

Emissiebeperkende spuittechnieken voor de akkerbouw

De invloed van luchtondersteuning,
dopkeuze en teeltvrije zone op de
emissie buiten het perceel

Ing. H.A.J. Porskamp
J.M.G.P. Michielsen
Ir. J.F.M. Huijsmans
Ir. J.C. van de Zande

imag-dlo



CIP-GEGEVENS KONINKLIJKE BIBLIOTHEEK, DEN HAAG

Emissiebeperkende

Emissiebeperkende spuittechnieken voor de akkerbouw : invloed van luchtondersteuning, dopkeuze en teeltvrije zone / H.A.J. Porskamp . . . [et al.] – Wageningen : IMAG-DLO. – Ill. – (Rapport / Dienst Landbouwkundig Onderzoek, Instituut voor Milieu- en Agritechniek ; 95-19)

Met lit. opg. – Met samenvatting in het Engels.

ISBN 90-5406-119-7

NUGI 849

Trefw.: bestrijdingsmiddelen ; akkerbouw.

© 1995

IMAG-DLO

Postbus 43 – 6700 AA Wageningen

Telefoon 08370-76300

Telefax 08370-25670

Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand, of openbaar gemaakt, in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen of enig andere manier zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de uitgever.

All rights reserved. No part of this publication may be reproduced, stored in a retrieval system of any nature, or transmitted, in any form or by any means, electronic, mechanical, photocopying, recording or otherwise, without the prior written permission of the publisher.

Abstract

Porskamp, H.A.J., J.M.G.P. Michielsen, J.F.M. Huijsmans and J.C. v.d. Zande, 1995. Emission-reducing pesticide application in potato growing. The effects of air assistance, nozzle type and spray-free zone on the drift deposition outside the field. IMAG-DLO report 95-19., IMAG-DLO, Wageningen, 39.pp.

The spraying of crop protection chemicals should result in a more direct application to the crop providing a better spray coverage and the prevention of drift to soil and air. Research on methods to reduce emission outside a sprayed field was carried out when spraying a potato crop. The effects of air assistance on a field sprayer, choice of nozzle type and a non-cropped spray-free zone at the border of the field was evaluated over a period of three years. They were evaluated on the emission to the soil, outside the field, the drift deposition into a ditch at the border of the field sprayed, and the drift to the air. Varying reductions in drift next to the field were reached.

Keywords: crop protection, pesticides application, deposition, drift, emission, air assistance, nozzle type, spray-free zone, field sprayer, potato

Voorwoord

In 1991 heeft het Ministerie van Landbouw, Natuurbeheer en Visserij het Meerjarenplan Gewasbescherming (MJPG, 1991) opgesteld. In het kader van dit plan is een additioneel onderzoekprogramma 'emissiebeperkende toedieningstechnieken' gestart. Dit programma wordt uitgevoerd door DLO-onderzoekinstellingen en proefstations.

De bijdrage van IMAG-DLO aan dit programma is het uitvoeren van onderzoek naar bepalingmethoden en het vaststellen van de depositie en emissie bij de verschillende toedieningstechnieken voor gewasbeschermingsmiddelen, alsmede het uitvoeren van onderzoek naar nieuwe technische mogelijkheden.

Het voorliggende rapport is een weergave van het veldonderzoek in aardappelen, dat in 1992, 1993 en 1994 op het IMAG-DLO proefbedrijf 'Oostwaardehoeve' te Slootdorp en in 1994 op het proefbedrijf 'De Kandelaar' te Biddinghuizen is uitgevoerd. Een woord van dank aan de medewerkers van de beide proefbedrijven voor de medewerking bij deze proeven is zeker op zijn plaats.

Voor de opzet van het onderzoek en de statistische ondersteuning gaat onze dank uit naar de heer A. Keen (GLW-DLO).

Ir. A.A. Jongebreur
directeur

Inhoud

Samenvatting	6
1 Inleiding	8
2 Materiaal en methode	9
2.1 Experimenten	9
2.2 Afstelling spuitmachine en gebruikte spuitdoppen	9
2.3 Metingen emissie	10
3 Resultaten	13
3.1 Emissie naar de grond naast perceel	13
3.2 Emissie naar de sloot	16
3.3 Emissie naar de lucht (druppeldrift)	17
4 Discussie	18
5 Conclusies en aanbevelingen	24
Summary	26
Literatuur	27
Bijlage A: Parameters emissiemetingen 1992, 1993 en 1994	28
Bijlage B: Positie laatste dop en afmetingen van de sloten .	31
Bijlage C: Emissie naar de grond naast het perceel uitgedrukt in procenten van de hoeveelheid vloeistof per oppervlakte-eenheid, gemiddeld over de herhalingen per dag.	32
Bijlage D: Emissie naar de sloot naast het perceel uitgedrukt in procenten van de hoeveelheid vloeistof per oppervlakte-eenheid, gemiddeld over de herhalingen per dag	35
Bijlage E: Emissie naar de lucht naast het perceel op verschillende hoogtes uitgedrukt in procenten van de hoeveelheid vloeistof per oppervlakte-eenheid, gemiddeld over de herhalingen per dag	37

Samenvatting

Bij de toediening van gewasbeschermingsmiddelen in de akkerbouw heeft de spuit-techniek een grote invloed op de depositie van de middelen op de planten, op de emissie naar de grond binnen en buiten het perceel en op de emissie naar de lucht.

Een van de doelstellingen van het Meerjarenplan Gewasbescherming (MJP-G, 1991) is de reductie van de emissie naar het oppervlaktewater met 90%.

Om vast te leggen welke bijdrage spuittechnieken en een teeltvrije zone kunnen leveren aan de realisering van deze doelstelling, is in de periode 1992 t/m 1994 in een serie veld-experimenten in een gewas aardappelen het effect van luchtondersteuning, druppel-grootte (spuitvolume) en teeltvrije zone op de emissie buiten het perceel bepaald.

Aan de benedenwindse zijde naast het perceel is op diverse afstanden vanaf de laatste spuitdop de emissie naar de grond gemeten. Tevens is op één afstand op diverse hoogtes de emissie naar de lucht bepaald (druppeldrift).

In 1992 zijn metingen verricht bij een spuitvolume van 150 en 300 l/ha (doppen met druppelgrootte in BCPC klasse fijn en midden), waarbij al dan niet luchtondersteuning is toegepast. In 1993 zijn de metingen verricht met één vloeistofdosering (150 l/ha), met en zonder luchtondersteuning en met een driftarme dop (druppelgrootteklasse midden). Dat jaar is ook de emissie gemeten naar de naast het perceel gelegen sloot zowel op beide taluds als op het wateroppervlak.

In 1994 zijn soortgelijke metingen uitgevoerd als in 1993. De driftarme dop was ver-vangen door een standaardspleetdop, waarmee 300 l/ha is verspoten. Bij deze proeven is zowel tot aan de perceelsrand gespoten als met een teeltvrije zone van 2,25 m.

Per jaar is in drie groeistadia van de aardappelen gemeten, waarbij per groeistadium de metingen in twee- tot viervoud zijn herhaald. In totaal zijn 104 emissiemetingen uitge-voerd.

Emissie naar de grond naast het perceel

Bij de bespuiting van een gewas aardappelen neemt door het toepassen van luchtonder-steuning zowel bij een fijn (150 l/ha) als bij een middelgroot druppelgroottespectrum (300 l/ha) de emissie naar de grond buiten het perceel met gemiddeld 50% af. Dit geldt zowel voor het gemiddelde van een strook van 1,5-6 m vanaf de laatste dop als voor de strook 2-3 m, waar zich veelal het wateroppervlak van de sloot bevindt.

Het toepassen van een iets grover of iets fijner spectrum (300 of 150 l/ha met driftarme doppen of 150 l/ha met gewone spleetdoppen) heeft geen duidelijk effect op de emissie naast het perceel.

Door het toepassen van een teeltvrije zone van 2,25 m neemt de emissie met 70% af zowel over de strook 1,5-6 als 2-3 m vanaf de laatste dop.

Emissie naar de sloot

In de sloot, op het wateroppervlak, neemt door het toepassen van luchtondersteuning de emissie met 20-90% af. Een bespuiting van 300 l/ha geeft een emissie van 1,3-2,5% van de dosering per oppervlakte-eenheid. Tussen de bespuitingen van 150 l/ha, 300 l/ha en 150 l/ha met driftarme doppen is geen duidelijk verschil gemeten in emissie naar het wateroppervlak. De driftarme dop heeft wel 25% minder emissie naar de gehele sloot

(wateroppervlak en taluds) dan de gewone spleetdop bij een zelfde spuitvolume. Door een teeltvrije zone van 2,25 m neemt de emissie naar het wateroppervlak af met 50% bij een bespuiting zonder luchtondersteuning en met 30% bij een bespuiting met luchtondersteuning.

De gemeten emissie naar het wateroppervlak ligt gemiddeld 30% lager dan de emissie boven het wateroppervlak op maaiveldhoogte.

Emissie naar de lucht naast het perceel (druppeldrift)

De bespuitingen met luchtondersteuning geven een vermindering van de emissie naar de lucht naast het perceel van gemiddeld 75 (55-83)%. Door het gebruik van een fijner druppelgroottespectrum (150 l/ha met gewone spleetdoppen t.o.v. 300 l/ha en 150 l/ha met driftarme doppen) wordt de emissie naar de lucht gemiddeld verdubbeld.

Door het toepassen van luchtondersteuning of door het instellen van een teeltvrije zone, kan een grote bijdrage worden geleverd aan de MJP-G doelstelling van 90% emissie-reductie naar het oppervlaktewater. Het effect van een grover druppelgroottespectrum was gering in het onderzochte traject.

1 Inleiding

In het Meerjarenplan Gewasbescherming (MJP-G, 1991) zijn de doelstellingen aangegeven voor de reductie van het gebruik van gewasbeschermingsmiddelen en de vermindering van de drift. In 1995 moet het verbruik met 35% verminderd zijn ten opzichte van het gemiddelde verbruik in de periode 1984-1988 en in het jaar 2000 moet een halvering zijn bereikt. Daarnaast moet de uitstoot van gewasbeschermingsmiddelen naar de verschillende milieucompartimenten met ten minste de volgende percentages worden teruggebracht :

	1995	2000
lucht	30%	50%
grond/grondwater	40%	75%
oppervlaktewater	70%	90%

De vermindering van de te gebruiken hoeveelheid actieve stof en een emissie-arme toepassing daarvan, vereist een verantwoord omgaan met gewasbeschermingsmiddelen. De spuittechniek speelt hierbij een duidelijke rol.

