

---

# Druppelgrootte en drift bij het Pulstec spuitsysteem

*Laboratorium- en modelonderzoek*

H.J. Holterman  
H.A.J. Porskamp  
J.C. van de Zande

Nota V 2002-07

Januari 2002





---

# Druppelgrootte en drift bij het Pulstec spuitsysteem

*Laboratorium- en modelonderzoek*

H.J. Holterman  
H.A.J. Porskamp  
J.C. van de Zande

Januari 2002

Nota V 2002-07

©2002

Instituut voor Milieu- en Agritechniek (IMAG)  
Mansholtlaan 10-12, PO box 43, 6700 AA Wageningen  
Telephone 0317 – 476300  
Telefax 0317 – 425670

[www.imag.wageningen-ur.nl](http://www.imag.wageningen-ur.nl)

Interne mededeling IMAG. Niets uit deze nota mag elders worden vermeld, of vermenigvuldigd op welke wijze dan ook, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van IMAG of opdrachtgever. Bronvermelding zonder de feitelijke inhoud is evenwel toegestaan, op voorwaarde van de volledige vermelding van: auteursnaam, instituut en notanummer en de toevoeging: 'niet gepubliceerd'.

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



# Voorwoord

Deze rapportage is een verslag van een laboratorium- en modelonderzoek naar het driftreducerend vermogen van een Pulstec spuitsysteem, toegepast op een veldspuit.

Het onderzoek is uitgevoerd in opdracht van de Vakgroep LTO Akkerbouw en begeleid door de heer H. Hoeben. De spuitapparatuur is beschikbaar gesteld door dhr. Smits van Agritechnics.

# Inhoudsopgave

1	Inleiding.....	3
2	Druppelgroottemetingen.....	4
3	Modelberekeningen.....	5
4	Resultaten.....	6
4.1	Druppelgroottemetingen.....	6
4.2	Driftberekeningen.....	7
5	Discussie.....	8
	Referenties.....	10

# 1 Inleiding

Het ligt in de bedoeling om in 2003 de maatregelen voor driftreductie verder aan te scherpen. Volgens het Lozingenbesluit Open Teelt en Veehouderij (Lozingenbesluit, 2000) is voor de intensief bespoten gewassen een combinatie van verbeterde spuittechnieken en een teeltvrije zone van minimaal 1,5 m nodig om 90% driftreductie te bereiken. Wanneer met nieuwe spuittechnieken en verbeterde bedrijfsvoering een vergelijkbare afname wordt bereikt kan dit als alternatief voor een bredere teeltvrije zone worden opgenomen.

Om alternatieven te ontwikkelen heeft de werkgroep driftreductie van de Commissie Vaktechniek Akkerbouw (CVA) een inventarisatie van spuittechnieken gemaakt. Doel daarbij was om praktisch hanteerbare pakketten van technieken te ontwikkelen, die controleerbaar en certificeerbaar zijn. Op basis van deze inventarisatie is een selectie gemaakt van een combinatie van technieken met goede perspectieven voor substantiële driftreductie, die dan vervolgens op wetenschappelijk geaccepteerde wijze vastgesteld moet worden. Als vooronderzoek naar nieuwe perspectiefvolle technieken heeft de genoemde werkgroep besloten het Pulstec spuitsysteem, zoals dat reeds in kassen gebruikt wordt, nader te onderzoeken. Met dit systeem wordt onder hoge druk (tot 200 bar) de spuitvloeistof gepulseerd toegediend; afgifte en druppelgroottespectrum worden geregeld door instelling van spuitdruk en puls frequentie. Door middel van laboratoriumonderzoek kan een indicatie van de driftgevoeligheid van de huidige versie van het Pulstec-systeem ingeschat worden. Dit opent de mogelijkheden voor verdere ontwikkeling van dit systeem naar een nieuwe spuittechniek voor de open teelten, waarbij met maximale biologische effectiviteit een minimale milieubelasting nagestreefd wordt.

