Proefstation voor de Akkerbouw en de Groenteteelt in de Vollegrond

Optimalisering toedieningstechniek dierlijke mest

Optimizing application technique of livestock manure

Ing. G. J. M. van Dongen
Ing. D. T. Baumann
Ing. L. M. Lumkes

verslag nr. 123
april 1991

PROEFSTATION
LELYSTAD

Edelhertweg 1, postbus 430, 8200 AK Lelystad, tel. 03200-91111

ISN serie: 5905
ISN: 515097

CENTRALE LANDBOUWCATALOGUS
0000 0968 5336

INHOUDSOPGAVE

Pag.

Samenvatting 3

Summary 4

1. Inleiding 5

2. Probleemstelling en uitgangssituatie 6

3. Stand van zaken bij de drijfmesttoediening voor aanvang project 7
   3.1 Reologische eigenschappen van dunne mest 8
   3.2 Probleemstelling 11

4. Bemestingsaspecten 12
   4.1 Synlocalisatie 12
   4.2 Verdelen naar behoefte plant 14

5. Dosering en verdeling van mest 16
   5.1 Dosering van mest 16
      5.1.1 Verpompen van mest 16
      5.1.2 Aandrijftechniek 18
      5.1.3 Doseerprincipes 20
      5.1.3.1 Meet- en regelsystemen 20
      5.1.3.2 Rijsnelheidsafhankelijk doseren 22
      5.1.3.3 Rijsnelheidsonafhankelijk doseren 23
      5.1.3.4 Nutriëntafhankelijk doseren 27
      5.1.4 Nauwkeurigheid van de dosering 30
      5.1.4.1 In stappen doseren 30
      5.1.4.2 Traploos doseren 32
      5.1.4.3 Eisen aan de doseernauwkeurigheid 33
      5.1.5 Conclusies 36
   5.2 Verdeling van mest 37
      5.2.1 Verdelen op bedrijfs- en perceelsniveau 37
      5.2.2 Verdeling van dunne mest in de praktijk 38

5.2.3 Effecten van een slechte verdeling 39
5.2.4 Verdeelprincipes 41
5.2.4.1 Bovengronds verdelen 41
5.2.4.2 Ondergronds verdelen of injecteren 43
5.2.4.3 Verdelen met meervoudige uitstroomopeningen 45
5.2.4.4 Breedte- en lengteverdeling 48
5.2.5 Nauwkeurigheid van de verdeling 49
5.2.5.1 Verdeling per uitstroomopening 49
5.2.5.2 Verdeling over de gehele werkbreedte 50
5.2.5.3 Eisen aan de verdeelnauwkeurigheid 51
5.2.6 Conclusies 53

6. Ontwikkeling verdeel- en doseerprincipes 54
6.1 Eisen aan de machine 54
6.2 Specificatie van eisen en randvoorwaarden 55
6.3 Ontwikkeling verdeelmeetprogramma 57

7. Arbeidsproces en logistiek bij mesttoediening 61
7.1 Arbeidsproces: toedienen van dunne mest 61
7.2 Factoren die het arbeidsproces beïnvloeden 62

Literatuur 65

Bijlage I: Publikatielijst project 17.2.03 67

Bijlage II: Machine afbeeldingen 70

SAMENVATTING

Door het groeiende overschot van dierlijke organische mest uit de intensieve veehouderij, is er een toename van de afzet van deze mest naar tekortgebieden. De acceptatie van het gebruik van dierlijke mest hangt in belangrijke mate af van de toedieningsmogelijkheden. Uit onderzoek is gebleken dat kunstmeststoffen, die voor de nutriëntenvoorziening aan gewassen toegediend worden, deels door dierlijke mest vervangen kunnen worden. Door de prijs van dierlijke mest is het vaak aantrekkelijk om op deze wijze niet alleen organische stof aan te voeren, maar ook de fosfaat- en kalibehoefte van het gewas te dekken. Daarbij wordt stikstof vaak overgedoseerd, waardoor kwaliteitsderving en stikstofverliezen naar het milieu optreden.

Bij het toedienen van meststoffen moet met de dosering, de plaatsing en het tijdstip van toediening rekening worden gehouden. Suboptimale dosering van nutriënten, o.a. door een onregelmatige verdeling, leidt tot opbrengst- en kwaliteitsverlies. Door de onregelmatige reologische eigenschappen van dierlijke dunne mest is een voldoende nauwkeurige toediening in de praktijk vaak moeilijk. Onderzoek heeft aangetoond dat mest met gangbare apparatuur niet (onvoldoende) nauwkeurig toegediend kan worden. Hiervoor zijn het verspreidingssysteem (pomp en verdeler), de wijze van uitrijden, de weersomstandigheden en de eigenschappen van de mest de belangrijkste oorzaken. Binnen het onderzoek werd gestreefd naar optimalisering van de toedieningstechniek. Verbeterde doseer- en verdeelprincipes werden ontwikkeld en getoetst onder praktijkomstandigheden. Er werden technische oplossingen gevonden, die rekening houdend met arbeidstechnische en logistieke aspecten, een (voldoende) nauwkeurige verdeling van dierlijke mest mogelijk maken. Hierdoor kan de bereidheid voor het gebruik van dierlijke mest in de akker- en tuinbouw gestimuleerd worden.

SUMMARY

Caused by the growing surplus of organic livestock manure in the Netherlands, mainly from intensive livestock farms, there will be an increase of slurry that have to be transported from producing areas to consuming areas in the Netherlands. The acceptance for the use of this organic fertiliser is strongly related to the possibilities of handling and spreading this manure in a proper way. Research at the Research Station for Arable Farming and Field Production of Vegetables (PAGV) showed that mineral fertilisers can be replaced partly by using an organic manure, in such a way that losses are acceptable to the farmer and the environment. In many instances it is cheaper to use organic manure instead of mineral fertilisers. The problem with this type of fertilization is the long term nitrogen (N) effect by slow release of organic N. The quality of the crops is greatly influenced by this extra nitrogen, while on the long term losses to the environment become a problem.

When adding fertilisers to the soil for feeding the crop the quantity of fertiliser, the placement and time of application are important for obtaining optimal results. Suboptimal rates of nutrients, for instance by an inproper placement, can give actual yield losses or quality decrease of the crop or products derived from it. Because of the bad rheological characteristics of liquid manure in practise, it is very difficult to obtain a good and even distribution of the nutrients in the field. Research at PAGV showed that a satisfactory application and distribution of liquid manure in the field can not be obtained by using standard machinery for spreading slurry. Main factors for this uneven distribution are the type of spreading equipement like pump- and devidertype, the way of driving over the field by spreading the slurry, the weather conditions during spreading and the characteristics of the slurry which have to be spread.

In this researchprogram the aim was to improve the application technique for liquid manure by improving standard machinery for spreading manure and by developing new ideas for improving application methods. Improved distribution and application principles were developed and tested under practical field conditions. Technical solutions were found for an even and exact distribution of slurry which suited well with labour-technical and logistical aspects of liquid manure spreading.

1. INLEIDING

Naast factoren als de kwaliteit en de werking van dierlijke (dunne) mest als plantenvoedingsstof speelt ook de methode en de techniek van toedienen een belangrijke rol. Onder toediening wordt dan verstaan: het uitrijden, doseren en verdelen van mest als een nutriëntenoplossing gevolgd door het vrijwel direct inwerken in de bodem. Dus het plaatsen van de nutriënten op die plek waar er behoefte aan bestaat. Bij de toedieningstechniek moet rekening worden gehouden met zowel de landbouwkundige als de milieuhygiënische eisen die respectievelijk gesteld worden door de akkerbouwer als gebruiker van de mest en de samenleving als behoeder van het leefmilieu. Het doel is te komen tot een verantwoord gebruik van dierlijke organische mest in de akkerbouw, de techniek kan hier een belangrijke bijdrage aan leveren. De bestaande toedieningssystemen van dunne dierlijke mest komen voort uit het toedienen van mest in de veehouderij. Het gebruik van mest in deze sector wordt gezien als het noodzakelijkerwijs afvoeren van een restprodukt van de produktie van menselijke consumptiegoederen. In het bijzonder op veehouderijbedrijven met weinig eigen grond wordt mest eerder als een "afvalprodukt", dan als een waardevolle plantenvoedingsstof voor het gras beschouwd. Het gebruik van kunstmeststoffen is de laatste 50 jaar sterk toegenomen, dit ten koste van het doelmatig gebruik van dierlijke mest. Het met kennis gebruiken en toedienen van dunne en ook vaste mest blijkt lonend te zijn voor de bedrijfsvoering, mits dit gebeurt met verantwoordelijkheid voor het leefmilieu. Voor de akkerbouw is een goede dosering en verdeling een allereerste vereiste bij het gebruik van meststoffen. De gewassen reageren zeer snel op een slechte verdeling, zowel in opbrengst als kwaliteit. Het juist kunnen doseren en verdelen op het juiste tijdstip vergt aanpassingen aan de bestaande machines. Dit onderzoek wil een bijdrage leveren aan het zoeken naar deze aanpassingen en oplossingen en het aanbevelen van reeds bestaande verbeterde toedieningssystemen.

2. PROBLEEMSTELLING EN UITGANGSSITUATIE

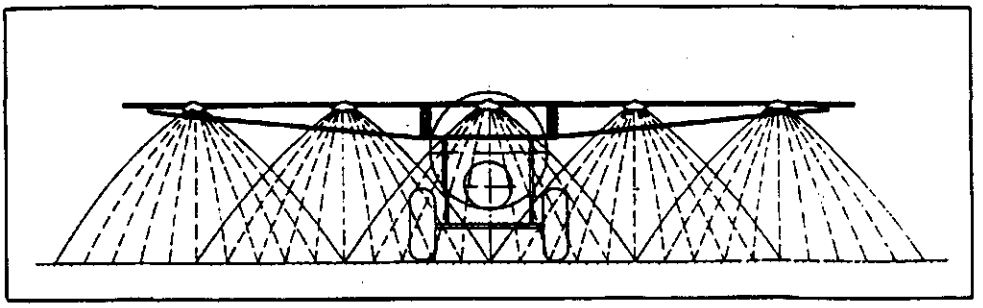
Een gelijkmatige verdeling van o.a. spuitvloeistoffen, kunstmest en dunne mest is in de akkerbouw een vereiste voor het doen slagen van een gewas- of grondbehandeling. Een ongelijkmatige verdeling geeft kans op negatieve gewasreacties en andere nadelige effecten en leidt tot verliezen van mineralen naar het milieu. Het streven is een VC lager dan 10 % voor de breedteverdeling van een machine, bij het toedienen van in de praktijk gebruikelijke giften. In de spuittechniek wordt dit inmiddels bereikt of bereikbaar geacht voor de meeste nieuwe machines die worden afgeleverd. Bij het strooien van kunstmest ligt in de praktijk de variatiecoëfficiënt (VC) vaak hoger dan 15 %, maar is veelal bij een goede afstelling een VC beneden 15 % goed mogelijk. Ook voor dunne mest zou dit moeten gelden. Helaas is een afwijking van 35 % of hoger meer algemeen [4].

3. STAND VAN ZAKEN BIJ DE DRIJFMESTTOEDIENING VOOR AANVANG PROJECT

Metingen aan de verdeling van dunne mest wordt door de fabrikanten van mengmestverspreiders en andere verdeelapparatuur, (te) weinig gedaan. Het resultaat van een meting is afhankelijk van de aard en de samenstelling van de mest (droge stof gehalte, viscositeit etc.) en van de uitrusting en afstelling van de machines [2]. Op 28 maart 1985 werd in West-Duitsland een demonstratie toedieningstechnieken van dunne mest gehouden. Standaard machines en nieuwe ontwikkelingen werden getoond. Gewerkt werd met het toedienen van 15 m^3 mest per hectare, zowel rundvee- als varkensdrijfmest.

Enkele typen machines bleken niet in staat deze geringe hoeveelheid mest goed toe te dienen. Bij alle machines was de verdeling slecht. De spreiding lag tussen de 10 en 24 m^3 per hectare. Als bij te weinig druk vanuit de tank de mest wordt verdeeld, kan het verschil in de uitgebrachte hoeveelheid bij een volle en een bijna lege tank, in de rijrichting oplopen tot 10 %. Onder nederlandse omstandigheden zou dit op een rijlengte van 300 meter al bijna in iedere werkgang kunnen optreden. Belangrijk is dus dat ook de verdeling in de lengterichting goed is. De slechte breedteverdeling is het hoofdprobleem voor een nauwkeurige bemesting in de akkerbouw (en ook in de veehouderij). Machines met een verdeling van de mest met behulp van een spreidplaat, spreidkop of een roterende verdeler waren slechts bij uitzondering in staat beneden een VC van 20 % te komen. Beter ging het met de bewegende (pendelende) sproeimonden en met het gebruik van meerdere uitstroomopeningen. In enkele gevallen kwam men bij beide principes beneden een VC van 15 %.

In eigen proeven van het PAGV zijn in 1985 de mestverspreider van Meyer-Lohne (BRD), uitgerust met een boom met vijf verdeelkappen, en een zelfrijdende drijfmestverspreider (Werklust MW-4), voorzien van een wormpomp en een verbeterde zogenaamde exactverdeler (driehoekig horizontaal geplaatste plaat) vergeleken. Zowel met de verdeelkappen als met de daaraan te monteren sleepslangen was de toevoer naar de buitenste uitstroomopeningen aanzienlijk lager dan naar de middelste drie kappen (figuur 1).



Figuur 1. Systeem Meyer-Lohne, principe van dubbele overlapping.

Bij latere proeven door Schuitemaker bleef de variatie nog steeds onaanvaardbaar hoog [15]. Met de Werklust machine met exactverdeler werd te veel mest in het midden van de 14 meter werkbreedte toegediend. De varietiecoëfficiënt lag rond de 40 %. Bij eigen metingen met dezelfde machine in 1986 lag dit op ruim 30 %. Uit onderzoek, maar ook op de demonstratie mestaanwending, op 19 maart 1986 te Heelsum, bleek dat het goed kunnen verdelen van de mest mede afhankelijk is van de aard van de mest (ds-gehalte, homogeniteit). Dit beïnvloedt in belangrijke mate ook de optimale werkbreedte van de machine. Een goede verdeling gaat vaak ten koste van de werkbreedte. Voor een constante afgifte in de lengterichting biedt de vacuümtankwagen te weinig garantie. Via een verdringerpomp, bijvoorbeeld een wormpomp of een meerkamerpomp, kan een konstant debiet met een hogere druk worden verkregen. Dusdanig kan de mest beter gedoseerd en verdeeld worden over het veld.

