

# Strooiregelmaat van kunstmeststrooiers en de betekenis daarvan voor de opbrengst

Ir. J. PRUMMEL en P. DATEMA  
Instituut voor Bodemvruchtbaarheid, Groningen

## Inleiding

Een ongelijkmatige verdeling van meststoffen, speciaal van stikstofmeststoffen, geeft aanleiding tot banen en plekken in het gewas. Zij zijn niet alleen zichtbaar bij slordig strooien met de hand, maar doen zich ook voor bij kunstmeststrooiers, die niet nauwkeurig zijn afgesteld of onoordeelkundig worden gebruikt.

Reeds eerder is vastgesteld, dat dit voor de opbrengst nadelig kan zijn (3 en 5). De schade is het grootst, als de bemesting in de buurt van de optimale gift ligt, vooral als bovendien een overmaat meststof een opbrengstdaling teweegbrengt. Om dit te voorkomen worden granen, in verband met de hogere oogstkosten bij legering, soms krapper bemest dan voor het bereiken van de hoogste opbrengst noodzakelijk is.

Het is daarom van belang te weten, welke regelmaat met de machines bereikt wordt en welke eisen in dit opzicht gesteld moeten worden. Tot dusver zijn hierover nog onvoldoende gegevens. Door Hoogland (2) zijn strooibeelden verzameld, o.a. van schotelstrooiers, meest bij proeven waarbij de machines stationair zijn afgedraaid. Om ook over gegevens onder praktijkomstandigheden te beschikken zijn door ons verschillende typen kunstmeststrooiers (schotel-, centrifugaal- en pendelstrooiers) tijdens het werk op het land op hun gelijkmatigheid beoordeeld. De machines waren op willekeurige bedrijven in het noorden van ons land in gebruik. Enkele gegevens zijn afkomstig van proeven met nieuwe machines. Deze opnamen zijn verkregen in samenwerking met het Instituut voor Landbouwtechniek en Rationalisatie te Wageningen en het Provinciaal Onderzoek-

*Van ruim 50 kunstmeststrooiers (schotel-, centrifugaal- en pendelstrooiers) is de strooiregelmaat onder praktijkomstandigheden bepaald. Uit dit onderzoek is gebleken dat bij machinaal strooien van stikstof ongeveer 2 % opbrengstverlies bij granen wordt geleden door onoordeelkundig gebruik van de machines. De beste resultaten werden over het algemeen met de schotelstrooiers verkregen.*

centrum voor de Landbouw in Drente. Enkele waarnemingen hebben betrekking op strooien met de hand en van de kar of wagen af. Ter vergelijking is ook de verdeling nagegaan bij nauwkeurig strooien met de hand op kleine veldjes (ca. 50 m<sup>2</sup>). Meestal zijn gekorrelde meststoffen (kalkammonsalpeter, kalksalpeter en superfosfaat) gebruikt, in een enkel geval thomasmeel, kalizout en een kalkmeststof.

Bij beoordeling van de machines op het veld is de verdeling van de meststoffen in tegenstelling tot die bij stationaire proeven, behalve van eventuele onvolkomenheden van de machines zelf, ook afhankelijk van de omstandigheden waaronder wordt gewerkt, zoals wind, oneffen land, slingeren van de machine, werkbreedte en rijsnelheid. Met behulp van de strooibeelden zijn de fouten bij de afstelling en die bij het gebruik op het land zoveel mogelijk onderscheiden, waarbij tevens is aangegeven, hoe deze zo goed mogelijk kunnen worden voorkomen. De eisen, die aan de nauwkeurigheid van strooien gesteld moeten worden, zijn afgeleid uit de resultaten van bestaande meststofhoeveelhedenproeven. Een ongelijkmatige verdeling is te

vergelijken met dergelijke proeven, omdat in beide gevallen delen van een perceel met verschillende hoeveelheden worden bemest. De schade van een ongelijkmatige verdeling voor de opbrengst is bovendien experimenteel vastgesteld in speciaal voor dit doel aangelegde proeven.

#### Wijze van onderzoek en bewerking van de gegevens

De verdeling van de meststof is aanvankelijk bepaald door de meststofkorrels tijdens het strooien op te vangen op smalle stroken pakpapier, waarop een kleefstof (blanke lak) is aangebracht (5). De korrels zijn daarna geteld. Deze methode is bewerkelijk, zodat voor het opvangen spoedig is overgegaan tot het gebruik van bakken van dun blik met afmetingen van 20 bij 25 cm. Door een opstaande rand van ongeveer 5 cm wordt het wegspringen van de korrels zoveel mogelijk voorkomen. Voor elke opname zijn 80 tot 200 bakken aansluitend of met tussenruimten in drie of meer rijen geplaatst op stroken, die door de machines moesten worden bestrooid. De hoeveelheden meststof zijn volumetrisch bepaald met behulp van maatbuisjes.

De meststofverdeling is in de breedterichting of in de lengterichting van de machines nagegaan. Bij de schotelstrooiers is het strooibeeld in de breedte vaak moeilijk vast te stellen, omdat een belangrijk deel van de werkbreedte wordt ingenomen door de paarden- of trektractie. Bij de centrifugaal- en de pendelstrooiers is de verdeling in de breedte bepaald door de bakken over de gehele strooibreedte van de machines te plaatsen of tussen twee aansluitende werkgangen.

