

Bestrijdingsmiddelen in de lucht rond tuinbouwkassen: schatting blootstelling omwonenden en mogelijke effecten

**M. Leistra
M. van der Staaij
B.J.W.G. Mensink
J.W. Deneer
R.J.M. Meijer
P.J.C.M. Janssen
A.M. Matser**

Alterra-rapport 296

Alterra, Research Instituut voor de Groene Ruimte, Wageningen, 2001

REFERAAT

M. Leistra, M. van der Staaij, B.J.W.G. Mensink, J.W. Deneer, R.J.M. Meijer, P.J.C.M. Janssen, A.M. Matser, 2001. *Bestrijdingsmiddelen in de lucht rond tuinbouwkassen: schatting blootstelling omwonenden en mogelijke effecten*. Wageningen, Alterra, Research Instituut voor de Groene Ruimte. Alterra-rapport 296. 92 blz. 9 fig.; 18 tab.; 17 ref.

Het gebruik van bestrijdingsmiddelen in de glastuinbouw leidt tot emissie via ventilatie van damp en aërosol vanuit de kaslucht naar de buitenlucht. Situaties komen voor waarbij woningen en kassen op korte afstand van elkaar zijn gebouwd, zodat de vraag rijst aan welke concentraties de omwonenden worden blootgesteld. Op basis van gegevens over de belangrijkste toedieningen van bestrijdingsmiddelen in kassen en over hun vluchtigheid werden oriënterende berekeningen opgezet over de concentraties van de middelen in de lijwervel benedenwinds van een standaardkas. De concentraties in de lijwervel kunnen, verdeeld over het eerste uur na toediening, oplopen tot enkele tientallen $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en soms tot hogere waarden. Uitgaande van toxicologische basisgegevens voor de bestrijdingsmiddelen werden voorlopige grenswaarden afgeleid voor blootstelling van mensen via de ademhaling. In de meeste gevallen bleef de berekende concentratie in de lijwervel onder de voorlopige grenswaarde, maar in enkele andere gevallen lijkt nadere evaluatie nodig. Bij enkele combinaties van cholinesterasemmers is er weinig additioneel risico bovenop het risico van de meest toxische stof.

Trefwoorden: berekeningen, combinatietoxiciteit, dampdruk, glastuinbouw, grenswaarden, inhalatie, luchtemissie, toediening, toxiciteit.

ISSN 1566-7197

Dit rapport kunt u bestellen door NLG 40,00 (€ 18) over te maken op banknummer 36 70 54 612 ten name van Alterra, Wageningen, onder vermelding van Alterra-rapport 296. Dit bedrag is inclusief BTW en verzendkosten.

© 2001 Alterra, Research Instituut voor de Groene Ruimte,
Postbus 47, NL-6700 AA Wageningen.
Tel.: (0317) 474700; fax: (0317) 419000; e-mail: postkamer@alterra.wag-ur.nl

Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze ook zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van Alterra.

Alterra aanvaardt geen aansprakelijkheid voor eventuele schade voortvloeiend uit het gebruik van de resultaten van dit onderzoek of de toepassing van de adviezen.

Alterra is de fusie tussen het Instituut voor Bos- en Natuuronderzoek (IBN) en het Staring Centrum, Instituut voor Onderzoek van het Landelijk Gebied (SC). De fusie is ingegaan op 1 januari 2000.

Inhoud

Woord vooraf	5
Samenvatting	7
1 Inleiding	9
2 Inventarisatie van de belangrijkste teelten en gewassen	11
3 Inventarisatie van de meest-relevante bestrijdingsmiddelen	13
4 Aanpak van de emissieberekeningen	19
4.1 Inleiding	19
4.2 Methode Baas & Huygen	20
4.3 Methode Commissie van Deskundigen	21
4.4 Keuze van de methode	22
4.5 Concentraties buiten de kas	23
5 Dampdruk van de bestrijdingsmiddelen	25
6 Toedieningstechnieken	29
6.1 Hoogvolume technieken	29
6.2 Laagvolume technieken	30
6.3 Ruimtebehandelingen	31
6.4 Omvang van de toedieningstechnieken	32
6.5 Toediening algemeen	32
7 Doseringen van de bestrijdingsmiddelen	33
7.1 Dosering per toediening	33
7.2 Toedieningsfrequentie	33
8 Oppervlakte, bouw en ventilatievoud van kassen	35
8.1 Oppervlakte en vorm	35
8.2 Bouw	35
8.3 Ventilatievoud	36
9 Rekenschema voor concentraties in de lucht	37
10 Berekende concentraties in de lijwervel	41
11 Gevoeligheidsanalyse voor invoerparameters bij de blootstellingsberekening	45
12 Gelijktijdige en opeenvolgende blootstelling	49
12.1 Gelijktijdige toediening in dezelfde kas	49
12.2 Gelijktijdige toediening in twee naast elkaar gelegen kassen	49
12.3 Opeenvolgende toediening	51
13 Mogelijke gezondheidseffecten bij omwonenden	53
13.1 Inleiding	53
13.2 Werkwijzen bij de risicobeoordeling	54
13.3 Resultaten van de risicobeoordeling per stof	56

13.4 Risico's van combinaties van stoffen	62
13.5 Bespreking toxicologische evaluatie	64
14 Algemene bespreking, conclusies en aanbevelingen	67
14.1 Onderzoekmethodiek	67
14.2 Resultaten	68
14.3 Aanbevelingen	69
Literatuur	71
<i>Aanhangsels</i>	
1 Acceptable daily intake	73
2 Toxiciteitsprofielen	75
3 Omschrijving van termen en afkortingen	89

Woord vooraf

Dit onderzoek werd opgezet naar aanleiding van discussies over de blootstelling van omwonenden van tuinbouwkassen aan bestrijdingsmiddelen via de lucht en over de toxicologische betekenis daarvan. Het onderzoek had een inventariserend karakter, met onderdelen als analyse van de teeltsystemen, berekening van emissie en blootstelling, en evaluatie van de toxicologische betekenis. Het project was getiteld: 'Bestrijdingsmiddelen in de lucht rond tuinbouwkassen: schatting van blootstelling en effecten t.a.v. omwonenden'. De verkorte werktitel van het project luidde 'Afstandscriteria kassen'.

Van de auteurs werken M. Leistra, J.W. Deneer en A.M. Matser bij Alterra te Wageningen, M. van der Staaij en R.J.M. Meijer bij het Praktijkonderzoek Plant en Omgeving – Sector Glastuinbouw te Naaldwijk, en B.J.W.G. Mensink en P.J.C.M. Janssen bij het Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu te Bilthoven.

De projectnummers bij de instituten zijn: 020-10897 bij Alterra, 433101 bij Praktijkonderzoek Plant en Omgeving – Sector Glastuinbouw en M/601506/01/EK bij RIVM.

Het project werd gefinancierd door het Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer. Kenmerk BWL/2000148850 en Zaaknummer 2000.060.35. De projectcoördinator bij VROM was de heer ir M.P.H. de Roos.

De Begeleidingscommissie voor dit project bestond uit de volgende personen:
De heer ir M.P.H. de Roos, Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer, voorzitter.
Mevrouw ing M.M. Lagerwerf, Projectbureau Glastuinbouw en Milieu, secretaris.
De heer ir G.J.M.J. Brueren, Land- en Tuinbouworganisatie Nederland.
De heer A.J.M. van der Burg, Gemeente de Lier.
De heer ing P. Holtes, Provincie Noord-Holland.
De heer ir G.J.W. Moorman, Ministerie van Landbouw, Natuurbeheer en Visserij.
De heer ing R. Quick, Milieubureau Westland.

Het onderzoek werd uitgevoerd in de periode januari tot juni 2001.

Een omschrijving van herhaaldelijk gebruikte niet-alledaagse technisch-wetenschappelijke termen is gegeven in Aanhangsel 3.

Samenvatting

In glastuinbouwgebieden komen situaties voor waarbij kassen en woonhuizen op korte afstand van elkaar zijn gebouwd (van bijv. enkele tientallen meters of minder). In de kassen worden bestrijdingsmiddelen gebruikt bij de bescherming van het gewas en de vraag rijst aan welke concentraties de omwonenden van de kassen via de lucht worden blootgesteld. De bijbehorende vraag is wat de mogelijke effecten zijn van deze blootstelling. De vragen zijn actueel geworden in procedures voor het verlenen van vergunningen aan glastuinders in het kader van de Wet Milieubeheer.

De belangrijkste gewassen in de glastuinbouw en de daarbij gebruikte bestrijdingsmiddelen werden geïnventariseerd. Voor het huidige onderzoek werden geselecteerd de chemische middelen die 1) in aanzienlijke omvang worden gebruikt, 2) via bespuiting en/of ruimtebehandeling worden toegediend en 3) een matig tot hoge dampdruk hebben. Het resultaat is een lijst met 24 meest relevante bestrijdingsmiddelen, vooral insecticiden/acariciden en fungiciden.

De beginconcentratie van een bestrijdingsmiddel in de kaslucht werd afgeleid van gepubliceerde metingen voor enkele middelen en toedieningstechnieken. Het verloop van de concentratie in de kaslucht met de tijd wordt bepaald door depositie op de oppervlakken in de kas en door ventilatie naar de buitenlucht. De bronsterkte van ventilatie naar buiten werd ingevoerd in een empirische vergelijking voor berekening van de concentratie bestrijdingsmiddel in de lijwervel van de kas.

De meest betrouwbare waarden werden verzameld voor de dampdruk van de bestrijdingsmiddelen, die mede de beginconcentratie in de kaslucht bepaalt. Bij de toedieningstechnieken overheersen de hoogvolume bespuitingen en de ruimtebehandelingen. De doseringen van de bestrijdingsmiddelen werden afgeleid uit de aanbevolen concentraties in de spuitvloeistof en uit standaardtabellen met spuitvolumina per teeltsituatie. De berekeningen werden uitgevoerd voor een standaardkas van 1 ha, met een hoogte van 4,5 m en een ventilatievoud voor ontwijking van kaslucht naar buiten van 0,6 per uur (bij windsnelheid 4 m/s).

Berekend werden de concentraties bestrijdingsmiddel in de lijwervel benedenwinds van een standaardkas (tot op maximaal 30 m van de kasgevel), verdeeld over het eerste uur na toediening. De berekeningen werden uitgevoerd voor de hoogste geschatte dosering. Voor ruimtebehandeling met middelen die in relatief hoge doseringen worden toegediend liggen de concentraties op het niveau van enkele tientallen $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Bij hoogvolume toediening van matig vluchtige middelen die in relatief hoge doseringen worden toegediend ligt het niveau van de concentraties op enkele $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Sommige (vooral nieuwere) middelen worden in relatief lage doseringen toegediend; daarvan is de berekende concentratie in de lijwervel dan ook lager. Bespuiting met een vluchtig fungicide in hoge doseringen op grond met jonge planten geeft hoge berekende concentraties.

Uit een gevoeligheidsanalyse voor een aantal invoerparameters in het rekenschema blijkt dat de concentratie in de lijwervel evenredig is met de lengte van de kas (in de windrichting) en dat de concentratie wat afneemt bij toenemende kashoogte. Verhoging van de windsnelheid geeft enige verlaging van de berekende concentratie en bij toename van het ventilatievoud neemt de concentratie duidelijk toe.

De berekende blootstelling van omwonenden in de lijwervel van de kas werd vergeleken met voorlopige grenswaarden afgeleid voor de concentratie in de lucht bij blootstelling gedurende 1 uur. Gegevens over de inhalatietoxiciteit van bestrijdingsmiddelen zijn slechts beperkt beschikbaar. In de meeste gevallen moest daarom de 'grenswaarde' voor lucht worden afgeleid van de ADI (Acceptable Daily Intake) voor opname van het bestrijdingsmiddel met voedsel. Vanwege deze extrapolatie zijn de grenswaarden dan ook voorlopig.

Voor 21 van de 24 geselecteerde bestrijdingsmiddelen worden geen schadelijke effecten verwacht als gevolg van inademing door omwonenden van kassen. Voor dienochloor (toelating tot 1 dec. 2001; opgebruik tot 1 dec. 2002) werd de voorlopige grenswaarde overschreden bij ruimtebehandeling. Deze toedieningswijze van dienochloor komt in de praktijk echter weinig voor. Voor heptenofos (toelating vervallen; opgebruik tot 1 feb. 2002) werd de voorlopige grenswaarde bij hoogvolume toediening overschreden. Gezien de beperkte overschrijding en de beperkte blootstellingsfrequentie worden voorsnog voor deze middelen geen schadelijke gezondheidseffecten verwacht. De overschrijding van de voorlopige grenswaarde moet in deze gevallen eerder gezien worden als een reden voor nadere evaluatie dan als een reden voor zorg. Bij zo'n nadere evaluatie zou het realiteitsgehalte van de aannames beter moeten worden onderzocht. Van dodemorf was te weinig toxicologische informatie beschikbaar om een risicobeoordeling uit te voeren.

Situaties werden geschetst waarin blootstelling aan twee of meer bestrijdingsmiddelen tegelijk kan plaatsvinden. Het gelijktijdig toedienen van middelen in een tankmix komt voor in de praktijk. Blootstelling aan twee of meer middelen uit verschillende kassen op dezelfde dag heeft een meer incidenteel karakter.

De mogelijke effecten van drie combinaties van enkele bestrijdingsmiddelen met overeenkomstig werkingsmechanisme (i.c. cholinesteraseremming) werden geëvalueerd. Deze combinaties kwamen in beperkte mate uit boven de gecombineerde voorlopige grenswaarden, vooral door de relatief hoge bijdrage van heptenofos. Omdat deze overschrijdingen vrijwel geheel door heptenofos worden veroorzaakt, is er geen sprake van additioneel schadelijke effecten.

De gebruikte berekeningsmethode voor blootstelling via de lucht dient in vervolgonderzoek te worden getoetst en verbeterd via metingen, met veel aandacht voor het gedrag van de bestrijdingsmiddelen in de lucht. De risicobeoordeling voor de omwonenden is indicatief; de methodiek wint aan betrouwbaarheid als meer gegevens over de inhalatietoxiciteit beschikbaar komen.

1 Inleiding

In glastuinbouwgebieden komen situaties voor waarbij kassen en woningen op korte afstand van elkaar staan. In de kassen worden bestrijdingsmiddelen gebruikt bij de bescherming van de gewassen tegen ziekten en plagen. Bestrijdingsmiddelen in de vorm van damp en fijne druppeltjes/deeltjes (aërosolen) ontwijken uit de kassen door ventilatie via kieren en ramen. Het is mogelijk dat mensen in de omgeving van de kassen via inhalatie worden blootgesteld aan meetbare concentraties van bestrijdingsmiddelen. Kernvragen zijn hoe het verloop is van de blootstelling aan bestrijdingsmiddelen in de tijd en wat de mogelijke effecten hiervan zijn op de gezondheid van de omwonenden.

De vraagstelling komt concreet aan de orde in de procedures voor het al of niet verlenen van vergunningen aan glastuinbouwbedrijven op basis van de Wet Milieubeheer. In beroepszaken bij de Afdeling Bestuursrechtspraak van de Raad van State is geconstateerd dat er te weinig onderzoekgegevens zijn over de blootstelling van mensen in de omgeving van de kassen via de lucht en over de mogelijke schadelijke effecten daarvan. Het gaat hierbij om relatief korte afstanden vanaf de kassen tot woningen van derden (minder dan 10 m, resp. minder dan 25 m).

Er zijn nog weinig metingen uitgevoerd voor bestrijdingsmiddelen in de lucht in de omgeving van tuinbouwkassen. Bekend zijn slechts metingen voor drie organofosfor insecticiden over periodes van een week (TNO, gerefereerd door Mensink & Linders, 1998). De gemeten concentraties lagen in het traject van nihil tot 0,012 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Het is niet duidelijk of er toepassingen waren van deze middelen in de omgeving van de meetpunten. Verder zal een vast meetpunt lang niet altijd in de lijwervel van een kas liggen, vanwege de variabele windrichting. De piekconcentratie als gevolg van een toediening kan dus nogal eens gemist worden. Zelfs al wordt een piek (in bijv. 1 uur) wèl bemonsterd in een totale periode van een week (= 168 uur), dan wordt de piekconcentratie enorm verdund.

Het doel van het huidige onderzoek is om via systemanalyse, berekeningen en toxicologische evaluaties een eerste overzicht te krijgen van risico's voor omwonenden van kassen. Beoogd wordt om de meest kritische bestrijdingsmiddelen, toedieningswijzen en omstandigheden te classificeren. In de worst-case benadering worden hoge doseringen in het praktische traject gekozen. Een eerste indruk dient te worden verkregen van de rol die gelijktijdige en opeenvolgende toepassingen van bestrijdingsmiddelen in de kassen spelen. Verder dient dit onderzoek de basis te leveren voor het gericht en efficiënt opzetten van experimenteel vervolgonderzoek, met metingen in praktijksituaties bij tuinbouwkassen.

Het project betreft een bureaustudie naar de emissie van bestrijdingsmiddelen uit kassen via de kaslucht en naar de mogelijke blootstelling van omwonenden aan de gassen, dampen en aërosolen. Het omvat de volgende vier hoofdonderdelen:

- analyse van de belangrijkste kasteelssystemen en de meest omvangrijke emissies van bestrijdingsmiddelen;
- verzamelen van representatieve invoergegevens voor risicovolle situaties en het opzetten van emissie- en blootstellingsberekeningen;
- bestuderen van literatuur en dossiers over de zoogdiertoxiciteit van de belangrijkste bestrijdingsmiddelen, gevolgd door voorlopige normstelling;
- coördinatie van het onderzoek, overleg met de doelgroepen en samenvattende evaluatie.

De inventarisatie van de belangrijkste gewassen in de glastuinbouw wordt gepresenteerd in Hoofdstuk 2 en die van de meest relevante bestrijdingsmiddelen in Hoofdstuk 3. De keuze van de aanpak van de berekeningen voor de kaslucht en voor de lucht buiten de kas (Hoofdstuk 4) wordt onderbouwd. De dampdruk is een belangrijke eigenschap van de bestrijdingsmiddelen (Hoofdstuk 5), maar ook de toedieningstechniek (Hoofdstuk 6) speelt een grote rol bij de luchtmissie vanuit kassen. Hoofdstuk 7 behandelt de doseringen van de bestrijdingsmiddelen, die afhankelijk zijn van gewas, aard van de aantasting en toedieningstechniek. Het standaard kasscenario voor de berekeningen wordt gepresenteerd in Hoofdstuk 8. Het rekenschema (Hoofdstuk 9) dient de concentraties in de kaslucht en in de lijwervel benedenwinds van de kas te leveren.

De resultaten van de berekening van de concentraties in de lijwervel benedenwinds van de standaardkas worden gepresenteerd in Hoofdstuk 10. Via gevoeligheidsanalyse (Hoofdstuk 11) wordt de invloed van kasopbouw en omgevingsfactoren op de berekende concentraties nagegaan. Situaties waarin gelijktijdige en opeenvolgende blootstelling aan verschillende bestrijdingsmiddelen kunnen plaatsvinden worden beschreven in Hoofdstuk 12. Hoofdstuk 13 presenteert de werkwijze bij de toxicologische evaluatie en de resulterende voorlopige grenswaarden voor bestrijdingsmiddelen in de lucht. Vervolgens wordt de berekende blootstelling vergeleken met deze grenswaarden. Tenslotte (Hoofdstuk 14) volgen de algemene bespreking, de conclusies en de aanbevelingen.

2 Inventarisatie van de belangrijkste teelten en gewassen

Een overzicht van de belangrijkste teelten in de glastuinbouw (jaar 2000) wordt gegeven in Tabel 1. De groenten worden vooral geteeld in Zuid-Holland (2478 ha), Noord-Brabant (729 ha) en Limburg (539 ha). De meeste snijbloemen/potplanten/perkplanten worden geteeld in Zuid-Holland (3555 ha), Noord-Holland (945 ha) en Gelderland (532 ha).

Tabel 1. Overzicht van de belangrijkste teelten in de glastuinbouw (van Woerden & Bakker, 2001)

Teelt	Oppervlakte (ha)	Bijzonderheden
Groenten	4351	waarvan 3220 ha op substraat
Snijbloemen	4062	waarvan 1259 ha op substraat
Potplanten, bloeiend	685	
Potplanten, blad	602	
Perkplanten	506	
Totaal glastuinbouw	10883	

De belangrijkste gewassen in elke teeltgroep (jaar 2000) zijn vermeld in Tabel 2.

In de groenteteelt wordt relatief veel aan geïntegreerde gewasbescherming gedaan. Komkommer, paprika en tomaat zijn representatieve gewassen voor de substraatteelt. Ruimtebehandeling met dichloorvos wordt hier zonodig uitgevoerd tussen twee teelten, enkele malen per jaar. Er zijn ook typische grondteelten, zoals radijs.

In de bloemeteelt wordt relatief veel chemische gewasbescherming toegepast. Roos en chrysaant zijn belangrijke vertegenwoordigers van deze groep gewassen. De grondteelten zijn in deze teeltgroep relatief belangrijk.

De groep pot- en perkplanten omvat zeer veel gewassen. Kalanchoë en potchrysaant worden gekozen als voorbeelden van bloeiende planten; Hedera en Ficus dienen als voorbeelden van bladplanten.

Tabel 2. Belangrijkste gewassen in de teeltgroepen (van Woerden & Bakker, 2001)

Teelt	Gewas	Oppervlakte (ha)
Groenten	Paprika	1207
	Tomaat	1185
	Komkommer	682
	Radijs	157
	Aubergine	76
	Overige groenten, incl. meloen	581
	Opkweek	169
Bloemen	Roos	958
	Chrysant	821
	Lelie	283
	Gerbera	247
	Fresia	232
	Orchidee	211
	Alstroemeria	126
	Anjer	94
	Overige snijbloemen	659
	Opkweek	204
	Potplanten, bloeiend	Bijv. Kalanchoë, Potchrysant
Potplanten, blad	Bijv. Hedera, Ficus	602
Perkplanten		506
Overige bloemkwekerijproducten		259

3 Inventarisatie van de meest-relevante bestrijdingsmiddelen

Het doel van dit hoofdstuk is het opstellen van de lijst van de bestrijdingsmiddelen die het meest relevant zijn voor de luchtemissie uit kassen. Een eerdere lijst van bestrijdingsmiddelen die werden toegepast in de totale glastuinbouw werd opgesteld in het kader van de GLAMI inventarisatie voor het jaar 1997 (Liefstijn et al., 2000). Sinds 1997 zijn er diverse veranderingen opgetreden in de toelatingen van de bestrijdingsmiddelen. Daarvoor zijn verschillende oorzaken, zoals:

- residuen in voedingsgewassen leveren risico op voor de consument;
- de blootstelling van de toepassers levert risico;
- er is kans op onaanvaardbaar milieurisico;
- het middel heeft een te breed werkingsspectrum;
- aanvullend onderzoek werd niet op tijd door de firma geleverd;
- de omzet was voor de firma te laag om investeringen te doen in onderzoek en toelating;
- enkele nieuwe middelen zijn toegelaten.

In dit hoofdstuk worden lijsten gegeven van de bestrijdingsmiddelen die begin maart 2001 het meest actueel waren. De resulterende lijst van insecticiden, acariciden en mollusciciden is gegeven in Tabel 3. Bij elk middel wordt aangegeven of er een bijzondere wettelijke status was per begin maart 2001. De veranderingen in de status van de 'onmisbaar verklaarde middelen' worden bijgehouden door de Plantenziektenkundige Dienst (2001). De 'diverse' toedieningswijzen omvatten veelal bespuitingen en ruimtebehandelingen waarbij het middel (deels) in dampvorm en in fijne druppeltjes in de kaslucht voorkomt. Indien het middel (grotendeels) op een wijze wordt toegediend die nauwelijks concentraties in de kaslucht geven, dan wordt dat aangegeven. Mogelijke andere redenen voor beperkte relevantie worden in een aparte kolom vermeld.

In de laatste kolom van Tabel 3 wordt aangegeven of het bestrijdingsmiddel verder wordt meegenomen in het huidige project. Meegenomen worden de middelen met de volgende combinatie van karakteristieken:

- toediening via bespuiting en/of ruimtebehandeling
- een matig tot hoge dampdruk
- een aanzienlijke omvang van het gebruik
- chemisch middel

Als een middel aan één van deze karakteristieken niet voldoet dan valt het af voor de verdere fasen van het huidige onderzoek.

Tabel 3. Brutolijst van insecticiden, acariciden en mollusciciden gebruikt in de glastuinbouw, met hun relevantie voor het huidige project

Werkzame stof	Toegepast in	Bijzonderheden toelating	Belangrijkste toedieningswijze	Verdere bijzonderheden	Meegenomen in huidige project?
abamectine	Groenten, sierteelt		Diverse	Zeer lage dampdruk	Nee
acefaat	Sierteelt		Diverse		Ja
aldicarb	Sierteelt		Als granulaat gestrooid op grond		Nee
amitraz	Groenten, sierteelt		Diverse	Beperkt gebruik	Nee
Bacillus thuringiensis	Groenten, sierteelt		Diverse	Biologisch	Nee
buprofezin	Groenten, sierteelt		Diverse	Beperkt gebruik	Nee
carbaryl	Radijs, rammenas	Vervallen	Diverse		Nee
carbofuran	Sierteelt	Onmisbaar verklaard (onzeker)	Diverse		Ja
chlofentezine	Groenten, sierteelt		Diverse	Beperkt gebruik	Nee
chloorpyrifos	Sierteelt	Onmisbaar verklaard (onzeker)	Als granulaat op grond		Nee
cyromazine	Sierteelt		Diverse	Beperkt gebruik, zeer lage dampdruk	Nee
dichloorvos	Groenten, sierteelt	Onmisbaar verklaard (op recept)	Ruimtebehandeling		Ja
dicofol	Groenten, sierteelt		Diverse	Beperkt gebruik	Nee
dienochloor	Sierteelt	Opgebruik tot 1 dec. 2002	Diverse		Ja
diflubenzuron	Sierteelt		Diverse	Beperkt gebruik, zeer lage dampdruk	Nee
dimethoat	Sierteelt		Diverse	Beperkt gebruik	Nee
fenamifos	Sierteelt		Als granulaat gestrooid op grond		Nee
Fenbutatin-oxide	Groenten	Onmisbaar verklaard (onzeker)	Diverse	Zeer lage dampdruk	Nee
flucycloxuron	Sierteelt		Diverse	Zeer lage dampdruk	Nee
hexythiazox	Groenten, sierteelt		Diverse	Zeer lage dampdruk	Nee
heptenofos	Groenten, sierteelt	Opgebruik tot 1 feb. 2002	Diverse		Ja

imidacloprid	Groenten, sierteelt		Druppelen, aangieten	Zeer lage dampdruk	Nee
metaldehyde	Groenten, sierteelt		Korrels tegen slakken	Beperkt gebruik	Nee
methamidofos	Sierteelt	Opgebruik tot 1 dec. 2002		Beperkt gebruik	Nee
methiocarb	Groenten, sierteelt		Diverse		Ja
methomyl	Groenten, sierteelt		Diverse		Ja
omethoaat	Sierteelt	Opgebruik tot 1 juni 2002		Beperkt gebruik	Nee
oxydemeton-methyl	Sierteelt		Diverse	Beperkt gebruik	Nee
piperonyl-butoxide/pyrethrinen	Groenten, sierteelt		Diverse	Biologisch	Nee
pirimicarb	Groenten, sierteelt		Diverse		Ja
pirimifos-methyl	Groenten, sierteelt	Onmisbaar verklaard (onzeker)	Diverse		Ja
pyridaben	Groenten, sierteelt		Diverse		Ja
pyriproxyfen	Groenten, sierteelt		Diverse	Zeer lage dampdruk	Nee
Spodoptera exigua kernpolyeder virus	Groenten, sierteelt		Diverse	Biologisch	Nee
tebufenpyrad	Sierteelt	Nieuw toegelaten	Diverse	Zeer lage dampdruk	Nee
teflubenzuron	Groenten, sierteelt		Diverse	Zeer lage dampdruk	Nee
thiocyclam-waterstofoxalaat	Sierteelt		Diverse	Beperkt gebruik	Nee
thiodicarb	Sierteelt		Granulaat tegen slakken	Beperkt gebruik	Nee
triazamaat	Sierteelt	Vrij nieuw middel	Diverse		Ja
Verticillium lecanii	Groenten, sierteelt		Diverse	Biologisch	Nee

De actuele fungiciden zijn gegeven in Tabel 4, met enkele karakteristieken die bepalen of een middel al of niet wordt meegenomen in het huidige project (zie laatste kolom).