3.1 Reologische eigenschappen van dunne mest

De verdeling en dosering van dunne dierlijke mest is over het algemeen moeilijk te realiseren. Mest is een stof die heterogeen van samenstelling is en daardoor moeilijk is te karakteriseren. De reologische eigenschappen van mest zijn moeilijk te duiden en de gedragingen van mest bij diverse stroomsnelheden, drukken en weerstandsveranderingen maken het niet eenvoudig de mest nauwkeurig te

kunnen doseren en verdelen. Van water zijn de gegevens betreffende viscositeit, Reynolds-getallen, afschuifspanning etc. wel bekend. De eigenschappen van drijfmest of dunne mest komen enigszins overeen met de eigenschappen van water, maar er zijn een aantal belangrijke verschillen [10].

1) De viscositeit van drijfmest is variabel, d.w.z., de viscositeit is afhankelijk van de snelheid (v) van de vloeistof en de diameter (D) van de leiding. De viscositeit neemt af bij toenemende snelheidsgradiënt.
2) De afschuifspanning neemt niet evenredig toe met de snelheid, zoals dat bij water of vergelijkbare vloeistoffen wel het geval is.

Wanneer een vloeistof door een leiding stroomt, ondervindt het fluïdum daarbij een weerstand. Om die weerstand te overwinnen is een drukverschil over die leiding noodzakelijk. Een bepaalde druk die de mest door de leidingen perst/ stuwt, houdt de drijfmest in beweging en voorkomt daarmee verstoppingen in het systeem. Een belangrijk onderscheid in de stromingsleer is die tussen laminaire (laagsgewijze) en turbulente (niet-laagsgewijze) stroming. Bij laminaire stroming beweegt het fluïdum zich in evenwijdige stromingsvlakken en blijft elk vloeistofdeeltje in zijn eigen baan. Bij toenemende snelheid van de vloeistof blijven de lagen niet langer netjes langs elkaar glijden, maar raken er vloeistofpakketjes uit hun baan. Het optreden van turbulente stroming wordt niet alleen door de snelheid bepaald, maar ook door de viscositeit, de dichtheid en de verschillende diameters van de leidingen in het systeem.

Een aantal waarden die de drukopbouw in het systeem bepalen zijn [10]:
- Viscositeit van het verpompte medium
- Ruwheid van de binnenwand van de buis
- Diameter van de buis
- Weerstand van bochten of onderbrekingen in een buis
- Vernauwingen of verwijdingen in een buis etc.

De volgende eigenschappen van mest hebben een negatieve uitwerking op een goede en nauwkeurige dosering en verdeling:
- mest heeft vaak een wisselend drogestof gehalte

- mest bevat vaak slijmstoffen die onder invloed van diverse processen worden afgebroken en de viscositeit beïnvloeden
- mest is vaak niet homogeen van samenstelling vanwege de natuurlijke ontmenging bij langdurige opslag
- de verschillende mesten zijn niet vergelijkbaar met elkaar wat betreft slijmerigheid, viscositeit en ds-gehalte
- de samenstelling en consistentie van mest is sterk afhankelijk van de samenstelling van het voer, het seizoen en andere niet controleerbare factoren.

Deze eigenschappen van mest hebben ook hun invloed bij de verdeling van mest. Bij de dosering kunnen deze onvoorspelbare eigenschappen leiden tot het uitbrengen van verschillende hoeveelheden bij gebruik van verschillende toedieningsapparatuur bij dezelfde rijsnelheid. De viscositeit van de mest bepaald in grote mate de weerstand die de mest heeft in leidingsystemen en uitstroomopeningen. Ook het wisselende gehalte aan drogestof in de mest zorgt voor een ongelijkmatige uitstroming uit de tank, vaak ongeacht het doseersysteem. Bij het doseren gaat het om een goede afgifte van de machine in relatie tot de oppervlakte die wordt bemest. Vooral de nutriënten die in de mest zitten behoeven een goede verdeling over het veld, over- en onderdoseringen leiden tot schade aan gewas en bodem en tot onnodige en schadelijke mineralenverliezen. Het goed homogeniseren van de mest voor het uitrijden is ten alle tijden vereist, de basis van een goede dosering wordt gelegd door het homogeniseren van het te verdelen produkt.
Voor het verdelen gelden dezelfde regels. De verschillende verdeelsystemen zijn niet allemaal even gevoelig voor een variatie van drogestof in de mest. Bij het verdelen met een ketsplaat met een mest met een drogestof gehalte van 5 % kan een VC worden bereikt van 20,15 %, terwijl bij een ds-gehalte van meer dan 10% een VC moet worden aangehouden van 26,6 % [4].
Andere verdeelsystemen, zoals de sleepslangenmachine, kennen aanpassingen aan de machine voor het verdelen van dunne en dikkere mest met dezelfde VC. Het blijft echter noodzaak de mest goed te mengen voor en tijdens het uitrijden en liefst ook nog tijdens het transport naar het veld. Het homogeniseren van een grote hoeveelheid mest vlak voor het uitrijden duurt over het algemeen te lang,

beter is het een dag voor het uitrijden de opslag intensief te roeren. Het toevoegen van water aan de mest is een mogelijkheid de dunvloeibaarheid te kunnen sturen, mits dit water goed verdeeld wordt toegevoegd aan de meststroom en in niet te grote hoeveelheden.

3.2 Probleemstelling

Het zorgvuldig en nauwkeurig doseren en verdelen van dunne dierlijke mest in de akkerbouw werd bij de aanvang van het project als een probleem ervaren. De hypothese die vervolgens werd gesteld luidde als volgt: "Voor de verhoging van de acceptatiegraad van dunne dierlijke mest in de akkerbouw is het noodzakelijk dat de apparatuur waarmee de mest op het land wordt gebracht wordt verbeterd, enerzijds door het optimaliseren en aanpassen van de bestaande uitbrengapparatuur en anderzijds door de ontwikkeling van geheel nieuwe machines voor het exact kunnen doseren en verdelen van dunne mest". Deze constatering leidde er toe dat het onderzoek inzake project 17.2.03 werd opgezet vanuit een technische benadering van het probleem: het verbeteren van de apparatuur voor het uitrijden van dunne mest. Naast het probleem van de machines bestond er ook het vraagstuk in hoeverre de samenstelling en homogeniteit van de mest van invloed zou zijn op het uitrijden van dunne mest.
Deze vraag werd ook meegenomen in het project en resulteerde in verder onderzoek naar de mogelijkheden van het filteren, vermalen of op een andere manier homogeniseren van mest.

4. BEMESTINGSASPECTEN

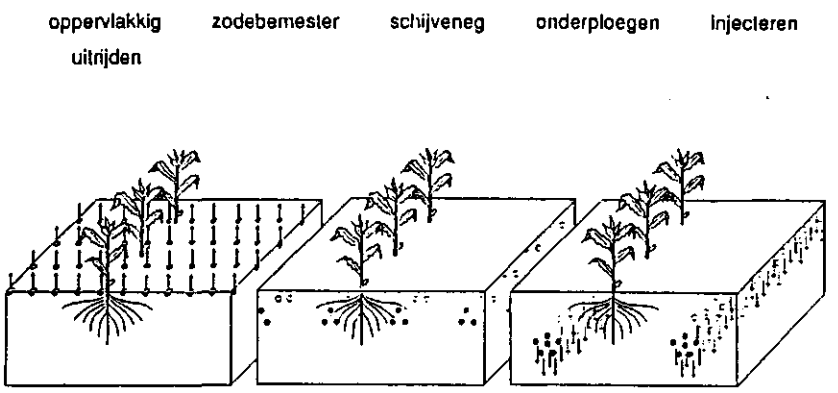
Het plaatsen van de mest of op de juiste wijze daar brengen waar er behoefte aan bestaat voor de plant is voor een goede benutting van de nutriënten in de mest van groot belang. De toedieningstechniek speelt een rol bij het op de juiste wijze plaatsen van de mest, zowel uit het oogpunt van een vermindering van de ammoniakemissie als ook t.a.v. een betere benutting van de voedingsstoffen door de planten.

4.1 Synlocalisatie

Bij synlocalisatie bedoelen we het plaatsen (localisatie) van een stof in relatie (syn=samen) met andere randfactoren, zoals tijdstip van plaatsing en de hoeveelheid van de te plaatsen stof [8]. Het plaatsen heeft dan ook drie duidelijke aspecten, namelijk:

a. op het juiste tijdstip plaatsen (synchronisatie)
b. op de juiste plaats brengen (synlocalisatie)
c. in de juiste hoeveelheid plaatsen

Alle drie aspecten leveren hun bijdrage aan een verbeterde opname van de voedingsstoffen door de plant en een daardoor geringere milieubelasting in de vorm van uitspoeling naar diepere lagen, afspoeling over de toplaag en vervluchtiging naar de lucht. Het plaatsen heeft ook een relatie met het exact verdelen. Zowel de horizontale plaatsing (d.w.z. de verdeling in de lengterichting en de breedteverdeling) als ook de verticale plaatsing (de verdeling in de diepte) zijn van belang voor de meest efficiënte opname van de nutriënten door de plant op het moment dat het gewas het nodig heeft (figuur 2).



Figuur 2. Synlocalisatie: afstemmen van omvang, tijdstip en plaats.

Wat betreft de juiste hoeveelheid mest kan met een verbetering van de dosering van de machine een goed resultaat worden bereikt, mits het niveau van de bemesting niet te hoog is zodat uit- of afspoeling kan optreden. Het plaatsen op het juiste tijdstip kan deels worden beïnvloed door een aanpassing van de machine voor het uitrijden van mest onder minder gunstige omstandigheden, zoals het uitrijden in het voorjaar met een grotere kans op blijvende structuurschade. Bandenkeuze en gewicht van de machine spelen daarbij een belangrijke rol, evenals de methode van aanwenden. Het uitbrengen van dunne mest met behulp van een haspelinstallatie maakt het mogelijk beter aan te sluiten op het tijdstip van uitrijden, omdat door het gewas heen kan worden bemest met weinig gewicht en een grote werkbreedte.

Voor het op de juiste plaats brengen van de mest kan de mechanisatie een belangrijke bijdrage leveren. Het bovengronds uitrijden van mest op kaal bouwland wordt uit het oogpunt van ammoniakemissiebeperking steeds meer afgeraden, als de mest niet direct en goed kan worden ingewerkt [11]. De tendens in de toedieningstechniek gaat naar het in één werkgang uitbrengen en onderwerken van de mest. Het direct inwerken van de mest stelt wel de nodige eisen aan de plaatsing. Diep plaatsen is uit het oogpunt van de beperking van de ammoniakvervluchtiging een voordeel, het is echter een nadeel bij de beperking van de uitspoeling van mineralen naar het grondwater. Ondiep plaatsen biedt het voordeel van een goede opname van de nutriënten door de plant, het gevaar bestaat

echter dat de te oppervlakkig geplaatste mest onvoldoende is ingewerkt zodat de ammoniak in de mest eenvoudig kan ontsnappen naar de lucht.

4.2 Verdelen naar behoefte plant

Het begrip synlocalisatie heeft betrekking op de juiste plaatsing van de nutriënten voor de opname door de plant. De behoefte van de plant naar de voedingsstoffen in de mest is per gewas en per periode verschillend. Het aanbieden van de stoffen aan de plant moet daarom goed worden afgestemd op de actuele behoefte. Wat betreft de technische aspecten die een rol spelen bij de toediening van de mest kan worden opgemerkt dat de techniek en de methode van toedienen een bijdrage kan leveren aan het op het juiste moment en vooral op de juiste wijze toedienen van de nutriënten. Injectie van mest in het voorjaar biedt het voordeel dat vrijwel emissieloos kan worden gewerkt, maar het is geen garantie voor een optimale opname en benutting van de aangeboden stoffen door de plant.
Bij injectie immers wordt de mest in rijen toegediend, zodat niet alle planten even ver geplaatst zijn van de voedingsstoffen. De keuze is dan om de mest dichter naar de rijen toe te brengen of te kiezen voor een bovengrondse toediening zodat alle mest goed verdeeld wordt door de gehele toplaag. Het optreden van verbrandingsverschijnselen bij plaatselijke toediening van mest, door overdosering van stikstof, kan er toe leiden te kiezen voor een betere verdeling over de gehele oppervlakte of door de mestgift te verlagen. Bij het afstemmen van het moment van de mestgift op de actuele behoefte van de plant spelen technische problemen een rol. Toediening in gewassen vergt een totale aanpassing van de machine, zowel wat betreft de methode van uitbrengen van de mest als ook voor de banden en spoorbreedte van de combinatie. In maïs is de laatste jaren enige ervaring opgedaan met het injecteren van dunne mest in het gewas. Vooral vanuit West-Duitsland komen nieuwe systemen en methoden op de markt die beter aangepast zijn aan de specifieke eisen voor toediening van mest in gewassen. Het gebruik van de graslandinjecteur voor mestinjectie op bouwland voldoet redelijk, andere machines op de markt leveren vaak een beter resultaat en verdienen daarom ook aandacht. Het gebruik van de sleepslangenmachine voor toedienen van mest in gewassen is ook in opgang door de eenvoudige

aanpassing aan verschillende rijafstanden en gewascultures.
Het plaatsen van de mest naar de behoefte van de plant is door technische oplossingen beter te verwezenlijken, bestaande systemen voldoen redelijk tot goed.

5. DOSERING EN VERDELING VAN MEST

De door de mest toegediende nutriënten moeten tijdens het groeiseizoen door het gewas optimaal kunnen worden benut. Dat betekent voor de akkerbouw dat de mest doelgericht moet worden gedoseerd en egaal over het veld dient te worden verdeeld. Plaatselijke over- en onderdoseringen door allerlei oorzaken leiden tot opbrengstdervingen en kwaliteitsverlies. Akkerbouwmatig gebruik van dunne mest is niet los te koppelen van een goede verdeling en dosering. Een overmatig en verkeerd gebruik leidt tot emissie van mineralen, terwijl de toediening op het verkeerde tijdstip afspoeling kan veroorzaken.

