,0	♀	17	6,0	♀zw.	25
6,0	♀	23	4,0	♀	25
5,0	♀zw.	25	7,0	♂	25

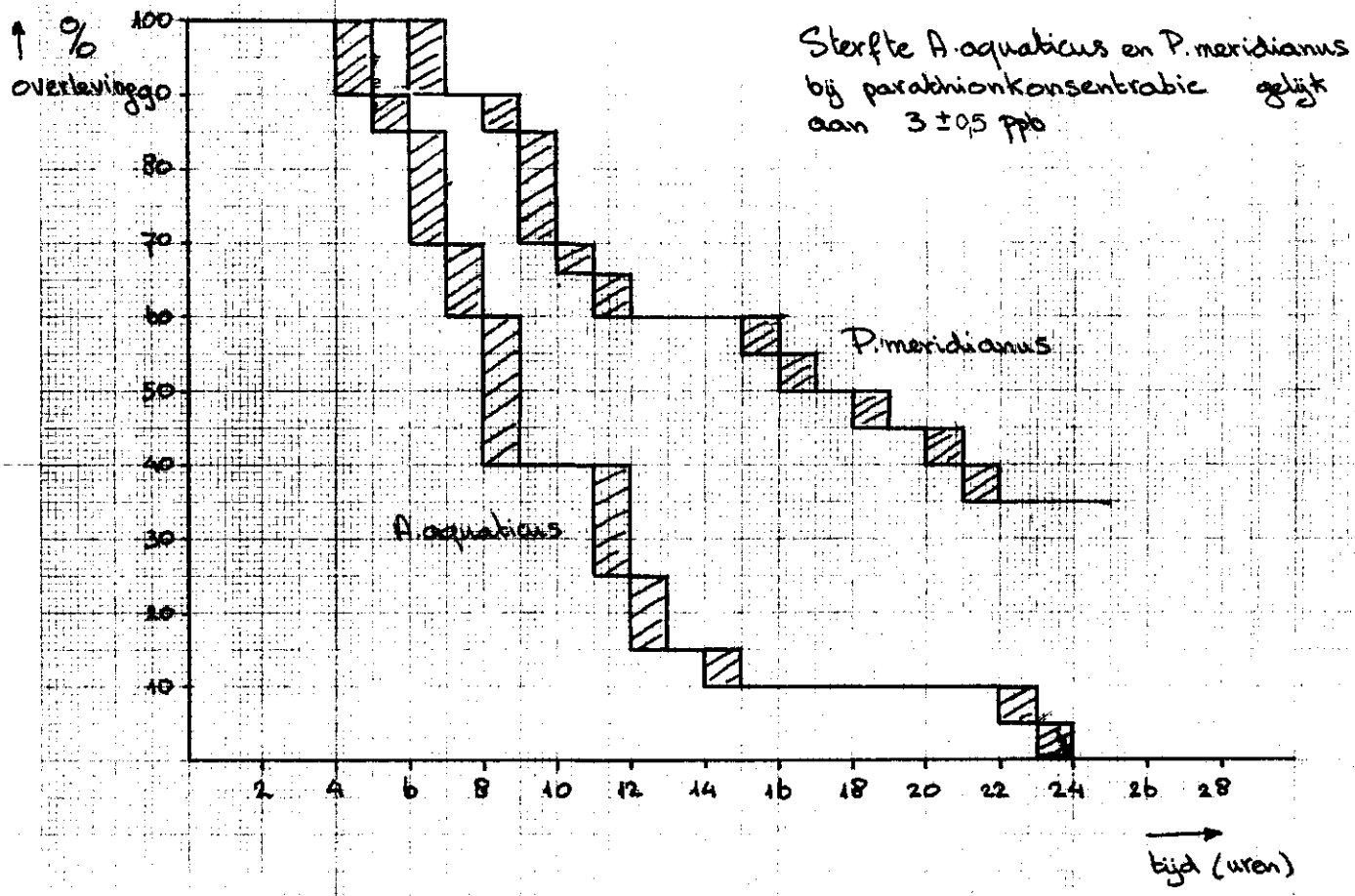
		A.aq.	P.mer.
gemiddelde lengte		5,94 mm	6,00 mm
gem. tijdstip v.sterfte	(n=8)	13,1 dag	19,0 dag(n=7)
,,	(n=9)	14,4 dag	20,3 dag(n=9)
standaardafwijking lengte	(n=8)	0,56 mm	0,85 mm (n=7)
,, lengte	(n=9)	0,63 mm	1,09 mm (n=9)
,, tijdstip v. sterfte	(n=8)	5,1 dag	5,4 dag(n=7)
,, tijdstip v. sterfte	(n=9)	6,2 dag	5,4 dag(n=9)
korrelatiekoëfficiënt	(n=8)	+0,097	-0,090 (n=7)
,,	(n=9)	-0,296	-0,181 (n=9)

