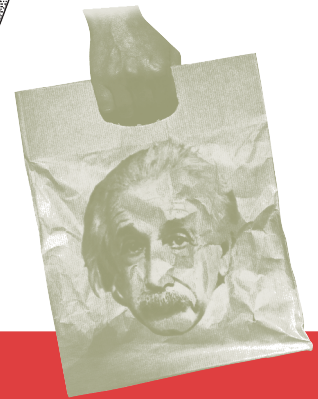


Universiteit Utrecht



Libellen en insecticiden

Edward Kuijer

P-UB-2002-01

Wetenschapswinkel Biologie
IRAS, divisie Toxicologie

Libellen en insecticiden

Een literatuuronderzoek naar en risicoanalyse van de effecten van insectenbestrijdingsmiddelen op libellen in Nederland

Edward Kuijer

*Wetenschapswinkel Biologie, Universiteit Utrecht
IRAS, divisie Toxicologie, Universiteit Utrecht*

Maart 2002

P-UB-2002-01

Colofon

Rapportnummer: P-UB-2002-01

ISBN: 90-5209-125-0

Prijs: € 9,30

Verschenen: maart 2002

Druk: eerste

Titel: **Libellen en insecticiden**

Een literatuuronderzoek naar en risicobeoordeling van de effecten van insectenbestrijdingsmiddelen op libellen in Nederland

Auteur: E.E. Kuijer

Uitgever: Wetenschapswinkel Biologie, Universiteit Utrecht

Begeleider: Prof.dr .M. van den Berg, IRAS, Universiteit Utrecht

Projectcoördinator: Ir. M.A. Vaal, Wetenschapswinkel Biologie, Universiteit Utrecht

Opdrachtgever: De Vlinderstichting

Dia omslag: Robert Ketelaar, De Vlinderstichting

Vormgeving: Beeldverwerking en Vormgeving, Universiteit Utrecht

Repro FSB, Universiteit Utrecht

Inhoudsopgave

	Voorwoord	5
	Samenvatting	7
1	Inleiding	9
2	Libellen in Nederland	11
2.1	levenscyclus en gedrag	11
2.2	libellensoorten in Nederland	12
2.3	mogelijke oorzaken van de achteruitgang van de libellen	13
3	Bestrijdingsmiddelengebruik in Nederland	15
3.1	inleiding	15
3.2	algemene informatie over insecticiden	16
3.3	insecticiden in het aquatisch milieu	17
4	Toxiciteit van insecticiden voor libellen en waterjuffers	20
4.1	inleiding	20
4.2	effecten van insecticiden op libellen	20
5	Risicoanalyse	23
5.1	inleiding	23
5.2	insecticidegebruik in relatie tot levenscyclus	23
5.3	risicoanalyse	23
6	Discussie en conclusie	27
	Literatuur	29
	Bijlage	33

Voorwoord

Dit is het rapport libellen en insecticiden. Dit rapport is gemaakt naar aanleiding van een vraag die De Vlinderstichting aan de Wetenschapswinkel Biologie van de Universiteit Utrecht heeft gesteld. De Vlinderstichting vroeg zich af wat het risico van bestrijdingsmiddelen voor libellen is. In dit rapport probeer ik deze vraag te beantwoorden.

5

Het rapport is gemaakt als eindscriptie voor mijn studie biologie. Gedurende mijn studie heb ik mij beziggehouden met de verschillende aspecten van de biologie. Aan het einde van mijn studie wilde ik kijken wat er in de maatschappij met biologische kennis gedaan kan worden.

Ik heb ervoor gekozen mijn scriptie bij de Wetenschapswinkel Biologie te doen omdat deze groep een koppeling vormt tussen universiteit en maatschappij. Bij de wetenschapswinkel kunnen maatschappelijke organisaties vragen stellen met betrekking tot natuurwetenschappelijk onderzoek. Hierdoor wordt wetenschappelijke kennis gebruikt voor het beantwoorden van maatschappelijke vragen.

Graag zou ik drie personen willen bedanken voor hun medewerking aan dit rapport. Ten eerste bedank ik Manon Vaal voor de algehele begeleiding en project-coördinatie. Daarnaast wil ik Martin van den Berg bedanken voor de inhoudelijke begeleiding van dit rapport. Als derde wil ik graag Dick Groenendijk van De Vlinderstichting bedanken voor zijn interesse en feedback. Als laatste spreek ik waardering uit voor de mensen uit mijn omgeving die mij gesteund hebben bij de laatste stap voor het afronden van mijn studie.

Edward Kuijer
maart 2002

Samenvatting

Voor vlinders is gebleken dat landbouwbestrijdingsmiddelen een groot risico kunnen vormen. Libellen leven gedurende een kwetsbare levensfase in het water. Het is niet onwaarschijnlijk dat ze daar in aanraking kunnen komen met in het water opgeloste bestrijdingsmiddelen uit de landbouw. De Vlinderstichting heeft daarom aan de Wetenschapswinkel Biologie van de Universiteit Utrecht de volgende vragen gesteld:

- Hoe gevoelig zijn libellen voor insecticiden?
- Wat is het risico bij het huidige gebruik in Nederland?

Om deze vragen te beantwoorden is in dit rapport een risicoschatting gemaakt op basis van gegevens uit de literatuur.

Eerst is een inventarisatie van literatuurgegevens gemaakt over de effecten op libellen in veldsituaties van bestrijdingsmiddelen die in Nederland gebruikt worden. Daarnaast zijn toxiciteitsgegevens uit gecontroleerde toxiciteitstudies gezocht. Hieruit zijn voor acht bestrijdingsmiddelen korte termijn toxiciteitsgegevens voor libellen verkregen. Uit deze gegevens zijn de lange termijn toxiciteitsgegevens berekend die noodzakelijk zijn voor de risicoschatting. Deze korte en lange termijn toxiciteitsgegevens worden vergeleken met de maximaal toelaatbare risiconiveaus (MTR-waarden) van deze bestrijdingsmiddelen. Deze MTR-waarden zijn afgeleid van toxische gegevens voor verschillende soorten en worden door de overheid gebruikt om de gewenste milieukwaliteit van het oppervlaktewater vast te stellen. Daarnaast zijn voor de risicoschatting de meest recente meetgegevens van deze bestrijdingsmiddelen vergeleken met de toxiciteitsgegevens.

In veldstudies met bestrijdingsmiddelen lijken libellen niet meer of minder last te hebben van bestrijdingsmiddelen dan andere insecten. De eventuele dalingen in libellenpopulaties worden behalve aan de directe toxische effecten soms toegeschreven aan indirecte effecten zoals het wegvallen van prooidieren.

Als de concentraties van bestrijdingsmiddelen in het oppervlaktewater gelijk zijn aan de MTR-waarden is het risico van deze bestrijdingsmiddelen voor libellen miniem. Dat blijkt uit de gevoeligheid van libellen voor bestrijdingsmiddelen uit gecontroleerde experimenten. Er worden echter forse overschrijdingen van de MTR-waarde van enkele bestrijdingsmiddelen waargenomen. Het is niet bekend hoe vaak en hoe lang deze overschrijdingen voorkomen. Deze overschrijdingen kunnen een aanzienlijk risico opleveren voor sommige libellensoorten.

Uit deze voorlopige risicoschatting kan geconcludeerd worden dat bestrijdingsmiddelen, gezien het lage risico voor de libellen, waarschijnlijk niet een grote oorzaak van de achteruitgang in de libellenstand zijn. Tijdens piekbelastingen kunnen lokaal wel effecten optreden. De belangrijkste oorzaken van de achteruitgang dienen eerder gezocht te worden in biotoopverandering en vernietiging.

Inleiding

Libellen zijn in Nederland een belangrijke graadmeter voor de kwaliteit van de natuur. Al jarenlang staan hun leefgebieden onder sterke druk door verstoring, door vermessing, verdroging en waterverontreiniging [Wasscher, 1998]. De Vlinderstichting is met het Centraal Bureau voor de Statistiek sinds drie jaar bezig om via systematische tellingen de ontwikkelingen in de libellenpopulatie in Nederland in kaart te brengen.

Voor vlinders worden zulke tellingen al langer uitgevoerd. Omdat algemeen voorkomende dagvlinders in aantal achteruit zijn gegaan is in eerder onderzoek van de Wetenschapswinkel Biologie in opdracht van De Vlinderstichting nagegaan wat de rol van bestrijdingsmiddelen zou kunnen zijn. Uit die studie blijkt dat dagvlinders een behoorlijk groot risico lopen [van Mannekes, 2001]. Tijdens het gebruik van bestrijdingsmiddelen in de landbouw komt namelijk vaak een gedeelte van het gebruikte middel in bermen en akkerranden terecht. Veel van deze bestrijdingsmiddelen zijn ontwikkeld om insecten te bestrijden en kunnen in grote hoeveelheden buiten het akkergebied terechtkomen. Dit leidt ertoe dat andere organismen zoals vlinders hiervan veel schade kunnen ondervinden.

Niet alleen komen veel bestrijdingsmiddelen terecht in bermen en akkerranden, maar een deel komt ook direct, of indirect door bijvoorbeeld afspoeling, terecht in het oppervlaktewater. Op dit moment is niet bekend wat de mogelijke effecten van bestrijdingsmiddelen op libellen zijn. Libellen en waterjuffers verblijven een groot gedeelte van hun levenscyclus in het water en maken als predatoren een belangrijk deel uit van de aquatische voedselketen. Dat maakt hen in principe gevoelig voor bestrijdingsmiddelen die in het oppervlaktewater terecht zijn gekomen.

De Vlinderstichting wil graag weten of het risico van drift van bestrijdingsmiddelen op libellen en waterjuffers net zo groot is als het risico voor vlinders. Daarom heeft zij de Wetenschapswinkel Biologie gevraagd te onderzoeken wat bekend is van de effecten van bestrijdingsmiddelen op libellen- en waterjufferlarven en hoe groot het risico van deze stoffen is.

Het doel van dit onderzoek is het maken van een globale risicoanalyse van bestrijdingsmiddelen die in de landbouw gebruikt worden voor libellen- en waterjufferlarven van de in Nederland levende soorten. Om deze doelstelling te halen worden de volgende onderzoeksvragen in dit rapport beantwoord:

- Wat is bekend van de aquatische toxiciteit van bestrijdingsmiddelen op libellen en waterjuffers?
- Is het mogelijk een risicoschatting te maken van bestrijdingsmiddelen voor libellen en waterjuffers?
- Blijkt uit het resultaat van deze risicoschatting dat de aanwezigheid van bestrijdingsmiddelen een mogelijke oorzaak is voor de achteruitgang van libellen en waterjuffers?