Voor de bewerking van de gegevens is als eenheid van oppervlakte ongeveer 0,5 m<sup>2</sup> genomen, door van een aantal aangrenzende bakken de hoeveelheden meststof te sommeren (tussenruimten tussen de bakken zijn zo nodig geïnterpoleerd). Bij de groepering tot grotere eenheden is ervoor gezorgd, dat het beeld van de verdeling van de meststof (toppen en dalen in het strooibeeld) behouden is gebleven. Door deze sommatie zijn per opname 20 tot 25 waarnemingen verkregen. Uit ervaring

is gebleken, dat een ongelijke verdeling tussen oppervlakten van 0,5 m<sup>2</sup> bij granen duidelijk zichtbaar is en merkbare gevolgen heeft voor de opbrengst. Bij kleinere oppervlakten treedt een nivellering op, omdat minder goed bemeste planten kunnen profiteren van iets verder gelegen, goed bemeste plekken door de horizontale uitbreiding van het wortelstelsel. Onregelmatigheden bij de verdeling hebben in dat geval weinig of geen invloed op de opbrengst, zodat deze buiten beschouwing kunnen blijven. Voor een vlak wortelend gewas als aardappelen zal de oppervlakte, waar schade gaat optreden, wat groter zijn (3).

De op bovengenoemde wijze bepaalde meststofhoeveelheden zijn voor een onderlinge vergelijking der machines omgerekend in procenten van de gemiddelde hoeveelheid. Als maat voor de spreiding is de standaard-

afwijking berekend 
$$s = \sqrt{\frac{\varepsilon (x - \bar{x})^2}{n - 1}}$$
,

waarin  $\varepsilon (x - \bar{x})^2$  de som van de kwadratische afwijkingen van het gemiddelde voorstelt en  $n$  het aantal waarnemingen. De waarnemingen zijn in verband met later benodigde berekeningen ingedeeld in klassen (klassebreedte 20%), waarvan de frequenties zijn bepaald.

Om vast te stellen welke afwijkingen nog toelaatbaar zijn, moet de opbrengst van verschillend bemeste gedeelten van een perceel bij ongelijkmatig strooien worden vergeleken met de opbrengst bij de meststofgift, die bij een gelijkmatige verdeling gestrooid had moeten worden. Dit is mogelijk met behulp van opbrengstkrommen van meststofhoeveelhedenproeven, waar de meststoffen zo nauwkeurig mogelijk met de hand zijn uitgestrooid. De schade door een ongelijkmatige verdeling is berekend voor stikstof bij de korrelopbrengst van granen. Voor dit doel zijn 126 oogstjaren samenvattend bewerkt.

Deze gegevens zijn afkomstig van proeven, die meest na de oorlog tot 1961 hebben gelegen op klei-, zand- en veenkoloniale gronden. Het materiaal omvatte zowel rechte of slechts zwak gekromde opbrengstlijnen als curven met naar beide zijden van het optimum een sterke daling van de opbrengst. Het betreft

Tabel 1. Frequentie van de meststofverdeling op het veld bij strooien met de hand en met kunstmeststrooiers.

	Klassiemiddelen in procenten van de gemiddelde gift												Standaard-afwijking in %	Opbrengst-verlies in %				
	5	20	40	60	80	100	120	140	160	180	200	220			240	260	280	300
<b>A. Nauwkeurig handstrooien op veldjes van 50 m<sup>2</sup> Accurate application by hand to plots of 50 sq.m.</b>																		
1.				1	6	12	5									16	— 0,6	
<b>B. Handstrooien Distribution by hand</b>																		
2.					9	9	5	1									17	— 0,5
3.			4	6	3	4	2	1									28	— 1,6
4.			4	6	9	4	1	1	0	0	1						34	— 1,4
<b>C. Strooien vanaf kar of wagen Distribution from a cart or waggon</b>																		
5.			3	8	6	4	4										24	— 1,0
6.			1	4	4	10	3	2	2								31	— 1,5
7.			1	1	3	6	6	4	1	1	2						38	— 2,4
8.	1	2	0	1	6	3	2	0	1	1	0	1	1				61	— 5,3
<b>D. Schotelstrooiers<sup>1)</sup> Disc fertilizer distributors</b>																		
9.					4	7	4										12	— 0,2
10.					6	15	4										13	— 0,4
11.				1	5	8	4	1									16	— 0,2
12.				1	5	12	6										16	— 0,4
13.		1	0	2	3	7	11	1									25	— 0,7
14.				4	6	10	5	1	0	1							25	— 1,2
15.				6	6	6	1	3	1								25	— 2,2
16.				2	4	7	2	0	2								26	— 1,0
17.			1	2	5	6	6	2	2								26	— 1,2
18.				1	10	5	4	1	2								28	— 0,9
19.			2	1	4	9	5	2	1								28	— 1,2
20.			1	1	7	9	1	2	2								30	— 1,3
21.				4	7	5	4	1	0	1							30	— 1,8
22.		1	1	1	5	4	5	4	1	1							34	— 1,5
23.			4	2	3	3	9	2	1								36	— 2,2
24.		2	2	0	3	4	7	4	1								37	— 2,2
25.				3	6	6	4	2	1	0	0	1					38	— 1,1
26.				7	3	3	3	4	1	2	1						38	— 2,1
27.				2	1	5	4	2	1								39	— 1,9
28.			3	4	4	3	3	4	2	1							41	— 2,5
29.		3	1	2	1	3	6	5	0	0	1						45	— 3,2