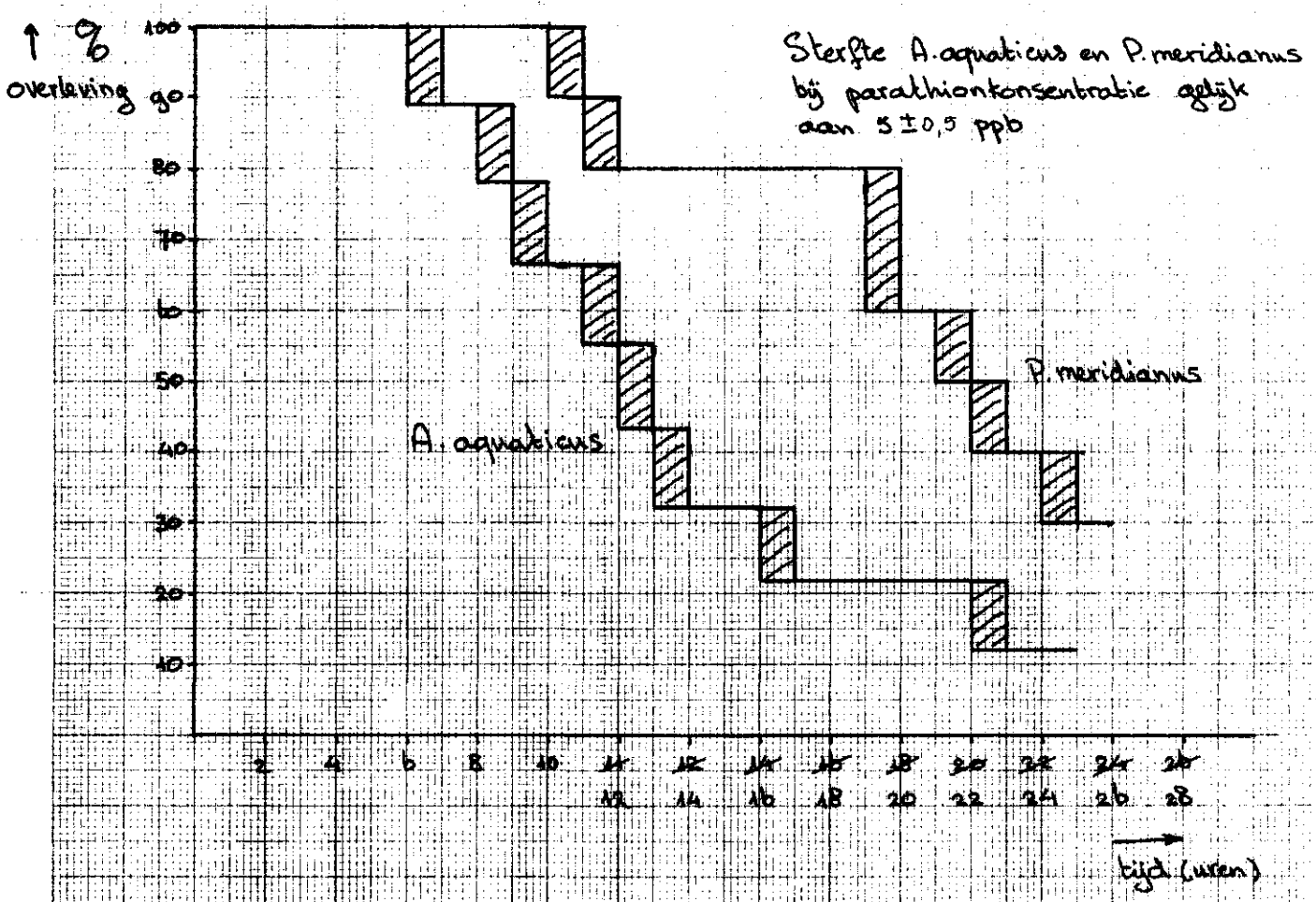
Bijlage 23. Sterfte van A.aquaticus en P.meridianus bij parathion-konsentratie gelijk aan 3,0±0,5 ppb.