Het doel van het onderzoek is om via druppelgroottemetingen en aanvullende modelberekeningen de driftgevoeligheid van het Pulstec spuitsysteem te evalueren onder gesimuleerde veldomstandigheden en het te vergelijken met een standaard spuittechniek.

## 2 Druppelgroottemetingen

Het onderzoek werd uitgevoerd aan het Pulstec spuitsysteem PJ/20. Van het spuitsysteem werd met een Phase-Doppler Particle Analyzer (PDPA; Aerometrics) het druppelgroottespectrum bepaald in een geconditioneerde ruimte. De ingestelde temperatuur in de meetruimte was 20°C en de relatieve luchtvochtigheid 70%. De temperatuur van de spuitvloeistof in de voorraadtank werd op 20°C ingesteld. De vloeistofafgifte van de doppen werd gemeten met een doorstroommeter in de spuitleiding.

Bij de druppelgroottemetingen bedroeg de afstand van de spuitdop tot het meetpunt van de PDPA 15 en 30 cm. Tijdens de metingen beschreef de spuitdop 11 horizontale banen waardoor de gehele spuitkegel bemonsterd kon worden. De banen hadden een lengte van 50 cm, en een onderlinge afstand van 4 cm. De middelste baan liep precies midden onder de spuitdop. De metingen werden uitgevoerd bij een spuitdruk van 75 en 150 bar, zowel zonder pulsatie als met een pulsatie van 1,6 en 4 pulsen per seconde.

Ter vergelijking werd een standaard spuitdop gemeten (Lurmark 31-03-F110, 3 bar), de grensdop tussen de BCPC-druppelgrootteklassen 'fijn' en 'midden' (deze zal verder aangeduid worden als BCPC-03). Het spectrum van deze dop werd gemeten in een horizontaal vlak 50 cm onder de dop.

De resultaten van de druppelgroottemetingen worden gepresenteerd als de  $D_{V10}$ ,  $D_{V50}$ ,  $D_{V90}$  en  $V_{100}$ . Hieronder volgt een korte toelichting op deze begrippen.

- $D_{V10}$  [ $\mu\text{m}$ ]: dit is de druppeldiameter waarvoor 10% van het totaal verspoten volume bestaat uit druppels met een diameter kleiner dan deze;
- $D_{V50}$  [ $\mu\text{m}$ ] (ook wel aangeduid als Volume Median Diameter, VMD): 50% van het verspoten volume bestaat uit druppels met een diameter kleiner dan deze waarde;
- $D_{V90}$  [ $\mu\text{m}$ ]: 90% van het verspoten volume bestaat uit druppels met een diameter kleiner is dan deze waarde;
- $V_{100}$  [%]: het volumepercentage aan druppels met een diameter kleiner dan 100  $\mu\text{m}$ .



### 3 Modelberekeningen

Het driftmodel IDEFICS (Holterman et al., 1997) was in eerste instantie bedoeld voor simulaties bij gebruik van spleetdoppen. Voor simulaties van een Pulstec-spuitdop kon het model niet in de huidige vorm gebruikt worden. Met name ten aanzien van de mogelijke richtingen waaronder een druppel de spuitdop kan verlaten, en ook ten aanzien van 'entrainment' (dit is de van buiten aangezogen lucht in de spuitkegel, ten gevolge van de snelle druppels nabij de spuitdop) was een aangepaste versie van IDEFICS noodzakelijk. Er is daartoe een speciale versie (met aanduiding v3.101) voor axiaalsymmetrische doppen ontwikkeld (dat wil zeggen voor 'werveldop-achtige' spuitdoppen, waartoe ook de Pulstec-doppen gerekend kunnen worden).