E. Centrifugaalstrooiers<sup>1)</sup> Centrifugal fertilizer distributors

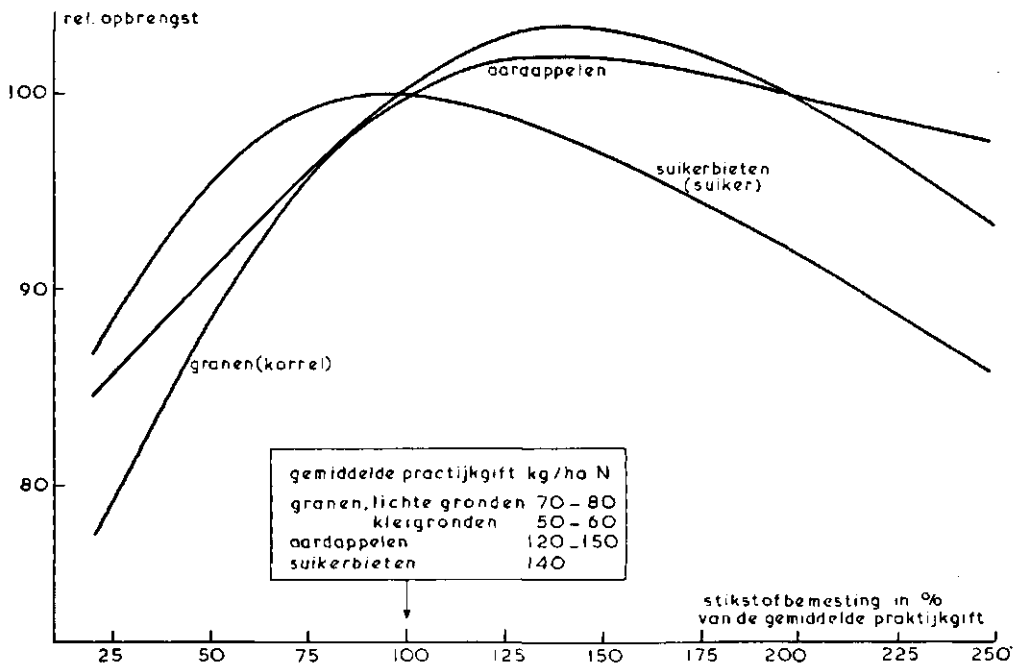
30.			8	10	7																			12
31.			8	5	7	0	1																	20
32.			2	8	5	6	2																	21
33.			3	5	3	9																		23
34.			2	9	1		0	1																24
35.			5	2	10	5	2																	24
36.			2	4	11	3	3	1																25
37.			5	6	8	4	5																	25
38.			3	4	6	3	4																	26
39.			1	5	14	1	0	2																27
40.			5	3	6	5	4																	28
41.	1	3	3	6	7	1	1																	28
42.	3	3	9	5	4	1	2	1																30
43.	3	1	2	10	3	5																		31
44.	2	2	5	7	2	2	3																	37
45.	4	2	2	2	2	8	6																	37
46.	1	7	3	4	2	4	1	2																42
47.	5	2	2	3	7	1	4																	42
48.	2	3	9	3	1	2	1	2	1				1											43
49.	1	8	6	3	0	2	1	1	1				1	1										48
50.	6	4	2	0	2	4	3	5	2	0	1													61
51.	1	6	1	3	2	1	2	2	0	0	1									0	0	1		68
52.	5	1	5	4	0	2	1	3	0	2	1									1	1			69

F. Pendelstrooiers<sup>2)</sup> Pendulum type of fertilizer distributors

	4	15	4																									
53.				4	2	6	7	1																	11			0,1
54.				4	7	1	2	5	1																25			0,9
55.				1	0	8	4	4	0	1	1													31			1,4	
56.				1	3	8	3	5	2	0	0	1												32			1,4	
57.				1	5	5	3	5	1	2	1													35			2,0	
58.				4	4	0	0	4	2															36			2,0	
59.				4	3	0	2	4	4	2	1	3	0	1										41			1,7	
60.				3	1	4	2	4	1	2	4	2												52			5,0	
61.				3	3	2	1	3	1	3	1	3	1	1										58			4,2	
62.				4	0	2	3	3	2	3	1	1	2	2	0	0	0	1						59			5,1	
63.				1	8	1	2	1	0	1	0	2	2	0	1	3	0	1						73			7,6	
64.																								97			12,9	

Class averages in percentages of the mean application rate																												
5	20	40	60	80	100	120	140	160	180	200	220	240	260	280	300	Standard deviation in %	Yield losses in %											

Table 1. Frequency of the fertilizer distribution in the field when applied by hand and with fertilizer distributors.  
<sup>1)</sup> Wilmo, St. Hubert, Co-Op, I.H.C., Ysta en Nicholson. <sup>2)</sup> Lely, Amazone, N.M., Pezet en Skjold. <sup>3)</sup> Vicon.



Afb. 1. Verband tussen relatieve opbrengst en stikstofbemesting. Gemiddelde van 126 oogstjaren bij granen, 128 bij aardappelen en 74 bij suikerbieten.

Fig. 1. Relation between relative yield and the application of nitrogen. Average of 126 harvest years of cereals, 128 of potatoes and 74 of sugarbeet.

dus een groot aantal gevallen onder verschillende omstandigheden. Een gemiddelde kromme is berekend, nadat voor elke kromme afzonderlijk de opbrengsten zijn omgerekend in procenten van de opbrengst bij een uit enquêtes afgeleide gemiddelde praktijkbemesting (op kleigrond 50 tot 60 kg, op lichte gronden 70 tot 80 kg/ha N). Een soortgelijke bewerking is uitgevoerd voor aardappelen (128 oogstjaren) en voor de suikeropbrengst voor suikerbieten (74 oogstjaren). Het resultaat is weergegeven in afb. 1. In deze afb. zijn de stikstofgiften evenals bij de strooibeelden van de machines uitgedrukt in procenten van de gemiddelde praktijkgift. De opbrengstdepressie door ongelijkmatig strooien is berekend door uit de gemiddelde kromme de opbrengst per klasse af te lezen en deze te vermenigvuldigen met de gevonden frequentie. Bij granen is de stro-opbrengst buiten beschouwing gelaten, evenals de loofopbrengst van suikerbieten, omdat deze bij toenemende bemesting meestal nog stijgen als