5.1 Dosering van mest

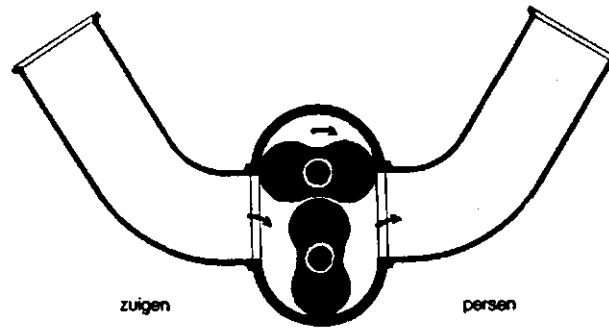
Het doseren van een bepaalde stof is uitermate belangrijk om het juiste effect van die stof te bereiken. Het plaatselijk over- of onderdoseren leidt al snel tot grote verliezen. In de gewasbescherming bijvoorbeeld kan een plaatselijke onderdosering van een schimmelbestrijdingsmiddel de bron voor een schimmel zijn om een haard te gaan vormen die zich uitbreidt naar andere plaatsen. Het onregelmatig doseren van dierlijke of minerale mest leidt tot verschillen in gewasopbrengst en -kwaliteit. Een nauwkeurige dosering is daarom even belangrijk als een regelmatige verdeling, het doel van het toedienen van mest is immers de doelmatige bemesting van een gewas.

5.1.1 *Verpompen van mest*

Voor het juist kunnen doseren van dunne mest is de keuze van het verdringingsmechanisme (de pomp) belangrijk. De mogelijkheden die de pomp biedt t.a.v. het kunnen doseren van de mest staat aan het begin van de reeks machine onderdelen die een taak hebben bij het doseren. Het traploos kunnen afgeven van bepaalde hoeveelheden per tijdseenheid geeft een goede stuurmogelijkheid in handen voor een exacte dosering en daardoor ook vaak een goede basis voor een exacte verdeling per oppervlakte eenheid. Aangezien de keuze van de aandrijving min of meer afhankelijk is van welke mestpomp wordt ge-

bruikt, is vroeg begonnen met het zoeken naar een geschikte pomp. De voorkeur van de projectgroep ging uit naar een verdringerpomp die in één keer de meststroom op kan splitsen in 6 of meer deelstromen. Bovendien betekent het opsplitsen van de meststroom door de pomp een besparing aan dure componenten die het nodige aandrijfvermogen vragen (denk aan hydraulisch aangedreven roterende verdelers) en is de kans op verstoppingen door afwezigheid van deze componenten geringer. De plaatsing van de pomp is dan wel ter discussie, bij een plaatsing aan de voorzijde van de tankwagen (direct bij de aandrijfbron vanuit de trekker) moet de mest na verdrongen en verdeeld te zijn nog een lange weg afleggen voor deze de grond of het gewas bereikt. Opsplitsing van de mestsstroom met behulp van een pomp gebeurt daardoor ook wel aan de achterzijde van de tankwagen, dicht bij de plaats waar de mest op de grond of in het gewas wordt gebracht.
De keuze van meerdere uitstroomopeningen direct bij het verpompen van de mest komt voort uit de gedachte dat het verdelen van de hoofdstroom van de mest na verlaten van de pomp niet zo eenvoudig en bedrijfszeker is. De vele typen (voornamelijk) roterende verdelers die op de markt zijn hebben in meer of mindere mate last van verstoppingen. Vele zijn verbeterd tot een acceptabel en bedrijfszeker niveau. Daarnaast is de verdeling van de hoofdstroom in meerdere deelstromen niet eenvoudig, al snel ontstaan afwijkingen in de hoeveelheid mest per deelstroom ingegeven door de wisselende samenstelling en viscositeit van de mest door verontreinigingen die voor een tijdelijke blokkade kunnen zorgen, waardoor deelstromen worden onderbroken. De industrie heeft in de tussentijd enkele oplossingen gevonden voor de geschetste problemen, er van uit gaande dat de te verdelen mest homogeen van samenstelling is en er geen grove verontreinigingen in de mest voorkomen.

Er bleken 2 soorten pompen min of meer geschikt voor dit doel; de draaizuigerpomp en de wormpomp. Draaizuigerpompen zijn leverbaar in een meerkameruitvoering, waarbij aan de perszijde van de pomp een aantal gelijke meststromen afgegeven worden. In feite bestaan deze pompen uit een aantal aan elkaar gekoppelde draaizuigerpompen met een gezamenlijke zuigleiding. Draaizuigerpompen met één grote kamer worden veel voor het verpompen van mest gebruikt (figuur 3).

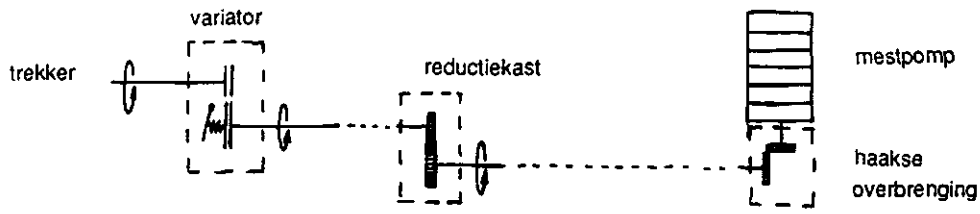


Figuur 3. Een verdringerpomp met één kamer; eenvoudig en doeltreffend

De wormpomp kan standaard slechts één meststroom realiseren. Vanwege het algemene gebruik van de draaizuigerpomp voor het verpompen van mest en vanwege de vrij compacte bouw van deze pompen werd contact gezocht met fabrikanten van dit type pomp. Vogelsang Fass- und Maschinenbau (BRD) bleek een draaizuigerpomp te kunnen leveren met 6 afzonderlijke kamers.

5.1.2 *Aandrijftechniek*

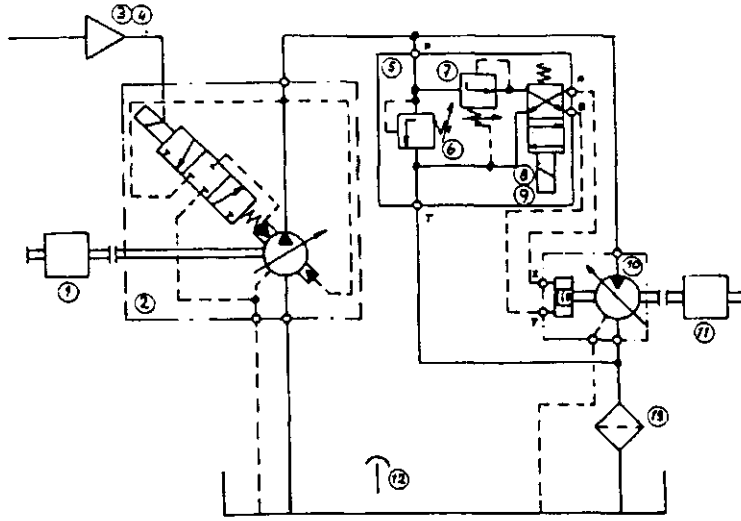
Verscheidene gegevens waaraan de pomp moest voldoen waren nu bekend zodat vervolgens de verschillende mogelijkheden voor het aandrijven van de pomp onderzocht konden worden. In eerste instantie werd daarbij uitgegaan van de Vogelsang-meerkamerpomp. Allereerst werd geprobeerd een wisselbak te vinden met 9 overbrengingen (10 tot 50 m^3/ha, in stappen van 5 m^3/ha). De toerentallen waarmee de mestpomp zou moeten worden aangedreven om de bepaalde doseringen te kunnen realiseren bij een bepaalde rijsnelheid, waren nu bekend. Het bleek echter al snel dat deze toerentallen vrij nauwkeurig in te stellen zouden moeten zijn om exact te kunnen doseren. De kans dat een wisselbak gevonden zou worden die bij een constant aftakas toerental de gewenste pomptoerentallen zou kunnen realiseren leek vrij klein. Deze mogelijkheid werd derhalve niet verder bekeken.
De tweede aandrijfmogelijkheid, een mechanische variator, werd daarna bekeken (figuur 4).



Figuur 4. Voorbeeld mechanische riemvariator voor pompaandrijving

Uit de pompgegevens bleek dat bij een gelijke rijsnelheid om de minimale en maximale dosering te verkrijgen de betreffende toerentallen van de mestpomp zich moesten verhouden als 1 : 5. Uit de pompgegevens volgde verder dat het aanloopkoppel behoorlijk hoog lag. Dit aanloopkoppel is een belangrijk kengetal voor de gehele aandrijving omdat het veel zegt over de zwaarte en sterkte van de totale aandrijfconstructie. Dit hoge koppel bleek door een heleboel variatoren niet overgebracht te kunnen worden. Er werd in eerst instantie contact gezocht met Van Doorne's Transmissie's. Men bleek wel een dergelijke overbrenging voor ons doel geschikt te kunnen maken, maar dit zou minimaal 1 jaar duren in verband met andere projecten. De diverse variatoren die daarop op geschiktheid werden bekeken bleken de nodige nadelen te hebben, vooral het hoge aanloopkoppel van de mestpomp was het grootste struikelblok.
Daarom werd de laatste aandrijfmogelijkheid, hydraulisch, onderzocht. Er werd met een aantal firma's contact gezocht. Tijdens de besprekingen bleek al dat ook hier het hoge aanloopkoppel de bottleneck zou zijn. De hydrauliek biedt echter voldoende mogelijkheden om dit op te lossen. Een ander pluspunt van de hydraulische aandrijving t.o.v. de mechanische versie is dat deze vrij eenvoudig in een automatisch meet- en regelsysteem is op te nemen, waarbij na een bepaalde ingestelde waarde voor de dosering de mestgift bijna continu wordt aangepast aan de wisselende rijsnelheid. Uiteindelijk werden er 3 aandrijfsyste-

men ontworpen, geschikt voor het aandrijven van de Vogelsangpomp (figuur 5).



Figuur 5.Electro-hydraulische pompaandrijving voor mestpomp (Bosch)

5.1.3 *Doseerprincipes*

Voor het kunnen doseren van een stof moet een keuze gemaakt worden voor een doseerprincipe. Deze keuze wordt enerzijds bepaald door de wens te kiezen voor een systeem van traploze dosering onafhankelijk van de rijsnelheid en anderzijds door de vele beperkingen die dit oplevert voor de bouw en werking van de machine. Het principe van dosering is bepalend voor de mate van doseringsnauwkeurigheid en vaak ook verdeelnauwkeurigheid als verlengde daarvan. Vele tussenvormen zijn mogelijk. Allereerst wordt kort ingegaan op de verschillende meet- en regelsystemen die gebruikt kunnen worden voor het sturen van de dosering. Daarna zal worden ingegaan op de verschillende mogelijkheden van doseren.

5.1.3.1 Meet- en regelsystemen

Voor het juist kunnen doseren is het van belang dat er eerst gemeten wordt

zodat na vergelijking met de ingestelde waarde er een regelhandeling kan volgen. Dit meten en regelen kan op verschillende manieren gebeuren, hieronder volgen er enkele. Het meten bestaat uit het bepalen van een aantal parameters die van belang zijn voor het doseren. De te meten parameters zijn:

a) actuele rijsnelheid in m/s
b) debiet mest dat de machine verlaat in l/min

Enkele parameters die van minder groot belang zijn:

a) afgelegde weg van de machine in m^1
b) actuele hoeveelheid mest in de tank in m^3
c) bewerkte oppervlakte in hectares
d) eventueel het meten van druk, gewicht etc.

De eerste twee parameters zijn noodzakelijk om de dosering te kunnen regelen, immers de dosering is een bepaald volume mest per oppervlakte eenheid. Omdat de machine zich voortbeweegt over het land komt de factor tijd er nog bij middels de afgelegde weg per tijdseenheid. Voor het meten van een parameter is de sensor die gebruikt wordt van wezenlijk belang. Een goede betrouwbare meting staat of valt met de sensor die gebruikt wordt. De sensoren zijn vaak het gevoeligste deel van de keten en staan bloot aan stof, water, hitte en trilling. De sensoren die gebruikt worden voor de bovenstaande parameters zijn:

a) voor de rijsnelheid:
- magneetsensoren in de niet-aangedreven wielen
- elektronische sensoren in de trekker (assnelheid in de trekker wordt omgerekend naar wielsnelheid)
- radarsensor op de trekker of tank, vaak in het spoor van de trekker of tank gericht

b) voor het debiet mest:
- bij een verdringerpomp met een vast slagvolume: aantal omwentelingen van de pomp x volume per slag
- flow- of doorstroommeter op basis van een meetsensor die in contact staat met de meststroom
- flow-meter op basis van doorstraling met radiogolven, protonen of andere media die niet in contact staan met de passerende meststroom.

Elke sensor heeft voor- en nadelen, de duurdere systemen zijn vaak wel beter en ook betrouwbaarder. Omdat de reologische eigenschappen van mest zo sterk wisselen is vooral de sensor voor het meten van het doorgestroomde debiet geen eenvoudige zaak. De rijsnelheid kan betrouwbaar worden gemeten, deze sensoren worden ook in andere landbouwmachines gebruikt zoals spuitmachines en kunstmeststrooiers.
Het tweede aspect van doseren betreft het regelen. Het meten van een bepaalde parameter wordt gevolgd door het vergelijken van de waarde van die parameter met een van te voren ingestelde waarde. Na deze vergelijking volgt een regelhandeling die er voor zorgt dat na verloop van tijd de actuele gemeten waarde steeds dichter de ingestelde waarde benadert. Deze regelhandeling kan op verschillende manieren tot stand komen.

a) het toerental van de pomp wordt bijgeregeld zodat het debiet mest dat wordt uitgebracht aangepast wordt aan de ingestelde waarde
b) een regelklep in de meststroom wordt bestuurd, meer of minder mest passeert een bepaald punt
c) een roterende verdeler varieert in snelheid of debiet zodat er per tijdseenheid een grotere of kleinere meststroom wordt verdeeld.
d) andere mogelijkheden voor regeling van de hoeveelheid mest.

Niet alle mogelijkheden van meten en regelen kunnen hier genoemd worden, vaak wordt er ook gebruik gemaakt van tussenvormen. In de volgende paragrafen wordt ingegaan op de verschillende mogelijkheden van doseren en hun mogelijkheden voor het exact toedienen van dunne mest.