Met deze IDEFICS-versie werd een schatting gemaakt van de te verwachten drift als een veldspuit met Pulstec-doppen zou worden uitgerust. Als uitgangssituatie is gekozen voor een bespuiting van een veld met een volgroeid aardappelgewas, met daarnaast een standaardsloot; de teeltvrije zone is 1,5 m (zie Porskamp et al., 1999). Het gewas komt tot 62,5 cm voorbij het midden van de laatste rug. De positie van de buitenste dop hangt samen met de veldsituatie en de afstand tussen de doppen. Bij een dopafstand van 50 cm bevindt de buitenste dop zich 12,5 cm buiten het midden van de laatste rug, ofwel 50 cm vanaf de gewasrand. Bij een dopafstand van 25 cm zijn de doppen anders gepositioneerd langs de spuitboom, zodat de buitenste dop zich 25 cm buiten het midden van de laatste rug bevindt, ofwel 37,5 cm vanaf de gewasrand. Het wateroppervlak van de standaardsloot bevindt zich op 3,000-4,000 m vanaf de laatste rug, ofwel 2,375-3,375 m vanaf de gewasrand. Drift wordt uitgedrukt als percentage van de uitgebrachte dosering.

De variabele instellingen (druk, puls frequentie, boomhoogte) voor de simulaties met Pulstec-doppen staan vermeld in Tabel 1. De vaste instellingen waren:

- gewashoogte: 50 cm
- dopafstand langs de spuitboom: 25 cm
- positie van buitenste spuitdop t.o.v. gewasrand: 37,5 cm binnen het gewas
- rijsnelheid spuitmachine: 1,5 m/s
- windsnelheid: 3,0 m/s (op 2 m hoogte), haaks op gewasrand
- luchttemperatuur: 15°C
- relatieve luchtvochtigheid: 60%

Ter vergelijking werden ook simulaties uitgevoerd bij toepassing van BCPC-03-doppen en XR11004-doppen (de huidige standaarddoppen op een veldspuit). In deze gevallen was de dopafstand 50 cm, met de buitenste dop 50 cm binnen de gewasrand; de boomhoogte bedroeg 50 cm, de spuitdruk 3,0 bar. De overige instellingen waren identiek aan die bij de Pulstec-doppen.

**Tabel 1.** Instellingen voor de Pulstec-simulaties met IDEFICS.

Scenario-code	spectrumcode <sup>1)</sup>	spuitdruk [bar]	pulsatie [puls/s]	boomhoogte <sup>2)</sup> [m]
pt001	pt75_0	75	0	0.3
pt002				0.5
pt003	pt75_16		1.6	0.3
pt004				0.5
pt005	pt75_4		4	0.3
pt006				0.5
pt007	pt15_0	150	0	0.3
pt008				0.5
pt009	pt15_16		1.6	0.3
pt010				0.5
pt011	pt15_4		4	0.3
pt012				0.5

<sup>1)</sup> interne aanduiding van druppelgroottespectrum;

<sup>2)</sup> hoogte ten opzichte van bovenkant van het gewas.

## 4 Resultaten

### 4.1 Druppelgroottemetingen

De druppelgroottemetingen zijn in drievoud uitgevoerd. De gemiddelde waarden zijn in Tabel 2 weergegeven.

**Tabel 2.** Druppelgroottespectrum en afgifte van BCPC-F/M referentiedop en het Pulstec spuitsysteem bij verschillende instellingen.

Dophoogte [cm]	Dop	Spuitdruk [bar]	Pulsatie [pulsen/s]	Afgifte [l/min]	D <sub>v10</sub> [μm]	D <sub>v50</sub> [μm]	D <sub>v90</sub> [μm]	V <sub>100</sub> [%]
50	BCPC-03	3	-	1,28	92	223	370	12
15	Pulstec	75	0	1,35	51	92	162	58
15	Pulstec	75	1,6	0,09	37	66	119	83
15	Pulstec	75	4	0,24	37	66	118	83
15	Pulstec	150	0	1,79	44	78	145	72
15	Pulstec	150	1,6	0,11	36	63	116	83
15	Pulstec	150	4	0,30	35	64	122	83
30	Pulstec	75	0	1,35	48	93	172	56
30	Pulstec	75	1,6	0,09	37	65	115	84
30	Pulstec	75	4	0,24	36	65	117	83
30	Pulstec	150	0	1,79	45	79	136	72
30	Pulstec	150	1,6	0,11	36	64	112	85
30	Pulstec	150	4	0,30	35	63	114	85

Uit Tabel 2 blijkt dat door het inschakelen van de pulsatie de vloeistofafgifte sterk afnam. Bij continue flow (pulsfrequentie 0) was bij een spuitdruk van 75 bar de vloeistofafgifte 1,35 l/min. Bij 1,6 pulsen/s was dit nog 0,09 l/min en bij 4 pulsen/s 0,24 l/min. Bij 150 bar is een soortgelijk gedrag zichtbaar.