de korrel- en de suikeropbrengst reeds afnemen. De schade door te veel stikstof is dan van weinig of geen betekenis. Bovendien waren de resultaten over drie oogstjaren beschikbaar van vijf proeven met haver, waarop een ongelijkmatige verdeling van stikstof is nagebootst op plekken van 0,25 tot 1 m<sup>2</sup> en op banen van 1 of 2 m breedte. Aan deze gegevens zijn die van twee reeds gepubliceerde proeven met haver toegevoegd (3). Enige aandacht is geschonken aan fosfaat en kali. Voor fosfaat is de schade op dezelfde wijze als voor stikstof berekend met behulp van een gemiddelde opbrengstcurve voor bouwlandgewassen op zandgrond en een voor bouwlandgewassen op kleigrond (4). Voor kali zijn enkele gegevens verzameld bij het vrij sterk reagerende gewas aardappelen, nl. fabrieksaardappelen op veenkoloniale grond en consumptieaardappelen op zeelei.

## Invloed van de strooieregmaat op de opbrengst

In tabel 1 is voor elk geval de verdeling van de meststof vermeld met de daarbij behorende standaardafwijking en de opbrengstverliezen ten opzichte van de ideale verdeling. De gegevens zijn per groep gerangschikt naar opklimmende standaardafwijking. Zoals gezegd, zijn de verliezen berekend voor de korrel-opbrengst van granen. Hierbij is geen rekening gehouden met eventuele kwaliteitsverliezen. Voor aardappelen en suikerbieten zal de schade ongeveer van dezelfde orde van grootte zijn.

Het opbrengstverlies hangt nauw samen met de standaardafwijking (afb. 2). De schade neemt toe met de grootte van de standaardafwijking, aanvankelijk minder sterk dan bij grotere afwijkingen, waar het verband vrijwel rechtlijnig is. Dit hangt samen met het feit, dat de depressies bij te veel en te weinig stikstof door de vorm van de opbrengstkromme pas bij grote afwijkingen een belangrijke rol gaan spelen. De resultaten van de proeven, waarin een ongelijkmatige verdeling op veldjes is nagebootst (in de afb. aangeduid met x), sluiten hierbij goed aan.

Een verdeling met standaardafwijking kleiner dan 20% geeft een verlies van ongeveer 0,5%. Dit is verkregen bij zeer nauwkeurig strooien met de hand op kleine veldjes, maar ook bij strooien met de hand in de praktijk, bij enkele schotel- en centrifugaalstrooiers en bij een pendelstrooier. Bij een standaardafwijking van 25% bedraagt de schade volgens onze gegevens hoogstens 1%. Een dergelijke verdeling zou goed genoemd kunnen worden en is zowel bij strooien met de hand als met verschillende typen kunstmeststrooiers te bereiken. Eén keer is dit zelfs het geval geweest bij strooien van een wagen af. Bij de schotel- en de centrifugaalstrooiers voldoet de verdeling in bijna de helft van de gevallen aan deze eis, bij de pendelstrooiers slechts in twee van de twaalf gevallen.

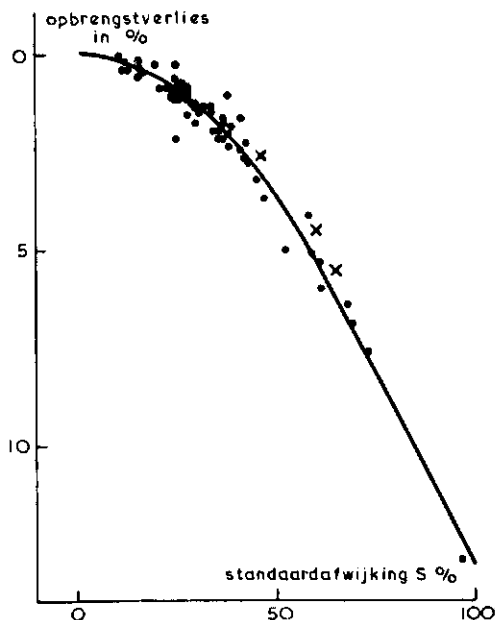
Een vrij groot aantal machines (een derde van de schotelstrooiers, twee vijfde van de centrifugaalstrooiers en twee derde van de pendelstrooiers) geeft een verdeling met standaardafwijking van 35% en meer, overeenkomende

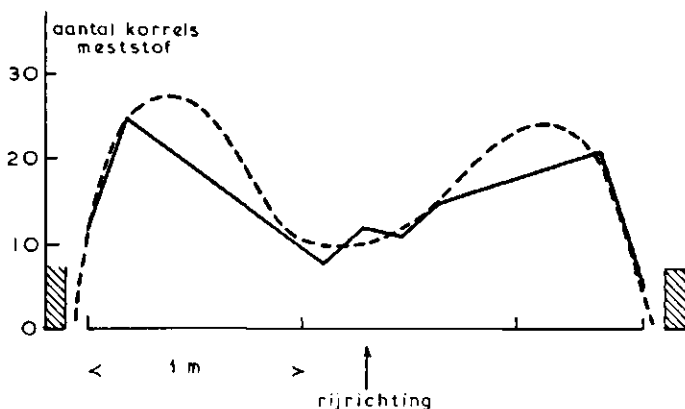
met een opbrengstverlies van 2% en meer. Bij de schotelstrooiers is als grootste afwijking 45% gevonden, bij de andere machines komen standaardafwijkingen van 70 tot ruim 90% voor. Gemiddeld bedraagt de standaardafwijking bij machinaal strooien volgens deze waarnemingen 35%. Met deze ongelijkmatigheid van strooien gaat volgens afb. 2 een opbrengstverlies van bijna 2% gepaard.