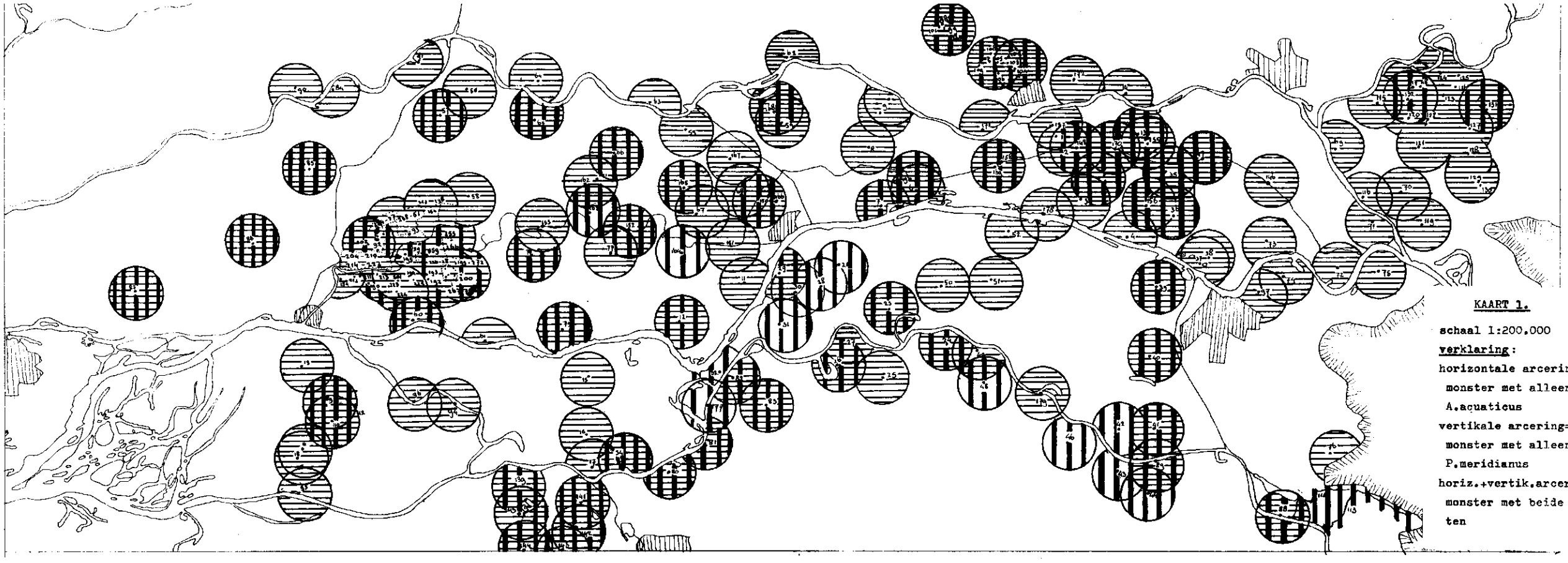
A.aquaticus

lengte	sexe	sterfte na:	lengte	sexe	sterfte na:
10,0 mm.	♂	5 dag.	9,5 mm.	♂	7 dag.
10,0	♂	5	5,0	♀	7
9,0	♂	6	6,0	♂	9
7,0	♀	7	5,5	♂	10
10,5	♂	7	6,0	♂	10
11,0	♂	7	6,0	♂	10
9,0	♂	8	6,0	♂	11
7,0	♀	8	6,5	♂	12
11,0	♂	9	5,0	♀	16
8,0	♂	9	7,0	♀zw.	19
11,0	♂	9	6,5	♂	21
6,0	♀	9	10,0	♂	22
4,0	♀	12	6,0	♂	25
6,5	♂	12	8,5	♂	25
9,5	♀zw.	12	6,0	♂	25
11,0	♂	13	7,0	♂	25
6,5	♀	13	5,5	♂	25
10,0	♂	15	5,0	♀zw.	25
7,0	♂	23	4,0	♀	25
5,5	♂	24	4,0	♀zw.	25

	A.aq.	P.mer.
gemiddelde lengte	8,48 mm	6,25 mm
gem.tijdstip van sterfte	10,7 dag	12,8 dag
standaardafwijking lengte	2,15 mm	(n=12)1,59 mm
,, tijdstip v. sterfte	5,2 dag	(n=12)5,3 dag
korrelatiekoëfficiënt	-0,419	+0,325