5.1.3.2 Rijsnelheidsafhankelijk doseren

De gangbare apparatuur voor het uitbrengen van drijfmest gaat uit van een rijsnelheidsafhankelijke dosering. Door de rijsnelheid te verlagen kan een kleinere gift per oppervlakte eenheid worden gegeven. Dit principe word in de huidige landbouw nog veelvuldig gebruikt voor bijvoorbeeld het doseren bij het kunstmest strooien en het spuiten van gewasbeschermingsmiddelen. Door per tijdseenheid een grotere afstand af te leggen kan de dosering per hectare worden geregeld.

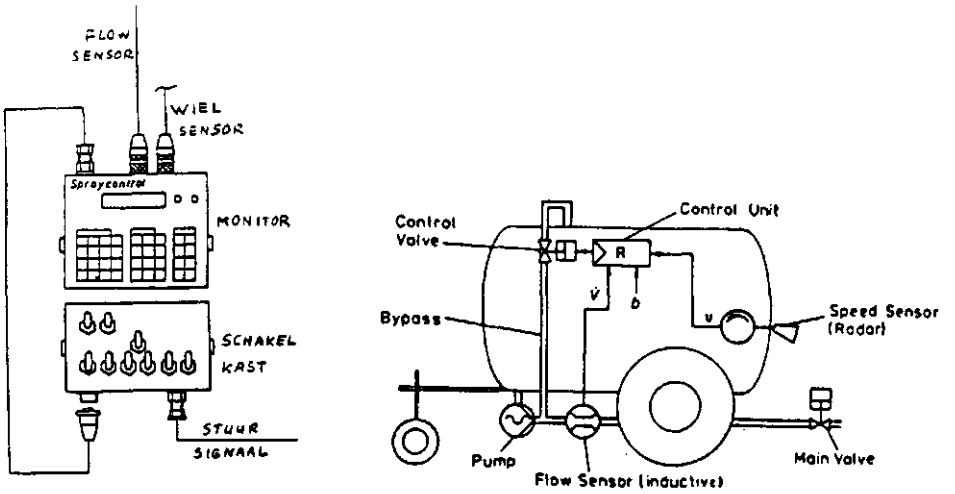
Het grote voordeel van dit systeem is dat de benodigde hoeveelheid via kleine stappen (zover het aantal versnellingen van de trekker reikt) kan worden gedoseerd. Dit moet dan natuurlijk wel plaatsvinden bij een constant toerental van dat component van de machine dat de dosering regelt (voor drijfmest vaak het toerental van de pomp). Plaatselijk corrigeren van de hoeveelheid mest is eenvoudig, een grotere of kleinere versnelling kan worden gekozen. Het nadeel van een dergelijk doseersysteem is de onnauwkeurigheid die kan ontstaan. Los van het feit dat de dikte en de viscositeit van de mest varieert gedurende het uitrijden, is de gekozen rijsnelheid zelden constant. Deze variatie in rijsnelheid ontstaat door de variatie in motortoerental van de trekker en heeft ook directe gevolgen voor het pomptoerental wat gekoppeld is via een bepaalde overbrengingsverhouding aan het motortoerental. Deze pomptoerentalvariatie heeft gevolgen voor de afgifte van de pomp, zeker als dit een pomp betreft die per omwenteling van de pompas een bepaalde hoeveelheid mest verpompt. De variatie in rijsnelheid ontstaat vaak door de ongelijke ligging van het land waarop de mest wordt uitgereden. De combinatie van het wisselende motortoerental en het daaraan gekoppelde aftakastoerental is in het nadeel van een nauwkeurige dosering.
Een ander nadeel van een rijsnelheidsafhankelijke dosering is de oncontroleerbaarheid van de gegeven hoeveelheid mest. De homogeniteit en viscositeit van de mest is hierin de doorslaggevende factor. Verder kan vermeld worden dat een rijsnelheidsafhankelijk systeem in combinatie met een meetunit voor de uitgebrachte hoeveelheid (doorstroommeter o.i.d.) ook kan leiden tot een exacte dosering, mits de trekker voldoende versnellingen heeft en er gebruik wordt gemaakt van homogene mest. Het rijsnelheids afhankelijke doseersysteem biedt voor de praktiserende boer het voordeel dat op een relatief eenvoudige wijze goed kan worden gedoseerd, het gebruik van een meetunit voor het bepalen van rijsnelheid en uitgebrachte hoeveelheid strekt tot aanbeveling.

5.1.3.3 Rijsnelheidsonafhankelijk doseren

Naast de mogelijkheid van het doseren afhankelijk van de rijsnelheid is het ook mogelijk te doseren onafhankelijk van de snelheid van de combinatie trekker-tankwagen. Het doseren volgens dit principe heeft het voordeel dat onafhankelijk van de rijsnelheid de mest kan worden gedoseerd. Bij sterk wisselende bodem-

omstandigheden kan de rijsnelheid door verschillende oorzaken variëren door o.a. trekkrachtverschillen in nattere plekken of in hellend terrein. Het rijsnelheidsonafhankelijk maken is mogelijk door enkele parameters te meten met diverse sensoren en deze meetwaarden in te voeren in een geautomatiseerd regelsysteem. De parameters die gemeten worden bij een drijfmesttank zijn o.a. de rijsnelheid, het debiet mest wat een bepaald punt passeert en eventueel het toerental van de pomp of een hydraulisch component. Het regelgedeelte vergelijkt de ingestelde waarde met de gemeten waarde en corrigeert de gift tot een optimum. Het regelen van de af te geven hoeveelheid kan op verschillende manieren gebeuren, vaak wordt gebruik gemaakt van een computer die de gemeten waarde vergelijkt met de ingestelde waarde en op basis van het verschil impulsen afgeeft met een kleine tussenliggende tijd die een mechanisme aansturen wat zorgt voor de eigenlijke regeling van de meststroom. Dit laatste kan een regelbare klep zijn met een variabele doorstroming of een smoring op het pomptoerental van bijvoorbeeld een draaizuigerpomp met een vast slagvolume.

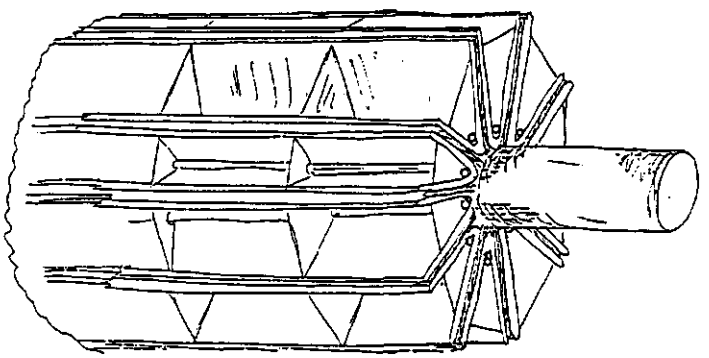
De voordelen van de rijsnelheidsonafhankelijke dosering liggen voornamelijk in het feit dat bij een wisselende rijsnelheid (binnen zekere grenzen) de dosering constant blijft. Als de dosering zich traploos corrigeert aan de wisselende omstandigheden is een gelijkmatige dosering verkregen. Echter de traagheid van de meeste regelsystemen zorgt er vaak voor dat signalen die door sensoren worden opgenomen pas enkele seconden later worden vertaald via de regeleenheid naar een correctie van het doseersturingsmechanisme (figuur 6).



Figuur 6. Principe doseercomputer, afgeleid van spuitcomputer.

Bij het uitrijden van mest onder wisselende bodemomstandigheden kan dit betekenen dat bijvoorbeeld op een natte plek de wielsensoren een afname van de rijsnelheid meten, dit signaal doorgeven aan de meet-/ en regeleenheid die het dan vervolgens vergelijkt met de ingestelde waarde en een stuursignaal geeft aan de regelschuif. Dit stuursignaal kan soms te laat komen, bijvoorbeeld als de tankwagen de natte plek reeds is gepasseerd en weer voldoende snelheid heeft. Dit kan dan resulteren in een averechts effect: een te hoge dosering op de natte plek en een veel te lage dosering direct na de natte plek. Aan de andere kant is het ook mogelijk dat het systeem te snel corrigeert en de pomp niet de kans krijgt de wisselende stuursignalen te vertalen in een slagvolume, het systeem raakt op til. De makers van dergelijke systemen hebben de afgelopen jaren vooral veel aandacht besteed aan de regelsnelheid, deze laatste is vaak ook in te stellen naar gelang dit vereist is. De combinatie van een meet- en regeleenheid is voor loonwerkers vaak aantrekkelijk omdat ze precies kunnen aflezen hoeveel mest ze toedienen en op hoeveel hectares dit gebeurt.
Een andere mogelijkheid van rijsnelheidsonafhankelijk doseren is door gebruik te maken van de niet aangedreven wielen van de tank of een onafhankelijk loopwiel en deze te gebruiken voor de aandrijving van een mestdoseerunit. Dit

laatste is gerealiseerd in de zogenaamde spettermachine die in samenwerking met de firma Schuitemaker te Rijssen is ontwikkeld in de eindfase van het project. De spettermachine is opgebouwd als een getrokken tweewielig voertuig, waaraan zijn opgehangen twee verdeel-rotoren (figuur 7).

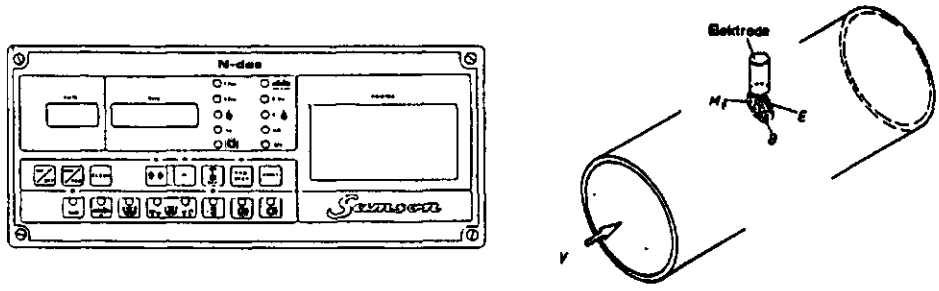


Figuur 7. Principe van de rotor, stalen binnenwerk met rubber meenemers.

Per verdeelrotor is de werkbreedte 2 meter, de totale werkbreedte is dus 4 meter. De aandrijving gebeurt vanaf 2 loopwielen van de door de tank getrokken lorry, deze drijven via een differentieel (voor het maken van bochten), een in de aandrijflijn geplaatste schakelbare tandwielkast en een aantal haakse tandwiel-overbrengingen de twee rotoren rijsnelheidsonafhankelijk aan. Deze eenvoudige mechanische constructie is weliswaar niet traploos te doseren maar biedt wel de mogelijkheid onafhankelijk van de gekozen rijsnelheid te kunnen doseren. Het idee is vergelijkbaar met het doseerprincipe van een nokkenradzaaimachine, het toerental van de nokkenas wordt geregeld door de snelheid van de loopwielen. De draaisnelheid van de nokkenas bepaalt de hoeveelheid zaad per hectare. De spettermachine is uniek vanwege het laatste stuk van het mestdoseersysteem: de spetterbak. Deze bak is aan de onderzijde voorzien van een rotor die de mest al naar gelang de draaisnelheid in kleine of grotere hoeveelheden verspreidt. Als de rotor stilstaat stopt ook de meststroom vanwege de afdichtende werking van de rubberen rotor in het roestvrijstalen huis.

5.1.3.4 Nutriëntafhankelijk doseren

Het doseren van de mest afhankelijk van de hoeveelheid voedingsstoffen die zich in de mest bevinden is de meest ideale oplossing voor het exact kunnen doseren en verdelen van de nutriënten die zich in de mest bevinden. Het grote probleem bij dergelijke doseersystemen is het continu meten van de hoeveelheid voedingsstoffen in de mest. Door het vaak heterogene karakter van de mest is het vrijwel onmogelijk met behulp van een paar monsters (steekproefsgewijs) iets te zeggen over de spreiding aan nutriënten in de mest, laat staan dat iets gezegd kan worden over de juiste hoeveelheid stoffen die worden toegediend. De beste oplossing zou zijn wanneer je op basis van het N-gehalte in de mest de hoeveelheid mest zou kunnen toedienen via een geautomatiseerd meet- en regelsysteem. Dit laatste is (nog) niet gerealiseerd. Een aanzet tot deze manier van doseren is gegeven door de deense firma Samson [5] (figuur 8).



Figuur 8. Principe N-dos doseringssysteem Samson

Dit bedrijf brengt sinds een aantal jaren een doseercomputer op de markt onder de naam: N-dos systeem. De computer is een verdere ontwikkeling van een doseersysteem voor injectie apparatuur voor vloeibare ammoniak. De dosering berust op een computerregelsysteem dat afhankelijk van het drogestofgehalte van de mest de opbrengst van de verdeelpomp regelt. Het drogestofgehalte wordt tijdens het uitrijden van de mest continu gemeten door middel van een sensor die Samson in samenwerking met het Deense Instituut voor Nucleair

Onderzoek heeft ontwikkeld. De sensor zendt een bepaalde hoeveelheid energie uit via een protonenstroom die na doorstraling door het langsstromende produkt geabsorbeerd wordt. De hoeveelheid onderweg verloren energie is een maat voor de hoeveelheid drogestof die zich in de mest bevindt. Met behulp van drogestof/nutriënten relatiecurves wordt de uit te brengen hoeveelheid mest per hectare bepaald. Deze relatiecurves blijken vaak beter te gebruiken dan veelal - ook in internationale wetenschappelijke kring - wordt verondersteld. Dit kan onder andere uit Deense en Nederlandse analysegegevens [12]. worden aangetoond. Algemeen kan gesteld worden dat de relatie tussen de hoeveelheid droge stof en het fosfaatgehalte in de mest vrij constant en betrouwbaar is. (Tabel 1)

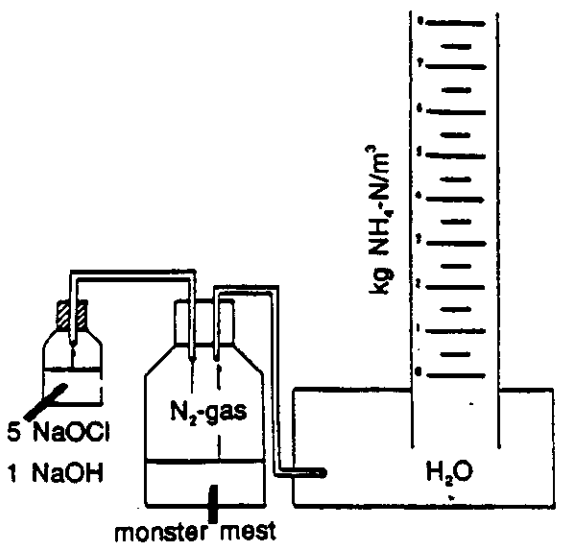
Tabel 1. Correlatiecoëfficiënten tussen gemeten componenten in diverse mestsoorten, gerelateerd aan de droge stof. VDM = varkensdrijfmest, RDM = rundveedrijfmest, KDM = kippedrijfmest [12].