Het spectrum van het Pulstec-systeem was in alle gevallen veel fijner dan dat van de referentiedop ('BCPC-03'). Spectra gemeten op 15 en 30 cm onder de dop verschilden niet significant van elkaar. Wel had de pulsatie een duidelijk effect op het spectrum: met pulsatie was het spectrum duidelijk fijner dan zonder pulsatie. Een verhoging van de pulsafrequentie van 1,6 naar 4 pulsen/s had overigens nauwelijks effect op het spectrum. Spuitdruk bleek alleen een effect te hebben in geval er geen pulsatie was: een hogere spuitdruk gaf een fijner spectrum (VMD daalt van 92 μm bij 75 bar naar 78 μm bij 150 bar). Bij pulsatie was er geen verschil in de spectra van 75 bar en 150 bar.

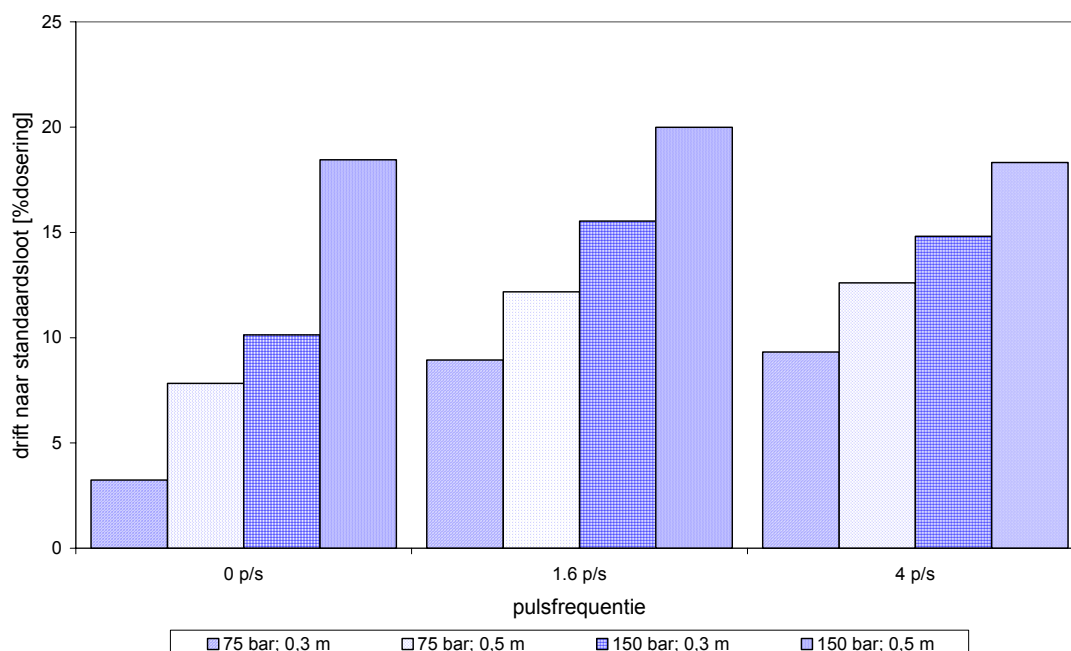
Het volumepercentage druppels kleiner dan 100 μm bedroeg voor de referentiedop ca. 12%. Voor de Pulstec-dop werden veel hogere waarden van V<sub>100</sub> gemeten. Bij 75 bar zonder pulsatie was de V<sub>100</sub> ca. 58% (dophoogte 15 cm); met pulsatie liep dit op naar ca. 83%. Bij 150 bar bedroegen deze waarden respectievelijk 72% en 83%.