Tabel 4. Brutolijst van fungiciden gebruikt in de glastuinbouw, met hun relevantie voor het huidige project

Werkzame stof	Toegepast in	Bijzonderheden toelating	Belangrijkste toedieningswijze	Verdere bijzonderheden	Meegenomen in huidige project?
benomyl	Groenten, sierteelt		Diverse	Beperkt gebruik, zeer lage dampdruk	Nee
bitertanol	Groenten, sierteelt	Voornemen beëindiging per 1 dec. 2002	Diverse	Zeer lage dampdruk	Nee
bupirimaat	Groenten, sierteelt		Diverse		Ja
captan	Aardbei		Diverse	Beperkt gebruik	Nee
carbendazim	Groenten, sierteelt		Diverse		Ja
carbendazim+diethofencarb	Groenten, sierteelt		Diverse	Beperkt gebruik	Nee
chloorthalonil	Groenten, sierteelt	Vervallen per 24 feb. 2001	Diverse		Nee
dodemorf	Sierteelt		Diverse		Ja
etridiazool	Groente, sierteelt		Druppelen, gieten, grond		Nee
fenarimol	Groenten, sierteelt	Alleen niet-grondgebonden	Diverse		Ja
folpet	Sierteelt		Diverse	Beperkt gebruik	Nee
fosetyl-aluminium	Groenten, sierteelt		Diverse+druppelen/aangieten	Zeer lage dampdruk	nee
furalaxyl	Sierteelt	Opgebruik tot 2002		Beperkt gebruik	Nee
imazalil	Groenten, sierteelt		Diverse		Ja
iprodion	Groenten, sierteelt		Diverse	Zeer lage dampdruk	Nee
kresoxim-methyl	Sierteelt	Nieuw toegelaten	Diverse	Zeer lage dampdruk	Nee
mancozeb	Sierteelt		Diverse	Complex met mangaan en zink	Nee
prochloraz	Sierteelt		Diverse	Beperkt gebruik	Nee
procymidon	Groenten, sierteelt		Diverse	Beperkt gebruik	Nee
propamocarb	Groenten, sierteelt		Druppelen, aangieten		Nee
pyrimethanil	Groenten	Nieuw toegelaten	Diverse	Beperkt gebruik	Nee
thiofanaat-methyl	Groenten, sierteelt		Diverse	Zeer lage dampdruk	Nee
thiram	Groenten, sierteelt		Diverse		Ja

tolclofos-methyl	Groenten, sierteelt	Op grond na planten	Ja
tolyfluanide	Groenten, sierteelt	Diverse	Ja
triflumizool	Groenten, sierteelt	Diverse	Ja
triforine	Groenten, sierteelt	Diverse	Ja
vinchlozolin	Groenten, sierteelt	Diverse	Ja
zwavel	Groenten, sierteelt	Diverse	Ja

Een kleine groep middelen die in kassen wordt gebruikt is die van de groeiregulatoren, waarvan enkele karakteristieken zijn gegeven in Tabel 5. Alleen daminozide wordt meegenomen in het huidige project.

Tabel 5. Groeiregulatoren gebruikt in de glastuinbouw

Werkzame stof	Toegepast in	Bijzonderheden toelating	Belangrijkste toedieningswijze	Verdere bijzonderheden	Meegenomen in huidige project?
chloormequat	Groenten, sierteelt		Diverse	Zeër lage dampdruk	Nee
daminozide	Sierteelt		Diverse		Ja
ethefon	Groenten		Diverse	Zeër lage dampdruk	Nee

Zeër beperkt worden enkele herbiciden gebruikt, met name in enkele grondteelten. Deze groep middelen wordt niet meegenomen in dit project.

De status van de 'onmisbaar verklaarde middelen' is onzeker. Voortzetting van de voorlopige toelating is afhankelijk gesteld van acties door toelatinghouders en gebruikers. Als eerste moeten de toelatinghouders een aanvraag indienen. Ten tweede moet de teeltsector aangeven aan welke alternatieven voor het middel wordt gewerkt. Alleen voortzetting van het gebruik van dichloorvos (op recept) lijkt nu vrij zeker, althans voor telers die geïntegreerd gewasbeschermen (bijv. Milieu Bewuste Teelt).

Van enkele potentieel relevante bestrijdingsmiddelen is de dampdruk zeer laag. Een voorbeeld is fenbutatinoxide, dat met LVM (Low Volume Mister) werd toegediend in het onderzoek van Baas & Huygen (1992). Direct na ruimtebehandeling werd slechts 10% van de dosering in de kaslucht aangetroffen. Het lijkt er op dat zulke stoffen sterk de neiging hebben om zich op de kasoppervlakken af te zetten. In analogie met de indeling van Baas & Huygen (1992) wordt de indeling voor zeer lage dampdruk gelegd bij < 0,01 mPa. Uit literatuuronderzoek is bekend dat middelen met deze lage dampdrukken zeer geringe neiging tot vervluchtiging vanaf oppervlakken vertonen (Smit et al., 1998). De potentieel relevante middelen met een zeer lage dampdruk zijn vermeld in Tabel 6; deze middelen worden in dit project verder niet meegenomen.

Tabel 6. Bestrijdingsmiddelen met een omvangrijk gebruik en die bovendien verspoten worden, maar die een zeer lage dampdruk hebben (volgens Tomlin, 2000)

Groep	Werkzame stof	Dampdruk (mPa)	
Insecticiden etc.	abamectine	$< 2 \cdot 10^{-4}$ (geen temp.)	
	cyromazine	$4,48 \cdot 10^{-4}$ (25 °C)	
	diflubenzuron	$1,2 \cdot 10^{-4}$ (25 °C)	
	fenbutatinoxide	$8,5 \cdot 10^{-5}$ (20 °C)	
	flucycloxon	$5,4 \cdot 10^{-5}$ (25 °C)	
	hexythiazox	$3,4 \cdot 10^{-3}$ (20 °C)	
	imidacloprid	$4 \cdot 10^{-7}$ (20 °C)	
	pyriproxyfen	$< 0,013$ (23 °C)	
	tebufenpyrad	$< 1 \cdot 10^{-2}$ (25 °C)	
	teflubenzuron	$8 \cdot 10^{-7}$ (20 °C)	
	Fungiciden	benomyl	$< 5,0 \cdot 10^{-3}$ (25 °C)
		bitertanol	$\leq 2,5 \cdot 10^{-6}$ (20 °C)
fosetyl-aluminium		$< 1,3 \cdot 10^{-2}$ (25 °C)	
iprodion		$5 \cdot 10^{-4}$ (25 °C)	
kresoxim-methyl		$2,3 \cdot 10^{-3}$ (20 °C)	

Het GLAMI rapport van Liefstij et al. (2000) geeft het meest recente overzicht van de totale omvang (in kg per jaar) van het gebruik van elk van de bestrijdingsmiddelen in de glastuinbouw. Dat overzicht heeft betrekking op het jaar 1997. Na alle wijzigingen in toelatingen en gebruik zal een actueel overzicht opnieuw moeten worden samengesteld uit verspreid voorkomende detail-informatie, die deels moeilijk toegankelijk is. Het maken van nieuwe kwantitatieve schattingen van de omvang van het gebruik per middel (in kg per jaar) valt buiten het huidige project.

4 Aanpak van de emissieberekeningen

4.1 Inleiding

Direct na de toediening van een bestrijdingsmiddel via bespuiting bevindt een deel van de dosering zich in de kaslucht. Dit deel bestaat uit damp en zeer fijne druppeltjes of deeltjes, de aerosolen (omstreeks 10 μm en kleiner), die blijven zweven in de kaslucht. De wat grotere druppeltjes/deeltjes zetten zich snel af op de oppervlakken in een kas (vooral op gewas en bodem). Bij deze depositie kan men onderscheid maken tussen sedimentatie (door zwaartekracht) en impactie (door botsing). De fractie van de dosering aan damp en aerosolen hangt enerzijds af van de dampdruk van het bestrijdingsmiddel en anderzijds van de toedieningstechniek.

In de eerste uren na de toediening neemt de concentratie van een bestrijdingsmiddel in de kaslucht (damp en aerosol) vrij snel af, tengevolge van twee processen. Het eerste proces is de geleidelijk voortgaande depositie op de oppervlakken in de kas, door het blijven kleven van botsende moleculen en aerosolen. Het gaat hier om depositie op gewas, bodem, kaswanden, kasdek, installaties, (kunststof)materialen, etc. Het tweede proces is de ventilatie van het middel met kaslucht via de kieren (aangenomen dat de ramen dicht zijn) naar de buitenlucht.

De berekeningen in het huidige onderzoek hebben betrekking op de concentraties in kaslucht en buitenlucht in het eerste uur na toediening. Na het eerste uur zijn de concentraties al sterk gedaald (Baas & Huygen, 1992).

Vanaf enkele uren na de toediening kan de invloed van andere processen merkbaar worden. Afhankelijk van de dampdruk vervluchtigt het bestrijdingsmiddel geleidelijk vanaf de afzetting op de oppervlakken (Baas & Huygen, 1992). Omzetting van het bestrijdingsmiddel in de kaslucht kan een rol spelen over een periode van enkele dagen of meer. Aangezien het huidige onderzoek zich concentreert op het eerste uur na de toediening, worden deze relatief langzame processen buiten beschouwing gelaten.

In de bestudeerde literatuur zijn twee werkwijzen gevonden om de snelheid van emissie van bestrijdingsmiddelen via de kaslucht naar de buitenlucht te schatten. De werkwijzen worden kort beschreven, waarna een keuze wordt gemaakt voor de huidige studie (Paragraaf 4.4). Bij beide werkwijzen wordt de momentane snelheid van emissie van het bestrijdingsmiddel naar de buitenlucht (in $\mu\text{g/s}$) berekend uit het product van de ventilatiesnelheid van de kaslucht (in m^3/s) en de concentratie in de kaslucht ($\mu\text{g}/\text{m}^3$). De ventilatiesnelheid van de kaslucht is het product van ventilatievoud (fractie per s) en kasvolume (m^3).

In Paragraaf 4.5 wordt de berekeningswijze voor de concentraties in de buitenlucht, op korte afstand van de kas, gepresenteerd.

4.2 Methode Baas & Huygen

De methode van Baas & Huygen (1992) is gebaseerd op metingen in kassen voor drie bestrijdingsmiddelen met sterk-uiteenlopende dampdruk: dichloorvos, parathion en fenbutatinoxide. Parathion werd met drie uiteenlopende methoden toegediend: LVM, Laagvolume en Hoogvolume. De beginconcentraties in de kaslucht afgeleid uit deze metingen, uitgedrukt in percentage van de maximale concentratie, zijn weergegeven in Tabel 7. Bij de berekening van de maximale concentratie wordt verondersteld dat de hele dosering zich in de kaslucht bevindt.

Tabel 7. *Beginconcentraties van drie bestrijdingsmiddelen in de kaslucht afgeleid uit metingen voor LVM of voor drie toedieningstechnieken (voor parathion). Begin-concentraties zijn uitgedrukt als percentage van de maximale concentratie (Baas & Huygen, 1992; pag 38, pag 42)*

Werkzame stof	Dampdruk (mPa)	Toedienings- techniek	Beginconcentratie (%)
dichloorvos	2100 bij 25 °C	LVM	42
parathion	0,89 bij 20 °C	LVM	60
		LVM	71
		Laagvolume	4
fenbutatinoxide	0,000085 bij 20 °C	Hoogvolume	2
		LVM	10

Opmerkelijk in Tabel 7 is dat dichloorvos een lagere beginconcentratie (als percentage van maximaal) vertoont dan het minder vluchtige parathion (beide toegediend met LVM). Mogelijk wordt dit veroorzaakt door relatief snelle beginadsorptie van dichloorvos aan de materialen in de kas (plastics, grond). Zoals verwacht is de beginconcentratie van parathion in de kaslucht lager naarmate het middel in een groter spuitvolume (en dus met grotere druppeltjes) wordt toegediend (Tabel 7). Ondanks het toedienen van fenbutatinoxide (weinig vluchtig) met LVM was de beginconcentratie (in percentage van maximaal) laag.

De afname van de concentratie in de kaslucht werd gerelateerd aan ventilatievoud en depositiesnelheid (Baas & Huygen, 1992). Het ventilatievoud werd onafhankelijk gemeten met de tracer SF₆. Het bleek dat de depositiesnelheid in de reeks experimenten (berekend uit verschil tussen afnamesnelheid en ventilatiesnelheid) steeds ongeveer dezelfde waarde had. Dit houdt in dat de fractie damp plus aërosol van de drie bestrijdingsmiddelen die kort na de toediening nog aanwezig was ongeveer hetzelfde depositiegedrag vertoonde.

In de volgende stap vertalen Baas & Huygen (1992) hun resultaten voor de proefkassen naar een voorbeeldkas uit de praktijk. Verondersteld werd dat de depositiesnelheid gelijk blijft, en dat alleen kasafmetingen en ventilatievoud veranderden. Voor de voorbeeldkas werd gekozen: oppervlakte 2500 m² en kasinhoud 8750 m³. Als representatief ventilatievoud werd gekozen: 0,6 per uur bij een windsnelheid van 4 m/s. Aangenomen werd dat bij de groep met meest vluchtige middelen de toedieningstechniek geen invloed heeft, zodat de situatie gelijk is aan die

bij LVM-toediening. Bij de groep minst-vluchtige middelen werd een sterke verlaging van de beginconcentratie in de kaslucht met toenemende druppelgrootte verondersteld. Het resultaat van hun berekeningen is weergegeven in Tabel 8.

Tabel 8. Emissie van bestrijdingsmiddelen gedurende het eerste uur na toediening, als functie van dampdrukklasse en toedieningstechniek, bij een ventilatievoud van 0,6 per uur (Baas & Huygen, 1992). Emissie uitgedrukt als percentage van de dosering.

Dampdrukklasse (mPa)	Toedieningstechniek	Emissie (%)
> 10	Ruimtebehandeling	17
	Laag volume	17
	Hoog volume	17
0,01 tot 10	Ruimtebehandeling	19
	Laag volume	2
	Hoog volume	1
< 0,01	Ruimtebehandeling	3
	Laag volume	< 1
	Hoog volume	nihil

Beperking van deze methode is dat de indeling in slechts drie dampdrukclassen erg grof is (bij gebrek aan meer gegevens). Verder is voor elk van de drie klassen toedieningstechniek slechts één vertegenwoordiger onderzocht. De beginconcentraties zijn afgeleid uit een beperkt aantal metingen; schatting ervan op basis van de beïnvloedende factoren is nog niet mogelijk.

Volgens deze methodiek treedt emissie vanuit kassen naar de buitenlucht vooral op bij stoffen met dampdrukken > 10 mPa, ongeacht de toedieningstechniek, en bij stoffen met dampdrukken van 0,01 tot 10 mPa toegediend via ruimtebehandeling.

4.3 Methode Commissie van Deskundigen

In het kader van de emissie-evaluaties voor het Meerjarenplan Gewasbescherming (MJP-G) heeft een Commissie van Deskundigen (1996) een methodiek opgesteld voor het schatten van de emissie van bestrijdingsmiddelen vanuit kassen naar de buitenlucht. Er werden vijf dampdrukclassen onderscheiden. Bij de toedieningstechnieken werden slechts twee klassen onderscheiden. In de eerste klasse wordt LVM samengevoegd met 'foggen' (werd niet gedefinieerd). De tweede klasse technieken bevat de 'overigen'. Het resultaat van deze Commissie is weergegeven in Tabel 9.

Voor het opstellen van deze methodiek waren geen nieuwe metingen beschikbaar. De indeling in vijf dampdrukclassen (Tabel 9) was gebaseerd op een studie naar de vervluchtiging van bestrijdingsmiddelen vanaf planten in de vollegrond. Zij diende als gemeenschappelijke basis voor de emissie-evaluatie bij open en bedekte teelten. Het verschil in luchtmissie bij 'LVM, fogging' enerzijds en die bij 'overige toedieningstechnieken' anderzijds (Tabel 9) is opvallend klein en lijkt niet onderbouwd door metingen.

Tabel 9. Emissie van bestrijdingsmiddelen gedurende het eerste uur na de toediening, als functie van dampdrukklasse en toedieningstechniek (Commissie van Deskundigen, 1996). 'Fogging' en 'Overigen' werden niet gedefinieerd. Emissie uitgedrukt als percentage van de dosering.

Dampdrukklasse (mPa)	Toedieningstechniek	Emissie (%)
> 10	Alle	12,0
1 tot 10	LVM, fogging	10,5
	Overigen	9,0
0,1 tot 1	LVM, fogging	7,5
	Overigen	3,0
0,01 tot 0,1	LVM, fogging	4,5
	Overigen	1,5
< 0,01	LVM, fogging	1,5
	Overigen	0,3

4.4 Keuze van de methode

Bij de vergelijking van de methode van Baas & Huygen (1992) met die van de Commissie van Deskundigen (1996) zijn diverse aspecten van betekenis voor de keuze van de methode te gebruiken in het huidige onderzoek. De methode van de Commissie van Deskundigen (1996) was gericht op het gebruik in een brede emissie-evaluatie, voor zowel vollegrondsteelten als kasteelten. Het gevolg is dat:

- de indeling in vijf dampdrukclassen niet is onderbouwd voor luchtemissie uit kassen;
- de indeling in twee toedieningstechnieken onnodig grof is;
- de emissiepercentages gekozen voor een aantal klassen niet overeenkomen met eerdere (meer gedegen) schattingen voor kassen;
- de verschillen in emissie voor de toedieningstechnieken onverklaarbaar klein zijn;
- de methode op een vast kasscenario is geënt.

De methode van Baas & Huygen (1992) heeft voor gebruik in het huidige project een aantal pluspunten:

- de indeling in slechts drie dampdrukclassen is het maximaal haalbare op grond van de beperkte meetgegevens;
- de indeling in drie groepen toedieningstechnieken is redelijk onderbouwd;
- de emissiepercentages voor een aantal klassen komen overeen met gedegen schattingen;
- de verschillen tussen toedieningstechnieken komen overeen met gedegen schattingen;
- het rekenschema van de methode maakt keuzes in het scenario (bijv. modernisering kassen) mogelijk;
- de methode leent zich voor verfijning bij het beschikbaar komen van meer informatie.

De conclusie is dat de methode van Baas & Huygen (1992) het meest geschikt is voor het huidige project. Ook vormt de methode het beste uitgangspunt voor toekomstige verbetering.

Bij bestrijdingsmiddelen met een hoge vluchtigheid wordt de beginconcentratie in de kaslucht gesteld op 51% van de maximale concentratie (gemiddelde van twee resultaten voor dichloorvos in Tabel 7), onafhankelijk van de toedieningsmethode. Voor matig-vluchtige middelen worden in de berekeningen de beginconcentraties gebruikt zoals vermeld voor parathion in Tabel 7, afhankelijk van de toedienings-techniek.

Voor toedieningen als verdampen en roken zijn nog geen beginconcentraties in de kaslucht gemeten. In de huidige studie wordt aangenomen dat deze concentratie voor matig-vluchtige bestrijdingsmiddelen 71% is van de maximale beginconcentratie (als bij LVM).

4.5 Concentraties buiten de kas

De concentraties van de bestrijdingsmiddelen in de lucht benedenwinds van de kas worden berekend met het empirische lijwervelmodel (Baas & Huygen, 1992). Een illustratie van zo'n lijwervel wordt gegeven in Windklimaat van Nederland door Wieringa & Rijkoort (1983). Verondersteld wordt dat damp en aërosolen die vrijkomen uit de kas geheel worden opgenomen in de luchtwervel aan de zijzijde. In de lijwervel is de concentratie homogeen verdeeld gedacht. De kas wordt vereenvoudigd tot een rechthoekig gebouw en aangenomen wordt dat het benedenwindse terrein vlak is. Het model is bedoeld voor berekening van de concentratie tot op een afstand van maximaal 7x de kashoogte. Voor een kashoogte van 3,5 m is deze maximale afstand dus omstreeks 25 m, maar voor een meer moderne kashoogte van 4,5 m is deze omstreeks 30 m.

De berekeningen met het lijwervelmodel geven mogelijk alleen de orde van grootte van de in de praktijk te verwachten concentraties. In werkelijkheid is de situatie per kas zeer complex en variabel. De situatie is afhankelijk van factoren als vorm van de kas, het patroon van ventilatiekieren, windrichting, windsnelheid, atmosferische stabiliteit en objecten in de omgeving.

5 Dampdruk van de bestrijdingsmiddelen

De dampdruk van het bestrijdingsmiddel is één van de factoren die invloed heeft op de concentratie in de kaslucht, en daarmee op de emissie naar de buitenlucht. Bij doornemen van verschillende (literatuur)bronnen kan het gebeuren dat voor eenzelfde werkzame stof verschillende waarden voor de dampdruk worden gevonden. In dat geval moet de meest-betrouwbare waarde worden gekozen voor gebruik in het huidige project. In de Pesticide Manual van Tomlin (2000) wordt voor de meeste bestrijdingsmiddelen een dampdruk vermeld. De indruk bestaat dat hierin de meest-recente industriële informatie tot omstreeks 1999 redelijk goed is opgenomen.

De industrie heeft bij de aanvraag van de toelating van een middel veelal de dampdruk voor de werkzame stof aangeleverd voor het toelatingsdossier. Indien de gegevens zijn samengevat, dan zijn deze waarden beschikbaar in het milieufiche of in de milieubeoordeling van de betreffende werkzame stof. De dampdrukken in het toelatingsdossier kunnen in ouderdom en kwaliteit sterk uiteenlopen. Verder is er een achterstand bij het opstellen van de milieubeoordelingen.

In de literatuur zijn overzichten verschenen van milieu-eigenschappen van bestrijdingsmiddelen, waaronder hun dampdruk (bijv. Hornsby et al., 1996). Het gaat hierbij eveneens om gegevens van zeer uiteenlopende ouderdom. In een belangrijk deel van de gevallen is de oorsprong en dus ook de kwaliteit van deze gegevens moeilijk te beoordelen. Publicaties in de open literatuur over de originele bepalingen van dampdrukken, met mogelijk de hoogste kwaliteit, zijn schaars.

De waarden opgegeven voor de dampdruk van een bestrijdingsmiddel dienen dus kritisch te worden beoordeeld, om de meest-betrouwbare waarde te kunnen kiezen. Voor veel middelen lijkt de waarde opgegeven in Tomlin (2000) het meest betrouwbaar. Indien er nieuwere metingen zijn (vanaf 1999), met een goed-beschreven methode, dan verdienen deze de voorkeur. Het meest betrouwbaar lijken de waarden die volgens de internationaal-aanvaarde OECD richtlijnen (OECD, 1995) zijn bepaald. Verwacht wordt dat waarden verkregen voor nieuw-ontwikkelde middelen, volgens een goed-beschreven methode, betrouwbaarder zijn dan die opgegeven voor relatief oude middelen (met mogelijk onduidelijke herkomst).

In de bronnen worden de dampdrukken opgegeven voor verschillende temperaturen, meestal in het traject van 15 tot 30 °C. Voor de uniformiteit in het huidige project worden de dampdrukken zonodig omgerekend tot de waarde voor 20 °C, met behulp van de relatie tussen dampdruk en temperatuur gegeven door Leistra et al. (2001). De molaire enthalpie voor de verfluchtiging wordt daarbij gesteld op de gemiddelde waarde van $1,0 \cdot 10^5$ J/mol.

De dampdrukken gevonden voor de insecticiden, acariciden en mollusciden geselecteerd in het huidige project zijn weergegeven in Tabel 10, samen met de waarden die zijn afgeleid voor 20 °C.

Tabel 10. Dampdruk van de geselecteerde insecticiden, acariciden en mollusciden.

Werkzame stof	Opgegeven dampdruk (mPa)	Bijzonderheden	Referentie	Dampdruk (mPa) vertaald naar 20 °C
acefaat	0,226 bij 24 °C 0,23 bij 24 °C		Tomlin (2000) Milieufiche (1990)	0,13
carbofuran	0,031 bij 20 °C 2,7 bij 33 °C		Tomlin (2000) Milieufiche (1996)	0,031
dichloorvos	2100 bij 25 °C	Volgens OECD 104	Tomlin (2000)	1050
dienochloor	1600 bij 20 °C 0,29 bij 25 °C 1,33 bij 25 °C	Extrapolatie	Milieufiche (1994) Tomlin (1997) Milieufiche (1997)	0,15
heptenofos	170 bij 25 °C 130 bij 22 °C		Tomlin (2000) Milieufiche (1992)	85
methiocarb	0,015 bij 20 °C 0,038 bij 20 °C		Tomlin (2000) Milieufiche (1992)	0,015
methomyl	0,72 bij 25 °C 6,7 bij 25 °C		Tomlin (2000) Milieufiche (1990)	0,36
pirimicarb	0,40 bij 20 °C 4 bij 30 °C	Interpolatie	Tomlin (2000) Milieufiche (1998)	0,40
pirimifos-methyl	2 bij 20 °C 15 bij 20 °C		Tomlin (2000) Milieufiche (1990)	2
pyridaben	0,25 bij 20 °C		Tomlin (2000)	0,25
triazamaat	0,16 bij 25 °C		Tomlin (2000)	0,08

De dampdrukken gevonden voor de fungiciden geselecteerd voor het huidige project zijn weergegeven in Tabel 11, samen met de waarden die gelden voor 20 °C.