Component	VDM	RDM	KDM
Droge stof	1.00	1.00	1.00
Stikstof	0.84	0.62	0.51
Ammonia-N	0.63	0.24	0.18
Fosfaat	0.91	0.68	0.85
Kali	0.68	0.24	0.38

In hoeverre de hoeveelheid N in de mest in alle gevallen gerelateerd kan worden aan het droge stof gehalte is nog onvoldoende bekend. Het N-dos systeem van Samson biedt in elk geval de mogelijkheid het droge stof gehalte continu te meten in een meststroom. Dit is een eerste vereiste om nutriëntafhankelijk te kunnen doseren. In een latere fase is het wellicht mogelijk een betere meetmethode voor stikstof in de mest te vinden.

Een andere mogelijkheid om nutriëntafhankelijk te doseren is door gebruik te maken van de sneltestmeting van ammoniumstikstof in mest met behulp van de Quantofix-methode. Dit idee is ontstaan in de projectgroep als zijnde een mogelijkheid voor doseren van dunne mest op basis van de hoeveelheid snelwerkende N in de mest. Het idee is niet uitgewerkt, wel zijn er enige opmerkingen over te maken. De sneltestmeting van NH_4-N met de Quantofix-methode berust op het

feit dat een reactiemiddel wordt toegevoegd aan de mest in een gesloten circuit zodat het uit de mest vrijkomende N-gas een vloeistofkolom verdringt. Deze mate van verdringing zegt iets over de hoeveelheid NH_3-N in de mest, op zich zelf een goede waarde om een dosering op af te stemmen. Het reaktiemiddel bestaat uit 5 delen chloorbleekloog (15%) en 1 deel natronloog (30%). Het middel wordt aan de mest voorzichtig toegevoegd en onder licht zwenken van de reactiekolom kan dan binnen vijf minuten de hoogte van de verdrongen vloeistof kolom worden afgelezen. Het automatiseren van een dergelijke snelle bepaling (± 5 min per monster) zou een mogelijkheid kunnen zijn voor het doseren van de mestgift. Te denken valt aan een installatie bij de put of op de tankwagen die gedurende het opzuigen van de mest een aantal monsters neemt die vervolgens worden geanalyseerd op de hoeveelheid snelwerkende N (figuur 9).



Figuur 9. Principe Quantofix voor bepaling ammonium-N in mest

Deze waarde kan dan direct worden gebruikt voor het bepalen van de juiste hoeveelheid m^3/ha mest en voor het vaststellen van de spreiding, tussen de monsters eventueel vertaald in een minimale, optimale en maximale gift per hectare. Het op de tank bijna continu meten van de hoeveelheid ammonium-N, eventueel gekoppeld aan een meet- en regelsysteem, lijkt vooralsnog moeilijk te realiseren. Het is echter denkbaar dat een dergelijke eenvoudige monstername

vergaand geautomatiseerd kan worden zodat een goede en vooral snelle feedback van het meetgedeelte naar het regelgedeelte van de installatie mogelijk is.
Het nutriëntafhankelijk doseren biedt perspectief in de toekomst omdat er nog scherper gelet zal gaan worden op de hoeveelheid mineralen die bij het uitrijden van mest op het land worden gebracht. Voor het N-dos systeem van Samson is momenteel veel belangstelling. Het probleem bij aanvang was het gebruik van radio-actieve elementen in het meetgedeelte van het systeem. Het gebruik en de omgang met dergelijke stoffen vergt een grote kennis en accuraatheid van de gebruiker en leverancier van het systeem. De overkoepelende mestbank in Nederland is van plan een dergelijk systeem aan te schaffen voor het meten van het drogestof gehalte van iedere vracht die bij een boer wordt opgehaald of afgeleverd. De interpretatie naar de hoeveelheid mineralen in de mest is nog onduidelijk en zal met grote voorzichtigheid moeten gebeuren.

5.1.4 *Nauwkeurigheid van de dosering*

De nauwkeurigheid van de dosering komt voornamelijk tot uiting in de reactie van de gewassen op de mogelijke spreiding die ontstaat bij het uitrijden van dunne mest. Dat een ongelijkmatige dosering en ook verdeling (of een combinatie van beiden) kan leiden tot een geldelijke lagere gewasopbrengst is in ander onderzoek, weliswaar met gebruik van kunstmeststoffen, aangetoond [7], [11].
Het visueel waarnemen van streeppatronen in gewassen, als gevolg van een onregelmatige dosering en verdeling, is een duidelijk kenmerk dat op betreffend perceel onnauwkeurig dunne mest is uitgereden.

5.1.4.1 In stappen doseren

Het in stappen of trappen doseren van de juiste hoeveelheid dunne mest per oppervlakte-eenheid is naar eerste indruk niet de meest ideale methode voor het goed kunnen doseren. Echter de stappen die gekozen kunnen worden, wat betreft de grootte, de nauwkeurigheid en het onderlinge verschil tussen de stappen, zijn bepalend voor de geschiktheid van een getrapte dosering. Voor de akkerbouw bijvoorbeeld zouden de stappen verdeeld moeten zijn in een traject van ± 10 tot 50 m^3/ha met tussenliggende stappen van telkens 5 m^3/ha. Als deze stappen nauwkeurig kunnen worden gekozen, uitgaande van een redelijk

homogene mestkwaliteit, dan zou dat al een zet in de goede richting zijn. De tussenliggende waarden zijn vaak niet van belang, giften worden voor het gemak al snel op 5 m^3/ha afgerond. Het probleem waar men in de praktijk echter tegenaan loopt is de vaak sterk wisselende samenstelling van de mest. Deze heterogeniteit maakt het vrijwel onmogelijk exact te kunnen doseren met welk doseersysteem dan ook. Het vooraf goed mengen van de dunne mest draagt in hoge mate bij aan het verbeteren van de homogeniteit van de mest. Vooral oudere mest die gedurende een langere tijd opgeslagen is geweest vertoont na verloop van tijd grote verschillen in samenstelling als een dwarsdoorsnede gemaakt zou worden van het opslagsysteem. Ofwel in een open of gesloten opslagput zal een ontmenging plaatsvinden die resulteert in een scheiding van lichte en zwaardere delen en de vorming van een karakteristieke drijflaag (afhankelijk van het type opslag en de behandelingen die de mest voor opslag heeft ondergaan). Goed mixen is daarom altijd de basis voor goed doseren en verdelen.
Goed mixen of mengen van de mest betekent immers het herverdelen van de nutriënten in de mest, die door het proces van opslaan in ongunstige zin zijn verdeeld. Goed mengen moet regelmatig gebeuren met een goed type mixer met voldoende capaciteit en altijd aangepast aan het opslagsysteem van de mest. Het mixen van een open silo is uit het oogpunt van stroming en weerstand van vloeistoffen niet vergelijkbaar met het mengen van mest in een ondergronds kanalensysteem.

In trappen doseren is vaak gekoppeld aan het gebruik van een tandwielkast voor het variëren van het pomptoerental, mits het type pomp een vast slagvolume per omwenteling heeft. Het kiezen van tussenliggende stappen zou uit technische overwegingen minder aanvaardbaar zijn vanwege een sterke toename van het gewicht en de omvang van de schakelkast. Los van het kiezen van enkele overbrengingsverhoudingen met een tandwielkast of welke mechanische variator dan ook staat natuurlijk het variëren van het volume mest per slag door de aard en kwaliteit van de mest en het type aanzuigsysteem van de pomp (lucht meezuigen). De overbrengingsverhoudingen die gekozen worden bij de tandwielkast hebben daarom nooit een lineair verband met de door de pomp uitgescheiden hoeveelheid mest per tijdseenheid, dit kan immers alleen bij een zogenaamde

Newtonse vloeistof. Mest is een niet-Newtonse (of niet ideale) vloeistof en dat betekent dat de viscositeit niet alleen afhankelijk is van de temperatuur, zoals dat wel het geval is bij bijv. water en olie. Bij niet Newtonse vloeistoffen is de viscositeit tevens afhankelijk van de snelheid waarmee de (denkbeeldige) lagen vloeistoffen zich ten opzichte van elkaar verplaatsen (afschuifsnelheid) [1].
Mengmest is zo'n niet-ideale vloeistof waarvan de viscositeit afhankelijk is van de snelheid van stroming door een leiding en van de intensiteit van het roeren in een silo. Tevens vervallen er dan een heleboel mogelijkheden om eenvoudig en goed te kunnen doseren en verdelen, zoals dat bij ideale (Newtonse) vloeistoffen wel het geval is.

5.1.4.2 Traploos doseren

In trappen of stappen doseren biedt voor de degene die exact een bepaalde hoeveelheid wil doseren niet de mogelijkheid dit nauwkeurig te doen. Te denken valt nog aan het getrapt doseren met een rijsnelheidsafhankelijk systeem. In principe is het dan mogelijk elke gewenste hoeveelheid uit te rijden, uitgaande van een trap van dosering kan binnen die trap door rijsnelheidsverhoging of -verlaging respectievelijk de dosering worden verlaagd of verhoogd. Deze aanpassing aan de dosering is echter niet traploos omdat een verandering van de rijsnelheid meestal plaatsvindt door het kiezen van een andere overbrengingsverhouding tussen ingaande en uitgaande as van de versnellingsbak. Daarbij wordt dan uitgegaan van een constant pomptoerental die met een vaste overbrengingsverhouding is gekoppeld aan het (vaste) motortoerental. Het traploos kunnen variëren van de rijsnelheid, door bijvoorbeeld een hydraulische aandrijving, biedt dan wel de mogelijkheid tot "traploos" doseren (flow-meter).
Bij het traploos doseren wordt er (vaak) vanuit gegaan direct bij de pomp al het debiet te kunnen veranderen, ongeacht de rijsnelheid. De koppeling van dosering en verdeling is één van de belangrijkste struikelblokken bij het corrigeren van de dosering bij een vaste rijsnelheid. Immers door het pomptoerental of beter nog het debiet van de pomp te veranderen verandert ook de intensiteit en de druk van de meststroom naar de overige delen van de verdeelunit. Dit kan resulteren in een andere stromingskarakteristiek in de verdeelunit door het verhogen van de druk of het debiet in het systeem. Bepaalde verdeelsystemen zijn meer gevoelig hiervoor dan andere. De ketsplaat bijvoorbeeld is gevoelig voor drukverande-

ringen omdat daardoor de afbuiging van de meststroom op de ketsplaat verandert wat al snel resulteert in een bredere of smallere werkbreedte en daardoor een grotere of kleinere overlapping van de spuitbeelden. Deze overlapping is bij een bepaalde waarde optimaal en grote afwijkingen daarvan kunnen leiden tot de bekende strooibanen in de gewassen. Een systeem wat minder gevoelig lijkt voor druk- of debietveranderingen is de sleepslangenmachine. Deze machine heeft een roterende verdeler, die gevoed wordt door één of twee toevoerleidingen, die de mest verdeelt over vele afvoerleidingen (± 50 bij een werkbreedte van 12 meter). Het verdelen door de roterende verdeler gebeurt op basis van een pulsatieproces, de afvoerslangen worden namelijk door de roterende verdeelkop één voor één voor een korte tijd gevoed met een geringe hoeveelheid mest. Door het hoge toerental van de rotor, de hoeveelheid mest die wordt toegevoerd en de lengte van de sleepslangen ontstaat er een gelijkmatige stroom mest die niets van een pulsatieproces doet vermoeden. Bij het toedienen van geringe hoeveelheden mest per hectare (± 5 m^3/ha) is echter duidelijk waarneembaar dat er een pulserende stroom in het spel is. De mest wordt in zogenaamde "sigaren" op het land gebracht, d.w.z. in kleine streepjes of dotjes op gelijke afstanden van elkaar. De macroverdeling blijft echter wel goed, uitgaande van de hoeveelheid (massa) mest die er per strekkende meter in de breedte van de machine wordt aangetroffen op de grond. De hoeveelheid kan te gering worden om een gelijkmatige meststroom tot stand te brengen, dat resulteert dan in een regelmatige stroom met behoud van een goede verdeling.
Het type verdeelsysteem bepaald dus mede de mate waarin het debiet en de druk van de meststroom kunnen worden aangepast voor het traploos kunnen regelen van de dosering. Bij het gebruik van een verdringerpomp voor het voeden van een ketsplaat geldt niet dat door een verlaging van het pompdebiet of van de pompdruk de dosering zal afnemen met behoud van een goede verdeling. Het traploos doseren door een traploze variatie van de rijsnelheid is niet te verwezenlijken omdat door de ligging van het terrein waarop de mest wordt uitgereden het vrijwel onmogelijk is een eenmaal gekozen rijsnelheid constant te houden.

5.1.4.3 Eisen aan de doseernauwkeurigheid
De dosering van meststoffen in het algemeen moet afgestemd zijn op de nu-

triëntenbehoefte van het gewas. Voor een snelle opname van de nutriënten speelt enerzijds het opnemend vermogen van het gewas een rol (groeistadium, wortelstelsel, standplaats etc.) en anderzijds de opneembaarheid van de voedingsstoffen in de meststof (wateroplosbaarheid, mobiliteit in de grond etc.). Het bepalen van de optimale meststoffengift gebeurt op basis van onderzoeksresultaten waarbij voor de meeste gewassen, voor de benodigde nutriënten (bijvoorbeeld P en K) vrij nauwkeurige adviezen gegeven kunnen worden. Voor stikstof is de voorspelling van de optimale gift moeilijker dan voor de andere nutriënten, omdat deze sterk beïnvloed wordt door factoren als weersinvloeden, naleveringsvermogen van de grond, mineralisatie etc. Met een nauwkeurige dosering en verdeling moet een synlocalisatie (gelijke plaatsing) van plantenwortels (nutrientensink) en voedingsstoffen (nutriëntensource) nagestreefd worden [8]. In water oplosbare nutriënten die door omstandigheden de plantenwortels niet kunnen bereiken, kunnen uitspoelen (bijvoorbeeld nitraat) en in het grond- en oppervlaktewater terechtkomen. De nauwkeurigheid van de verdeling draagt in grote mate bij aan een goede synlocalisatie, de gelijke plaatsing zegt namelijk ook iets over het tijdstip en de hoeveelheid (de dosis) van de toe te dienen meststof. Te veel mest op één plaats door een plaatselijke overdosering of een afwijkende verdeling lijdt tot overdaad op de ene plaats en stilstand op de andere plek. De volgende tabel toont de resultaten van berekeningen waarbij aan de hand van resultaten uit een proef, uitgevoerd door het PAGV (1978-84), duidelijk blijkt dat een suboptimale dosering wel of niet in combinatie met een afwijkende verdeling financiële gevolgen kan hebben voor de teelt van suikerbieten [7].