Sterfte A. aquaticus en P. meridianus
bij parathionkonsentrasie gelijk
aan 3 ± 0,5 ppb
↑ % overleving
100
90
80
70
60
50
40
30
20
10
2
4
6
8
10
12
14
16
18
20
22
24
26
28
P. meridianus
A. aquaticus
tijd (uren)


Sterfte A. aquaticus en P. meridianus
bij parathionkonsentrasie gelijk
aan 5 ± 0,5 ppb
↑ % overleving
100
90
80
70
60
50
40
30
20
10
2
4
6
8
10
12
14
16
18
20
22
24
26
28
P. meridianus
A. aquaticus
tijd (uren)



KAART 1.

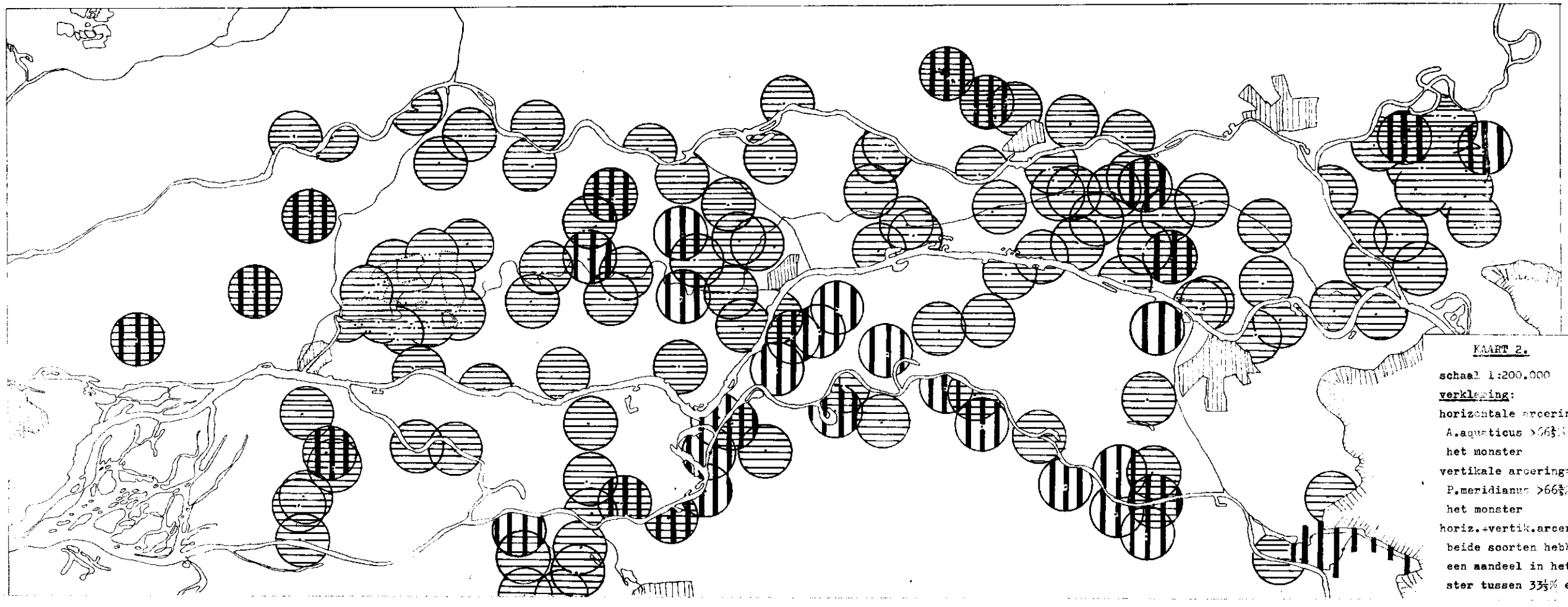
schaal 1:200.000

verklaring:

horizontale arcering= monster met alleen A.aquaticus

vertikale arcering= monster met alleen P.meridianus

horiz.+vertik.arcering= monster met beide soorten



KAART 2.

schaal 1:200.000

verklaring:

horizontale arcering= A.aquaticus >66⅔% van het monster

vertikale arcering= P.meridianus >66⅔% van het monster

horiz.+vertik.arcering= beide soorten hebben een aandeel in het monster tussen 33⅓% en 66⅔%