De dampdruk van daminozide is 22,7 mPa bij 23 °C (Tomlin, 2000), wat overeenkomt met 15 mPa bij 20 °C.

In de huidige studie wordt gewerkt met een vrij grove indeling in drie dampdrukclassen (bij gebrek aan gegevens). Onzekerheid in de dampdruk is dan met name van belang bij de begrenzing tussen de klassen. Naarmate de methode wordt gedetailleerd, met meer dampdrukclassen, speelt de betrouwbaarheid van de dampdrukwaarde een grotere rol.

Tabel 11. Dampdruk van de geselecteerde fungiciden

Werkzame stof	Opgegeven dampdruk (mPa)	Bijzonderheden	Referentie	Dampdruk (mPa) vertaald naar 20 °C
bupirimaat	0,1 bij 25 °C 0,067 bij 20 °C		Tomlin (2000) Milieufiche (1993)	0,050
carbendazim	0,09 bij 20 °C 0,0001 bij 20 °C 0,00015 – 0,1 bij 20 °C	Andere studie	Tomlin (2000) Milieufiche (1994)	0,09
dodemorf	0,48 bij 20 °C < 0,01 bij 20 °C		Tomlin (2000) Milieufiche (1993)	0,48
fenarimol	0,065 bij 25 °C		Tomlin (2000)	0,033
imazalil	0,158 bij 20 °C 0,0093 bij 20 °C		Tomlin (2000) Milieufiche (1989)	0,16
thiram	2,3 bij 25 °C < 0,1 bij kamertemp.		Tomlin (2000) Milieufiche (1990)	1,2
tolclofos-methyl	57 bij 20 °C 44,6 – 57,8 bij 20 °C		Tomlin (2000) Milieufiche (1992)	57
tolyfluanide	0,2 bij 20 °C 0,16 bij 20 °C		Tomlin (2000) Milieufiche (1992)	0,2
triflumizool	0,186 bij 25 °C 0,19 bij 25 °C		Tomlin (2000) Milieufiche (1991)	0,093
triforine	80 bij 25 °C 0,026 bij 25 °C		Tomlin (2000) Milieufiche (1990)	40
vinchlozolin	0,13 bij 20 °C < 0,01 bij 20 °C		Tomlin (2000) Milieufiche (1992)	0,13
zwavel	0,527 bij 30,4 °C	rhombisch	Tomlin (2000)	0,13

6 Toedieningstechnieken

Bestrijdingsmiddelen kunnen in principe op verschillende wijzen worden toegediend. Op een glastuinbouwbedrijf zijn veelal twee of meer technieken beschikbaar. De keuze van een techniek wordt dan bepaald door omstandigheden als verbreiding van ziekte/plaag of beschikbare tijd.

De toedieningstechnieken kunnen globaal worden ingedeeld in drie klassen:

- a) hoogvolume technieken;
- b) laagvolume technieken;
- c) ruimtebehandelingstechnieken.

6.1 Hoogvolume technieken

Het volume spuitvloeistof bij de hoogvolume technieken (gewasgericht) kan sterk uiteenlopen, van bijv. 200 tot 2000 L/ha, afhankelijk van aard en ontwikkeling van het gewas. De verticale spuitmast op een karretje rolt over buizen gelegen op de grond tussen de plantenrijen (veelal vruchtgroenten) en is via drukslang en haspel verbonden met het spuitapparaat op het verharde pad. De horizontale spuitboom beweegt zich met het spuitapparaat over een buis boven het gewas (veelal snijbloemen). Beide toedieningstechnieken zijn deels geautomatiseerd.

De spuitstok en het spuitpistool worden met de hand bediend door de toepasser, die tussen de plantenrijen of -bedden loopt. De spuit is via een hogedrukslang verbonden met het spuitapparaat op het verharde pad.

Enkele technische bijzonderheden van de hoogvolume technieken worden gegeven in Tabel 12.

Tabel 12. Bijzonderheden van de gewasgerichte hoogvolume toedieningstechnieken. VMD = volume-mediane diameter.

Hoogvolume techniek	Traject areïek volume spuitvloeistof (L/ha)	Indicatie VMD druppels (μm)	Indicatie traject druppelgroottes (μm)
Spuitmast/ spuitboom	200 – 2000	150	50 – 400
Spuitstok/ spuitpistool	200 – 2000		50 – 400

De VMD van 150 μm (50% van het spuitvolume bestaat uit druppels < 150 μm) betreft het gebruik van een Teejet spleetdop bij een spuitdruk van 1200 kPa (12 bar).

Het areïek volume spuitvloeistof wordt afgestemd op hoogte en dichtheid van het gewas. De geschatte trajecten worden gegeven in Tabel 13.

Tabel 13. Indicaties van de areïeke volumina spuitvloeistof, afhankelijk van de gewashoogte, zoals gehanteerd door het College Toelating Bestrijdingsmiddelen.

Gewashoogte (m)	Areïek volume spuitvloeistof (L/ha)
0,25 – 0,5	200 – 500
0,5 – 1,0	500 – 800
1,0 – 2,0	1000 – 1500
> 2,0	1500 – 2000

Naarmate het gewas dichter is bestaat de tendens om meer spuitvloeistof te gebruiken.

Bij verhoging van de spuitdruk bij een bepaald type spuitdop neemt het aandeel fijne druppels in het druppelgroottespectrum toe. Bij een Teejet 8002 VK spleetdop verhoogde men de spuitdruk van 250 naar 1500 kPa (2,5 naar 15 bar); daardoor nam de VMD van de druppels af van 230 tot 145 μm . In de praktijk wordt vaak gewerkt met spuitdrukken van 1200 kPa (12 bar) en hoger.

De meest-gebruikte spuitdoppen bij spuitmast en spuitboom zijn van het spleetdop-type 8002 en 11002. De getallen 80 en 110 geven de tophoek van de spuitkegel aan (80 ° en 110 °), terwijl de toevoeging 02 de vloeistofafgifte aanduidt (1,6 L/min bij 1200 kPa). Bij de spuitstok worden holkegel of volkegel werveldoppen gebruikt. Een spuitpistool is veelal voorzien van een rondstraaldop.

Bij hoogvolumetechnieken die gericht zijn op de plantvoet, zoals druppelen en aangieten, ontstaan nauwelijks fijne druppeltjes. Ze worden als weinig relevant voor luchtemissie buiten beschouwing gelaten.

6.2 Laagvolume technieken

Zoals de naam zegt gebruikt men bij deze groep technieken een laag toedieningsvolume (t.o.v. de hoogvolume technieken), in het traject van 40 tot 100 L/ha. De behandelingen richten zich op het gewas in de kas. De meeste van de verspoten druppeltjes zijn duidelijk groter dan de druppeltjes/deeltjes verspreid bij ruimtebehandeling.

Een overzicht van enkele bijzonderheden van de laagvolume technieken wordt gegeven in Tabel 14.

Tabel 14. Enkele technische bijzonderheden van laagvolume technieken

Laagvolume techniek	Indicatie areïek volume spuitvloeistof (L/ha)	Indicatie VMD druppels (μm)	Indicatie traject druppelgroottes (μm)
Spraymaster	40	80	60 - 100
Colfogger	75	50	30 - 70
Motor-rugverneelaar	100	100	50 - 200

De Spraymaster (voorzien van een kooivernevelaar) is een modern apparaat dat zich automatisch over een buis boven het gewas beweegt. De colfogger en motorrugvernevelaar zijn gedragen spuitapparaten, die al langer in gebruik zijn. De karakterisering van de druppelgroottes geeft slechts een indicatie omdat factoren als type spuitdop, spuitdruk en type formulering hierop invloed hebben.

De omvang van het gebruik van laagvolume technieken is beperkt t.o.v. hoogvolume toediening en ruimtebehandeling. De huidige studie wordt verder gericht op de twee meer uiterste groepen toedieningstechnieken.

6.3 Ruimtebehandelingen

Bij deze technieken wordt het bestrijdingsmiddel in geconcentreerde vorm als fijne druppeltjes/deeltjes en damp verspreid in de kasruimte. Tijdens de toediening en enkele uren daarna dienen de ramen gesloten te zijn (vandaar toediening in avond en nacht). Verwacht mag worden dat deze technieken de hoogste beginconcentraties aan bestrijdingsmiddel in de kaslucht geven. De volume-mediane diameter (VMD) van de druppeltjes is slechts enkele tientallen μm of lager. Veel van de verspreide deeltjes blijven dan ook langdurig zweven in de kaslucht en kunnen via ventilatie naar de buitenlucht emitteren, evenals de damp.

Bijzonderheden van technieken gericht op ruimtebehandeling zijn gegeven in Tabel 15. De LVM techniek (Low Volume Mister) wordt als representant van deze groep gekozen, omdat daarvoor meetgegevens beschikbaar zijn. Verder is LVM de belangrijkste vertegenwoordiger van deze groep.

Tabel 15. Enkele technische bijzonderheden van ruimtebehandelingstechnieken. LVM = Low Volume Mister

Ruimtebehandelings-techniek	Vorm toediening	Indicatie VMD deeltjes (μm)	Indicatie traject deeltjesgroottes (μm)
LVM	Vloeistof, 6 – 10 L/ha	10 - 30	10 - 40
Gasvernevelaar (65 °C)	Vloeistof, 10 – 40 L/ha	12	0,1 - 25
Stuifapparatuur	Fijn poeder		5 - 25
Roken	Rookdoos		< 5
Strooien	Strooien gevolgd door verdampen		
Zwavelverdamper	Electrisch verhit in verdampings-potje		
Spuitbus	Onder druk	5 - 40	

Bij gasnevelen wordt verhit tot bijv. 65 °C, waardoor relatief veel middel in dampvorm zal overgaan. Verder kan het water in de spuitvloeistof relatief snel verdampen, waardoor het aandeel aërosolen toeneemt.

Een bijzondere wijze van ruimtebehandeling is die via een rookdoos. Na het aansteken van de lont verbrandt de vulstof in de rookdoos, waardoor het bestrijdingsmiddel vrijkomt en zich in een wolk verspreidt. De vorming van deze

wolk verloopt snel. Voorbeelden van middelen die via roken kunnen worden toegediend zijn pirimicarb (insecticide) en imazalil (fungicide).

Het verdampen van zwavel ter bestrijding van meeldauw (o.a. paprika, tomaat, roos) is eveneens een bijzondere toedieningstechniek. Deze stof wordt aangebracht in verdampingspotjes die elektrisch worden verhit. De frequentie en duur van het zwavelen kunnen sterk uiteenlopen, van 1 uur per week tot 8 uur iedere nacht (evt. preventief). Bij de langdurige toediening loopt de dosering uiteraard op. Zwavel wordt gebruikt in zowel gangbare als biologische systemen van gewasbescherming. Voor het inzetten van biologische bestrijders moet het zwavelen worden onderbroken en moet de S concentratie sterk zijn gedaald.

6.4 Omvang van de toedieningstechnieken

Glastuinbouwbedrijven beschikken vaak over minstens twee types toedieningstechniek:

- a) voor hoogvolume gewasbehandeling met spuitmast, spuitboom, spuitstok of spuitpistool;
- b) voor ruimtebehandeling met LVM of gasvernevelaar.

Van de groentetelers die gewasbehandelingen moeten uitvoeren gebruikt 90% een spuitmast. Daarnaast heeft 80% van de komkommertelers eveneens de beschikking over LVM of gasvernevelaar. Bij de andere groentetelers beschikt 40% over LVM of gasvernevelaar.

Bij de telers van bloemen en potplanten maakt 40% gebruik van de spuitboom, terwijl 50% toedient met spuitstok of spuitpistool. Daarnaast heeft 70% van de bloemen- en potplanten-telers de beschikking over LVM of gasvernevelaar.

De keuze van een toedieningstechniek hangt af van de te bestrijden ziekte of plaag, van de uitbreiding van de aantasting (evt. pleksgewijs), van de hoeveelheid tijd die de tuinder heeft, etc. Zo kan LVM werkbeparing opleveren. Tegen spintmijt wordt veelal gespoten. Preventieve behandeling tegen meeldauw vindt veelal plaats met LVM, terwijl curatief veelal wordt gespoten. Spuitbussen met dichloorvos worden ingezet bij de insectenbestrijding tussen teelten.

6.5 Toediening algemeen

Informatie over de druppelgrootteverdeling bij de verschillende toedieningstechnieken is moeilijk te vinden. Alleen indicaties van VMD en 'traject' van de druppelgroottes zijn in een deel van de gevallen vermeld. Voor de onderbouwing van een relatie tussen het beginpercentage van een bestrijdingsmiddel in de kaslucht en het druppelgroottespectrum is meer gedetailleerde informatie nodig. Met name de fractie fijnste druppeltjes (kleiner dan omstreeks 10 μm) is daarbij van belang. Een complicatie is dat het druppelgroottespectrum afhankelijk is van factoren als type spuitdop, spuitdruk en toevoegingen in de formulering van het handelsproduct.

7 Doseringen van de bestrijdingsmiddelen

7.1 Dosering per toediening

Voor de emissieberekeningen is de dosering van de bestrijdingsmiddelen nodig, uitgedrukt in kg/ha. In de praktijk van de glastuinbouw worden de doseringen echter niet rechtstreeks op deze wijze uitgedrukt. Men gaat veelal uit van een hoeveelheid geformuleerd product (g of ml) met bekend aandeel werkzame stof (% , g/g, g/ml, ml/ml) per 100 liter spuitvloeistof (bijv. Oomen et al., 1999). Vervolgens spuit men het gewenste volume spuitvloeistof, bijv. in liter per ha. Uit deze grootheden moet de dosering van de werkzame stof, in kg per ha, worden berekend.

Bij het schatten van de doseringen in de glastuinbouw wordt gebruik gemaakt van een tabel met gebruikelijke volumina spuitvloeistof per oppervlak bij hoogvolume toediening. Zo'n tabel wordt ook gehanteerd door het College Toelating Bestrijdingsmiddelen (Hoofdstuk 6; Tabel 13). Het areïek volume spuitvloeistof is afhankelijk van de ontwikkeling van het gewas. Bij kleine planten is het volume spuitvloeistof, en daarmee de dosering, relatief laag. Bij een volledig ontwikkeld gewas is het volume spuitvloeistof, en daarmee de dosering, maximaal. De dosering van een bestrijdingsmiddel in een gewas kan ook nog afhangen van de aard van ziekte of plaag.

Voor de dosering van de bestrijdingsmiddelen (in kg werkzame stof per ha per toediening) in de huidige studie wordt uitgegaan van volgroeide, dichte gewassen (hoogste dosering als worst-case benadering). Voor hoogvolume toediening bij komkommer en tomaat wordt uitgegaan van maximaal 1500 L spuitvloeistof per ha; bij paprika van 2000 L/ha. Bij chrysant, ficus en kalanchoë wordt 1000 L spuitvloeistof per ha genomen; voor roos is dat 2000 L/ha.

De dosering van een middel bij ruimtebehandeling komt overeen met de dosering bij maximaal 1000 liter spuitvloeistof per ha bij hoogvolume toediening.

De geschatte maximale doseringen voor de combinaties van middelen en toedieningstechnieken zijn weergegeven in de tabellen met de rekenresultaten (Hoofdstuk 10; Tabellen 17 en 18).

De groeiregulator daminozide wordt alleen toegediend (chrysant en troschrysant) via hoogvolumetechnieken, in een dosering van 1,7 kg/ha. Per keer worden relatief kleine oppervlakken gespoten.

7.2 Toedieningsfrequentie

Insecticiden/acariciden kunnen worden toegediend met intervallen van 5 tot 7 dagen (evt. preventief). 's Zomers zijn de intervallen het kortst en 's winters het langst. Een

reeks van drie bespuitingen met een bepaald middel wordt afgewisseld met een reeks van drie bespuitingen met een ander (niet verwant) middel, om resistentie-ontwikkeling tegen te gaan.

Bij de toepassing van biologische bestrijding in de vruchtgroenteteelten worden insecticiden/acariciden ingezet in noodgevallen, als correctiemiddel. Deze toediening kan pleksgewijs of over een groter oppervlak plaatsvinden. Bij de sierteelten zijn er minder mogelijkheden tot biologische bestrijding van insecten en mijten dan bij de groenteteelten. Dit komt door de multolerantie die geldt voor diverse plaagorganismen in sierteeltproducten.

Bij de teeltwisseling in de vruchtgroenteteelten (bijv. 2 à 3 maal per jaar) vindt veelal ruimtebehandeling met dichloorvos plaats (indien beschikbaar). Het eventueel niet beschikbaar zijn van dichloorvos leidt tot toenemend gebruik van middelen als abamectine en imidacloprid.

Fungiciden kunnen worden toegediend met intervallen van 5 tot 7 dagen (evt. preventief), waarbij 's zomers de intervallen het kortst zijn. Een reeks van drie toedieningen met een middel wordt afgewisseld met drie toedieningen van een ander (niet verwant) middel, om resistentie-ontwikkeling tegen te gaan. Dit geldt zowel voor de vruchtgroenteteelt als voor de bloemeteelt. De mogelijkheden tot biologische bestrijding van schimmels zijn beperkter dan die bij insecten.

8 Oppervlakte, bouw en ventilatievoud van kassen

8.1 Oppervlakte en vorm

Een beknopt overzicht van de arealen groenteteelt en bloemisterij in de glastuinbouw, en de aantallen bedrijven in de loop der jaren is geven in Tabel 16. Het areaal glastuinbouw blijft ongeveer gelijk (groenteteelt) of neemt wat toe (bloemisterij). Het aantal bedrijven loopt geleidelijk terug. Dit betekent dat het oppervlak per bedrijf toeneemt. Een kas van 1 ha lijkt een goede benadering van de gemiddelde kasgrootte; deze oppervlakte wordt gekozen voor het standaardscenario.

Tabel 16. Areaal van teeltsectoren en aantal bedrijven in de glastuinbouw, in de loop der jaren

		Jaar					
		1995	1996	1997	1998	1999	2000
Groenteteelt	Areaal (ha)		4246	4192	4271	4282	4351
	Aantal bedrijven	4686	4411	4194	4075	3767	
Bloemisterij	Areaal (ha)		5555	5546	5528	5921	6114
	Aantal bedrijven	7399	7433	7002	6874	6781	

Het aantal vormen van kassen is eindeloos; een vierkante kas wordt gekozen als een soort gemiddelde.

8.2 Bouw

De hoogte van de kassen (destijds bijv. 3,5 m) neemt steeds meer toe. Enkele redenen zijn:

- toename van de teelt op verhoogde goten;
- toename van de teelt in een hoge-draad systeem;
- toename van belichting, waarbij de lampen minimaal 1 m boven het gewas moeten hangen;
- toename van het schermen, waarbij de schermen op 0,5 to 1 m boven de lampen moeten hangen.

Nu wordt het hoge-draad systeem vooral toegepast bij tomaat, maar ook bij komkommer zijn er mogelijkheden. Gewassen met belichting zijn o.a. roos, chrysant, fresia, potplanten, tomaat en komkommer. De afstand tussen lampen en schermen is nodig vanwege de warmte-afgifte van de lampen.

De hoogte van 4,5 m is karakteristiek voor een vrij nieuwe kas; deze hoogte wordt gekozen voor het standaardscenario.

8.3 Ventilatievoud

De berekeningen worden uitgevoerd voor kassen waarvan de ramen zijn gesloten, in overeenstemming met het advies. Het ventilatievoud van de kas (ramen dicht) wordt gesteld op 0,6 per uur, bij een windsnelheid van 4 m/s. Dit ventilatievoud wordt representatief geacht voor een moderne kas, gebouwd met aandacht voor energiebesparing.

9 Rekenschema voor concentraties in de lucht

De gegevens verzameld in de voorgaande hoofdstukken maken het mogelijk om de bronsterkte bij de emissie van bestrijdingsmiddelen vanuit de kaslucht naar de buitenlucht te berekenen. Daarop sluit aan de berekening van de concentraties van de middelen in de lijwervel van de kas. Dat zijn de concentraties waaraan de omwonenden zouden kunnen worden blootgesteld. De berekeningen zoals fragmentarisch beschreven door Baas & Huygen (1992) worden hier meer gestroomlijnd gepresenteerd. Het beschrijven van de rekenwijze wordt gecombineerd met het geven van een getalsmatig voorbeeld. Hiervoor wordt de standaard kassituatie genomen. Als toedieningsvoorbeeld wordt gekozen voor ruimtebehandeling met het insecticide pirimicarb bij paprika.

De afmetingen van de hypothetische standaardkas zijn: 100 m breed, 100 m lang en 4,5 m hoog. Geometrische rekengrootheden zijn dan:

$$O_{vl} = \text{vloeroppervlak van de kas} = 10000 \text{ m}^2.$$

$$O_{tot} = \text{totaal inwendig oppervlak in de kas} = 21800 \text{ m}^2.$$

$$V_{kas} = \text{volume kaslucht} = 45000 \text{ m}^3.$$

Het totaal inwendig oppervlak beslaat het oppervlak van bodem+wanden+kasdek.

Het voorbeeld van toediening is: ruimtebehandeling met pirimicarb bij paprika, in een dosering van 0,25 kg werkzame stof per ha.

De maximale beginconcentratie $c_{0,max}$ in de kaslucht is die waarbij de hele dosering in de kaslucht aanwezig is:

$$c_{0,max} = 0,25 \frac{\text{kg}}{\text{ha}} \cdot 10^9 \frac{\text{mg}}{\text{kg}} \cdot \frac{1 \text{ ha}}{10^4 \text{ m}^2} \cdot \frac{1,0 \text{ m}^2}{4,5 \text{ m}^3} = 5560 \frac{\text{mg}}{\text{m}^3}$$

De dampdruk van pirimicarb is 0,49 mPa bij 20 °C (middenklasse). De beginconcentratie van het middel in de kaslucht is dan $c_0 = 0,71$ maal de maximale beginconcentratie (Baas & Huygen, 1992, Tabel 13).

$$c_0 = 0,71 \cdot 5560 = 3950 \frac{\text{mg}}{\text{m}^3}$$

De snelheid van afname van de concentratie in de kaslucht c_{kas} door depositie wordt beschreven met de eerste-orde vergelijking:

$$\left(\frac{dc_{kas}}{dt} \right)_{dep} = -k_{dep} \cdot c_{kas}$$

met: c_{kas} = concentratie in de kaslucht, $\frac{mg}{m^3}$
 t = tijd, s
 k_{dep} = snelheidscoëfficiënt voor depositie, $\frac{1}{s}$

De vergelijking voor de snelheid van afname van de concentratie in kaslucht c_{kas} door ventilatie naar buiten luidt:

$$\left(\frac{dc_{kas}}{dt} \right)_{ven} = -k_{ven} \cdot c_{kas}$$

met: k_{ven} = snelheidscoëfficiënt voor ventilatie, $\frac{1}{s}$

De totale afnamesnelheid van de concentratie in de kaslucht wordt dan beschreven met:

$$\frac{dc_{kas}}{dt} = -(k_{dep} + k_{ven}) c_{kas}$$

De snelheidscoëfficiënt voor de depositie k_{dep} wordt als volgt berekend:

$$k_{dep} = \frac{v_{dep} \cdot O_{tot}}{V_{kas}}$$

met: v_{dep} = depositiesnelheid, $\frac{m}{s}$

De gemiddelde (algemene) waarde voor v_{dep} (Baas & Huygen, 1992, pag. 42) is:

$$v_{dep} = 0,055 \frac{cm}{s} \cdot \frac{1}{100} \frac{m}{cm} = 5,5 \cdot 10^{-4} \frac{m}{s}$$

Dan is :

$$k_{dep} = 5,5 \cdot 10^{-4} \frac{m}{s} \cdot \frac{21800}{45000} \frac{m^2}{m^3} = 2,66 \cdot 10^{-4} \frac{1}{s}$$

Vervolgens wordt de snelheidscoëfficiënt voor de ventilatie berekend. In het standaardscenario wordt het ventilatievoud van de kas gesteld op $0,6 \frac{1}{uur}$, bij een

windsnelheid van $4 \frac{m}{s}$. De snelheidscoëfficiënt voor de ventilatie van het bestrijdingsmiddel is gelijk aan het ventilatievoud van de kaslucht:

$$k_{ven} = \text{ventilatievoud} = 0,6 \frac{1}{uur} \cdot \frac{1}{3600} \frac{uur}{s} = 1,67 \cdot 10^{-4} \frac{1}{s}$$

De oplossing van de vergelijking voor de concentratie van het bestrijdingsmiddel in de kaslucht op tijdstip t na toediening is:

$$c_t = c_0 \cdot e^{-(k_{dep} + k_{ven}) \cdot t}$$

met: c_t = concentratie in de kaslucht op tijdstip t , $\frac{mg}{m^3}$.

De concentratie in de kaslucht op 1 uur na de toediening is:

$$c_{1uur} = 3950 \frac{mg}{m^3} \cdot e^{-(2,66 \cdot 10^{-4} + 1,67 \cdot 10^{-4}) \cdot 3600} = 3950 \cdot e^{-1,56} = 830 \frac{mg}{m^3}$$

De totale afname van de massa bestrijdingsmiddel in de kaslucht in het eerste uur is:

$$(c_0 - c_{1uur}) \cdot V_{kas} = (3950 - 830) \frac{mg}{m^3} \cdot 45000 m^3 = 1,40 \cdot 10^8 mg$$

De fractie afname door ventilatie is:

$$\frac{k_{ven}}{(k_{dep} + k_{ven})} = \frac{1,67 \cdot 10^{-4}}{(2,66 \cdot 10^{-4} + 1,67 \cdot 10^{-4})} = 0,385$$

De bronsterkte Q voor luchtmissie van het bestrijdingsmiddel uit de kas is dan:

$$Q = 0,385 \cdot 1,40 \cdot 10^8 \frac{mg}{uur} \cdot \frac{1}{3600} \frac{uur}{s} = 1,50 \cdot 10^4 \frac{mg}{s}$$

De concentratie van het bestrijdingsmiddel in de lijwervel buiten de kas (Baas & Huygen, 1992, pag. 49) wordt berekend met:

$$c_{lij} = \frac{Q}{K \cdot A \cdot u}$$

met: c_{lij} = concentratie in de lijwervel, $\frac{mg}{m^3}$

Q = bronsterkte van luchtemissie uit de kas, $\frac{mg}{s}$

K = gebouw/windrichtingsparameter, -

A = geveloppervlak kas loodrecht op de windrichting, m^2 .

u = windsnelheid op dakhoogte, $\frac{m}{s}$

Stel: K = 0,5 (gemiddelde waarde; Baas & Huygen, 1992, pag. 49).