Tabel 2. Opbrengst in guldens per hectare bij de geadviseerde (N-adv.) en de optimale stikstofbemesting (N-opt.), en de berekende verliezen als gevolg van een suboptimale dosering en een goed, respectievelijk slecht strooibeeld [7].

jaar	N-adv. kg/ha	opbrengst bij N-adv. gld/ha	N-opt. kg/ha	opbrengst bij N-opt. gld/ha	verlies door suboptimale dosering gld/ha	verlies door strooibeeld gld/ha	
						goed	slecht
1978	150	8917,-	165	8940,-	23,-	23,70	108,80
1979	150	7202,-	150	7202,-	-,-	30,20	162,40
1980	150	6830,-	130	6874,-	44,-	13,50	69,90
1981	150	7448,-	115	7554,-	106,-	8,30	62,90
1982	150	8923,-	100	9175,-	252,-	5,90	71,10
1983	150	4288,-	25	4777,-	489,-	-/-3,80	6,30
1984	150	6255,-	130	6294,-	39,-	13,80	81,90
gem.		7123,-		7259,-	136,-	13,10	80,50
gem. [1])		7596,-		7673,-	77,-	15,90	92,50

[1]) = gemiddelde exclusief 1983

Uit de cijfers in tabel 2 blijkt duidelijk dat de optimale stikstofgift in de verschillende jaren sterk verschilt. Dit is een gevolg van met name klimaatsafhankelijke factoren die de stikstofhuishouding in de grond beïnvloeden. Deze factoren maken het voorspellen van de optimale stikstofbemesting erg moeilijk en kunnen soms leiden tot hoge verliezen door een onjuiste dosering. Het is goed te vermelden dat dit onderzoek is uitgevoerd met kunstmest, zodat een volledige vergelijking naar een organische in plaats van een minerale meststof niet helemaal opgaat. De verliezen die ontstaan door een suboptimale dosering en een onregelmatige verdeling van stikstof bij suikerbieten zijn gemiddeld 3-5 %. Hierbij moet worden opgemerkt dat grote verschillen kunnen optreden en dat deze berekeningen zijn gebaseerd op een willekeurig gekozen strooibeeld van een korrelvormige kunstmeststof. Onderzoek heeft aangetoond dat de verdeelnauwkeurigheid in de praktijk (zeker die van drijfmestverspreiders) slechter is dan in het aangenomen geval. Bij de doseer- en zeker ook bij de verdeelnauwkeurigheid is de nutriëntenconcentratie in de meststof van belang bij de vergelijking van dunne dierlijke mest en korrelvormige kunstmest. Kunstmeststoffen zijn een meer geconcentreerd produkt en de verhoudingen tussen de aanwezige mineralen is beter afgestemd op de behoefte van de plant. Dit verschil heeft ook zijn

gevolgen voor de interpretatie van de doseer- en verdeelnauwkeurigheid van de meststoffen. De verdeelnauwkeurigheid wordt uitgedrukt in de variatiecoëfficiënt voor de breedteverdeling, een maat voor de verdeling van de meststof haaks op de rijrichting.
Bij de beoordeling van het effect van een bepaalde verdeling speelt enkel de dosis-respons een rol. Die is afhankelijk van de massa en de concentratie van de toegediende meststof. Het volume speelt alleen een rol bij de toedieningstechniek. Vergelijk spuiten met pesticiden met 100 liter per ha of 600 l/ha.
Bij kunstmest wordt voor het bepalen van de gelijkmatigheid van de breedteverdeling gebruik gemaakt van kunststof opvangbakken (afmetingen ± 50 x 50 cm en een hoogte van ± 10 cm) die in het veld op maaihoogte worden geplaatst, haaks op de rijrichting. Door de inhoud van deze bakken te wegen (massa) of in een aantal naast elkaar geplaatste buisjes te deponeren (volume) kan een indruk worden verkregen van de gelijkmatigheid van de verdeling. Bij het bepalen van de variatiecoëfficiënt voor de breedteverdeling bij dunne mest wordt gebruik gemaakt van celstofmatjes die op de grond worden vastgelegd, dit om er voor te zorgen dat het grondoppervlak zo goed mogelijk kan worden nagebootst. De mest die op de matjes terecht komt (afm. ± 50 x 50 cm) wordt vervolgens gewogen en een VC kan worden bepaald. De variatiecoëficiënt is dimensieloos en is altijd onafhankelijk van een gewaseffect, de VC zegt alleen iets over het technische verdeelresultaat van de machine en kan dan ook alleen gebruikt worden voor het onderling vergelijken van verschillende machines en systemen.

5.1.5 *Conclusies*

Doseren van mest is geen eenvoudige zaak. De vele factoren die meespelen voor het juist kunnen doseren zijn voor een deel controleerbaar en voor een ander deel ook niet beheersbaar. Het gebruik van homogene mest is een eerste vereiste voor het goed kunnen doseren (en verdelen). De verschillende principes die besproken zijn voor het juist kunnen doseren verschillen onderling in de nauwkeurigheid waarmee kan worden gewerkt, evenals de eenvoud en de kosten die ermee gemoeid zijn. Traploos doseren heeft het voordeel dat exact de gewenste gift kan worden uitgereden, de vraag is of dit altijd nodig is. Het

doseren in stappen van bijvoorbeeld 5 m^3/ha sluit vaak voldoende aan bij het plantgericht kunnen doseren. De eenvoud van de constructie en het bedieningsgemak spelen bij de dosering een grote rol, nauwkeurig doseren begint bij inzicht krijgen in hoeveel er gegeven wordt en de factoren die daarbij in meer of mindere mate een rol spelen. Nutriëntafhankelijk doseren wordt geschetst als de beste mogelijkheid om het gewas op basis van de behoefte aan voedingsstoffen te bemesten. In feite is een situatie gewenst zoals die zich bij kunstmest voordoet, de gehalten van de mest zijn bekend en het produkt is van homogene kwaliteit; kortom de boer kan vrij eenvoudig nauwkeurig en doeltreffend doseren als bekend is wat het gewas verlangt.

5.2 Verdeling van mest

Het verdelen van mest moet in het verlengde worden gezien van het doseren van dunne mest. De dosering is afhankelijk van de nutriëntenbehoefte en van de verdeling. De verdeling bepaalt mede de nauwkeurigheid van de dosering. Als de dosering van het verdeelmechanisme goed is, d.w.z. elke deelstroom heeft een evenredig deel van de hoofdstroom, is alleen het laatste deel van het verdeelmechanisme nog verantwoordelijk voor een goede verdeling. De nauwkeurigheid van de verdeling wordt vaak pas aan het einde van de meststroom bepaald, als de mest bijvoorbeeld de ketsplaat verlaat zijn er nog veel onbeheersbare factoren die het resultaat nadelig kunnen beïnvloeden. Belangrijk is het daarom aandacht te besteden aan dit laatste stuk van de meststroom.

5.2.1 *Verdelen op bedrijfs- en perceelsniveau*

Verdelen van mest kan op verschillende manieren worden opgevat. Mest kan op verschillende niveaus worden verdeeld. Als we kijken naar de verdeling op bedrijfsniveau, dan is het zaak de toegediende mest doelmatig te verdelen over het gehele bedrijf gedurende een vruchtwisselingsperiode. Bepaalde percelen die worden overbemest hebben vaak een grotere milieubelasting tot gevolg dan percelen waarop de planten in staat zijn de aangeboden nutriënten op te nemen. Het advies is daarom de dunne mest toe te dienen voor het gewas dat er het

meeste profijt van heeft. Dit zijn vaak de N-behoeftige gewassen. De verdeling kan ook worden bekeken op perceelsniveau, hoe is de mest verdeeld op één perceel en wat is de reden daarvan. Uit de praktijk blijkt maar al te vaak dat er op de kop- of wendakkers meer wordt bemest dan op de rest van het perceel. Door de dubbele overlappingen bij het in- en uitschakelen van de tank ontstaan plekken met grote overdoseringen, met als gevolg een grotere milieubelasting en nadelige gevolgen voor de gewassen. Op de rest van het perceel kan door andere oorzaken ook de verdeling slecht zijn: sterke zijwind tijdens het uitrijden, slechte rijstijl (te weinig of te veel overlappen), technische gebreken aan de machine [4]. Naast deze twee interpretaties van de verdeling is de laatste niet minder belangrijk, namelijk de breedte- en lengteverdeling van de afzonderlijke machine. Deze breedteverdeling heeft ook een relatie met de overlapping van twee op elkaar aansluitende werkgangen. De lengteverdeling is een maat voor de juiste afgifte per werkgang, afwijkingen in de lengteverdeling komen tot uiting is een wisselende grootte van de gift tijdens het voltooien van een werkgang, wat vaak leidt tot een slechte breedteverdeling. De breedteverdeling zegt iets over de hoeveelheid mest die per strekkende meter op de grond wordt gebracht, haaks op de rijrichting gemeten en gedurende een korte tijd. Een andere bepalende factor voor de nauwkeurigheid van de breedteverdeling is de mate van overlapping die optreedt als twee enkelvoudige strooi- of spuitbeelden over elkaar heen gelegd worden. Door overlapping namelijk kunnen fouten in het strooibeeld worden afgezwakt of juist versterkt, dit afhankelijk van de wijze van uitrijden (rondgaand of heen en weer) en de mate van overlapping (zo dicht mogelijk bij de optimale overlappingsafstand). Het verdelen kan dus op verschillende niveau's worden geïnterpreteerd, met voor elk niveau verschillende risico's voor onnauwkeurigheden die in het proces kunnen binnensluipen.

5.2.2 *Verdeling van dunne mest in de praktijk*

In de jaren 1986 en 1987 is, deels in samenwerking met de Agrarische Hogeschool in Dordrecht door het PAGV onderzoek verricht naar de verdeling van mengmestverspreiders in de praktijk. Gekeken is naar de dosering- en verdeelnauwkeurigheid van op dat moment gangbare dunne mest verspreiders. Voor dit doel zijn door het PAGV een meetsysteem en een computerprogramma ontwik-

keld dat op allerlei gebieden waar stoffen nauwkeurig verdeeld moeten worden inzetbaar is [4], [9]. Gebleken is dat in de praktijk dunne mest uitermate slecht en onnauwkeurig wordt toegediend.

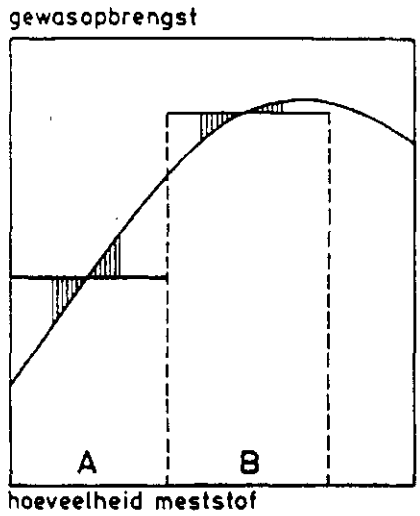
Tabel 3. Verdelingsnauwkeurigheid van de geteste mengmestverspreiders en de algemene beoordeling daarvan [4].

variatiecoëfficiënt (%)	beoordeling	aantal machines
< 10 %	uitstekend	geen
10 - 15 %	goed	geen
15 - 20 %	voldoende	geen
20 - 25 %	aanvaardbaar	1
25 - 30 %	onvoldoende	4
> 30 %	slecht	11

Een gemiddelde variatiecoëfficiënt (VC = maat voor de nauwkeurigheid van de verdeling) van 37% werd gevonden, met uitschieters van 60% [4]. Een goede verdeling wordt pas bereikt bij een VC van kleiner of gelijk aan 10%, een onmogelijke waarde voor de meest gangbaar gebruikte verspreiders van dunne mest. De verliezen als gevolg van deze slechte verdeling en bemesting kunnen afhankelijk van de weersomstandigheden en andere randfactoren zoals het bemestingsniveau, oplopen tot honderden guldens per hectare [7]. Vooral de plaatselijke over- en onderdoseringen leiden tot grote opbrengstverliezen en kwaliteitsverschillen.

5.2.3 *Effecten van een slechte verdeling*

De zichtbare verschillen zijn strooi- of spreidbanen in het gewas. In de regel betekent dit visueel effect ook een opbrengst- en kwaliteitsverlies. De hoogte van een financieel verlies hangt af van de grootte van de mestgift. Op een laag bemestingsniveau zal een opbrengstderving door onderbemesting op de ene plaats worden gecompenseerd door een opbrengstverhoging op een andere plaats in het veld. Op een hoog niveau ligt dit anders, de opbrengstdervingen worden in dat geval niet gecompenseerd door een opbrengstverhoging elders (figuur 10).



Figuur 10. Het effect van een ongelijkmatige dosering van de meststof op de gewasopbrengst (A) in het rechtlijnig stijgende deel van de curve, (B) in het kromlijnig deel van de curve [7], [9].

