

32/406 (506) 2<sup>e</sup> ex

**Overwaaien, atmosferische depositie en afspoelen van  
bestrijdingsmiddelen in de akkerbouw en groenteteelt op  
kleigrond**

**BIBLIOTHEEK  
STARINGGEBOUW**

**L.J.T. van der Pas  
J.G. de Geus-van der Eijk  
M. Leistra  
M.I. Mul  
J.H. Smelt  
H.P. Versluis  
O.H. Boersma**

**Rapport 506**

**DLO-Staring Centrum, Wageningen, 1997**

**- 6 MEI 1997**

65 n 935 902 \*

## REFERAAT

L.J.T. van der Pas, J.G. de Geus-van der Eijk, M. Leistra, M.I. Mul, J.H. Smelt, H.P. Versluis en O.H. Boersma, 1997. *Overwaaien, atmosferische depositie en afspoelen van bestrijdingsmiddelen in de akkerbouw en groenteteelt op kleigrond*. Wageningen, DLO-Staring Centrum. Rapport 506. 64 blz.; 10 fig.; 5 tab.; 37 ref.

De omvang van enkele bovengrondse emissieroutes voor bestrijdingsmiddelen naar waterlopen bij lage vollegrondsteelten is onderzocht. Het overwaaien van spuitvloeistof bij de toediening leidt veelal tot grote overschrijding van de ecotoxicologische norm en van de norm voor oppervlaktewater bestemd voor de drinkwaterbereiding. De 90-percentielwaarden voor bestrijdingsmiddelen in de neerslag liggen veelal wat boven de drinkwaternorm van 0,1 µg/l. Het onderzoek naar de afspoeling over het bodemoppervlak dient te worden voortgezet voor gevoelige situaties (bodem, neerslag), omdat de betrokken bestrijdingsmiddelconcentraties hoog kunnen zijn.

Trefwoorden: drinkwater, ecotoxicologie, milieubescherming, oppervlaktewater, pesticide, waterkwaliteit

ISSN 0927-4499

©1997 DLO-Staring Centrum, Instituut voor Onderzoek van het Landelijk Gebied (SC-DLO)  
Postbus 125, 6700 AC Wageningen.  
Tel.: (0317) 474200; fax: (0317) 424812; e-mail: postkamer@sc.dlo.nl

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

DLO-Staring Centrum aanvaardt geen aansprakelijkheid voor eventuele schade voortvloeiend uit het gebruik van de resultaten van dit onderzoek of de toepassing van de adviezen.

Project 7439

[Rap506.HM/03.97]

# Inhoud

	blz.
Woord vooraf	7
Samenvatting	9
1 Inleiding	11
2 Overwaaien naar waterlopen	13
2.1 Inleiding	13
2.2 Werkwijzen	13
2.2.1 Chloridazon in bieten	13
2.2.2 Prochloraz in wintertarwe	18
2.2.3 Bentazon in zomergerst	21
2.3 Resultaten	25
2.3.1 Chloridazon in bieten	25
2.3.2 Prochloraz in wintertarwe	27
2.3.3 Bentazon in zomergerst	28
2.4 Algemene bespreking en conclusies	30
3 Atmosferische depositie	33
3.1 Inleiding	33
3.2 Werkwijzen	34
3.2.1 Veldmetingen	34
3.2.2 Karakterisering van de middelen	35
3.2.3 Controle op de afname	38
3.2.4 Chemische analyse	39
3.3 Resultaten	40
3.3.1 Veldmetingen	40
3.3.2 Afname in de procedure	43
3.3.3 Nutriënten	45
3.4 Algemene bespreking en conclusies	46
4 Afspoeling van het bodemoppervlak	49
4.1 Inleiding	49
4.2 Werkwijzen	49
4.3 Waarnemingen en resultaten	51
4.4 Algemene bespreking en conclusies	53
5 Vergelijking met normen	55
6 Conclusies en aanbevelingen	57
6.1 Conclusies	57
6.2 Aanbevelingen	59
Literatuur	61

## Woord vooraf

Dit onderzoek werd uitgevoerd in het kader van het project 'Emissies van bestrijdingsmiddelen en nutriënten vanuit de akkerbouw en groenteteelt op kleigrond naar grondwater en waterlopen'. De voorbereidingen voor dit project en het overleg met de doelgroepen vonden plaats in 1993 en 1994; begin 1995 kon het onderzoek van start gaan. Het huidige rapport behandelt de bovengrondse routes van emissie van bestrijdingsmiddelen naar waterlopen, die van begin 1995 tot midden 1996 zijn onderzocht. De rapportage over de emissie via de bodem en het drainagesysteem volgt na afronding van de metingen in voorjaar 1997.

Het onderzoek werd uitgevoerd door de Landelijke Projectgroep, waaraan deelnamen:

- Zuiveringsschap Hollandse Eilanden en Waarden te Dordrecht;
- Proefstation voor de Akkerbouw en de Groenteteelt in de Vollegrond te Lelystad;
- Regionaal Onderzoek Centrum te Westmaas;
- Groen Agro Control, Delft;
- DLO-Staring Centrum te Wageningen.

Het Kluyver Laboratorium voor Biotechnologie TU Delft nam deel aan het overleg in de projectgroep.

Van de auteurs werken L.J.T. van der Pas, M. Leistra, J.H. Smelt en O.H. Boersma bij DLO-Staring Centrum. J.G. de Geus-van der Eijk en M.I. Mul werken bij het  
1  
2  
Zuiveringsschap Hollandse Eilanden en Waarden. H.P. Versluis werkt bij het Regionaal Onderzoek Centrum Westmaas.

De financiële middelen voor dit project werden ter beschikking gesteld door:

- 3 – Directie Wetenschap en Kennisoverdracht, Ministerie van LNV, Den Haag;
- Zuiveringsschap Hollandse Eilanden en Waarden, Dordrecht;
- Landbouwschap, Den Haag;
- 4 – Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer, Utrecht;
- 5 – Rijksinstituut voor Integraal Zoetwaterbeheer en Afvalwaterbehandeling, Lelystad;
- Provincie Noord-Holland, Haarlem;
- 6 – Provincie Zuid-Holland, Den Haag.

De Begeleidingscommissie voor het project werd samengesteld uit de medefinanciers, de deelnemende onderzoekinstellingen en belangstellende organisaties. Naast bovengenoemde instellingen namen hieraan deel:

- Informatie- en Kenniscentrum Landbouw, Ede;
- Provincie Zeeland, Middelburg.
- Heemraadschap Fleverwaard, Lelystad;

We danken onze collega's voor hun bijdragen aan dit deel van het project, met name B. van Egmond (ZHEW), H.P. Spits (SC-DLO), C. Vader (ROC Westmaas) en J.H.M. Wösten (SC-DLO).

## Samenvatting

In de waterlopen in gebieden met akkerbouw en vollegrondsgroenteteelt worden regelmatig bestrijdingsmiddelresiduen aangetroffen. In het huidige onderzoek werd de omvang van enkele bovengrondse emissieroutes bij deze teelten onderzocht. Het betreft het overwaaien van spuitvloeistof bij de toediening, de depositie met de neerslag en de afspoeling over het bodemoppervlak.

Drie veldexperimenten werden uitgevoerd om het overwaaien van spuitvloeistof naar waterlopen te meten. De opbrengst van de procedure voor het meten van de depositie als functie van de afstand tot de buitenste spuitdop was redelijk tot goed. Op plaatsen die direct door de spuitkegel werden geraakt (bijv. op de akkerrand) was de depositie hoog, zoals kan worden verwacht. Bij twee van de bespuitingen reikte de spuitkegel tot boven het sloottalud.

Onder relatief gunstige omstandigheden (lage windsnelheid; zeer grove druppels; met luchtondersteuning op halve kracht) bedroeg de depositie van chloridazon op het wateroppervlak op omstreeks 3,5 m afstand 0,32% van de depositie op het veld. Deze omstandigheden zijn aanzienlijk gunstiger dan die in de referentiesituatie met gemiddeld 2,7% depositie op 3,5 m afstand.

Bij bespuiting van wintertarwe (spuitboomhoogte 1,6 m; middelgrote druppels; vrij lage windsnelheid) was de depositie van prochloraz op het wateroppervlak (op omstreeks 3 m afstand) 2,8% van de depositie op het veld. Bij matige windsnelheid, mogelijk in combinatie met de boombewegingen, was de depositie zelfs 12,6%. Eerstgenoemde depositie ligt in de buurt van het gemiddelde van 3,6% op 3 m afstand in de referentiesituatie, terwijl de tweede depositie duidelijk hoger is.

Bespuiting van zomergerst met bentazon (middelgrote druppels; met kantspuitdop; spuitboomhoogte 0,6 m; matige windsnelheid) leverde een depositie op het wateroppervlak op omstreeks 4 m afstand van slechts 0,16% van de depositie op het veld. Dit is duidelijk lager dan de gemiddelde depositie van 2,2% op deze afstand in de referentiesituatie. Voor het kwantificeren van het gemiddelde effect van de kantspuitdop zijn meer metingen nodig.

De op-en-neer gaande spuitboombeweging noodzaakt de toepasser tot het hoger instellen van de spuitboom, waardoor de spuitdrift aanzienlijk toeneemt. Betere stabilisatie van de spuitboom zou bijdragen aan het verminderen van de overwaaiing.

Op omstreeks 2 uur na de bespuiting was de concentratie op 0,05 m diepte in het water veelal hoger dan berekend uit de depositie, vermoedelijk omdat de menging in het watercompartiment nog niet volledig was.

Het overwaaien van de meeste van de besproken middelen in de huidige praktijk leidt tot grote overschrijding van de ecotoxicologische norm. De norm voor water

als grondstof voor drinkwater wordt steeds in hoge mate overschreden. Het tegengaan van overwaaien van spuitvloeistof heeft de grootste urgentie.

De neerslag werd opgevangen in een roestvrijstalen vat opgesteld in de Hoekse Waard. Uit de bestrijdingsmiddelen die in aanzienlijke mate waren toegepast werd een keuze gemaakt voor de chemische analyse. Bij het nabootsen van de procedure voor de neerslagmonsters werd voor zes van de zeven bestrijdingsmiddelen weinig afname gemeten, maar metoxuron verdween binnen een dag.

De herbiciden waren in 73% van de analyses voor de neerslagmonsters uit de toepassingsperiode niet aantoonbaar ( $<0,02 \mu\text{g/l}$ ). Het traject van positieve metingen was 0,07 tot 0,42  $\mu\text{g/l}$ , waarbij de hoogste waarde werd gemeten voor chloorprofam. De 90-percentiel-waarde voor de herbiciden was 0,18  $\mu\text{g/l}$ . Het loofdodingsmiddel metoxuron werd in een direct-geanalyseerd neerslagmonster aangetroffen in de relatief hoge concentratie van 1,3  $\mu\text{g/l}$ .

De fungiciden waren in 48% van de analyses voor de neerslagmonsters uit de toepassingsperiode niet aantoonbaar ( $<0,01 \mu\text{g/l}$ ). Het traject van positieve metingen was 0,01 tot 1,32  $\mu\text{g/l}$ , waarbij de hoogste waarde werd gemeten voor fluazinam. De 90-percentiel-waarde voor de fungiciden was 0,14  $\mu\text{g/l}$ . Het insecticide pirimicarb werd in één van de vijf monsters uit de toepassingsperiode aangetoond (0,09  $\mu\text{g/l}$ ).

De 90-percentiel-waarden voor de bestrijdingsmiddelen in de neerslag liggen veelal wat boven de drinkwaternorm van 0,1  $\mu\text{g/l}$ . De bijdrage van een regenbui van 20 mm met een concentratie van 0,20  $\mu\text{g/l}$  aan de concentratie in een sloot (0,25 m diep) is aanzienlijk lager dan die van de orde van 1  $\mu\text{g/l}$  door overwaaiing bij een bespuiting met conventionele doppen.

Bij de nutriëntenanalyses in de neerslag werd een gemiddelde totaal-N-concentratie gemeten van 2,0 mg/l. De totaal-P-concentratie was gemiddeld omstreeks 0,05 mg/l.

Opvanggoten werden geconstrueerd voor het verzamelen van water plus grond dat afstroomt over het bodemoppervlak. Oppervlakteaftstroming komt bij de zwaardere kleigronden slechts sporadisch voor. Belangrijke factoren hierbij zijn de krimpscheuren in het oppervlak, de verhoogde akkerranden en het ploegen op wintervoor.

Bij de lichtere zavelgronden kan oppervlakteaftstroming zo nu en dan optreden, door verslemping van de topklaag. In diverse situaties verhindert de verhoogde akkerrand de directe afvoer naar de sloot en zal het probleem beperkt blijven tot plasmvorming. Indien afstroming optreedt dan kunnen de concentraties aan bestrijdingsmiddelen in het afgestroomde materiaal hoog zijn.

## 1 Inleiding

De Nederlandse akkerbouw wordt gekenmerkt door intensieve productie van een beperkt aantal gewassen, met een vrij nauwe vruchtwisseling. Door lage opbrengstprijzen vindt een verschuiving plaats van de teelt van suikerbieten, aardappelen en granen naar alternatieve gewassen, met name groentegewassen. Hierdoor wordt het aandeel vollegrondsgroenten op de bedrijven steeds groter. Het relatief nauwe bouwplan in de akkerbouw en de hoge eisen die aan opbrengst en kwaliteit van de producten worden gesteld leiden tot een aanzienlijk gebruik van bestrijdingsmiddelen.

Volgens persberichten van het CBS werd in de akkerbouw in 1995 gemiddeld omstreeks 6 kg aan bestrijdingsmiddelen per hectare gebruikt; voor de groenteteelt in de vollegrond was dit omstreeks 5 kg/ha. Dit is exclusief de vloeibare grondontsmettingsmiddelen. Hoewel dit gebruik per hectare lager ligt dan bijvoorbeeld in de glastuinbouw en de bloembollenteelt, is het aandeel van de akkerbouw plus vollegrondsgroenteteelt in het totale gebruik aan landbouwbestrijdingsmiddelen ongeveer 70%. De oorzaak hiervan is dat de akkerbouw plus groenteteelt (ongeveer 750 000 ha) na de veehouderij qua areaal het grootste is van de landbouwsectoren.

Het gebruik van agrarische hulpstoffen brengt risico's met zich mee van aanzienlijke verliezen naar het milieu (o.a. naar grondwater en waterlopen). Een actueel milieuthema voor de landbouw is de verspreiding van toxische stoffen, met name bestrijdingsmiddelen. De waterkwaliteitsbeheerders constateren dat de concentraties van bestrijdingsmiddelen tengevolge van de emissies vanuit de landbouw veelvuldig problemen opleveren voor de waterkwaliteit.

Metingen voor bestrijdingsmiddelen in 22 waterlopen in akkerbouwgebieden op de Hollandse Eilanden werden gerapporteerd door Mul et al. (1996). Van de 15 geanalyseerde middelen werden er per monsterpunt en tijdstip gemiddeld twee à drie middelen aangetoond. Het vaakst werden aangetoond:

- de herbiciden bentazon, chloridazon, MCPA en mecoprop;
- de insecticiden dimethoat en pirimicarb;
- de trifenyltin-fungiciden.

De concentraties waren relatief hoog in de perioden waarin de middelen werden toegepast.

In beleidsnota's wordt aangegeven dat er een sterke vermindering van de emissie van bestrijdingsmiddelen naar grondwater en oppervlaktewater moet plaatsvinden. In het Meerjarenplan Gewasbescherming (Ministerie van LNV, 1991) wordt het voorgenomen beleid van de overheid ten aanzien van bestrijdingsmiddelen beschreven. Hoofddoelstellingen daarbij zijn het verminderen van de omvang van het gebruik van bestrijdingsmiddelen en het sterk verminderen van de emissies van deze middelen naar het milieu. De emissies van bestrijdingsmiddelen naar het oppervlaktewater (alle teelten) dienen in het jaar 2000 met tenminste 90% te zijn verminderd.

In de Derde Nota Waterhuishouding (Ministerie van V&W, 1989) zijn de uitgangspunten voor het te voeren beleid ter realisatie van een goede oppervlaktewaterkwaliteit vastgelegd. Het water dient te voldoen aan de eisen voor de algemene milieukwaliteit, die strenge normen inhoudt voor bestrijdingsmiddelen. Op plaatsen waar oppervlaktewater wordt onttrokken t.b.v. de drinkwatervoorziening dient dit water aan de EU-drinkwaternorm te voldoen. Gezien de resultaten van de meetseries zijn de doelstellingen uit het Meerjarenplan Gewasbescherming en de Derde Nota Waterhuishouding slechts realiseerbaar indien emissiebeperkende maatregelen worden genomen.

De emissie van bestrijdingsmiddelen naar waterlopen is en wordt in verschillende landbouw- en tuinbouwsectoren onderzocht. Emissieonderzoek bij de boomkwekerij is beschreven door het Hoogheemraadschap van Rijnland (1994). Het overwaaien van bestrijdingsmiddelen in de bloembollenteelt naar waterlopen is beschreven door Van de Peppel-Groen et al. (1995), terwijl metingen in de neerslag in gebieden met bloembollen werden gerapporteerd door Van der Pas et al. (1995). Een beknopt overzicht van recent onderzoek naar de emissieroutes in de glastuinbouw wordt gegeven door Runia et al. (1996). Actueel daarbij zijn o.a. afvoer met condenswater vanaf het kasdek en atmosferische depositie. Onderzoek naar de bovengrondse emissieroutes van bestrijdingsmiddelen in de akkerbouw en vollegrondsgroenteteelt ontbrak nog (Mul en Leistra, 1994). Dit werd gekoppeld aan onderzoek naar de uitspoeling uit scheurende kleigronden naar grondwater en waterlopen.

Het huidige onderzoek diende plaats te vinden onder praktijkomstandigheden, in een kleigrondgebied met akkerbouw en vollegrondsgroenteteelt. Daarbij viel de keuze op de Hoekse Waard; deze ligt in het beheersgebied van het deelnemende Zuiveringsschap Hollandse Eilanden en Waarden. Het veldonderzoek vond plaats in de periode voorjaar 1995 tot zomer 1996. De doelgroepen van dit onderzoek zijn vooral de beleidsinstanties, de waterbeheerders en het landbouwbedrijfsleven.

Het eerste doel van het huidige onderzoek is om informatie te verzamelen over de omvang van de verschillende emissieroutes en over de resulterende concentraties in oppervlaktewater. Vervolgens moet worden nagegaan in hoeverre de normen voor de waterkwaliteit worden overschreden. Tenslotte is van belang hoe de gewenste emissiereducties kunnen worden bereikt.

In dit onderzoek worden enkele bovengrondse emissieroutes van bestrijdingsmiddelen naar waterlopen zo goed mogelijk gekwantificeerd via metingen voor praktijksituaties. De onderzochte risicosituaties en de gebruikte methoden zijn:

- overwaaien van spuitvloeistof bij de toediening (hoofdstuk 2), waarbij de depositie als functie van de afstand tot de bespuiting en de concentraties in de waterlopen werden gemeten;
- atmosferische depositie (hoofdstuk 3), opgevangen in een grote regenmeter;
- bovengrondse afspoeling (hoofdstuk 4), opgevangen in stalen goten die bovenin het slootalud werden geplaatst.

In hoofdstuk 5 worden de concentraties in de waterlopen vergeleken met de tot nu toe ontwikkelde normen. De conclusies uit het onderzoek en de aanbevelingen worden gegeven in hoofdstuk 6.



## **2 Overwaaien naar waterlopen**

### **2.1 Inleiding**

In monitoringprojecten worden regelmatig aanzienlijke concentraties van diverse bestrijdingsmiddelen in waterlopen aangetroffen. De waterlopen bevatten ook aanzienlijke concentraties van bestrijdingsmiddelen waarvan men op basis van hun eigenschappen geen forse uitspoeling zou verwachten. Bovendien komen relatief hoge concentraties voor in de toepassingsperioden. Dit zijn duidelijke aanwijzingen dat bovengrondse (snelle) emissieroutes een belangrijke bijdrage leveren aan de verontreiniging van waterlopen met bestrijdingsmiddelen.

De werkwijzen bij de gewasbescherming met chemische middelen op de akkerbouw- en groenteteeltbedrijven kunnen grote invloed hebben op de mate waarin de waterlopen worden verontreinigd. Tijdens de bespuiting van de percelen kunnen druppeltjes spuitvloeistof overwaaien naar de nabijgelegen waterlopen. Diverse factoren zoals de spuitapparatuur, de spuitboomhoogte, de gewasontwikkeling, de windrichting, de windsnelheid en de afstand vanaf de bespuiting tot de waterloop spelen een rol.

In dit hoofdstuk worden drie veldexperimenten betreffende het overwaaien van spuitvloeistof naar waterlopen besproken. De bedoeling hierbij was om de werkwijzen in de praktijk zoveel mogelijk te volgen. De werkwijzen bij de experimenten worden besproken in paragraaf 2.2. De depositie gemeten op verschillende afstanden van de buitenste spuitdop en de concentraties in de waterlopen worden behandeld in paragraaf 2.3. De algemene bespreking en de conclusies volgen in paragraaf 2.4.

### **2.2 Werkwijzen**

#### **2.2.1 Chloridazon in bieten**

##### ***Veldexperiment***

Het overwaai-experiment met toepassing van chloridazon in bieten vond plaats op een perceel van het Regionaal Onderzoek Centrum Westmaas in de Hoekse Waard. De situatie rond het perceel is weergegeven in figuur 1. Op 12 april 1995 werden op dit kleigrondperceel bieten gezaaid. De bespuiting met het bodemherbicide chloridazon op de kale grond vond plaats op 14 april 1995. De wind kwam uit het noordoosten, zodat de depositiemetingen konden worden uitgevoerd bij de sloot aan de zuidzijde van het perceel. Het wateroppervlak van de sloot was 2,8 m breed en er stond omstreeks 0,5 m water in de sloot.