Het doel van het in dit rapport vermelde onderzoek is vast te leggen wat de invloed van enkele spuittechnieken en van een teeltvrije zone is op de emissie naast het perceel. Volveldsgewassen worden meestal bespoten met een spuitmachine, die door middel van spuitdoppen het spuitmiddel op een bepaalde hoogte boven het gewas verdeelt. De spuitdoppen zijn gemonteerd aan een spuitboom en zijn regelmatig verdeeld over de werkbreedte van de machine. Bij deze spuittechniek hebben weersomstandigheden invloed op het directe spuitproces. Emissie van druppels naar de omgeving is vaak onvermijdelijk. De laatste jaren hebben veel ontwikkelingen plaatsgevonden om het spuitproces beter te beheersen. Dopkeuze en luchtondersteuning kunnen bijdragen aan een betere verdeling van de druppels over het blad en beperking van de drift. Door bijvoorbeeld de keuze van het doptype kunnen de druppelgrootte en de druppelsnelheid worden gevarieerd. Het gebruik van luchtondersteuning kan het transport van de druppels naar en in het gewas versnellen.

In het voorliggend rapport wordt verslag gedaan van 3 jaar onderzoek naar het effect van het doptype en het gebruik van luchtondersteuning op de emissie naast een bespoten perceel aardappelen, waarbij ook specifiek de driftdepositie in de sloot met een verdiept liggend wateroppervlak is onderzocht. In 1992 werd alleen de emissie op de grond en naar de lucht naast het perceel gemeten, terwijl in 1993 en 1994 ook de emissie in de sloot (talud en wateroppervlak) is bepaald. In 1994 werd bovendien het effect van een teeltvrije zone aan de rand van het perceel op de emissie naast het perceel onderzocht.

De proefopzet van het onderzoek wordt beschreven in hoofdstuk 2. De resultaten van de emissiemetingen worden gepresenteerd in hoofdstuk 3 en in de hoofdstukken 4 en 5 staan de discussie en conclusies.

2 Materiaal en methode

2.1 Experimenten

In de groeiseizoenen 1992, 1993 en 1994 werden emissiemetingen uitgevoerd bij de bespuiting van een aardappelgewas (ras Agria). Het onderzoek vond veelal plaats op het IMAG-DLO proefbedrijf 'de Oostwaardhoeve' te Slootdorp. De laatste proef in 1994 werd uitgevoerd op het proefbedrijf 'De Kandelaar' te Biddinghuizen.

Per jaar werden metingen uitgevoerd in drie groeistadia van de aardappelen, waarbij de metingen per groeistadium in twee- tot viervoud werden herhaald.

In 1992 werden de metingen verricht bij bespuitingen met een spuitvolume van 150 en 300 l/ha, waarbij al dan niet luchtondersteuning werd toegepast. Naast het perceel werd op diverse afstanden tot de laatste spuitdop de emissie naar de grond gemeten. De emissie naar de lucht (druppeldrift) werd op één afstand naast het perceel op diverse hoogtes bepaald. In 1992 werden in totaal 41 metingen uitgevoerd, verdeeld over de drie groeistadia van de aardappelen.

In 1993 werden de metingen verricht bij één vloeistofdosering (150 l/ha), met en zonder luchtondersteuning en met een driftarme dop. Ook werd de emissie gemeten in de naast het perceel gelegen sloot zowel op beide taluds als op het wateroppervlak. In 1993 werden in totaal 27 meetseries uitgevoerd.

In 1994 werden soortgelijke metingen uitgevoerd als in 1993; de driftarme dop werd vervangen door een standaardspleetdop, waarmee 300 l/ha werd verspoten. Bij deze proeven werd zowel tot aan de perceelsrand gespoten als tot 2,25 m (breedte van drie aardappelruggen) van de perceelsrand. Deze zone was niet beteeld. In totaal werden 18 metingen met en 18 zonder teeltvrije zone uitgevoerd.

2.2 Afstelling spuitmachine en gebruikte spuitdoppen

De bespuitingen zijn uitgevoerd met een Hardi-Twin veldspuit met een werkbreedte van 18 m. Deze spuit was voorzien van conventionele spleetdoppen en driftarme doppen en een systeem voor luchtondersteuning. Het doptype kon eenvoudig worden verwisseld in de dophouders (drieling-dop). Met de machine kon met en zonder luchtondersteuning worden gespoten. De luchtondersteuning was op maximaal ingesteld (aftakastoerental 540 omw./min) en onder een hoek van 20 graden naar voren gericht, de doppen spotten recht naar beneden. De spuithoogte boven het gewas bedroeg tijdens de proeven steeds 70 cm. In bijlage A zijn per herhaling de machine-instellingen, de spuitvolumes en de rijsnelheden weergegeven.

De druppelgroottespectra van de tijdens de proeven gebruikte doppen werden bepaald met een Phase Doppler Particle Analyser. De druppelgroottespectra kunnen volgens de BCPC (British Crop Protection Council) code worden onderverdeeld in de klassen fijn, middel en grof (Doble et al., 1985). Bij deze code worden de spectra via de D_{v50} in klassen ingedeeld met bepaalde standaarddoppen als referentie. In tabel 1 zijn de resultaten van de metingen weergegeven.

Tabel 1 Druppelspectra en klasse-indeling van de toegepaste spuitmethodes.**Table 1** Droplet size spectrum and classification of the researched spray methods.

Methode	Dop	Druk bar	Afgifte l/min	D _{v10} µm	D _{v50} µm	D _{v90} µm	Vol% <100µm	Klasse BCPC
150 l/ha	Hardi 4110-12	3	0,73	97	187	288	11,0	F
300 l/ha	Hardi 4110-18	3	1,32	115	230	353	6,5	M
150 l/ha	Teejet DG 11002 driftarm	3	0,79	138	279	430	3,8	M

Volgens deze indeling viel de 150 l/ha bespuiting met de Hardi 4110-12 doppen bij 3 bar in de klasse fijn, terwijl de 300 l/ha met Hardi 4110-18 doppen bij 3 bar en de 150 l/ha met driftarme DG dop van Teejet in de klasse midden kwamen. De 300 l/ha met de Hardi dop kwam onderin de klasse midden tegen fijn aan en de 150 l/ha met driftarme DG doppen bovenin de klasse midden meer tegen grof aan.

2.3 Metingen emissie

Bij de emissiemetingen werd een baan van 50 m lengte aan de buitenzijde van het perceel bespoten met een volledige werkbreedte van de spuitmachine (18 m).

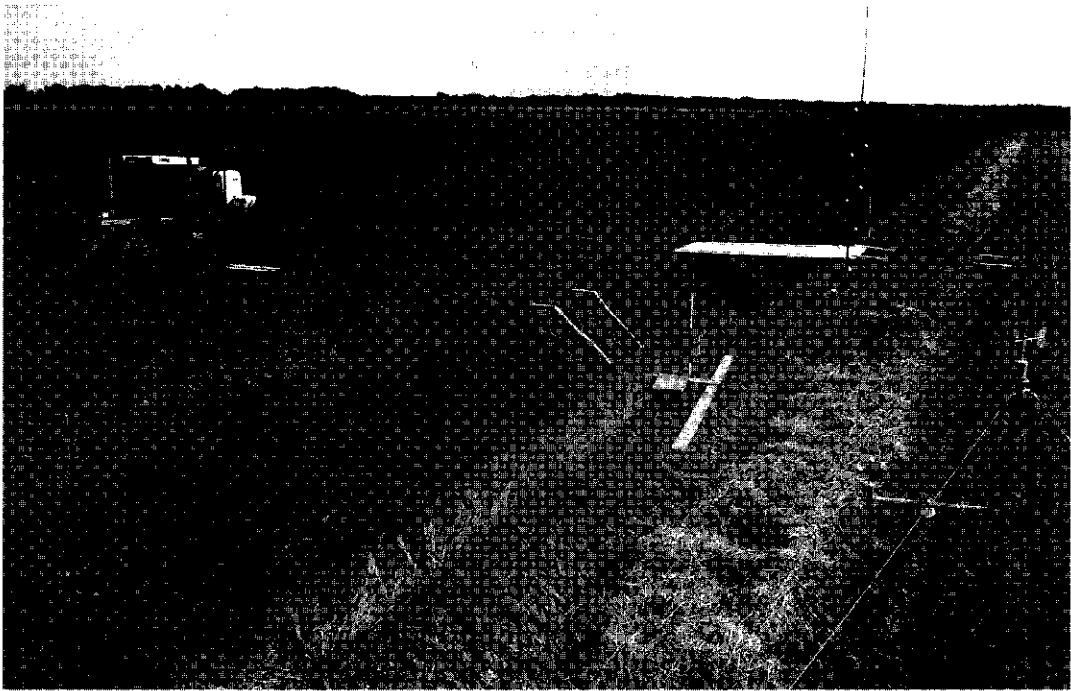
De metingen vonden plaats aan de benedenwindse zijde van het perceel. De metingen aan de verschillende objecten (spuitmethodeken) werden op dezelfde plaats uitgevoerd; een herhaling van de metingen werd steeds op een andere plaats langs de perceelsrand uitgevoerd.

De emissie werd door middel van collectoren op verschillende posities naast het bespoten gedeelte bepaald (zie figuur 1).

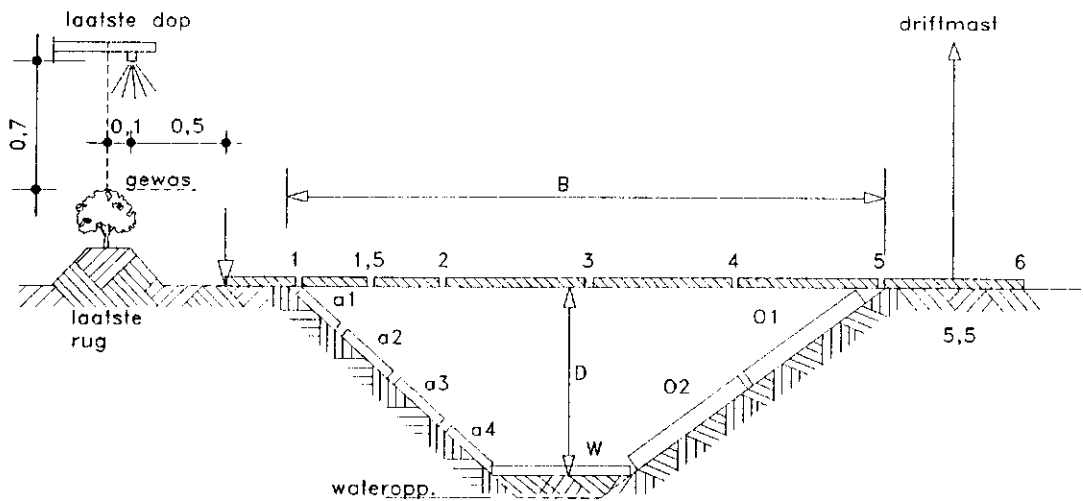
Voor de bepaling van de emissie op de grond naast het perceel werden twee rijen collectoren (latten met filterdoek van 50 * 8 cm en 100 * 8 cm) haaks op de rijrichting naast het perceel neergelegd op 0,5-1, 1-1,5, 1,5-2, 2-3, 3-4, 5-6, 8-9, 10,5-11,5 en 15,5-16,5 m vanaf de laatste dop.