De grootte van de gift bepaald dus in sterke mate of meer of minder risico kan worden gelopen met over- of onderdoseringen [7]. Het streven is natuurlijk uit te gaan van een zo gelijkmatig mogelijke dosering, de dervingen blijven dan altijd aanvaardbaar. Zowel in het veld als bij de uiteinden en op de wendakker dient de mest gelijkmatig te worden verdeeld. Dan treden er ook geringere kwaliteitsverliezen op door een ongelijkmatige afrijping van het gewas. Omdat het standaard bemestingsadvies (van het BLGG te Oosterbeek) steeds het gewasoptimum van het gewas nastreeft, zal men bij de bemesting volgens dit advies - afhankelijk van de grondsoort, het tijdstip van toedienen en de weersomstandigheden - rekening moeten houden met een opbrengstderving van ± ƒ 200,- per hectare voor bijvoorbeeld een gewas suikerbieten. Dit geldt voor een onnauwkeurige verdeling met een variatiecoëfficiënt van ca. 20% [7]. Bij najaarstoediening van mest op zware grond kan in combinatie met slechte weersomstandigheden en daardoor de kans op verdichting en versmering van de grond, een opbrengstderving plaatsvinden in het volggewas waarbij de gevolgen van een ongelijkmati-

ge verdeling worden versterkt door een slechte structuur. Dit laatste kan ook het geval zijn bij de toepassing van dunne mest in het voorjaar [15].

5.2.4 *Verdeelprincipes*

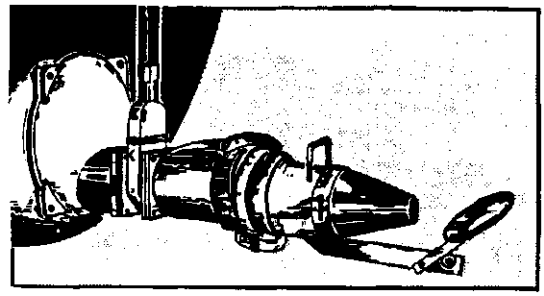
Net als bij het doseren van mest zijn voor het verdelen van dunne mest een aantal verdeelprincipes op te sommen. Twee hoofdprincipes kunnen worden onderscheiden, namelijk het bovengronds of oppervlakkig verdelen en het ondergronds verdelen van de mest (ook wel injectie genoemd). Het bovengronds verdelen was van oudsher de methode om zowel de vaste mest te verdelen met behulp van een stalmestverspreider als ook om de dunne vloeibare mest (gier) te verdelen/verspreiden met een gierverspreider. In eerst instantie bestaat mest uit twee fracties, een vast deel met een hoog drogestof gehalte en een vloeibaar deel met een laag gehalte aan droge stof. Het vloeibare deel is veel eenvoudiger te verdelen vanwege de dunvloeibaarheid van het produkt, terwijl bij de vaste mest de mate van dichtheid in de mest konstant moet zijn voor een goede verdeling. Later toen de ligboxenstal in opkomst kwam werd het gebruik van drijfmest steeds meer de enige optie voor een arbeidsextensief systeem van veeteelt. Deze weliswaar dunne mest (mits goed gemengd en vrij van verontreinigingen) is dikker en visceuser dan gier en dusdanig niet goed te verdelen met een verdeelsysteem wat bij aanvang voor gier is ontwikkeld, zoals bijvoorbeeld de ketsplaat.

5.2.4.1 Bovengronds verdelen

Het bovengronds verdelen van mest is van oudsher de methode voor het verdelen van de mest over het land. Dit heeft dan betrekking op het bovengronds of oppervlakkig verdelen van vaste mest, maar ook op het verdelen van de dunne fractie van de mest: de gier. Het daarvoor gebruikte werktuig was vrij eenvoudig van constructie, de in een eenvoudig vat opgeslagen gier werd via een uitstroomopening geleid naar een verdeelinrichting. Vaak bestond deze uit een eenvoudige ketsplaat waar de stroom waterige gier op werd gebracht en vervolgens werd verdeeld over een geringe werkbreedte. Ook het gebruik van roterende gierverdelers is bekend, de gier werd bij dit systeem via een voorraadvat op een roterende schijf gebracht die gemonteerd was op een eenvoudig karretje dat

door de loopwielen werd aangedreven. Dit werktuig was afgeleid van de eerste centrifugaalstrooiers voor korrelvormige kunstmest die ook werden aangedreven door de loopwielen. Het verdelen bestond dus uit het verspreiden van de waterige gier over een geringe werkbreedte, vaak de breedte van de wagen met daarop het voorraadvat: ± 1.50 meter. De vaste mest die gescheiden werd opgeslagen op een mestvaalt werd met de hand op een eenvoudige boerenwagen gebracht en van daaruit naar het land gereden waar de mest bij een geringe rijsnelheid met de hand werd verdeeld. Later kwamen ook minder arbeidsintensieve systemen voor het verdelen van deze vaste stalmest. De eerste stalmestverspreiders hadden ook en geringe werkbreedte en een beperkt laadvermogen, de aandrijving geschiedde eerst door de loopwielen (rijsnelheidsonafhankelijk) en later door de aftakas van de trekker die het geheel voortbewoog.
De introductie van de zogenaamde drijfmest of mengmest (is een combinatie van gier en vaste mest) in de rundveehouderij en de opkomst van de ligboxenstal maakte nieuwe aanpassingen noodzakelijk aan de bestaande verdeelapparatuur voor deze nieuwe mengmest. Door het niet meer gescheiden opslaan van de mest ontstond er een nieuwe mestsoort die veel heterogener van aard en samenstelling was als de gier en de vaste mest van daarvoor. Vooral de dikvloeibaarheid en het droge stofgehalte van de mest kon niet eenvoudig worden bepaald vanwege de wisselende mengverhouding tussen dunvloeibare gier en vaste stalmest. Daarbij kwam dat de mestput steeds meer als afvalput of beter "beerput" werd ervaren. Vele afvalstoffen zoals het spoelwater van de melkinstallatie en allerlei andere schadelijke chemische stoffen kwamen in de mestput terecht en werden vervolgens over het land uitgereden. Niet alleen vloeibare afvalstoffen werden gedumpd in de put, maar ook grotere verontreinigingen zoals stukken afgekapte koehoeven, koeharen en andere resten die in een ligboxenstal al dan niet via het voer over het rooster in de put verdwijnen. Vooral deze laatste delen geven al snel problemen als het gaat om verstoppingen in de machines voor het uitrijden van de mest. Bij de bovengrondse verdeling van mest wordt in de hedendaagse praktijk veel gebruik gemaakt van systemen die in redelijkheid ongevoelig zijn voor deze verontreinigingen, mits ze niet een bepaalde grootte te boven gaan. We denken dan aan de ketsplaat en andere verdeelsystemen met één ruime centrale verdeelopening. Deze systemen lijken op het oog vaak ongevoelig voor deze ongerechtigheden in de mest, maar de

werkelijkheid is dat de verdeling van deze machines wel degelijk wordt beinvloed door de kwaliteit en homogeniteit van de mest. Er wordt nog steeds onvoldoende aandacht besteed aan deze mestkwaliteit, dit is inherent aan de hardnekkige gedachte dat mest als een afvalstof moet worden beschouwd en dat de kwaliteit van de mest nog steeds in onvoldoende mate wordt gewaardeerd door de Nederlandse veehouder.
Het bovengronds verdelen van mest is uit het oogpunt van de beperking van de ammoniakemissie niet de meest voordelige methode, toch is het voor de praktijk een goedkope methode die vaak in eigen mechanisatie kan worden uitgevoerd. Door een verbetering van de bovengrondse toediening van mest kan veel gewonnen worden aan het effectief gebruiken van mest in de veehouderij en akkerbouw (figuur 11.)



Figuur 11.Een standaard ketsplaat voor bovengrondse toediening

Het grote nadeel van het injecteren van mest is het overdoseren en het vaak te diep en ongelijkmatig plaatsen van de mest in de bodem. Over de voor- en nadelen van de diverse bovengrondse verdeelsystemen komt in de volgende paragrafen meer aan de orde.

5.2.4.2 Ondergronds verdelen of injecteren
Naast het bovengronds of oppervlakkig toedienen van mest is het ook mogelijk de mest in de grond te brengen middels injectietechnieken. Deze technieken zijn niet nieuw, voor het verspreiden van dunvloeibare gier werd al heel vroeg ge-

bruik gemaakt van een zogenaamde gieronderbrenger, voornamelijk afgeleid van Deense machines die later verder zijn ontwikkeld en verbeterd. Het belangrijkste argument (ook voor de gier) was het beperken van de vervluchtiging van de ammoniak die optreedt bij het uitrijden van mest. Tevens heeft injecteren het voordeel dat een werkgang kan worden bespaard en dat de toplaag beter in tact blijft zodat het zaaien van een volggewas eenvoudiger, zeker onder droge omstandigheden op zwaardere gronden, kan plaatsvinden. Op grasland is het vaak de enige techniek om de mest onder de zode te brengen zonder deze geheel te beschadigen en met beperking van de ammoniakemissie. De trekkracht die nodig is om de tanden door de grond te trekken is op zwaardere gronden een bezwaar wat gevolgen heeft voor de werkbreedte en het gewicht waarmee over het land wordt gereden. Ook de intensieve besporing door de geringe werkbreedte is een groot nadeel van een injectiesysteem, dat maakt de acceptatie op akkerbouwland niet groter, zeker als het gaat om het uitrijden van mest onder minder gunstige omstandigheden wat betreft bodem, weer en gewas.
Overigens geldt voor injectie van mest ook dat de kwaliteit van de mest goed moet zijn en dat er geen grove verontreinigingen in de mest moeten voorkomen. De machinefabrikanten hebben de laatste jaren veel aandacht besteed aan het verbeteren van de storingsongevoeligheid van de machines door het inbouwen van allerlei componenten in de machine die de verontreinigingen in de meststroom kunnen vermalen, verkleinen of scheiden. Deze aandacht is ontstaan uit het feit dat veel mest nog verontreinigd is met grove delen en dat de mestkwaliteit dus nog onvoldoende serieus wordt genomen.

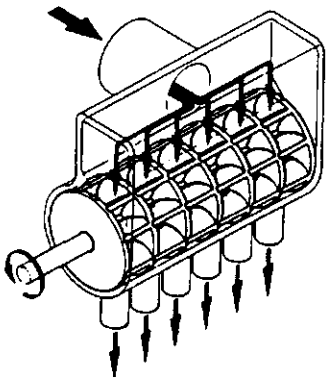
Verdelen met enkelvoudige uitstroomopening

Het verdelen van de dunne mest vanuit één centrale uitstroomopening is machinetechnisch veruit het eenvoudigste te realiseren. De "oude" systemen met sproeimond en ketsplaat zijn hier voorbeelden van. De voeding van één opening is ook eenvoudig realiseerbaar, de pomp voedt de uitstroomopening rechtstreeks zonder dat er een verdeler tussen geplaatst hoeft te worden. De enkelvoudige uitstroomopening heeft echter veel nadelen, vooral ten aanzien van de verdeling van dunne mest. De verstoppingsgevoeligheid is gering zodat sprake is van een bedrijfszekere machine; voor de gebruikers van de machine een belangrijke factor. De werkbreedte die bereikt kan worden is afhankelijk van een aantal

factoren. Voor het bereiken van een optimale verdeling moeten we praten over een samengesteld strooi- of spreidbeeld van twee of meerdere naast elkaar gelegen werkgangen. Dusdanig wordt de overlapping van twee strooibeelden goed beoordeeld. Deze mate van overlapping zegt veel over de effectieve werkbreedte die met het systeem kan worden gehaald. Deze overlapping varieert afhankelijk van het type spreidplaat, de dikte van de mest (ds-gehalte), de mate van windinvloed tijdens het uitrijden en de mestgift. Het inschatten van de grootte en invloed van de factoren die een rol spelen bij het verdelen van de mest is in de praktijk niet altijd eenvoudig vanwege de vele factoren die onvoorspelbaar zijn. Binnen de systemen met één centrale uitstroomopening zijn er verschillende mogelijkheden. Naast de gewone ketsplaat zijn er ook systemen met een pendelende of roterende beweging voor het verdelen van de mest, deze systemen hebben soms een betere verdeling en zijn weinig storingsgevoelig.

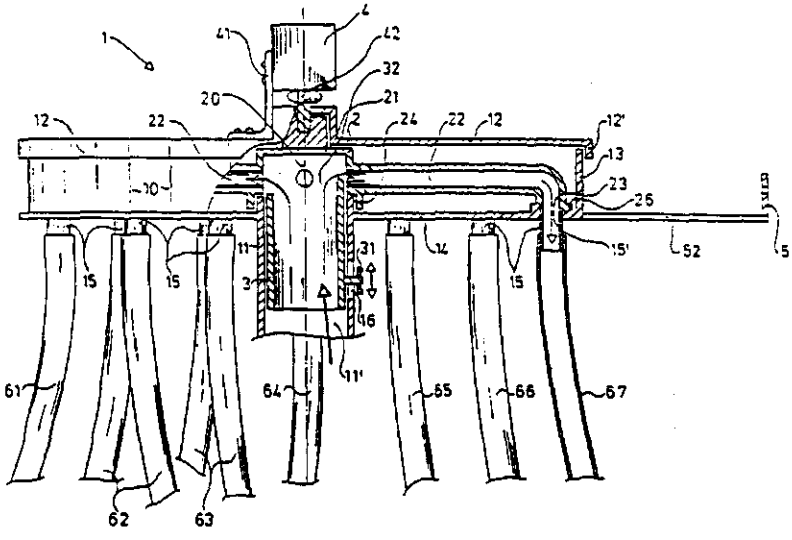
5.2.4.3 Verdelen met meervoudige uitstroomopeningen

Bij het verdelen van de mest over meerdere uitstroomopeningen bestaat de mogelijkheid per uitstroomopening een kleinere werkbreedte te realiseren. Deze kleinere breedte kan dan nauwkeuriger worden bemest d.w.z. zonder grote windinvloeden of sterk afhankelijk van de manier van rijden tijdens het bemesten. Het nadeel van deze methode is dat de mest na het verlaten van de pomp verdeeld moet worden over meerdere uitstroomopeningen. Soms is dit gedeelte aan de pomp vastgebouwd en geeft de pomp een aantal meststromen die naar de verdeelunit worden geleid. Deze eenvoudige oplossing levert echter niet de gewenste nauwkeurigheid op. Eerder wordt gekozen voor een aparte verdeler die de hoofdstroom aftakt in meerdere kleinere deelstromen (figuur 12).



Figuur 12. Verdelen van één hoofdstroom in 6 deelstromen.