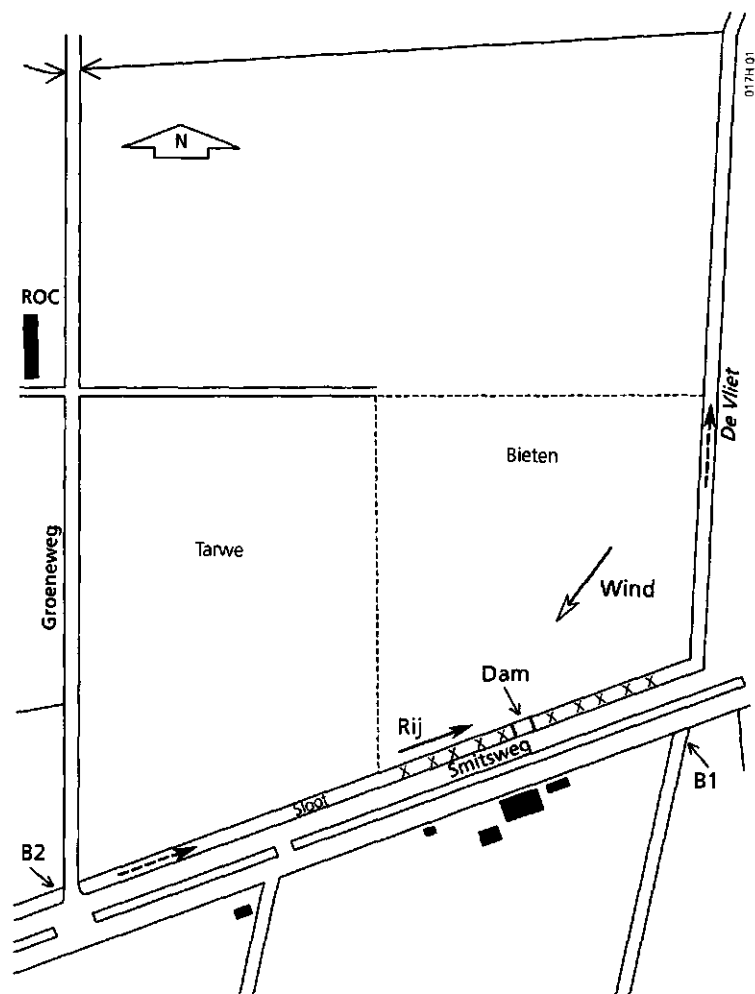
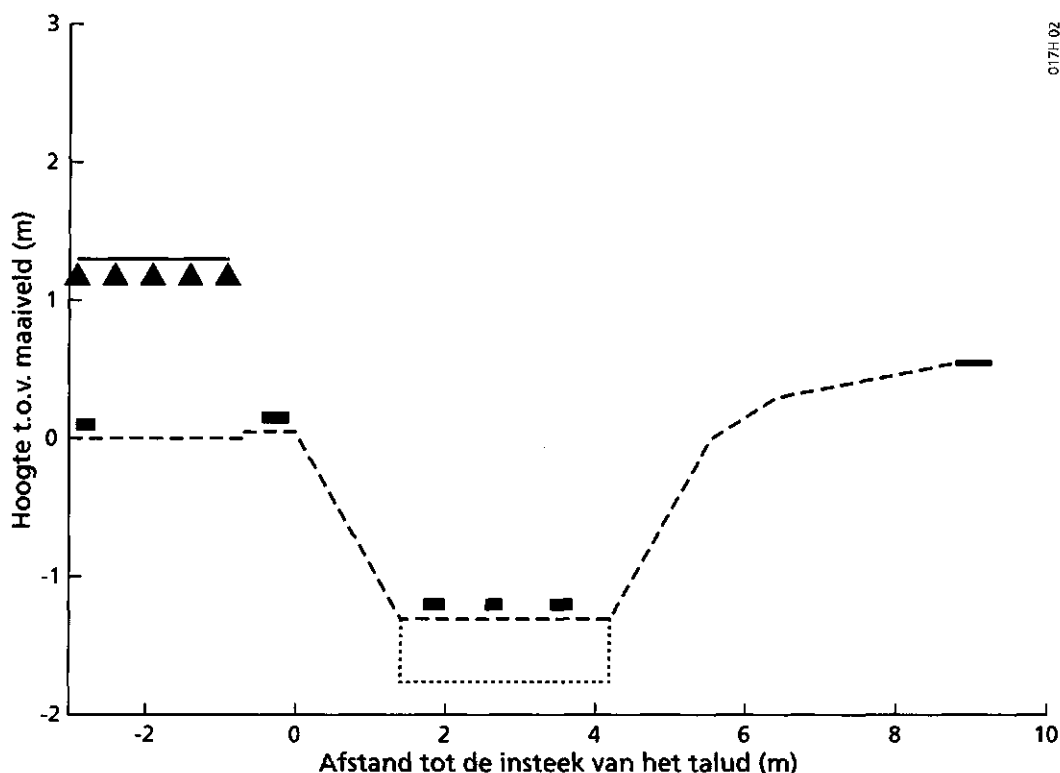


Fig. 1 Situatie rond het perceel waarbij de depositiemetingen voor chloridazon werden uitgevoerd. x = plaatsen van de meetraai. - - -> = stroomrichting van het water. B1 en B2 zijn de plaatsen waar blanco oppervlaktewater werd verzameld.

Vóór de bespuiting werden tien depositie-meetraaiën uitgezet, dwars op de sloot aan de zuidzijde. De dwarsdoorsnede van de sloot is weergegeven in figuur 2. De afstand tussen de meetraaiën was 17 m. Op vijf posities in elke meetraai werd een depositiestrook opgesteld. Deze bestond uit een strook filtreerpapier met een oppervlakte van  $268 \text{ cm}^2$ , die met spelden op een polystyreen-plaat was gespannen. De vijf opvangposities per meetraai zijn in figuur 2 gegeven. De eerste positie lag op het te bespuiten veld, op omstreeks 3 m vanaf de insteek van het sloottalud. Via de opvang op deze plaats kon de depositie op het veld worden gemeten. De tweede positie lag op de rand van het perceel, op 0,3 m vanaf de insteek van het sloottalud. De resterende drie posities lagen op het wateroppervlak, op resp. éénvierde, de helft en drievierde van de breedte van het wateroppervlak. De polystyreen-platen dreven op het wateroppervlak en ze werden op hun plaats gehouden door twee staven die verticaal in de slootbodem waren gestoken.



017H 02

Fig. 2 Dwarsdoorsnede van sloot en omgeving waarbij de depositie van chloridazon werd gemeten. - - - = contouren van veld en sloot. .... = watergevuld deel.  $\Delta$  = spuitdoppen. ■ = depositiestroken.

De bespuiting vond plaats met een Hardi Twin getrokken spuitmachine, met een vloeistofafgifte per oppervlak die via meetwiel en computer constant werd gehouden. De snelheid van trekker en spuit bedroeg 5,2 km/uur. De werkbreedte van de spuit was 24 m en de onderlinge afstand tussen de spuitdoppen was 0,5 m. De doppen waren van het type Hardi 4110-36, met een tophoek van 1,92 rad. Bij de gebruikte spuitdruk (t.o.v. atmosferische druk) van 70 kPa (0,7 bar) geven deze doppen een zeer grove druppel. De combinatie van doptype, spuitdruk en rijnsnelheid leverde een vloeistofafgifte van 500 liter per ha. De vloeistofafgifte per spuitdop was 2,2 liter per min. De luchtondersteuning was ingesteld op halve kracht.

In de tank van de spuitmachine werd 6 kg Pyramin DF spuitkorrels (met 0,65 kg chloridazon per kg) gemengd met 1500 liter water. De berekende concentratie van chloridazon in de spuitvloeistof was 2,6 g/l. Bij een spuitvolume van 500 l/ha bedroeg de berekende dosering van chloridazon 1,3 kg/ha. De concentratie van chloridazon in de spuitvloeistof werd gecontroleerd door een monster van 100 ml uit de tank te nemen. Van deze vloeistof werd resp. 0,1 en 1 ml geëxtraheerd met 50 ml dichloormethaan. De hierin gemeten concentratie van chloridazon was 2,54 g/l. De gemeten concentratie van chloridazon in de spuitvloeistof kwam dus vrijwel overeen

met de berekende concentratie. De dosering van chloridazon op basis van deze concentratiemeting was 1,27 kg/ha.

De hoogte van de spuitdoppen boven maaiveld was gemiddeld 1,1 m. Er was aanzienlijke variatie in deze hoogte ten gevolge van spuitboom-bewegingen. De uiteinden bewogen naar schatting veelal tussen 0,6 en 1,6 m. In theorie had de spuihoogte lager kunnen zijn, maar door de op-en-neer gaande beweging werd het risico dat de spuitdoppen de grond raakten dan te groot.

Voor de depositiemetingen werd een spuitbaan met een breedte van 24 m gespoten op de kopakker langs de meetsloot aan de zuidzijde van het perceel. De buitenste spuitdop bewoog zich op een afstand van 0,9 m vanaf de insteek van het sloottalud.

Tijdens de bespuiting was het licht bewolkt weer, met een luchttemperatuur van 12 °C. De hoek die de windrichting met de sloot maakte lag meestal tussen 0,2 en 0,3 rad. De windsnelheid tijdens de bespuiting werd gemeten met een cup-anemometer, op een hoogte van 2 m boven maaiveld. De anemometer was verbonden met een Campbell datalogger. Gedurende de bespuiting werd elke 10 s de gemiddelde windsnelheid over deze 10 s genoteerd. De gemiddelde windsnelheid over de gehele spuitgang bedroeg 1,7 m/s (aantal metingen  $n = 19$ ; standaardafwijking  $s = 0,4$  m/s). De minimale en maximale windsnelheden per periode van 10 s waren 1,1 en 2,4 m/s. De relatieve luchtvochtigheid, bepaald met een Assmann psychrometer (Type 761; Lambrecht), bedroeg 68%.

Vanaf 15 min na de bespuiting werden de stroken filtreerpapier verzameld in glazen potten (750 ml). Voor elke positie werden de stroken van twee meetraaien gecombineerd in een pot, tot één monster voor de analyse. Per positie waren er zo vijf analysemonsters. Het verzamelen van de depositiestroken duurde ongeveer een uur.

Na het verzamelen van de depositiemonsters werden watermonsters genomen uit de meetsloot. Het water werd opgezogen in een glazen fles (1 liter) van 5 cm beneden het wateroppervlak. Per fles werd een slootlengte van omstreeks 20 m bemonsterd over de hele breedte. Per slootsector werd de inhoud van drie flessen gecombineerd tot een mengmonster. Vanaf 1,5 uur na de bespuiting werd eerst het oostelijk deel van de meetsloot bemonsterd en daarna het westelijk deel. In dit laatste deel bevond zich een dunne laag drijvend materiaal (vooral plantenresten) op het wateroppervlak.

Op ruim 2 uur na de bespuiting werd een watermonster genomen uit De Vliet. Het monsterpunt (punt B1; figuur 1) lag bovenstrooms van het punt waar de meetsloot in De Vliet uitmondt. Op 3 uur na de bespuiting werd een watermonster genomen uit het verlengde van de meetsloot, op 200 m bovenstrooms van het bespoten veld (punt B2).

De opbrengst van de procedure voor het meten van chloridazon op de depositiestroken werd gemeten. Deze opbrengst zou kunnen worden verlaagd door vervluchtiging, fotochemische omzetting en onvolledige extractie met aceton. In het veld werd 100 µl van de spuitoplossing met een injectiespuit aangebracht op elk van zes

depositiestroken. Tevens werd in triplo 100 µl van de spuitoplossing in 50 ml dichloormethaan gespoten om de dosis chloridazon vast te stellen. Het beladen van de depositiestroken gebeurde bovenwinds van het bespoten perceel. Na 1 uur werden drie stroken in één glazen pot verzameld en na 2 uur werden de andere drie stroken in één pot verzameld.

Verdere bijzonderheden over het overwaai-experiment worden gegeven door Van der Pas et al. (1996).

### *Extractie en analyse*

In het laboratorium werden de stroken filtreerpapier in stukjes geknipt en er werd 100 ml aceton aan de potten toegevoegd. De inhoud werd een half uur geschud op een schudapparaat (Edmund Bühler) en na een nacht staan werd nogmaals een half uur geschud. De extracten van de stroken voor depositiemeting op het wateroppervlak werden met een rotavapor ingedampt. De droogrest werd opgelost in 4 ml aceton en gefiltreerd door een HV-filter met poriëgrootte van 0,45 µm (Millipore). De filtratie had geen invloed op de concentratie van chloridazon in de acetonoplossing. Een deelmonster van 0,1 ml werd overgebracht in een HPLC-vaatje (2 ml). Na droogblazen met stikstofgas werd 1,0 ml loopvloeistof toegevoegd. Na driemaal ultrasoon trillen en handmatig schudden waren de oplossingen gereed voor de analyse.

De slootwatermonsters werden geëxtraheerd door 750 ml gedurende een half uur te schudden met 250 ml dichloormethaan. De dichloormethaan-laag werd grotendeels afgetapt in een Kuderna-Danish bol. In 50 ml van de laag was een emulsie ontstaan; dit volume werd 5 min gecentrifugeerd bij 2100 omw./min. De dichloormethaan-laag hierin werd eveneens overgebracht in de bol. De dichloormethaan werd afgedampt met een rotavapor bij 40 °C. De droogrest werd opgenomen in 2,5 ml aceton. Een deelmonster van 0,5 ml werd overgebracht in een HPLC-vaatje (2 ml), waarna met stikstofgas werd drooggeblazen. Een volume van 0,5 ml loopvloeistof werd toegevoegd en na driemaal ultrasoon trillen en handmatig schudden waren de oplossingen gereed voor de analyse.

De efficiëntie van de extractie van chloridazon uit water bij een concentratieniveau van 1 µg/l bedroeg 66% (n = 3; s = 4%). De analyseresultaten voor het slootwater werden gecorrigeerd voor deze efficiëntie van de extractie.

De analyse van chloridazon werd uitgevoerd via vloeistofchromatografie met UV-detectie. Het injectievolume bedroeg 20 tot 100 µl. De scheiding vond plaats in een Lichrospher 100 RP18 kolom (lengte 125 mm; inw. diam. 4 mm; Merck). De loopvloeistof was een mengsel van water en acetonitril (75/25, v/v) en de stroomsnelheid ervan was 1,0 ml/min. De UV-detectie vond plaats bij 229 nm. Het detectorsignaal werd verwerkt met het dataverwerkingssysteem Multichrom (VG Data Systems). De retentietijd van chloridazon in dit systeem was 3,8 min. Metingen voor standaardoplossingen van 0,1, 0,25, 0,5 en 1,0 mg/l werden gebruikt voor berekening van de ijkcurve.

## 2.2.2 Prochloraz in wintertarwe

### *Veldexperiment*

In het tweede overwaai-experiment werd het fungicide prochloraz toegepast in wintertarwe op een praktijkbedrijf te Westmaas. De bespuiting vond plaats op 29 mei 1995, op een tarwegewas dat ongeveer 0,7 m hoog was. De situatie rond het perceel is weergegeven in figuur 3. De wind kwam uit het zuidwesten. Daarom werd de depositie bij de sloot aan de oostzijde van het perceel gemeten. De breedte van het wateroppervlak was ongeveer 2 m en er stond omstreeks 0,4 m water in de sloot. Eén uur vóór de bespuiting werd een eerste watermonster genomen (blanco) ten zuiden van de dam, stroomopwaarts van het meetgedeelte van de sloot.

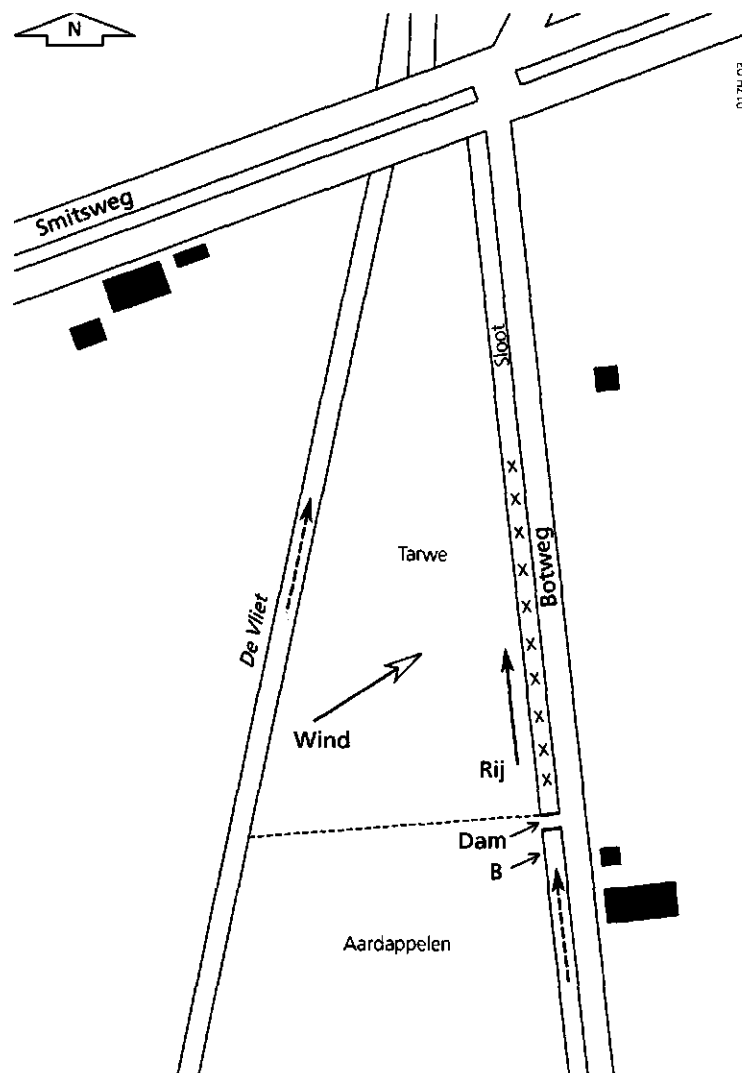


Fig. 3 Situatie rond het perceel waarbij de depositie van prochloraz werd gemeten. x = plaatsen van de meetraaien. - - - -> = stroomrichting van het water. B is de plaats waar blanco oppervlaktewater werd verzameld.

De dwarsdoorsnede van de meetsloot is gegeven in figuur 4. De depositiemetingen werden uitgevoerd met stroken fitreerpapier aangebracht op polystyreen platen, zoals beschreven in paragraaf 2.2.1. Tien meetraaien werden uitgezet loodrecht op de meetsloot. De afstand tussen de meetraaien varieerde van 10 tot 25 m. Op vier posities op elke meetraai werd een depositiestrook aangebracht (figuur 4). De eerste positie was op het veld, op omstreeks 4 m van de insteek van het sloottalud. De stroken werden op een hoogte van 0,7 m (de gewashoogte) opgesteld. Via deze meting kon de depositie van prochloraz op het veld worden bepaald. De tweede positie bevond zich op de perceelsrand. De opstelhoogte was hier 0,3 m; gelijk aan de hoogte van grassen en kruiden ter plaatse. Op twee posities op het wateroppervlak dreven polystyreen platen met opvangstroken (vastgezet met staven); op resp. éénderde en tweederde van de breedte van het wateroppervlak.

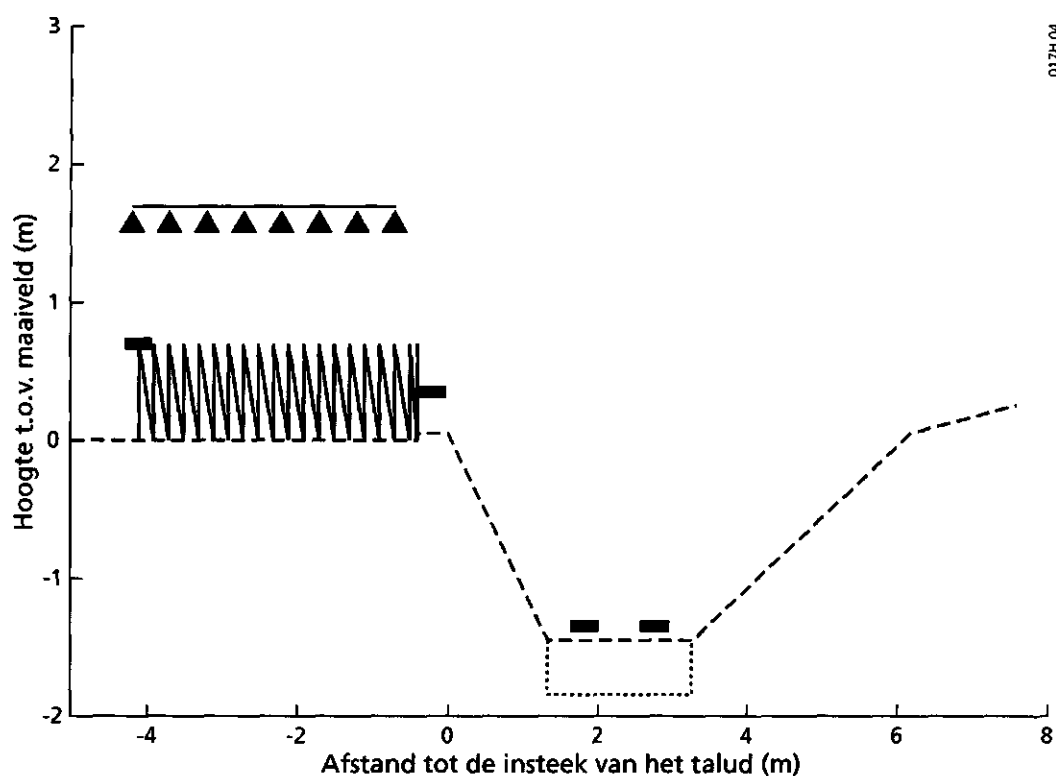


Fig. 4 Dwarsdoorsnede van sloot en omgeving waarbij de depositie van prochloraz werd gemeten. - - - = contouren van sloot en veld. .... = watergevuld deel. Δ = spuitdoppen. ■ = depositiestroken.