Deze onderzoeksvragen zullen in de komende hoofdstukken behandeld worden. In dit rapport worden libellen en waterjuffers samen libellen genoemd tenzij er verschillen tussen deze soortgroepen bestaan in de gevoeligheid voor insecticiden.

In hoofdstuk 2, Libellen in Nederland, worden libellen geïntroduceerd. Hierin wordt informatie over de levenscyclus en lichaamsbouw van libellen gegeven en het voorkomen van libellen in Nederland besproken. Tevens worden enkele mogelijke bedreigingen van libellen genoemd.

Hoofdstuk 3 behandelt het gebruik van de bestrijdingsmiddelen en de concentraties van deze stoffen in het oppervlaktewater. In het vierde hoofdstuk wordt de toxiciteit van een aantal bestrijdingsmiddelen op libellen besproken. Met die gegevens wordt in het vijfde hoofdstuk de risicoschatting van bestrijdingsmiddelen gemaakt. In het zesde en laatste hoofdstuk komen de discussie en de conclusies aan bod.

Libellen in Nederland

Om een goede risicoanalyse te kunnen maken van de effecten van bestrijdingsmiddelen op de libellen is het belangrijk om eerst meer over libellen te weten. Naast deze informatie zullen in dit hoofdstuk het voorkomen van libellen in Nederland en de huidige bedreigingen voor libellen besproken worden.

2.1 Levencyclus en gedrag

uiterlijk/bouw

Libellen zijn predatoren met een relatief lang abdomen, grote ogen en fijne, haarachtige antennes. De vier vleugels hebben een dichte adering en zijn niet met elkaar verbonden waardoor ze onafhankelijk van elkaar kunnen bewegen. Daardoor is de vlucht van een libel snel en behendig. Gecombineerd met hun goede gezichtsvermogen kunnen zij hiermee hun prooidieren (veelal insecten) in de lucht grijpen. Dit doen zij met hun doornbezette poten die vlak onder de kop zitten [Chinery, 1986].

Wereldwijd zijn er meer dan 5000 soorten bekend. Ongeveer 150 hiervan komen voor in Europa, onderverdeeld in twee onderordes: de Zygoptera (waterjuffers) en de Anisoptera (echte libellen). In dit rapport wordt met libellen de verzamelnaam bedoeld tenzij anders weergegeven.

levencyclus

De wijze waarop libellen de eieren afzetten verschilt per soort. Bij de eerste manier van ei-afzetting worden de eieren in waterplanten afgezet. Dit wordt veelal door de waterjuffers gedaan. Bij de andere manier van afzetten worden eieren boven het wateroppervlak, in de modder of vlak onder het wateroppervlak afgezet. Dit wordt voornamelijk door echte libellen gedaan. De hoeveelheid eieren die afgezet wordt varieert tussen de 200 en 5000 eieren per vrouwtje.

Na het leggen ontwikkelen de eieren zich tot larve. Dit duurt bij de juffers meestal twee weken, bij de echte libellen circa vier weken. Na deze periode komen de eieren uit. De larven doorlopen negen tot zestien stadia voordat ze als volwassen libel (imago) het water uitkruipen. In de oplopende stadia begint de larve steeds meer op het uiteindelijke resultaat (de imago) te lijken. Dit proces kan afhankelijk van de soort enkele maanden tot meerdere jaren duren. Omdat de jonge larven gevoelig zijn voor kou doorlopen zij de eerste fasen heel snel zodat zij overwinteren in een oudere fase. De wintermaanden brengen de larven door in de modder van de bodem.

De larven van libellen leven in het water. Tot hun dieet behoren alle dieren die een geschikte grootte hebben: dierlijk plankton, wormpjes, insectenlarven en kleinere libellenlarven. Ze nemen hun prooidieren waar door middel van antennes en/of ogen, al naar gelang ze op de bodem van het water (antennes) of bij waterplanten (ogen) leven. Voortbeweging vindt lopend plaats, een enkele keer zwemmend met de poten. Libellenlarven worden gegeten door vissen, waterroofkevers en enkele watervogels.

Laatste stadium larven die volgroeid zijn, kruipen vaak 's ochtends vroeg uit het water. In de ochtenduren vindt de laatste vervelling plaats. Dit proces van uit het water kruipen en vervellen heet uitsluipen. Na de vervelling worden de vleugels volgepompt met bloedvloeistof waarna de vleugels nog één tot enkele uren moeten uitharden. Eenmaal gehard vliegen de libellen meestal een stuk van hun geboortewater vandaan om te ontkomen aan seksueel actieve mannetjes. Deze eerste vlucht kan variëren van enkele honderden meters tot duizenden kilometers. Na deze vlucht blijven de jonge libellen twee weken tot een maand bij het water weg. Als deze periode afgelopen is, zijn de libellen geslachtsrijp, geheel uitgekleurd en keren ze terug naar het water. De levenscyclus van een libel is schematisch weergegeven in figuur 2.1.



Figuur 2.1

Een schematische weergave van de levenscyclus van een libel. Er zijn drie stadia te onderscheiden: ei, larve en adult (GLC,2001).

Volwassen libellen (imago's) voeden zich hoofdzakelijk met vliegen, muggen maar ook met vlinders, haften, kleinere libellen en andere weke dieren. Zij worden echter zelf ook door een aantal dieren gegeten, namelijk boomvalken, bijeneters en sommige zwaluwen. Zij vliegen vooral bij mooi weer en de grootste aantallen worden doorgaans rond het middaguur waargenomen. Met harde wind of bij lage temperaturen verschuilen zij zich.

De geslachtsrijpe mannetjes bezetten een groot gedeelte van de dag territoria in de voortplantingsgebieden die zij verdedigen tegen soortgenoten. Geslachtsrijpe vrouwtjes leven meer teruggetrokken en komen alleen bij het water om te paren of eieren af te zetten. Als een wijfje een territorium binnenkomt probeert het mannetje haar met zijn achterlijf aanhangels te grijpen. Zodra deze koppeling gemaakt is spreekt men van een tandemvlucht. Hierna kan de copulatie plaats vinden, dit uit zich in een zogenaamd paringswiel. Na deze copulatie vindt de eiafzetting plaats. De gemiddelde levensduur van een imago is ongeveer twee tot vier weken maar ze kunnen bijna twee maanden leven.

2.2 libellen in Nederland

Binnen Nederland zijn er een aantal biotopen (een combinatie van geschikte natuurlijke omstandigheden) aanwezig waarin men bepaalde libellensoorten kan vinden. Deze biotopen en de libellensoorten staan genoemd in tabel 2.1.

Tabel 2.1

Een overzicht van de verschillende biotopen en de meest voorkomende libellensoorten in die biotopen [Bos en Wasscher, 1997].

Biotoop	Soorten aanwezig
Stilstaande wateren	
Voedselrijke plassen, sloten en kanalen	Lantaarntje, Grote roodoogjuffer, Houtpantserjuffer, Variabele waterjuffer, Steenrode heidelibel, Bloedrode heidelibel, Azuurwaterjuffer en Metaalglanslibel.
Zuurstofrijke plassen, kanalen en zandafgravingen	Blauwe breedscheenjuffer, Plasrombout, Kanaaljuffer, Tengere grasjuffer en de Bruinrode heidelibel.
Laagveenmoerasgebieden	Variabele waterjuffer, Smaragdlibel, Bruine korenbout, Gevlekte witsnuitlibel, Groene en de Vroege glazenmaker.
Vennen en Hoogvenen	Meer dan 20 soorten waaronder de Watersnuffel, Zwarte heidelibel, Gewone pantserjuffer.
Stromende wateren	
Bronbeekjes	Bosbeekjuffer, Gewone bronlibel, Beek- en de Zuidelijke oeverlibel.
Middenlopen van laaglandbeken en -rivieren	Vuurjuffer, Azuurwaterjuffer, Blauwe glazenmaker, Metaalglanslibel, Weidebeekjuffer, Breedscheenjuffer en de Beekrombout.
Rivierecosystemen	Weidebeekjuffer, Breedscheenjuffer en de Beekrombout.

13

De biotopen zijn in twee categorieën onder te verdelen: de stilstaande wateren en de stromende wateren. Stilstaande wateren zijn meestal rijker aan libellen maar bij de stromende wateren komen zeldzamere libellen voor. Een volledige lijst van alle in Nederland voorkomende libellen is te vinden in bijlage 1 [De Vlinderstichting, 2001].

2.3 mogelijke oorzaken van de achteruitgang van de libellen

Sinds het begin van de vorige eeuw is er een grote verandering te bespeuren in het voorkomen van de libellen in Nederland. In het algemeen is er een afname van het aantal soorten libellen in Nederland [Wasscher, 1998]. Een aantal soorten verdwijnen en andere (tolerantere) soorten profiteren van de veranderingen. Deze veranderingen zullen in deze paragraaf stuk voor stuk besproken worden [LVN, in druk].

biotoopvernietiging

In de eerste helft van de twintigste eeuw werd het verdwijnen van libellenbiotopen vooral veroorzaakt door de ontginning van heide en hoogvenen en de ontwatering van moerassen. Tevens verdwenen veel geschikte biotopen in het agrarisch landschap door ontginning en ruilverkaveling. Tegenwoordig zijn infrastructurele projecten of woningbouw de voornaamste oorzaak van biotoopvernietiging. Tabel 2.1 geeft een overzicht van de verschillende biotopen voor libellen.

natuurontwikkeling

Sinds het begin van de jaren '80 vinden er natuurontwikkelingsprojecten plaats. Deze leiden tot nieuwe biotopen die door de libellen (die een grote dispersiecapaciteit hebben) gemakkelijk gekoloniseerd kunnen worden.

kanalisatie

Kanalisisatie is het rechttrekken van beken en rivieren. De voordelen van kanalisatie zijn een snellere waterafvoer en de optimalisatie van de hoeveelheid bruikbaar land. Kanalisatie van beken heeft invloed op het landschap, de beekstructuur, de hydrologie en het beheer. Deze veranderingen hebben ertoe geleid dat veel soorten van stromend water zijn verdwenen uit gekanaliseerde beken.

verdroging

Verdroging is een gevolg van drinkwaterwinning en de ontwatering voor de landbouw. Het gevolg is dat biotopen geheel of gedeeltelijk opdrogen. De voedselconcurrentie en de predatie in uitdrogende wateren neemt toe omdat steeds meer dieren in een steeds kleiner wordend stuk water leven. Dit leidt tot ook een afname van de kwaliteit van de biotoop voor libellen.

vermesting

Het proces van vermesting zorgt voor een grote toename in voedingsstoffen in het natuurlijk milieu. Effecten van deze toename zijn een daling in het zuurstofgehalte, algenbloei, het ontstaan van een detrituslaag en vermindering van het doorzicht van het water. Al deze effecten leiden tot een minder diverse habitat met als gevolg minder verschillende libellen op een locatie.