## 4.2 Driftberekeningen

In Tabel 3 is de drift naar het wateroppervlak van een standaardsloot gegeven, als percentage van de uitgebrachte dosering. Drift naar een standaardsloot is in alle gevallen met Pulstec-doppen veel hoger dan voor BCPC-03 doppen of standaarddoppen (XR11004). Bij boomhoogte 0,5 m is de drift steeds hoger dan bij 0,3 m (en andere parameters ongewijzigd). Zonder pulsatie is drift lager dan met pulsatie, behalve bij 150 bar en 0,5 m boomhoogte. Verhogen van de pulsafrequentie van 1,6 naar 4 pulsen/s (en andere parameters ongewijzigd laten) heeft geen significant effect op de drift. Bij een bepaalde boomhoogte en pulsafrequentie is de drift bij 75 bar steeds lager dan bij 150 bar. Zie ook Figuur 1.

**Tabel 3.** Drift [%dosering] naar het wateroppervlak van een sloot naast een bespoten veld, voor spuitbomen voorzien van Pulstec-doppen, afhankelijk van spuitdruk, pulsatie en boomhoogte boven het gewas, in vergelijking tot twee referentiesituaties.

doptype	spuitdruk [bar]	pulsatie [pulsen/s]	dosering [l/ha]	boomhoogte	
				0,3 m	0,5 m
pulstec	75	0	600	3	8
		1,6	40	9	12
		4	110	9	13
Pulstec	150	0	800	10	18
		1,6	50	16	20
		4	130	15	18
BCPC-03	3	-	260	-	0.8
XR11004	3	-	350	-	0.9



**Figuur 1.** Drift naar het wateroppervlak van een standaardsloot, voor een spuitboom uitgerust met Pulstec-doppen, als functie van spuitdruk en boomhoogte.

## 5 Discussie

### *Spectrum en drift*

Uit de resultaten blijkt dat de spectra voor Pulstec-doppen in alle gevallen veel fijner zijn dan voor de BCPC-03 dop. Hoge waarden van  $V_{100}$  worden bereikt (56-85%). Daarbij beginnen de druppels hun weg vanaf de dop in een richting die duidelijk meer horizontaal dan verticaal gericht is, wat de drift zal bevorderen. Het is dan ook niet verwonderlijk dat de modelberekeningen hoge driftpercentages laten zien naar een standaardsloot (3-20%).

De verwachting dat pulsatie een gunstig effect kan hebben op drift is niet uitgekomen. Integendeel, met pulsatie wordt het druppelspectrum fijner wat leidt tot meer drift. Door pulsatie neemt bovendien de vloeistofafgifte flink af, en daarmee ook 'entrainment'. Het positieve effect van deze neerwaartse luchtstroom neemt daarom af.

Hoewel bij pulserend spuiten de spectra bij 75 bar en 150 bar niet verschillen, treden er wel verschillen in berekende drift op. Dit is vooral een gevolg van de grotere beginsnelheid van druppels en de sterkere wervelingen bij 150 bar, waardoor enerzijds druppels sneller ver van de dop geraken, anderzijds meer 'last' zullen hebben van de wervelingen en minder geneigd zijn naar beneden te vallen.

In de situaties met Pulstec-doppen is de dopafstand langs de spuitboom 25 cm. Voor een goede aansluiting van verschillende spuitgangen op het veld betekent dit dat de dopposities aan de spuitboom aangepast moeten worden. Hierdoor komt de buitenste dop dicht bij de rand van het gewas (0,375 cm vanaf de gewasrand bij aardappelen, tegenover 0,50 cm voor een conventionele spuitboom), wat ongunstiger is ten aanzien van drift.