De bespuiting vond plaats met een jarenoude gedragen spuitmachine (Urgent, in hefinrichting tractor). De werkbreedte van de spuit was 24 m en de onderlinge afstand tussen de spuitdoppen was 0,5 m. De doppen waren van het type HD 2.8-10 werveldoppen (zogenaamde Duikerdoppen). De spuitdruk was 500 kPa (5 bar). De doppen gaven daarbij een middelgrote druppel. Het volume spuitvloeistof (400 liter) dat werd klaargemaakt was afgestemd op de bespuiting van 1 ha. Een volume van

0,5 liter Mirage 45 EC (met 0,45 kg prochloraz per liter) werd gemengd met het water in de tank. De beoogde dosering van prochloraz was daarmee 0,225 kg/ha.

De concentratie van prochloraz in de spuittank werd gecontroleerd via meting. Na het mengen in de tank werd een monster van 100 ml spuitvloeistof genomen en hiervan werden resp. 0,1 en 1 ml geëxtraheerd met 25 ml ethylacetaat. Het extract werd gedroogd met watervrij natriumsulfaat. De concentratie van prochloraz in de spuitvloeistof was 0,57 g/l. Uit de tankvolumina en het bespoten oppervlak volgt een vloeistofafgifte van 420 liter per ha. De berekende dosering van prochloraz komt daarmee op 0,24 kg/ha. De vloeistofafgifte per spuitdop was 2,3 liter per min.

Voor de depositiemetingen werd een spuitbaan met een breedte van 24 m langs de meetsloot bespoten (van zuid naar noord). De buitenste spuitdop bevond zich op een horizontale afstand van 0,7 m van de insteek van het slootalud. De snelheid van de trekker met spuit bedroeg 6,5 km/uur.

De hoogte van de spuitdoppen boven de grond was gemiddeld 1,6 m, bij een gewashoogte van 0,7 m. Tijdens het spuiten ging de spuitboom op en neer. De schommeling van de uiteinden was veelal beperkt tot minder dan 0,5 m, maar zo nu en dan was deze groter. Driemaal raakte het uiteinde van de spuitboom het tarwegewas. Een oorzaak van de vrij grote schommelingen was dat het spoor van de tractor niet evenwijdig liep aan de ploegvoren.

Tijdens de bespuiting was het onbewolkt weer, met een luchttemperatuur van 18 °C. De gemiddelde windrichting maakte een hoek van 0,3 rad met de meetsloot, waarbij een variatie optrad tussen 0,2 en 0,4 rad. De windsnelheid tijdens het spuiten werd gemeten met een cup-anemometer op 3 m boven het maaiveld. De anemometer was verbonden met een Meteo Digit I uitleesapparaat (Lambrecht). Gedurende de bespuiting werd voor elke periode van 10 s de gemiddelde windsnelheid genoteerd. De gemiddelde windsnelheid voor de hele bespuiting was 3,1 m/s (n = 17; s = 0,8 m/s). Tijdens de bespuiting van de eerste 140 m bedroeg de gemiddelde windsnelheid 2,2 m/s (n = 7; s = 0,2 m/s). Bij de resterende 160 m bedroeg de windsnelheid gemiddeld 3,7 m/s (n = 10; s = 0,2 m/s). De relatieve luchtvochtigheid werd bepaald met een Assmann psychrometer (Lambrecht) en deze bedroeg 61%.

Vanaf 15 min na de bespuiting werden de depositiestroken verzameld in glazen potten. Van elke positie werden de stroken van twee meetraaien verzameld in één pot. Het verzamelen duurde ongeveer een uur.

De opbrengst van de procedure voor het meten van de depositie van prochloraz werd bepaald. Op elk van zes stroken filtreerpapier werd 100 µl van de spuitvloeistof aangebracht. Dit gebeurde bovenwinds van het bespoten perceel. Na 1 en 2 uur werden telkens drie stroken in een glazen pot verzameld. In triplo werd 100 µl van de spuitoplossing in 25 ml ethylacetaat overgebracht om de dosis te bepalen. De ethylacetaat-extracten werden gedroogd met watervrij natriumsulfaat.

Na het verzamelen van de depositiestroken werden twee watermonsters genomen uit de meetsloot, zoals beschreven in paragraaf 2.2.1. Driemaal werd een fles (1 liter)



met water gevuld over een slootlengte van omstreeks 20 m en de inhoud ervan werd samengevoegd tot één monster. Zo'n verzamelmonster werd zowel in het noordelijk als in het zuidelijk slootgedeelte genomen. Het wateroppervlak was vrij van drijvend materiaal. Er was weinig waterstroming in de sloot.

### ***Extractie en analyse***

In het laboratorium werden de stroken filtreerpapier in stukjes geknipt en werd 100 ml aceton aan de potten toegevoegd. De potten werden tweemaal een half uur geschud, waarna de acetonlaag werd verzameld. De extracten van de stroken met hoge belading werden verdund met aceton.

De slootwatermonsters werden geëxtraheerd door 750 ml ervan te schudden met 250 ml dichloormethaan gedurende 30 min. De dichloormethaan-laag werd grotendeels afgetapt in een Kuderna-Danish bol. Een volume van 50 ml met een emulsie werd 5 min gecentrifugeerd bij 2100 omw./min, waarna de afgescheiden dichloormethaan-laag werd toegevoegd aan de bol. Het watermonster werd nog tweemaal geëxtraheerd, nu met 100 ml dichloormethaan. Het dichloormethaan-volume verzameld in de Kuderna-Danish bol werd ingedampd met een rotavapor bij 40 °C. De droogrest werd opgenomen in 2,5 ml aceton.

De efficiëntie van de extractie van prochloraz uit water werd in tweevoud bepaald bij een concentratieniveau van 1 µg/l; dit leverde 104 en 105%. De analysesresultaten voor het slootwater werden niet gecorrigeerd voor de extractieefficiëntie.

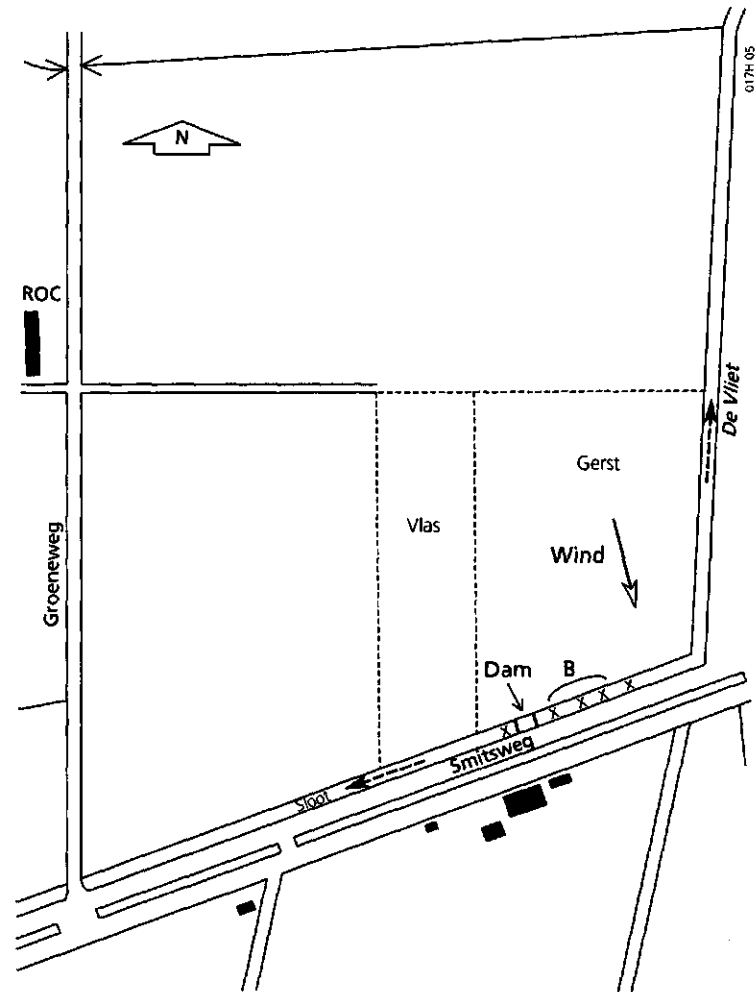
De analyse van prochloraz werd uitgevoerd met een gaschromatograaf (HP 5890, Hewlett Packard) uitgerust met een elektroneninvang-detector. Het geïnjecteerde volume van de aceton-oplossing was 3 µl. De scheiding vond plaats in een wide-bore WCOT fused silica kolom (lengte 25 m; inw diam. 0,5 mm) gecoat met een 1,2 µm film van CP-Sil 5 (Chrompack). Als draaggas werd stikstofgas gebruikt, met een stroomsnelheid van 1,0 ml/min. De temperatuur van de inlaatpoort bedroeg 280 °C, die van de oven 280 °C en die van de detector 325 °C. Stikstofgas werd ook gebruikt als make-up gas voor de detector, met een debiet van 90 ml/min. De meetsignalen werden verwerkt met het dataverwerkingssysteem Multichrom (VG Data Systems). De retentietijd van prochloraz in dit systeem was 6,6 min. Standaardoplossingen van prochloraz in aceton in het traject van 2 tot 1000 ng/l werden gebruikt voor het berekenen van de ijklijn.

### **2.2.3 Bentazon in zomergerst**

#### ***Veldexperiment***

Het derde overwaai-experiment vond plaats op het Regionaal Onderzoek Centrum te Westmaas. Het herbicide bentazon werd toegepast op zomergerst, op het oostelijk deel van het perceel waar in 1995 het experiment met chloridazon plaatsvond. Bentazon werd toegepast op 13 mei 1996 op een gewas zomergerst dat 10 tot 15 cm hoog was.

De actuele situatie rond het perceel is weergegeven in figuur 5. De wind kwam vrijwel uit het noorden (iets westelijk daarvan), zodat de depositie bij de sloot aan de zuidzijde van het perceel kon worden gemeten. Er stond ongeveer 0,45 m water in de sloot. De waterstroming in de sloot was zeer traag, vermoedelijk vanuit De Vliet in westelijke richting. Vóór de bespuiting werd een watermonster genomen uit de meetsloot om de uitgangssituatie wat betreft de concentratie van bentazon vast te leggen.



*Fig. 5 Situatie rond het perceel waarbij de depositie van bentazon werd gemeten. x = plaatsen van tweektal meetraaien. - - -> = stroomrichting van het water. B = de plaats waar blanco oppervlaktewater werd verzameld.*

De depositie werd gemeten met stroken filtreerpapier gespannen op polystyreen platen, zoals beschreven in paragraaf 2.2.1. Tien meetraaien werden dwars op de zuidelijke sloot uitgezet, met een onderlinge afstand van ongeveer 10 m. De positie van de opvangstroken in zo'n meetraai is weergegeven in figuur 6. De eerste opvangpositie was op het veld, op omstreeks 4 m van de insteek van het sloottalud. Op deze plaatsen kon de depositie op het veld worden gemeten. De tweede positie was op de akkerrand, op 0,4 m vanaf de insteek van het talud. De stroken op het veld en op de akkerrand bevonden zich op 0,05 m hoogte. De opvangposities op het

water bevonden zich op éénvierde, de helft en drievierde van de breedte van het wateroppervlak.

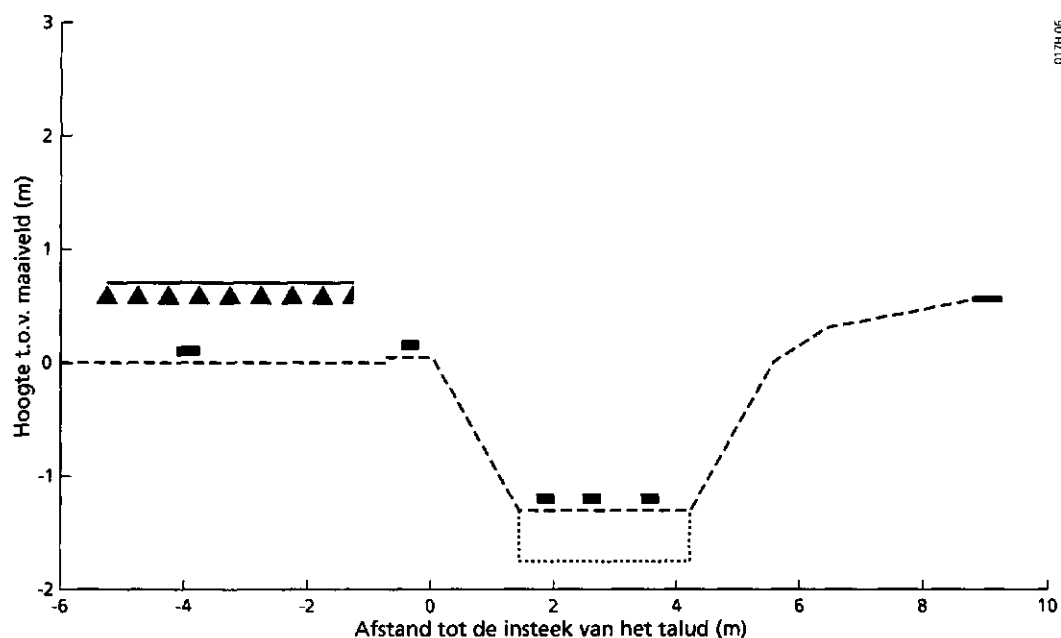


Fig. 6 Dwarsdoorsnede van sloot en omgeving waarbij de depositie van bentazon werd gemeten. - - - = contouren van sloot en veld. .... = watergevuld deel.  $\Delta$  = spuitdoppen. ■ = depositiestroken.

De bespuiting vond plaats met de Hardi Twin getrokken spuit van het ROC. Aan 200 liter water in de spuittank werd 2,2 liter Basagran P duplo (met 0,333 kg bentazon per liter) toegevoegd. De berekende concentratie van bentazon in de spuitvloeistof was 3,66 g/l. De concentratie van bentazon in de spuitvloeistof werd gecontroleerd via analyse. Na het mengen werd een monster van 100 ml uit de tank genomen. Hiervan werden resp 0,1 ml en 1 ml overgebracht in 50 ml dichloormethaan. De gemiddelde concentratie was 3,84 g/l, wat iets hoger is dan de berekende concentratie.

De werkbreedte van de spuit was 24 m en de afstand tussen de spuitdoppen was 0,5 m. De luchtondersteuning was bij dit experiment uitgeschakeld. De doppen waren

van het type Hardi 4110-18, met een tophoek van 1,92 rad. Deze geven bij de gebruikte spuitdruk van 120 kPa (1,2 bar) een middelgrote druppel. Het eind van de spuitboom bij de akkerrand was voorzien van een kantspuitdop. In voorjaar 1996 werd dit type dop op grote schaal in de praktijk ingevoerd. De snelheid van trekker en spuit bedroeg 5,7 km/uur. Bij deze combinatie van rijsnelheid en spuitdruk bedroeg de vloeistofafgifte 200 liter per ha. De vloeistofafgifte per spuitdop bedroeg 0,95 liter per min. De dosering van bentazon, berekend uit gemeten concentratie en geschat spuitvolume, was 0,77 kg/ha.

Er werd een spuitbaan met een breedte van 24 m gespoten op de kopakker langs de meetsloot. De rijrichting was van west naar oost. De afstand tussen de kantspuitdop en de insteek van het slootalud was bij de start 0,7 m. Na ongeveer 30 m rijden was deze afstand vergroot tot 1,3 m en deze afstand bleef gehandhaafd tijdens de verdere bespuiting.

De hoogte van de spuitdoppen boven maaiveld was gemiddeld 0,6 m; die boven het gewas was dus 0,45 tot 0,50 m. Tijdens het spuiten ging de spuitboom op en neer; de hoogte van de doppen varieerde, met geschatte uitersten van 0,2 en 1,0 m aan de uiteinden.

Tijdens de bespuiting was het geheel bewolkt weer, met een luchttemperatuur van 12 °C. De hoek tussen de windrichting en de sloot was gemiddeld 0,45 rad, en varieerde veelal tussen 0,4 en 0,5 rad. De windsnelheid tijdens het spuiten werd gemeten met een cup-anemometer op een hoogte van ongeveer 2 m. Na elke 10 s werd de gemiddelde windsnelheid over die korte periode afgelezen op het Meteo Digit I apparaat (Lambrecht). De gemiddelde windsnelheid tijdens de spuitgang bedroeg 4,2 m/s ( $n = 8$ ;  $s = 0,3$  m/s). De relatieve luchtvochtigheid gemeten met de Assmann psychrometer was 70%.

Vanaf 30 min na de bespuiting werden de stroken filtreerpapier verzameld in glazen potten (750 ml). Voor elke positie werden de stroken van twee meetraaien verzameld in een fles. Het verzamelen duurde ongeveer een uur.

De opbrengst van de procedure voor de meting van de depositie van bentazon werd gemeten. Op elk van zes stroken filtreerpapier werd 100 µg van de spuitvloeistof aangebracht met een injectiespuit. Via het injecteren van 100 µl spuitvloeistof in dichloormethaan werd de dosis gemeten (in triplo). Zowel na 1 uur als na 2 uur werden drie belaste depositiestroken in een glazen pot verzameld.

Vanaf 1,5 uur na de bespuiting werden twee slootwatermonsters verzameld, één uit het oostelijk en één uit het westelijk deel van de sloot. Voor elk verzamelmonster werd driemaal een fles gevuld over een slootlengte van 10 tot 15 m naast de spuitbaan, waarna het water werd samengevoegd.

### ***Extractie en analyse***

In het laboratorium werden de stroken filtreerpapier in stukjes geknipt en werd 100 ml aceton aan de potten toegevoegd. De potten werden tweemaal een half uur geschud. Een bekend volume van deze extracten werd overgebracht in een vaatje

of buis. Na droogblazen met stikstofgas werd 1,0 ml methanol/water (30/70, v/v) toegevoegd. Na driemaal ultrasoon trillen en handmatig schudden waren de oplossingen gereed voor analyse.

Bentazon werd geëxtraheerd uit 750 ml slootwater door adsorptie in een octadecyl (C18) vaste-fase extractiekolommetje. De verbinding werd geëluëerd met 4,5 ml aceton. Na afdampen van de aceton werd de droogrest opgenomen in 1 ml dichloormethaan. Dit extract werd gezuiverd over een silicagel-kolommetje en bentazon werd opgenomen in 2,5 ml methanol/water (30/70, v/v). De bijzonderheden over deze methode worden gegeven door Bor (1996).

De efficiëntie van de extractie van bentazon uit water werd in duplo bepaald bij een concentratieniveau van 1 µg/l en deze bedroeg resp. 119 en 121%. De analyse-resultaten voor het slootwater werden gecorrigeerd voor de efficiëntie van de extractie.

De analyse van bentazon werd uitgevoerd met HPLC. De scheiding vond plaats in een Novapak C18 kolom (lengte 150 mm; inw. diam. 4,6 mm; deeltjesgrootte 4 µm; Waters) bij 40 °C. Het injectievolume bedroeg 50 of 100 µl. De loopvloeistof was een 40/60 (v/v) mengsel van methanol en natriumacetaatbuffer (0,025 mol/l; pH 2,5) en deze werd verpompt met een debiet van 0,8 ml/min. De UV detectie vond plaats bij 214 nm. De meetsignalen werden verwerkt met het dataverwerkingssysteem Multichrom (VG Data Systems). De retentietijd van bentazon in dit systeem was 6,5 min. Standaardoplossingen in het traject van 0,05 tot 5,0 mg/l in methanol/water werden gemeten voor berekening van de ijkcurve.

## **2.3 Resultaten**

### **2.3.1 Chloridazon in bieten**

De opbrengst van de hele procedure voor het meten van de depositie van chloridazon werd gemeten. Bij het verzamelen van de belaste stroken filtreerpapier na 1 uur werd 80% van de opgebrachte massa chloridazon teruggevonden en bij het verzamelen van de stroken na 2 uur was dat 78%. Er was dus geen duidelijke verdere afname van de opbrengst in de tijd. Deze opbrengst is van dezelfde orde van grootte als die in de metingen door Van de Peppel-Groen et al. (1995) voor de depositie van chloridazon. Alle depositiemetingen voor chloridazon in de huidige studie werden gecorrigeerd voor de gemiddelde opbrengst van 79% van de meetprocedure.

De relatieve depositie van chloridazon gemeten op de stroken filtreerpapier op het veld, op de perceelsrand en op het wateroppervlak is weergegeven in figuur 7. De depositie van chloridazon gemeten op het veld bedroeg 1,23 kg/ha (n = 5; s = 0,13 kg/ha). Dit is 97% van de dosering berekend uit de gemeten concentratie in de spuitvloeistof en het geschatte volume spuitvloeistof. De gemeten depositie en de berekende dosering op het veld komen dus vrijwel overeen. Voor het grafisch weergeven van de depositie wordt de depositie gemeten op het veld op 100% gesteld.