In 1993 en 1994 werd gelijktijdig met de meting van de emissie naar de grond de emissie in de sloot gemeten. Hierbij was de rijrichting van de spuitmachine evenwijdig aan de benedenwinds gelegen sloot en de wind stond zoveel mogelijk haaks op de sloot. De emissie naar de 'grond' naast het perceel werd dan gemeten door over de sloot een plaat te leggen met een breedte van 3 m met daarop de twee rijen collectoren.

De emissie in de sloot werd gemeten door de sloot op te delen in drie vlakken (zie figuur 2): aanliggend talud (A1-A4), wateroppervlak (W) en overstaand talud (O1-O2). Op het aanliggend talud werden, afhankelijk van de lengte van het talud, drie of vier latten met filterdoek van 0,5 m geplaatst. Op het wateroppervlak werd één lat met filterdoek van 1,0 m op steunen neergelegd en op het overstaand talud werden twee latten met filterdoek van 1,0 m geplaatst. Als het overstaande talud korter dan 2 m was, werd de bovenste lat zonodig schuin gelegd. Deze serie collectoren werd in tweevoud in de sloot uitgelegd.



Figuur 1 Overzicht van de meetopstelling bij de bepaling van de emissie boven en in de sloot.
Figure 1 Experimental set-up to measure the emission above and into a ditch.



Figuur 2 Schematische weergave van de meetopstelling bij de bepaling van de emissie boven en in de sloot.
Figure 2 Scheme of experimental set-up to measure the emission above and into a ditch.

In bijlage B zijn de afmetingen van de sloten weergegeven waarin de emissiemetingen plaatsvonden. Tevens is de afstand van de laatste spuitdop tot de slootrand vermeld. De laatste spuitdop bevond zich steeds 12 cm buiten het hart van de laatste aardappelrug aan de perceelsrandzijde.

Voor de bepaling van de emissie naar de lucht (druppeldrift) werd op 5,5 m afstand van de laatste dop een driftmast opgesteld met aan 2 lijnen driftcollectoren op 0; 1; 2; 3 en 4 m hoogte. De driftcollectoren bestonden uit bolvormige sponsjes met een diameter van 7,5 cm (Ripke, 1990).

De bespuitingen werden uitgevoerd met water waaraan Brilliant Sulfo Flavine (BSF 3 g/l) en een uitvloeier (Agral 1 g/l) was toegevoegd. Voor de aanvang van een bespuiting werd de tank geruime tijd geroerd en werd enige tijd gespoten om alle leidingen goed te vullen alvorens het meetobject te bespuiten. Voor en na afloop van een bespuiting werd een tankmonster genomen voor de bepaling van de gemiddelde BSF-concentratie in de spuitvloeistof tijdens de uitgevoerde meting.

Na een bespuiting werden de collectoren verzameld en gecodeerd voor verdere analyse op hoeveelheid BSF. Per herhaling werden onbespoten filterdoeken en driftcollectoren verzameld als blanco. Alle monsters werden geanalyseerd op de fluorescentiewaarde om de hoeveelheid spuitmiddel (BSF) te bepalen (Michielsen en Porskamp, 1993).

Het percentage emissie naar de grond werd berekend door de emissie per oppervlakte-eenheid uit te drukken in procenten van de door de doppen in het perceel verspoten hoeveelheid vloeistof per oppervlakte-eenheid.

De emissie opgevangen op de driftcollectoren werd op dezelfde manier berekend. Al deze waarden worden dus uitgedrukt in procenten van het uitgebrachte spuitvolume (dosering).

Weersomstandigheden

Tijdens een bespuiting werd de windsnelheid, de windrichting, de temperatuur en de luchtvochtigheid gemeten. De windsnelheid werd op 2 m hoogte gemeten en de temperatuur en de luchtvochtigheid op 1 m hoogte. Bij de windrichting is de hoek gemeten t.o.v. de richting haaks op de perceelsrand. De resultaten van deze waarnemingen zijn vermeld in bijlage A.

Statistische analyse

Voor de statistische analyse van de resultaten werd een variantie-analyse uitgevoerd met behulp van Genstat (Payne, 1993). Voor de analyse zijn de emissiepercentages logaritmisch getransformeerd, omdat de effecten eerder multiplicatief dan additief zijn en omdat op logschaal de restvariantie vrijwel constant bleek te zijn. Verschillen tussen effecten zijn getoetst bij een onbetrouwbaarheidsdrempel van 5%.

3 Resultaten

De resultaten van de emissiemetingen naar de grond naast het perceel bij de bespuiting van een strook aardappelen staan vermeld in bijlage C; die van naar de sloot in bijlage D en die van naar de lucht naast het perceel in bijlage E. De gemeten emissiewaarden zijn uitgedrukt als percentage van de door de doppen in het perceel verspoten hoeveelheid vloeistof per oppervlakte-eenheid. In de bijlagen zijn per meetdag de gemiddelden van de herhalingen weergegeven.

3.1 Emissie naar de grond naast perceel

De gemiddelde emissiewaarden per jaar op diverse afstanden vanaf de laatste dop zijn weergegeven in tabel 2. De emissies naar de grond namen sterk af met een toenemende afstand. In de statistische analyses zijn de afstanden 0,5-1 en 1-1,5 m vanaf de laatste dop niet meegenomen. De emissies op deze stroken zijn hoog en worden voor een deel veroorzaakt door directe inspuiting. Mede door spuitboombewegingen worden op deze strook grote variaties gemeten.

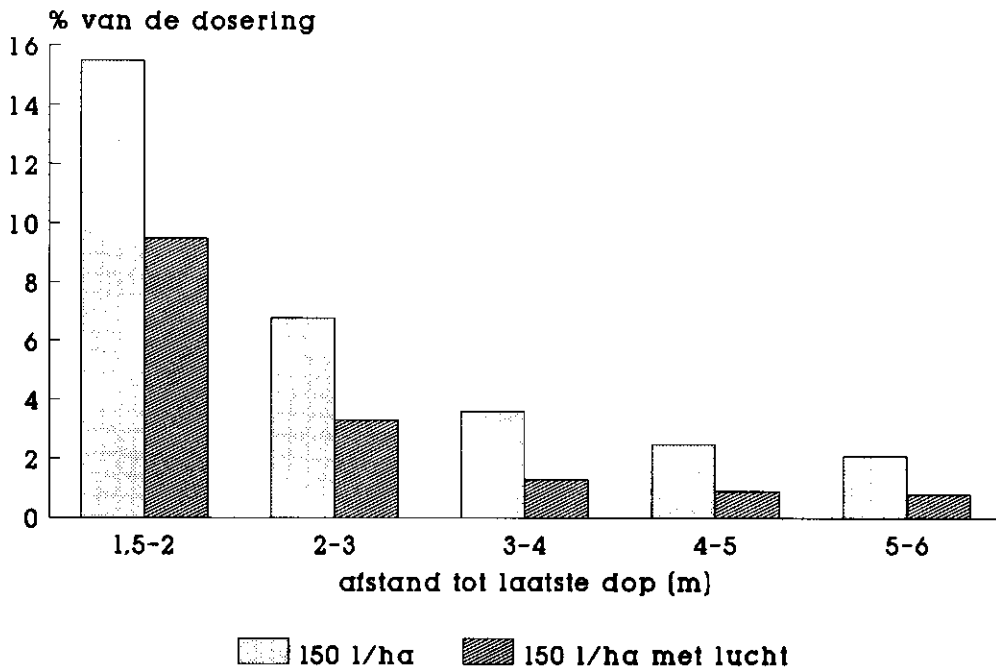
De emissies op grotere afstand (>6 m) zijn alleen in 1994 consequent in de metingen meegenomen.

Tabel 2 Emissie op de grond naast het perceel op verschillende afstanden vanaf de laatste dop uitgedrukt in procenten van de verspoten hoeveelheid vloeistof per oppervlakte-eenheid.

Table Emission to the soil on the leeward side of the sprayed field at different distances from the last nozzle, as a percentage of the application rate per surface area.

Afstand vanaf laatste dop [m]	Spleetdop 150 l/ha	Spleetdop met lucht 150 l/ha	Spleetdop 300 l/ha	Spleetdop met lucht 300 l/ha	Spleetdop driftarm 150 l/ha
1992					
1,5-2,5	14,7	8,3	12,0	7,2	-
2,5-3,5	6,1	2,9	3,0	1,4	-
3,5-4,5	3,5	1,2	1,7	0,4	-
5,5-6,5	2,4	0,9	0,9	0,2	-
gem. 1,5-6	6,3	3,1	4,1	2,1	-
1993					
0,5-1	29,5	25,3	-	-	32,7
1-1,5	16,4	11,9	-	-	19,5
1,5-2	9,4	6,9	-	-	10,7
2-3	5,0	2,5	-	-	4,7
3-4	3,3	1,4	-	-	2,4
5-6	1,8	0,7	-	-	1,0
gem. 1,5-6	3,8	2,0	-	-	3,4
1994 zonder teeltvrije zone					
0,5-1	92,5	60,4	102,8	-	-
1-1,5	35,2	19,8	36,5	-	-
1,5-2	20,0	11,6	21,6	-	-
2-3	5,0	1,8	6,0	-	-
3-4	2,7	0,6	3,3	-	-
4-5	1,4	0,4	2,7	-	-
5-6	1,2	0,3	1,8	-	-
10,5-11,5	0,7	0,1	0,6	-	-
15,5-16,5	0,4	0,1	0,3	-	-
gem. 1,5-6	4,5	2,0	5,5	-	-
1994 met teeltvrije zone van 2,25 m					
2,75-3,25	7,4	2,8	7,9	-	-
3,25-3,75	6,5	2,4	5,9	-	-
3,75-4,25	5,3	1,8	4,6	-	-
4,25-5,25	1,6	0,5	1,4	-	-
5,25-6,25	1,2	0,3	1,1	-	-
6,25-7,25	1,0	0,2	0,9	-	-
7,25-8,25	0,8	0,2	0,8	-	-
12,75-13,75	0,5	0,1	0,4	-	-
17,75-18,75	0,2	0,1	0,2	-	-
gem. 3,75-8,25	1,6	0,5	1,4	-	-

In figuur 3 is, over de jaren 1992-1994, de gemiddelde emissie buiten het perceel weergegeven voor bespuitingen van 150 l/ha al dan niet met luchtondersteuning. Uit dit driejarig onderzoek bleek dat bij een bespuiting van 150 l/ha, luchtondersteuning de emissie over een strook vanaf 1,5-6 m van de laatste dop gemiddeld met 52(47-56)% verminderde. Voor de strook 2-3 m vanaf de laatste dop (de plaats waar zich tijdens de proeven het wateroppervlak van de sloot bevond) bedroeg de emissiereductie door luchtondersteuning 53(46-63)%.