14

verzuring

Het lager worden van de zuurgraad (pH) noemt men verzuring. De meeste libellensoorten hebben geen directe last van de zuurgraad. De zuurgraad heeft wel een indirect effect. Door een detrituslaag hebben de larven betere mogelijkheden om te schuilen tegen predatoren. Samen met de afname van vis in verzuurde gebieden leidt dit tot een toename van het aantal libellen.

versnippering

Natuur in Nederland is in de afgelopen eeuwen steeds meer versnipperd geraakt. Een gevolg hiervan is dat habitats opgedeeld en geïsoleerd zijn geraakt. Doordat libellen kunnen vliegen, vormen niet de fysieke barrières maar wel de afstand een probleem. Dit leidt tot problemen als een bepaalde populatie sterk achteruitgaat in een gebied. De aanvulling van andere populatie ontbreekt waardoor het herstel een stuk langzamer gaat of de soort zelfs kan verdwijnen.

visuitpoot

Vissen zijn predators van libellenlarven. Door menselijke invloeden kan de visstand kunstmatig omhoog gebracht worden, bijvoorbeeld ten behoeve van een visvereniging. Een stijging van de visstand kan leiden tot een afname van de libellenstand.

klimaat

Libellen zijn warmteminnende dieren. De verspreiding van de verschillende dieren is afhankelijk van de temperatuur. Een regel is dat hoe warmer de temperatuur des te diverser de libellenfauna is. Temperatuur verschillen kunnen daarom leiden tot een verandering van de libellenpopulatie.

bestrijdingsmiddelen

In de afgelopen eeuw is het gebruik van bestrijdingsmiddelen sterk toegenomen. Een deel van de bestrijdingsmiddelen is tegen insecten gericht. Door de verschillende toepassingen is het denkbaar dat een gedeelte van de bestrijdingsmiddelen in het aquatisch milieu terecht komt. Dit kan een probleem vormen voor libellen.

Al deze veranderingen in het Nederlandse landschap leiden veelal tot een vermindering van het aantal libellensoorten in Nederland maar ook in aantallen libellen. De mogelijke bedreiging van bestrijdingsmiddelen voor libellen wordt in dit rapport geanalyseerd.

Bestrijdingsmiddelengebruik in Nederland

3.1 Inleiding

15

beleid

Een van de middelen om de opbrengst in de landbouw te vergroten is het gebruik van bestrijdingsmiddelen. Bestrijdingsmiddelen zijn stoffen die gebruikt worden om schadelijke insecten of onkruid te bestrijden. Het gebruik van bestrijdingsmiddelen in Nederland is gereguleerd in de bestrijdingsmiddelenwet. Deze wet uit 1962 stelt dat een bestrijdingsmiddel *een stof of mengsel van stoffen is, alsmede micro-organismen en virussen, bestemd om te worden gebruikt bij de bestrijding of voorkoming van ziekten en plagen die schadelijk zijn voor gewassen of landbouwhuisdieren, of ter voorkoming van de groei van ongewenste wilde planten*. In deze wet is het bestrijdingsmiddelengebruik aan regels gelegd. Een bestrijdingsmiddel moet aan een aantal regels voldoen voordat het toegelaten wordt op de Nederlandse markt. Deze toelating wordt bewaakt door het College voor de Toelating van Bestrijdingsmiddelen (CTB).

Bestrijdingsmiddelen hebben naast de specifieke werking op het doelwitorganisme ook neveneffecten op niet-doelwitorganismen zoals vogels of vissen. De nieuwere bestrijdingsmiddelen zijn toxischer voor de doelwitorganismen en minder toxischer voor de niet-doelwitorganismen. De aanwezigheid van grote hoeveelheden bestrijdingsmiddelen in het milieu kan leiden tot allerlei effecten waaronder sterfte. Deze effecten zijn algemeen bekend en daarom wordt het gebruik van bestrijdingsmiddelen gereguleerd om te voorkomen dat er teveel bestrijdingsmiddelen in het milieu terechtkomen. In het Meerjarenplan Gewasbescherming uit 1990 heeft de overheid een duidelijke richting gegeven aan het bestrijdingsmiddelenbeleid [de Jong, 1999]. Er zijn drie doelstellingen in dit plan:

- Vermindering van de afhankelijkheid van chemische gewasbescherming.
- Vermindering van de omvang van het gebruik van deze middelen.
- Vermindering van de emissies van deze middelen naar het milieu.

Deze doelstellingen moesten in het jaar 2000 een halvering in het bestrijdingsmiddelen gebruik laten zien. In 1999 is in vergelijking tot de periode 1984-1988 een daling van 46% te zien in het gebruik van bestrijdingsmiddelen. Echter bepaalde bestrijdingsmiddelen die zeer toxisch zijn voor insecten en vissen worden juist meer verkocht. Dit zijn onder andere pyrethroiden, een groep van insecticiden [de Jong, 1999].

typen bestrijdingsmiddelen

Er zijn een aantal verschillende typen bestrijdingsmiddelen. Deze typering is gemaakt op basis van het doelorganisme. Vier typen bestrijdingsmiddelen zijn: fungiciden (tegen schimmels), herbiciden (tegen planten),

grondontsmetters of nematiciden (tegen aaltjes) en insecticiden (tegen insecten).

In Nederland worden fungiciden het meest gebruikt gevolgd door respectievelijk herbiciden, insecticiden en nematiciden. Het gebruik van deze middelen vindt plaats door het hele jaar, afhankelijk van teeltseizoen en het optreden van plagen/ziekten. Over het algemeen worden de meeste bestrijdingsmiddelen gebruikt in de periode mei/juni/juli.

In dit onderzoek zijn insecticiden bekeken die in Nederland toegepast worden. Deze groep stoffen is werkzaam tegen schadelijke insecten. Aangezien libellen insecten zijn en insecten eten zullen de effecten van de insecticiden op libellen groter zijn dan de andere bestrijdingsmiddelengroepen.

3.2 insecticiden

Om het risico van het gebruik van insecticiden goed in te schatten is het noodzakelijk om te weten wat voor insecticiden er zijn en wat hun werkingsmechanisme is. Tevens is het belangrijk om te weten in welke concentratie en op welke manieren insecticiden in het aquatisch milieu terechtkomen.

Insecticiden hebben over het algemeen het meeste effect op insecten die zich in de eerste levensstadia bevinden (larven, rupsen of nimfen) [van Rijn en van Straalen, 1995]. Om insecticiden te verspreiden maakt men gebruik van spuitmiddelen, strooimiddelen en granulaten (korrelvorm). De groep van insecticiden is in tweeën onder te verdelen: natuurlijke en synthetische insecticiden.

Natuurlijke insecticiden zijn onder andere nicotine, rotenonen, pyrethrum en bacterie-preparaten. Deze stoffen worden voornamelijk gebruikt in de biologische landbouw en hebben meestal een korte gebruiksduur (waardoor grootschalig gebruik niet mogelijk is).

Synthetische insecticiden zijn ontworpen met een bepaalde werking en komen van nature niet voor. Vaak zijn ze langduriger aanwezig dan natuurlijke insecticiden en schadelijker voor het doelinsect omdat ze een specifiekere werking hebben. De synthetische insecticiden vormen dan ook de grootste bedreiging van de niet-doelwit insecten.

Er zijn meerdere groepen synthetische insecticiden te onderscheiden die in Nederland gebruikt worden:

synthetische pyrethroïden

Deze stoffen hebben dezelfde werking als natuurlijke pyrethroïden namelijk het blokkeren van de natrium-kaliumkanalen. Hierdoor kunnen de impulsen van de zenuwen niet meer worden doorgegeven aan de spieren. Een met pyrethroïd vergiftigd insect vertoont verlamingsverschijnselen en sterft uiteindelijk. De bekendste in Nederland gebruikte stoffen uit deze groep zijn permethrin, cypermethrin en deltamethrin.

gechloreerde koolwaterstoffen

De gechloreerde koolwaterstoffen vertragen de werking van de natrium-kaliumkanaaltjes op de zenuwcellen. Vergiftigde insecten vertonen verlamingsverschijnselen (net zoals bij pyrethroïden). Deze stoffen hebben een brede toxiciteit en zijn niet alleen schadelijk voor insecten. De bekendste stoffen uit deze groep zijn DDT en lindaan (beide niet meer toegestaan in Nederland maar wel in het buitenland).

organische fosforverbindingen

Organische fosforverbindingen remmen de werking van het enzym acetylcholinesterase. Dit enzym stimuleert de omzetting van acetylcholine in choline in het zenuwstelsel. De ophoping van acetylcholine leidt tot overprikkeling van de zenuwen. Vergiftigde insecten hebben last van spierverkramping en sterven uiteindelijk. Doordat ieder dier acetylcholine heeft, hebben deze verbindingen een brede toxiciteit.

Deze groep vormt qua gebruik de grootste groep van chemische bestrijdingsmiddelen en de bekendste stoffen zijn dimethoaat en parathion.

carbamaten

De carbamaten werken net als de vorige groep in op het enzym acetylcholine. Naast een toepassing tegen insecten kunnen sommige carbamaten ook gebruikt worden als herbicide of fungicide. De bekendste middelen uit deze groep zijn pirimicarb en propoxur.

ureumverbindingen

De ureumverbindingen hebben een negatief effect op de chitine-productie in een insect. Deze stof is een belangrijk bestandsdeel van het uitwendig skelet van insecten. De effecten van deze stoffen zijn niet direct. Zodra een insect vervelt krijgt het geen nieuw skelet en sterft het. Deze verbindingen zijn op lange termijn ook toxisch voor vogels en vissen. De bekendste stof uit deze groep is diflubenzuron.