Met de schotelstrooiers zijn gemiddeld de beste resultaten verkregen, wat ook bij Engelse onderzoeken is gebleken (1). De kans op het maken van fouten is met centrifugaal- en pendelstrooiers groter dan met schotelstrooiers. De resultaten kunnen echter even goed zijn, mits de nodige voorzorgen in acht genomen worden, zoals verderop zal blijken. De goede tot vrij goede resultaten van strooien

*Afb. 2. Verband tussen standaardafwijking van de verdeling van de meststof en opbrengstdepressie. De met x gemerkte punten zijn afkomstig van proeven, waarop een ongelijkmatige verdeling op kleine veldjes is nagebootst.*

*Fig. 2. Relation between standard deviation of the application of fertilizers and yield losses. The points marked with X are from trials whereby an uneven application rate was imitated on small experimental plots.*





Afb. 3. Strooibeeld van een ongelijkmatig afgestelde schotelstrooier in de breedterichting van de machine.

Fig. 3. Distribution pattern of a disc type fertilizer distributor with an irregular adjustment in transversal direction.

met de hand moeten worden toegeschreven aan de vaardigheid van de strooiers. Vaak beschikt men echter over minder geoefend personeel, waardoor de verdeling niet zelden te wensen overlaat.

Ook bij strooien van de kar of wagen af zijn vrij redelijke resultaten verkregen, hoewel in één geval een standaardafwijking is gevonden van 61%. Wij zijn er echter van overtuigd, dat in de praktijk vaak slechter wordt gestrooid dan uit onze voorbeelden is gebleken.

De opbrengstverliezen door onregelmatig strooien zijn van betekenis als wij deze beschouwen in verhouding tot de winst. Een schade van bijv. 2% zal bij granen bij een opbrengst van 4000 kg à f 0,30 per kg 5 tot 10% van de winst uitmaken. Bij nauwkeurig strooien zal de stikstofgift bovendien in verschillende gevallen iets verhoogd kunnen worden, zonder dat het gevaar voor legeren groter wordt. Een verhoging van de praktijkgift van 60 tot 75 kg/ha N geeft volgens afb. 1 een opbrengstvermeerdering van ongeveer 3%. Na aftrek van de hogere kosten van de stikstof blijft nog een voordeel over, dat eveneens 5 tot 10% van de winst bedraagt.

De schade door een ongelijke verdeling is bij fosfaat en kali van minder betekenis, omdat de reacties over het algemeen minder groot zijn en een teveel meestal niet of weinig nadelig is voor de opbrengst. Een ongelijke verdeling van kali geeft op grond van een aantal opbrengstkrommen voor consumptieaardappelen op kleigrond een opbrengst-

verlies van gemiddeld ongeveer 0,5% bij een standaardafwijking van 40%. Voor fosfaat kan gemiddeld met ongeveer hetzelfde bedrag worden gerekend. Daarentegen geeft een te zware kalibemesting bij fabrieksaardappelen veelal meer schade door de daling van het zetmeelgehalte en dientengevolge van de zetmeelopbrengst. De verliezen komen bij dit gewas ongeveer overeen met die voor stikstof bij granen.

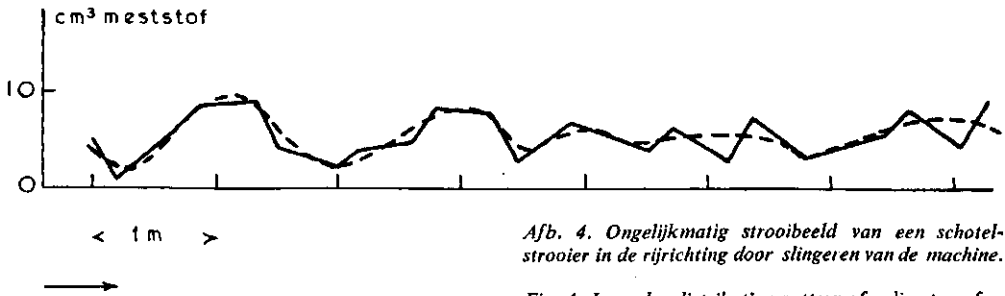
De hier berekende opbrengstverliezen zijn afgeleid uit gemiddelde opbrengstkrommen. In afzonderlijke gevallen kan de schade groter zijn. Voor stikstof bij granen is bijv. bij een standaardafwijking van 50% en een opbrengstkromme met een naar beide zijden van het optimum sterkere daling dan in afb. 1 is aangegeven, een verlies gevonden van 7% in plaats van 4%.

### Strooielbeelden bij machinaal strooien

#### Schotelstrooiers

Een ontregeling van de toevoerschuiwen, aanheven van deeltjes meststof aan het verdeelmechanisme of slijtage kunnen oorzaak zijn dat de schotels onderling ongelijke hoeveelheden geven, waardoor de verdeling in de breedterichting onregelmatig wordt (afb. 3). Dergelijke afwijkingen zijn door bijstelling van de toevoerschuiwen en door regelmatig onderhoud te voorkomen.

Een andere oorzaak van een slechte verdeling is het rijden op oneffen of kluitig land, waardoor de aandrijfwielen een ongelijke snelheid krijgen, de machine gaat slingeren



Afb. 4. Ongelijkmatig strooibeeld van een schotelstroofier in de rijrichting door slingeren van de machine.