Verondersteld wordt dat de windrichting loodrecht op de voor- en achterkant van de standaardkas staat, zodat: $A = 100 \cdot 4,5 = 450 m^2$.

De concentratie van het bestrijdingsmiddel in de lijwervel buiten de kas wordt dan:

$$c_{lij} = \frac{1,50 \cdot 10^4 \frac{mg}{s}}{0,5 \cdot 450 m^2 \cdot 4 \frac{m}{s}} = 16,7 \frac{mg}{m^3}$$

De waarden van deze concentratie worden in de tabellen met de resultaten (Hoofdstuk 10) weergegeven.

10 Berekende concentraties in de lijwervel

De doseringen van de insecticiden, acariciden en mollusciciden voor de middel-gewas combinaties en de resultaten van de berekeningen van hun concentraties in de lijwervel van de standaardkas zijn weergegeven in Tabel 17. De doseringen bij de ruimtebehandelingen geven aan dat deze per middel voor verschillende gewassen vaak overeenkomen. Bij een speciale toedieningstechniek als het roken van pirimicarb is de dosering echter duidelijk hoger. Een middel als dienochloor wordt zelden via ruimtebehandeling toegediend en ook bij methiocarb is het een weinig-gebruikte techniek.

De doseringen bij de hoogvolume toedieningen kunnen hoger zijn dan die bij ruimtebehandeling (Tabel 17), namelijk als het areïek volume spuitvloeistof hoger is dan 1000 L/ha. Dit geldt vooral voor gewassen als komkommer, paprika en roos.

Voor de ruimtebehandelingen liggen de berekende concentraties in de lijwervel veelal op het niveau van enkele tientallen $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (Tabel 17). De verschillen in deze concentratie worden vooral veroorzaakt door de verschillen in de dosering. Zo geven de relatief nieuwe middelen pyridaben, pyriproxyfen en triazamaat, met de laagste doseringen ($< 0,15$ kg/ha), berekende concentraties lager dan $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Het verschil in procentuele beginconcentratie voor de zeer vluchtige en de matig vluchtige middelen heeft daarnaast een meer bescheiden invloed op de lijwervelconcentratie.

De lijwervelconcentraties berekend voor de hoogvolume toedieningen geven relatief grote verschillen te zien (Tabel 17). Enerzijds liggen de concentraties voor de matig-vluchtige middelen op het niveau rond $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Anderzijds zijn de concentraties voor de zeer vluchtige middelen (dichloorvos, heptenofos) gelijk aan die bij ruimtebehandeling. Dit is het gevolg van de aanname dat voor zeer vluchtige middelen de procentuele beginconcentratie onafhankelijk is gesteld van de toedieningstechniek.

In Tabel 18 zijn de doseringen en de berekende lijwervelconcentraties voor de fungiciden gegeven. Bij de ruimtebehandelingen zijn de doseringen per middel voor verschillende gewassen veelal gelijk. Enkele fungiciden worden zelden of nooit voor ruimtebehandelingen gebruikt.

De doseringen van de fungiciden bij hoogvolume toedieningen (Tabel 18) kunnen hoger zijn dan die bij ruimtebehandeling, met name als er relatief veel spuitvloeistof wordt gebruikt. Dit geldt vooral voor komkommer, tomaat en roos. Van enkele fungiciden wordt een relatief hoge dosering gespoten op de kasgrond met kleine planten.

Tabel 17. Berekende concentraties van insecticiden, acariciden en molusciciden in de lijwervel, na toediening via ruimtebehandeling en hoogvolume spuiten in de standaardkas. N.v.t. = niet van toepassing. Zelden = zelden op deze wijze toegediend. Meestal = meestal op deze wijze toegediend.

Werkzame stof	Gewas	Dosering ruimte-behandeling (kg/ha)	Dosering hoogvolume (kg/ha)	Concentratie na ruimte-behandeling ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Concentratie na hoogvolume ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
acefaat	chrysan	0,38	0,38	25	0,7
	roos	0,38	0,75	25	1,4
	ficus	0,38	0,38	25	0,7
carbofuran	chrysan	0,30	0,30	20	0,6
	roos	0,30	0,60	20	1,1
	ficus	0,30	0,30	20	0,6
dichloorvos	komkommer	0,55	0,55	26	26
	tomaat	0,55	0,55	26	26
	chrysan	0,55	0,55	26	26
	roos	0,55	0,55	26	26
dienochloor	kalanchoë	0,55	0,55	26	26
	roos	0,50 zelden	1,0	33	1,9
	ficus	0,50 zelden	0,50	33	0,9
heptenofos	kalanchoë	0,50 zelden	0,50	33	0,9
	chrysan	0,25	0,25	12	12
	roos	0,25	0,50	12	24
methiocarb	kalanchoë	0,25	0,25	12	12
	komkommer	0,50	0,75 meestal	33	1,4
	chrysan	0,50	0,50 meestal	33	0,9
	roos	0,50	1,0 meestal	33	1,9
	ficus	0,50	0,50 meestal	33	0,9
methomyl	kalanchoë	0,50	0,50 meestal	33	0,9
	komkommer	0,31	0,47	21	0,9
	paprika	0,31	0,50	21	0,9
	chrysan	0,31	0,31	21	0,6
	roos	0,31	0,63	21	1,2
	ficus	0,31	0,31	21	0,6
pirimicarb	komkommer	0,25	0,38	17	0,7
	paprika	0,25	0,50	17	0,9
	paprika	0,63 roken	n.v.t.	42	n.v.t.
	ficus	0,25	0,25	17	0,5
	kalanchoë	0,25	0,25	17	0,5
pirimifos-methyl	ficus	1,0	1,0	67	1,9
pyridaben	komkommer	0,11	0,15	7,3	0,3
	paprika	0,11	0,22	7,3	0,4
triazamaat	chrysan	0,14	0,14	9,3	0,3
	roos	0,14	0,28	9,3	0,5

Lijwervelconcentraties van tientallen $\mu\text{g}/\text{m}^3$ worden berekend voor fungiciden die bij ruimtebehandeling in relatief hoge doseringen (rond 1 kg/ha) worden toegediend (Tabel 18). Thiram wordt echter zelden voor ruimtebehandeling gebruikt. Bij de wat lagere doseringen liggen de berekende concentraties op het niveau van enkele tientallen $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Enkele van de fungiciden (vooral fenarimol en imazalil) worden in zeer lage doseringen toegediend, wat voor ruimtebehandeling resulteert in berekende concentraties beneden 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Bij de fungiciden wordt het zeer vluchtige tolclofos-methyl in relatief hoge doseringen gebruikt voor de bespuiting van grond met kleine planten (Tabel 18). Voor hoogvolume toediening van dit middel worden hoge lijwervelconcentraties berekend. Ook triforine is zeer vluchtig, maar daarvan is de dosering aanzienlijk lager dan bij tolclofos-methyl. Het matig vluchtige thiram geeft een relatief hoge concentratie bij de hogere dosering die op grond met jonge radijsplantjes wordt gespoten. Bij hoogvolume toediening van matig-vluchtige middelen liggen diverse lijwervelconcentraties op het niveau van 1 µg/m³. Bij doseringen hoger dan omstreeks 1 kg/ha stijgen ze daar echter wat bovenuit tot enkele µg/m³.

Tabel 18. Berekende concentraties van fungiciden in de lijwervel, na toediening via ruimte-behandeling en hoogvolume spuiten in de standaardkas. N.v.t = niet van toepassing. Zelden = zelden op deze wijze toegediend. Meestal = meestal op deze wijze toegediend.

Werkzame stof	Gewas	Dosering ruimte-behandeling (kg/ha)	Dosering hoogvolume (kg/ha)	Concentratie na ruimte-behandeling (µg/m ³)	Concentratie na hoogvolume (µg/m ³)
bupirimaat	tomaat	0,50	0,75	33	1,4
	roos	0,50	1,0	33	1,9
carbendazim	komkommer	0,25	0,38 meestal	17	0,7
	roos	0,25	1,0 meestal	17	1,9
dodemorf	roos	1,0	2,0 meestal	67	3,8
fenarimol	komkommer	0,024	0,036	1,6	0,1
	tomaat	0,024	0,036	1,6	0,1
	roos	0,024	0,048	1,6	0,1
imazalil	komkommer	0,045 roken	0,09	3,0	0,2
thiram	komkommer	0,74 zelden	1,47	49	2,8
	tomaat	0,74 zelden	1,47	49	2,8
	radijs	n.v.t.	9,8 op grond met plantjes	n.v.t.	18
tolclofos-methyl	kalanchoë	0,98 zelden	0,98	65	1,8
	radijs	n.v.t.	2,5 op grond met plantjes	n.v.t.	120
	chrysant	n.v.t.	20 op grond met plantjes	n.v.t.	957
tolylfluamide	komkommer	0,15	1,13	10	2,1
	tomaat	0,15	1,13	10	2,1
	chrysant	0,15	0,15	10	0,3
	sierteelt	0,15	1,5	10	2,8
triflumizool	komkommer	0,115	0,23	7,7	0,4
triforine	komkommer	0,145	0,29	6,9	14
vinchlozolin	radijs	n.v.t.	2,0 op grond met plantjes	n.v.t.	3,8

Voor de concentratie van zwavel in de lijwervel van de kas is een aparte berekening nodig. De verdamping van zwavel kan plaatsvinden over een periode van verscheidene uren. Na ruim een uur wordt de stationaire situatie bereikt (Brouwer et al., 1998).

Stel er is één zwavelverdamper per 1000 m² kasoppervlak (Brouwer et al., 1998). Er zijn dan 10 verdamperen per standaardkas van 1 ha. Stel de stationaire afgifte per

verdamper is 0,6 g S per uur. Per standaardkas wordt de totale stationaire afgifte dan $10 \times 0,6 = 6,0$ g S per uur.

In de stationaire situatie is de snelheid van afgifte van zwavel gelijk aan de snelheid van afname door depositie plus ventilatie. De concentratie van zwavel in de kaslucht is dan constant.

Voor het aandeel van de ventilatie in de totale afname van zwavel in de kaslucht wordt de waarde voor de standaardkas (Hoofdstuk 9) genomen: 0,385. De bronsterkte van ventilatie van zwavel naar de buitenlucht in de stationaire situatie is dan: $0,385 \times 6,0 = 2,31$ g per uur. Dit komt overeen met 642 μg S per s.

De concentratie van zwavel in de lijwervel (Hoofdstuk 9) is dan:

$$c_{lij} = \frac{642 \frac{\text{mg}}{\text{s}}}{0,5 \cdot 450 \text{ m}^2 \cdot 4 \frac{\text{m}}{\text{s}}} = 0,71 \frac{\text{mg}}{\text{m}^3}$$

Let wel: het gaat hier om een blootstelling die aanzienlijk langer kan duren dan 1 uur. In de behandelde kassen ligt de S concentratie geruime tijd boven de reukgrens.

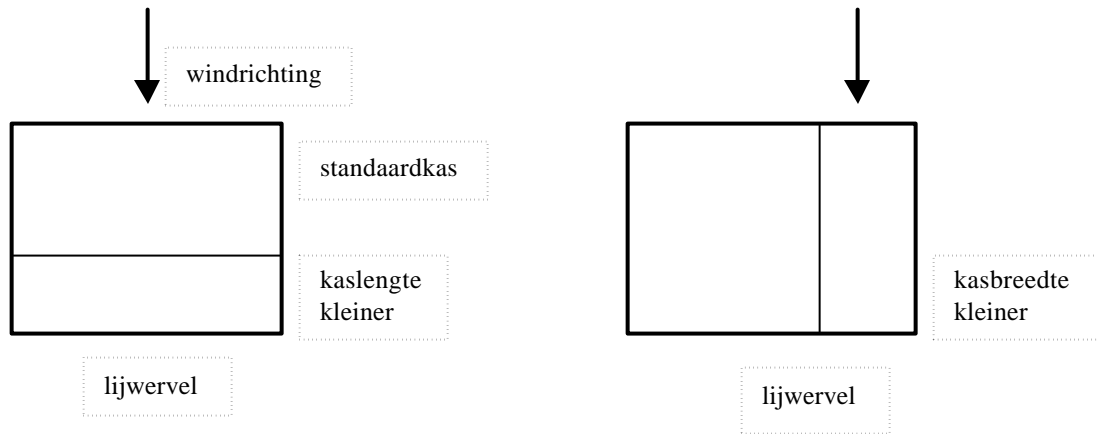
Voor de groeiregulator daminozide (zeer vluchtig) gespoten in chrysant (dosering hoogvolume 1,7 kg/ha) wordt een lijwervelconcentratie berekend van 81 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Hierbij werd aangenomen dat de hele kas in één keer wordt behandeld; in de praktijk wordt vaak een kleiner oppervlak per keer bespoten. Ruimtebehandeling met daminozide vindt niet plaats.

De hier berekende concentraties in de lijwervel worden in Paragraaf 13.3 vergeleken met (voorlopige) toxicologische grenswaarden voor de blootstelling van omwonenden van kassen via de ademhaling.

11 Gevoeligheidsanalyse voor invoerparameters bij de blootstellingsberekening

In deze gevoeligheidsanalyse wordt de invloed van een aantal factoren op de berekende concentratie bestrijdingsmiddel in de lijwervel nagegaan. Hiertoe werd het rekenschema (Hoofdstuk 9) geprogrammeerd in Quick Basic. Het rekenschema werd doorgerekend met een reeks waarden van de variabele factor (in kleine stappen). De andere variabelen werden daarbij constant gehouden op hun waarde in het standaardscenario. De toediening van pirimicarb via ruimtebehandeling bij paprika in het standaard kasscenario (Hoofdstuk 9) dient weer als voorbeeld.

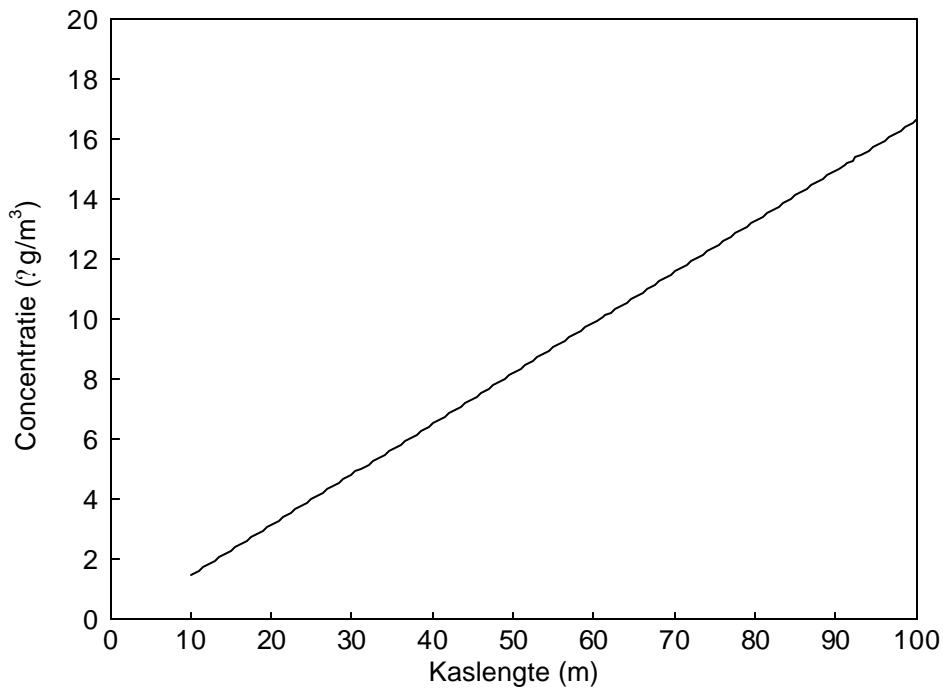
Als eerste werd de kaslengte t.o.v. de windrichting verkleind (in stapjes) van 100 m tot 10 m. De situatie is geschetst in Figuur 1.



Figuur 1. Schets van de verkleining van kaslengte en kasbreedte in de gevoeligheidsanalyse.

Het resultaat van de berekening voor verkleining van de kaslengte is weergegeven in Figuur 2. De berekende concentratie in de lijwervel blijkt evenredig te zijn met de kaslengte. Dit wordt verklaard doordat de lijwervelconcentratie evenredig is met de bronsterkte (Hoofdstuk 9), die op haar beurt weer evenredig is met het kasvolume en in ons geval ook met de kaslengte.

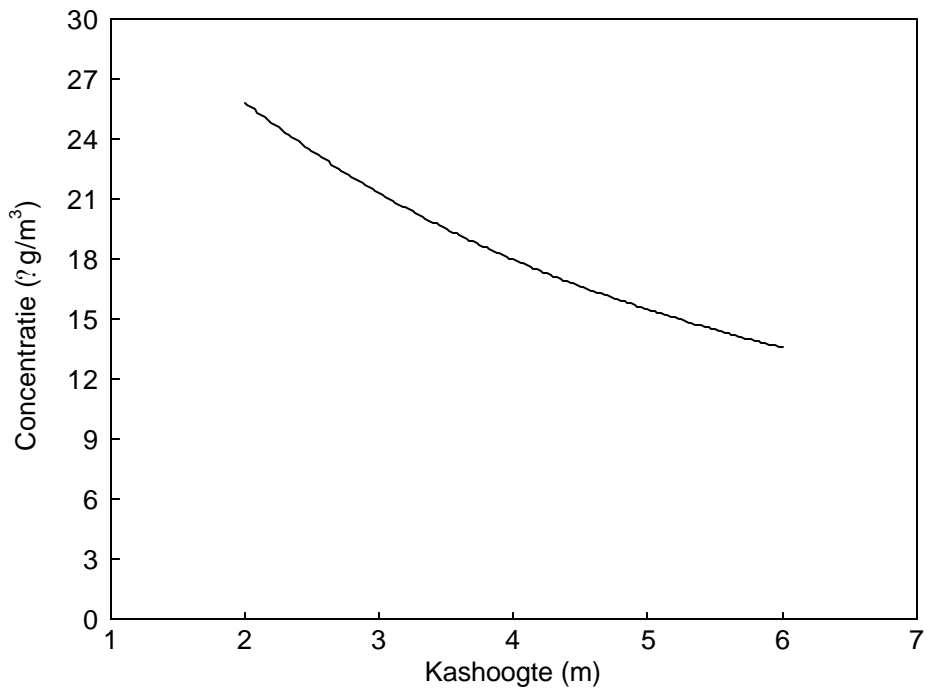
Vervolgens werd de invloed van de breedte van de kas (t.o.v. de windrichting) op de concentratie bestrijdingsmiddel in de lijwervel berekend. Vanaf de standaardbreedte van 100 m werd de kas steeds smaller gemaakt, bij gelijkblijvende kaslengte (Figuur 1). Bij versmalling vanaf 100 m is de invloed van de kasbreedte eerst klein, maar als de kas erg smal wordt (bijv. 10 m) neemt de concentratie in de lijwervel duidelijk af. De oorzaak is dat het inwendig kasoppervlak dan relatief groot wordt t.o.v. het kasvolume. Daardoor neemt het belang van de depositie op het inwendig kasoppervlak toe ten koste van het belang van de ventilatie van bestrijdingsmiddel naar de buitenlucht.



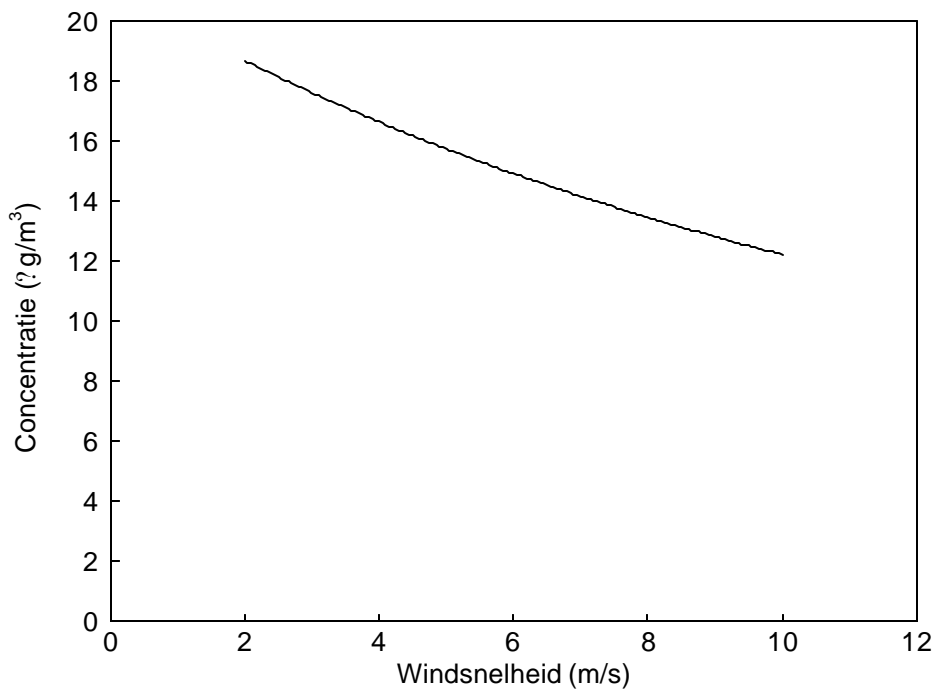
Figuur 2. Invloed van de kaslengte op de concentratie van pirimicarb in de lijwervel van de kas (eerste uur), berekend voor ruimtebehandeling bij paprika

De berekende invloed van de kashoogte op de lijwervelconcentratie is gepresenteerd in Figuur 3. De concentratie neemt af naarmate de kas hoger wordt. Het belangrijkste effect is dat het geveoppervlak loodrecht op de windrichting groter wordt bij verhoging van de kas (meer verdunning in de lijwervel). Verder neemt het kasvolume bij kasverhoging veel sterker toe dan het inwendig kasoppervlak, zodat het belang van ventilatie toeneemt ten koste van dat van depositie. Daardoor daalt de lijwervelconcentratie minder dan omgekeerd evenredig met het geveoppervlak loodrecht op de windrichting.

Toename van de windsnelheid geeft enige afname van de berekende concentratie bestrijdingsmiddel in de lijwervel (Figuur 4). In afwezigheid van depositie in de kas zou het verloop vlak zijn omdat de emissie door ventilatie dan even sterk toeneemt als de verdunning in de lijwervel. Vanwege de depositie in de kas kan de ventilatie niet evenredig met de windsnelheid toenemen, terwijl de verdunning in de lijwervel wél evenredig met de windsnelheid toeneemt. Het netto resultaat is een lichte daling van de lijwervelconcentratie met toenemende windsnelheid.



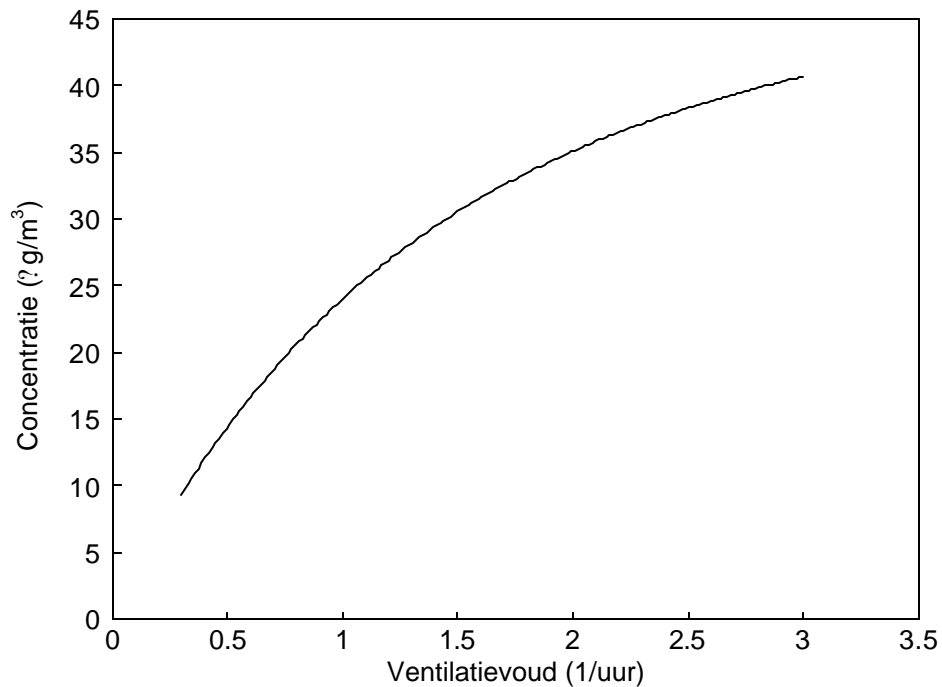
Figuur 3. Invloed van de kashoogte op de concentratie van pirimicarb in de lijwervel van de kas (eerste uur), berekend voor ruimtebehandeling bij paprika



Figuur 4. Invloed van de windsnelheid op de concentratie van pirimicarb in de lijwervel van de kas (eerste uur), berekend voor ruimtebehandeling bij paprika

Als laatste werd de invloed van het ventilatievoud van de kas op de concentratie in de lijwervel berekend. Zoals verwacht neemt deze concentratie toe bij toename van het ventilatievoud (Figuur 5). De toename is echter minder dan evenredig, vooral

omdat de voorraad bestrijdingsmiddel in de kaslucht eindig is. De curve loopt asymptotisch naar een waarde die overeenkomt met de totale beginvoorraad bestrijdingsmiddel in de kaslucht. Verder is de depositie in de kas een concurrerend proces.



Figuur 5. Invloed van het ventilatievoud op de concentratie van pirimicarb in de lijwervel van de kas (eerste uur), berekend voor ruimtebehandeling bij paprika

Het ventilatievoud van de kas blijkt een belangrijke factor te zijn bij de blootstelling van omwonenden. Door de ramen van de kas gesloten te houden kan de concentratie in de lijwervel van de kas worden beperkt. Verlaging van de ventilatie vergt dan ook aandacht bij nieuwbouw en onderhoud van kassen. Het openen van de luchtramen heeft tot gevolg dat de hoeveelheid middel in de kaslucht in korte tijd emitteert, wat leidt tot een hoge piekblootstelling. Als de ramen langer gesloten blijven en ze meer geleidelijk (in stapjes) worden geopend dan is de piek bij het openen lager.

12 Gelijktijdige en opeenvolgende blootstelling

12.1 Gelijktijdige toediening in dezelfde kas

De mogelijkheid dat twee werkzame stoffen gelijktijdig worden toegediend in een kas dient te worden bekeken. Er zijn slechts weinig handelsproducten die een mengsel van bijv. twee werkzame stoffen bevatten. Een klein aantal mogelijk actuele combinaties wordt vermeld door Oomen et al. (1999):

- carbendazim plus diethofencarb;
- carbendazim plus mancozeb;
- carbendazim plus thiram.