3.3 insecticiden in het aquatisch milieu

Tijdens of na de toepassing van insecticiden in de landbouw kan het middel ontsnappen naar het omringend milieu. Dit kan leiden tot vervuiling van het oppervlaktewater. De emissieroute kan direct zijn als het tijdens het spuiten plaatsvindt maar kan ook indirect via de lucht, afspoelend regenwater of de bodem (grondwater) plaatsvinden.

Door de emissie komen insecticiden in het oppervlaktewater terecht in een bepaalde concentratie en hebben daar effect op aquatische organismen (zoals de larven van libellen). Het CTB houdt op dit moment in haar emissiemodel rekening met een emissie van 0,1 tot 5%. In de praktijk blijkt dat de werkelijke emissie veel hoger kan zijn [van Rijn en van Straalen, 1995] doordat bij het spuiten de akkerranden meegenomen worden.

17

De directe emissie naar het oppervlaktewater is te beperken door een aantal maatregelen te nemen. Zo kan men door middel van driftarme spuitkoppen en kantkoppen de directe emissie door drift beperken. De beste manier om directe emissie naar het oppervlaktewater tegen te gaan is het instellen van een spuitvrije zone. Aan de randen van de landbouwgrond wordt in die situatie dan niet gespoten. Deze maatregel is ingesteld voor alle telers met sloten en watergangen op het perceel. Het doel van deze maatregel is het terugdringen van de directe emissie van 5% naar 1%. De indirecte emissie zoals regenwater of afspoelend regenwater is moeilijk te beïnvloeden omdat deze emissie voornamelijk bepaald wordt door de stoffeigenschappen van het insecticide.

De Nederlandse overheid heeft milieukwaliteitsdoelstellingen in bodem en water voor vele milieuschadelijke stoffen streef- en grenswaarden gedefinieerd. De grenswaarde is de concentratie van een stof in het milieu die nog net acceptabel is: het Maximaal Toelaatbaar Risiconiveau (MTR). De waarde van de MTR is de concentratie van een bepaalde stof waarbij ten hoogste 5% van de soorten in een ecosysteem blootgesteld wordt boven de voor hen bepaalde NOEC (No Observed Effect Concentration) [van Straalen, 1991a]. De MTR van een stof wordt statistisch bepaald met literatuurgegevens over de toxiciteit voor vier groepen organismen. Dit zijn meestal algen, kreeftachtigen, mollusken en vissen [Crommentuijn, 1997]. De streefwaarde geeft de concentratie aan waarbij de kans op nadelige effecten verwaarloosbaar is. Deze wordt berekend door de MTR te delen door 100.

De kwaliteit van de Nederlandse oppervlaktewateren wordt bepaald aan de hand van de MTR's. De MTR waarden zijn de milieukwaliteitsdoelstellingen die gebruikt worden door de overheid [Traas, 2001]. Als deze waarden worden overschreden kan men spreken van vervuild oppervlaktewater. Om de kwaliteit te bepalen heeft de overheid een meetnet opgesteld. Aan dit meetnet nemen de regionale waterbeheerders en het Rijk deel. Per jaar wordt op een aantal locaties het water op een aantal stoffen onderzocht. Het aantal locaties en het aantal stoffen dat onderzocht wordt per meting, verschilt per beheerder, per jaar en per locatie. De resultaten van de metingen worden elk jaar door de Commissie Integraal Waterbeheer verzameld en uitgegeven in het Jaarboek Monitoring Rijkswateren. In de zogeheten Bestrijdingsmiddelenrapportages zijn de metingen van de bestrijdingsmiddelen van zowel regionale als rijkswateren samengevat.

Het meetnet controleert de kwaliteit van het water door de concentratie van bepaalde stoffen te meten. Hier zit echter een technisch probleem bij. Voor een aantal stoffen zijn de detectiemethoden nog niet goed genoeg. Dit leidt ertoe dat de detectiegrens van sommige stoffen boven de MTR ligt. Vaak zijn dit stoffen die zeer giftig zijn, waardoor de MTR relatief laag ligt, zoals de synthetische pyrethroïden en organofosforbestrijdingsmiddelen. Als men bij een meting een bepaalde stof kan aantonen dan kan het zijn dat die er toch wel is en mogelijk zelfs een schadelijk effect heeft. Bij ongeveer 40% van de in het meetnet onderzochte stoffen ligt de MTR onder de detectiegrens [Teunissen-Ordeman en Schrap, 1999].

In de bestrijdingsmiddelenrapportages worden inventarisaties gemaakt van het onderzoek dat de waterbeheerders hebben uitgevoerd naar de aanwezigheid van bestrijdingsmiddelen in oppervlaktewater in de afgelopen jaren.

In elke bestrijdingsmiddelenrapportage kunnen bestrijdingsmiddelen als probleemstof getypeerd worden. Een probleemstof is een stof die bij 5 beheerders (waterschappen) boven de MTR gelokaliseerd is en bij 20% van de onderzochte locaties boven de MTR gelokaliseerd is. In de Bestrijdingsmiddelen rapportage 2000 worden carbendazim, propoxor en diuron als probleemstoffen gekenmerkt [CUWVO, 2000]. Wanneer een percentage van 10% gebruikt wordt als tweede criteria in plaats van 20% dan komen er nog zeven stoffen bij. In Tabel 3.1 wordt voor de probleemstoffen (20% boven MTR) en bijna probleemstoffen (10% boven MTR) de meetresultaten met de MTR's voor die stoffen weergegeven. In deze tabel zijn ook de stoffen meegenomen waarvan toxiciteitsdata voor libellensoorten aanwezig zijn.

18

Tabel 3.1

De MTR, het percentage meetpunten dat boven de MTR ligt en de maximale overschrijdingsfactor van twintig bestrijdingsmiddelen die als probleemstof gekenmerkt worden of waarvan toxiciteitsgegevens voor libellen beschikbaar zijn [CUWVO, 2000].

Naam stof	Type stof	MTR (ng/l)	Overschreden locaties	Maximale overschrijdingsfactor
Carbendazim*	Insecticide	110	51%	473
Propoxur*#	Insecticide	10	29%	1400
Diuron*	Herbicide	430	27%	240
Aldicarbulsulfoxide**	Nematicide	43	22%	711
Simazine**	Herbicide	140	21%	59
Metolachloor**	Herbicide	200	19%	5
Methomyl**	Insecticide	80	18%	37
Metribuzine**	Herbicide	52	13%	25
Dichloorvos**	Insecticide	0.7	12%	7429
Parathion-ethyl #	Insecticide	2	12%	4950
Diazinon #	Insecticide	37	10%	25
Pyrazophos #	Insecticide	40	3%	13
Carbaryl #	Insecticide	230	2%	37
Malathion #	Insecticide	13	2%	15
Fenitrothion #	Insecticide	9	1%	22
Permethrin #	Insecticide	0.2	0%	4641

*: Deze stoffen zijn probleemstoffen bij een overschrijdingspercentage van 20%.

** : Deze stoffen zijn probleemstoffen bij een overschrijdingspercentage van 10%.

#: Van deze stoffen zijn toxiciteitsgegevens voor libellen beschikbaar.

Voor een aantal van de genoemde bestrijdingsmiddelen overschrijdt de gemeten concentratie de MTR regelmatig. Deze overschrijding kan oplopen tot duizenden malen de MTR waarde van de stof (bijvoorbeeld 4950 voor parathion-ethyl). Om een inschatting van de effecten van de overschrijding te kunnen maken is het belangrijk om te weten hoe vaak en hoe langdurig deze overschrijdingen plaatsvinden. Deze gegevens worden echter niet in de bestrijdingsmiddelenrapportage gepresenteerd.

Toxiciteit van bestrijdingmiddelen voor libellen en waterjuffers

4.1 inleiding

In de voorgaande hoofdstukken zijn libellen en het bestrijdingsmiddelengebruik in Nederland besproken. Libellen brengen een groot gedeelte van hun leven als larve door in het oppervlaktewater en kunnen daardoor in aanraking komen met in water opgeloste bestrijdingmiddelen. In dit hoofdstuk zal besproken worden wat er bekend is over de effecten van bestrijdingmiddelen op larven van libellen.

Om de toxiciteit te bepalen van stoffen voor soorten worden toxiciteitswaarden gebruikt. De twee meest gebruikte toxiciteitswaarden in de toxicologie zijn de LC50-waarde en de NOEC-waarde. De LC50-waarde (Lethal Concentration) is de concentratie van een stof waarbij 50% sterfte optreedt van de populatie van een soort. De NOEC-waarde (No Observed Effect Concentration) is de hoogste concentratie van een stof waarbij er net geen effect wordt waargenomen op een bepaalde soort [van Straalen, 1991b]. Voor allebei de waarden geldt, hoe lager deze waarde des te toxischer is de stof. Een LC50-waarde en een NOEC-waarde zijn altijd specifiek voor de combinatie van één soort met één stof. De LC50-waarde is afhankelijk van de blootstellingsduur. Hoe langer de tijdsduur des te lager wordt de LC50-waarde, totdat op een zeker moment een evenwicht bereikt wordt. Vanaf dat punt heeft een langere blootstellingsduur geen effect meer op de LC50-waarde.

4.2 effecten van insecticiden op libellen

In de literatuur worden verschillende experimenten gerapporteerd waarin de effecten van insecticiden op een aquatisch ecosysteem bepaald zijn. In een aantal van deze experimenten zijn ook libellensoorten meegenomen.

veldstudies

In veldstudies waarin naar hele aquatische ecosystemen gekeken wordt, ziet men vaak na een toepassing van een insecticide een daling in aantallen libellen van de libellenpopulatie samengaan met een daling van de andere insectenpopulaties. In deze experimenten hebben de insecticiden propoxur, carbaryl, fenitrothion en cypermethrin negatieve effecten op de populatie na applicatie per vliegtuig in korrelvorm of besproeiing [Breud et al., 1977; Takamura en Yasuno, 1986; Takamura, 1996; Gibbs et al., 1984; Patterson en von Windeguth, 1964; Porter en Gojmerac, 1969; Mulla et al., 1982]. Deze daling in libellenpopulatie zou dan een direct gevolg kunnen zijn van sterfte veroorzaakt door de toxische effecten van insecticiden. Anderen geven aan dat de daling een indirect effect is door het wegvallen van de prooidieren [Corbet, 1999; Gibbs et al., 1984]. Het

grote nadeel van de experimenten die effecten van bestrijdingsmiddelen rapporteren is dat er geen concentraties van bestrijdingsmiddelen in het oppervlaktewater genoemd worden. Hierdoor zijn ze niet direct bruikbaar voor een risicoschatting.