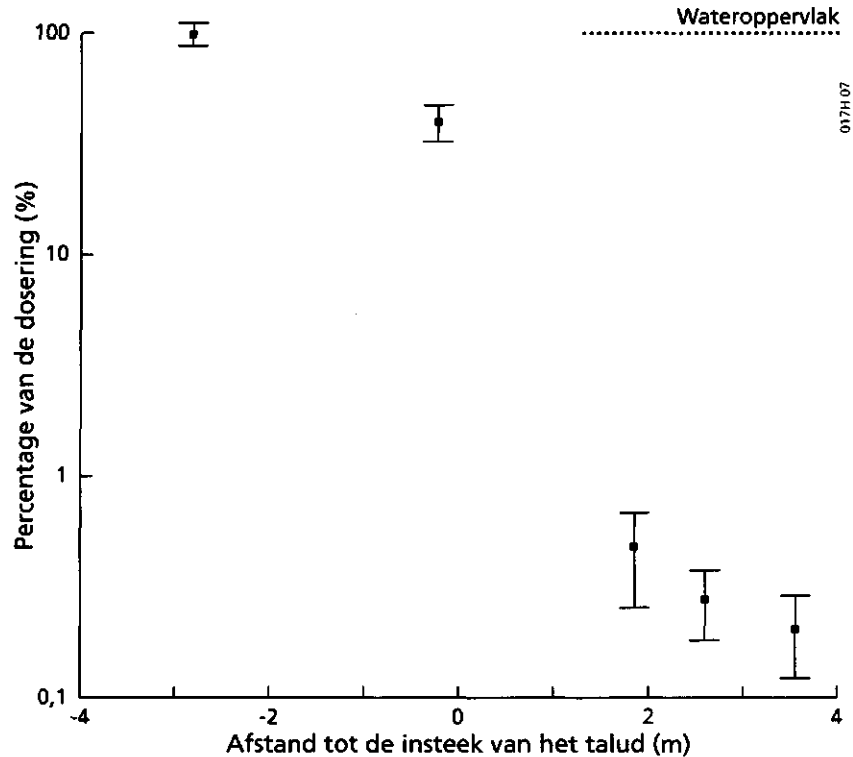


Fig. 7 Depositie van chloridazon als functie van de afstand tot de insteek van het sloottalud. Gemiddelde (punt) met standaardafwijking (lijn).

De gemiddelde depositie van chloridazon op de perceelsrand (figuur 7) bedroeg 0,49 kg/ha ( $n = 5$ ;  $s = 0,09$  kg/ha). Dit komt overeen met 40% van de depositie van chloridazon gemeten op het veld. Dit hoge percentage depositie op de perceelsrand is het gevolg van directe bespuiting; de spuitkegel van de buitenste spuitdop raakte het filtreerpapier. Wel was er minder overlap van spuitkegels op deze plaats, zodat de depositie lager was dan die op het veld. Gezien de spuihoogte (1,1 m) en de tophoek (1,92 rad) reikte de spuitkegel tot boven het sloottalud.

Er is een tendens tot afname van de depositie van chloridazon op het wateroppervlak met toename van de afstand tot het bespoten perceel (figuur 7). De depositie op de drie posities was resp. 0,48, 0,28 en 0,20 % (gemiddeld 0,32%) van de depositie op het veld.

De concentratie chloridazon gemeten in het water van de meetsloot, op ongeveer 2 uur na de bespuiting, bedroeg 8,0  $\mu\text{g/l}$  in het oostelijk deel en 3,2  $\mu\text{g/l}$  in het westelijk deel. Deze concentraties kunnen worden vergeleken met de concentratie berekend uit de depositie op het wateroppervlak. Hierbij wordt aangenomen dat de dikte van de waterlaag 0,5 m was en dat de menging van chloridazon door het slootwater compleet was. De gemiddelde depositie op het wateroppervlak leidt tot een berekende concentratie in het slootwater van 0,78  $\mu\text{g/l}$ . De gemeten concentraties in het slootwater zijn 4 tot 10 maal zo hoog als de berekende concentratie. Mogelijk is zo kort na de bespuiting de menging door het water nog niet volledig.

De concentratie chloridazon gemeten in De Vliet, bovenstrooms van de uitmonding

van de meetsloot, bedroeg 1,4 µg/l. Een aantal percelen in het door De Vliet ontwaterde gebied kan behandeld zijn met choridazon. De concentratie van chloridazon gemeten stroomopwaarts in de meetsloot was lager dan 0,05 µg/l. Mogelijk werd in de periode vóór de bemonstering geen choridazon toegepast in het afvoergebied van deze sloot.

### **2.3.2 Prochloraz in wintertarwe**

De opbrengst van de procedure voor het meten van de depositie van prochloraz werd bepaald. Bij de stroken filtreerpapier die 1 uur na het opbrengen werden verzameld werd 86% teruggevonden. Bij de stroken die na 2 uur werden verzameld werd 70% van de prochloraz teruggevonden. De metingen geven aan dat de massa prochloraz op de stroken afneemt in de tijd. De meting voor 1 uur na het toepassen komt het beste overeen met de procedure voor het depositie-experiment. De metingen werden daarom gecorrigeerd voor een opbrengst van 86%.

De depositie van prochloraz gemeten op de stroken op het veld kwam overeen met 0,17 kg/ha ( $n = 5$ ;  $s = 0,02$  kg/ha). Deze waarde is reeds gecorrigeerd voor de opbrengst van de meetprocedure. De gemeten depositie is 70% van de dosering van 0,24 kg/ha berekend uit de gemeten concentratie in de spuitvloeistof en het geschatte spuitvolume.

De depositie van prochloraz op de stroken filtreerpapier op het veld, op de perceelsrand en op het wateroppervlak is weergegeven in figuur 8. De resultaten zijn uitgedrukt als percentage van de depositie gemeten op het veld. De depositie van prochloraz op de perceelsrand bedroeg 81% van de depositie op het veld. Dit hoge percentage is te wijten aan directe bespuiting van de stroken filtreerpapier. De afstand tussen de buitenste spuitdop en de depositiestroken was slechts 0,5 m en de gemiddelde spuithoogte van 1,6 m was relatief groot.

De depositie van prochloraz op de twee posities op het wateroppervlak is eveneens weergegeven in figuur 8. Bij de aanvankelijk lagere windsnelheid (2,2 m/s) was de depositie nabij het sloottalud van het bespoten veld gemiddeld 3,8% ( $n = 4$ ;  $s = 3,2\%$ ) van de depositie op het veld. Op het water verder vanaf dit sloottalud was de depositie gemiddeld 1,8% ( $n = 4$ ;  $s = 0,9\%$ ) van de velddepositie. Voor het tweede deel van de spuitbaan, met een hogere windsnelheid (3,7 m/s), was de depositie aanzienlijk hoger, namelijk resp. 18,3% en 6,8% van de depositie op het veld. Toevallige spuitboombewegingen ter plaatse van de meetraaien kunnen een bijdrage hebben geleverd aan het verschil.

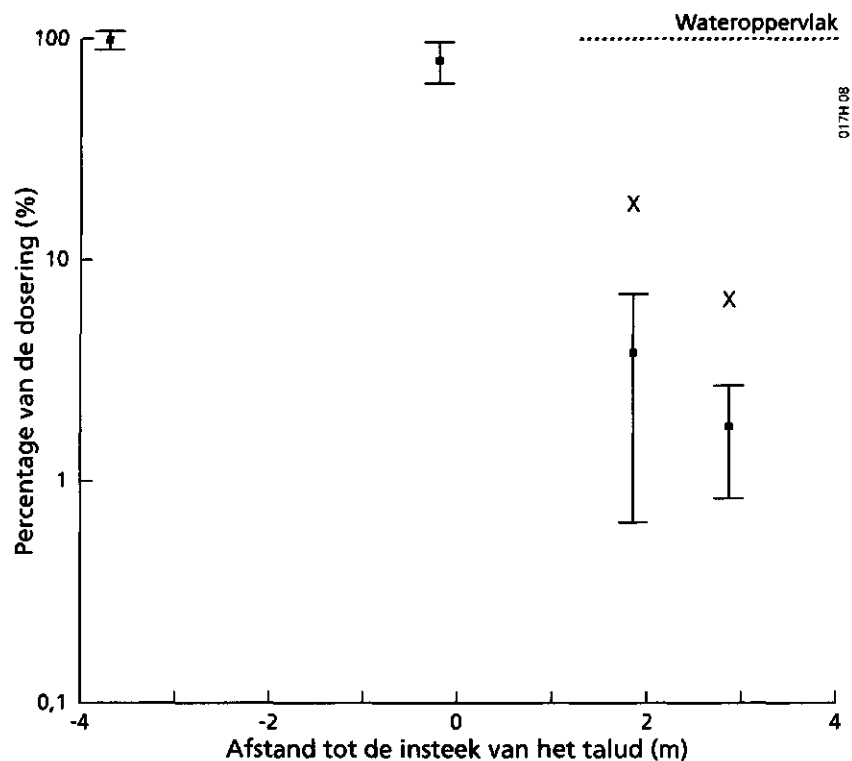


Fig. 8 Depositie van prochloraz als functie van de afstand tot de insteek van het sloottalud. Gemiddelde (punt) met standaardafwijking (lijn) voor een windsnelheid van 2,2 m/s. x = depositie bij een windsnelheid van 3,7 m/s (laatste tweetal meetraaien).

De concentratie van prochloraz gemeten in het bovenstroomse slootwater bemonsterd vóór de bespuiting was lager dan 0,03 µg/l. In de watermonsters genomen op omstreeks 2 uur na de bespuiting bedroegen de concentraties 2,8 µg/l (noordelijk deel) en 2,9 µg/l (zuidelijk deel). Deze concentraties kunnen worden vergeleken met de concentraties berekend uit de depositie op het wateroppervlak bij de windsnelheden van resp. 2,2 en 3,7 m/s. Hierbij wordt aangenomen dat er volledige menging heeft plaatsgevonden over een waterdiepte van 0,4 m. De berekende concentraties in het slootwater zijn 1,2 en 5,4 µg/l. De orde van grootte van de berekende en gemeten concentraties komt overeen; mogelijk was de menging door het water al gevorderd.

### 2.3.3 Bentazon in zomergerst

De procedure voor het meten van de depositie van bentazon werd nagebootst om de opbrengst ervan te bepalen. Zowel op 1 uur als op 2 uur na het opbrengen op de stroken werd 66% van de dosis teruggevonden. Met dit percentage werden alle depositiemetingen voor bentazon gecorrigeerd.

De depositie van bentazon gemeten op het veld bedroeg 0,71 kg/ha (n = 5; s = 0,10 kg/ha). Dit is 92% van de dosering berekend uit de gemeten concentratie in de



sputvloeistof en het geschatte volume gespoten op het veld. Bij het grafisch uitzetten van de resultaten werd deze gemeten depositie op 100% gesteld.

De depositie van bentazon op de stroken filtreerpapier op het veld, op de perceelsrand en op het wateroppervlak is weergegeven in figuur 9. De gemiddelde depositie van bentazon op de perceelsrand kwam overeen met 2,1% ( $n = 5$ ;  $s = 1,8\%$ ) van de depositie op het veld. De gemiddelde depositie op het wateroppervlak was op de drie posities vrijwel gelijk; zij bedroeg gemiddeld 0,16% ( $n = 15$ ;  $s = 0,07\%$ ) van de depositie op het veld. Deze relatief lage depositie hangt mogelijk samen met het gebruik van de kantdop en de geringe spuitboomhoogte, waardoor het spuiten in de richting van het water sterk werd verminderd.

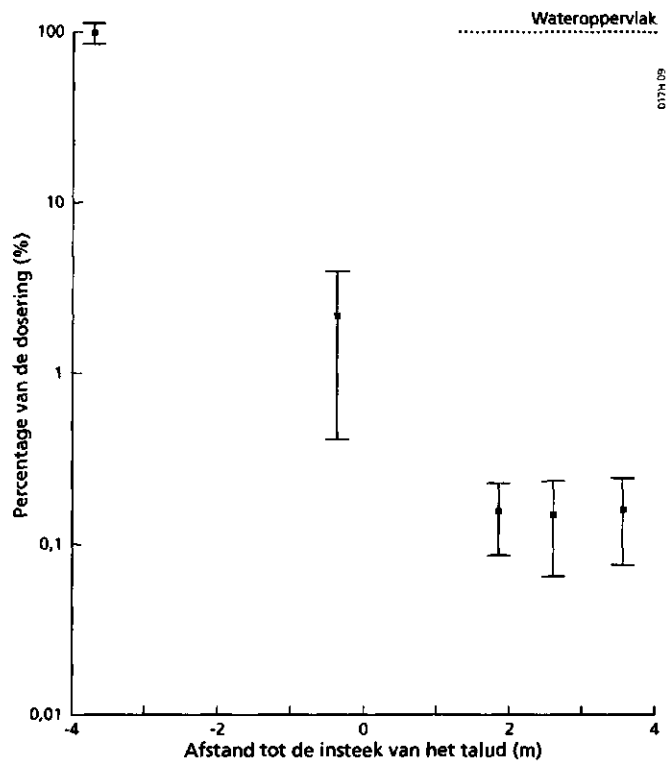


Fig. 9 Depositie van bentazon als functie van de afstand tot de insteek van het sloottalud. Gemiddelde (punt) met standaardafwijking (lijn)

De concentratie van bentazon gemeten in de meetsloot vóór de bespuiting bedroeg minder dan  $0,025 \mu\text{g/l}$ . De concentraties in de twee watermonsters genomen op omstreeks 2 uur na de bespuiting waren resp.  $0,35$  en  $0,59 \mu\text{g/l}$ . Deze concentraties kunnen worden vergeleken met de concentratie berekend uit de gemeten depositie op het wateroppervlak. Hierbij werd aangenomen dat er volledige menging was over de waterdiepte van  $0,45$  m. De zo berekende concentratie van bentazon in het slootwater is  $0,24 \mu\text{g/l}$ . Dit is lager dan de gemeten waarden. Mogelijk was bij de bemonstering de verdeling van het middel door het water nog niet homogeen.

## 2.4 Algemene bespreking en conclusies

### *Algemene opmerkingen*

De windsnelheid tijdens een bespuiting vertoont aanzienlijke variatie. Bij een gemiddelde windsnelheid die gunstig is voor het spuiten kunnen uitschieters optreden die ongunstig zijn. Bij eventuele richtlijnen dient daarom een relatief lage gemiddelde windsnelheid te worden gehanteerd.

De opbrengst van de procedure voor het meten van de depositie van de bestrijdingsmiddelen was redelijk tot goed. Chloridazon en bentazon op de stroken vertoonden nauwelijks afname in de periode tussen 1 en 2 uur na het opbrengen. De hoeveelheid prochloraz nam geleidelijk af in de tijd.

Op plaatsen die direct door de spuitkegel werden geraakt (bijv. op de akkerrand) was de depositie hoog, zoals kan worden verwacht. Bij twee van de bespuitingen reikte de spuitkegel tot boven het sloottalud.

De resultaten verkregen in het huidige onderzoek kunnen worden vergeleken met de gemiddelde overwaaiing in de referentiesituatie van Huijsmans et al. (1996). Die betreft de conventionele bespuiting van een gewas aardappelen (0,5 m hoog) met 300 l/ha in middelgrote druppels, bij een spuitboomhoogte van 0,75 m. De windsnelheid in de referentiesituatie is 3 m/s.

### *Depositie als functie van de afstand*

Onder relatief gunstige omstandigheden (windsnelheid 1,7 m/s; 500 l/ha in zeer grove druppels; met luchtondersteuning op halve kracht) bedroeg in ons onderzoek de depositie van chloridazon op het wateroppervlak (op omstreeks 3,5 m afstand) 0,32% van de depositie op het veld. Deze omstandigheden zijn aanzienlijk gunstiger dan die in de referentiesituatie van Huijsmans et al. (1996) met gemiddeld 2,7 % depositie op 3,5 m afstand.

Bij praktijkbespuiting van wintertarwe in mei (spuitboomhoogte 1,6 m; 420 l/ha in middelgrote druppels; windsnelheid 2,2 m/s), was de depositie van prochloraz op het wateroppervlak op omstreeks 3 m afstand 2,8% van de depositie op het veld. Bij wat hogere windsnelheid (3,7 m/s), mogelijk in combinatie met de boombewegingen, was de depositie zelfs 12,6%. Eerstgenoemde depositie ligt in de buurt van de depositie van gemiddeld 3,6% op 3 m afstand in de referentiesituatie van Huijsmans et al. (1996). De tweede depositie is duidelijk hoger dan die gemiddeld in de referentiesituatie.

In de meest representatieve bespuiting in de bloembollenteelt, gerapporteerd door Van de Peppel-Groen et al. (1995), was de vloeistofafgifte 400 liter per ha, de spuitdophoogte was 0,65 m en de windsnelheid was 4 m/s. Op de akkerrand, op omstreeks 3 m afstand van de buitenste spuitdop, vonden zij een depositie van 2,6% van de depositie op het veld. Deze depositie ligt in de buurt van de gemiddelde depositie van 3,6% op deze afstand in de referentiesituatie van Huijsmans et al. (1996).

De bespuiting van zomergerst in mei (200 l/ha in middelgrote druppels; met kantspuitdop; spuitboomhoogte 0,6 m; windsnelheid 4,2 m/s) leverde een depositie van bentazon op het wateroppervlak op omstreeks 4 m afstand van slechts 0,16% van de depositie op het veld. Dit is duidelijk lager dan de gemiddelde depositie van 2,2% op deze afstand in de referentiesituatie van Huijsmans et al. (1996). Een belangrijk aspect was dat de spuitkegel van de kantdop niet boven het talud kwam. De huidige meting betreft slechts één bepaling; voor het kwantificeren van het gemiddeld gunstige effect van de kantspuitdop zijn diverse bepalingen nodig.

#### ***Concentratie en vracht in water***

De concentraties van de bestrijdingsmiddelen gemeten in het slootwater op 0,05 m diepte waren veelal hoger dan de concentraties berekend uit de depositie op het wateroppervlak. Dit duidt er op dat rond 2 uur na de depositie de menging van de bestrijdingsmiddelen door het water nog aan de gang was. Crum en Brock (1994) bepaalden de snelheid waarmee het insecticide chloorpyrifos zich verdeelde over het water in proefsloten, na bespuiting van het wateroppervlak. In de eerste uren was de concentratie op 0,1 m diepte aanzienlijk hoger dan die op wat grotere diepten tot 0,45 m. Volledige menging van chloorpyrifos over de waterlaag vergde bijna een etmaal.

Voor de vracht aan bestrijdingsmiddel op een waterloop, als percentage van de dosering op het perceel, is tevens de verhouding tussen wateroppervlak en perceelsoppervlak van belang. Stel er ligt een sloot met een lengte van 100 m en een breedte van 2 m benedenwinds van een perceel van 2 ha. Stel dat de areïeke depositie op het water 2% is van de areïeke depositie op het veld. De vracht die neerkomt op het water is dan  $1/100 \times 2\% = 0,02\%$  van de dosering op het veld.

#### ***Benodigd onderzoek en beleid***

In theorie is een spuihoogte tot omstreeks 0,6 m boven bodem of gewas voldoende om een gelijkmatige verdeling van de spuitvloeistof te krijgen door overlap van de spuitkegels van de doppen. Bij een lage spuitboom treedt minder spuitdrift op dan bij een hogere. In de praktijk wordt de spuitboom aanzienlijk hoger ingesteld dan theoretisch nodig is. Bij een wat ruwer bodemoppervlak gaan de uiteinden van de spuitboom fors op en neer, vooral bij de brede spuiten. Daardoor kan de spuitboom grond of gewas raken (kans op schade). Ook zou de verdeling van het middel over gewas of grond bij de laagste standen van de spuitboom te ongelijkmatig worden. Verbetering van de stabiliteit van de spuitboom zou het mogelijk maken lager te spuiten, waardoor de spuitdrift afneemt.

Verreweg de meeste depositiemetingen in de literatuur zijn uitgevoerd op maaiveldniveau. Over de invloed van de lage positie van het wateroppervlak in het slootprofiel op de depositie is weinig bekend (Huijsmans et al., 1996). De afstand tussen de bespuiting en de insteek van het slootalud kan een belangrijke rol spelen bij het depositiepatroon in het slootprofiel. Bij bespuiting dicht bij de insteek komen ook de grotere druppels boven de sloot, terwijl dit bij bespuiting op grotere afstand alleen de fijne druppels zijn (minder neiging tot depositie).

Er zijn nog nauwelijks goede metingen over de beperking van het overwaaien door gebruik van nieuwe doptypen, zoals de kantspuitdop. Dergelijk onderzoek moet met een ruim aantal herhalingen en onder verschillende omstandigheden worden uitgevoerd. Via het meten van basisgegevens (o.a. druppelgroottespectrum) en het gebruik van een rekenmodel kan het aantal metingen worden beperkt.

De aandacht heeft zich tot nu toe beperkt tot de directe depositie van spuitvloeistof op het wateroppervlak. Bestrijdingsmiddelen gedeponneerd op planten en bodem op het sloottalud kunnen naderhand deels afspoelen en zo indirect leiden tot waterverontreiniging.

Een Commissie van Deskundigen (1996) heeft geschat hoe de emissie van bestrijdingsmiddelen via overwaaien naar waterlopen zich heeft ontwikkeld in de periode 1986 tot 1995. Vermoedelijk is de afname van het overwaaien van spuitvloeistof gering geweest. In 1995 waren maatregelen tegen het overwaaien vanuit de akkerbouw en groenteteelt nog slechts op zeer bescheiden schaal ingevoerd in de praktijk.

## 3 Atmosferische depositie

### 3.1 Inleiding

Bij het spuiten van bestrijdingsmiddelen in vollegrondsteelten is er veelal een druppelspectrum waarin ook fijne druppeltjes voorkomen. De fijne druppeltjes kunnen door indrogen, afhankelijk van de weersomstandigheden, overgaan in zeer fijne druppeltjes en deeltjes. De zeer fijne aerosolen worden meegevoerd met de wind over grotere afstanden. Vanuit de atmosfeer treedt er daarna natte en droge depositie op, ook op vrij grote afstanden van de plaats van toediening.