Een handelsproduct met een combinatie van werkzame stoffen roept allerlei vragen op betreffende de combinatietoxiciteit, wat kostbaar onderzoek vraagt. De toelatinghouders zullen daardoor niet gauw nieuwe mengsels op de markt brengen of aanbevelen. Ook in het toelatingsbeleid wordt gesteefd naar een zo specifiek mogelijk werkend handelsproduct, met weglating van mogelijk onnodige bioactiviteit.

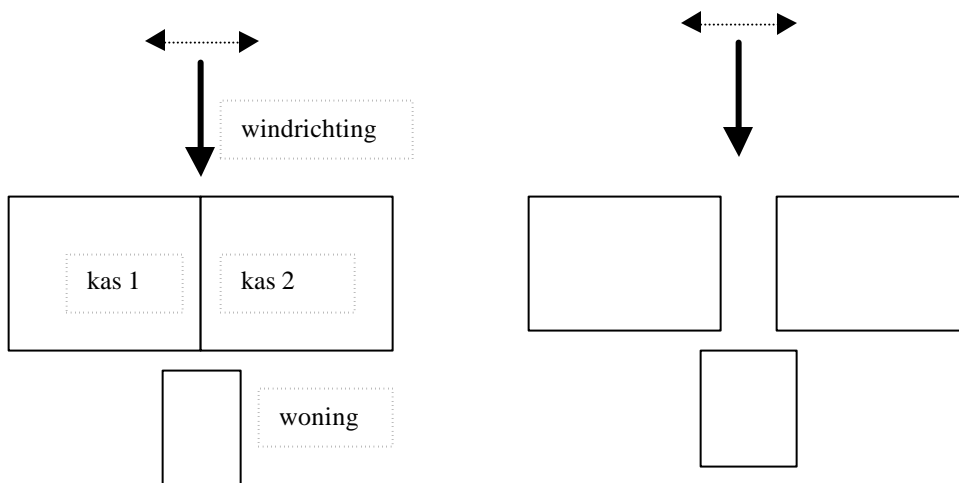
Het toedienen van mengsels van bestrijdingsmiddelen (als tankmix) wordt veelal niet geadviseerd vanwege de onbekende risico's. In de praktijk komt gecombineerde toediening van werkzame stoffen (als tankmix) echter wel voor, o.a. vanwege de arbeidsbesparing. Mogelijke voorbeelden zijn:

- een insecticide en een meeldauw middel;
- een meeldauwmiddel en een Botrytis middel.

Er zijn ook voorbeelden van werkzame stoffen die vrijwel altijd afzonderlijk worden toegediend, zoals dichloorvos en pirimicarb.

12.2 Gelijktijdige toediening in twee naast elkaar gelegen kassen

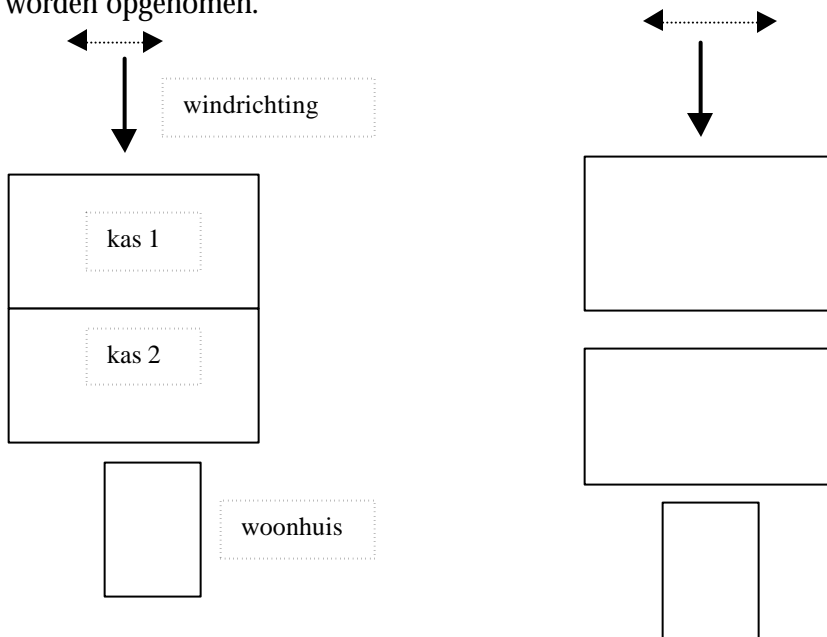
Bij twee kassen die tegen elkaar aan liggen is het denkbaar dat er een woonhuis staat net benedenwinds van de tussenwand (Figuur 6). De windrichting varieert steeds wat, zodat het huis zich de helft van de tijd in de lijwervel van elk van de kassen bevindt. Over een uur genomen betekent dat de blootstelling aan de combinatie van de helft van de lijwervelconcentraties van elk van de kassen. Iedere combinatie van middelen kan hierbij in principe voorkomen. Als mengsels van stoffen worden verspoten is blootstelling aan drie of misschien vier werkzame stoffen mogelijk.



Figuur 6. Schets van mogelijk gelijktijdige blootstelling aan bestrijdingsmiddelen toegediend in twee naast elkaar liggende kassen. Windrichting is steeds wat variabel

Als er een ruimte zit tussen twee kassen net bovenwinds van een woning (Figuur 6) dan is het patroon van de luchtstroming extra complex. Enerzijds ventileren er dampen via de tegenover elkaar liggende kaswanden naar buiten en deze wordt in de luchtstroom opgenomen. Anderzijds treedt er verdunning op, des te meer naarmate de ruimte tussen de wanden groter wordt. De benedenwindse situatie wijkt dan sterk af van die bij een relatief eenvoudige lijwervel.

Het is denkbaar dat twee aaneengesloten kassen bovenwinds achter elkaar liggen en dat ze beide dampen afgeven als gevolg van recente toedieningen (Figuur 7). Dan zouden ze deels een gezamenlijke lijwervel kunnen vormen waarin hun dampen worden opgenomen.



Figuur 7. Schets van mogelijk gelijktijdige blootstelling aan bestrijdingsmiddelen toegediend in twee achter elkaar gelegen kassen.

Als er een tussenruimte is tussen twee bovenwinds van een huis gelegen kassen (Figuur 7) dan fungeert de meer benedenwinds gelegen kas als obstakel voor de meer bovenwindse kas, waardoor een gezamenlijke lijwervel onwaarschijnlijk is.

De bijdrage van meer bovenwinds gelegen kassen kan sterk afhangen van de atmosferische stabiliteit. Bij een instabiele atmosfeer kan men nogal wat opwaarts transport naar hogere luchtlagen verwachten. Bij een stabiele atmosfeer valt te verwachten dat de dampen zich over grotere afstanden verplaatsen in de onderste luchtlaag.

12.3 Opeenvolgende toediening

Per etmaal vindt in een kas veelal niet meer dan één chemische gewasbeschermingsactie plaats. Bij het draaien van de wind zou er benedenwinds toevallig blootstelling aan damp vanuit een tweede kas met toediening op dezelfde dag kunnen plaatsvinden. Bij blootstelling aan een nieuwe toediening op een volgende dag is het de vraag of er nog nawerking is van de blootstelling op de voorafgaande dag.

13 Mogelijke gezondheidseffecten bij omwonenden

13.1 Inleiding

Wetenschappelijke kennis over mogelijke schadelijke effecten van bestrijdingsmiddelen op de menselijke gezondheid wordt verkregen door het uitvoeren van toxicologisch onderzoek. Vrijwel altijd gaat het hierbij om onderzoek met proefdieren; heel sporadisch is ook onderzoek bij de mens beschikbaar. Het toxicologische onderzoek wordt uitgevoerd door de producent of door een contractlaboratorium in opdracht van de producent. Voor de officiële toelating als bestrijdingsmiddel dienen diverse soorten onderzoek te worden uitgevoerd, elk gericht op een specifieke mogelijke schade. Zo dient er onderzoek te zijn naar de toxiciteit bij éénmalige toediening (acute toxiciteit) maar ook naar de toxiciteit bij langdurige opname (subchronische en chronische toxiciteit). Daarnaast dient onderzocht te worden of de stof mogelijk een schadelijk effect heeft op de voortplanting (reproductie- en teratogeniteitsonderzoek) en of de stof schade toebrengt aan het erfelijk materiaal (genotoxiciteit). Ook moet vastgesteld worden (in chronische proeven met ratten en muizen) of de stof kankerverwekkend is. Naast dit alles dient er in het aanvraagdossier ook informatie over de omzetting van de stof in het lichaam (onderzoek naar metabolisme in proefdieren) aanwezig te zijn.

De toxicologische dossiers voor bestrijdingsmiddelen worden beoordeeld door de toelatende instantie, in Nederland het College Toelating Bestrijdingsmiddelen (CTB). Het CTB besteedt dit werk deels uit aan 'beoordelende instanties', waaronder het RIVM. Op internationaal niveau houden de FAO en de WHO zich bezig met dergelijke beoordelingen in de FAO/WHO Joint Meeting on Pesticide Residues (JMPR), een activiteit waarin ook het RIVM participeert.

De toxicologische evaluatie houdt in een kritische weging van alle toxicologische onderzoeksgegevens. Voor elk van de uitgevoerde experimenten wordt bepaald welke schadelijke effecten de stof veroorzaakt en bij welke doseringen zij dat deed. Het niveau *No Observed Adverse Effect Level* (NOAEL) wordt bepaald: het hoogste doseringsniveau in het experiment waarbij nog geen afwijkingen werden waargenomen. Op basis van deze NOAELs wordt een *Acceptable Daily Intake* (ADI) voor de mens afgeleid. Hiertoe wordt de overall-NOAEL (de laagste NOAEL uit het pakket aan studies) geselecteerd. Vervolgens wordt de overall-NOAEL gedeeld door enkele veiligheidsfactoren en het resultaat is de ADI, de hoeveelheid van de stof (in mg per kg lichaamsgewicht per dag) die een mens kan innemen zonder daarvan schadelijke gevolgen te ondervinden. Deze ADI geldt voor levenslange dagelijkse blootstelling, wat wil zeggen dat de mens deze dosis dagelijks gedurende zijn hele leven mag binnenkrijgen zonder daarvan schade te ondervinden. Met 'de mens' wordt hier bedoeld de algemene bevolking, inclusief potentieel gevoelige groepen zoals kinderen en bejaarden.

De ADI is de acceptabel geachte dosis voor opname via de mond. Voor inademing van chemicaliën bestaan eveneens grenswaarden. Deze geven de maximum concentratie die in lucht mag zitten bij inademing. Deze inhalatoire grenswaarden worden afgeleid op basis van toxicologisch onderzoek waarbij het proefdier de stof via de luchtwegen kreeg toegediend. Een bekende inhalatoire grenswaarde is de MAC-waarde, de Maximaal Aanvaarde Concentratie voor de werkplek. De MAC-waarden gelden voor blootstelling van gezonde werknemers gedurende 40 uur/week over een heel arbeidsleven (40 jaar). Daarnaast worden voor sommige stoffen (meestal milieucontaminanten) ook grenswaarden vastgesteld voor de algemene bevolking. Deze worden wel aangeduid met de term Toelaatbare Concentratie in Lucht (TCL). Voor de afleiding van dergelijke TCLs zijn in principe inhalatieproeven nodig. Wanneer deze ontbreken is afleiding van een TCL niet mogelijk of moeten de orale studies daarvoor gebruikt worden. Dit laatste vereist extrapolatie van de ene opnameroute naar de andere (oraal naar inhalatoir). Zo'n extrapolatie heeft een beperkte betrouwbaarheid omdat de opname en omzetting van de stof (en daarmee de toxische werking in het lichaam) bij inademing anders kunnen verlopen dan bij opname via voedsel. Een TCL die vanuit oraal onderzoek is afgeleid heeft dus slechts een indicatief karakter.

13.2 Werkwijzen bij de risicobeoordeling

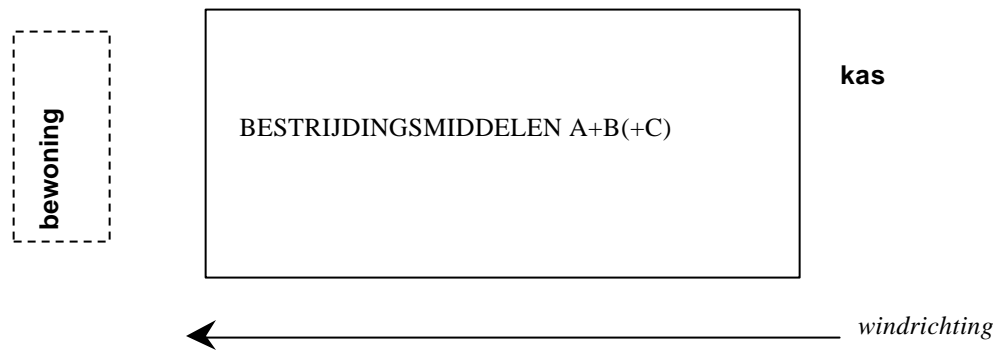
Voor bestrijdingsmiddelen is de hoeveelheid inhalatie-onderzoek in de regel zeer beperkt. In de risicobeoordeling moet dan noodgedwongen gebruik gemaakt worden van de orale toxiciteitsgegevens (route-to-route extrapolatie). In de standaard-procedure voor de toelating wordt op die manier voor de inhalatoire route een zgn AOEL, de Acceptable Occupational Exposure Level afgeleid op basis van orale NOAELs. In de huidige studie wordt de orale ADI geëxtrapoleerd naar een concentratie in de lucht. Deze concentratie komt dan overeen met de hoeveelheid bestrijdingsmiddel die per dag ingeademd mag worden gedurende een heel leven. Daarbij wordt de ADI omgerekend voor een volwassene met een lichaamsgewicht van 70 kg en een ademvolume van 1,5 m³/uur. Deze aanpak (route-to-route extrapolatie) is weliswaar beperkt betrouwbaar maar biedt toch een bruikbare indicatie voor het al dan niet bestaan van een inhalatoir gezondheidsrisico. Een overzicht van de ADI's beschikbaar voor de geselecteerde bestrijdingsmiddelen is gegeven in Aanhangsel 1.

De manier waarop de ADI wordt afgeleid (het delen van een NOAEL voor proefdieren door veiligheidsfactoren) maakt dat er in de ADI substantiële veiligheidsmarges zijn ingebouwd. Bij een geringe overschrijding van de ADI komt men normaal gesproken niet direct in het "schadelijke gebied". Anders gezegd, de ADI is een preventieve grenswaarde: exposities beneden het ADI-niveau zijn gegarandeerd veilig — ook voor kinderen en bejaarden — terwijl bij overschrijdingen nader geanalyseerd moet worden hoe groot de kans op schade in werkelijkheid is. Belangrijk in zo'n situatie zijn de frequentie en duur van de overschrijding. In de huidige studie gaat het veelal om kortdurende blootstellingen (duur: 1 uur) met intervallen van enkele dagen. Deze worden vergeleken met het ADI-niveau (geldt

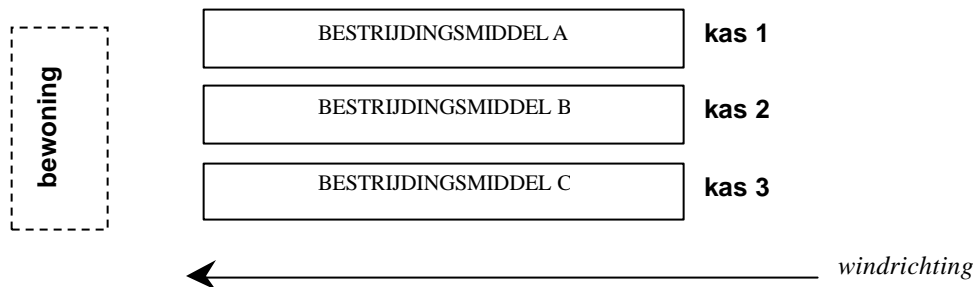
voor levenslange dagelijkse expositie) wat een zeer conservatieve (veilige) benadering is. Een minder frequente blootstelling betekent in feite de introductie van een extra veiligheidsmarge in de beoordeling.

Behalve naar de mogelijke effecten van individuele stoffen is gekeken naar de mogelijke effecten van combinaties van stoffen. Het gaat daarbij om combinaties waarvan op grond van een vergelijkbare toxische werking is verondersteld dat effectconcentraties van bestrijdingsmiddelen kunnen worden opgeteld. Hierbij is gekeken naar het effect cholinesteraseremming door fosforesters en carbamaten.

Omwonenden van kassen kunnen op twee manieren aan combinaties van bestrijdingsmiddelen worden blootgesteld: (a) door toediening van een tankmix met twee of meer bestrijdingsmiddelen tegen verschillende ziekten/plagen (zie Figuur 8), en (b) bij gelijktijdige toediening in naast elkaar gelegen kassen (zie Figuur 9).



Figuur 8. Gelijktijdige blootstelling aan enkele bestrijdingsmiddelen toegediend in een tankmix in dezelfde kas



Figuur 9. Gelijktijdige blootstelling aan enkele bestrijdingsmiddelen toegediend in naast elkaar gelegen kassen

Deze scenario's gaan uit van de meest ongunstige omstandigheden. Deze houden in dat de windrichting in de lengterichting van de kas staat en dat de breedte van de kassen zodanig is dat de concentraties rondom de bewoning optelbaar zijn (Figuur 9). Door de variatie in de windrichting zal de blootstelling aan een bestrijdingsmiddel per kas slechts in een deel van de tijd plaatsvinden.

Bestrijdingsmiddelencombinaties zijn gekozen uit de groep van de meest vluchtige stoffen. De combinaties zijn beoordeeld als realistisch voor de praktijk.

De additieve werking van middelen met overeenkomstig werkingsmechanisme kan beoordeeld worden door per stof uit te rekenen hoeveel procent van de grenswaarde wordt opgevuld en die percentages vervolgens te sommeren (de hazard-index methode). Dit is een indicatieve benadering. Net als bij de ADI voor individuele stoffen, wijzen geringe overschrijdingen (somerpercentages die slechts weinig boven de honderd procent uitgaan) niet zonder meer op een risico voor de gezondheid. Overschrijding is vooral een signaal dat voortzetting van de beoordeling nodig is.

13.3 Resultaten van de risicobeoordeling per stof

Voor het blootstellingsscenario wordt een blootstellingsduur aangenomen van 1 uur. Als 'reasonable worst case' wordt voor elke stof uitgegaan van de maximale berekende concentratie per type toediening.

Hieronder worden de belangrijkste resultaten van de risicobeoordeling per stof gerapporteerd. Het betreft de stoffen die zijn geselecteerd op dampdruk en relevant gebruik in de Nederlandse glastuinbouw. Een overzicht van de beschikbare ADI's voor deze groep is opgenomen in Aanhangsel 1. Een meer algemeen toxiciteitsprofiel voor de meest vluchtige verbindingen is opgenomen in Aanhangsel 2. Van deze stoffen wordt de toxicologische informatie uitgebreider gepresenteerd omdat de hoogste blootstelling wordt verwacht voor de vluchtigste verbindingen.

In de nu volgende bespreking per bestrijdingsmiddel wordt eerst de berekende concentratie in de lijwervel (Hoofdstuk 10) gegeven. Daarna volgt het afleiden van een voorlopige grenswaarde. Tenslotte worden de berekende concentratie en de grenswaarde vergeleken.

1. acefaat

Ruimtebehandeling: 25 µg/m³

Hoogvolume: 1,4 µg/m³

Voor acefaat zijn vrijwel geen inhalatoire toxiciteitsgegevens beschikbaar. Omrekening van de ADI van 30 µg/kg lichaamsgewicht naar een overeenkomstige concentratie in lucht leidt tot een waarde van 1400 µg/m³. Bij deze omrekening is er vanuit gegaan dat de dagelijkse blootstelling aan het ADI niveau in zijn geheel wordt 'opgebruikt' tijdens een inhalatoire blootstelling van 1 uur (conform huidige blootstellingsscenario). Hierbij is een ademvolume aangenomen van 1,5 m³/uur en een lichaamsgewicht van 70 kg. Vergelijking van de berekende concentraties met dit omgerekende ADI-niveau laat een ruime marge zien. Op basis hiervan wordt geen gezondheidsrisico verwacht.

2. carbofuran

Ruimtebehandeling: 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Hoogvolume: 1,1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Voor carbofuran zijn vrijwel geen inhalatiegegevens beschikbaar. Omrekening van de ADI van 2 $\mu\text{g}/\text{kg}$ lichaamsgewicht naar een overeenkomstige concentratie in lucht leidt tot een waarde van 90 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Vergelijking van de berekende concentraties hiermee laat zien dat ze onder dit omgerekende ADI-niveau blijven. Op basis hiervan wordt geen gezondheidsrisico verwacht.

3. dichloorvos

Ruimtebehandeling: 26 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Hoogvolume: 26 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Uit het toxicologische profiel (Aanhangsel 2) blijkt dat voor dichloorvos een kortdurende grenswaarde in lucht van 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ bekend is. De berekende concentraties blijven daar onder. Op basis hiervan wordt geen gezondheidsrisico verwacht.

4. dienochloor

Ruimtebehandeling: 33 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Hoogvolume: 1,9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Van deze stof is geen officieel afgeleide ADI bekend. In de RIVM-beoordeling van 1997 werd geconcludeerd dat de overall-NOAEL 1,25 mg/kg lichaamsgewicht is (uit een semichronische orale studie met ratten). Door het CTB is op basis hiervan een AOEL_{inhalatie} (arbeidstoxicologische grenswaarde) berekend van 100 $\mu\text{g}/\text{dag}$. Vergelijking van de berekende concentraties met deze arbeidstoxicologische norm laat zien dat bij ruimtebehandeling maximaal 51 μg wordt gehaald (afgeronde waarde, berekend uitgaande van een ademvolume van 1,5 m^3/uur). De marge tussen deze hoeveelheid en de arbeidstoxicologische grenswaarde van 100 $\mu\text{g}/\text{dag}$ is slechts gering. Daarbij moet wel aangetekend worden dat deze grenswaarde geldt voor een heel arbeidsleven terwijl het huidige blootstellingsscenario uitgaat van incidentele expositie. Anderzijds beschermt de arbeidstoxicologische grenswaarde alleen gezonde volwassen werknemers. Mogelijk is deze grenswaarde onvoldoende beschermend voor gevoelige groepen in de bevolking als kinderen en bejaarden. Om bescherming voor deze groepen te garanderen is het gebruikelijk een veiligheidsfactor van 10 toe te passen. Wordt dat ook bij de arbeidstoxicologische grenswaarde gedaan, dan wordt het veilige niveau voor de algemene bevolking overschreden. De conclusie is dat voor gevoelige groepen als ouderen en kinderen na ruimtebehandeling met dienochloor (komt in de praktijk weinig voor) een risico voor de gezondheid niet helemaal kan worden uitgesloten. Ruimtebehandeling met dienochloor komt in de praktijk echter weinig voor. Bij de hoogvolume toediening is het risico veel lager.

5. heptenofos

Ruimtebehandeling: 12 µg/m³

Hoogvolume: 24 µg/m³

Uit het toxicologische profiel (Aanhangsel 2) blijkt dat voor heptenofos vrijwel geen inhalatiegegevens beschikbaar zijn. Omrekening van de ADI van 0,4 µg/kg lichaamsgewicht naar een overeenkomstige concentratie in lucht leidt tot een waarde van 19 µg/m³. Vergelijking met de concentratie berekend voor de hoogvolume toediening laat een geringe overschrijding zien van dit omgerekende ADI-niveau. Een risico van de hoogvolume toediening kan dus niet helemaal worden uitgesloten. Voor ruimtebehandeling wordt volgens deze procedure geen gezondheidsrisico verwacht.

6. methiocarb

Ruimtebehandeling: 33 µg/m³

Hoogvolume: 1,9 µg/m³

Voor deze stof is een 3-weken inhalatiestudie voor ratten beschikbaar. Hierin was de NOAEL 6000 µg/m³ (toediening 6 uur/dag, 5 dagen per week). Tussen deze NOAEL en de berekende concentraties zit een factor 180 (ruimtebehandeling) en een factor 3200 (hoogvolume). Op basis van deze marges worden geen gezondheidsrisico's verwacht.

7. methomyl

Ruimtebehandeling: 21 µg/m³

Hoogvolume: 1,2 µg/m³

Uit het toxicologische profiel (Aanhangsel 2) blijkt dat voor methomyl een semichronische NOAEL van 6660 µg/m³ bekend is. De veiligheidsmarge tussen dit niveau en de berekende concentratie bij ruimtebehandeling is zeer ruim (> factor 300). Op basis hiervan wordt er geen gezondheidsrisico verwacht. De concentratie bij hoogvolume spuiten is nog veel lager en kan derhalve als veilig worden aangemerkt.

8. pirimicarb

Ruimtebehandeling: 42 µg/m³

Hoogvolume: 0,9 µg/m³

Uit het toxicologische profiel (Aanhangsel 2) blijkt dat voor pirimicarb slechts zeer beperkte inhalatiegegevens beschikbaar zijn. Omrekening van de ADI van 20 µg/kg lichaamsgewicht naar een overeenkomstige concentratie in lucht leidt tot een waarde van 930 µg/m³. Vergelijking met de berekende concentraties laat een ruime marge zien met dit omgerekende ADI-niveau. Op basis hiervan wordt geen gezondheidsrisico verwacht.

9. pirimifos-methyl

Ruimtebehandeling: 67 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Hoogvolume: 1,9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Uit het toxicologische profiel (Aanhangsel 2) blijkt dat voor pirimifos-methyl geen inhalatiegegevens beschikbaar zijn. Omrekening van de ADI van 30 $\mu\text{g}/\text{kg}$ lichaamsgewicht naar een overeenkomstige concentratie in lucht, leidt tot een waarde van 1400 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Vergelijking met de berekende concentraties laat een ruime marge zien met dit omgerekende ADI-niveau. Op basis hiervan wordt geen gezondheidsrisico verwacht.

10. pyridaben

Ruimtebehandeling: 7,3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Hoogvolume: 0,4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Voor deze stof zijn vrijwel geen inhalatiegegevens beschikbaar. Omrekening van de ADI van 2 $\mu\text{g}/\text{kg}$ lichaamsgewicht naar een overeenkomstige concentratie in lucht, leidt tot een waarde van 93 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Vergelijking met de berekende concentraties laat zien dat zowel bij ruimtebehandeling als bij hoogvolume toediening de concentratie ruim beneden het omgerekende ADI-niveau blijft. Op basis hiervan wordt geen gezondheidsrisico verwacht.