Figuur 3 Emissie op de grond naast het perceel op verschillende afstanden tot de laatste dop, uitgedrukt in procenten van de toegepaste dosering per oppervlakte-eenheid.

Figure 3 Emission to the soil, leeward side of the sprayed field at different distances from the last nozzle, as a percentage of application rate per surface area.

Ook de in 1994 gemeten emissies op grotere afstanden vanaf de laatste dop (10,5-11,5 en 15,5-16,5 m) lieten een duidelijk effect zien van luchtondersteuning. Over deze stroken werd door luchtondersteuning gemiddeld 75-85% minder emissie gemeten.

Bij een bespuiting van 300 l/ha gaf luchtondersteuning bij het onderzoek in 1992 een soortgelijk resultaat als 150 l/ha, 49% emissiereductie voor de strook 1,5-6 m en 43% voor de strook 2-3 m vanaf de laatste dop.

Het effect van het spuiten met een iets grovere druppel (300 l/ha t.o.v. 150 l/ha) was niet eenduidig. In 1992 werd bij de bespuiting met 300 l/ha op de strook 1,5-6 m vanaf de laatste dop 32-35% minder emissie gemeten dan bij 150 l/ha; op de strook 2-3 m was er geen verschil. In 1994 was er geen duidelijk verschil in emissie tussen 150 en 300 l/ha. De verschillen tussen de herhalingen waren dat jaar erg groot.

Driftarme doppen (150 l/ha in 1993) gaven op de strook 1,5-6 m een iets lagere emissie (13%) dan de gewone spleetdoppen. Op de strook 2-3 m was er geen verschil.

Door het instellen van een teeltvrije zone van 2,25 m nam de emissie bij alle technieken duidelijk af. Over de strook van 3,75-8,25 m vanaf de laatste dop werd 71(64-74)% minder emissie gemeten dan op de overeenkomstige zone van 1,5-6 m bij de bespuiting zonder teeltvrije zone. Voor de strook van 4,25-5,25 m (oorspronkelijk 2-3 m) vanaf de laatste dop bedroeg de afname 73 (68-76)%.

3.2 Emissie naar de sloot

De per jaar gemiddeld gemeten emissiewaarden naar de sloot zijn vermeld in tabel 3. Weergegeven zijn de emissies op het wateroppervlak zelf en de emissies op 1 m talud aan weerszijden van het wateroppervlak.

Tabel 3 Gemiddelde emissie naar wateroppervlak en naar 1 m aanliggend en overstaand talud van de sloot, uitgedrukt in procenten van de verspoten hoeveelheid vloeistof per oppervlakte-eenheid.

Table 3 Mean emission to a ditch (on the surface water and on the 1 m adjacent border to the field and opposite border side of the water), as a percentage of the application rate per surface area.

Plaats in sloot	Spleetdop	Spleetdop met lucht	Spleetdop	Spleetdop driftarm
	150 l/ha	150 l/ha	300l/ha	150 l/ha
1993				
wateroppervlak	3,7	3,0	–	3,9
aanliggend talud	9,5	5,0	–	6,4
overstaand talud	2,6	0,7	–	1,4
1994 zonder teeltvrije zone				
wateroppervlak	2,6	0,3	2,5	–
aanliggend talud	7,5	2,9	8,0	–
overstaand talud	2,2	0,2	1,5	–
1994 met teeltvrije zone van 2,25 m				
wateroppervlak	1,1	0,2	1,3	–
aanliggend talud	2,8	1,3	2,7	–
overstaand talud	1,0	0,1	0,8	–

De bespuiting van 150 l/ha met luchtondersteuning gaf duidelijk minder emissie naar het wateroppervlak van de sloot dan een bespuiting zonder luchtondersteuning. In 1993 was het verschil gemiddeld 19% en in 1994 was het 88%. De bespuitingen van 150 l/ha, 300 l/ha en 150 l/ha met driftarme doppen gaven geen duidelijk verschil in emissie op het wateroppervlak.

Voor alle technieken was op het aanliggende talud de emissie hoger dan op het wateroppervlak in de sloot en op het overstaande talud was deze weer lager dan op het wateroppervlak.

Luchtondersteuning liet op de aanliggende en overstaande taluds met het wateroppervlak tezamen hetzelfde beeld zien als op het wateroppervlak. De driftarme dop gaf hier 25% minder emissie dan de gewone spleetdop.

Door het toepassen van een teeltvrije zone van 2,25 m nam de emissie naar de naastliggende sloot duidelijk af. Dit gold zowel voor het wateroppervlak als voor de beide taluds. Bij de bespuiting zonder luchtondersteuning was de afname van de emissie naar het wateroppervlak 52(49-58)% en met luchtondersteuning was dit 30%.

3.3 Emissie naar de lucht naast het perceel (druppeldrift)

De resultaten van de emissiemetingen naar de lucht zijn weergegeven in bijlage E. Per meetdag zijn de gemiddelden van de herhalingen weergegeven op de verschillende hoogtes van de meetmast. Hieruit zijn in tabel 4 de gemiddelden berekend per jaar over de totale hoogte van de mast.

Tabel 4 Emissiepercentage naar de lucht, op 5,5 m vanaf de laatste dop gemiddeld over een hoogte van 0-4 m, uitgedrukt in procenten van de verspoten hoeveelheid per oppervlakte-eenheid.

Table 4 Mean spray drift into the air at 5.5 m next to the outermost nozzle average over the heights 0-4 m, as a percentage of the application rate per surface area.

Jaar	Spleetdop	Spleetdop met lucht	Spleetdop	Spleetdop met lucht	Spleetdop driftarm
	150 l/ha	150 l/ha	300l/ha	300l/ha	150 l/ha
1992	4,7	2,1	1,9	0,5	-
1993	5,1	0,8	-	-	1,9
1994	2,1	0,4	1,3	-	-
1994*	1,5	0,3	1,0	-	-

* Met teeltvrije zone van 2,25 m

De bespuitingen met luchtondersteuning gaven een duidelijke vermindering van de emissie naar de lucht. Dit gold zowel voor de 150 als de 300 l/ha. De vermindering door luchtondersteuning bedroeg gemiddeld over de verschillende jaren 73(55-83)%. De bespuitingen met een iets fijnere druppel (150 l/ha met gewone spleetdoppen t.o.v. 300 l/ha en 150 l/ha met driftarme doppen) resulteerden in hogere emissies naar de lucht, gemiddeld werden ze verdubbeld.

Door het toepassen van een teeltvrije zone van 2,25 m werd bij alle technieken een lagere emissie op de meetmast gemeten; de reductie bedroeg bij een bespuiting zonder luchtondersteuning 27% en met luchtondersteuning was dit 15%.

4 Discussie

Proefopzet

De proefopzet is zo gekozen dat de emissiemetingen bij de verschillende spuittechnieken kort na elkaar konden worden uitgevoerd. Bij een bespuiting werd niet gekozen voor een groot aantal herhalingen (lees bemonsteringen) op één tijdstip, maar voor een beperkt aantal monsters en meerdere herhalingen van de metingen op verschillende tijdstippen. De metingen konden relatief snel (binnen 2 uur) worden uitgevoerd, zodat de te vergelijken spuittechnieken zoveel mogelijk onder gelijke omstandigheden (windsnelheid en -richting) konden worden onderzocht. Het resultaat van een bespuiting hangt sterk af van de weersomstandigheden tijdens de bespuiting. Bij het vergelijken van de spuittechnieken, gemiddeld over de weersomstandigheden, dienen niet alleen de verschillen tussen herhalingen, maar vooral ook de interacties van spuittechnieken met herhalingen als toevalseffecten te worden beschouwd. Deze laatste toevalcomponent blijkt in het algemeen groot ten opzichte van de monstervariatie, zodat de nauwkeurigheid van de vergelijking tussen spuittechnieken het meest gebaat is bij veel herhalingen, terwijl het vergroten van het aantal monsters per herhaling niet veel bijdraagt tot verhoging van deze nauwkeurigheid.

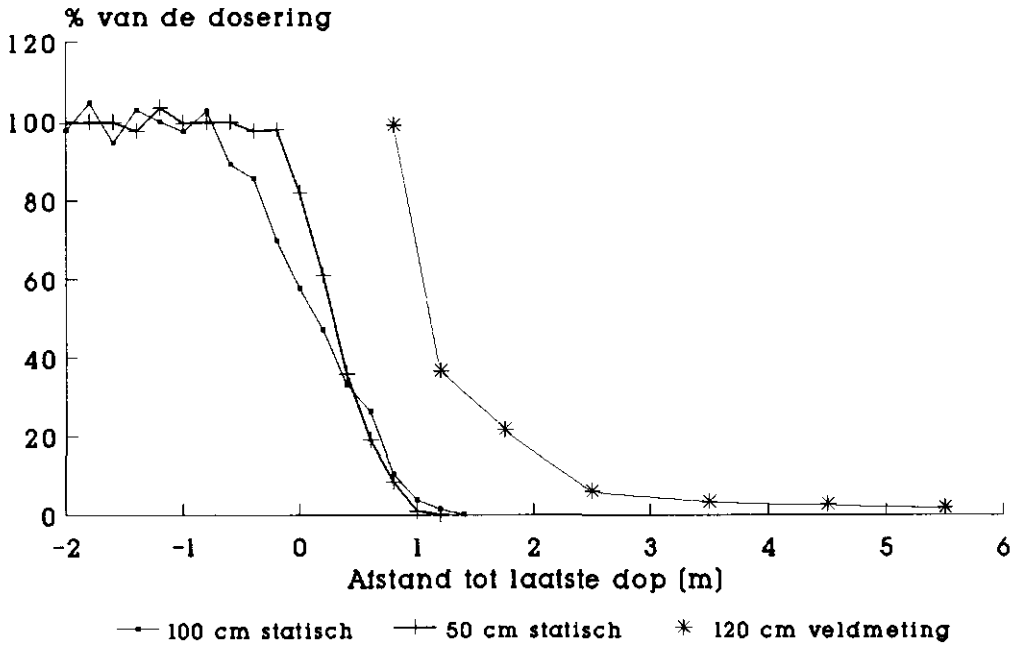
Verdeling aan einde van de spuitboom

Bij de analyse van de emissiemetingen zijn alleen de metingen vanaf 1,5 m van de laatste dop in de berekeningen betrokken. De rechtstreeks door de buitenste dop bespoten zone is hierdoor niet meegerekend.

Onder laboratoriumomstandigheden is deze rechtstreekse bespuiting buiten de laatste dop bepaald. Hiertoe werd op een spuitbord bij 50 en 110 cm dophoogte de verdeling van een enkelvoudig spuitpatroon gemeten. Door dit te overlappen met tussenafstanden van 50 cm is hieruit een samengesteld spuitpatroon berekend. In figuur 4 zijn de resultaten van deze berekeningen weergegeven. In de figuur is tevens het resultaat van een veldmeting weergegeven met soortgelijke doppen, met boombewegingen en weersinvloeden.