Fig. 4. Irregular distribution pattern of a disc type fertilizer distributor in the direction of travel of the machine due to oscillation.

en het strooibeeld in de rijrichting ongelijkmatig wordt (afb. 4). Door het stoten op onffenheden op regelmatige afstanden (bijv. voortjes of zelfs sporen van een zaaimachine) kan de machine bij regelmatige tussenpozen extra meststof strooien, waardoor een ongelijkmatig strooibeeld in de rijrichting ontstaat (afb. 5).

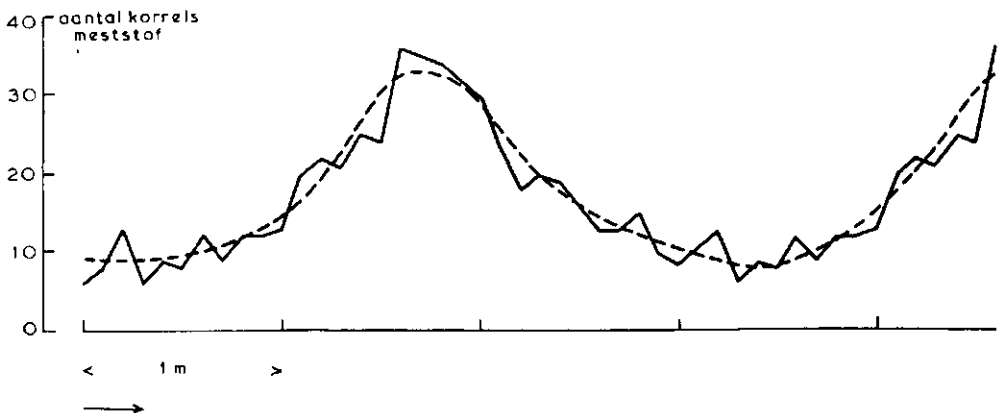
De aansluiting van de werkgangen levert bij deze machines weinig moeilijkheden, omdat de wielsporen veelal een voldoende duidelijke markering achterlaten. Toch worden ook hierbij fouten gemaakt, doordat iets te ruim of iets te nauw wordt gereden. In die gevallen, waarbij de wielen niet aan de buitenkant van de bak zitten, wordt de werkbreedte aangegeven door een markeur.

#### Centrifugaalstrooiers

Bij deze machines kunnen vooral de omstandigheden waaronder wordt gewerkt, oorzaak

zijn van een ongelijkmatige verdeling. Hierdoor ontstaan veelal afwijkingen in het gewas op vrij grote oppervlakten.

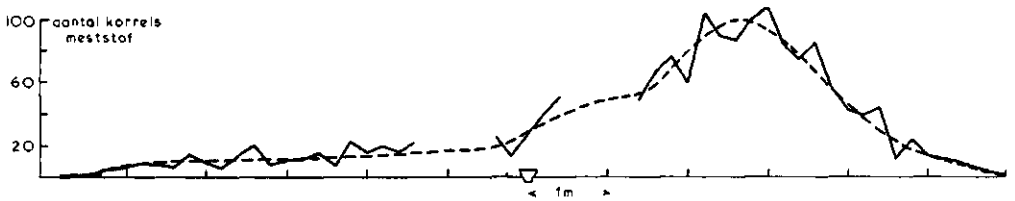
Als strooimechanisme dienen een of twee snel ronddraaiende schijven, soms voorzien van strooiarmen. Door de centrifugaalkracht worden de deeltjes meststof weggeslingerd. Bij een goede afstelling komt de grootste hoeveelheid midden achter de machine terecht, waarbij de verdeling naar beide zijden gelijkmatig en langzaam afloopt. Het strooibeeld is dus niet scherp begrensd, waardoor de werkgangen gedeeltelijk moeten worden overlapt. Hiermee worden vaak fouten gemaakt, omdat het strooibeeld en de strooibreedte veelal niet voldoende nauwkeurig worden vastgesteld. Het strooibeeld is als gevolg van een verkeerde afstelling niet



Afb. 5. Ongelijkmatig strooibeeld van een schotelstroofier in de rijrichting van de machine door stoten op de wielsporen van een zaaimachine.

Fig. 5. Irregular distribution pattern of a disc type fertilizer distributor in the direction of travel due to bumping caused by the wheeltracks of a seed drill.





Afb. 6. Strooibeeld van een scheef afgestelde centrifugaalstrooier in de breederichting van de machine.

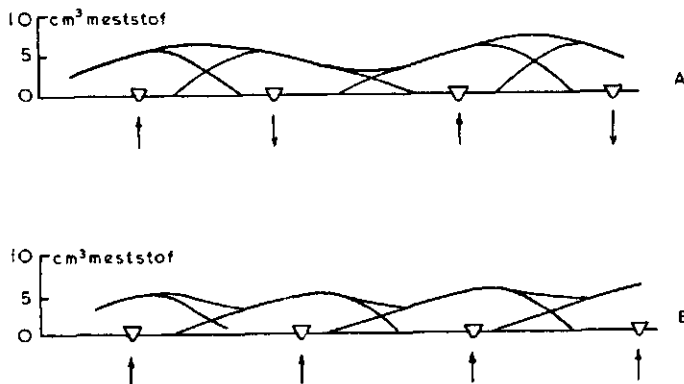
Fig. 6. Distribution pattern of a centrifugal fertilizer distributor of which the sowing width has not been set properly.

zelden asymmetrisch (afb. 6). In dit geval is het bij gedeeltelijk overlappen niet mogelijk een gelijkmatige verdeling te krijgen, vooral als bovendien nog heen en weer wordt gereden (afb. 7a). Rondrijden geeft in dit opzicht een verbetering (afb. 7b). Zijwind geeft eveneens een asymmetrisch strooibeeld. Bij sterke wind moet, indien mogelijk, voor of tegen de wind worden gereden of het werk worden uitgesteld tot betere weersomstandigheden.