Het bestrijdingsmiddel dat op de bodem- en plantoppervlakken van het perceel terecht komt is onderhevig aan vervluchtiging. De snelheid van vervluchtigen wordt bepaald door de eigenschappen van het middel (o.a. de verzadigde dampdruk), de interacties met de oppervlakken en de weersomstandigheden. De vervluchtiging van triallaat, ethoprofos en parathion vanaf een humeuze zandgrond in het veld werd bestudeerd door Bor et al. (1995a). Op 11 tijdstippen na de bespuiting werd de snelheid van vervluchtigen gemeten. Op grond hiervan werd de cumulatieve vervluchtiging in de eerste 2 weken geschat op resp. 29%, 24% en 4% van de dosering. Na de bespuiting van een kleigrond werd de vervluchtiging van EPTC, triallaat en parathion gemeten door Bor et al. (1995b). De cumulatieve vervluchtiging in de eerste 2 weken na de toepassing werd geschat op resp. 26%, 19% en 2,4 % van de dosering.

De cumulatieve vervluchtiging van parathion en chloorthalonil na bespuiting van een aardappelgewas werd geschat op basis van metingen op 14 tijdstippen (Van den Berg et al., 1995). De cumulatieve vervluchtiging van parathion in de eerste week werd geschat op 31% van de dosering. Voor het weinig vluchtige chloorthalonil werd de cumulatieve vervluchtiging (week 1) geschat op 5% van de dosering, maar vanwege de persistentie op het blad ging de vervluchtiging na een week nog door. De ontstane damp wordt via de lucht getransporteerd en vervolgens gedeponereerd.

De depositie vanuit de atmosfeer kan plaatsvinden in verschillende vormen: opgelost in de neerslag, als vaste deeltjes of geadsorbeerd aan vaste deeltjes. De atmosferische depositie is een potentiële bron van verontreiniging van waterlopen. Allereerst dient de bijdrage ervan aan de waterverontreiniging zo goed mogelijk te worden gekwantificeerd. Hieruit volgt de urgentie van maatregelen om deze immissieroute te minimaliseren.

Analyses voor het loofdodingsmiddel metoxuron in de neerslag werden gerapporteerd door Heemraadschap Fleverwaard (1993). De 90-percentiel-waarde voor de 80 metingen was 0,3 µg/l. Er werd één relatief hoge waarde van 40 µg/l gemeten, mogelijk door een toepassing in de buurt van de opvang. Voor het fungicide fentinhydroxide was de 90-percentiel-waarde van 80 analyses in de neerslag 0,10 µg/l (Heemraadschap Fleverwaard, 1993). De hoogste waarde voor deze verbinding was 1,2 µg/l.

De atmosferische depositie van bestrijdingsmiddelen in twee gebieden met bloembollenteelt werd onderzocht door Van der Pas et al. (1995). De herbiciden chloridazon en metamitron werden in een deel van de monsters gemeten in het traject van 0,1 tot 0,35 µg/l. De 90-percentiel-waarde van de metingen voor chloridazon bedroeg 0,16 µg/l. Van de fungiciden werd carbendazim in een deel van de monsters aangetoond, variërend van 0,1 tot 0,3 µg/l.

In het huidige deelonderzoek werd de atmosferische depositie opgevangen in een roestvrijstalen vat met trechter, opgesteld op een strategisch gekozen plaats in een gebied met akkerbouw en groenteteelt. De invloed van directe spuitdrijf werd beperkt door de ruime afstand vanaf bespoten percelen. Per opvangperiode (verspreid over het jaar) werd nagegaan welke middelen in belangrijke mate waren toegepast. Hieruit werd een keuze gemaakt voor de chemische analyse in het opgevangen regenwater.

## **3.2 Werkwijzen**

### **3.2.1 Veldmetingen**

De atmosferische depositie werd opgevangen in een vat opgesteld binnen de omheining van de afvalwater-zuiveringsinstallatie te Numansdorp in de Hoekse Waard. Bij de overheersende westelijke winden ligt deze plaats benedenwinds van omvangrijke gebieden met akkerbouw en groenteteelt. De afstand tot akkerbouwpercelen bedroeg meer dan 100 m; de invloed van rechtstreekse spuitdrijf was daardoor beperkt. Op ongeveer 200 m afstand lagen aardappelpercelen die regelmatig werden bespoten.

De opvang-opstelling bestond uit een grote roestvrijstalen trechter geplaatst boven een eveneens roestvrijstalen opvangvat. In het laagste deel van de trechter bevonden zich enkele gaatjes. De trechter rustte op de rand van een PVC-cilinder, waarin zich het opvangvat bevond. Details over deze opstelling, zoals de afmetingen, zijn gegeven door Van der Pas et al. (1995). Met deze opstelling werd de totale depositie (regenwater, deeltjes) op 0,5 m hoogte gemeten.

Een brutolijst werd opgesteld van bestrijdingsmiddelen die voor de analyse in het regenwater in aanmerking kwamen. De criteria waren:

- ruime omvang van gebruik in de akkerbouw en vollegrondsgroenteteelt;
- wijze van toepassen en stoffeigenschappen die luchtemissie geven;
- verwachting van weinig verlies in de meetprocedure;
- goed te analyseren met gebruikelijke technieken.

Per opvangperiode vond overleg plaats met De Landbouwvoorlichting (DLV) en de bestrijdingsmiddelenhandel over de middelen die in behoorlijke omvang waren toegepast in de Hoekse Waard en op Goeree-Overflakkee. Op grond hiervan werd een nadere keuze gemaakt van de te analyseren middelen. De herbiciden chloridazon en haloxyfop werden mede gekozen omdat ze als voorbeeldmiddel fungeren bij het uitspoelingsonderzoek.

De metingen vonden plaats in de periode mei 1995 tot en met juli 1996. Het regenwater in het opvangvat werd wekelijks verzameld. Wanneer er weinig regen was gevallen werd het monster ingevroren in 500 ml borosilicaat flessen bij -20 °C. Zodra er van enkele weken voldoende regenwater was verzameld werd de voorraad ontdooid, proportioneel gemengd en aangeboden ter analyse. Hiertoe werden de monsters naar de koelcel van ROC Westmaas gebracht en zij bleven daar één nacht over bij 6 °C. Vervolgens werden de monsters bij 6 °C getransporteerd naar de laboratoria. De bestrijdingsmiddelanalyses werden uitgevoerd door Groen Agro Control te Delft; de nutriënten N en P werden geanalyseerd door het laboratorium van het ZHEW te Rotterdam.

De toepassingen van de middelen vonden vooral in het voorjaar en in de zomer plaats. Voor de herfst werden slechts enkele analyses uitgevoerd om een indruk te krijgen van de invloed van het seizoen op de concentratie in de neerslag.

### **3.2.2 Karakterisering van de middelen**

Hier wordt een korte karakterisering van de geanalyseerde middelen gegeven. Het accent ligt op de eigenschappen (bijv. dampdruk) en factoren (bijv. wijze van toedienen) die van invloed zijn op de concentratie in de neerslag. Recente gegevens over de toepassingen zijn verkregen uit DLV (1995). Ook de eigenschappen die de opbrengst van de meetprocedure bepalen (bijv. hydrolysesnelheid) zijn van belang. Voor een sterk apolair bestrijdingsmiddel als chloorthalonil trad groot verlies op in de meetprocedure voor de neerslag (Van der Pas et al., 1995). Voor het classificeren van de middelen worden de indelingen in Appendix 5 van Mensink et al. (1995) gebruikt. De referenties worden per middel éénmaal vermeld.

#### ***Chloorprofam***

Dit herbicide wordt gebruikt tegen kiemende éénjarige onkruiden in diverse groenten, karwij en luzerne. Na toepassing op grotendeels onbegroeide grond wordt het vooral opgenomen door ondergrondse plantendelen, waarna de celdeling wordt geremd. De dampdruk van chloorprofam is 1,3 mPa bij 25°C (Van de Plassche et al., 1992); het middel is enigszins vluchtig. De oplosbaarheid in water (20 tot 25 °C) is 89 mg/l; het middel is matig oplosbaar. Voor de adsorptie van chloorprofam aan de organische stof in gronden wordt een  $K_{om}$ -waarde gegeven van 251 dm<sup>3</sup>/kg; het middel wordt sterk geadsorbeerd. De hydrolyse van chloorprofam in water verloopt vermoedelijk met een halfwaardetijd van meer dan een jaar.

#### ***Chloridazon***

Het bodemherbicide chloridazon wordt op grote schaal gebruikt, o.a. in de teelt van suikerbieten en uien. Het middel wordt meestal gespoten op nog onkruidvrije grond. De dampdruk is < 0,01 mPa bij 20 °C (Tomlin, 1994); het middel is weinig vluchtig. Voor de oplosbaarheid in water wordt opgegeven 340 mg/l bij 20 °C en 400 mg/l bij 25 °C (Van de Plassche en Linders, 1990); het middel is matig oplosbaar. De

octanol/water-verdeling bij pH 7 is  $K_{ow} = 15$ . De coëfficiënt  $K_{om}$  voor de adsorptie aan de organische stof in de bodem bedraagt  $64 \text{ dm}^3/\text{kg}$ ; de adsorptie is vrij sterk. De hydrolyse in water bij  $22 \text{ }^\circ\text{C}$  verloopt met een halfwaardetijd van ongeveer 100 dagen.

### ***Ethofumesaat***

Dit herbicide wordt gebruikt (alleen of in mengsels) bij de bestrijding van jonge onkruiden in suikerbieten en erwten. Het werkt systemisch, o.a. na opname via de ondergrondse plantendelen. Voor de dampdruk van ethofumesaat bij  $25 \text{ }^\circ\text{C}$  wordt opgegeven  $0,086 \text{ mPa}$  (Van de Plassche en Linders, 1991a) en  $0,65 \text{ mPa}$  (Tomlin, 1994); het middel is weinig vluchtig. Voor de oplosbaarheid in water ( $25 \text{ }^\circ\text{C}$ ) worden waarden van  $110 \text{ mg/l}$  en  $50 \text{ mg/l}$  vermeld; het middel is matig oplosbaar. De octanol/water-verdeling  $K_{ow}$  van ethofumesaat is  $500$ . De coëfficiënt  $K_{om}$  voor de adsorptie aan de organische stof in gronden wordt geschat op resp.  $84 \text{ dm}^3/\text{kg}$  en  $194 \text{ dm}^3/\text{kg}$ ; het middel wordt matig geadsorbeerd. De hydrolyse van ethofumesaat in water verloopt met een halfwaardetijd van meer dan een maand.

### ***Haloxifop-ethoxyethyl***

Het herbicide haloxifop-ethoxyethyl wordt gebruikt voor de bestrijding van grasachtige onkruiden, o.a. in suikerbieten na opkomst. De dampdruk bedraagt  $0,0164 \text{ mPa}$  bij  $20 \text{ }^\circ\text{C}$ ; het middel is weinig vluchtig. De oplosbaarheid in water bij  $25 \text{ }^\circ\text{C}$  is  $2,7 \text{ mg/l}$  (Janus et al., 1992); het middel is slecht oplosbaar. Voor de octanol/water-verdeling bij  $20 \text{ }^\circ\text{C}$  wordt opgegeven  $K_{ow} = 29\,500$  en  $K_{ow} = 21\,400$  (Tomlin, 1994). De hydrolyse in water (pH 7;  $20 \text{ }^\circ\text{C}$ ) vindt plaats met een halfwaardetijd van 18 dagen; hierbij ontstaat haloxifop.

### ***Haloxifop***

De dampdruk van haloxifop is  $<0,13 \text{ mPa}$  bij  $25 \text{ }^\circ\text{C}$  (Tomlin, 1994); het middel is weinig vluchtig. De oplosbaarheid in water (pH 5;  $20 \text{ }^\circ\text{C}$ ) is  $1590 \text{ mg/l}$ ; het middel is goed oplosbaar in water. Haloxifop is een zwak zuur; voor de pKa wordt opgegeven  $4,33$  (Janus et al., 1992) en  $2,9$ . Voor de octanol/water-verdeling worden opgegeven  $4070$  en  $22$ . De hydrolyse in water (pH 7;  $20 \text{ }^\circ\text{C}$ ) verloopt met een halfwaardetijd van 73 dagen.

### ***MCPA***

Het groeistofherbicide MCPA wordt gebruikt tegen breedbladige onkruiden, o.a. in granen, graszaad en vlas. De dampdruk bedraagt  $0,023 \text{ mPa}$  bij  $20 \text{ }^\circ\text{C}$  (Tomlin, 1994); het middel is weinig vluchtig. Voor de oplosbaarheid in water wordt opgegeven  $1500 \text{ mg/l}$  (Tuinstra en Linders, 1992) en  $734 \text{ mg/l}$  bij  $25 \text{ }^\circ\text{C}$ ; het middel is matig tot goed oplosbaar. MCPA is een zwak zuur; de pKa is  $3,07$ . De octanol/water-verdeling bij pH 5 en  $25 \text{ }^\circ\text{C}$  is  $K_{ow} = 2,9$ .



### ***Metoxuron***

Het herbicide metoxuron wordt gebruikt voor selectieve onkruidbestrijding in wortelen. In hogere doseringen wordt het gebruikt als loofdoodmiddel in de aardappelteelt. De dampdruk is 4,3 mPa bij 20 °C (Tomlin, 1994); het middel is enigszins vluchtig. De oplosbaarheid in water is 678 mg/l bij 24 °C; het middel is matig oplosbaar. De octanol/water-verdeling  $K_{ow}$  is 40 bij 23 °C. De hydrolyse in water verloopt met een halfwaardetijd van ruim een jaar (Sparenburg en Linders, 1991).

### ***Triallaat***

Dit middel wordt op beperkte schaal gebruikt ter bestrijding van wilde grassen, o.a. in granen. Het wordt opgenomen via ondergrondse plantendelen en werkt via remming van de celdeling. In de meeste gevallen is inwerken in de toplaag nodig. De dampdruk van triallaat is 13 mPa bij 20 °C (Mensink en Linders, 1991); het middel is matig vluchtig. De oplosbaarheid in water (25 °C) is 3 à 4 mg/l; triallaat is slecht oplosbaar. De octanol/water-verdeling  $K_{ow} = 45\ 700$ . De coëfficiënt voor adsorptie aan de organische stof in gronden,  $K_{om}$ , wordt geschat op resp. 1160 dm<sup>3</sup>/kg en 1370 dm<sup>3</sup>/kg (Tomlin, 1994); het middel wordt zeer sterk geadsorbeerd. De hydrolyse van triallaat in water verloopt met een halfwaardetijd van meer dan een jaar.

### ***Fenpropimorf***

Het fungicide fenpropimorf wordt gebruikt in granen en graszaad, tegen diverse schimmelaantastingen. Voor de dampdruk bij 20 °C worden opgegeven 3 mPa (Panman en Linders, 1991) en 2,3 mPa (Tomlin, 1994); het middel is enigszins vluchtig. Voor de oplosbaarheid in water bij 20 °C worden 6,8 mg/l en 4,3 mg/l vermeld; het middel is slecht oplosbaar. Fenpropimorf is een base; de pKa is 6,98.

### ***Fentinacetaat***

Het fungicide fentinacetaat wordt (in combinaties met andere middelen) gebruikt in de aardappelteelt tegen aantasting door *Phytophthora*. Daarnaast wordt het gebruikt in knolselderij. De dampdruk is 0,176 mPa bij 25 °C (Visser et al., 1993a); het middel is weinig tot enigszins vluchtig. De oplosbaarheid in water (pH 5; 20 °C) is ongeveer 9 mg/l (Tomlin, 1994); het middel is matig tot slecht oplosbaar. De octanol/water-verdeling  $K_{ow}$  is 2700. In de aanwezigheid van water wordt de verbinding in enkele uren omgezet in fentinhydroxide.

### ***Fentinhydroxide***

Het fungicide fentinhydroxide heeft grotendeels hetzelfde gebruiksgebied als fentinacetaat. De dampdruk is 0,047 mPa bij 25 °C (Visser et al., 1993b); het middel is weinig vluchtig. Voor de oplosbaarheid in water wordt opgegeven 1 tot 4,3 mg/l (20-22 °C) en ongeveer 1 mg/l (pH 7; 20 °C; Tomlin, 1994); het middel is slecht oplosbaar in water. De octanol/water-verdeling  $K_{ow}$  is 2700. De halfwaardetijd bij de hydrolyse van fentinhydroxide in water is vermoedelijk meer dan een maand.

### ***Fluazinam***

Het fungicide fluazinam wordt toegepast ter bestrijding van *Phytophthora* schimmel-aantasting in de aardappelteelt. De dampdruk bij 20 °C is 0,0051 mPa (Van de Plassche en Linders, 1991b); het middel is weinig vluchtig. De oplosbaarheid in water (pH 8; 20 °C) is 0,1 mg/l; het middel is slecht tot zeer slecht oplosbaar. Fluazinam is een base; de pKa voor dissociatie is 9,3. De octanol/water-verdeling  $K_{ow} = 501\ 000$  (helaas pH niet gegeven). Deze gegevens voor fluazinam lijken tegenstrijdig; nader onderzoek is nodig. De halfwaardetijd voor hydrolyse in een bufferoplossing bij 22 °C is 4,2 dagen.

### ***Pirimicarb***

Het insecticide pirimicarb wordt gebruikt tegen bladluizen in aardappelen, suikerbieten, granen en diverse groenten. Voor de dampdruk worden opgegeven 0,97 mPa bij 25 °C (Tomlin, 1994) en 4 mPa bij 30 °C (Montforts en Linders, 1995); het middel is enigszins vluchtig. Voor de oplosbaarheid in water worden 3000 mg/l (pH 7,4; 20 °C) en 2700 mg/l bij 25 °C vermeld; het middel is goed oplosbaar. Pirimicarb is een zwakke base; de pKa is 4,44. De octanol/water-verdeling  $K_{ow} = 50$ . Bij de hydrolyse in water (pH 7) was na 23 dagen nog 92% over.

## **3.2.3 Controle op de afname**

Een controle-experiment werd opgezet om de verliezen aan bestrijdingsmiddel bij de opvang en verwerking van de neerslagmonsters te bepalen. De werkwijzen bij de veldmetingen werden daarbij zo goed mogelijk nagebootst. Het experiment werd uitgevoerd voor:

- de herbiciden haloxyfop en MCPA, en het loofdodingsmiddel metoxuron;
- de fungiciden fenpropimorf, fentinhydroxide en fluazinam;
- het insecticide pirimicarb.

Voor het experiment werd in de winterperiode 20 liter regenwater verzameld. Een bekende hoeveelheid van de middelen werd aan dit water toegevoegd, waarna goed werd gemengd. De streefconcentratie was omstreeks 0,1 µg/l; alleen bij metoxuron was deze 2,5 µg/l (i.v.m. de bepalingsgrens). De roestvrijstalen emmers met het water werden losjes afgedekt tegen lichtinvloed en verdamping van water. Het water bleef een week staan bij 20 °C. Na 1 dag en na 3 dagen werden de eerste deelmonsters genomen voor de analyse om na te gaan of de verwachte concentraties aanwezig waren en of de menging volledig was.

Het water dat 7 dagen in de emmers had gestaan werd ook onderworpen aan het tweede deel van de procedure voor de veldmonsters. Het water werd overgebracht in Schott flessen (500 ml) en ingevroren. Na het ontdooien werden ze enkele dagen bewaard in de koelcel en daarna getransporteerd naar het laboratorium voor de analyse.

### 3.2.4 Chemische analyse

De analyse van de bestrijdingsmiddelen in het regenwater werd gerealiseerd door Groen Agro Control te Delft. De gebruikte analysemethodes worden hier beknopt beschreven. De pH van het watermonster werd ingesteld met behulp van 10 mol HCl per liter of 10 mol NaOH per liter. Na extractie vond concentrering van de organische fase plaats met behulp van een Kuderna-Danish opstelling.

De bepaling van fentinhydroxide vond plaats met analysemethode 1. De pH in het watermonster werd tussen 5 en 6 ingesteld. Vervolgens werd het ionogene fentin (in water) geëthyleerd tot ethyltrifenyltin, met behulp van tetraëthylboraat. Dit werd tweemaal geëxtraheerd met dichloormethaan en het extract werd geconcentreerd. De analyse vond plaats met behulp van gaschromatografie (GC) met massaspectrofotometrische (MS) detectie.

Analysemethode 2 werd gebruikt voor de bepaling van de middelen chloorprofam, chloridazon, ethofumesaat, fenpropimorf, fluazinam, pirimicarb en triallaat. Het watermonster werd op pH 7 gebracht en verzadigd met NaCl. Daarna werd het monster tweemaal geëxtraheerd met dichloormethaan en het extract werd geconcentreerd. De analyse vond plaats via GC-MS.

Methode 3 werd gebruikt voor de analyse van haloxyfop en MCPA. Het watermonster werd op pH < 1 gebracht, verzadigd met NaCl en tweemaal geëxtraheerd met dichloormethaan. De verbindingen werden gemethyleerd met behulp van diazomethaan. Na concentreren werden ze geanalyseerd via GC-MS.

Metoxuron werd geanalyseerd met analysemethode 4. Het watermonster werd tweemaal geëxtraheerd met dichloormethaan en het extract werd geconcentreerd. Metoxuron werd hierna geëthyleerd met behulp van natriumhydride en ethyljodide. De analyse vond eveneens plaats via GC-MS.

Bij de GC-MS werden de verbindingen in de SIM (Selected Ion Monitoring) mode bepaald, waarbij tenminste drie specifieke m/z-waarden per verbinding werden gemeten. Identificatie van de verbindingen vond plaats op grond van de retentietijd (maximaal toegestane afwijking in de retentietijd was 10 s) en op grond van de verhoudingen van de gemeten intensiteiten van de specifieke m/z-waarden (maximaal toegestane afwijking in de verhoudingen was 15%).

Kwantificatie van de verbindingen gebeurde met behulp van de standaard-additie-methode. Als interne standaard werd anthraceen gebruikt. De gehele procedure werd herhaald voor ten minste twee addities per monster alsmede voor een blanco, waarbij gedestilleerd water werd gebruikt in plaats van monster. De detectielimiet werd geschat uit de standaard-additie-lijn.