Midden onder de laatste dop was bij een dophoogte van 50 cm de depositie 82% van de dosering en bij 110 cm was dit 58%. Op een halve meter buiten de laatste dop was zowel bij 50 als 110 cm dophoogte de depositie 30%. Op een meter was dit 1% bij de 50 cm hoogte en 3,8% bij de 110 cm. Op 1,5 m van de laatste dop lag ook de depositie van de 110 cm dophoogte onder de 1%.

De werkelijk gemeten emissie naast het perceel met een aardappelgewas en een dophoogte van 120 cm boven het maaiveld was, ten gevolge van wind en spuitboombewegingen, veel hoger dan bij de statische situatie. Een depositiepercentage van 1% werd bij de berekende (statische en windstille) situatie bereikt op 1,3 m vanaf de laatste dop en bij de in het veld gemeten waarden bij een windsnelheid van 2-4 m/s gemiddeld op 8-10 m afstand vanaf de laatste dop. Een soortgelijke situatie als bij de veldomstandigheden is ook doorgerekend met het rekenmodel IDEFICS (van de Zande e.a., 1995). Dit model gaf bij een spuitboomhoogte van 100 cm en een windsnelheid van 2 m/s op 10 m afstand vanaf de laatste dop een depositiepercentage van 0,9%; bij een spuitboomhoogte van 50 cm en een windsnelheid van 5 m/s was de emissie 1%.



Figuur 4 Emissie op de grond aan het eind van de spuitboom op diverse afstanden van de laatste dop, uitgedrukt in procenten van de toegepaste dosering per oppervlakte-eenheid. De objecten zijn: statisch met dophoogte 50 en 100 cm en dynamisch onder veldomstandigheden bij dophoogte 120 cm.

Figure 4 Emission to the soil on the outside of the spray boom at different distances from the last nozzle, as a percentage of application rate per surface area; measured statically at 50 and 100 cm above a patternator and dynamically in field experiments at a nozzle height of 120 cm above field level.

Involed van windsnelheid op emissie buiten het perceel

Bij de verwerking van de resultaten van de emissiemetingen buiten het perceel is de windsnelheid en een afgeleide van de windrichting als covariabele in de analyse opgenomen. Uit deze analyse kwam geen duidelijk effect van deze factoren naar voren. Dit had meerdere oorzaken:

- de ingevoerde windsnelheid was een gemiddelde van de snelheden over een langer tijdsbestek, zodat momentane windsnelheden niet als zodanig zijn ingevoerd;
- bij lagere windsnelheden is de windrichting vaak niet stabiel;
- door de methode van meten waren de windeffecten bovendien verstrengeld met de spuitboombewegingen. De boomhoogte was wel steeds op 70 cm boven het gewas ingesteld maar deze varieerde tijdens de metingen tengevolge van spuitboomschommelingen.

Uit berekeningen met het model IDEFICS (van de Zande e.a., 1995) bleek dat de boomhoogte een directe invloed op de emissie heeft. Zo gaf een verhoging van de spuitboomhoogte van 0,5 m naar 1,0 m boven het gewas een verdrievoudiging van de drift, zowel op de strook direct naast de perceelsrand als op grotere afstand (2,25 m tot 7,5 m). Berekend werd ook dat een verhoging van de windsnelheid van 2 m/s naar 5 m/s op de strook 2,25 m tot 7,5 m naast de perceelsrand gemiddeld ook een verdrievoudiging van de emissie gaf.

Ook de spuitboombewegingen in het horizontale vlak hebben een directe invloed op de regelmaat van de depositie in het gewas en daardoor ook op de emissie daarbuiten.

Emissiemetingen met driftcollectoren

De emissie naar de lucht buiten het perceel is gemeten met driftcollectoren. Deze collectoren hebben een zekere vangefficiency die afhankelijk is van de grootte van de passerende deeltjes en van de windsnelheid. Hoe kleiner de deeltjes en hoe lager de windsnelheid des te meer deeltjes er rond de collector zweven en des te lager de efficiency wordt. De resultaten van deze metingen zijn dus alleen geschikt voor het onderling vergelijken van emissies van spuitsystemen met soortgelijke druppelspectra onder soortgelijke omstandigheden. Ze zijn zonder kennis van de vangefficiency minder geschikt voor het geven van absolute emissiepercentages.

Emissie boven en in de sloot

De resultaten van de emissiemetingen in en boven de sloot met en zonder teeltvrije zone van 2,25 m zijn weergegeven in tabel 5. In de sloot werd op het wateroppervlak gemeten en boven de sloot op maaiveldhoogte op 2-3 m vanaf de laatste dop (zonder teeltvrije zone) en op 4,25-5,25 m ingeval van de teeltvrije zone. De waarden zijn uitgedrukt als percentage van de door de doppen verspoten hoeveelheid vloeistof per oppervlakte-eenheid.

Tabel 5 Gemiddelde emissie naar het wateroppervlak van een sloot, naar dezelfde strook midden boven de sloot op maaiveldhoogte door een bespuiting met en zonder een teeltvrije zone, uitgedrukt in procenten van de verspoten hoeveelheid vloeistof per oppervlakte-eenheid.

Table 5 Mean emission to the water surface of a ditch and above the surface water at field level as a percentage of the application rate per surface area.

Plaats in sloot	Spleetdop	Spleetdop met lucht	Spleetdop	Spleetdop driftarm
	150 l/ha	150 l/ha	300 l/ha	150 l/ha
1993				
wateroppervlak	3,7	3,0	–	3,9
boven sloot	5,0	2,5	–	4,7
1994				
wateroppervlak	2,6	0,3	2,5	–
boven sloot	5,0	1,8	6,0	–
1994 met teeltvrije zone van 2,25 m				
wateroppervlak	1,1	0,2	1,3	–
boven sloot	1,6	0,5	1,4	–

Boven de sloot, op 2-3 m vanaf de laatste dop werden op maaiveldniveau veelal hogere emissiewaarden gemeten dan op het wateroppervlak in de sloot. Tussen de verschillende herhalingen werden grote verschillen waargenomen. Gemiddeld over alle metingen lag het niveau van de emissie op het wateroppervlak ca. 30% lager dan midden boven de sloot op maaiveldniveau. Bij de metingen in 1994 waren de verschillen wel significant en in 1993 niet.

Uit de afmetingen van de bespoten sloten (bijlage B) blijkt dat de som van de lengtes van

de beide taluds en het wateroppervlak ook ca. 25% groter is dan de bovenbreedte van de sloot. In totaal werd boven de sloot op maaiveldniveau evenveel emissie gemeten als in de sloot op de beide taluds en op het waterniveau tezamen. Druppels vallen in de sloot kennelijk niet recht naar beneden want dan zou net boven het wateroppervlak dezelfde waarden moeten worden gemeten als er recht boven op maaiveldniveau. Er vindt waarschijnlijk een herverdeling plaats.

Vergelijking met emissie-onderzoek uit de literatuur

In de literatuur zijn onderzoeken beschreven die gedeeltelijk vergelijkbaar zijn met de bespuitingen van 300 l/ha in 1992 en 1994. Bij de vergelijking is als referentie genomen de emissie naar de grond op een afstand vanaf 6 m van de laatste dop. In tabel 6 is een overzicht van de resultaten gegeven.

Tabel 6 Resultaten van emissie-metingen op 6 m vanaf de rand van het perceel bij gebruik van soortgelijke doppen. De emissie is uitgedrukt in procenten van de verspoten hoeveelheid vloeistof per oppervlakte-eenheid.

Table 6 Emission results at 6 m to the border of a sprayed field with comparable nozzles, as a percentage of application rate per surface area.

Jaar	Dop	Druk bar	VMD μm^{**}	L/ha	Wind m/s	Emissie %
De Heer e.a., 1985	11004	3,0	228	274	3,5 (3-4)	0,6
Ganzelmeier e.a., 1995	11004	2,5	228	300	2,0 (0,8-3,6)	0,24
	4110-20	2,4	250	300		
Michielsen e.a., 1993 (dit rapport)	4110-18	3,4	230	278	2,0	0,5
	4110-18	3,4	230	307	2,6 (1,5-5,2)	1,1
1995(dit rapport)	4110-18	3,0	230	290	2,7 (2,5-4,6)	1,6
Peppel-Groen e.a., 1995	Albuz blauw	2,4	267	400	4,0 (2-6)	0,7
Van de Zande e.a., 1995	11004	3,0	228	400	2,5	1,7

** VMD is bepaald bij 3 bar

Door De Heer e.a. zijn in 1984 emissiemetingen in aardappelen uitgevoerd met pyrethroiden en de analyses werden gemaakt via gaschromatografie. De buitenste spuitdop bevond zich vrijwel boven de één na laatste aardappelrug. Op 6 m vanaf de laatste dop werd bij een eenmalige meting 0,5% emissie gemeten. Onderin de tussenliggende sloot op 3,5 m vanaf de laatste dop bedroeg de emissie 0,4%. De sloot was vrij smal en diep (mondelijke mededeling auteur). Bij de in dit rapport beschreven metingen van 1994 (tabel 4) werd in de sloot bij een bespuiting van 300 l/ha op 2-3 m afstand vanaf de laatste dop gemiddeld 2,5% emissie gemeten; met een extra teeltvrije zone van 2,25 m was de emissie nog 1,3%.

In Duitsland werd door Ganzelmeier e.a. (1995) gemiddeld over een 16-tal metingen 0,24% emissie op de grond gemeten op 6 m afstand van rand van het perceel. De bespuitingen vonden plaats in een graangewas op kale grond en in een laat groeistadium. De spuitboomhoogte was steeds 50 cm boven het gewas. Het druppelgroottespectrum was iets grover dan bij de metingen van 1992 en 1994 vermeld in dit rapport; de windsnelheid was veelal wat lager.

Peppel-Groen e.a. (1995) voerden emissiemetingen uit in tulpen met een braakliggende rand van 1,7 m die ook bespoten werd. Bij een boomhoogte van 65 cm boven de grond

(45 cm boven het gewas) werd in een brede waterloop op 5,5 m vanaf de laatste dop (2,5 m van de slootkant) een emissie gemeten van 0,7%.

Michielsen e.a.(1993) vonden bij een eendaagse meting in 1991 op 6 m afstand vanaf de laatste dop gemiddeld een emissie van 0,5%. Bij de metingen in dit rapport was in 1992 de gemiddelde emissie van de 4 meetdagen op 6 m afstand vanaf de laatste spuitdop 1,1% en in 1994 1,6%. Bij berekeningen door het IMAG-model IDEFICS bij een soortge-lijk spectrum als gebruikt bij de bespuitingen van 300 l/ha en een windsnelheid van 2,5 m/s bedroeg de emissie op 6 m vanaf de laatste dop 1,7%.