De gebruikte versie van IDEFICS werd speciaal ontwikkeld voor de Pulstec-spuitedoppen. Aangezien tegenover de driftberekeningen geen veldmetingen staan ter ondersteuning, is deze versie van IDEFICS niet gevalideerd. De gepresenteerde driftwaarden gelden daarom onder voorbehoud. Naar verwachting zal een eventuele validatie van het model de driftwaarden iets kunnen doen wijzigen. Echter gezien de hoge driftgevoeligheid (bijvoorbeeld te zien aan de hoge  $V_{100}$ ) zal een validatie niet leiden tot andere conclusies voor de spuitdop en instellingen in deze studie.

### *Pulsfrequentie en regelmaat in de bedekking*

Bij 75 bar en 4 pulsen/s is de vloeistofafgifte 0,24 l/min (Tabel 2). Indien aangenomen wordt dat gedurende de intervallen dat de dop 'open' staat, de afgifte gelijk is aan die zonder pulsatie (1,35 l/min), dan staat de dop slechts  $0,24/1,35 \times 100\% = 17,7\%$  van de tijd open, ofwel per puls (van 250 ms) dus 44 ms open en 206 ms dicht. Bij een rijsnelheid van 2 m/s staat de dop dan dicht over een lengte  $200 \times 0,206 = 41$  cm en open over een lengte  $200 \times 0,044 = 9$  cm.

Om een regelmatige verdeling van de spuitvloeistof in de voortbewegingsrichting te krijgen moet het spuitpatroon van twee opeenvolgende pulsen tenminste elkaar raken. Bij 4 pulsen/s moet het patroon dus een diameter hebben van tenminste 50 cm.

### *Tenslotte*

Ondanks het feit dat de dopafstand bij gebruik van Pulstec-doppen slechts 0,25 m bedroeg, is de uitgebrachte dosering bij pulsatie toch veel lager dan bij een bespuiting met BCPC-03- of XR11004-doppen (zie Tabel 3). Een overeenkomstige dosering met Pulstec-doppen kan bereikt worden met doppen van een grover type en verhoging van de pulsafrequentie. Dit laatste is een duidelijk pluspunt van het Pulstec-systeem: de afgifte kan gestuurd worden met de pulsafrequentie, terwijl het druppelgroottespectrum niet of nauwelijks verandert. Overigens zijn maatregelen als

verlaging van de rijsnelheid of vermindering van de dopafstand gewoonlijk ongewenst (i.v.m. langere werktijden, hogere doseringen).

De in deze studie gekozen Pulstec-dop en instellingen leiden tot beduidend meer drift dan bij een standaardbespuiting. Een grovere Pulstec-dop zal naar verwachting minder drift geven dan de hier gepresenteerde waarden. Qua drift scoren de situaties bij 75 bar beter dan bij 150 bar, ondanks het feit dat de spectra niet veel verschillen. Het is dan ook de vraag of dergelijke relatief hoge drukken nodig zijn bij toepassing in de open teelten, en tot welke druk verlaagd kan worden waarbij het Pulstec-systeem nog zijn werking kan blijven doen.

De hoogste pulsfrequentie in deze studie was 4 pulsen/s. Dit is eigenlijk te laag om een regelmatige bedekking te verkrijgen in rijrichting. Bij een hogere pulsfrequentie zullen de individuele patronen elkaar beter raken of zelfs kunnen overlappen, wat een egale verdeling ten goede komt.

## Referenties

Holterman, H.J., van de Zande, J.C., Porskamp, H.A.J., Huijsmans, J.F.M. (1997)  
Modelling spray drift from boom sprayers.  
Computers and Electronics in Agriculture, 19: 1-22.

Lozingenbesluit Open Teelt en Veehouderij (2000)  
V&W/VRM/LNV, VWS & SZW  
Staatsblad 2000 43; 114 pp.

Porskamp, H.A.J., van de Zande, J.C., Holterman, H.J., Huijsmans, J.F.M. (1999)  
Opzet van een classificatiesysteem voor spuitdoppen op basis van driftgevoeligheid.  
IMAG Rapport 99-02, 22 pp.