In vergelijking met andere aquatische insectensoorten lijken de libellen minder effect te ondervinden van diazinon, permethrin, mexacarbamate en temephos [Giddings et al., 1996; Poirier en Surgeoner, 1987, 1988; Corbet, 1999; LVN, in druk; Campbell en Denno, 1976] maar juist gevoeliger te zijn voor fenitrothion en aminocarb [Poirier en Surgeoner, 1987, 1988; Corbet, 1999]. Deze verschillen in observaties worden veroorzaakt door het verschil in werking tussen de verschillende bestrijdingsmiddelen en verschillen in de opzet van de experimenten. Zoals bij veel insecten zijn ook de libellen in de vroegere larvale levensstadia gevoeliger voor de insecticiden dan in de oudere larvale levensstadia [Takamura, 1996; Corbet, 1999].

Naast sterfte kunnen insecticiden ook niet-lethale effecten hebben op libellen. Zo kan carbaryl leiden tot het asymmetrisch ontwikkelen van de vleugels van sommige libellen [Hardersen en Wratten, 1998; Hardersen, 2000 a en b]. Door deze asymmetrische ontwikkeling kan de libel minder goed vliegen. Doordat libellen afhankelijk zijn van hun vliegvermogen voor het vangen van hun prooien kunnen zij bij toenemende asymmetrie minder goed prooidieren vangen. Andere niet-lethale effecten van insecticiden zijn bijvoorbeeld krampachtige bewegingen van het abdomen, pogingen om uit het water te komen en langzamer of juist sneller zwemmen van de larve [Corbet, 1999; Brewer en Atchison, 1999].

21

toxiciteitsgegevens

De veldstudies in de vorige paragraaf geven een beeld van wat er kan gebeuren als er een hoge concentratie landbouwbestrijdingsmiddelen in het water terechtkomt. Echter in de hierboven genoemde studies worden geen concentraties van insecticiden in het oppervlaktewater genoemd. Hierdoor zijn deze studies niet direct bruikbaar voor een risicoanalyse. Voor een risicoanalyse zijn toxiciteitsgegevens echter noodzakelijk. Voor dit rapport worden LC50-waarden gebruikt die verkregen zijn in toxiciteitsexperimenten bij een blootstellingsduur van 48 uur. De gegevens zijn verkregen uit de database van de EPA [Acquire database, 2001]. Hierin zijn veel toxiciteitsgegevens van stoffen voor de meeste geteste soorten verzameld. Een zoekopdracht naar libellen leverde een dataset op. In deze data is geselecteerd op drie criteria.

Ten eerste is geselecteerd op bestrijdingsmiddelen die in Nederland voorkomen [Crommentuijn et al., 1997]. Hierdoor viel een groot gedeelte van de data af. De tweede selectie was op soorten. Helaas zijn er geen toxiciteitsgegevens voor Nederlandse soorten beschikbaar. Daarom is gekeken welke soorten globaal een levenscyclus, lichaamsbouw en leefomgeving hebben die overeen komt met die van Nederlandse soorten [Groenendijk, 2001]. Alle tropische soorten zijn daarom weggelaten. Het laatste selectiecriteria is de blootstellingsduur geweest. Alleen de LC50-waarden bij een 48-urige blootstelling zijn gebruikt. In de dataset met gegevens over de libellen waren er al geen NOEC-waarden overgebleven na de eerste twee selectiecriteria. Een risico-berekening wordt meestal met een NOEC-waarde voor langdurige blootstelling uitgevoerd. Om een NOEC-waarde te verkrijgen is deze berekend uit de LC50-waarde van een stof. Deze berekende NOEC-waarde is verkregen door de LC50-waarde te delen door een factor 100 [van Leeuwen en Hermans, 1995]. Dit is vanwege de extrapolatie LC50-NOEC en van kortdurende naar langdurige blootstelling.

In tabel 4.1 worden de toxiciteitsgegevens gepresenteerd van een aantal insecticiden. Deze insecticiden zijn getest op verschillende libellensoorten. Tevens wordt er een berekende waarde van de NOEC gegeven. Naast de toxiciteitsgegevens worden ook het levensstadium, watertemperatuur en exposietype vermeld. Het exposietype geeft aan of de larve in een statisch watersysteem zit of in een doorstroomsysteem dan wel buitenlucht systeem zit.

Uit de tabel is te zien dat de soort *Lestes congener* wat gevoeliger is voor propoxur dan de soort *Orthetrum albistylum*. *Ophiogomphus sp.* is veel gevoeliger voor permethrin dan *Orthetrum albistylum* maar niet voor fenitrothion. Dit geeft aan dat de ene libellensoort anders reageert op een insecticide dan de andere soort. Deze verschillen in gevoeligheid kunnen ook veroorzaakt worden door een verschil in werking van de insecticiden of door een verschillende proefopzet. Met deze data is in hoofdstuk 5 een globale risicoschatting gemaakt.

Tabel 4.1

LC50 (na 48uur) en berekende NOEC-waarden van verschillende insecticiden voor *Orthetrum albistylum*, *Ophiogomphus sp.* en *Lestes congener*. Indien bekend is het expositie type, de watertemperatuur in graden Celsius en het levensstadium/grootte/gewicht genoemd. Voor overige gegevens wordt verwezen naar de oorspronkelijke artikelen [Aquire database, 2001].

Naam insecticide	Soortnaam	Expositie type	Temperatuur (°C)	Stadium/Grootte	LC50 (µg/l)	Berekende NOEC (µg/l)
Carbaryl (CAR)	<i>Orthetrum albistylum</i>	Statisch	25	Larvae	430	4.3
Diazinon (OP)	<i>Orthetrum albistylum</i>	Statisch	25	Larvae	140	1.4
Fenitrothion (OP)	<i>Ophiogomphus sp.</i>	Doorstroom	-	-	45	0.45
	<i>Ophiogomphus sp.</i>	Stromend buiten	8-16	-	85	0.85
	<i>Orthetrum albistylum</i>	Statisch	-	Larve	55	0.55
Malathion (OP)	<i>Orthetrum albistylum</i>	-	-	-	730	0.73
Permethrin (PYR)	<i>Ophiogomphus sp.</i>	Doorstroom	-	-	7.4	0.074
	<i>Ophiogomphus sp.</i>	Stromend buiten	8-16	-	7.1	0.071
	<i>Orthetrum albistylum</i>	-	-	2.3 cm, 630 mg	2300	23
	<i>Orthetrum albistylum</i>	-	-	2.3 cm, 630 mg	180	1.8
	<i>Orthetrum albistylum</i>	-	-	2.3 cm, 630 mg	40000	400
Propoxur (CAR)	<i>Orthetrum albistylum</i>	Statisch	-	-	1700	17
	<i>Lestes congener</i>	Statisch	25	Nymphe, 44 mg	700	7
Pyrazophos (OP)	<i>Orthetrum albistylum</i>	-	-	2.3cm, 630 mg	380	3.8
	<i>Orthetrum albistylum</i>	-	-	2.3cm, 630 mg	500	5
Parathion-ethyl (OP)	<i>Lestes congener</i>	Statisch	25	Nymphe, 44 mg	20	0.2

CAR: Carbamaat

OP: Organische fosfaatverbinding

PYR: Pyrethroid.

-: onbekend

Risicoanalyse

5.1 Inleiding

23

In de voorgaande hoofdstukken zijn het voorkomen van insecticiden in het Nederlandse oppervlaktewater en effecten van insecticiden op libellen besproken. Met deze gegevens kan een risicoschatting gemaakt worden van insecticiden voor libellen.

5.2 Insecticidengebruik in relatie tot de levenscyclus

In het algemeen zijn insecten in de jongere larvale stadia gevoeliger voor bestrijdingsmiddelen dan insecten in de oudere larvale stadia. Hetzelfde geldt voor de larven van de libellen. Gedurende het gehele jaar zijn libellen in verschillende levensfasen in Nederland te vinden. Adulte libellen zijn alleen in de zomermaanden aanwezig, maar omdat de meeste soorten meerjarige levenscycli hebben, zijn er in elke maand van het jaar larven in het water aanwezig. Gemiddeld brengt een libel 80% van zijn levenscyclus door in het water.

Het bestrijdingsmiddelengebruik is niet constant gedurende het hele jaar. In de maanden mei, juni en juli wordt er bijvoorbeeld meer gebruikt dan in de maanden januari tot en met maart. Door de gevoeligheid van de jonge larven is het belangrijk te weten in welke levensfasen libellen in aanraking kunnen komen met bestrijdingsmiddelen. In figuur 5.1 wordt het insecticidengebruik gedurende het jaar gerelateerd aan de levensstadia van de libellen die een éénjarige levenscyclus hebben en libellen die een tweejarige levenscyclus hebben. Er wordt vanuit gegaan dat het gebruik van bestrijdingsmiddelen op het grasland procentueel overeenkomt met het gebruik op andere gebieden.