In de neerslagmonsters werden op beperkte schaal nutriënten geanalyseerd. Deze analyses werden verricht door het Laboratorium te Rotterdam van het Zuiveringsschap Hollandse Eilanden en Waarden.

### 3.3 Resultaten

#### 3.3.1 Veldmetingen

De resultaten van de twee metingen voor chloorprofam in de neerslag zijn gegeven in tabel 1. De eerste concentratie was relatief hoog, terwijl chloorprofam in het tweede monster niet aantoonbaar was. In de toepassingsperiode in voorjaar 1995 werd chloridazon tweemaal in de neerslag gemeten (tabel 1); later in het jaar was het middel niet meer aantoonbaar. In voorjaar en zomer van 1996 werd chloridazon niet in de neerslag aangetoond. De geringe vluchtigheid, het vooral toepassen op de bodem (vrij grove druppels) en de vrij sterke adsorptie aan gronden (paragraaf 3.2.2) beperken mogelijk de luchtmissie van chloridazon.

*Tabel 1 Concentraties van herbiciden gemeten in de atmosferische depositie opgevangen te Numansdorp*

Middel	Datum	Neerslag (mm)	Concentratie (µg/l)
Chloorprofam	8 mei 1996	9	0,42
	22 mei 1996	11	<0,01
Chloridazon	10 mei 1995	16	0,11
	23 mei 1995	28	0,07
	12 juli 1995	9	<0,02
	30 aug. 1995	27	<0,005
	1 nov. 1995	9	<0,005
	3 april 1996	14	<0,01
	17 april 1996	5	<0,01
	8 mei 1996	9	<0,01
	22 mei 1996	11	<0,01
5 juni 1996	36	<0,01	
Ethofumesaat	3 april 1996	14	<0,01
	8 mei 1996	9	0,12
	22 mei 1996	11	0,23
Haloxifop	23 mei 1995	28	0,15
	12 juli 1995	9	<0,02
	30 aug. 1995	27	<0,005
	1 nov. 1995	9	<0,005
	22 mei 1996	11	<0,005
	5 juni 1996	36	<0,005
MCPA	7 juni 1995	43	<0,01
	21 juni 1995	41	<0,01
	5 juni 1996	36	<0,01
	12 juni 1996	20	<0,01
	26 juni 1996	5	<0,01
Triallaat	8 mei 1996	9	0,10
	22 mei 1996	11	<0,01

Het herbicide ethofumesaat werd in twee van de drie neerslagmonsters, opgevangen in voorjaar 1996, aangetoond in duidelijke concentraties (tabel 1). Dit ondanks het feit dat ethofumesaat wordt gekarakteriseerd (paragraaf 3.2.2) als een middel dat weinig vluchtig is. Haloxifop werd in één neerslagmonster aangetoond en daarna

niet meer (tabel 1). Zowel de toegepaste verbinding haloxyfop-ethoxyethyl als het omzettingsproduct haloxyfop worden gekarakteriseerd als weinig vluchtig (paragraaf 3.2.2).

Het herbicide MCPA werd in geen van de neerslagmonsters verzameld in de toepassingsperioden van 1995 en 1996 aangetoond (tabel 1). Dit komt overeen met de classificatie van MCPA als een weinig vluchtig middel (paragraaf 3.2.2). Triallaat werd in één van de twee geanalyseerde neerslagmonsters aangetoond (tabel 1). De luchtemissie van dit matig vluchtige middel is sterk afhankelijk van het al of niet inwerken in de bodem.

De bepalingsgrens van een middel kan per monster wat verschillen. Verdere optimalisatie van de apparatuur in de loop van de tijd kan leiden tot een lagere bepalingsgrens. De gevoeligheid van de apparatuur kan per dag wat verschillen. Grotere ruis van achtergrondverbindingen in het neerslagmonster kan noodzaken tot een hogere bepalingsgrens.

In de regenmonsters van 25 sept. en 18 okt. 1995 die op standaardwijze werden verwerkt werd geen metoxuron aangetoond; de concentratie was lager dan 0,5 µg/l. In regenwater dat op 27 sept. 1995 bij een flinke bui werd opgevangen en meteen naar het laboratorium werd vervoerd voor de analyse werd 1,3 µg/l metoxuron gemeten. Deze resultaten deden vermoeden dat er verlies van metoxuron optreedt in de procedure.

De resultaten van de metingen voor het fungicide fenpropimorf in de neerslag zijn gegeven in tabel 2. In vijf van de tien monsters uit de toepassingsperioden (voorjaar en zomer) was het middel aantoonbaar, veelal in lage concentraties net boven de bepalingsgrens. Het voorkomen van fenpropimorf in de neerslag hangt mogelijk samen met de fractie relatief fijne druppels bij de toediening en met het enigszins vluchtig zijn (paragraaf 3.2.2). Buiten de toepassingsperiode (nazomer en najaar) was fenpropimorf niet aantoonbaar.

Fentinhydroxide (mede afkomstig van fentinacetaat) werd in vijf van de acht neerslagmonsters uit de toepassingsperioden aangetoond (tabel 2). Dit ondanks de relatief geringe vluchtigheid van de twee fungiciden (paragraaf 3.2.2). Het verwaaien van de fijnste druppeltjes bij de toediening speelt mogelijk een rol. In het ene monster verzameld buiten de toepassingsperiode was fentinhydroxide niet aantoonbaar.

Het fungicide fluazinam werd in vier van de acht neerslagmonsters uit de toepassingsperioden aangetoond (tabel 2); in het eerste monster in relatief hoge concentratie. Het middel wordt gekarakteriseerd als weinig vluchtig (paragraaf 3.2.2). Vermoedelijk leveren de vrij fijne druppeltjes tijdens de toediening een bijdrage aan de luchtemissie. Buiten de toepassingsperiode (één monster) was fluazinam niet aantoonbaar.

Het insecticide pirimicarb was in één van de vijf neerslagmonsters uit de toepassingsperioden aantoonbaar (tabel 2). Het middel wordt gekarakteriseerd als enigszins vluchtig (paragraaf 3.2.2). Pirimicarb was niet aantoonbaar buiten de toepassingsperiode (één monster).

Tabel 2 Concentraties van fungiciden en een insecticide gemeten in de atmosferische depositie opgevangen te Numansdorp

Middel	Datum	Neerslag (mm)	Concentratie ( $\mu\text{g/l}$ )
Fenpropimorf	7 juni 1995	43	0,08
	21 juni 1995	41	<0,01
	12 juli 1995	9	0,01
	26 juli 1995	23	0,01
	13 sept. 1995	20	<0,01
	1 nov. 1995	9	<0,01
	22 mei 1996	11	<0,01
	5 juni 1996	36	<0,01
	12 juni 1996	20	0,03
	26 juni 1996	5	0,02
	3 juli 1996	20	<0,01
10 juli 1996	16	<0,01	
Fentinacetaat/ fentinhydroxide	12 juli 1995	9	<0,01
	26 juli 1995	23	0,07
	10 aug. 1995	16	0,06
	30 aug. 1995	27	0,04
	13 sept. 1995	20	0,12
	1 nov. 1995	9	<0,01
	26 juni 1996	5	0,06
	3 juli 1996	20	<0,005
10 juli 1996	16	<0,005	
Fluazinam	12 juli 1995	9	1,32
	26 juli 1995	23	0,10
	10 aug 1995	16	0,08
	30 aug. 1995	27	<0,01
	13 sept. 1995	20	<0,01
	1 nov. 1995	9	<0,002
	26 juni 1996	5	0,19
	3 juli 1996	20	<0,01
10 juli 1996	16	<0,01	
Pirimicarb	12 juli 1995	9	<0,02
	26 juli 1995	23	<0,02
	1 nov. 1995	9	<0,005
	26 juni 1996	5	0,09
	3 juli 1996	20	<0,01
10 juli 1996	16	<0,01	

De cumulatieve depositie per middel werd berekend uit de som van de producten van concentratie en volume neerslag per  $\text{m}^2$ . Bij de herbiciden was de cumulatieve depositie gemeten voor chloorprofam  $3,8 \mu\text{g}/\text{m}^2$ , voor chloridazon  $3,7 \mu\text{g}/\text{m}^2$ , voor ethofumesaat  $3,6 \mu\text{g}/\text{m}^2$  en voor haloxyfop  $4,2 \mu\text{g}/\text{m}^2$ . Deze areïeke deposities kwamen (afgerond) overeen met  $0,04 \text{ g/ha}$ .

Bij de fungiciden werd voor fenpropimorf een cumulatieve depositie gemeten van  $4,5 \mu\text{g}/\text{m}^2$  ( $0,05 \text{ g/ha}$ ) en voor fentinhydroxide was deze  $6,4 \mu\text{g}/\text{m}^2$  ( $0,06 \text{ g/ha}$ ). De hoogste cumulatieve depositie werd gemeten voor fluazinam:  $16,4 \mu\text{g}/\text{m}^2$  ( $0,16 \text{ g/ha}$ ).

### 3.3.2 Afname in de procedure

De concentraties van de bestrijdingsmiddelen gemeten na het mengen (na 1 en 3 dagen) en bij de nabootsing van de procedure voor de neerslagmonsters zijn gegeven in tabel 3. De concentratie van haloxyfop na 1 dag lag op het niveau van de berekende concentratie, wat aangeeft dat de menging goed was. De iets hogere waarde voor 3 dagen kan het gevolg zijn van enige variatie in de extractie en analyse. Bij het doorlopen van de hele procedure werd geen afname gemeten.

De neiging tot vervluchtiging van een bestrijdingsmiddel uit water kan worden gekarakteriseerd met de Henry coëfficiënt  $K_h$ . Deze geeft de verhouding tussen de concentratie in lucht en die in water bij evenwicht. Bij  $K_h$ -waarden lager dan  $10^{-5}$  wordt weinig vervluchtiging uit water verwacht; naarmate de  $K_h$ -waarde hoger is kan meer vervluchtiging optreden (Mensink et al., 1995). De waarde van  $K_h$  voor haloxyfop, berekend uit de eigenschappen in paragraaf 3.2.2, is  $< 10^{-7}$ . Op basis daarvan valt weinig vervluchtiging te verwachten. De hydrolyse van haloxyfop verloopt slechts traag (paragraaf 3.2.2). De geringe afname van haloxyfop in de procedure komt overeen met de verwachting.

Tabel 3 Concentraties van de bestrijdingsmiddelen gemeten bij de simulatie van opvang en verwerking van de neerslag

Middel	Berekende concentratie (µg/l)	Gemeten concentratie (µg/l) na		
		1 dag	3 dagen	procedure
Haloxyfop	0,083	0,085	0,102	0,087
MCPA	0,084	0,08	0,06	0,08
Metoxuron	2,4	<0,5	<0,5	<0,5
Fenpropimorf	0,084	0,07	0,06	0,09
Fentinhydroxide	0,065	0,075	0,058	0,070
Fluazinam	0,09	0,09	0,09	0,09
Pirimicarb	0,11	0,096	0,081	0,085

Het herbicide MCPA was na 1 dag goed gemengd (tabel 3). De wat lagere waarde na 3 dagen kan het gevolg zijn van variatie in de analyseprocedure. Bij simulatie van de opvang en verwerking vond geen meetbare afname plaats. Uit paragraaf 3.2.2 blijkt dat MCPA weinig vluchtig en matig tot goed oplosbaar is. Gezien de berekende  $K_h$ -waarde van  $2 \cdot 10^{-9}$  valt weinig vervluchtiging te verwachten. Informatie over de hydrolyse van MCPA werd niet gevonden.

Het loofdodingsmiddel metoxuron was na 1 dag en op de volgende tijdstippen niet meer aantoonbaar (tabel 3). Dit verklaart de sterk verschillende metingen in de neerslagmonsters uit het veld (paragraaf 3.3.1). Het middel is enigszins vluchtig en matig oplosbaar (paragraaf 3.2.2). De  $K_h$ -waarde van  $6 \cdot 10^{-7}$  doet geen verlies door vervluchtiging verwachten. Over de hydrolyse van metoxuron wordt gemeld dat deze traag is. Het volledig verdwijnen van metoxuron binnen 1 dag is niet verklaarbaar; dit vereist nader onderzoek.

Het fungicide fenpropimorf was na 1 dag goed gemengd en het vertoonde geen meetbare afname in de procedure (tabel 3). Het middel is enigszins vluchtig en de

oplosbaarheid in water is laag (paragraaf 3.2.2). Gezien de Kh-waarde van  $6 \cdot 10^{-5}$  zou enige vervluchtiging kunnen optreden. Gegevens over de hydrolyse van fenpropimorf zijn niet gevonden.

Voor het fungicide fentinhydroxide geldt dat de menging na 1 dag goed is en dat er geen meetbare afname is in de procedure (tabel 3). Het middel is weinig vluchtig en tevens slecht oplosbaar in water (paragraaf 3.2.2). De Kh-waarde van  $7 \cdot 10^{-6}$  geeft aan dat weinig vervluchtiging is te verwachten. Gezien de trage hydrolyse van fentinhydroxide wordt geen duidelijke afname verwacht. Na depositie van het fungicide fentinacetaat treedt snelle hydrolyse op tot fentinhydroxide (paragraaf 3.2.2), zodat dit middel in de metingen wordt meegenomen.

De concentratie van het fungicide fluazinam na mengen (dag 1) komt goed overeen met de berekende concentratie (tabel 3). Bij de procedure voor de neerslag werd geen afname gemeten. Enkele fysisch-chemische basisgegevens voor fluazinam zijn tegenstrijdig (paragraaf 3.2.2); nader onderzoek is nodig. Volgens de literatuur kan er hydrolyse optreden, maar een duidelijke afname is in het huidige experiment niet gemeten.

Vergeleken met de berekende concentratie was de meting voor het insecticide pirimicarb na 1 en 3 dagen lager (tabel 3); de oorzaak is niet bekend. De procedure voor de neerslagmonsters had weinig afname tot gevolg. Het middel is enigszins vluchtig, maar de oplosbaarheid in water is vrij hoog (paragraaf 3.2.2). Gezien de Kh-waarde van  $3 \cdot 10^{-8}$  is nauwelijks vervluchtiging te verwachten. De hydrolyse van pirimicarb in water verloopt zeer langzaam. De beperkte afname in de huidige studie ligt dan ook in de lijn der verwachting.

De afname van zes van de zeven bestrijdingsmiddelen tijdens de procedure is zo beperkt dat correctie van de concentraties gemeten in de neerslag niet nodig is. De metingen voor metoxuron zijn onbetrouwbaar; de analyses voor dit middel werden gestopt.

De afname van chloridazon in de procedure van opvangen, bewaren en verwerken van neerslagmonsters werd gemeten door Van der Pas et al. (1995). De concentratie van chloridazon aan het eind van de procedure was 93% van de beginconcentratie.

Voor drie herbiciden waarvoor in het voorjaar van 1996 enkele analyses in de neerslag werden uitgevoerd zijn nog geen afname-experimenten uitgevoerd. De Kh-waarde van  $1 \cdot 10^{-6}$  en de trage hydrolyse (paragraaf 3.2.2) doet voor chloorprofam geen duidelijke afname verwachten. Hetzelfde geldt voor ethofumesaat met een Kh-waarde van  $4 \cdot 10^{-7}$  en trage hydrolyse (paragraaf 3.2.2). De Kh-waarde van  $5 \cdot 10^{-4}$  voor triallaat duidt op de mogelijkheid van vervluchtiging uit water. De afname van triallaat door hydrolyse (paragraaf 3.2.2) is vermoedelijk gering geweest.



### 3.3.3 Nutriënten

De resultaten van de analyses voor de nutriënten in de neerslag zijn weergegeven in tabel 4. De totaal-N-concentraties liggen op het niveau van enkele mg/l. De totaal-P-concentraties liggen rond 0,1 mg/l of lager.

De concentratie van nutriënten in de neerslag op twee plaatsen in landbouwgebieden in Rijnland werden gemeten door het Hoogheemraadschap van Rijnland (1993) met open regenvangers. Voor totaal-N was de gemiddelde concentratie 3,2 mg/l (n = 25; s = 1,6 mg/l). Dit is wat hoger dan het gemiddelde van 2,0 mg/l (n = 6; s = 1,0 mg/l) in de huidige studie. In het Landelijk Meetnet Regenwatersamenstelling van het RIVM werden in Zuid-Holland in 1995 maandelijks concentraties gemeten in het traject van 0,7 tot 2,6 mg totaal-N per liter. De concentraties totaal-N gemeten in het huidige onderzoek (tabel 4) liggen bijna allemaal in dit traject. Een gemiddelde concentratie totaal-N van 2,0 mg/l in een jaarlijkse neerslag van 750 mm komt overeen met een vrucht van 15 kg N per ha per jaar.

*Tabel 4 Concentraties van nutriënten gemeten in de neerslag opgevangen te Numansdorp*

Datum	Neerslag (mm)	Totaal-N (mg/l)	Totaal-P (mg/l)
22 nov. 1995	33		<0,05
10 jan. 1996	14		<0,05
28 febr. 1996	55	1,6	0,07
8 mei 1996	9	3,9	0,18
5 juni 1996	36	1,1	<0,05
12 juni 1996	20	2,3	0,06
3 juli 1996	20	1,4	<0,05
10 juli 1996	16	1,5	<0,05

De gemiddelde concentratie totaal-P gemeten door het Hoogheemraadschap van Rijnland (1993) in twee landbouwgebieden was gemiddeld 0,09 mg/l (n = 25; s = 0,07 mg/l). Dit is wat hoger dan het gemiddelde in de huidige meetreeks. De maandelijks concentraties totaal-P gemeten in 1995 door het RIVM in Zuid-Holland lagen in het traject van nihil tot 0,05 mg/l. Drie meetwaarden in de huidige serie (tabel 4) liggen hoger dan dit traject. Mogelijk is er invloed van de opvangmethode. Bij het huidige onderzoek werd zowel de droge als de natte depositie opgevangen. De wet-only opvang van het RIVM wordt alleen geopend tijdens een regenbui. Een gemiddelde concentratie totaal-P van 0,05 mg/l in een jaarlijkse neerslag van 750 mm komt overeen met een vrucht van 0,38 kg P per ha per jaar.

### 3.4 Algemene bespreking en conclusies

#### *Algemene opmerkingen*

De omvang van de emissies van bestrijdingsmiddelen naar verschillende milieucompartmenten is geschat door een Commissie van Deskundigen (1996). Hieruit volgt dat meer dan 90% van de totale emissie van bestrijdingsmiddelen naar het milieu betrekking heeft op emissie naar de lucht. Deze emissie omvat ongeveer een kwart van de totale massa aan bestrijdingsmiddelen die wordt toegediend. Vervluchtiging van bestrijdingsmiddelen vanaf gewas- en bodemoppervlakken (dampdrift) levert de grootste bijdrage aan de emissie naar de lucht. De druppeldrift tijdens de toediening wordt geschat op ongeveer een kwart van de vervluchtigde hoeveelheid van verspoten middelen. De grote massa aan geëmitteerde bestrijdingsmiddelen wordt verspreid over grote gebieden. Over de resulterende depositie, blootstelling en effecten in de milieucompartmenten is te weinig bekend. Meting van de atmosferische depositie vormt één schakel in de beoordeling van de mogelijke gevolgen van de omvangrijke emissie van bestrijdingsmiddelen naar de lucht.

Bij het nabootsen van de procedure voor behandelen en bewaren van de neerslagmonsters werd voor zes van de zeven bestrijdingsmiddelen weinig afname gemeten. Dit komt overeen met de verwachting op basis van hun fysisch-chemische eigenschappen. Metoxuron verdween echter binnen 1 dag; de oorzaak is niet bekend.

#### *Concentraties in de neerslag*

In de neerslagmonsters die werden verzameld buiten de toepassingsperioden (in de herfst) werden de bestrijdingsmiddelen niet aangetroffen.

In zeven neerslagmonsters uit de toepassingsperiode werd het herbicide chloridazon tweemaal aangetroffen (0,07 en 0,11 µg/l). De relatief grote spuitdruppels bij de toediening, de geringe vluchtigheid en de adsorptie aan de grond zijn factoren die de emissie van chloridazon naar de lucht beperken. In het onderzoek in de bloembollenteelt werd éénmaal een hogere concentratie (0,35 µg/l) van chloridazon gemeten (Van der Pas et al., 1995). Het herbicide ethofumesaat werd in twee van de drie geanalyseerde neerslagmonsters aangetroffen (0,12 en 0,23 µg/l).

Het herbicide haloxyfop werd in één van de vier neerslagmonsters uit de toepassingsperiode aangetroffen (0,15 µg/l). MCPA was in geen van de vijf geanalyseerde monsters aantoonbaar. De geringe vluchtigheid van deze middelen speelt hierbij een rol.

Het loofdodingsmiddel metoxuron werd in een snel geanalyseerd neerslagmonster aangetroffen in een relatief hoge concentratie (1,3 µg/l). Het middel verdwijnt in de normale meetprocedure. Eerder werd een concentratie van 40 µg/l gemeten voor metoxuron in de neerslag (Heemraadschap Fleverwaard, 1993), mogelijk door een toediening in de directe omgeving van de opvang.

Het fungicide fenpropimorf werd in vijf van de tien neerslagmonsters uit de toepassingsperiode aangetroffen in relatief lage concentraties (0,01 tot 0,08 µg/l). De relatief fijne spuitdruppels en het enigszins vluchtig zijn spelen hierbij een rol.

Het fungicide fentinhydroxide werd in vijf van de acht neerslagmonsters uit de toepassingsperiode aangetroffen (0,04 tot 0,12 µg/l). De vluchtigheid is gering, maar de fijne spuitdruppels spelen vermoedelijk een rol bij de luchtmissie. De nu gemeten concentraties van fentinhydroxide zijn lager dan het maximum (1,2 µg/l) gemeten door Heemraadschap Fleverwaard (1993).