Alhoewel al deze resultaten niet exact vergelijkbaar zijn, omdat zowel het druppelgroot-tespectrum als de spuitomstandigheden (gewas, spuitboomhoogte en windsnelheid) verschilden, kan geconcludeerd worden dat de emissie op 6 m vanaf de laatste dop bij de verschillende onderzoeken alle in dezelfde orde van grootte lagen. De met het model IDEFICS berekende waarden stemden goed overeen met de resultaten van de veldme-tingen uit dit rapport.

Emissiereductie ten opzichte van een standaardbespuiting

In Nederland zijn bespuitingen van 300 l/ha met spleetdoppen zeer gangbaar, zodat deze als standaard goed bruikbaar zijn. Ook in de buitenlandse literatuur wordt een bespui-ting van 300 l/ha vaak als methode genoemd. In tabel 7 zijn emissiereducties voor de verschillende technieken berekend met als standaard de bespuitingen van 300 l/ha met spleetdoppen zonder luchtondersteuning. De standaardbespuitingen zijn uitgevoerd in 1992 en 1994. De resultaten in tabel 7 zijn de gemiddelden van deze twee jaren.

Tabel 7 Emissiereductie van de verschillende technieken met als standaard 300 l/ha met spleet-doppen.

Table 7 *Reduction of emission when using different techniques compared to 300 l/ha (flat fan nozzle)*

Meetplaats Op grond	Afstand tot laatste dop [m]	Spleetdop 150 l/ha	Spleetdop met lucht 150 l/ha	Spleetdop 300 l/ha	Spleetdop met lucht 300 l/ha
Op grond	2-3	-11	47*	-	43*
In sloot	2-3	-7	87*	-	-
In lucht	5,5	-100*	31*	-	72*
Met teeltvrije zone van 2,25 m					
Op grond	4,25-5,25	73*	92*	76*	-

* Reducties die in de analyses significant waren

De standaardbespuiting (300 l/ha) gaf op 2-3 m afstand vanaf de laatste dop een emissie naar de grond van 6-7% van de dosering per oppervlakte-eenheid. Luchtondersteuning gaf bij bespuitingen van 150 en 300 l/ha emissiereducties van 45(43-47)% ten opzichte van de standaard. Het gebruik van een fijnere druppel (150 l/ha) gaf niet duidelijk meer emissie.

Op het water in de sloot gaf de standaardbespuiting een emissie van 1,3-2,5% van de dosering per oppervlakte-eenheid. Een fijnere druppel (150 l/ha) gaf geen duidelijk verschil met de standaardbespuiting.

Door luchtondersteuning was de emissiereductie 87%.

Op de driftcollectoren voor de emissiemeting naar de lucht werden grote verschillen tussen de technieken gemeten. Bij 150 l/ha zonder luchtondersteuning was er een toename van de emissie van 100% ten opzichte van de standaardbespuiting. De technieken met luchtondersteuning gaven ook hier emissiereducties. Bij 150 l/ha was de reductie 31% en bij 300 l/ha 72%.

De emissiemetingen van 1992-1994 lieten bij een theoretische teeltvrije zone van 2 m (afstand 2-3 m vanaf de laatste dop ten opzichte van 4-5 m) en met de 300 l/ha zonder zone als standaard, reducties zien van 63% bij 150 l/ha; van 68% bij 300 l/ha en van 72% bij 150 l/ha met luchtondersteuning.

Deze waarden stemmen gemiddeld overeen met de gemeten emissiereducties uit de experimenten in 1994 met een teeltvrije zone van 2,25 m.

5 Conclusies en aanbevelingen

Emissie naar de grond naast perceel

Bij de bespuiting van een gewas aardappelen neemt door het toepassen van luchtondersteuning zowel bij een fijn (150 l/ha) als bij een middelgroot druppelgroottespectrum (300l/ha) de emissie naar de grond aan de benedenwindse zijde buiten het perceel met gemiddeld 50% af. Dit geldt zowel voor het gemiddelde van een strook van 1,5-6 m vanaf de laatste dop als voor de strook 2-3 m, waar zich veelal het wateroppervlak van de sloot bevindt .

Het toepassen van een iets grover of iets fijner spectrum (300 l/ha of 150 l/ha met driftarme doppen of 150 l/ha met gewone spleetdoppen) heeft geen duidelijk effect op de emissie naast het perceel.

Door het toepassen van een teeltvrije zone van 2,25 m neemt de emissie met 70% af zowel over de strook 1,5-6 als 2-3 m vanaf de laatste dop.

De gemeten emissie reducties bij een teeltvrije zone komen gemiddeld overeen met de berekeningen uit de gemeten emissies zonder zone, waarbij de emissiewaarden over eenzelfde afstand worden opgeschoven.

Emissie naar de sloot

Op het wateroppervlak in de sloot neemt door het toepassen van luchtondersteuning de emissie met 20-90% af. Een bespuiting van 300 l/ha geeft een emissie van 1,3-2,5% van de dosering per oppervlakte-eenheid. Tussen de bespuitingen van 150 l/ha, 300 l/ha en 150 l/ha met driftarme doppen is geen duidelijk verschil gemeten in emissie naar het wateroppervlak. De driftarme dop heeft wel 25% minder emissie naar de gehele sloot (wateroppervlak plus taluds) dan de gewone spleetdop bij een zelfde spuitvolume.

Door een teeltvrije zone van 2,25 m neemt de emissie naar het wateroppervlak af met 50% bij een bespuiting zonder luchtondersteuning en met 30% met luchtondersteuning. De gemeten emissie op het wateroppervlak ligt gemiddeld 30% lager dan de emissie boven het wateroppervlak op maaiveldhoogte.

Emissie naar de lucht naast het perceel (druppeldrift)

De bespuitingen met luchtondersteuning geven een vermindering van de emissie naar de lucht naast het perceel van 75(55-83)%. Door het gebruik van een fijner druppelgroottespectrum (150 l/ha met gewone spleetdoppen t.o.v. 300 l/ha en 150 l/ha met driftarme doppen) wordt de emissie naar de lucht gemiddeld verdubbeld. Een teeltvrije zone van 2,25 geeft zonder luchtondersteuning een vermindering van de emissie van 27% en met luchtondersteuning is dit 15%.

Door het toepassen van luchtondersteuning of door het instellen van een teeltvrije zone kan een grote bijdrage worden geleverd aan de MJP-G doelstelling van 90% emissiereductie naar het oppervlaktewater. Het effect van een grover druppelgroottespectrum op de emissie naar de grond naast het perceel is in het onderzochte traject gering.

Aanbevelingen

- Het effect van de druppelgrootte op de emissie naar de grond buiten het perceel was gering in het onderzochte traject van druppelgroottespectra in de BCPC-klassen fijn en midden. Grotere effecten op de emissie zijn te verwachten in de klassen grof en zeer grof, waarbij het effect van de veelal geringere bladbedekking zeker ook onderzocht moet worden.
- De spuitboomhoogte heeft een groot effect op de emissie buiten het perceel. In dit onderzoek was deze niet als variabele opgenomen. Interessant voor de emissiebeperking zijn spuitboomhoogtes van 30-50 cm boven het gewas. Onderzoek naar de constructieve mogelijkheden van een verlaagde spuitboomhoogte en het hieruit volgende effect op de verdeling in het gewas is daarom gewenst.
- Bij de emissiemetingen naar de sloot is steeds uitgegaan van een laag begroeide akker-rand. Onderzoek is gewenst naar hogere, niet schadelijke begroeiingen die een sterke beperking van de emissie naar de sloot kunnen geven.

Summary

Emission of chemicals is a major problem in chemical crop protection. A general reduction in the use of pesticides and a reduction in spray drift to surface water next to a sprayed field can be achieved by improvements in spray application techniques. The deposition of the drift on the soil next to the field sprayed is mostly decreasing at larger distances from the border of the field sprayed. This is the reason that a spray-free zone at the border of the field effects the drift deposition outside the field border.

Arable crops are usually sprayed with field boom sprayers. Droplets leaving the nozzle, when spraying, are susceptible to drift. Forced air flow (air assistance) to convey the droplets to the crop can help to reduce the drift. Furthermore, the nozzle type (droplet size spectrum) will affect the drift.

In a series of experiments (1992, 1993 and 1994) the drift deposition onto soil at different distances from the border of the field sprayed and drift into the air were measured when spraying a potato crop at three stages in the growing season. Over these experimental years the effects of air assistance, nozzle type and a non-cropped spray-free zone on the emission were evaluated. In 1993 and 1994 also the drift deposition at the bottom (surface water) of a ditch at the border of the field and at field level was compared.

Air assistance resulted in a 50% reduction in drift deposition, averaged for the strip of 1.5 to 6 m from the border of the field. This reduction was reached with nozzles applying both 150 and 300 l/ha (BCPC spray classification fine and medium respectively). Within this volume range the coarser or finer droplet size spectrum and the use of drift-reducing nozzles not significantly affected the drift deposition in the experiments. A non-cropped spray-free zone of 2.25 m reduced the deposition by 70% on the strip of 1.5-6 m from the border.

Air assistance resulted in a reduction of 20-90% into the ditch, on the surface water. A non-cropped spray-free zone of 2.25 m reduced the deposition on the surface water by 50% and 30% when air assistance was also used. Nozzle size in the volume range of 150 and 300 l/ha little affected the deposition into the ditch. In general, the drift deposition at the bottom of the ditch was 30% lower than at field level.

The emission into the air outside the field sprayed was reduced by on average 75% when using air assistance. Nozzles with a finer droplet size spectrum (150 l/ha compared to 300 l/ha or 150 l/ha sprayed by a drift reducing nozzle) on average doubled the emission into the air.