11. triazamaat

Ruimtebehandeling: 9,3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Hoogvolume: 0,5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Voor deze stof zijn geen inhalatiegegevens beschikbaar. Omrekening van de ADI van 4 $\mu\text{g}/\text{kg}$ lichaamsgewicht naar een overeenkomstige concentratie in lucht, leidt tot een grenswaarde van 186 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Vergelijking met de berekende concentraties laat zien dat er, zowel bij ruimtebehandeling als bij hoogvolume toediening, een ruime marge is met het omgerekende ADI-niveau. Op basis daarvan wordt geen gezondheidsrisico verwacht.

12. bupirimaat

Ruimtebehandeling: 33 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Hoogvolume: 1,9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Voor deze stof zijn slechts zeer beperkte inhalatiegegevens beschikbaar. De LC_{50} is groter dan 35 mg/m^3 (niet nader bepaald). Omrekening van de ADI van 50 $\mu\text{g}/\text{kg}$ lichaamsgewicht naar een overeenkomstige concentratie in lucht leidt tot een waarde van 2300 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Vergelijking met de berekende concentraties laat een ruime marge zien met dit omgerekende ADI-niveau. Op basis hiervan wordt geen gezondheidsrisico verwacht.

13. carbendazim

Ruimtebehandeling: 17 µg/m³
Hoogvolume: 1,9 µg/m³

Voor deze stof zijn geen inhalatiegegevens beschikbaar. Omrekening van de ADI van 30 µg/kg lichaamsgewicht naar een overeenkomstige concentratie in lucht leidt tot een grenswaarde van 1400 µg/m³. Vergelijking met de berekende concentraties laat zien dat er, zowel bij ruimtebehandeling als bij hoogvolume toediening, een zeer ruime marge is met het omgerekende ADI-niveau. Op basis daarvan wordt geen gezondheidsrisico verwacht.

14. dodemorf

Ruimtebehandeling: 67 µg/m³
Hoogvolume: 3,8 µg/m³

Van dodemorf is geen ADI bekend. De beschikbare toxicologische informatie voor dodemorf biedt onvoldoende aanknopingspunten voor een inhalatoire risicobeoordeling.

15. fenarimol

Ruimtebehandeling: 1,6 µg/m³
Hoogvolume: 0,1 µg/m³

Voor deze stof zijn vrijwel geen inhalatiegegevens beschikbaar. Omrekening van de ADI van 10 µg/kg lichaamsgewicht naar een overeenkomstige concentratie in lucht, leidt tot een voorlopige grenswaarde van 470 µg/m³. Vergelijking laat zien dat, zowel bij ruimtebehandeling als bij hoogvolume toediening, de maximaal berekende concentratie zeer ruim beneden het omgerekende ADI-niveau blijft. Op basis daarvan wordt geen gezondheidsrisico verwacht.

16. imazalil

Ruimtebehandeling: 3,0 µg/m³
Hoogvolume: 0,2 µg/m³

Voor deze stof zijn vrijwel geen inhalatiegegevens beschikbaar. Omrekening van de ADI van 30 µg/kg lichaamsgewicht naar een overeenkomstige concentratie in lucht, leidt tot een voorlopige grenswaarde van 1400 µg/m³. Vergelijking laat zien dat, zowel bij ruimtebehandeling als bij hoogvolume toediening, de maximaal berekende concentratie zeer ruim beneden het omgerekende ADI-niveau blijft. Op basis daarvan wordt geen gezondheidsrisico verwacht.

17. thiram

Ruimtebehandeling: 65 µg/m³
Hoogvolume: 18 µg/m³

Uit het toxicologische profiel (Aanhangsel 2) blijkt dat voor thiram slechts zeer beperkte inhalatiegegevens beschikbaar zijn. Omrekening van de ADI van 10 µg/kg lichaamsgewicht naar een overeenkomstige concentratie in lucht leidt tot een grenswaarde van 470 µg/m³. Vergelijking laat zien dat de berekende concentraties, zowel voor ruimtebehandeling als voor hoogvolume toediening, ruim beneden het omgerekende ADI-niveau blijven. Op basis daarvan wordt geen gezondheidsrisico verwacht.

18. tolclofos-methyl

Hoogvolume: 957 µg/m³

Uit het toxicologische profiel (Aanhangsel 2) blijkt dat voor tolclofos-methyl vrijwel geen inhalatiegegevens beschikbaar zijn. Omrekening van de ADI van 70 µg/kg lichaamsgewicht naar een overeenkomstige concentratie in lucht leidt tot een grenswaarde van ongeveer 3000 µg/m³. Vergelijking laat zien dat de berekende concentraties beneden dit omgerekende ADI-niveau liggen. Op basis hiervan wordt geen gezondheidsrisico verwacht.

19. tolylfluamide

Ruimtebehandeling: 10 µg/m³

Hoogvolume: 2,8 µg/m³

Voor deze stof zijn vrijwel geen inhalatiegegevens beschikbaar. Omrekening van de ADI van 30 µg/kg lichaamsgewicht naar een overeenkomstige concentratie in lucht leidt tot een grenswaarde van 1400 µg/m³. Vergelijking laat zien dat de berekende concentraties, zowel bij ruimtebehandeling als bij hoogvolume toediening, ruim beneden het omgerekende ADI-niveau blijven. Op basis daarvan wordt geen gezondheidsrisico verwacht.

20. triflumizool

Ruimtebehandeling: 7,7 µg/m³

Hoogvolume: 0,4 µg/m³

Voor deze stof zijn vrijwel geen inhalatiegegevens beschikbaar. Omrekening van de ADI van 25 µg/kg lichaamsgewicht naar een overeenkomstige concentratie in lucht leidt tot een grenswaarde van 1170 µg/m³. Vergelijking laat zien dat de berekende concentraties, zowel bij ruimtebehandeling als bij hoogvolume toediening, ruim beneden het omgerekende ADI-niveau blijven. Op basis daarvan wordt geen gezondheidsrisico verwacht.

21. triforine

Ruimtebehandeling: 6,9 µg/m³

Hoogvolume: 14 µg/m³

Voor deze stof zijn vrijwel geen inhalatiegegevens beschikbaar. Omrekening van de ADI van 20 µg/kg lichaamsgewicht naar een overeenkomstige concentratie in lucht, leidt tot een grenswaarde van 930 µg/m³. Vergelijking laat zien dat de berekende concentraties, zowel bij ruimtebehandeling als bij hoogvolume toediening, ruim beneden het omgerekende ADI-niveau blijven. Op basis daarvan wordt geen gezondheidsrisico verwacht.

22. vinchlozolin

Hoogvolume: 3,8 µg/m³

Voor deze stof zijn vrijwel geen inhalatiegegevens beschikbaar. Omrekening van de ADI van 10 µg/kg lichaamsgewicht naar een overeenkomstige concentratie in lucht, leidt tot een grenswaarde van 470 µg/m³. Vergelijking laat zien dat de berekende concentratie ruim beneden het omgerekende ADI-niveau blijft. Op basis daarvan wordt geen gezondheidsrisico verwacht.

23. zwavel

Verdampen: 0,71 µg/m³

Van deze stof is geen ADI bekend. Zwavel wordt als weinig toxisch beschouwd. Effecten die zich bij de toepasser van zwavel kunnen voordoen (bij hoge concentraties) zijn irritaties van huid, ogen en luchtwegen. Van zwavel worden geen nadelige effecten op inwendige organen verwacht.

24. daminozide

Hoogvolume: 81 µg/m³

Uit het toxicologische profiel (Aanhangsel 2) blijkt dat er vrijwel geen inhalatiegegevens beschikbaar zijn. De LC₅₀ is groter dan 2100 mg/m³ (niet nader bepaald). Omrekening van de ADI van 450 µg/kg lichaamsgewicht naar een overeenkomstige concentratie in lucht leidt tot een grenswaarde van 21000 µg/m³. Vergelijking laat zien dat de berekende concentratie ruim beneden het omgerekende ADI-niveau blijft. Op basis daarvan wordt geen gezondheidsrisico verwacht.

13.4 Risico's van combinaties van stoffen

Gekozen werden combinaties van bestrijdingsmiddelen die op vergelijkbare manier werken en waarvan de percentages opvulling van de voorlopige grenswaarde kunnen worden opgeteld. De volgende realistische worst-case combinaties kunnen in de praktijk voorkomen:

- 1) bij gebruik in dezelfde tankmix: heptenofos en tolclofos-methyl.
- 2) bij gelijktijdig gebruik in aanpalende kassen: dichloorvos en heptenofos en pirimifos-methyl.
- 3) bij gelijktijdig gebruik in aanpalende kassen: dichloorvos, heptenofos en pirimicarb.

ad 1) Voor de combinatie heptenofos en tolclofos-methyl is alleen de hoogvolume toediening relevant (van tolclofos-methyl geen ruimtebehandeling). Heptenofos bevindt zich op 126% van de grenswaarde (geringe overschrijding), terwijl tolclofos-methyl zich op 32% bevindt. Aldus resulteert een sompercentage van 158%. Dit houdt in dat de geschatte blootstelling gedurende 1 uur per dag anderhalf maal de voorlopige grenswaarde is. Dit is een indicatie tot nadere analyse van blootstelling en toxiciteit. Op basis van bijvoorbeeld inhalatie-toxicologische experimenten voor deze stoffen zou zo'n nadere analyse mogelijk zijn, maar dergelijk onderzoek is niet uitgevoerd. Overigens is de overschrijding relatief gering en van beperkte frequentie, wat maakt dat de kans op daadwerkelijk risico klein is.

ad 2) Voor de combinatie dichloorvos, heptenofos en pirimifos-methyl zijn beide toedieningswijzen relevant. Bij ruimtebehandeling bevindt dichloorvos zich op 26% van de grenswaarde, heptenofos op 63% en pirimifos-methyl op 5%. Gesommeerd is dit 94%. Dit houdt in dat de grenswaarde voor levenslange blootstelling gedurende 1 uur per dag benaderd wordt tot op 94%. Hiervan worden geen schadelijke gevolgen verwacht. Voor de hoogvolume toediening is de situatie vrijwel hetzelfde als voor bovenstaande combinatie (ad 1). Heptenofos bevindt zich op 126% van de grenswaarde (geringe overschrijding) terwijl dichloorvos zich op 26% bevindt. Pirimifos-methyl bevindt zich dan slechts op 0,14%. Het sompercentage is 152%. Dit houdt in dat de grenswaarde voor levenslange blootstelling gedurende 1 uur per dag anderhalf maal de voorlopige grenswaarde is. Dit is een indicatie tot nadere analyse. Op basis van inhalatie-toxicologische experimenten voor heptenofos zou zo'n analyse mogelijk zijn, maar dergelijk onderzoek ontbreekt (voor dichloorvos is wel dergelijk onderzoek gedaan). Overigens geldt ook hier dat de overschrijding relatief gering is en van beperkte frequentie, hetgeen maakt dat de kans op het bestaan van daadwerkelijk risico klein is.

ad 3) Voor de combinatie dichloorvos, heptenofos en pirimicarb zijn beide toedieningswijzen relevant. Bij ruimtebehandeling bevindt dichloorvos zich op 26% van de grenswaarde, heptenofos op 63% en pirimicarb op 5%. Gesommeerd is dit 94%. Dit houdt in dat de grenswaarde voor levenslange blootstelling gedurende 1 uur per dag wordt benaderd tot op 94%. Hiervan worden geen schadelijke gevolgen verwacht. Voor de hoogvolume toediening is de situatie vrijwel hetzelfde als voor bovenstaande combinatie (ad 1). Heptenofos bevindt zich op 126% van de grenswaarde (geringe overschrijding) terwijl dichloorvos zich op 26% bevindt. Pirimicarb bevindt zich op slechts 0,01%. Het sompercentage is 152%. Dit houdt in dat de blootstelling gedurende 1 uur per dag anderhalf maal de voorlopige grenswaarde is. Dit is een indicatie tot nadere analyse van blootstelling en toxiciteit. Op basis van inhalatie-toxicologische experimenten voor heptenofos zou zo'n analyse mogelijk zijn, maar dergelijk onderzoek ontbreekt (voor dichloorvos wel aanwezig). Ook hier geldt dat de overschrijding relatief gering is en van beperkte frequentie, hetgeen maakt dat de kans op daadwerkelijk risico klein is.

13.5 Bespreking toxicologische evaluatie

In totaal 24 chemische bestrijdingsmiddelen zijn geselecteerd voor beoordeling van het risico voor omwonenden binnen een afstand van ongeveer 30 m benedenwinds van een kas. Na emissie vanuit de kas naar de buitenlucht zouden risico's op kunnen treden als gevolg van inhalatie door bewoners in de directe omgeving (volgens het model tot maximaal ongeveer 30 m benedenwinds van de kasgevel). De waarschijnlijkheid van dergelijke risico's is in deze studie nader onderzocht. De geselecteerde middelen voldeden aan het volgende signalement: een aanzienlijke gebruiksomvang in kassen, een matig tot hoge dampdruk en toepassing via spuiten en/of ruimtebehandeling.

De hoeveelheid inhalatie-toxicologisch onderzoek voor de onderzochte bestrijdingsmiddelen blijkt zeer beperkt. In de risicobeoordeling is daarom noodgedwongen gebruik gemaakt van orale toxiciteitsgegevens (*route-to-route* extrapolatie). De orale ADI is geëxtrapolerd naar een concentratie in de lucht. Deze concentratie komt dan overeen met de hoeveelheid van de stof die per dag ingeademd mag worden gedurende een heel leven. Deze extrapolatie van de orale naar de inhalatoire route is beperkt betrouwbaar omdat opname, transport en omzetting van de stof (en daarmee de toxische werking) in het lichaam bij inademing anders kunnen verlopen dan bij orale opname. Toch biedt deze aanpak een bruikbare indicatie van het gezondheidsrisico via inademing. Het gebruik van de ADI (de grenswaarde voor levenslange dagelijkse expositie via voedsel) voor het huidige blootstellingsscenario met een incidentele blootstelling gedurende 1 uur, leidt ertoe dat de risicoschatting een preventief karakter heeft. Dat wil zeggen dat overschrijding van de grenswaarde, gedurende een beperkte periode, niet automatisch betekent dat er een daadwerkelijk gezondheidsrisico is. Zo'n beperkte overschrijding is eerder aanleiding tot nadere beoordeling van blootstelling en toxiciteit.

Van de 24 geselecteerde glastuinbouwbestrijdingsmiddelen worden voor 21 geen schadelijke effecten verwacht als gevolg van inademing door omwonenden. Dit betreft acefaat, carbofuran, dichloorvos, methiocarb, methomyl, pirimicarb, pirimifos-methyl, pyridaben, triazamaat, bupirimaat, carbendazim, fenarimol, imazalil, thiram, tolclofos-methyl, tolylfluanide, triflumizool, triforine, vinchlozolin, zwavel en daminozide. Voor hoogvolume toediening van heptenofos (opgebruik tot 1 feb. 2002) werd de voorlopige grenswaarde overschreden. Dit wijst erop dat er mogelijk een gezondheidsrisico is voor omwonenden. De beschikbare toxicologische gegevens zijn echter onvoldoende om daarover een nadere uitspraak te doen. Gezien de beperkte overschrijding en de beperkte blootstellingsfrequentie is het daadwerkelijk risico naar verwachting gering. Voor dienochloor (opgebruik tot 1 dec. 2002) kan bij ruimtebehandeling (komt in de praktijk weinig voor) het optreden van schadelijke effecten bij omwonenden niet geheel worden uitgesloten. Vergelijking met de arbeidstoxicologische grenswaarde laat zien dat gevoelige groepen in de bevolking (bijv. kinderen, bejaarden) mogelijk onvoldoende beschermd worden. Voor dodemorf blijkt de beschikbare toxicologische informatie ontoereikend om een risicobeoordeling voor omwonenden uit te voeren.

De 'realistic worst case' scenario's die zijn gebruikt voor de beoordeling van de inhalatoire risico's voor blootstelling aan enkele stoffen met overeenkomstig werkingsmechanisme tegelijk (combinatie-effecten) wijzen niet op extra risico's. De gecombineerde blootstelling werd beoordeeld door de opvul-percentages van de desbetreffende grenswaarden te sommeren voor de verschillende stoffen (de hazard-index methode). Het bleek dat voor deze drie combinaties het sompercentage uitkwam boven 100%. De overschrijdingen kwamen voor het overgrote deel voor rekening van de stof heptenofos, die zelf al op 126% van de grenswaarde zat (hoogvolume toediening). Overigens waren alle overschrijdingen beperkt (tot ongeveer 150% van de grenswaarde), zodat de kans op gezondheidsschade door zulke combinaties klein is. Om hierover een hardere uitspraak te doen zouden additionele toxicologische gegevens (inhalatiestudies, met name voor heptenofos) nodig zijn. Het beoordelen van de combinatietoxiciteit van middelen met verschillend werkingsmechanisme is extra moeilijk.

Resumerend is er naar verwachting voor de meeste middelen geen sprake van risico's voor de gezondheid van omwonenden als gevolg van emissie van bestrijdingsmiddelen vanuit de kassen naar de buitenlucht. Voor drie stoffen kunnen risico's op grond van de beschikbare gegevens niet geheel worden uitgesloten en is een nadere analyse gewenst: heptenofos, dienochloor en dodemorf. Combinaties van stoffen met gelijke werking leveren naar verwachting geen extra risico's op.

14 Algemene bespreking, conclusies en aanbevelingen

14.1 Onderzoekmethodiek

De samenstelling van het pakket toegelaten bestrijdingsmiddelen kan in enkele jaren drastisch veranderen. Ook binnen de groep toegelaten middelen kunnen grote verschuivingen in de omvang van het gebruik optreden. Daarom diende een evaluatiemethode voor de emissie via kaslucht te worden gebruikt die rekening houdt met de dampdruk van de bestrijdingsmiddelen. Verder was het nodig om onderscheid te maken tussen de sterk uiteenlopende toedieningstechnieken, vanwege de grote invloed die ze kunnen hebben op de concentratie in de kaslucht en daarmee op de emissie naar de buitenlucht.

Opgaven van de dampdruk van de bestrijdingsmiddelen, te gebruiken in emissie-evaluaties, worden kritisch beoordeeld. Oudere opgaven op basis van gebrekkig beschreven methodes zijn verdacht. Nieuwe bepalingen leverden zo nu en dan een dampdruk die sterk verschilt van de oude waarde. Verwacht mag worden dat de kwaliteit van de dampdrukwaarden, te bepalen in het kader van de toelatings-procedure, geleidelijk zal verbeteren onder invloed van de standaardisatie.

Wat betreft het druppelgroottespectrum bij de verschillende toedieningstechnieken zijn er alleen indicaties van VMD en 'traject' van de druppelgroottes. Daardoor was het niet mogelijk om een relatie te leggen tussen de beginconcentratie van een bestrijdingsmiddel in de kaslucht en het druppelgroottespectrum bij toediening. Met name de fractie fijne druppeltjes (kleiner dan omstreeks 10 μm) is daarbij van belang. Een complicatie is dat het druppelgroottespectrum afhankelijk is van factoren als type spuitdop, spuitdruk en toevoegingen in de formulering van het handelsproduct.

Het afleiden van de doseringen van de bestrijdingsmiddelen gebruikt in kassen was niet eenvoudig. In de meeste gevallen wordt alleen de concentratie handelsproduct (met bekend gehalte werkzame stof) in de spuitvloeistof voorgeschreven. Het gebruikte volume spuitvloeistof hangt af van factoren als het gewas, de gewasontwikkeling, de ziekte of plaag, de toedieningstechniek en de gewoontes van de tuinder. Het is niet bekend in hoeverre de tabellen voor het spuitvolume benut voor het schatten van de doseringen overeen komen met de praktijk. Daardoor is de schatting van de hoogste dosering van de bestrijdingsmiddelen in kg/ha nogal onzeker.

Voor de beoordeling van de mogelijke effecten van de bestrijdingsmiddelen in de lucht op de omwonenden zijn in principe gegevens nodig over de inhalatietoxiciteit. Deze is echter voor slechts weinig bestrijdingsmiddelen goed bestudeerd. Daarom moest meestal een voorlopige grenswaarde voor inademing met lucht worden afgeleid van de ADI voor orale blootstelling (voedsel). Het gebruik van de ADI (als preventieve norm voor levenslange blootstelling) voor een kortdurende inhalatoire

blootstelling is naar verwachting een veilige benadering. Dit houdt in dat er aanzienlijke veiligheidsmarges in acht worden genomen.

14.2 Resultaten

Concentraties van de bestrijdingsmiddelen werden berekend voor de lijwervel tot op een afstand van maximaal ongeveer 30 m benedenwinds van de standaardkas. Voor ruimtebehandeling met relatief hoge doseringen in de standaard kassituatie liggen de concentraties op het niveau van enkele tientallen $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Dit is hoger dan het niveau berekend door Baas & Huygen (1992) en lager dan dat berekend door Mensink & Linders (1998). Bij hoogvolume toediening van matig vluchtige middelen in relatief hoge doseringen ligt het niveau van de concentraties op enkele $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Sommige (vooral nieuwere) middelen worden in relatief lage doseringen toegediend; daarvan is de berekende concentratie dan ook lager. Bespuiting met een vluchtig fungicide in hoge doseringen op grond met jonge planten geeft hoge berekende concentraties.

De gevoeligheidsanalyse voor een aantal invoerparameters in het rekenschema geeft een indruk van de relatieve lijwervelconcentratie in situaties die duidelijk afwijken van de standaard kassituatie. Het blijkt dat de concentratie evenredig is met de lengte van de kas (in de windrichting) en dat de concentratie wat afneemt bij toenemende kashoogte. Verhoging van de windsnelheid geeft enige verlaging van de berekende concentratie in de lijwervel. Bij toename van het ventilatievoud neemt de concentratie benedenwinds duidelijk toe (zoals verwacht).

Situaties werden geschetst waarin blootstelling aan twee of meer bestrijdingsmiddelen tegelijk kan plaatsvinden. Het gelijktijdig toedienen van middelen in een tankmix in een kas komt voor in de praktijk. Als een woning toevallig benedenwinds van twee kassen ligt dan kunnen de bewoners ook worden blootgesteld aan twee of meer middelen tegelijk. Blootstelling aan twee of meer middelen uit verschillende kassen op dezelfde dag lijkt echter een incidenteel karakter te hebben.

Op basis van vergelijking van de berekende concentraties in de lijwervel met de voorlopige grenswaarden voor inademing worden bij 21 van de 24 geselecteerde bestrijdingsmiddelen geen schadelijke effecten bij de omwonenden verwacht. Voor hoogvolume toediening van heptenofos (opgebruik tot 1 feb. 2002) werd de voorlopige grenswaarde overschreden, wat aanleiding kan zijn tot nadere beoordeling van blootstelling en toxiciteit. Bij ruimtebehandeling met dienochloor (toelating tot 1 dec. 2001; opgebruik tot 1 dec. 2002) kan het optreden van schadelijke effecten bij omwonenden niet geheel worden uitgesloten. Ruimtebehandeling met dienochloor vindt in de praktijk echter zelden plaats. Gezien de beperkte overschrijding en de beperkte blootstellingsfrequentie worden voornamelijk voor deze twee middelen geen schadelijke effecten op de gezondheid van omwonenden verwacht. De overschrijding van de voorlopige grenswaarde moet in deze gevallen eerder gezien worden als een reden voor nadere evaluatie dan als een reden voor zorg. Bij zo'n nadere evaluatie zou het realiteitsgehalte van de aannames beter moeten worden

onderzocht. Voor dodemorf blijkt de toxicologische informatie onvoldoende om een risicobeoordeling voor omwonenden uit te voeren.

De mogelijke effecten van drie combinaties van enkele bestrijdingsmiddelen met overeenkomstig werkingsmechanisme (i.c. cholinesterase-remming) werden eveneens geëvalueerd. Deze combinaties kwamen in beperke mate uit boven de voorlopige grenswaarde, vooral door de relatief hoge bijdrage van heptenofos. Omdat voor laatstgenoemde de individuele voorlopige grenswaarde al wordt overschreden, is er geen sprake van additioneel schadelijke effecten. De combinatie-toxiciteit van twee bestrijdingsmiddelen met verschillende werkingsmechanismen is vrijwel nooit bekend.

14.3 Aanbevelingen

De volgende stap in de risico-evaluatie voor omwonenden van kassen is toetsing van de resultaten van het huidige onderzoek via goed-gedefinieerde experimenten in de praktijk. Daarmee kan worden nagegaan in welke mate de blootstelling aan gewasbeschermingsmiddelen via de ademhaling wordt onderschat of overschat. Begeleidende metingen voor de belangrijkste processen dienen het mogelijk te maken de resultaten te verklaren.

Het pakket toegelaten middelen en de gebruikte toedieningstechnieken zijn aan verandering onderhevig. Daarom wordt aanbevolen de modelbeschrijving van de processen in en rond de kassen verder te ontwikkelen. Dit dient te leiden tot een methodiek die vrij snel kan worden ingezet ter beoordeling van veranderende situaties.

In een aantal tot nu toe uitgevoerde experimenten met toediening van bestrijdingsmiddelen in kassen vertoonde de materiaalbalans een gat. Allereerst dient in zulke experimenten de werkelijke dosering te worden bepaald. Verder is het nodig om de rol van alle mogelijke processen in de kas te bepalen, zoals die van sedimentatie (op bodem en gewas), impactie (o.a. op kaswanden en kasdek) en permeatie (in kunststoffen).

De beginconcentratie aan damp en aërosolen in de kaslucht is mede afhankelijk van het druppelgroottespectrum bij de toediening. Vooral de fractie fijnste druppeltjes/deeltjes ($< 10 \mu\text{m}$) is van belang omdat die geruime tijd blijft zweven. Metingen zijn nodig van de fractie fijnste deeltjes plus damp die elk van de toedieningstechnieken in de kaslucht aanbrengt en over de hiermee verband houdende beginconcentratie in de kaslucht.

De invoer voor de berekening van de concentraties in kaslucht en lijwervel moest deels worden gebaseerd op metingen in kaslucht voor bestrijdingsmiddelen met extreem hoge of extreem lage dampdruk. In toekomstige experimenten dient het gedrag van bestrijdingsmiddelen in minder wijde dampdrukclassen te worden onderzocht.

In steeds meer kassen worden schermen aangebracht, vooral om lichthinder buiten de kas tegen te gaan. Deze schermen worden zowel horizontaal (onder kasdek) als verticaal (langs kaswanden) aangebracht. De invloed van deze schermen (kunststof) op de depositie en ventilatie van bestrijdingsmiddelen dient nog te worden onderzocht.

Bij gebruik van het lijwervelmodel wordt aangenomen dat het bestrijdingsmiddel dat met de kaslucht emitteert volledig terecht komt in de benedenwindse lijwervel van de kas. Voor weerssituaties met een niet-stabiele atmosferische opbouw is dat mogelijk een worst-case aanname. In de avonduren is er kans op een relatief stabiele atmosferische opbouw, waardoor bestrijdingsmiddeldampen de neiging hebben om meer in de onderste meters van de luchtlaag te blijven. De aannames in het lijwervelmodel dienen dus onder uiteenlopende weersomstandigheden te worden getoetst.