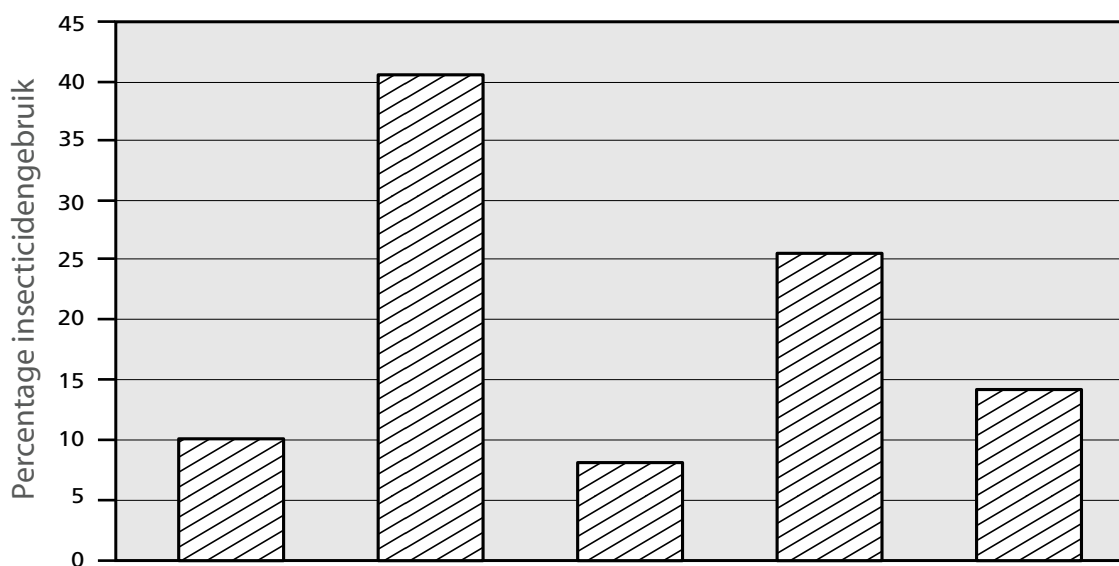
In het laatste kwartaal bevinden libellen zich in de vroege larvale ontwikkelingsstadia. In die maanden wordt 27% van de totale hoeveelheid insecticiden gebruikt. In de periode april/mei/juni, wanneer de meeste bestrijdingsmiddelen gebruikt worden op het grasland, komen de libellen van eenjarige soorten in bijna adulte of adulte vorm voor. Twee-jarige libellen kunnen in de periode april/mei/juni in een iets jongere fase voorkomen of in het adulte stadium. Het is daarom aan te nemen dat de libellen in hun gevoeligste levensfase in aanraking kunnen komen met insecticiden.

5.3 Risicoanalyse

De risicoanalyse in dit rapport bestaat uit twee delen. In beide delen wordt het risico bepaald van een voorspelde milieuconcentratie van een insecticide. Deze voorspelde milieuconcentratie wordt PEC (Predicted Environmental Concentration) genoemd. In het eerste gedeelte worden de toxiciteitsgegevens van insecticiden

Figuur 5.1

Percentage insecticidegebruik verdeeld over de seizoenen in grasland in 1995 [uit: van Mannekes, 2001] en de ontwikkelingsstadia van eenjarige en tweejarige libellen over de seizoenen (pers. comm. D. Groenendijk, 2001).



Maanden	J / F / M	A / M / J	J / A / S	O / N / D	Onbekend
eenjarige libellen	Larve	Larve / Libel	Ei / Larve / Libel	Larve	
tweejarige libellen (kalenderjaar 1)			Ei	Larve	
tweejarige libellen (kalenderjaar 2)	Larve	Larve	Larve	Larve	
tweejarige libellen (kalenderjaar 3)	Larve	Larve/Libel	Libel	-	

(zie tabel 4.1) vergeleken met de MTR waarden de van deze stoffen. Het doel van deze vergelijking is te bepalen of de huidige milieukwaliteitsdoelstellingen voldoen in de bescherming van libellen. In deze vergelijking worden de MTR waarden PEC_{mtr} genoemd.

In het tweede deel van de risicoschatting worden de meetresultaten uit meest recente bestrijdingsmiddelenrapportage vergeleken met de toxiciteitsgegevens. Hierdoor kan bepaald worden wat het risico is van de huidige maximale concentraties van in de Nederlandse landbouw gebruikte insecticiden in de oppervlaktewateren voor libellen. In deze vergelijking worden de huidige maximale concentraties PEC_{max} genoemd.

vergelijking toxiciteitsgegevens met MTR

De PEC_{mtr} waarden van insecticiden zijn vergeleken met de toxiciteitsgegevens van libellen in tabel 5.1. Dit zijn dus alleen de insecticiden waar toxiciteitsgegevens voor libellen van bekend zijn. De vergelijking $PEC_{mtr}/NOEC$ is gemaakt. Deze verhouding geeft aan in hoeverre de waterkwaliteitsdoelstellingen beschermend zijn voor de libel. Volgens de huidige risicobeoordelingssystematiek geldt dat als de verhouding kleiner dan 1 is dan is de MTR van de stof voldoende beschermend voor de libel. Indien de verhouding boven de 1 ligt dan is de MTR niet beschermend voor de libel. Indien er meerdere NOEC's van een stof zijn voor een soort en de experimentele parameters niet verschillen dan is het gemiddelde van de NOEC's genomen. Indien er meerdere NOEC's voor een soort zijn en de experimentele parameters wel verschillen dan is de laagste NOEC gebruikt [Traas, 2001].

Tabel 5.1

Een vergelijking van de berekende NOEC-waarden van een stof voor een soort met de PEC_{mtr} -waarden van die stof. De verhouding $PEC_{mtr}/NOEC$ geeft aan in welke mate de stof een risico oplevert voor de libellensoort.

Naam insecticide	Soortnaam	NOEC (ng/l)	PEC_{mtr} (ng/l)	$PEC_{mtr} / NOEC$
Carbaryl (CAR)	<i>Orthetrum albistylum</i>	4300	230	0.053
Diazinon (OP)	<i>Orthetrum albistylum</i>	1400	25	< 0.01
Fenithrothion (OP)	<i>Ophiogomphus</i>	450	9	0.02
	<i>Orthetrum albistylum</i>	550	9	0.016
Malathion (OP)	<i>Orthetrum albistylum</i>	7300	13	< 0.01
Permethrin (PYR)	<i>Ophiogomphus</i>	71	0.3	< 0.01
	<i>Orthetrum albistylum</i>	141600 *	0.3	<< 0.01
Propoxur (CAR)	<i>Orthetrum albistylum</i>	17000	10	<< 0.01
	<i>Lestes congener</i>	7000	10	< 0.01
Pyrazophos (OP)	<i>Orthetrum albistylum</i>	4400 *	40	< 0.01
Parathion-ethyl (OP)	<i>Lestes congener</i>	200	2	0.01

25

*: de NOEC-waarden van gelijke experimenten zijn gemiddeld.

In tabel 5.1 is te zien dat de verhouding $PEC_{mtr}/NOEC$ bij elke libelsoort en stofconcentratie ruim beneden de 1 ligt. De hoogste $PEC_{mtr}/NOEC$ verhouding is 0,02. Als er vanuit gegaan wordt dat deze verhouding met niet meer dan een factor 50 verschilt voor de andere insecticiden en libellensoorten dan kunnen de waterkwaliteitsdoelstellingen voor alle hierboven genoemde bestrijdingsmiddelen als voldoende beschermend worden beschouwd.

vergelijking toxiciteitsgegevens met gemeten concentraties van bestrijdingsmiddelen

In het voorgaande gedeelte is gebleken dat de waterkwaliteitsdoelstellingen voor concentraties van insecticiden voldoende beschermend zijn voor libellen. Deze kwaliteitsdoelstellingen geven aan hoe hoog de concentratie van een bepaalde stof mag zijn. Deze kunnen verschillen met de daadwerkelijke gemeten concentratie van de insecticiden. Daarom wordt in tabel 5.2 een vergelijking gemaakt tussen de NOEC waarden en de meetresultaten (maximale overschrijdingsfactor vermenigvuldigd met de MTR-waarden verkregen uit de recentste bestrijdingsmiddelenrapportage (tabel 3.1)). Deze PEC_{max} geeft een concentratie aan waarin een insecticide maximaal voor kan komen in het oppervlaktewater. Met deze waarde wordt de verhouding $PEC_{max}/NOEC$ bepaald. Voor deze verhouding geldt dat als deze onder de 1 ligt de stof geen potentieel risico oplevert voor de betreffende libellensoort. Indien de verhouding tussen de 1 en de 10 ligt dan loopt de libellensoort een matig risico. Een $PEC_{max}/NOEC$ verhouding van boven de 10 geeft aan dat, als er een maximale overschrijding plaatsvindt, de insecticide in kwestie een groot risico oplevert voor die soort.

Er is een vergelijking gemaakt van de maximaal aanwezige concentratie van een insecticide (PEC_{max}) met de NOEC-waarden. Als in het oppervlaktewater een concentratie van insecticiden aanwezig is zoals in het bestrijdingsmiddelen meetprogramma maximaal is gemeten dan kunnen sommige insecticiden voor libellen toxische niveaus bereiken. Zo kunnen ethyl-parathion en permethrin een significant risico opleveren voor libellen en propoxur en carbaryl ook maar in mindere mate.

De vraag is nu hoe vaak een insecticidenconcentratie zo hoog is als de maximale overschrijdingsfactor. De gemiddelde concentratie van een insecticide op een locatie wordt niet in de bestrijdingsmiddelenrapportage

Tabel 5.2

Een vergelijking van de berekende PEC_{max} met de berekende NOEC waarden. De PEC_{max} komt voort uit de MTR en de maximale overschrijding van deze MTR. De verhouding $PEC_{max}/NOEC$ geeft aan in welke mate de stof een risico oplevert voor de libellensoort bij een maximale overschrijding van de MTR.

Naam insecticide	Soortnaam	NOEC (ng/l)	MTR (ng/l)	Max. overschrijding	PEC_{max} (ng/l)	$PEC_{max}/NOEC$
Carbaryl (CAR)	<i>Orthetrum albistylum</i>	4300	230	37	8510	1.98
Diazinon (OP)	<i>Orthetrum albistylum</i>	1400	37	25	925	0.66
Fenithrothion (OP)	<i>Ophiogomphus sp.</i>	450	9	22	198	0.44
	<i>Orthetrum albistylum</i>	550	9	22	198	0.36
Malathion (OP)	<i>Orthetrum albistylum</i>	7300	13	15	195	0.027
Permethrin (PYR)	<i>Ophiogomphus sp.</i>	71	0.2	4641	928	13.07
	<i>Orthetrum albistylum</i>	141600 *	0.2	4641	928	0.01
Propoxur (CAR)	<i>Orthetrum albistylum</i>	17000	10	1400	14000	0.82
	<i>Lestes congener</i>	7000	10	1400	14000	2.00
Pyrazophos (OP)	<i>Orthetrum albistylum</i>	4400 *	40	13	520	0.12
Ethyl-parathion(OP)	<i>Lestes congener</i>	200	2	4950	9900	49.50

*: NOEC-waarden van gelijke experimenten zijn gemiddeld.

vermeld. De meetresultaten die gepresenteerd zijn geven aan op hoeveel procent van de locaties de MTR van een insecticide overschreden wordt en wat de maximale overschrijdingsfactor is van die stof. Daarom is het moeilijk om aan te geven in welke concentraties een stof voor kan komen maar is het maximale risico wel aan te geven. Het is onwaarschijnlijk dat een situatie van maximale overschrijding regelmatig plaats zal vinden. Daarom kan men zeggen dat het risico van de insecticiden voor de libellen laag is tenzij voor een langere periode een maximale overschrijding van bepaalde insecticiden plaatsvindt. In dat geval kunnen sommige insecticiden een gevaar vormen voor de libellenstand.