Het fungicide fluazinam werd in vier van de acht neerslagmonsters uit de toepassingsperiode aangetroffen (0,08 tot 1,32 µg/l), ondanks de geringe vluchtigheid. Ook hier spelen de fijne druppels bij de toediening vermoedelijk een rol.

Het enigszins vluchtige insecticide pirimicarb werd in één van de vijf neerslagmonsters uit de toepassingsperiode aangetoond (0,09 µg/l).

De herbiciden waren in 73% van de analyses voor de neerslagmonsters uit de toepassingsperiode niet aantoonbaar (< 0,02 µg/l). Het traject van positieve metingen was 0,07 tot 0,42 µg/l, waarbij de hoogste waarde werd gevonden voor chloorprofam. De 90-percentiel-waarde voor de herbiciden was 0,18 µg/l.

De fungiciden waren in 48% van de analyses voor de neerslagmonsters uit de toepassingsperiode niet aantoonbaar (< 0,01 µg/l). Het traject van positieve metingen was 0,01 tot 1,32 µg/l, waarbij de hoogste waarde werd gemeten voor fluazinam. De 90-percentiel-waarde voor de fungiciden was 0,14 µg/l.

Het niveau van de hier gemeten concentraties in regenwater, opgevangen op ruime afstand van de behandelde velden, is lager dan zo nu en dan gemeten in enkele andere studies bij vollegrondsteelten (Heemraadschap Fleverwaard, 1993). Verwacht wordt dat het plaatsen van de opvangvaten dichtbij de bespoten percelen leidt tot aanzienlijke depositie van spuitvloeistof in de opvang. Twee van de huidige metingen (1,3 µg/l) zijn hoger dan gemeten door de Provincie Zuid-Holland (1994) te Hillegom: een gemiddelde concentratie <0,1 µg/l, met zo nu en dan een uitschieter van enkele tienden µg/l.

### ***Relatie tot spuitdrift***

Om inzicht te krijgen in de bijdrage van de concentratie in de neerslag aan de verontreiniging van waterlopen met bestrijdingsmiddelen wordt een vergelijking gemaakt met de bijdrage door overwaaien van spuitvloeistof bij de toepassing op de percelen. Stel er valt in een week 20 mm neerslag met een concentratie bestrijdingsmiddel van 0,2 µg/l. Voor een slootdiepte van 0,25 m geeft dat een bijdrage van 0,016 µg/l aan de concentratie in het slootwater. Bij gebruik van conventionele spuitdoppen is de bijdrage van overwaaien van spuitvloeistof aan de concentratie in waterlopen (na mengen) van de orde van 1 µg/l (paragraaf 2.3). De bijdrage van overwaaien is dus aanzienlijk groter dan die van de concentratie in de neerslag.

De invloed van eventuele spuitdrift op de concentratie in de neerslag gemeten nabij het perceel kan worden geschat. Stel een middel wordt toegediend op een perceel in een dosering van 1 kg/ha. Op 10 à 20 m afstand van het perceel kan de depositie van de spuitdrift 0,1% van de dosering bedragen. Opgenomen in 20 mm neerslag geeft dit een concentratie van 5,0 µg/l. Bij opvangen van de neerslag vindt dus gemakkelijk beïnvloeding plaats door bespuitingen in de omgeving.

Via gebruik van een wet-only opvanginstallatie (die open gaat bij regen) kan de natte depositie afzonderlijk worden gemeten. Het bezwaar is echter dat daarmee de droge depositie, bijv. van ingedamppte spuitdruppels, wordt gemist.

## **4 Afspoeling van het bodemoppervlak**

### **4.1 Inleiding**

In een aantal veldsituaties stroomt er water over het bodemoppervlak naar de waterlopen. Uiteraard speelt het neerslagpatroon een belangrijke rol. De problemen met de afstroming komen naar voren bij intensieve neerslag, vooral indien van langere duur. Afstroming treedt o.a. op als de grondwaterspiegel of schijngrondwaterspiegel boven het maaiveld stijgt. De oorzaak is veelal een hoog ontwateringsniveau of een storende laag in het bodemprofiel.

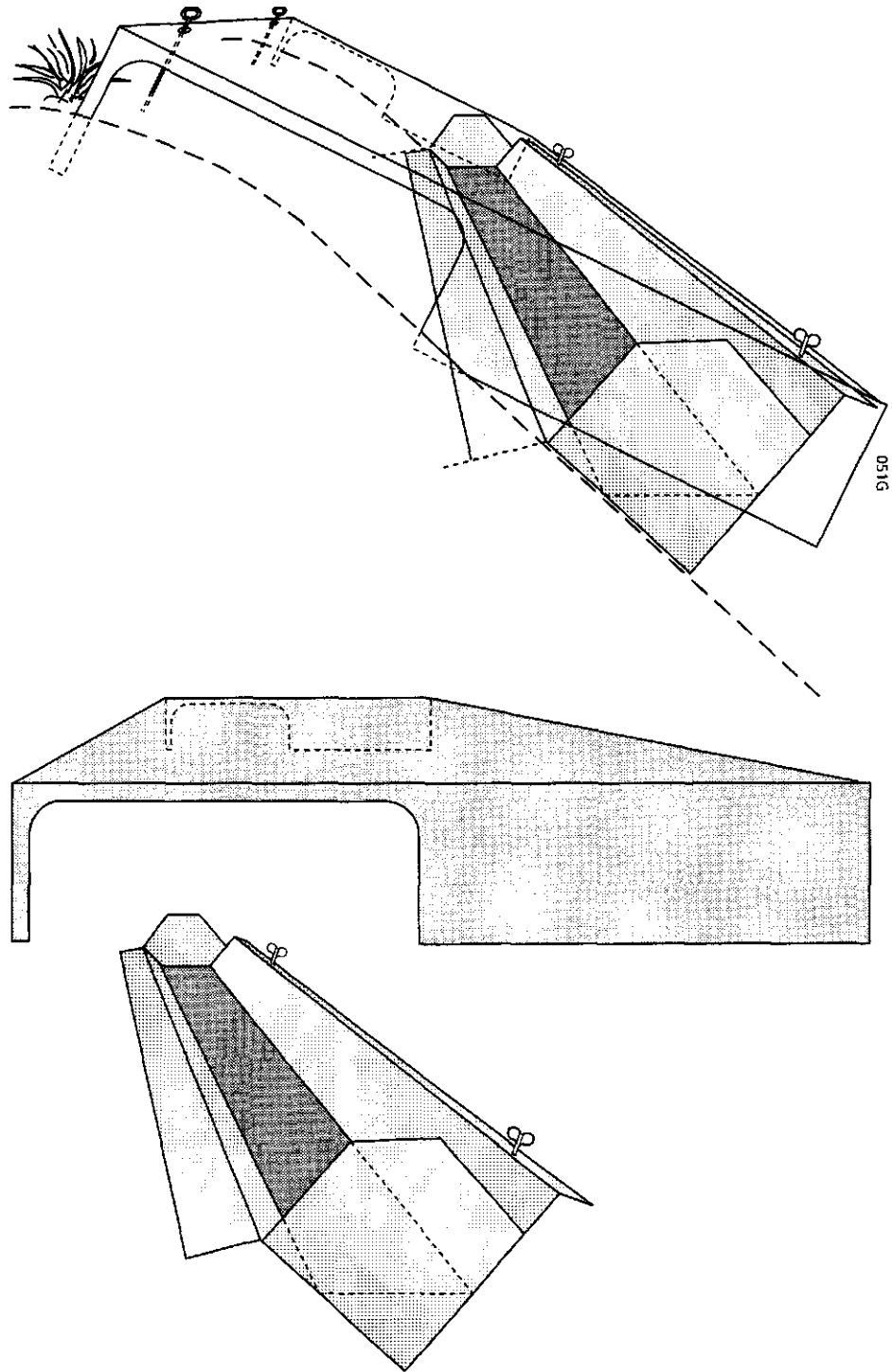
Afstroming kan ook optreden doordat de waterinfiltratie-capaciteit van de toplaag van de bodem ontoereikend is. De lichtere zavelgronden en lemige zandgronden kunnen gevoelig zijn voor verslemping. Ook kan de toplaag vastgereden zijn met zware machines, bijv. bij oogstwerkzaamheden. De kopakkers worden daarbij het meest bereden.

Bij het afstromen komen de bestrijdingsmiddelen in de toplaag gedeeltelijk vrij en worden meegevoerd met het water. Ook kunnen gronddeeltjes die de middelen bevatten worden meegevoerd. In enkele landen is op ruime schaal onderzoek gedaan naar de oppervlakteafoer van bestrijdingsmiddelen in verband met de verontreiniging van waterlopen. Dat onderzoek is gedaan in gebieden met duidelijke hellingen. Van Soest en Leistra (1991) geven een literatuuroverzicht van zulk onderzoek. De concentratie in het afstromende water kan oplopen tot enkele tientallen  $\mu\text{g/l}$  of zelfs enkele honderden  $\mu\text{g/l}$ , zodat ook afstromen van kleinere volumina problemen kan geven met de oppervlaktewaterkwaliteit.

In het hier beschreven deelonderzoek werd de oppervlakteafoer bij kleigrond en zavelgrond onderzocht. Opvanggoten werden geconstrueerd en deze werden bovenin het sloottalud tegen de akkerrand geplaatst. Een beperkt aantal monsters kon worden opgevangen en geanalyseerd. De factoren die het optreden van oppervlakteafoer bij kleigronden beïnvloeden werden geregistreerd.

### **4.2 Werkwijzen**

Goten voor de opvang van afstromend water (met gronddeeltjes) werden geplaatst bij drie kleigrondpercelen op ROC-Westmaas en bij één zavelgrondperceel op Overflakkee. Ze zijn gemaakt van roestvrij staal. De constructie en de plaatsing zijn weergegeven in figuur 10. De twee delen zijn: een opvanggedeelte (1 m breed) en een afdekgedeelte. De scherpe rand van het opvanggedeelte werd in de bovenzijde van het sloottalud gedrukt. De positie van de goot was zodanig dat water plus grond gemakkelijk konden instromen. De bak werd met paaltjes vastgezet op het sloottalud. Bij een relatief vlak talud werd het laagste deel iets ingegraven. Het afdekgedeelte werd geplaatst en bovendien omhuld met plastic folie, om het inregenen en inwaaien tot een minimum te beperken.



*Fig. 10 Constructie en plaatsing van de goot voor het opvangen van water plus grond dat afstroomt over het bodemoppervlak*

Begin mei 1995 werden vier goten geplaatst bij een perceel kleigrond met bieten op ROC-Westmaas, gelegen aan de sloot langs de Smitsweg. Het bodemoppervlak was licht golvend; het oppervlak dat kon afstromen naar de opvanggoot was beperkt tot omstreeks 10 m<sup>2</sup>. In dezelfde tijd werden drie opvanggoten geplaatst bij een perceel kleigrond met aardappelen op het ROC, langs een sloot dwars op de Stougjesdijk.

Twee goten werden geplaatst bij een strook van het perceel waarop intensief gereden werd. De derde goot werd geplaatst bij een perceelsgedeelte waar de aardappelruggen evenwijdig aan de sloot liepen. In begin 1996 werd een set van twee goten op het ROC geplaatst, bij een strook onbeteelde kleigrond gelegen langs De Vliet. Na de oogst van de bieten in najaar 1995 werd deze strook onbewerkt gelaten voor dit onderzoek.

Begin mei 1995 werden twee goten geplaatst bij een perceel zavelgrond met aardappelen op Overflakkee. Eén goot werd geplaatst bij een hoek van het perceel (onbegroeid) die intensief werd bereiden en die licht naar de sloot afhelde. De andere goot werd langs het begroeide gedeelte van het perceel aangebracht in het sloottalud. De aardappelruggen liepen evenwijdig aan de sloot.

Op de meeste plaatsen was een akkerrand aanwezig die wat hoger ligt dan het maaiveld op het perceel. Deze situatie komt veel voor in het gebied. Ter plaatse van de goten moest de akkerrand worden afgevlakt tot maaiveldniveau, met een lichte helling naar het talud. De kans op oppervlakteafspoeling werd hierdoor sterk vergroot t.o.v. de normale situatie.

Op het perceel zavelgrond met aardappelen te Overflakkee werden de herbiciden bentazon en metribuzin éénmaal toegepast, namelijk op 13 juni 1995. De doseringen waren 0,48 kg/ha voor bentazon en 0,20 kg/ha voor metribuzin. Het fungicide fluazinam werd negen maal in het groeiseizoen toegepast; het laatst op 31 augustus 1995. De totale dosering van fluazinam bedroeg 1,2 kg/ha.

Bij het aardappelperceel op Overflakkee kon in twee perioden afstromend water plus grond uit de buitenste aardappelvoor worden opgevangen in één van de goten. Stromingspatronen gaven aan dat dit materiaal afkomstig was van oppervlakteafvoer. Het bovenstaande water en de sliblaag werden afzonderlijk verzameld voor de analyse. Op 15 sept. 1995 werden 0,5 l water en 0,5 kg sliblaag (drogestofgehalte 0,5 kg/kg) verzameld. Op 10 okt. 1995 was dit 0,5 l waterlaag en 0,2 kg sliblaag (drogestofgehalte 0,28 kg/kg).

De monsters werden geanalyseerd door Groen Agro Control te Delft. Het herbicide metribuzin en het fungicide fluazinam werden geanalyseerd volgens analysemethode 2, zoals beschreven in paragraaf 3.2.4. Het herbicide bentazon werd geanalyseerd met analysemethode 3, die in dezelfde paragraaf wordt beschreven.

### **4.3 Waarnemingen en resultaten**

Bij de kleigrondpercelen op ROC-Westmaas is in de studieperiode geen oppervlakteafstroming opgetreden. Soms werd wat water in een goot aangetroffen; waarschijnlijk condenswater. Stromingspatronen rond en in de goten ontbraken. Er was zelfs geen spoor van plasvorming op het land.

De kleigrondoppervlakken vertoonden in een groot deel van het groeiseizoen in 1995 duidelijke krimpscheuren. Dit was het gevolg van de beperkte hoeveelheid neerslag en de sterk drogende omstandigheden. De oogst van de gewassen vond plaats onder vrij droge omstandigheden. Vóór de winterperiode werd de kleigrond diep geploegd (op wintervoor), waarbij het land ruw bleef liggen. Het braakliggende perceelsgedeelte (niet geploegd) vertoonde ook in het voorjaar van 1996 nog krimpscheuren aan het bodemoppervlak.

In de akkerrand en het sloottalud waren veel gangen van gravende dieren (o.a. mollen, muizen, mieren) zichtbaar. Na het plaatsen van de opvanggoten ging het graven door. De gangenstelsels verkleinen de kans op oppervlakteafstroming bij de akkerrand.

De resultaten van de analyses voor het materiaal opgevangen op Overflakkee zijn weergegeven in tabel 5. In het materiaal verzameld op 15 september 1995 werd het fungicide fluaznam zowel in de waterlaag als in de sliblaag aangetoond. Het gehalte in de sliblaag was relatief hoog, zoals kan worden verwacht voor een verbinding die vermoedelijk sterk geadsorbeerd wordt (paragraaf 3.2.2). In het materiaal verzameld op 10 oktober 1995 was fluaznam niet aantoonbaar.

*Tabel 5 Concentraties van bestrijdingsmiddelen in de waterlaag en gehalte in de sliblaag na oppervlakteafstroming vanaf het perceel op Overflakkee. Gehaltes uitgedrukt op basis van droog slib*

Periode	Middel	Concentratie ( $\mu\text{g}/\text{dm}^3$ )	Gehalte ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ )
28 juli tot 15 sept. 1995	fluaznam	6	66
	metribuzin	35	2,6
	bentazon	167	<2
15 sept. tot 10 okt. 1995	fluaznam	<0,01	<10
	metribuzin	9	<10

Het herbicide metribuzin werd in het materiaal verzameld op 15 september 1995 aangetroffen, zowel in de waterlaag als in de sliblaag (tabel 5). Het gehalte in de sliblaag in evenwicht met de concentratie in de bovenstaande waterlaag kan worden geschat. Indien de concentratie van metribuzin in het water van de sliblaag  $35 \mu\text{g}/\text{dm}^3$  is (evenals in het bovenstaande water), dan volgt daaruit een berekend gehalte van  $35 \mu\text{g}/\text{kg}$  op basis van droog slib. Verder is ook nog matige adsorptie te verwachten. Het gehalte van metribuzin in de sliblaag (tabel 5) is dus aanzienlijk lager dan geschat voor evenwicht met de waterlaag. In de waterlaag verzameld op 10 oktober 1995 was de concentratie metribuzin aanzienlijk lager dan in het eerste monster. In de sliblaag lag het gehalte van metribuzin beneden de bepalingsgrens.

De concentratie van het herbicide bentazon in de waterlaag verzameld op 15 september 1995 was relatief hoog (tabel 5). Bentazon wordt slechts zwak geadsorbeerd aan gronden. Toch zou men bentazon in de sliblaag verwachten omdat deze deels uit water bestaat. De oorzaak van het lage gehalte aan bentazon in de sliblaag (tabel 5) is niet bekend.

Water uit de naastliggende sloot op Overflakkee kon niet worden verzameld omdat deze droog stond.



## **4.4 Algemene bespreking en conclusies**

### ***Karakterisering van de afspoeling***

Over de afspoeling van bestrijdingsmiddelen vanaf relatief vlakke percelen, zoals die in ons land voorkomen, is nauwelijks iets bekend. In de emissie-evaluatie voor bestrijdingsmiddelen (Commissie van Deskundigen, 1996) kon dit proces dan ook niet worden meegenomen.

Oppervlakteafstroming van water plus grond komt bij de zwaardere kleigronden slechts sporadisch voor. Belangrijke factoren hierbij zijn de krimpscheuren in het oppervlak, de verhoogde akkerranden (met dierlijke graafactiviteit) en het ploegen op wintervoor.

Bij de lichtere zavelgronden en lemige zandgronden kan oppervlakteafstroming zo nu en dan optreden, door verslemping van de toplaag. In diverse situaties verhindert de verhoogde akkerrand de directe afvoer naar de sloot en zal het probleem beperkt blijven tot plasvorming.

Indien oppervlakteafstroming plaatsvindt dan kunnen de concentraties van bestrijdingsmiddelen in het afgestroomde materiaal aanzienlijk zijn. De concentratie in het afgespoelde materiaal lijkt af te nemen in de tijd, zoals verwacht. Omdat de fysisch-chemische eigenschappen van de bestrijdingsmiddelen slechts een bescheiden rol spelen, is beheersing van de afspoeling via het toelatingsbeleid niet zinvol.

### ***Benodigd onderzoek en beleid***

Het microreliëf van relatief vlakke percelen dient zo te zijn dat plasvorming niet direct tot afvoer leidt. Het is belangrijk dat laagtes in het perceel en voren (bijv. bij aardappelen) niet direct uitmonden in een sloot. Het graven van greppels voor oppervlakteafvoer uit laagtes geeft veel risico van waterverontreiniging met bestrijdingsmiddelen.

Verder onderzoek is nodig voor bodemsituaties die relatief veel risico van afspoeling opleveren (verslemping, hoge (schijn)grondwaterstanden). Het tijdvak van zulk onderzoek zal ook perioden met relatief veel en intensieve neerslag moeten omvatten.

Het is moeilijk om het volume aan water plus grond dat eventueel afstroomt van relatief vlakke percelen te bepalen. De plaats waar afstroming zal plaatsvinden is nauwelijks te voorspellen. Een terrein met een éénduidig laaggelegen afvoerpunt is nodig voor meer kwantitatief onderzoek.

Het risico van afspoelen kan worden verminderd door het aanleggen van onbeteelde akkerranden. In gebieden waar de akkerrand relatief laag ligt (bolle percelen) dienen ze te worden opgehoogd tot net boven maaiveld. Het optimale beheer wat betreft bewerkingen en begroeiing dient nader te worden onderzocht.

## 5 Vergelijking met normen

Het onderzoek beschreven in de vorige hoofdstukken richtte zich op het meten en schatten van de concentraties van bestrijdingsmiddelen in waterlopen. In dit hoofdstuk worden de concentraties tengevolge van overwaaien en de concentraties in atmosferische depositie vergeleken met tot nu toe ontwikkelde normen. De concentraties in waterlopen tengevolge van oppervlakteafspoeling zijn nog te onzeker. De hier gehanteerde normen voor oppervlaktewater zijn ontleend aan de recente opgave van het Rijksinstituut voor Integraal Zoetwaterbeheer en Afvalwaterbehandeling (RIZA) in bijlage II.1 van Teunissen-Ordeman en Schrap (1996). Voor een aantal middelen betrokken bij het huidige onderzoek zijn nog geen ecotoxicologische normen beschikbaar.

Voor ieder bestrijdingsmiddel in oppervlaktewater dat is bestemd voor de bereiding van drinkwater geldt de algemene norm van 0,1 µg/l (EG, 1975).

Naast de metingen en schattingen op basis van het huidige onderzoek worden ook gemiddelden gebruikt voor de referentiesituatie wat betreft het overwaaien van spuitvloeistof, zoals beschreven door Huijsmans et al. (1996). De depositie op een wateroppervlak op een afstand van 2,25 tot 3,25 m vanaf de buitenste spuitdop bedraagt hierbij 4,8% van die op het veld. Deze depositie wordt verdeeld over een waterdiepte van 0,25 m in de sloot.

Het indicatieve Maximaal Toelaatbare Risiconiveau (iMTR) van bentazon in oppervlaktewater is 64 µg/l. Uit de overwaaioproef (paragraaf 2.3.3) werd een concentratie berekend van 0,24 µg/l; deze ligt ver onder het iMTR. Bij een dosering van 1,0 kg/ha met overwaaien volgens de referentiesituatie wordt een concentratie in water berekend van 19 µg/l. Ook dit ligt onder het iMTR. Wel wordt de norm voor oppervlaktewater als grondstof voor drinkwater (0,1 µg/l) ver overschreden.