Literatuur

- Doble, S.J., G.A. Matthews, I. Rutherford, E.S.E. Southcombe, 1985. A system for classifying nozzles into categories of spray quality. Proc. British Crop Protection Conference-Weeds, p. 1125-1133
- Ganzelmeier, H., D. Rautmann, R. Spangenberg, M. Strelake, M. Herrmann, H.J. Wenzelburger en H.F. Walter, 1995. Studies on the drift of plant protection products. Results of a test program carried out throughout the Federal Republic of Germany. Mitteilungen aus der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft Berlin-Dahlem, Heft 305, Blackwell Wissenschafts-Verlag GmbH Berlin-Wien, 111 pp.
- Heer, H. de, C.J. Schut, H.A.J. Porskamp, L.M. Lumkes en G. van Zadelhoff, 1985. Depositie- en driftmetingen bij conventionele en nieuwe typen spuitmachines in een aardappelgewas in 1984. IOB-nota ,december 1985, Wageningen, 55 pp.
- Michielsen, J.M.G.P. en H.A.J. Porskamp, 1993. Meetmethodiek voor depositie en emissie bij de toediening van gewasbeschermingsmiddelen. IMAG-DLO nota 93-75, IMAG-DLO, Wageningen, 21 pp.
- Michielsen, J.M.G.P. en H.A.J. Porskamp, 1993. Luchtondersteund spuiten in aardappelen. Depositie en emissieonderzoek van 1991. IMAG-DLO nota 93-76, IMAG-DLO, Wageningen, 23 pp.
- MJP-G, 1991. Meerjarenplan Gewasbescherming, Tweede Kamer, vergaderjaar 1990-1991, 21677, nrs 3-4, Sdu Uitgeverij, 's Gravenhage, 298 pp.
- Payne, R.W., 1993. Genstat 5 Release 3 Reference Manual. Oxford University Press Harpenden, UK. 796 pp.
- Peppel-Groen, A. E. van de, R.A. Smidt en M. Leista, 1995. Overwaaien van bestrijdingsmiddelen naar waterlopen bij bespuiting in de bloementeel. SC-DLO rapport 367, SC-DLO, Wageningen, 37 pp.
- Ripke, F.O., 1990. Abtrift beim Einsatz von Feldspritzgeräten. Landtechnik 45(4), p. 144-148
- Zande, J. C. van de, H.J. Holterman en J.F.M. Huijsmans, 1995. Driftbeperking bij de toediening van gewasbeschermingsmiddelen. Evaluatie van de technische mogelijkheden met een driftmodel. IMAG-DLO rapport 95-15, IMAG-DLO, Wageningen, 42 pp.

Bijlage A: Parameters emissiemetingen 1992.

Meetnr.	Datum	Dop	Druk bar	Rijsnelheid km/h	Afgifte l/ha	Lucht-ondersteuning	Hoogte gewas cm	Windsnelheid m/s	Windrichting °	RLV %	Temp. °C
01	15-7	4110-12	3,1	6	156	zonder	70	1,0	30	50	21
02								2,8	30	53	21
03	15-7	4110-12	3,1	6	156	met	70	1,0	30	50	21
04								2,8	30	53	21
05	15-7	4110-18	3,4	5,6	307	zonder	70	1,2	30	52	21
06								2,8	30	50	22
07								1,5	30	47	23
08	15-7	4110-18	3,4	5,6	307	met	70	1,2	30	52	21
09								2,8	30	50	22
10								1,5	30	47	23
11	16-7	4110-12	3,1	6	156	zonder	80	1,3	30	73	22
12								2,2	30	75	22
13	16-7	4110-12	3,1	6	156	met	80	1,3	30	73	22
14								2,2	30	75	22
15	16-7	4110-18	3,4	5,6	307	zonder	80	1,5	30	75	22
16								2,0	30	77	21
17	16-7	4110-18	3,4	5,6	307	met	80	1,5	30	75	22
18								2,0	30	77	21
19	22-7	4110-12	3,1	6	156	zonder	-	2,8	30	53	22
20								4,4	15	50	23
21								4,3	30	48	24
22								3,3	45	46	24
23	22-7	4110-12	3,1	6	156	met	-	2,8	30	53	22
24								4,4	15	50	23
25								4,3	30	48	24
26								3,3	45	46	24
27	22-7	4110-18	3,4	5,6	307	zonder	-	2,6	30	56	22
28								2,7	45	50	23
29								2,7	5	48	23
30								2,9	30	47	24
31	22-7	4110-18	3,4	5,6	307	met	-	2,6	30	56	22
32								2,7	45	50	23
33								2,7	5	48	23
34	1-9	4110-12	3,1	6	156	zonder	-	3,0	-	49	20
35								3,5	-	55	18
36	1-9	4110-12	3,1	6	156	met	-	3,0	-	49	20
37								3,5	-	55	18
38	1-9	4110-18	3,4	5,6	307	zonder	-	5,2	-	49	20
39								4,0	-	59	16
40	1-9	4110-18	3,4	5,6	307	met	-	5,2	-	49	20
41								4,0	-	59	16

Bijlage A: Parameters emissiemetingen 1993.

Meetnr.	Datum	Dop	Druk bar	Rijsnelheid km/h	Afgifte t/ha	Lucht-ondersteuning	Hoogte gewas cm	Windsnelheid m/s	Windrichting °	RLV %	Temp. °C
42	8-6	4110-12	3	5,5	156	zonder	30	3,3	40	52	27
43								3,4	5	57	24
44								3,3	25	62	22
45	8-6	4110-12	3	5,5	156	met	30	3,3	45	54	28
46								3,6	30	54	25
47								3,3	20	59	23
48	8-6	DG 11002	3	6,7	141	zonder	30	2,5	20	50	27
49								3,1	15	56	24
50								2,9	10	66	22
51	30-6	4110-12	3	5,5	156	zonder	60	3,5	0	62	22
52								2,6	30	64	22
53								1,8	40	65	21
54	30-6	4110-12	3	5,5	156	met	60	4,9	10	63	22
55								4,4	30	59	23
56								3,1	35	64	22
57	30-6	DG 11002	3	6,7	141	zonder	60	4,3	20	65	23
58								3,5	30	56	23
59								4,0	40	74	20
60	19-8	4110-12	3	5,3	163	zonder	40	1,1	20	57	22
61								3,1	40	51	21
62								1,6	0	55	21
63	19-8	4110-12	3	5,3	163	met	40	0,8	45	52	22
64								3,0	35	55	21
65								2,8	5	59	21
66	19-8	DG 11002	3	6,5	146	zonder	40	2,8	0	56	22
67								3,0	40	50	22
68								2,5	0	58	21

Bijlage A: Parameters emissiemetingen 1994.

Meetnr.	Datum	Dop	Druk bar	Rijsnelheid km/h	Afgifte l/ha	Lucht-ondersteuning	Hoogte gewas cm	Windsnelheid m/s	Windrichting °	RLV %	Temp. °C
zonder zone											
69	23-6	4110-12	3,5	6,5	147	zonder		3,7	45	52	19
70								4,0	30	55	18
71	23-6	4110-12	3,5	6,5	147	met		3,5	45	51	18
72								3,4	35	53	17
73	23-6	4110-18	3,2	5,4	289	zonder		4,2	40	65	18
74								3,0	35	52	17
75	27-6	4110-12	3,5	6,5	147	zonder		3,4	0	71	21
76								3,1	35	73	22
77	27-6	4110-12	3,5	6,5	147	met		2,9	20	70	21
78								3,1	20	70	22
79	27-6	4110-18	3,2	5,3	291	zonder		3,1	10	80	20
80								2,7	15	72	22
81	10-10	4110-12	3,5	4,9	183	zonder		2,5	20	74	16
82								1,3	45	91	12
83	10-10	4110-12	3,5	4,9	183	met		1,8	30	69	17
84								1,8	35	78	15
85	10-10	4110-18	3,2	6,3	247	zonder		1,4	20	62	18
86								1,8	30	68	17
met zone											
87	23-6	4110-12	3,5	6,5	147	zonder		3,7	45	52	19
88								4,0	30	55	18
89	23-6	4110-12	3,5	6,5	147	met		3,5	45	51	18
90								3,4	35	53	17
91	23-6	4110-18	3,2	5,4	289	zonder		4,2	40	65	18
92								3,0	35	52	17
93	27-6	4110-12	3,5	6,5	147	zonder		3,4	0	71	21
94								3,1	35	73	22
95	27-6	4110-12	3,5	6,5	147	met		2,9	20	70	21
96								3,1	20	70	22
97	27-6	4110-18	3,2	5,3	291	zonder		3,1	10	80	20
98								2,7	15	72	22
99	10-10	4110-12	3,5	4,9	183	zonder		2,5	20	74	16
100								1,3	45	91	12
101	10-10	4110-12	3,5	4,9	183	met		1,8	30	69	17
102								1,8	35	78	15
103	10-10	4110-18	3,2	6,3	247	zonder		1,4	20	62	18
104								1,8	30	68	17

Bijlage B: Positie laatste dop en afmetingen van de sloten.

Jaar	Dag	Afstand laatste dop tot slootrand	Afmetingen van de sloot [cm]				
			A1-A4	O1-O2	W	D	B
1993	8-6	70	150	180	100	100	350
	30-6	70	150	180	100	120	350
	19-8	90	210	160	100	150	375
1994	23-6	70	220	180	100	125	440
	27-6	90	200	140	100	125	340
	10-10	100	140	150	190	110	370

A1-A4 = aanliggend talud

O1-O2 = overstaand talud

W = breedte wateroppervlak

D = diepte van de sloot

B = bovenbreedte van de sloot

Bijlage C: Emissie naar de grond naast het perceel, uitgedrukt in procenten van de hoeveelheid vloeistof per oppervlakte-eenheid, gemiddeld over de herhalingen per dag in 1992. De toegepaste technieken zijn: spleetdop 150 l/ha (150), spleetdop 300 l/ha (300), beide zonder en met (+) luchtondersteuning.

Meetnr.	Techniek	Afstand tot laatste dop [m]			
		1,5-2,5	2,5-3,5	3,5-4,5	5,5-6,5
01-02	150	3,3	2,3	1,6	0,4
03-04	150+	1,0	0,2	0,1	0,1
05-07	300	1,4	0,6	0,3	0,1
08-10	300+	0,7	0,4	0,2	0,1
11-12	150	2,9	1,7	1,4	1,0
13-14	150+	1,4	0,4	0,4	0,3
15-16	300	1,3	0,4	0,3	0,1
17-18	300+	0,7	0,1	<0,1	<0,1
19-22	150	22,7	7,9	3,7	2,3
23-26	150+	12,3	2,6	0,6	0,3
27-30	300	14,5	2,2	1,3	0,7
31-33	300+	10,3	1,3	0,2	0,1
34-35	150	22,3	10,9	7,0	5,9
36-37	150+	14,6	8,4	4,2	3,4
38-39	300	33,7	10,9	5,6	3,2
40-41	300+	19,0	4,3	1,2	0,6

Bijlage C: Emissie naar de grond naast het perceel, uitgedrukt in procenten van de hoeveelheid vloeistof per oppervlakte-eenheid, gemiddeld over de herhalingen per dag in 1993. De toegepaste technieken zijn: spleetdop 150 l/ha (150), spleetdop 150 l/ha met luchtondersteuning (150+) en 150 l/ha met drif-tarme doppen (150AD).

Meetnr.	Techniek	Afstand tot laatste dop [m]								
		0,5-1	1-1,5	1,5-2	2-3	3-4	5-6	8-9	10,5-11,5	15,5-16,5
42-44	150	22,2	16,3	7,2	4,2	2,3	1,0	-	-	-
45-47	150+	30,0	12,8	4,4	1,1	0,4	0,2	-	-	-
48-50	150AD	37,5	20,8	8,6	3,1	1,2	0,6	-	-	-
51-53	150	36,9	19,9	12,2	6,5	4,9	2,9	1,7	1,4	0,7
54-56	150+	26,5	14,7	11,2	3,9	2,8	1,2	0,6	0,4	0,2
57-59	150AD	23,8	20,6	13,9	6,9	3,5	1,5	1,2	0,7	0,4
60-62	150	29,4	12,9	9,0	4,3	2,6	1,4	0,8	-	-
63-65	150+	19,5	8,3	5,2	2,4	1,0	0,7	0,6	-	-
66-68	150AD	36,9	17,2	8,5	4,3	2,5	0,8	0,2	-	-

Bijlage C: Emissie naar de grond naast het perceel, uitgedrukt in procenten van de hoeveelheid vloeistof per oppervlakte-eenheid, gemiddeld over de herhalingen per dag in 1994. De coderingen van de toegepaste technieken zijn: spleetdop 150 l/ha (150), spleetdop 150 l/ha met luchtondersteuning (150+) en 300 l/ha (300).