Literatuur

Baas, J. & C. Huygen (1992). Emissie van gewasbeschermingsmiddelen uit kassen naar de buitenlucht. IMW-TNO rapport IMW-R 92/304. TNO-Instituut voor Milieuwetenschappen, Delft.

Brouwer, D.H., R. Engel, J.J. van Hemmen, A. Kerssies, M. van der Staaij & M. van Slooten (1998). Experimenteel onderzoek gericht op het schatten van blootstelling aan zwavel in kasruimten. TNO-rapport V98.1208. TNO Voeding, Zeist.

Commissie van deskundigen (1996). MJP-G Emissie-evaluatie 1995. Achtergrond-document. IKC Landbouw, Ede.

CTB (2001). Bestrijdingsmiddelenbank. www.ctb-wageningen.nl College Toelating Bestrijdingsmiddelen, Wageningen.

Hornsby, G.H., R.D. Wauchope & A.E. Herner (1996). Pesticide properties in the environment. Springer Verlag, New York.

Leistra, M., A.M.A. van der Linden, J.J.T.I. Boesten, A. Tiktak & F. van den Berg (2001). PEARL model for pesticide behaviour and emissions in soil-plant systems; Descriptions of the processes in FOCUS PEARL v 1.1.1. Alterra-rapport 013, Alterra, Wageningen.

Lieffijn, H., J. Deneer & M. Leistra (2000). Schatting van de emissie van bestrijdingsmiddelen uit de glastuinbouw. Een nulmeting (1997) ten behoeve van het Milieuconvenant Glastuinbouw en Milieu. Expertisecentrum LNV, onderdeel Landbouw, Ede.

Mensink, B.W.J.G. & J.B.H.J. Linders (1998). Airborne pesticide concentrations near greenhouses. RIVM report 679102040. Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu, Bilthoven.

Milieufiches (jaartal). Milieufiches opgesteld door evaluerende instellingen in het kader van de beoordeling van bestrijdingsmiddelen door het College Toelating Bestrijdingsmiddelen, Wageningen.

OECD (1995). Vapour pressure. OECD Guideline for the testing of chemicals. 16 pages. Adopted by the Council on 27th July 1995. Organization for Economic Co-operation and Development, Paris.

Oomen, P.A., H. Marsman, P.F.J. Oostelbos, M.E. Schoeman-Weerdesteijn & R. Wannings (1999). Gewasbeschermingsgids. Handboek voor de bestrijding van ziekten, plagen en onkruiden en de toepassing van groeiregulatoren in de land- en tuinbouw en het openbaar groen. Plantenziektenkundige Dienst, Wageningen.

Plantenziektenkundige Dienst (2001). Gebruiksvoorschriften landbouwkundig onmisbare gewasbeschermingsmiddelen. www.minlnv.nl/lnv/algemeen/pd/inflap04.htm Plantenziektenkundige Dienst, Wageningen.

Smit, A.A.M.F.R., M. Leistra & F. van den Berg (1998). Estimation method for the volatilization of pesticides from plants. Environmental Planning Bureau Series 4. DLO Winand Staring Centre, Wageningen.

Tomlin, C.D.S. (2000). The Pesticide Manual. A world compendium. 12th edition. British Crop Protection Council. BCPC Publications Sales, Binfield, Bracknell, Berkshire, UK.

Wieringa, J. & P.J. Rijkoort (1983). Windklimaat van Nederland. Klimaat van Nederland 2. Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut, De Bilt. Staatsuitgeverij, Den Haag.

van Woerden, S.C. & J.P. Bakker (2001). Kwantitatieve informatie voor de glastuinbouw. 2000-2001. Groenten - snijbloemen – potplanten. 17de uitgave. Proefstation voor Bloemisterij en Glasgroenten, Naaldwijk.

Aanhangsel 1 Acceptable daily intake

Tabel. ADI's (Acceptable Daily Intake) van de geselecteerde bestrijdingsmiddelen (gebruikt in de glastuinbouw), op grond waarvan inhalatoir-toxicologische grenswaarden voor de mens zijn berekend. Veel toxicologische grootheden zoals ADI worden uitgedrukt per kg lichaamsgewicht (afgekort met kg LG).

Bestrijdingsmiddel ¹⁾	Inhalatietoxicologie	ADI; andere norm
acefaat	- LC ₅₀ > 15000 mg/m ³ (4 uur); - verder geen gegevens	0,03 mg per kg LG (= lichaamsgewicht) per dag
carbofuran	- LC ₅₀ >80-108 mg/m ³ (1 uur) - LC ₅₀ >75-110 mg/m ³ (4 uur) - verder geen gegevens	0,002 mg per kg LG per dag
dichloorvos*	- kortdurende studies in rat, muis, konijn en mens; - NOAELs in mens: 0,43 mg/m ³ en 0,28 mg/m ³ (kritisch effect cholinesterasremming)	- 0,004 mg per kg LG per dag - grenswaarde voor lucht: 100 µg/m ³
dienochloor	- LC ₅₀ 80 mg/m ³ (4 uur); - verder geen gegevens	- Geen ADI beschikbaar - arbeidstoxicologische grenswaarde (voor inhalatie): 0,1 mg/dag (o.b.v overall-NOAEL 1,25 mg per kg LG per dag)
heptenofos*	- LC ₅₀ 900 mg/m ³ (4 uur); - verder geen gegevens	0,0004 mg per kg LG per dag
methiocarb	- LC ₅₀ 430-580 mg/m ³ (4 uur) - 3-weken studie ratten, NOAEL 6 mg/m ³ (toediening 6 uur/dag, 5 dagen/week, gedurende 3 weken), LOAEL (remming cholinesterase in plasma en hersenen) 23 mg/m ³	0,02 mg per kg LG per dag
methomyl ¹⁾	- LC ₅₀ 272 mg/m ³ (4 uur); - subchronisch rat, NOAEL 6,66 mg/m ³ (4 uur/dag, 5 dagen/week)	0,002 mg per kg LG per dag
pirimicarb*	- LC ₅₀ 300 mg/m ³ (6 uur); - verder geen gegevens	0,02 mg per kg LG per dag
pirimifos-methyl*	Geen gegevens beschikbaar	0,03 mg per kg LG per dag
pyridaben	- LC ₅₀ 6200-6600 mg/m ³ (4 uur) - verder geen gegevens	0,002 mg per kg LG per dag
triazamaat	- LC ₅₀ -bepaling, resultaat onbekend - verder waarschijnlijk geen data	0,004 mg per kg LG per dag

bupirimaat	- LC ₅₀ >35 mg/m ³ (4 uur) (niet nader bepaald) - verder geen gegevens	0,05 mg per kg LG per dag
carbendazim	- LC ₅₀ >5000 mg/m ³ (4 uur) (niet nader bepaald) - verder geen gegevens	0,03 mg per kg LG per dag
dodemorf*	Geen gegevens beschikbaar	Geen ADI beschikbaar
fenarimol	- LC ₅₀ >2070 mg/m ³ (1 uur) (niet nader bepaald) - verder geen gegevens	0,01 mg per kg LG per dag
imazalil	- LC ₅₀ 1840 mg/m ³ (4 uur) - verder geen gegevens	0,03 mg per kg LG per dag
thiram*	- LC ₅₀ > 100 mg/m ³ (4-uur) (niet nader bepaald) - verder geen gegevens	0,01 mg per kg LG per dag
tolclofos-methyl*	- LC ₅₀ > 3320 mg/m ³ (4-uur) (niet nader bepaald) - verder geen gegevens	0,07 mg per kg LG per dag
tolyfluanide	- LC ₅₀ 23 tot >408 mg/m ³ (diverse soorten) - verder geen gegevens	0,03 mg per kg LG per dag
triflumizool	- LC ₅₀ 1100-1500 mg/m ³ (4 uur) - verder geen gegevens	0,025 mg per kg LG per dag
triforine*	- LC ₅₀ > 5100 mg/m ³ (4-uur) (niet nader bepaald) - verder geen gegevens	0,02 mg per kg LG per dag
vinchlozolin	- LC ₅₀ > 29100 mg/m ³ - verder geen gegevens	0,01 mg per kg LG per dag
daminozide*	- LC ₅₀ > 2100 mg/m ³ - verder geen gegevens	0,45 mg per kg LG per dag

1) Van de met een sterretje gemerkte stoffen is een uitgebreider toxicologisch profiel aanwezig (Aanhangsel 2). Deze groep van stoffen is geselecteerd op basis van de vluchtigheid (de tien vluchtigste stoffen van de geselecteerde groep).

Van zwavel is geen ADI bekend. Zwavel wordt als weinig toxisch beschouwd. Effecten die zich bij gebruik als bestrijdingsmiddel kunnen voordoen zijn irritaties van huid, ogen en luchtwegen bij de toepasser. Van zwavel worden geen nadelige effecten op inwendige organen verwacht.

Aanhangsel 2 Toxiciteitsprofielen

Hier worden de toxiciteitsprofielen beschreven van de meest vluchtige bestrijdingsmiddelen gebruikt in de glastuinbouw. Diverse toxicologische grootheden worden uitgedrukt per kg lichaamsgewicht (afgekort met kg LG).

Dichloorvos

De werking van dit insecticide berust op de remming van het enzym cholinesterase. Met deze stof is een groot aantal orale toxiciteitsstudies uitgevoerd. Daarnaast zijn er relatief veel inhalatieproeven beschikbaar. Uitgebreide toxicologische evaluaties zijn opgesteld door het RIVM (1988) en door Amerikaanse instanties, ATSDR (1997) en US-EPA (1994). Verder is er een beoordeling door de WHO-JMPR uit 1993. Rond 1994 is een evaluatie uitgevoerd door TNO (in opdracht van het College Toelating Bestrijdingsmiddelen).

Het totale pakket aan toxicologische gegevens voor dichloorvos wijst erop dat cholinesterase-remming het kritische effect is voor zowel de orale als de inhalatoire route.

De orale toxiciteitsgegevens kunnen als volgt worden samengevat. LD₅₀-waarden liggen in het traject 47-110 mg per kg LG (classificatie: *giftig*). In subchronisch en chronisch toxiciteitsonderzoek was cholinesterase-remming het kritische effect. In sommige studies was er ook groeivertraging. De chronische NOAELs in rat en muis bedragen respectievelijk 2,4 en 10 mg per kg LG per dag (JMPR, 1993). US-EPA concludeerde dat de overall-NOAEL 0,05 mg per kg LG per dag bedraagt (afkomstig uit een 1-jaar studie met honden).

Enkele orale bioassays wijzen op een carcinogene werking door dichloorvos. De eindconclusie van het RIVM uit alle beschikbare studies was dat de waargenomen tumoren biologisch niet relevant zijn en dat dichloorvos derhalve niet als carcinogeen voor de mens beschouwd moet worden (RIVM, 1996).

Het beschikbare genotoxiciteitsonderzoek laat zien dat dichloorvos in vitro genotoxisch werkt maar dat die genotoxische potentie in vivo niet tot uiting komt (in vivo studies lieten geen effect zien).

Door de WHO-JMPR werd een ADI afgeleid op basis van de orale toxiciteitsgegevens. Als basis diende een NOAEL van 0,04 mg per kg LG per dag uit een 21-dagen studie bij de mens. Met een veiligheidsfactor van 10 werd een ADI van 0,004 mg per kg LG per dag afgeleid.

De inhalatoire dataset voor dichloorvos omvat studies met rat, muis, konijn en mens. Het kritische effect was cholinesterase-remming. Door de ATSDR zijn overall-NOAELs afgeleid voor dit effect, voor acute expositie, intermediaire expositie en

chronische expositie. Voor acute expositie was de NOAEL 1,82 mg/m³, afgeleid uit een 3-dagen studie met ratten (kritisch effect remming cholinesterase-activiteit in erythrocyten). Voor intermediaire expositie (bedoeld voor humane blootstellingen van enkele weken tot enkele jaren) was de NOAEL 0,3 mg/m³, afgeleid uit een studie met drachtige ratten (kritisch effect: remming cholinesterase-activiteit in hersenen). De chronische NOAEL was 0,0005 mg/m³ voor ratten (kritisch effect: remming cholinesterase-activiteit in hersenen en erythrocyten).

Uit de TNO-evaluatie volgen voor kortdurende inhalatoire expositie van mensen (studies bij werknemers, patiënten in ziekenhuizen en bewoners) een LOAEL van 0,7 mg/m³ en NOAELs van 0,43 mg/m³ en 0,28 mg/m³. Op basis van deze concentraties werd een grenswaarde van 100 µg/m³ afgeleid. Deze waarde ligt een factor 5 hoger dan de acute MRL van de ATSDR (afgeleid op basis van de NOAEL in ratten van 1,82 mg/m³). Specifiek voor chronische exposities heeft de US-EPA een Reference Concentration afgeleid van 0,5 µg/m³ (gebaseerd op de NOAEL van 0,0005 mg/m³ in ratten).

Bij de risicobeoordeling voor kortdurende inhalatoire expositie van de mens wordt de grenswaarde van 100 µg/m³ gebruikt.

De MAC-waarde (werkers) voor dichloorvos bedraagt 1 mg/m³ (8-uurswaarde). Deze waarde is overgenomen van de Amerikaanse TLV-waarden, zoals afgeleid door de ACGIH. Door TNO wordt in de evaluatie voor het CTB een AOEL (grenswaarde voor werkers) van 0,2 mg/m³ gehanteerd.

Referenties dichloorvos:

Nationale MAC-lijst 1997-1998. Ministerie van Sociale zaken en Werkgelegenheid. SDU 1997.

ATSDR (1997). Toxicological profile for Dichlorvos. US Department of Health & Human Services, Public Health Service, Agency of Toxic Substances and Disease Registry.

RIVM (1988). Toxbank Samenvatting Dichloorvos – Humane Toxicologie, d.d. 19-07-1988. Auteurs: C. Rudolphie & E. Heijna-Merkus.

RIVM (1996). Evaluatie Dichloorvos en Trichloorfon. Auteur: E.D. Kroese. Second Opinion op TNO-evaluatie v.w.b. carcinogeniteit.

US-EPA (1994). IRIS-file Dichlorvos. Reference for Chronic Inhalation Exposure. Last revised 06/01/94.

WHO-JMPR (1993). Pesticide Residues in Food – 1993. Evaluations 1993. Part II – Toxicology. Joint Meeting of the FAO Panel of Experts on Pesticide Residues in Food and the Environment and the WHO Expert Group on Pesticide Residues.

Heptenofos

Heptenofos is een cholinesterase-remmer. De stof wordt (behalve als insecticide in kassen) ook gebruikt als parasietenbestrijder bij vee, honden en kippen. De humane toxicologie van heptenofos is door het RIVM beoordeeld in 1992 (ten behoeve van de toelating als bestrijdingsmiddel). De veterinaire toepassing is beoordeeld door het CVMP (Committee for Veterinary Medicinal Products van de EU) in 1996.

Het humaan-toxicologische dossier voor heptenofos bevat een groot aantal orale studies. Inhalatiegegevens zijn beperkt tot een acute studie met ratten (LC₅₀-bepaling).

De orale toxiciteitsgegevens kunnen als volgt worden samengevat. LD₅₀-waarden liggen in het traject 106-274 mg/kg LG (classificatie: *matig giftig*). In subchronisch en chronisch toxiciteitsonderzoek was cholinesterase-remming het kritische effect. In de meeste studies deden zich ook anemie en verhoogde activiteit van sommige leverenzymen (duidend op leverschade) voor. In een 90-dagen studie met honden was zelfs bij het laagste geteste niveau (0,2 mg per kg LG per dag) de activiteit van cholinesterase in erythrocyten en hersenen nog geremd. De chronische NOAELs voor rat en hond bedragen resp. 0,75 mg per kg LG per dag en 0,3 mg per kg LG per dag. Het RIVM concludeerde uit de 90-dagen studie met honden dat de overall-LOAEL 0,2 mg per kg LG per dag bedraagt.

De als enige beschikbare bioassay (oraal rat) wijst niet op een carcinogene werking door heptenofos. Op basis van het beschikbare genotoxiciteitsonderzoek luidde de conclusie dat heptenofos niet genotoxisch is.

Reproductieonderzoek werd uitgevoerd met ratten (toediening via voer). Bij de hoogste dosering was het aantal levendgeboren jongen verlaagd. De NOAEL was 0,75 mg per kg LG per dag. In teratogeniteitsstudies met rat en konijn werden geen teratogene effecten gevonden. In beide studies was maternale toxiciteit het enige effect (NOAELs van respectievelijk 16 mg per kg LG per dag en 3,2 mg per kg LG per dag).

Het RIVM heeft op basis van de orale toxiciteitsgegevens een ADI afgeleid. Als basis diende de LOAEL van 0,2 mg per kg LG per dag (uit de 90-dagen studie met honden). Met een veiligheidsfactor van 500 werd een ADI van 0,0004 mg per kg LG per dag afgeleid.

De uitkomst van het inhalatie-onderzoek met heptenofos, beperkt tot een LC₅₀-bepaling voor ratten, was een LC₅₀ van 900 mg/m³ (4-uurswaarde). Omdat verdere inhalatiegegevens ontbreken is gebruik van de orale data de enige mogelijkheid voor risicoschatting bij sublethale inhalatoire blootstelling. Hiertoe kan de ADI (oraal) worden omgerekend naar de inhalatoire route. Een dergelijke *route-to-route* extrapolatie geeft beperkte betrouwbaarheid in de geproduceerde risico-uitspraken.

Heptenofos heeft geen MAC-waarde voor blootstelling van werkers via de lucht.

Referenties heptenofos:

CVMP (1996). Status Report Heptenophos. The European Agency for the Evaluation of Medicinal Products. Document no. EMEA/MRL/068/96-FINAL, March 1996.

RIVM (1992). Heptenofos – Toxicologie. Adviesrapport no. 92/679108/008, d.d. 15-12-92. Auteurs: M.G.M. Meijerink & E.H. Heijna-Merkus.

Methomyl

Dit insecticide behoort tot de groep van de oxim-carbamaten. De insecticide werking berust op remming van cholinesterase in de zenuwcellen. De humane toxicologie van methomyl is in 1996 beoordeeld door de WHO-IPCS en in 1999 door het RIVM (in opdracht van het CTB).

Het humaan-toxicologische dossier voor methomyl bevat een groot aantal orale studies. Daarnaast zijn er ook enkele inhalatiestudies.

De orale toxiciteitsgegevens kunnen als volgt worden samengevat. LD₅₀-waarden bij rat, hond en kip liggen in het traject 20-37 mg/kg LG (classificatie: *giftig*). In subacute studies met ratten deed zich remming van cholinesterase in de hersenen voor (NOAEL 80 mg per kg LG per dag). Bij semichronische toediening aan ratten werd groeivertraging en remming van cholinesterase in erythrocyten en hersenen waargenomen (overall-NOAEL 3,56 mg per kg LG per dag). In een 2-jaar studie met honden waren er niereffecten en effecten op de bloedaanmaak (milt) (NOAEL 2,31 mg per kg LG per dag). Deze effecten deden zich ook voor in een chronische proef met ratten. De NOAEL in dit experiment was 4,83 mg per kg LG per dag. Een tweede chronische studie met ratten liet groeivertraging en anemie zien. De NOAEL in deze studie was 4,8 mg per kg LG per dag. In een chronische proef met muizen was de sterfte verhoogd en het totaal gewicht aan erythrocyten verlaagd (NOAEL 8,7 mg per kg LG per dag).

De beschikbare bioassays (muis, rat) wijzen niet op een carcinogene werking door methomyl. Het beschikbare genotoxiciteitsonderzoek wijst op een genotoxische werking (clastogeen en mogelijk aneugeen). De testen waarin dit werd gevonden (ook in vivo) vertonen echter gebreken zodat aanvullend onderzoek noodzakelijk werd geacht.

Reproductie-onderzoek werd uitgevoerd met ratten (twee studies, beide met toediening in voer). In het eerste experiment was het enige effect een verlaagd gewicht bij de nakomelingen (speenfase). De NOAEL was 2,5 mg per kg LG per dag. In de tweede proef waren er verlaagd gewicht bij de nakomelingen en verlaagd aantal levend-geboren nakomelingen. Dit deed zich ook voor bij het laagste doseringsniveau (LOAEL 3,75 mg per kg LG per dag). Teratogeniteitsstudies werden uitgevoerd met ratten (twee studies) en konijnen (drie studies). In de eerste rattenstudie werden geen effecten gevonden (NOAEL >34 mg per kg LG per dag). In de tweede studie waren er sterfte en klinische symptomen bij de ouderdieren (NOAEL 1,0 mg per kg LG per dag). Er werd ook foetotoxiciteit (verminderd

gewicht, verminderde romplengte, misvormingen) waargenomen (NOAEL 3,5 mg per kg LG per dag). Een studie met konijn was niet geschikt voor evaluatie. In een verdere studie deden zich bij de moederdieren klinische symptomen voor die wijzen op cholinesterase-remming (NOAEL 2 mg per kg LG per dag). In de foeten deden zich geen effecten voor (NOAEL >16 mg per kg LG per dag). De derde konijnenstudie lieten bij de moederdieren groeivertraging, klinische symptomen wijzend op cholinesterase-remming en sterfte zien (NOAEL 8,0 mg per kg LG per dag). Bij de foeten was een toename van het aantal skeletafwijkingen het enige effect (NOAEL 8,0 mg per kg LG per dag).

Het RIVM heeft op basis van de orale toxiciteitsgegevens een ADI afgeleid. Als basis diende de NOAEL van 2 mg per kg LG per dag (uit een teratogeniteitsstudie met konijnen). Met een veiligheidsfactor van 1000 werd een ADI van 0,002 mg per kg LG per dag afgeleid. In deze afleiding werd een extra veiligheidsfactor van 10 toegepast (bovenop de standaardfactor van 100) omdat cholinesterase-remming (gemeten als enzymactiviteit in erythrocyten en hersenen) mogelijk nog aanwezig was bij de NOAEL (in de betreffende studie werd dit niet bepaald).

Het beschikbare inhalatie-onderzoek met methomyl is beperkt. In de rat was de LC_{50} 272 mg/m³ (4 uurswaarde). De enige verdere studie is een 3-maanden proef met ratten waarin slechts één concentratie werd getest van een formulering van methomyl. Bij een omgerekende concentratie van 6,66 mg methomyl per m³ (5 dagen/week, 4 uur/dag) deed zich geen effect voor op de cholinesterase-activiteit in erythrocyten (activiteit in plasma wel verlaagd). Deze NOAEL kan worden gebruikt als toetswaarde bij risicoschatting voor inhalatoire exposities.

Methomyl heeft een MAC-waarde voor werkers van 2,5 mg/m³ (waarde overgenomen van de Amerikaanse ACGIH).

Referenties voor methomyl:

RIVM (1999). Methomyl - Toxicology. CSR Advisory report: 05885A02. Auteurs: A.J. Baars, P.W.C. van Iersel, W.C. Mennes, M.T.M. van Raaij. d.d. 15-02-1999.

WHO-IPCS (1996). Environmental Health Criteria no. 178 – Methomyl. WHO International Programme on Chemical Safety.

Pirimicarb

Het insecticide pirimicarb behoort tot de groep van de carbamaten. Het is een cholinesterase-remmer. De stof werd in 1995 beoordeeld door het RIVM/CSR (in kader van toelatingsprocedure). In deze beoordeling werd gebruikt gemaakt van de eerdere beoordelingen door de WHO-JMPR (1976, 1978, 1982).

Het humaan-toxicologische dossier voor pirimicarb bevat een groot aantal orale studies. Inhalatiegegevens zijn beperkt tot enkele acute studies met ratten, allemaal zeer beperkt van opzet.

De orale toxiciteitsgegevens kunnen als volgt worden samengevat. LD₅₀-waarden voor rat, muis en hond liggen in het traject 68-221 mg/kg LG (classificatie: *giftig*). Voor hennen was de orale LD₅₀ iets lager: 25-50 mg/kg LG. In kortdurende studies met rat en hond werd groeivertraging (rat) en hemolytische anemie waargenomen. Voor ratten was de NOAEL 12,5 mg per kg LG per dag. Voor honden was dit 2 mg per kg LG per dag. Een 119-weeken studie met apen (uitgevoerd om te onderzoeken of de in honden waargenomen hemolytische anemie ook in primaten voorkomt) was er groeivertraging bij 25 mg per kg LG per dag en remming van cholinesterase in erythrocyten bij ≥ 2 mg per kg LG per dag (LOAEL). Bij chronische studies met muis, rat en hond was de NOAEL resp. 57, 12,5 en 1,8 mg per kg LG per dag. De overall-NOAEL is 1,8 mg per kg LG per dag (2-jaar studie honden).

De beschikbare bioassays (muis, rat) wijzen niet op een carcinogene werking. De waarde van deze experimenten wordt echter gereduceerd door de hoge sterfte in alle groepen (inclusief de controlegroep). Op basis van het beschikbare genotoxiciteits-onderzoek luidde de conclusie dat pirimicarb niet genotoxisch is.

Reproductie-onderzoek werd uitgevoerd met ratten (3-generatie experiment met toediening in voer). Het enige effect was groeivertraging bij de ouderdieren. De NOAEL was 12,5 mg per kg LG per dag. Teratogeniteitsstudies werden uitgevoerd met muis, rat en konijn. De studie met muizen was niet geschikt voor evaluatie. Voor ratten werd verlaagd lichaamsgewicht bij de moederdieren en foeten waargenomen. Bovendien was er vertraagde verbening bij de nakomelingen. De NOAEL voor maternale toxiciteit was 25 mg per kg LG per dag en voor foeto/embryotoxiciteit 10 mg per kg LG per dag. Bij konijnen was er maternale groeivertraging (NOAEL 10 mg per kg LG per dag) en toename van stolsels in de galblaas en vertraagde verbening in de foeten (NOAEL 2 mg per kg LG per dag). In een verdere konijnenstudie werd bij 5 mg per kg LG per dag vertraagde groei bij foeten en moederdieren waargenomen. De NOAEL in deze proef was 2,5 mg per kg LG per dag.

De JMPR (1982) heeft op basis van de orale toxiciteitsgegevens een ADI afgeleid. Als basis diende de NOAEL van 1,8 mg per kg LG per dag (uit de 2-jaarsproef met honden). Met een veiligheidsfactor van 100 werd een ADI van 0,02 mg per kg LG per dag afgeleid. Het RIVM (1995) heeft deze benadering overgenomen.

Met pirimicarb zijn geen inhalatiestudies van langere duur uitgevoerd. De acute inhalatoire LC₅₀ voor ratten (6 uur expositie) bedraagt 300 mg/m³. Verder was bij een proef met ratten (1975) na éénmalige blootstelling aan 75 mg/m³ pirimicarb (geformuleerd als Pirimor) gedurende 4 uur lichte irritatie van de trachea waarneembaar.