Discussie en conclusie

In de afgelopen decennia zijn de libellen in absoluut aantal achteruit gegaan als gevolg van verstoringen in hun leefmilieu. De verstoringen worden veroorzaakt door onder andere vermessing, verdroging en waterverontreiniging. Een bron van waterverontreiniging is het bestrijdingsmiddelengebruik in de landbouw. In recent onderzoek is gebleken dat vlinders bijzonder gevoelig zijn voor landbouwbestrijdingsmiddelen [van Mannekes, 2001]. De Vlinderstichting vraagt zich nu af of het risico van deze bestrijdingsmiddelen voor libellen net zo groot is als dat voor vlinders. Hiertoe zijn drie deelvragen gesteld die in dit hoofdstuk beantwoord worden.

27

aquatische toxiciteit van bestrijdingsmiddelen op libellen

Om te bepalen wat het risico van bestrijdingsmiddelen voor libellen is, is het noodzakelijk om te weten wat er bekend is van de toxiciteit van bestrijdingsmiddelen op libellen. Uitgaande van de specifieke anti-insecten werking zijn insecticiden de gevaarlijkste groep van bestrijdingsmiddelen. Libellen blijken in de literatuur soms toleranter te zijn voor insecticiden en soms juist gevoeliger dan andere insecten. Dit is afhankelijk van de onderzochte libellensoorten, gebruikte insecticiden en van de opzet van het experiment. In de gevallen van een grote toepassing van insecticiden ziet men een daling van de libellenpopulatie (sterfte) naast een daling van de andere insectenpopulaties. Deze daling zou een direct toxisch effect kunnen zijn maar ook een indirect effect als gevolg van het wegvallen van prooidieren. Dit is vooralsnog onbekend. Gebleken is dat larven van libellen in de vroege larvale stadia gevoeliger zijn voor insecticiden dan de oudere, grotere larven.

De voor de risico-beoordeling noodzakelijke LC50-waarden en NOEC-waarden zijn helaas niet beschikbaar voor de in Nederland levende soorten. Daarom is gekeken welke soorten globaal een levenscyclus, lichaamsbouw en leefomgeving hebben die overeen komen met die van Nederlandse soorten. Van deze soorten zijn er voor in Nederland gebruikte insecticiden verschillende LC50-waarden aanwezig. Deze waarden zijn gebruikt om de NOEC-waarden te berekenen. Helaas zijn van lang niet alle in Nederland gebruikte insecticiden toxiciteitsgegevens voor de libellen beschikbaar. Zo zijn er bijvoorbeeld geen toxiciteitsgegevens voor libellen beschikbaar van de meeste in Hoofdstuk 3 genoemde probleemstoffen. Ook zijn er geen toxiciteitsdata beschikbaar van insecticiden voor Nederlandse libellen.

insecticidegebruik in Nederland

Het algemene insecticidegebruik in Nederland is in de loop van de jaren '90 in absoluut aantal verminderd onder invloed van het meerjarenplan gewasbescherming. Ondanks de afname in gebruikte kilogrammen bestrijdingsmiddelen worden bepaalde effectievere groepen insecticiden meer gebruikt (pyrethroïden) [Nefyto, 2000]. Het insecticidegebruik vindt plaats gedurende het hele jaar. In de laatste maanden van het jaar waarin de libellen zich in de gevoelige jonge larvale levensfase bevinden wordt 27% van

de totale hoeveelheid insecticiden gebruikt. Jonge libellenlarven van eenjarige en tweejarige soorten kunnen dus in aanraking komen met insecticiden die juist een heel specifieke werking bij insecten hebben.

Een gedeelte van de insecticiden komt in het oppervlaktewater terecht door emissie. Op grond van toxiciteitsgegevens van diverse aquatische soorten zijn MTR-waarden opgesteld die als milieukwaliteitsdoelstellingen worden gebruikt. Deze zijn verschillend per insecticide. Uit de meest recente bestrijdingsmiddelenrapportage blijkt dat deze MTR-waarden op sommige locaties overschreden worden, waarbij in extreme gevallen de gemeten concentratie de MTR soms met een factor 5000 overschrijdt (zie tabel 3.1).

risicoschatting

Doordat er aquatische toxiciteitsgegevens van libellen zijn voor verschillende in Nederland gebruikte insecticiden en verwachte concentraties van insecticiden is het mogelijk om een risicoschatting te maken. Als gesteld wordt dat de insecticidenconcentratie in het oppervlaktewater gelijk is aan de waterkwaliteitsdoelstelling dan blijkt dat er een gering risico is voor de libellensoorten. De verhouding $PEC_{mtr}/NOEC$ is vele malen kleiner dan 1 (zie tabel 5.1).

De MTR is een milieukwaliteitsdoelstelling maar, de bestrijdingsmiddelenrapportage geeft aan wat er werkelijk aan insecticiden in het oppervlaktewater kan voorkomen. In die rapportage is voor elk insecticide een maximale overschrijdingsfactor gegeven die aangeeft in welke mate de MTR overschreden is geweest. Als er vanuit gegaan wordt dat een maximale overschrijding voor langere duur plaatsvindt dan kan de verhouding $PEC_{max}/NOEC$ het risico aangeven van een stof voor een libellensoort. Deze verhouding ligt voor sommige insecticide-libelle combinaties boven de 1 (zie tabel 5.2). Dit betekent dat in het geval van een maximale overschrijding voor een langere duur carbaryl en propoxur een matig risico kunnen vormen ($PEC_{max}/NOEC$ verhouding van 2) en permethrin en ethyl-parathion een groot risico kunnen vormen voor sommige libellensoorten ($PEC_{max}/NOEC$ respectievelijk 20 en 50). Het is echter onbekend hoe vaak en hoe lang dit soort overschrijdingen plaatsvinden.

28

In deze voorlopige risicoanalyse is uitgegaan van het risico van individuele effecten van insecticiden op libellen. Een aspect van bestrijdingsmiddelen dat niet is meegenomen is de combinatiewerking die bestrijdingsmiddelen op elkaar kunnen hebben. Kortom een mengsel van bestrijdingsmiddelen zou bijvoorbeeld toxischer of juist minder toxischer kunnen zijn dan de individuele toxiciteit van een bestrijdingsmiddel [van Rijn en van Straalen, 1995]. Dit verdient eventueel nader onderzoek.

conclusie

De in dit rapport gemaakte voorlopige risicoanalyse toont aan dat de waterkwaliteitsdoelstellingen die zijn opgesteld op het gebied van insecticiden de libellensoorten in Nederland voldoende beschermen. Echter grote overschrijdingen van deze streefwaarden voor lange duur kunnen een risico opleveren voor de libellen aanwezig op de locatie van de overschrijding. De grootte van het risico is afhankelijk van het insecticide in kwestie en de libellensoorten daar aanwezig.

Bestrijdingsmiddelen zijn gezien het lage risico voor libellen vrijwel zeker niet een oorzaak van de gesignaleerde achteruitgang in de libellenstand. Maar tijdens langdurige piekbelastingen kunnen lokaal wel effecten optreden. De oorzaak van de achteruitgang in de libellenstand dient meer gezocht te worden in een combinatie van factoren zoals verdroging, versnippering en biotoopvernietiging.

Literatuurlijst

Acquire database, 27 augustus 2001.

<http://www.epa.gov/>

Bos, F. en M.Wasscher, 1997.

Veldgids Libellen. KNNV Uitgeverij, Utrecht.

Breud, T.P., J.E. Farlow, C.D.Steelman and P.E.Schilling,1977.

Effects of the insect growth regulator methoprene on natural populations of aquatic organisms in Louisiana intermediate marsh habitats. Mosquito news 37: 704-712.

Brewer, S.K.G.J.Atchison, 1999.

The effects of chlorpyrifos on cholinesterase activity and foraging behaviour in the dragonfly, *Anax junius* (Odonata). Hydrobiologica 394: 201-208.

Campbell, B.C. and R.F.Denno,1976.

The effect of temephos and chlorpyrifos on the aquatic insect community of a New Jersey salt marsh. Environmental Entomology, 5 : 477-483.

Chinery, M. 1986.

Nieuwe Insekten Gids. Tirion, Baarn.

Corbet, P.S., 1999.

Dragonflies Behaviour and Ecology of Odonata. Cornell University Press, New York.

Crommentuijn, T., D.F.Kalf, M.D.Polder, R.Posthumus and E.J. van de Plassche, 1997.

Maximum Permissible Concentrations and Negligible Concentrations for Pesticides. RIVM Rapport no. 601501002, Bilthoven.

CUWVO, 2000.

Bestrijdingsmiddelenrapportage 2000. Het voorkomen van bestrijdingsmiddelen in het Nederlandse oppervlaktewater in de jaren 1997 en 1998. Commissie Integraal Waterbeheer, Den Haag.

De Vlinderstichting, 2001.

Namen van de Nederlands libellen. De Vlinderstichting, Wageningen.

Gibbs, K.E., T.M.Mingo and D.L.Courtemanch, 1984.

Persistence of carbaryl (sevin-4-oil) in woodland ponds and its effects on pond macroinvertebrates following forest spraying. *The Canadian Entomologist* 116: 203-213.

Giddings, J.M., R.C.Biever, M.F. Annunziato en A.J. Hosmer, 1996.

Effects of Diazinon on large outdoor pond microcosms. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 15(5): 618-629.

Grace's Living Catchment (GLC), 2001.

Een schematische weergave van de levenscyclus van een libel.

http://www.cwmb.sa.gov.au/kwc/glc/dragonfly_larvae.htm

Groenedijk, D., 2001.

Persoonlijke communicatie.

30

Hardersen, S. and S.D. Wratten, 1998.