De metingen zijn uitgevoerd met en zonder een teeltvrije zone van 2,25 m.

Meetnr.	Techniek	Afstand tot laatste dop [m]										
		0,5-1	1-1,5	1,5-2	2-3	3-4	4-5	5-6	8-9	10,5-11,5	15,5-16,5	
zonder zone												
69-70	150	99,4	43,0	26,6	9,8	5,6	2,6	2,2	1,3	1,0	0,6	
71-72	150+	104	43,7	27,6	3,5	1,1	0,6	0,4	<0,1	<0,1	<0,1	
73-74	300	82,8	44,4	27,2	6,3	3,0	3,2	2,0	0,9	0,3	0,2	
75-76	150	115	52,2	26,7	4,5	1,8	1,0	0,9	0,9	0,8	0,4	
77-78	150+	26,3	6,3	3,0	0,6	0,3	0,3	0,2	0,1	0,1	0,1	
79-80	300	95,3	34,0	22,4	7,6	4,7	3,0	2,0	1,2	0,9	0,4	
81-82	150	63,2	10,3	6,6	0,9	0,5	0,6	0,4	0,2	0,2	0,3	
83-84	150+	50,7	9,4	4,3	1,5	0,5	0,3	0,3	0,1	0,1	0,1	
85-86	300	130	31,0	15,2	4,0	2,3	1,8	1,4	1,0	0,6	0,4	
met zone 2,25 m												
87-88	150	8,1	5,4	4,8	1,1	1,0	0,7	0,6	0,4	0,4	0,2	
89-90	150+	2,4	2,4	1,6	0,4	0,2	0,2	0,1	0,1	<0,1	<0,1	
91-92	300	5,5	4,7	3,4	1,1	0,9	0,8	0,7	0,6	0,4	0,2	
93-94	150	9,9	8,4	8,4	2,7	1,9	1,7	1,4	1,6	0,7	0,3	
95-96	150+	1,8	1,6	1,5	0,4	0,3	0,2	-,2	0,1	0,1	0,1	
97-98	300	4,9	4,1	3,9	1,3	0,9	0,7	0,6	0,5	0,3	0,2	
99-100	150	4,2	5,6	2,9	1,0	0,7	0,6	0,5	1,2	0,3	0,2	
101-102	150+	4,2	3,3	2,3	0,6	0,4	0,3	0,3	0,2	0,2	0,2	
103-104	300	13,4	8,9	6,4	1,9	1,5	1,2	1,1	0,7	0,4	0,2	

Bijlage D: Emissie naar de sloot naast het perceel, uitgedrukt in procenten van de hoeveelheid vloeistof per oppervlakte-eenheid, gemiddeld over de herhalingen per dag in 1993. De toegepaste technieken zijn: spleetdop 150 l/ha (150), spleetdop 150 l/ha met luchtondersteuning (150+) en 150 l/ha met driftarme doppen (150AD).

Meetnr.	Techniek	Plaats in de sloot						
		A1	A2	A3	A4	W	O2	O1
42-44	150	-	13,5	9,7	4,0	1,9	0,9	0,8
45-47	150+	-	5,9	4,5	2,5	2,6	0,4	0,7
48-50	150AD	-	9,2	5,8	2,7	3,2	0,9	0,8
51-53	150	-	42,8	22,1	11,7	6,1	5,2	3,2
54-56	150+	-	17,9	11,9	7,8	5,7	1,4	0,7
57-59	150AD	-	25,2	15,4	9,9	7,1	2,8	2,2
60-62	150	25,1	10,9	5,5	3,8	2,9	1,7	1,9
63-65	150+	8,9	2,6	1,8	1,5	0,6	0,3	0,3
66-68	150AD	22,0	7,9	3,0	1,5	1,3	0,5	0,4

A1-A4 = aanliggend talud

O1-O2 = overstaand talud

W = breedte wateroppervlak

D = diepte van de sloot

B = bovenbreedte van de sloot

Bijlage D: Emissie naar de sloot naast het perceel, uitgedrukt in procenten van de hoeveelheid vloeistof per oppervlakte-eenheid, gemiddeld over de herhalingen per dag in 1994. De toegepaste technieken zijn: spleetdop 150 l/ha (150), spleetdop 150 l/ha met luchtondersteuning(150+) en spleetdop 300 l/ha (300).

De metingen zijn uitgevoerd met en zonder een teeltvrije zone van 2,25 m.

Meetnr.	Techniek	Plaats in de sloot						
		A1	A2	A3	A4	W	O2	O1
zonder zone								
69-70	150	15,9	12,8	9,7	7,2	3,2	2,7	3,4
71-72	150+	12,0	11,5	6,0	1,7	0,3	0,3	0,3
73-74	300	23,4	14,4	8,1	4,2	2,0	1,4	1,5
75-76	150	31,2	17,0	11,8	9,2	4,4	3,9	4,1
77-78	150+	8,0	6,1	6,4	1,6	0,5	0,3	0,2
79-80	300	39,1	15,3	12,3	7,2	3,5	2,3	2,8
81-82	150	-	42,3	11,4	3,5	0,4	0,2	0,2
83-84	150+	-	17,3	1,7	0,8	0,2	0,1	0,1
85-86	300		136,7	16,2	8,1	1,9	0,8	1,1
met zone 2,25 m								
87-88	150	3,4	3,2	2,5	2,6	1,0	0,7	1,2
89-90	150+	8,4	2,6	0,8	0,5	0,1	0,1	0,1
91-92	300	4,2	3,6	2,9	1,8	0,7	0,6	1,0
93-94	150	18,0	6,2	3,7	3,2	1,6	2,0	1,9
95-96	150+	1,3	1,5	1,9	0,8	0,3	0,1	0,2
97-98	300	4,0	2,6	1,4	1,2	0,8	0,8	1,0
99-100	150	-	7,6	4,7	2,3	0,7	0,2	0,3
101-102	150+	-	3,4	2,6	2,0	0,3	0,2	0,1
103-104	300	-	13,3	7,2	4,4	2,3	1,2	1,1

Bijlage E: Emissie naar de lucht naast het perceel op verschillende hoogtes, uitgedrukt in procenten van de hoeveelheid vloeistof per oppervlakte-eenheid, gemiddeld over de herhalingen per dag in 1992. De toegepaste technieken zijn: spleetdop 150 l/ha (150), spleetdop 300 l/ha(300) beide zonder en met (+) luchtondersteuning.

Meetnr.	Techniek	Hoogte [m]				
		0	1	2	3	4
01-02	150	0,6	1,4	0,8	0,7	0,6
03-04	150+	0,2	0,7	0,8	0,4	0,2
05-07	300	0,2	0,4	0,3	0,3	0,3
08-10	300+	0,3	0,4	0,4	0,4	0,3
11-12	150	1,6	3,1	3,0	2,2	1,8
13-14	150+	0,6	1,3	0,4	0,6	0,5
15-16	300	0,4	0,7	0,7	0,6	0,8
17-18	300+	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2
19-22	150	3,8	5,2	3,9	1,8	0,9
23-26	150+	0,5	0,9	0,5	0,3	0,1
27-30	300	2,0	2,3	1,9	1,1	0,5
31-33	300+	0,3	0,2	0,1	<0,1	<0,1
34-35	150	15,0	22,3	16,7	11,3	4,3
36-37	150+	11,4	15,1	8,4	5,2	1,8
38-39	300	11,5	9,5	5,2	2,8	2,9
40-41	300+	2,4	2,6	1,6	1,0	0,9

Bijlage E: Emissie naar de lucht naast het perceel op verschillende hoogtes, uitgedrukt in procenten van de hoeveelheid vloeistof per oppervlakte-eenheid, gemiddeld over de herhalingen per dag in 1993. De toegepaste technieken zijn: spleetdop 150 l/ha (150), spleetdop 150 l/ha met luchtondersteuning (150+) en 150 l/ha met driftarme doppen (150AD).

Meetnr.	Techniek	Hoogte [m]				
		0	1	2	3	4
42-44	150	4,9	6,2	5,4	3,4	2,2
45-47	150+	0,8	2,2	0,8	1,6	0,5
48-50	150AD	1,4	1,8	0,9	1,0	0,6
51-53	150	4,1	12,7	10,7	7,5	4,1
54-56	150+	0,6	1,2	0,8	0,4	0,6
57-59	150AD	3,2	4,8	4,2	2,7	1,1
60-62	150	5,1	5,2	3,3	1,6	0,8
63-65	150+	0,7	0,9	0,9	0,5	0,3
66-68	150AD	1,2	1,7	1,6	1,3	0,6

Bijlage E: Emissie naar de lucht naast het perceel op verschillende hoogtes, uitgedrukt in procenten van de hoeveelheid vloeistof per oppervlakte-eenheid, gemiddeld over de herhalingen per dag in 1994. De toegepaste technieken zijn: spleetdop 150 l/ha (150), spleetdop 150 l/ha met luchtondersteuning (150+) en spleetdop met 300 l/ha (300).

Meetnr.	Techniek	Hoogte[m]				
		0	1	2	3	4
67-90	150	3,9	6,1	4,3	2,2	1,0
71-72	150+	0,7	0,7	0,5	0,3	0,1
73-74	300	1,2	2,0	1,3	0,7	0,3
75-76	150	1,3	2,9	3,3	2,2	1,4
77-78	150+	0,5	0,5	0,5	0,2	0,3
79-80	300	1,7	3,1	2,9	1,9	1,1
81-82	150	0,5	0,8	0,6	0,4	0,4
83-84	150+	0,1	0,8	0,3	0,2	0,2
85-86	300	0,8	1,0	0,9	0,8	0,4
met zone 2,25 m						
87-88	150	2,4	2,9	2,5	1,9	1,0
89-90	150+	0,4	0,6	0,4	0,3	0,2
91-92	300	1,8	1,8	1,2	0,9	0,6
93-94	150	2,1	2,7	2,6	1,1	0,3
95-96	150+	0,3	0,6	0,5	0,4	0,3
97-98	300	0,6	1,6	1,4	0,8	0,3
99-100	150	0,5	1,4	0,7	0,3	0,3
101-102	150+	0,2	0,3	0,3	0,3	0,1
103-104	300	0,6	0,9	0,9	0,7	0,5