De inhalatie-gegevens zijn onvoldoende om als basis te dienen in de risicobeoordeling bij inhalatoire blootstelling. Om deze reden is gebruik van de orale data de enige mogelijkheid voor risicoschatting. Hiertoe kan de ADI worden omgerekend naar de inhalatoire route. Een dergelijke *route-to-route* extrapolatie geeft beperkte betrouwbaarheid voor de geproduceerde risico-uitspraken.

Pirimicarb heeft geen MAC-waarde voor blootstelling van werkers via de lucht.

Referenties pirimicarb

JMPR (1976). 1976 Evaluations of some Pesticide Residues in Food. FAO, Rome, 1977.

JMPR (1978). Pesticide Residues in Food - Evaluations 1978. Joint FAO/WHO Meeting on Pesticide Residues, 27 November - 6 December.

JMPR (1982). Pesticide Residues in Food - 1982 Evaluations. Joint FAO/WHO Meeting on Pesticide Residues, 23 November - 2 December 1982.

RIVM (1995). Samenvatting van toxicologische gegevens t.b.v. het CTB - Pirimicarb. Auteurs: M.S. Teunissen & M.F.A. Wouters, RIVM/CSR, 31-10-1995.

Pirimifos-methyl

Pirimifos-methyl is een cholinesterase-remmer. De humane toxicologie van dit insecticide is in 1992 beoordeeld door de WHO-JMPR.

Het humaan-toxicologische dossier voor pirimifos-methyl bevat een groot aantal orale studies. Inhalatiegegevens zijn niet beschikbaar.

De orale toxiciteitsgegevens kunnen als volgt worden samengevat. LD₅₀-waarden (knaagdieren) liggen in het traject 1000->2050 mg/kg LG (classificatie: *matig giftig*). Bij hennen was de orale LD₅₀ veel lager: 30-60 mg/kg LG. Het kritische effect bij kortdurende en langdurende blootstelling is cholinesterase-remming. In diverse kortdurende toxiciteitsstudies (subacuut, subchronisch) was de overall-NOAEL 0,5 mg per kg LG per dag (LOAEL voor cholinesterase-remming in erythrocyten en hersenen 4 mg per kg LG per dag). De chronische NOAELs in muis en rat bedragen beide 0,5 mg per kg LG per dag (kritisch effect cholinesterase-remming). In twee subacute orale studies bij mensen was er geen effect op cholinesterase-activiteit in erythrocyten bij 0,25 mg per kg LG per dag. De JMPR gebruikte dit doseringsniveau als overall-NOAEL.

De beschikbare bioassays (muis, rat) wijzen niet op een carcinogene werking door pirimifos-methyl. Op basis van het beschikbare genotoxiciteitsonderzoek luidde de conclusie dat pirimifos-methyl niet genotoxisch is.

Reproductie-onderzoek werd uitgevoerd met ratten (twee studies, beide met toediening in het voer). In het eerste experiment (een 4-generatie proef) was de reproductieprestatie verminderd bij beide doseringsniveaus (LOAEL voor 20 mg/kg in voer), een bevinding die door de JMPR als minder relevant werd beschouwd omdat de proef tekortkomingen vertoonde en een dergelijk effect niet bekend is van cholinesterase-remmers. In een herhaalstudie (3-generaties) werden geen nadelige effecten gevonden (NOAEL voor 100 mg/kg in voer; NOAEL waarde 5 mg per kg LG per dag). In teratogeniteitsstudies met resp. rat en konijn deden zich alleen

foetotoxiciteit en maternale toxiciteit voor (geen teratogeniteit). De NOAELs hiervoor waren resp. 15 en 16 mg per kg LG per dag.

De JMPR heeft op basis van de orale toxiciteitsgegevens een ADI afgeleid. Als basis diende de NOAEL van 0,25 mg per kg LG per dag (uit de subacute studie met de mens). Met een veiligheidsfactor van 10 werd een ADI van 0,03 mg per kg LG per dag afgeleid.

Omdat inhalatie-onderzoek met pirimifos-methyl ontbreekt, is gebruik van de orale data de enige mogelijkheid voor risicoschatting bij inhalatoire blootstelling. Hiertoe kan de ADI worden omgerekend naar de inhalatoire route. Een dergelijke *route-to-route* extrapolatie geeft beperkte betrouwbaarheid voor de geproduceerde risico-uitspraken.

Pirimifos-methyl heeft geen MAC-waarde voor blootstelling van werkers via de lucht.

Referentie pirimifos-methyl

WHO-JMPR (1992). Pesticide Residues in Food – 1992. Evaluations 1992. Part II – Toxicology. Joint Meeting of the FAO Panel of Experts on Pesticide Residues in Food and the Environment and the WHO Expert Group on Pesticide Residues.

Dodemorf

Dit fungicide wordt in Nederland al gebruikt sinds de jaren zestig. Voor de stof is echter nooit een volledige toxicologische evaluatie uitgevoerd. Bij de prioriteitsstelling Herbeoordeling Stoffen door het CTB in 2001 is dodemorf geclassificeerd als een werkzame stof met een minder hoog risicoprofiel. De stof is ook nooit beoordeeld door de WHO-JMPR of door de US-EPA.

In het kader van de Nederlandse Bestrijdingsmiddelenwet zijn door de producent een aantal toxicologische studies ingeleverd, maar deze zijn nooit formeel beoordeeld. Een eerste voorlopige beoordeling van deze studies laat het volgende zien. Diverse genotoxiciteitsstudies waren negatief. Er zou een orale semichronische toxiciteitsproef zijn uitgevoerd maar daarvan ontbreekt verdere informatie. In een teratogeniteitsstudie met konijnen werd maternale toxiciteit en foetotoxiciteit gezien bij 120 mg per kg LG per dag. Bij dezelfde dosis was de frequentie externe afwijkingen (open ogen) verhoogd, een teratogeen effect. De NOAEL voor zowel maternale toxiciteit als foetotoxiciteit en teratogeniteit in deze proef was 40 mg per kg LG per dag.

In een 2-generatie reproductiestudie met ratten werd bij 194 mg per kg LG per dag toxiciteit in de ouderdieren (groevertraging, levereffecten) gezien. De NOAEL hiervoor was 64 mg per kg LG per dag. Bij de nakomelingen was er vertraagde ontwikkeling bij 64 en 195 mg per kg LG per dag. Bij 21 mg per kg LG per dag werden geen effecten waargenomen (NOAEL).

Met dodemorf is enig inhalatie-onderzoek uitgevoerd. Genoemd wordt een subacute inhalatiestudie met ratten. Daarvan ontbreekt echter alle verdere informatie zodat hiervan geen gebruik kan worden gemaakt.

Van dodemorf is geen ADI bekend. De beschikbare informatie voor dodemorf biedt onvoldoende aanknopingspunten voor een inhalatoire risicobeoordeling voor deze stof.

Dodemorf heeft geen MAC-waarde voor blootstelling van werkers via de lucht.

Referentie dodemorf

RIVM (1987). Agendabijlage L-138.43. Abstract mutageniteit Dodemorf.

Thiram

Het fungicide thiram behoort tot de groep van de dithiocarbamaten. De humane toxicologie van thiram werd in 1992 beoordeeld door de WHO-JMPR.

Het humaan-toxicologische dossier voor thiram bevat een groot aantal orale studies. Inhalatiegegevens zijn beperkt tot een acute studie met ratten (LC₅₀-bepaling).

De orale toxiciteitsgegevens kunnen als volgt worden samengevat. LD₅₀-waarden liggen in het traject 1800-4000 mg/kg LG (classificatie: *weinig giftig*). In semi-chronische studies (rat, hond) werden afwijkingen in hematologische biochemische bloedparameters gevonden. Bij honden werden ook groeivertraging en verhoogde levergewichten gevonden. De overall-NOAEL uit deze studies is 0,84 mg per kg LG per dag. In een chronisch experiment met muizen werden groeivertraging, hematologische veranderingen en histopathologische veranderingen in urineblaas, oog en milt waargenomen. De NOAEL was 3 mg per kg LG per dag. In ratten deden zich hematologische veranderingen voor alsmede beschadiging van de skiatische zenuwcellen. De NOAEL in de rat bedroeg 1,2 mg per kg LG per dag.

De beschikbare bioassays (muis, rat) wijzen niet op een carcinogene werking door thiram. Op basis van het beschikbare genotoxiciteitsonderzoek luidde de conclusie dat thiram niet genotoxisch is *in vivo* (de *in vitro* Ames-test was positief maar de *in vivo* testen waren negatief).

Reproductieonderzoek werd uitgevoerd met ratten (toediening via voer). Er werd geen effect op de reproductie gevonden. De NOAEL in deze proef was 1,5 mg per kg LG per dag, gebaseerd op verminderd lichaamsgewicht bij ouderdieren en jongen. Teratogeniteitsstudies werden uitgevoerd met ratten (één studie) en konijnen (twee studies). Bij de rat deed zich op alle doseringsniveaus maternale toxiciteit voor (verminderde groei en verminderd placentagewicht) (LOAEL 1,0 mg per kg LG per dag). Teratogeniteit of foeto/embryotoxiciteit deed zich niet voor. Bij konijnen was er in de ene studie geen enkel effect (NOAEL >30 mg per kg LG per dag), terwijl in de andere studie alleen maternale toxiciteit optrad (NOAEL 2,5 mg per kg LG per dag).

De JMPR heeft op basis van de orale toxiciteitsgegevens een ADI afgeleid. Als basis dienden de NOAELs van 0,94 en 1,2 mg per kg LG per dag (uit resp. de 52-weken studie met honden en de 2-jaarsproef met ratten). Met een veiligheidsfactor van 100 werd een ADI van 0,01 mg per kg LG per dag afgeleid.

De uitkomst van het inhalatie-onderzoek met thiram bij ratten was dat de LC_{50} groter is dan 100 mg/m^3 (4-uurswaarde). Omdat verdere inhalatiegegevens ontbreken is gebruik van de orale data de enige mogelijkheid voor risicoschatting bij inhalatoire blootstelling. Hiertoe kan de ADI worden omgerekend naar de inhalatoire route. Een dergelijke *route-to-route* extrapolatie geeft beperkte betrouwbaarheid voor de geproduceerde risico-uitspraken.

Thiram heeft geen MAC-waarde voor blootstelling van werkers via de lucht.

Referentie thiram:

WHO-JMPR (1992). Pesticide Residues in Food – 1992. Evaluations 1992. Part II – Toxicology. Joint Meeting of the FAO Panel of Experts on Pesticide Residues in Food and the Environment and the WHO Expert Group on Pesticide Residues.

Tolclofos-methyl

Ook tolclofos-methyl is een cholinesterase-remmer. De humane toxicologie van dit fungicide is in 1985 beoordeeld door het RIVM (opdracht van CTB) en in 1994 door de WHO-JMPR.

Het humaan-toxicologische dossier voor tolclofos-methyl bevat een groot aantal orale studies. Inhalatiegegevens zijn beperkt tot een acute studie met ratten (LC_{50} -bepaling).

De orale toxiciteitsgegevens kunnen als volgt worden samengevat. LD_{50} -waarden liggen in het traject 3500->5000 mg/kg LG (classificatie: *weinig giftig*). In subchronisch en chronisch toxiciteitsonderzoek deden zich een aantal effecten voor waaronder cholinesterase-remming, groeivertraging, verhoogd gewicht van lever en nieren, histopathologische leververanderingen en anemie. De NOAELs in de subchronische studies (muis, rat, hond) liggen in het traject 11-66 mg per kg LG per dag. De chronische NOAELs voor muis en rat bedragen resp. 6,5 en 41 mg per kg LG per dag. De JMPR concludeerde dat de overall-LOAEL 6,5 mg per kg LG per dag bedraagt (uit de 2-jaarsproef met muizen).

De beschikbare bioassays (muis, rat) wijzen niet op een carcinogene werking door tolclofos-methyl. Op basis van het beschikbare genotoxiciteitsonderzoek luidde de conclusie dat tolclofos-methyl niet genotoxisch is.

Reproductieonderzoek werd uitgevoerd met ratten (toediening via voer). Er deden zich geen effecten voor (NOAEL >100 mg per kg LG per dag). In teratogeniteitsstudies met respectievelijk rat en konijn werden geen teratogene effecten gevonden. In beide studies was maternale toxiciteit het enige effect (NOAELs in beide studies 300 mg per kg LG per dag).

De JMPR heeft op basis van de orale toxiciteitsgegevens een ADI afgeleid. Als basis diende de NOAEL van 6,5 mg per kg LG per dag (uit de 2-jaarsproef met muizen). Met een veiligheidsfactor van 100 werd een ADI van 0,07 mg per kg LG per dag afgeleid.

De uitkomst van het inhalatie-onderzoek met tolclofos-methyl bij ratten was dat de LC₅₀ (4-uurswaarde) groter is dan 3320 mg/m³. Omdat verdere inhalatiegegevens ontbreken is gebruik van de orale data de enige mogelijkheid voor risicoschatting bij inhalatoire blootstelling. Hiertoe kan de ADI worden omgerekend naar de inhalatoire route. Een dergelijke *route-to-route* extrapolatie geeft beperkte betrouwbaarheid voor de geproduceerde risico-uitspraken.

Tolclofos-methyl heeft geen MAC-waarde voor blootstelling van werkers via de lucht.

Referenties tolclofos-methyl:

RIVM (1985). Tolclofos-methyl – Literatuursamenvatting. Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu. Adviescentrum Toxicologie Doc/Tox 300/296/2/3, d.d. Februari 1985. Auteurs: M/ Wouters & E. den Tonkelaar.

WHO-JMPR (1994). Pesticide Residues in Food – 1994. Evaluations 1994. Part II – Toxicology. Joint Meeting of the FAO Panel of Experts on Pesticide Residues in Food and the Environment and the WHO Expert Group on Pesticide Residues.

Triforine

De humane toxicologie van het fungicide triforine is in 1993 beoordeeld door het RIVM en in 1997 door de WHO-JMPR.

Het humaan-toxicologische dossier voor triforine omvat een groot aantal orale studies. Inhalatiegegevens zijn beperkt tot een acute studie met ratten (LC₅₀-bepaling).

De orale toxiciteitsgegevens kunnen als volgt worden samengevat. LD₅₀-waarden voor rat en muis zijn groter dan 5000 mg/kg LG (classificatie: *weinig giftig*). In subacute en semichronische studies (rat, muis) werd een effect op de bloedvorming gevonden, wat zich uitte als lichte hemolytische anemie die gepaard ging met secundaire effecten op milt en lever. In een 4-weken studie met ratten was de NOAEL <50 mg per kg LG per dag. In eenzelfde studie met muizen was de NOAEL 200 mg per kg LG per dag. Subchronische studies met ratten lieten een overall-NOAEL zien van 6 mg per kg LG per dag. In de uitgevoerde 2-jaarsproeven (rat, muis, hond) werd eveneens een effect op de bloedvorming gevonden, gekoppeld aan secundaire effecten in milt en lever. De NOAEL voor ratten was 10 mg per kg LG per dag. In muizen werd naast de genoemde afwijkingen ook vergroting en ontsteking van de dikke darm gevonden. De NOAEL voor muizen was 11 mg per kg LG per dag. In honden werd verhoogde bloedaanmaak gevonden in combinatie met hemosiderine-afzetting in beenmerg en lever. De NOAEL voor honden was 2,4 mg per kg LG per dag.

Twee bioassays met ratten wijzen niet op een carcinogene werking door triforine. Een studie met muizen liet echter een verhoogde incidentie longtumoren zien. Waarschijnlijk ontstaan deze tumoren op een indirecte manier (d.w.z. niet door directe interactie met DNA). Dit laatste is aannemelijk gezien het negatieve resultaat van het beschikbare genotoxiciteitsonderzoek (*in vitro* en *in vivo*).

Reproductieonderzoek werd uitgevoerd met ratten (toediening via voer). Er werd geen effect op de reproductie gevonden. De NOAEL in deze proef was 40 mg per kg LG per dag, gebaseerd op verminderd lichaamsgewicht bij ouderdieren en jongen en verhoogd miltgewicht bij de jongen. Teratogeniteitsstudies werden uitgevoerd met ratten (één studie) en konijnen (vier studies). Bij de rat deden zich geen effecten voor (NOAEL 1000 mg per kg LG per dag). In de konijnenstudie werd maternale toxiciteit waargenomen en bij hogere doseringsniveaus ook foetotoxiciteit. De overall-NOAEL voor maternale toxiciteit was 5 mg per kg LG per dag en voor foeto/embryotoxiciteit 125 mg per kg LG per dag.

De JMPR heeft op basis van de orale toxiciteitsgegevens een ADI afgeleid. Als basis diende de NOAEL van 2,4 mg per kg LG per dag (uit de 2-jaarsproef met honden). Met een veiligheidsfactor van 100 werd een ADI van 0,02 mg per kg LG per dag afgeleid.

De uitkomst van het inhalatie-onderzoek met thiram bij ratten was dat de LC_{50} groter is dan 5100 mg/m^3 (4-uurswaarde). Omdat verdere inhalatiegegevens ontbreken is gebruik van de orale data de enige mogelijkheid voor risicoschatting bij inhalatoire blootstelling. Hiertoe kan de ADI worden omgerekend naar de inhalatoire route. Een dergelijke *route-to-route* extrapolatie geeft beperkte betrouwbaarheid voor de geproduceerde risico-uitspraken.

Triforine heeft geen MAC-waarde voor blootstelling van werkers via de lucht.

Referenties triforine

RIVM (1993). Samenvatting van toxicologische gegevens t.b.v. het CTB - Triforine. Auteurs: J.H. Bolt & L. den Tonkelaar, RIVM/CSR, 03-05-1993.

WHO-JMPR (1997). Pesticide Residues in Food – 1997. Evaluations 1997. Part II – Toxicological and Environmental. Joint Meeting of the FAO Panel of Experts on Pesticide Residues in Food and the Environment and the WHO Expert Group on Pesticide Residues.

Daminozide

De humane toxicologie van deze groeiregulator is in 1977, 1983, 1989 en 1991 beoordeeld door de WHO-JMPR. De EU heeft de stof beoordeeld in 1998.

Het humaan-toxicologische dossier voor daminozide bevat een groot aantal orale studies. Inhalatiegegevens zijn beperkt tot enkele acute studies met ratten (LC_{50} -bepalingen).

De orale toxiciteitsgegevens kunnen als volgt worden samengevat. LD₅₀-waarden liggen in het traject 5000-8400 mg/kg LG (classificatie: *weinig giftig*). In een subchronisch experiment met honden (1-jaarsproef) was groeivertraging het enige effect. De NOAEL in deze studie was 80,5 mg per kg LG per dag. In een 2-jaarsproef met ratten deden zich geen nadelige effecten voor (NOAEL 500 mg per kg LG per dag). In een chronische studie met muizen was verlaging van het aantal bloedplaatjes het enige nadelige effect. De NOAEL in deze studie was 45 mg per kg LG per dag (LOAEL 450 mg per kg LG per dag).

De beschikbare bioassays (muis, rat) wijzen niet op een carcinogene werking door daminozide. Op basis van het beschikbare genotoxiciteitsonderzoek luidde de conclusie dat daminozide niet genotoxisch is.

Reproductie-onderzoek werd uitgevoerd met ratten (twee studies, beide 2-generatie studies, beide met toediening in voer). In de eerste studie deden zich alleen effecten op de ouderdieren voor (verminderde voerconsumptie en groeivertraging). De NOAEL was 50 mg per kg LG per dag. In de andere proef deden zich bij de ouderdieren klinische symptomen en verhoogde waterconsumptie voor. Ook in deze studie was er geen effect op de reproductieparameters. De NOAEL in deze proef was 360 mg per kg LG per dag.

Teratogeniteitsonderzoek met ratten (drie studies) en konijnen (één studie) wijst op afwezigheid van teratogene potentie. Voor konijnen was de NOAEL (voor maternale en ontwikkelingstoxiciteit) >300 mg per kg LG per dag. Bij de rat werd alleen maternale toxiciteit gezien (geen effect op ontwikkeling) met een NOAEL van 150 mg per kg LG per dag.

Daminozide als commercieel product bevat 1,1-dimethylhydrazine als verontreiniging. Met deze laatste stof is een grote hoeveelheid oraal toxiciteitsonderzoek uitgevoerd. In chronische bioassays met rat en muis deden zich verhoogde tumorfrequenties voor in lever en longen. Het genotoxiciteitsonderzoek met deze stof wees op afwezigheid van genotoxische potentie *in vitro* (Ames-test, genmutaties in zoogdiercellen, chromosoomaberraties in zoogdiercellen). Een *in vivo* micronucleus-test in muis (lever) wordt echter als positief gerapporteerd. De betekenis van deze laatste bevinding in het licht van negatieve *in vitro*-studies is niet duidelijk.

In de EU-beoordeling is op basis van de orale toxiciteitsgegevens een ADI afgeleid. De NOAEL van 45 mg per kg LG per dag (uit de 2-jaarsproef met muizen) werd gedeeld door een veiligheidsfactor 100. Dit leidde tot een ADI van 0,45 mg per kg LG per dag. De JMPR leidde in 1989 een ADI af van 0,5 mg per kg LG per dag, op basis van de NOAEL van 50 mg per kg LG per dag uit een twee-generatie reproductie-onderzoek met ratten. Deze ADI geldt expliciet voor daminozide met gehalten aan 1,1-dimethylhydrazine tot 30 mg/kg.

De uitkomst van het inhalatie-onderzoek met dazomide bij ratten was dat de LC₅₀ (4-uurswaarde) groter is dan 2100 mg/m³. Omdat verdere inhalatiegegevens ontbreken

is gebruik van de orale data de enige mogelijkheid voor risicoschatting bij inhalatoire blootstelling. Hiertoe kan de ADI worden omgerekend naar de inhalatoire route. Een dergelijke *route-to-route* extrapolatie geeft beperkte betrouwbaarheid voor de geproduceerde risico-uitspraken.

Daminozide heeft geen MAC-waarde. In de EU-beoordeling wordt een limiet voor arbeidsexpositie (een zgn. AOEL) berekend op basis van de orale NOAEL van 45 mg per kg LG per dag uit de 2-jaarsproef met muizen. Aldus werd een waarde (AOEL_{respiratory}) van 28 mg/werker afgeleid (interne dosis). Omgerekend naar lucht betekent dit 1,4 mg/m³ (continue expositie aangenomen, 24 uur/dag, dagelijks respiratievolume 20 m³).

Referenties daminozide

WHO-JMPR (1977). Pesticide Residues in Food. Evaluations 1977. Joint Meeting of the FAO Panel of Experts on Pesticide Residues in Food and the Environment and the WHO Expert Group on Pesticide Residues.

WHO-JMPR (1983). Pesticide Residues in Food. Evaluations 1983. Joint Meeting of the FAO Panel of Experts on Pesticide Residues in Food and the Environment and the WHO Expert Group on Pesticide Residues.

WHO-JMPR (1989). Pesticide Residues in Food – 1989. Evaluations 1989. Part II – Toxicology. Joint Meeting of the FAO Panel of Experts on Pesticide Residues in Food and the Environment and the WHO Expert Group on Pesticide Residues.

WHO-JMPR (1991). Pesticide Residues in Food – 1991. Evaluations 1991. Part II – Toxicology. Joint Meeting of the FAO Panel of Experts on Pesticide Residues in Food and the Environment and the WHO Expert Group on Pesticide Residues.

EU (1998). Daminozide - Reasoned Statement of the overall conclusions drawn by the Rapporteur Member State (the Netherlands). Dated 21 January 1998. Report number CTB-98-003-E-232.

Aanhangsel 3 Omschrijving van termen en afkortingen

Acaricide

Middel ter bestrijding van plantenparasitaire mijten.

Acute toxiciteit

Toxiciteit bij éénmalige opname.

ADI

Acceptable Daily Intake voor opname van een stof via voedsel, in mg per kg lichaamsgewicht per dag. De ADI is een grenswaarde met een wettelijke status voor de levenslange dagelijkse blootstelling aan bijvoorbeeld een bestrijdingsmiddel.

Aërosol

Zeer fijne druppeltjes en deeltjes in de lucht die lang kunnen blijven zweven.

AOEL

Acceptable Occupational Exposure Level, voor blootstelling via de ademhaling.

Areïek volume

Volume per oppervlak.

Cholinesteraseremming

Toxisch werkingsmechanisme in de vorm van enzymremming van fosforesters en carbamaten.

Chronische toxiciteit

Toxiciteit bij langdurige opname.

Fungicide

Middel ter bestrijding van plantenparasitaire schimmels.

Hazard-index methode

Optellen van procentuele opvulling van de grenswaarde per stof, voor een combinatie van stoffen met overeenkomstig werkingsmechanisme.

Herbicide

Middel ter bestrijding van onkruiden.

Impactie

Deposities als gevolg van botsing en blijven kleven.

LVM

Low Volume Mister, toedieningstechniek waarbij fijne druppeltjes en damp in de kaslucht wordt aangebracht.

Lijwervel

Turbulente luchtmenging benedenwinds van een kas.

MAC-waarde

Maximaal Aanvaarde Concentratie in de lucht op de werkplek.

Molluscicide

Middel ter bestrijding van schadelijke slakken.

NOAEL

No Observed Adverse Effect Level. Hoogste dosis waarbij in een zoogdierproef geen afwijkingen worden waargenomen.

Route-to-route extrapolatie

Extrapolatie van de toxiciteit als gevolg van route A naar die als gevolg van route B. In dit rapport: van de orale route naar de inhalatoire route.

TCL

Toelaatbare Concentratie in de Lucht voor de algemene bevolking.

Ventilatie

Het ontwijken van kaslucht via kieren in de kasopstand (en eventueel ramen) naar de buitenlucht.

Ventilatievoud

Fractie van het kasluchtvolume die per tijdseenheid naar buiten ventileert.

VMD

Volume-Mediane Diameter van een druppelgroottespectrum. De helft van het spuitvolume bestaat uit druppeltjes kleiner dan de VMD.

Voorlopige grenswaarde

De binnen het huidige onderzoek gehanteerde bovengrens voor de concentraties in de lucht waarbij het risico van schadelijke effecten op de mens zeer gering is. Deze grenswaarde heeft geen wettelijke status. Gezien het indicatieve karakter is er sprake van een voorlopige grenswaarde. In dit rapport zijn de voorlopige grenswaarden waar mogelijk afgeleid van de ADI's. De hoeveelheid die in een uur mag worden ingeademd is zodoende berekend aan de hand van de hoeveelheid die een mens per dag gedurende zijn of haar hele leven met het voedsel binnen mag krijgen. In een grenswaarde zijn NOAEL's uit zoogdierproeven gedeeld door een veiligheidsfactor om een voor de mens veilige waarde te genereren.