Om geen risico's te lopen verdient het aanbeveling volledig te overlappen. Bij een strooi breedte van 12 m moet een werkbreedte van 6 m worden toegepast. Een tussenvorm is niet gewenst, omdat dit een ongunstige verdeling geeft. Dit wordt gedemonstreerd bij een scheef strooi beeld in afb. 8a (gedeeltelijk overlappen) en afb. 8b (volledig overlappen). Vanzelfsprekend zijn de machines met de grootste strooi breedte in dit opzicht het meest effectief.

De strooi breedte is afhankelijk van het gewicht van de meststof. Naarmate de meststofdeeltjes lichter zijn, worden ze minder ver verspreid. Poedervormige meststoffen lenen zich daarom minder goed voor het strooien met een centrifugaalstrooier. Zij zijn bovendien gevoelig voor wind. De werkbreedte moet in elk geval kleiner genomen worden dan voor gekorrelde meststoffen. Het gemengd uitstrooien van meststoffen met verschillend soortelijk gewicht moet worden ontraden. Bij het strooien treedt ontmenging op, omdat de zwaardere deeltjes verder worden verspreid dan de lichtere.

Tijdens het werk moet voor het toedienen van de juiste hoeveelheid en voor het verkrijgen van een goede verdeling gelet worden op verschillen in fijnheid en vochtigheidstoestand van de meststof. Het strooi beeld is nl. gevoelig voor veranderingen in hoedanigheid van de meststof. Uit bovenstaande beschouwingen blijkt, dat deze machines een deskundige bediening vragen en de omstandigheden tijdens de uitvoering gunstig moeten zijn.



Afb. 7. Meststofverdeling van een scheef afgestelde centrifugaalstrooier bij heen en weer rijden (A) en bij rondrijden (B).

Fig. 7. Application of fertilizer with a centrifugal fertilizer distributor sowing larger quantities at one side, when traveling up and down the field (A) and when working circularly (B).

Afb. 8. Meststofverdeling van een scheef afgestelde centrifugaalstrooier bij gedeeltelijk (A) en bij volledig overlappen (B).

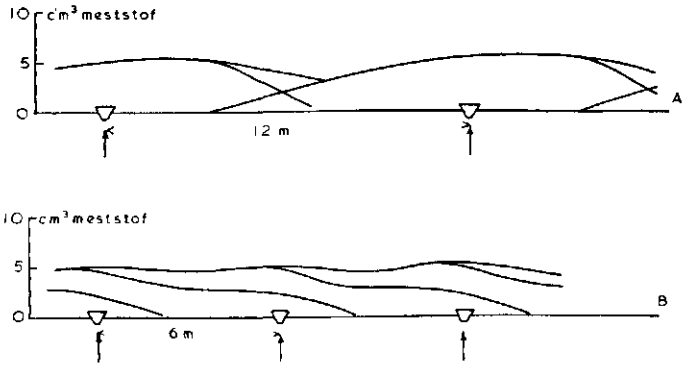
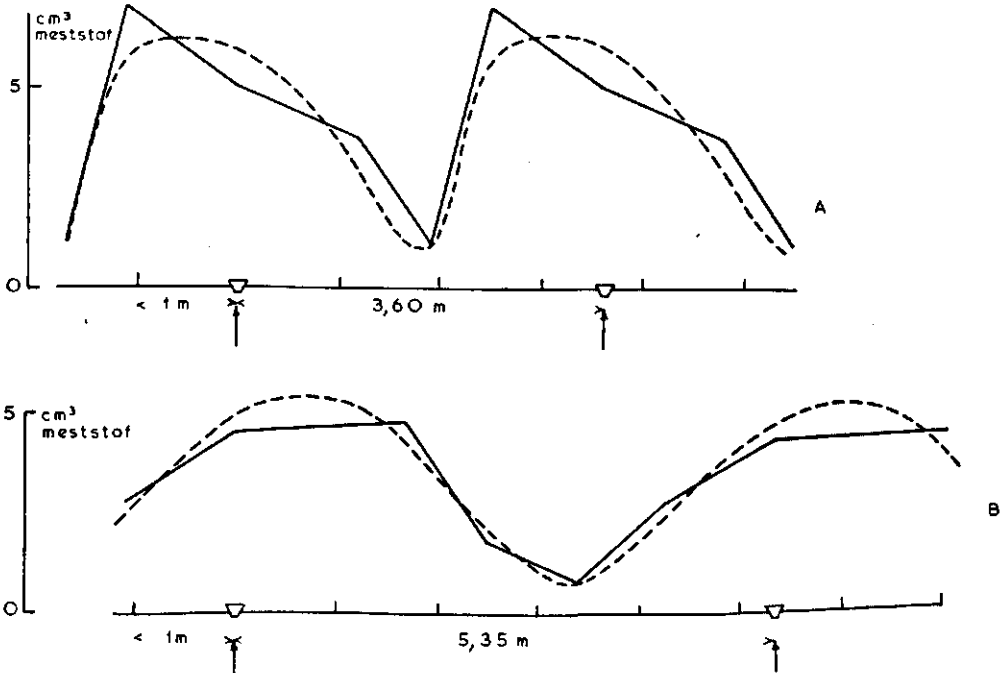


Fig. 8. Fertilizer distribution with a centrifugal fertilizer distributor applying larger quantities at one side when partially (A) and when fully overlapping (B).