The effects of carbaryl exposure of the penultimate larval instars of *Xathocnemis zealandica* on emergence and fluctuating asymmetry. *Ecotoxicology* 7: 297-304.

Hardersen, S. 2000a.

Effects of carbaryl exposure on the last larval instar of *Xanthocnemis zealandica* - fluctuating asymmetry and adult emergence. *Entomologica Experimentalis et Applicata* 96: 221-230.

Hardersen, S. 2000b.

The role of behavioural ecology of damselflies in the use of fluctuating asymmetry as bioindicator of water pollution. *Ecological Entomology* 25: 45-53.

Leeuwen, C.J. van and J.L.M.Hermens, 1995.

Risk Assessment of Chemicals: An Introduction. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht.

Libellen Vereniging Nederland (LVN), in druk.

De Libellen van Nederland (in druk). Nederlandse Libellen Fauna, deel IV. Libellen Vereniging Nederland, Leiden.

Van Mannekes, M., 2001.

Vlinders en insecticiden. Rapport P-UB-2001-01, Wetenschapswinkel Biologie, Universiteit Utrecht.

Nefyto, 2000.

Samenvatting van de afzet (per actieve stof) van gewasbeschermingsmiddelen, 1990-1999, Nederlandse Stichting voor Fytofarmacie (Nefyto). Den Haag.

Mulla, M.S., H.A.Darwazeh and L.Ede, 1982.

Evaluation of new pyrethroids against immature mosquitoes and their effects on non target organisms. *Mosquito News*, 42: 583-590.

Patterson, R.S. and D.L. von Windeguth, 1964.

The use of baytex as a midge larvicide. *Mosquito News* 24: 393-396.

Poirier, D.G. and G.A.Surgeoner, 1987.

Laboratory flow-through bioassays of four forestry insecticides against stream invertebrates. The Canadian Entomologist 119: 755-763.

Poirier, D.G. and G.A.Surgeoner, 1988.

Evaluation of a field bioassay technique to predict the impact of aerial applications of forestry insecticides on stream invertebrates. The Canadian Entomologist 120: 627-637.

Porter, C.H. and W.L.Gojmerac, 1969.

Field observation with abate and bromophos: their effect on mosquitoes and aquatic arthropods in a Wisconsin park. Mosquito News, 29: 617-620.

Rijn, J.P. van en N.M. van Straalen, 1995.

Handboek bestrijdingsmiddelen. Gebruik & milieu-effecten. VU Uitgeverij, Amsterdam.

Jong, F. de 1999.

Hoeveelheid gebruikte bestrijdingsmiddelen. In: Bestrijdingsmiddelen en milieu, G.R. de Snoo en F.de Jong (red.).Pagina: 37-51. Uitgeverij Jan van Arkel, Utrecht.

31

Teunissen-Ordelman, H.G.K.en S.M.Schrap, 1999.

Bestrijdingsmiddelen in oppervlaktewater en waterbodem. In: Bestrijdingsmiddelen en milieu. Snoo, G.R. de, F.de Jong (red.) Pagina: 95-112. Uitgeverij Jan van Arkel, Utrecht.

Staatscourant, 2000.

Gewijzigde versie Bijlage A: normen 4e Nota Waterhuishouding.
Staatscourant 19 juni 2000, 114, pag. 18 www.overheid.nl/op

Straalen, N.M. van 1991a.

Waterkwaliteitsnormen. In: Leerboek Oecotoxicologie. N.M. van Straalen en J.A.C. Verkleij, (red.), Pagina 362. VU Uitgeverij, Amsterdam.

Straalen, N.M. van, 1991b.

Dosis-effect-relaties. In: Leerboek Oecotoxicologie.N.M. van Straalen en J.A.C Verkleij (red.). Pagina 147. VU Uitgeverij, Amsterdam.

Takamura, K. and M.Yasuno, 1986.

Effects of pesticide application on chironomid larvae and ostracods in rice fields. Applied Entomology and Zoology 21 (3): 370-376.

Takamura, K., 1996.

Life cycle of the damselfly *Calopteryx atrata* in relation to pesticide contamination. Ecotoxicology 5: 1-8.

Traas, T., 2001.

Guidance Document on deriving Environmental Risk Limits.
RIVM rapport 601501012, Bilthoven.

Wasscher, M., Keijl, G.O. en van Ommering, G., 1998.

Bedreigde en kwetsbare libellen in Nederland. Toelichting op de Rode Lijst. Rapport IKC Natuurbeheer nummer 30, Wageningen.

Bijlage 1

Libellensoorten in Nederland [De Vlinderstichting, 2001]

Wetenschappelijke naam	Nederlandse naam
Waterjuffers en heidelibellen	
<i>Sympecma paedisca</i>	Noordse winterjuffer
<i>Sympecma fusca</i>	Bruine winterjuffer
<i>Lestes barbarus</i>	Zwervende pantserjuffer
<i>Lestes dryas</i>	Tangpantserjuffer
<i>Lestes sponsa</i>	Gewone pantserjuffer
<i>Lestes virens</i>	Tengere pantserjuffer
<i>Lestes viridis</i>	Houtpantserjuffer
<i>Platycnemis pennipes</i>	Blauwe breedscheenjuffer
<i>Ischnura elegans</i>	Lantaarntje
<i>Ischnura pumilio</i>	Tengere grasjuffer
<i>Pyrrhosoma nyphula</i>	Vuurjuffer
<i>Enallagma cyathigerum</i>	Watersnuffel
<i>Coenagrion armatum</i>	Donkere waterjuffer
<i>Coenagrion hastulatum</i>	Speerwaterjuffer
<i>Coenagrion lunulatum</i>	Maanwaterjuffer
<i>Coenagrion mercuriale</i>	Mercurjuffer
<i>Coenagrion puella</i>	Azuurwaterjuffer
<i>Coenagrion pulchellum</i>	Variabele waterjuffer
<i>Cercion lindenii</i>	Kanaaljuffer
<i>Erythromma najas</i>	Grote roodoogjuffer
<i>Erythromma viridulum</i>	Kleine roodoogjuffer
<i>Ceriagrion tenellum</i>	Koraaljuffer
<i>Nehalennia speciosa</i>	Dwergjuffer
<i>Sympetrum danae</i>	Zwarte heidelibel
<i>Sympetrum flaveolum</i>	Geelvlekheidelibel
<i>Sympetrum sanguineum</i>	Bloedrode heidelibel
<i>Sympetrum striolatum</i>	Bruinrode heidelibel
<i>Sympetrum vulgatum</i>	Steenrode heidelibel
<i>Sympetrum depressiusculum</i>	Kempense heidelibel
<i>Sympetrum fonscolombii</i>	Zwervende heidelibel
<i>Sympetrum meridionale</i>	Zuidelijke heidelibel
<i>Sympetrum pedemontanum</i>	Bandheidelibel

Beekjuffers en de overige grote libellen

<i>Calopteryx splendens</i>	Weidebeekjuffer
<i>Calopteryx virgo</i>	Bosbeekjuffer
<i>Gomphus flavipes</i>	Rivierrombout
<i>Gomphus pulchellus</i>	Plasrombout
<i>Gomphus vulgatissimus</i>	Beekrombout
<i>Ophiogomphus</i>	Gaffellibel
<i>Onychogomphus forcipatus</i>	Kleine tanglibel
<i>Brachytron pratense</i>	Glassnijder
<i>Aeshna affinis</i>	Zuidelijke glazenmaker
<i>Aeshna cyanea</i>	Blauwe glazenmaker
<i>Aeshna grandis</i>	Bruine glazenmaker
<i>Aeshna isosceles</i>	Vroege glazenmaker
<i>Aeshna juncea</i>	Venglazenmaker
<i>Aeshna mixta</i>	Paardenbijter
<i>Aeshna subarctica</i>	Noordse glazenmaker
<i>Aeshna viridis</i>	Groene glazenmaker
<i>Anax imperator</i>	Keizerlibel
<i>Anax parthenope</i>	Zuidelijke keizerlibel
<i>Hemianax ephippiger</i>	Zadellibel
<i>Cordulegaster boltonii</i>	Gewone bronlibel
<i>Somatochlora arctica</i>	Hoogveenglanslibel
<i>Somatochlora flavomaculata</i>	Gevlekte glanslibel
<i>Somatochlora metallica</i>	Metaalglanslibel
<i>Eitheca bimaculata</i>	Tweevlek
<i>Oxygastra curtisii</i>	Bronslibel
<i>Libellula depressa</i>	Platbuik
<i>Libellula fulva</i>	Bruine Korenbout
<i>Libellula quadrimaculata</i>	Viervlek
<i>Orthetrum brunneum</i>	Zuidelijke oeverlibel
<i>Orthetrum cancellatum</i>	Gewone oeverlibel
<i>Orthetrum coerulescens</i>	Beekoeverlibel
<i>Crocothemis erythraea</i>	Vuurlibel
<i>Leucorrhinia albifrons</i>	Oostelijke witsnuitlibel
<i>Leucorrhinia caudalis</i>	Sierlijke witsnuitlibel
<i>Leucorrhinia pectoralis</i>	Gevlekte witsnuitlibel
<i>Leucorrhinia dubia</i>	Venwitsnuitlibel
<i>Leucorrhinia rubicunda</i>	Noordse witsnuitlibel

De Wetenschapswinkel Biologie is een onderzoeksbemiddelings- en adviescentrum op het gebied van biologie, natuur, milieu, gezondheid en educatie. De wetenschapswinkel wil wetenschappelijk onderzoek toegankelijk maken voor maatschappelijk relevante problematiek.

De Wetenschapswinkel Biologie is een onderdeel van de Faculteit Biologie van de Universiteit Utrecht.

Het is niet toegestaan (gedeelten van) deze uitgave te vermenigvuldigen door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze dan ook.

Overname van gedeelten van de tekst, mits met bronvermelding, is wel toegestaan.

Toezening van een bewijs-exemplaar wordt zeer op prijs gesteld.

Wetenschapswinkel Biologie, Universiteit Utrecht, Padualaan 8 / Z 402, 3584 CH Utrecht.

Telefoon: (030) 253 73 63. Fax: (030) 253 57 95. E-mail: wbu@bio.uu.nl. Website: <http://www.bio.uu.nl/~wbu>

Wetenschapswinkel Biologie, Padualaan 8 / Z 402, 3584 CH Utrecht, (030) 253 73 63