Het iMTR van chloorprofam in oppervlaktewater is 30,2 µg/l. Bij een dosering van 2,0 kg/ha en overwaaien volgens de referentiesituatie is de berekende concentratie in een ondiepe sloot 38 µg/l. Dit is boven het iMTR. De hoogste concentratie van chloorprofam gemeten in de neerslag (0,42 µg/l) ligt beneden het iMTR voor oppervlaktewater. De norm voor de drinkwaterbereiding wordt echter overschreden.

Het iMTR van chloridazon in oppervlaktewater is 0,18 µg/l. De concentratie van 0,78 µg/l berekend voor de overwaaioproef (paragraaf 2.3.1) is duidelijk hoger. Bij een dosering van 2,0 kg/ha en overwaaien volgens de referentiesituatie is de concentratie in het slootwater 38 µg/l, wat ver boven het iMTR ligt. De 90-percentielwaarde (0,07 µg/l) en de maximale concentratie (0,11 µg/l) voor chloridazon in de neerslag liggen beneden het iMTR.

De grenswaarde van het herbicide MCPA in oppervlaktewater is 0,2 µg/l. Het iMTR ligt op 250 µg/l. Bij een dosering van 1,0 kg/ha wordt voor overwaaien in de referentiesituatie een concentratie in het water berekend van 19 µg/l. Dit is aanzienlijk

boven de grenswaarde, maar beneden het iMTR. De norm voor oppervlaktewater te gebruiken voor drinkwaterbereiding wordt ver overschreden. De concentraties lager dan 0,01 µg/l voor MCPA in de neerslag (paragraaf 3.3.1) blijven beneden de grenswaarde.

Voor de herbiciden ethofumesaat, haloxyfop en triallaat lag een deel van de metingen in de neerslag rond of boven de algemene norm van 0,1 µg/l voor de drinkwaterbereiding (paragraaf 3.3.1). Hetzelfde geldt voor het fungicide fluazinam. Bij fenpropimorf lagen de concentraties in de neerslag beneden de algemene norm.

Uit het overwaaien van prochloraz (paragraaf 2.3.2) werden concentraties in het slootwater berekend van 1,2 en 5,4 µg/l, voor resp. de lagere en hogere windsnelheid. Voor een dosering van 0,45 kg/ha in de referentiesituatie wordt een concentratie berekend van 8,6 µg/l. Deze concentraties liggen ver boven de norm voor oppervlaktewater bestemd voor de drinkwaterbereiding.

De grenswaarde voor trifenyltin-fungiciden in oppervlaktewater is 1 µg/l. Het iMTR is 0,005 µg/l. Een dosering van 0,25 kg fentinacetaat per ha met overwaaien volgens de referentiesituatie geeft een concentratie in het water van 4,8 µg/l. Deze concentratie ligt duidelijk boven de grenswaarde van 1 µg/l en ver boven het iMTR van 0,005 µg/l.

In vijf van de acht neerslagmonsters uit de toepassingsperiode werd fentinhydroxide (ook afkomstig van fentinacetaat) gemeten in het traject van 0,04 tot 0,12 µg/l (paragraaf 3.3.1). De 90-percentiel-waarde in neerslag was 0,08 µg/l, wat lager is dan de grenswaarde van 1 µg/l, maar hoger dan het iMTR van 0,005 µg/l. De norm voor oppervlaktewater als grondstof voor drinkwater wordt dicht genaderd.

Het iMTR van het insecticide pirimicarb is 0,019 µg/l. Bij een dosering van 0,25 kg/ha geeft overwaaien in de referentiesituatie een concentratie in slootwater van 4,8 µg/l. Dit is aanzienlijk boven het iMTR. De norm voor grondstof voor drinkwater wordt aanzienlijk overschreden. Eén meting voor pirimicarb in de neerslag (0,09 µg/l) lag boven het iMTR; de andere vier metingen uit de toepassingsperiode lagen onder de bepalingsgrens (paragraaf 3.3.1).

Voor de meeste van de besproken middelen leidt het overwaaien in de huidige praktijksituaties tot grote overschrijding van de ecotoxicologische norm. Uitzondering hierop zijn twee herbiciden die kennelijk acuut weinig giftig zijn voor waterorganismen. De norm voor oppervlaktewater als grondstof voor drinkwater wordt steeds in hoge mate overschreden. Het tegengaan van overwaaien van spuitvloeistof heeft de grootste urgentie.

De 90-percentiel-waarde voor de concentraties in de neerslag ligt veelal rond de drinkwaternorm van 0,1 µg/l. De bijdrage aan de concentratie in oppervlaktewater hangt af van de menging met ander water (dat ook residuen kan bevatten). Kenmerkend voor atmosferische depositie zijn de grootschalige verspreiding (ook naar woon- en natuurgebieden), de herhaalde blootstelling in het toepassingsseizoen en het voorkomen van verschillende middelen.

## 6 Conclusies en aanbevelingen

### 6.1 Conclusies

#### *Overwaaien bij bespuiting*

Bij de bespuitingen was de depositie op plaatsen die direct door de spuitkegel werden geraakt (bijv. op de akkerrand) hoog, zoals kan worden verwacht. Bij twee van de bespuitingen reikte de spuitkegel tot boven het sloottalud.

Onder relatief gunstige omstandigheden (windsnelheid 1,7 m/s; 500 l/ha in zeer grove druppels; met luchtondersteuning op halve kracht) bedroeg de depositie van chloridazon op het wateroppervlak (op omstreeks 3,5 m afstand) 0,32% van de depositie op het veld. Deze omstandigheden zijn aanzienlijk gunstiger dan die in de referentiesituatie, met gemiddeld 2,7% depositie op 3,5 m afstand.

Bij bespuiting van wintertarwe (spuitboomhoogte 1,6 m; 420 l/ha in middelgrote druppels; windsnelheid 2,2 m/s) was de depositie van prochloraz op het wateroppervlak op omstreeks 3 m afstand 2,8% van de depositie op het veld. Deze depositie ligt in de buurt van de depositie van gemiddeld 3,6% op 3 m afstand in de referentiesituatie. Bij wat hogere windsnelheid (3,7 m/s), mogelijk in combinatie met de boombewegingen, was de depositie zelfs 12,6%, wat duidelijk hoger is dan die gemiddeld in de referentiesituatie.

De bespuiting van zomergerst (200 l/ha in middelgrote druppels; met kantspuitdop; spuitboomhoogte 0,6 m; windsnelheid 4,2 m/s) leverde een depositie van bentazon op het wateroppervlak (op omstreeks 4 m afstand) van slechts 0,16% van de depositie op het veld. Dit is duidelijk lager dan de gemiddelde depositie van 2,2% op deze afstand in de referentiesituatie. Het betreft hier slechts één meting; het kwantificeren van het gunstige effect van de kantspuitdop vergt diverse bepalingen.

De overeenkomsten en verschillen tussen de huidige depositiemetingen en de gemiddelde depositie in de referentiesituatie van IMAG-DLO zijn kwalitatief te verklaren uit de factoren die de overwaaiing beïnvloeden.

Bij twee bespuitingen was de spuitboom omstreeks 0,5 m hoger ingesteld dan theoretisch nodig is. Bij de sterk op-en-neer gaande beweging werd zo voorkomen dat de boom de grond raakte (kans op schade) en dat de verdeling van het middel te slecht werd.

Het optreden van overwaaiing werd bevestigd via metingen in de waterlopen. Omstreeks 2 uur na de bespuiting was de concentratie op 0,05 m diepte in het water veelal hoger dan berekend uit de depositie, vermoedelijk omdat de menging in het water nog niet volledig was.

Voor de meeste van de besproken middelen leidt het overwaaien in de huidige praktijksituaties tot grote overschrijding van de ecotoxicologische norm. De norm

voor oppervlaktewater als grondstof voor drinkwater wordt steeds in hoge mate overschreden. Het tegengaan van overwaaien van spuitvloeistof heeft de grootste urgentie.

#### ***Atmosferische depositie***

De herbiciden waren in 73% van de analyses voor de neerslagmonsters uit de toepassingsperiode niet aantoonbaar ( $<0,02 \mu\text{g/l}$ ). Het traject van positieve metingen was 0,07 tot 0,42  $\mu\text{g/l}$ , waarbij de hoogste waarde werd gemeten voor chloorprofam. De 90-percentiel-waarde voor de herbiciden was 0,18  $\mu\text{g/l}$ . Het loofdodingsmiddel metoxuron werd in een direct-geanalyseerd monster aangetroffen in de relatief hoge concentratie van 1,3  $\mu\text{g/l}$ .

De fungiciden waren in 48% van de analyses voor de neerslagmonsters uit de toepassingsperiode niet aantoonbaar ( $<0,01 \mu\text{g/l}$ ). Het traject van de positieve metingen was 0,01 tot 1,32  $\mu\text{g/l}$ , waarbij de hoogste waarde werd gemeten voor fluazinam. De 90-percentiel-waarde voor de fungiciden was 0,14  $\mu\text{g/l}$ . Het insecticide pirimicarb werd in één van de vijf monsters uit de toepassingsperiode aangetoond (0,09  $\mu\text{g/l}$ ).

De 90-percentiel-waarde voor de concentraties in de neerslag ligt veelal wat boven de drinkwaternorm van 0,1  $\mu\text{g/l}$ . De bijdrage van een regenbui van 20 mm met een bestrijdingsmiddelconcentratie van 0,20  $\mu\text{g/l}$  aan de concentratie in een sloot van 0,25 m diepte is 0,016  $\mu\text{g/l}$ . De belasting door neerslag is dus lager dan die van de orde van 1  $\mu\text{g/l}$  door overwaaiing bij een bespuiting met conventionele doppen.

In de neerslagmonsters die werden verzameld buiten de toepassingsperiode (in de herfst) werden de bestrijdingsmiddelen niet aangetroffen.

#### ***Afspoeling over het bodemoppervlak***

Oppervlakteafstroming van water plus grond komt bij de zwaardere kleigronden slechts sporadisch voor. Belangrijke factoren hierbij zijn de krimpscheuren in het oppervlak, de verhoogde akkerranden en het ploegen op wintervoor.

Bij de lichtere zavelgronden kan oppervlakteafstroming zo nu en dan optreden, door verslemping van de toplaag. In diverse situaties verhindert de verhoogde akkerrand de directe afvoer naar de sloot en zal het probleem beperkt blijven tot plaspvorming.

Indien oppervlakteafstroming plaatsvindt dan kunnen de concentraties van bestrijdingsmiddelen in het afgestroomde materiaal hoog zijn. Het graven van greppels voor de afvoer van water uit laagtes op het perceel levert risico op aanzienlijke waterverontreiniging.

## **6.2 Aanbevelingen**

### ***Onderzoek***

De enkelvoudige depositiemeting voor de kantspuitdop laat een duidelijke vermindering van de overwaaiing zien. Voor het bepalen van het gemiddelde effect van de kantspuitdop dienen verschillende metingen te worden uitgevoerd.

Mogelijkheden voor het stabiliseren van de spuitboombewegingen dienen verder te worden ontwikkeld. Indien de spuitboom minder op-en-neer gaat dan kan de spuithoogte worden verlaagd, waardoor het overwaaien van spuitvloeistof aanzienlijk afneemt.

Voor de vergelijking en vertaling van depositiemetingen is nader onderzoek nodig naar de invloed van de lage ligging van het wateroppervlak in het slootprofiel op de depositie. De afstand van bespuiting tot sloottalud kan hierbij grote invloed hebben.

Onderzoek is nodig naar de mate waarin verschillende nieuwe doptypes het overwaaien beperken. Een ruim aantal metingen onder uiteenlopende omstandigheden is nodig, in combinatie met het gebruik van een rekenmodel.

Onderzocht dient te worden in welke mate de depositie op planten en grond in het sloottalud naderhand kan leiden tot afspoelen en zo tot indirecte waterverontreiniging.

Verder onderzoek is nodig voor bodemsituaties die relatief veel risico van afspoeling leveren (verslumping, hoge (schijn)grondwaterstand). Het tijdvak voor zulk onderzoek zal ook perioden met relatief veel en intensieve neerslag moeten omvatten.

Voor meer kwantitatief onderzoek naar de afspoeling van bestrijdingsmiddelen is een terrein nodig met een éénduidig laaggelegen afvoerpunt, waar de debieten worden gemeten en het water kan worden bemonsterd.

### ***Beleid***

Tijdens een bespuiting is er aanzienlijke variatie in de windsnelheid. Bij richtlijnen voor de praktijk dient daarom een relatief lage gemiddelde windsnelheid te worden gehanteerd.

Bij metingen voor bestrijdingsmiddelen in de neerslag dienen de opvangvaten op ruime afstand van de bespoten percelen te worden geplaatst om de bijdrage van directe spuitdrift te beperken.

Het microreliëf van relatief vlakke percelen dient zo te zijn dat plasvorming niet direct tot afvoer leidt. Het is belangrijk dat laagtes in het perceel en voren (bijv. bij aardappelen) niet direct uitmonden in een sloot.

## Literatuur

Berg, F. van den, G. Bor, R.A. Smidt, A.E. van de Peppel-Groen, J.H. Smelt, T. Müller en T. Maurer, 1995. Volatilization of parathion and chlorothalonil after spraying onto a potato crop. Wageningen, DLO Winand Staring Centre. Report 102.

Bor, G., F. van den Berg, J.H. Smelt, R.A. Smidt, A.E. van de Peppel-Groen en M. Leistra, 1995a. Volatilization of triallate, ethoprosfos and parathion measured with four methods after spraying on a sandy soil. Wageningen, DLO Winand Staring Centre. Report 104.

Bor, G., F. van den Berg, J.H. Smelt, A.E. van de Peppel-Groen en M. Leistra, 1995b. Vervluchtiging van EPTC, triallaat en parathion na bespuiting van een kleigrond. Wageningen, DLO-Staring Centrum. Rapport 394.

Commissie van Deskundigen, 1996. MJP-G emissie-evaluatie 1995. Einddocument. Ede, Informatie- en Kenniscentrum Landbouw, Commissie van Deskundigen Emissie-evaluatie MJP-G.

Crum, S.J.H. en T.C.M. Brock, 1994. Fate of chlorpyrifos in indoor microcosms and outdoor experimental ditches. In: Freshwater field tests for hazard assessment of chemicals: 315-322. I.R. Hill, F. Heimbach, P. Leeuwangh en P. Matthiessen (editors). Boca Raton FL, Lewis Publishers.

DLV, 1995. Gewasbescherming in de akkerbouw en veehouderij 1996. Wageningen, De Landbouwvoorlichting.

EG, 1975. Richtlijn 75/440/EEG van 16 juni 1975 betreffende de vereiste kwaliteit van oppervlaktewater dat is bestemd voor de productie van drinkwater in de lidstaten. Brussel, Raad van de Europese Gemeenschappen. Publicatieblad L 194, 34-39.

Heemraadschap Fleverwaard, 1993. Bestrijdingsmiddelen in neerslag en in oppervlaktewater. Lelystad, Heemraadschap Fleverwaard.

Hoogheemraadschap van Rijnland, 1993. Onderzoek naar de samenstelling van atmosferische depositie in het gebied van Rijnland. Leiden, Hoogheemraadschap van Rijnland. Rapport augustus 1993.

Hoogheemraadschap van Rijnland, 1994. Emissie van meststoffen en bestrijdingsmiddelen vanuit boomteeltbedrijven naar het oppervlaktewater in de regio Boskoop. Leiden en Boskoop, Hoogheemraadschap van Rijnland en Proefstation voor de Boomkwekerij.

Mensink, B.J.W.G., M. Montforts, L. Wijkhuizen-Maslankiewicz, H. Tibson en J.B.H.J. Linders, 1995. Manual for summarising and evaluating the environmental aspects of pesticides. Bilthoven, RIVM. Report No. 679101022.

Ministerie van LNV, 1991. Meerjarenplan Gewasbescherming. Regeringsbeslissing. 's-Gravenhage, Sdu Uitgeverij. Tweede Kamer, vergaderjaar 1990-1991, 21677, nrs 3-4.

Ministerie van V&W, 1989. Derde Nota Waterhuishouding. Water voor nu en later. 's-Gravenhage, Sdu Uitgeverij. Tweede Kamer, vergaderjaar 1988-1989, 21250, nrs 1-2.

Mul, M.I., G. Slijkhuis en P.A.M. Brouwer, 1996. De waterkwaliteit en de akkerbouw op de Zuidhollandse Eilanden; de grenswaarde in zicht? *H<sub>2</sub>O* 29, 215-218.

Pas, L.J.T. van der, J.J.T.I. Boesten, R. Gerritsen en M. Leistra, 1995. Emissies van bestrijdingsmiddelen en nutriënten in de bloembollenteelt. Metingen van bestrijdingsmiddelen in regenwater, drainwater en waterlopen. Wageningen, DLO-Staring Centrum. Rapport 387.3

Peppel-Groen, A.E. van de, R.A. Smidt en M. Leistra, 1995. Overwaaien van bestrijdingsmiddelen naar waterlopen bij bespuiting in de bloembollenteelt. Wageningen, DLO-Staring Centrum. Rapport 367.

Provincie Zuid-Holland, 1994. Bestrijdingsmiddelen in neerslag in Zuid-Holland. 's-Gravenhage, Provincie Zuid-Holland. Rapport maart 1994.

Runia, W.Th., M. Leistra en N.A.M. van Steekelenburg, 1996. Uitspoeling van chemische gewasbeschermingsmiddelen in grondgebonden teelten. Naaldwijk, Proefstation voor Bloemisterij en Glasgroente. Rapport 57.

Teunissen-Ordelman, H.G.K. en S.M. Schrap, 1996. Watersysteemverkenningen 1996. Een analyse van de problematiek in aquatisch milieu. Bestrijdingsmiddelen. Lelystad, RIZA. Nota 96.040.

Tomlin, C, 1994. The pesticide manual. Tenth edition. Farnham, Surrey UK, British Crop Protection Council.

### ***Niet-gepubliceerde bronnen***

Bor, G., 1996. Bepaling van atrazin, simazin, metolachlor, bentazon en bromoxynil in oppervlaktewater. Wageningen, DLO-Staring Centrum. Standaardwerkvoorschrift M0121.

Huijsmans, J.F.M., H.A.J. Porskamp en J.C. van de Zande, 1996. Drift(beperking) bij de toediening van gewasbeschermingsmiddelen. Evaluatie van de optredende drift van spuitvloeistof bij bespuitingen in de fruitteelt en in de volveldsteelten. Wageningen, DLO-Instituut voor Milieu- en Agritechniek. Concept-rapport mei 1996.



- Janus, J., C.A.M. van Gestel, J.W. Jansma, H. Straathof en J.B.H.J. Linders, 1992. Milieufiche haloxyfop ethoxyethylester. Bilthoven, RIVM. Adviesrapport 92/670104/022.
- Mensink, B.J.W.G. en J.B.H.J. Linders, 1991. Milieufiche triallaat. Bilthoven, RIVM. Adviesrapport 88/678801/104.
- Montforts, M. en J.B.H.J. Linders, 1995. Milieufiche pirimicarb. Bilthoven, RIVM. Adviesrapport 3950.
- Mul, M.I. en M. Leistra, 1994. Emissies van bestrijdingsmiddelen en nutriënten vanuit de akkerbouw en groenteteelt op kleigrond naar grondwater en waterlopen. Dordrecht en Wageningen, Zuiveringsschap Hollandse Eilanden en Waarden, en DLO-Staring Centrum. Projectbeschrijving, 15 maart 1994.
- Panman, E. en J.B.H.J. Linders, 1991. Milieufiche fenpropimorf. Bilthoven, RIVM. Adviesrapport 88/678801/094.
- Pas, L.J.T. van der, J.H. Smelt en M. Leistra, 1996. Overwaaien van bestrijdingsmiddelen naar waterlopen bij bespuiting van akkerbouwgewassen. Wageningen, DLO-Staring Centrum. Interne Mededeling 428.
- Plassche, E. van de en J.B.H.J. Linders, 1990. Milieufiche chloridazon. Bilthoven, RIVM. Adviesrapport 88/678801/042.
- Plassche, E. van de en J.B.H.J. Linders, 1991a. Milieufiche ethofumesaat. Bilthoven, RIVM. Adviesrapport 88/678801/136.
- Plassche, E. van de en J.B.H.J. Linders, 1991b. Milieufiche fluazinam. Bilthoven, RIVM. Adviesrapport 88/678804/006.
- Plassche, E. van de, J.W. Jansma en J.B.H.J. Linders, 1992. Milieufiche chloorprofam. Bilthoven, RIVM. Adviesrapport 87/678801/106.
- Soest, L.J. van en M. Leistra, 1991. Oppervlakteafvoer van bestrijdingsmiddelen naar waterlopen. Een literatuurstudie in het kader van het Drentsche Aa project. Wageningen, DLO-Staring Centrum. Interne Mededeling 151.
- Sparenburg, P. en J.B.H.J. Linders, 1991. Milieufiche metoxuron. Bilthoven, RIVM. Adviesrapport 88/678801/086.
- Tuinstra, J. en J.B.H.J. Linders, 1992. Milieufiche MCPA. Bilthoven, RIVM. Adviesrapport 87/678801/002.
- Visser, J.T., J.W. Jansma en J.B.H.J. Linders, 1993a. Milieufiche fentinacetaat. Bilthoven, RIVM. Adviesrapport 92/670101/006.
- Visser, J.T., J.W. Jansma en J.B.H.J. Linders, 1993b. Milieufiche fentinhydroxide. Bilthoven, RIVM. Adviesrapport 92/670101/005.