### Pendelstrooiers

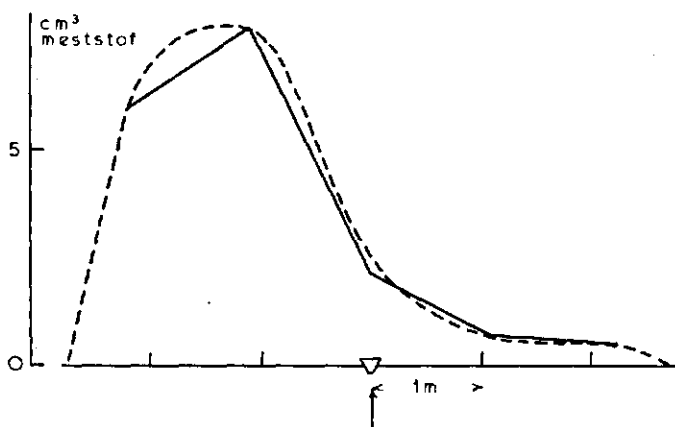
Ook de pendelstrooiers stellen hoge eisen aan de bediening. Het strooibeeld is scherp begrensd en minder breed dan van een centrifugaalstrooier. Een goede aansluiting van de werkgangen is belangrijk, daar bij een iets te grote breedte een strook onbemest blijft (afb. 9) en bij een iets te geringe breedte een

strook dubbel bemest wordt. De werkbreedte zal bij poedervormige meststoffen ten hoogste 3 m, bij gekorrelde meststoffen ten hoogste 5 m mogen bedragen. Bij poedervormige meststoffen kan bij matige wind een scheef strooibeeld ontstaan, evenals door aankleven van de meststof in de strooi pijp (afb. 10). Evenals bij centrifugaalstrooiers kan de verdeling worden verbeterd door volledig over-



Afb. 9. Meststofverdeling van een pendelstrooier in de breedterichting van de machine bij een poedervormige meststof (A) en bij een gekorrelde meststof (B). In beide gevallen is te ruim gereden.

Fig. 9. Fertilizer distribution with a pendulum type of fertilizer distributor in transversal direction of powdered fertilizers (A) and of granular materials (B). In both cases overlapping is insufficient.



Afb. 10. Scheef strooibeeld van een pendelstrooier in de breedterichting van de machine door aankleven van de meststof aan de strooi pijp.

Fig. 10. Irregular distribution pattern of a pendulum type of fertilizer distributor in transversal direction due to the fertilizers adhering to the sowing tube.

lappen. Men verspeelt dan echter het voordeel van een grotere werkbreedte ten opzichte van schotelstrooiers. In sommige gevallen is geconstateerd, dat meststoffen bij stilstaande machine nog doorlopen in het verdeelmechanisme, waardoor bij het weer in bedrijf stellen een plek van enkele meters lengte te zwaar wordt bemest. Het aanhechten van de meststof en het doorlopen tijdens stilstand is bij de nieuwste typen verholpen door het aanbrengen van een rubbervoering in de strooi-pijp en een afsluitklep.

### Samenvatting en conclusies

Van ruim 50 kunstmeststrooiers (schotel-, centrifugaal- en pendelstrooiers) is de strooi-regelmaat onder praktijkomstandigheden op het veld bepaald. Het onderzoek betrof voor het merendeel praktijkmachines. Tevens is in enkele gevallen de verdeling van de meststof bij strooien met de hand en van de kar of wagen af nagegaan.

De verdeling is vastgesteld door de meststof tijdens het strooien op te vangen in bakken van 5 dm<sup>2</sup>, die op het veld zijn geplaatst. De opgevangen hoeveelheid meststof is volumetrisch bepaald.

De meest voorkomende strooibeelden worden besproken, waarbij wordt aangegeven, hoe deze zo nodig kunnen worden verbeterd. De schade voor het gewas door ongelijkmatig strooien is voor elk van de verdelingen berekend met behulp van opbrengstkrommen van proefvelden waar de meststoffen zo

nauwkeurig mogelijk met de hand zijn gestrooid. Voor de spreiding is de standaardafwijking berekend. De eisen, die aan de gelijkmatigheid van strooien gesteld moeten worden, zijn hieruit afgeleid.

Bij machinaal strooien van stikstof wordt volgens deze in de praktijk verzamelde strooibeelden bij granen gemiddeld een opbrengstverlies geleden van bijna 2%. Door de nodige voorzorgen in acht te nemen kan dit grotendeels worden voorkomen. De beste resultaten zijn over het algemeen verkregen met schotelstrooiers. Centrifugaal- en pendelstrooiers kunnen eveneens aan de gestelde eisen voldoen, mits de omstandigheden tijdens de uitvoering gunstig zijn en de machines oordeelkundig worden bediend. De beste verdeling wordt verkregen met machines met een grote strooibreedte bij volledig overlappen.

### Literatuur

1. Hefherd, R. Q. and J. A. Pascal. The transverse distribution of fertilizer by conventional types of distributor. *J. Agr. Eng. Res.* 3 (1958) 95-107.
2. Hoogland, E. J. A. Strooibeelden bij kunstmeststrooiers. *Landbouwmeechanisatie* 6 (1955) 498-501.
3. Paauf, F. van der. Proeven over de betekenis van een gelijkmatige verdeling van de kunstmest. *Versl. Landbk. Onderz.* 46 (10) A (1940).
4. Paauf, F. van der. Die optimale Versorgung von Boden und Pflanze mit Phosphor. *Landw. Forschung* 14. Sonderheft (1960) 55-60.
5. Prummel, J., P. Datema, G. J. Poesse en J. J. Klooster. Onderzoek naar de strooi-regelmaat van kunstmeststrooiers. *Landbouwvoorl.* 16 (1959) 134-144.