Deze aftakking heeft gevolgen voor de nauwkeurigheid van de verdeling over alle uitstroomopeningen, elke opening behoeft evenveel mest en moet vrijwel gelijktijdig worden gevoed. Door een toename van het aantal uitstroomopeningen moet automatisch worden gekozen voor kleinere doorstroomopeningen, waar een geringere hoeveelheid mest doorheen stroomt (vaak met een lagere stroomsnelheid). Deze vernauwing in de machine van de doorstroomopeningen heeft tot gevolg dat de verstoppingsgevoeligheid toeneemt. Het onder druk voeden van de uitstroomopeningen kan dan een oplossing bieden mits het type rotor daar voor geschikt is. Bij de sleepslangenmachine bijvoorbeeld is de werking van de standaard (roterende) verdeler te vergelijken met een "fontein" werking. De mest wordt in het midden van de verdeler omhoog gepompt en van daaruit verder door de zwaartekracht verdeeld over de ± 50 uitstroomopeningen (figuur 13).



Figuur 13. Schematische doorsnede rotor sleepslangenmachine (Stade)

Zodra de mest in de rotor komt is de druk van de pomp op de mest niet meer van betekenis, als deze druk namelijk te groot wordt bestaat het gevaar dat de omtreksnelheid van de rotor afneemt door een grotere inwendige weerstand en zelfs kan stoppen met als gevolg dat slechts enkele van de uitstroomopeningen worden gevoed met mest. Het stilstaan van de rotor bij de standaard verdeler gebeurt ook vaak op het moment dat de meststroom vanaf de pomp de verdeler bereikt, terwijl op dat zelfde moment de rotor nog op toeren moet komen. Deze situatie doet zich voor bij het begin van het uitrijden, door het lage motortoerental van de trekker in verband met het rustig kunnen inschakelen van de aftakas komt de meststroom op gang op een moment dat ook de door de trekkerhydrauliek (motortoerentalafhankelijk) aangedreven verdeler even een geringe hoeveelheid olie krijgt en daardoor al snel gaat stilstaan. Het gevolg is dat de relatief grote meststroom vanaf de pomp(en) terecht komt in een verdeler met een te geringe omtreksnelheid om de mest direct te kunnen verdelen. Als de rotor echter over dit kritieke punt heen is dan is de verhouding motortoerental - pomptoerental en verdelertoerental weer in evenwicht. Bij een geringe verontreiniging neemt de weerstand in de verdeler toe en is de genoemde verhouding weer uit het evenwicht. Dit laatste kan wellicht worden opgelost door de inscha-

kelprocedure van de meststroom te veranderen. Door bijvoorbeeld de pomp uit te rusten met een variabel toerental zodat tijdens het inschakelen van de meststroom het debiet dat de pomp afgeeft veel kleiner is en daardoor de verdeler minder snel tot stoppen dwingt. Ook het op een andere manier of op een ander moment inschakelen van de meststroom kan het stilstaan van de verdeler helpen voorkomen. Deze laatste suggesties zijn in de praktijk eenvoudig uit te voeren en zijn al gerealiseerd in een aantal machines.

5.2.4.4 Breedte- en lengteverdeling

De verdeling van de mest over het land moet niet alleen in de breedte- van de werkgang goed gebeuren, maar ook in de lengte van de werkgang moet de verdeling goed zijn. De mest moet in een denkbeeldig vierkant evenwijdig aan het grondoppervlak overal goed verdeeld zijn. Dit vierkant is dan een deel van een denkbeeldige matrix die over het gehele perceel is heengelegd. Binnen elk vierkant moet per oppervlakte eenheid een even grote massa mest aanwezig zijn, waarbij er geen lengte- of breedtegradiënten meer te vinden mogen zijn die wijzen op een slechte verdeling. De breedte- en de lengteverdeling van een mestverspreidingssysteem is vrij eenvoudig te meten en controleren. Bij een goede lengteverdeling is de afgifte van de tank even groot bij een volle tank als bij een bijna lege tank, dus onafhankelijk van de vullingsgraad van de tankwagen. Daarbij dient natuurlijk wel te worden opgemerkt dat de rijsnelheid een belangrijke factor is bij de lengteverdeling. Alleen door de rijsnelheid constant te houden is een goede verdeling in de lengte van de uitrijbaan mogelijk. Deze rijsnelheid kan afhankelijk zijn van de vullingsgraad van de tank, hoe voller immers de tank hoe groter de insporing en des te groter de kracht die nodig is de combinatie van trekker en tank voort te bewegen. Dit pleit dus voor een aflezing van de actuele rijsnelheid of het gebruik van een doseercomputer. Bij het vasthouden aan een bepaald motortoerental (wat in de praktijk vaak gebeurt) wordt de hoeveelheid mest per oppervlakte eenheid steeds geringer naarmate de tank leeg raakt. Dit geldt alleen voor tankwagens die zijn uitgerust met een vacuumpomp. Door een geringe toename van de rijsnelheid door verlies aan massa wordt de lengteverdeling negatief beïnvloed, dit echter afhankelijk van het doseer- en verdeelsysteem. De doseercomputer zorgt voor een rijsnelheidsonafhankelijke dosering en dus tevens een compensatie voor een afname van het

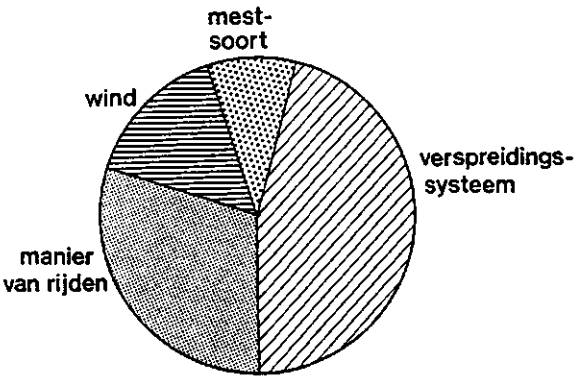
gewicht van de uitrijcombinatie. Deze regel- en controle-apparatuur is momenteel verkrijgbaar op de markt. Het enige nadeel is dat mest een stof is die niet te karakteriseren valt en dat dus de sturing van de hoeveelheid mest (middels een doorstroommeting) sterk afhangt van de wisselende samenstelling en stromings- (reolische) eigenschappen van de mest.

5.2.5 *Nauwkeurigheid van de verdeling*

Voor de nauwkeurigheid van de verdeling geldt in principe hetzelfde als bij de dosering. Een goede verdeling is de basis voor een goede gewasgroei en een goede, egale gewaskwaliteit. Over de nauwkeurigheid van de verdeling is de laatste jaren meer bekend geworden vanwege de vele metingen die zijn verricht aan diverse verdeelsystemen van zowel kunstmest als dierlijke mest. Vooral wat betreft de eisen die gesteld moeten worden aan de verdeelnauwkeurigheid is meer duidelijkheid gekomen. Zodoende zijn verschillende mestverspreidingssystemen met elkaar te vergelijken.

5.2.5.1 Verdeling per uitstroomopening

De nauwkeurigheid van de verdeling hangt voor een groot deel af van het aantal uitstroomopeningen dat gebruikt wordt voor het verdelen van de mest over een bepaalde werkbreedte. Bij het gebruik van één enkele uitstroomopening moet de volledige nauwkeurigheid gehaald worden uit het nauwkeurig afstellen en gebruiken van deze opening. Het voordeel daarvan is dat snel en eenvoudig kan worden afgesteld, terwijl het nadeel echter is dat allerlei andere factoren die bij het uitrijden van mest een rol spelen al snel roet in het eten gaan gooien. De standaard ketsplaat bijvoorbeeld lijkt op het oog een eenvoudige verdeler, voor de juiste afstelling en het gebruik echter is heel wat ervaring nodig wat betreft de dikte van de mest, de windrichting, de manier van rijden etc. Uit eerder onderzoek door het PAGV [4] is gebleken dat de volgende factoren een rol spelen bij het onnauwkeurig verdelen van drijfmest in de praktijk (figuur 14).



Figuur 14.Oorzaken van een onnauwkeurige verdeling van drijfmest.

Het verspreidingssysteem levert de grootste bijdrage aan een onnauwkeurige verdeling in de praktijk. Niet alleen het type verdeler is daarbij van belang maar ook de afstelling, het onderhoud en het (on)deskundig gebruik spelen daarin mee. Het spreidbeeld dat wordt gevormd door bijvoorbeeld een ketsplaat is dusdanig complex dat het niet eenvoudig is dit spreidbeeld te verbeteren door een simpele verstelling of aanpassing van de ketsplaat. Het proces van verspreiding van de mest bij het onder druk verlaten van de spuitmond en het daarna uiteenspatten op een ketsplaat is complex vanwege de vele ongewisse factoren die het proces beïnvloeden. Op de tweede plaats volgt de manier van rijden, in de praktijk een bron van fouten doordat vaak ondeskundig en met te weinig ervaring wordt gereden. Het zoeken naar de juiste overlapping en werkbreedte moet in het veld gebeuren, ingegeven door ervaringsfeiten, het goed kennen van de te verdelen mest en het eigen verdeelsysteem. De laatste twee factoren zijn niet altijd te manipuleren, toch moet getracht worden zo goed mogelijk rekening te houden met de wind en moet gezorgd worden voor goede, vooral voldoende dunne, mest.

5.2.5.2 Verdeling over de gehele werkbreedte

Bij de verdeling over de volledige werkbreedte kan gekozen worden voor een

enkelvoudige uitstroomopening zoals eerder beschreven, of voor een systeem met meerdere uitstroomopeningen. In het eerste geval is er sprake van overlapping van de verschillende werkgangen, in het tweede is er ook overlapping gewenst binnen één werkgang en natuurlijk tussen de aansluitende werkgangen. Het gebruik van meerdere uitstroomopeningen is te vergelijken met een standaard spuitmachine voor gewasbeschermingsmiddelen, iedere dop of nozzle verspreidt over een breedte van 50 cm de spuitvloeistof en overlapt met de ernaast geplaatste dop. Hoe kleiner de afstand tussen de doppen of uitstroomopeningen des te eenvoudiger is het te zorgen voor een goede overlapping en dus een goede verdeling. Spuitvloeistoffen hebben over het algemeen een constante en bekende vloeibaarheidskarakteristiek; de reolische eigenschappen zijn bekend en er kan gekozen worden voor relatief kleine doppen die kleine hoeveelheden vloeistof kunnen doorlaten. Bij dierlijke mest ligt dit heel anders, de reologische eigenschappen wisselen sterk en de verontreinigingen in de mest maken het noodzakelijk de uitstroomopeningen voldoende groot te maken. Dat betekent automatisch dat de afstand tussen de uitstroomopeningen groter gekozen moet worden en dat de windgevoeligheid daarom sterk toeneemt. De montage van uitstroomopeningen aan een boom met een onderlinge afstand van ± 2 m, waarbij de hoogte van de boom ten opzichte van de grond of het gewas geregeld kan worden is een goede oplossing die in de praktijk door enkele loonwerkers is uitgedacht. Als daarbij ook nog gekozen wordt voor afsluitbare secties/nozzels kan een werkbreedte worden bereikt die uit te breiden is van 2 tot 14 meter. De spuitplaten die gemonteerd zijn hebben een naar beneden gericht spuitbeeld en een werkbreedte van elk 4 meter zodat ze bij een onderlinge plaatsing van 2 meter een dubbele overlapping garanderen. Het naar beneden gerichte spuitbeeld is minder windgevoelig en eenvoudig af te stellen. Dusdanig is een goede praktijkmachine geconstrueerd die minder gevoelig is voor verstoppingen en die ook vloeibare schuimaarde goed kan verdelen.

5.2.5.3 Eisen aan de verdeelnauwkeurigheid

De eisen aan de verdeelnauwkeurigheid van dierlijke mest kunnen het beste worden vergeleken met de eisen die gesteld worden aan de verdeel-en doseernauwkeurigheid van kunstmeststrooiers. Uit onderzoek naar het nauwkeurig strooien van korrelvormige kunstmeststoffen is gebleken dat voor een optimale

verdeling er gestreefd dient te worden naar een variatiecoëfficiënt voor de breedteverdeling van ≤ 10 % [17]. Deze waarde is voor de meeste kunstmeststrooiers wel te bereiken, mits rekening wordt gehouden met de wind, de manier van rijden en het produkt dat verstrooid wordt. Een belangrijk streven bij het optimaal verdelen van kunstmest is er voor te zorgen dat de kwaliteit van de kunstmest goed is, d.w.z. een goede korrelvorm en korrelgrootteverdeling, geen stof en klonten en een constant soortelijk gewicht binnen een uniforme partij met een kwaliteitswaarmerk. Voor kunstmest is het een en ander relatief gemakkelijk te realiseren, getuige het feit dat de kunstmestindustrie zelf het iniatief heeft genomen tot het verbeteren van de kwaliteit van het strooien, te beginnen met het verbeteren van de kwaliteit van de kunstmest. Voor het verdelen van drijfmest geldt hetzelfde, zij het dat hier heel andere belangen en afwegingen spelen. De verbetering van de kwaliteit van de drijfmest wordt door de producenten van die drijfmest nog onvoldoende ingezien, terwijl de afnemer zijnde de akkerbouwer, de tuinder etc. nog te weinig eisen stelt aan het produkt dat de veehouder levert. Het gebruik van drijfmest in de akkerbouw staat of valt met de prijs en de kwaliteit van het produkt. De prijs ten aanzien van de bedrijfseconomische haalbaarheid (voornamelijk kostenbesparing) en de kwaliteit voor het bedrijfszeker kunnen toepassen van een goede betrouwbare meststof die goed gedoseerd en verdeeld op het land wordt gebracht op het moment dat de akkerbouwer/tuinder dat past. De genoemde 10 % variatiecoëfficiënt voor de breedteverdeling van kunstmest is niet eenvoudig vertaalbaar naar een VC voor de verdeling van dunne dierlijke mest. Vooral het te verdelen produkt is daarbij doorslaggevend ten aanzien van de concentratie van voedingsstoffen en de consistentie.
Algemeen kan gesteld worden dat een VC tussen 10 en 15 % voor het verdelen van dunne mest een redelijk tot goede waarde is voor de breedteverdeling. Bij geringere hoeveelheden mest is deze waarde moeilijker te bereiken dan bij grote giften dunne mest, waarbij tevens de soort, kwaliteit en herkomst van de mest een doorslaggevende rol spelen.

5.2.6 *Conclusies*

Het goed verdelen van dierlijke dunne mest is in het directe voordeel van de gebruiker van deze meststof. De extra energie die nodig is om de mest nauwkeurig over het land te verdelen weegt zeer zeker op tegen de voordelen die worden verkregen voor gewas en bodem. Niet alleen de land- en tuinbouw is gebaat bij een goede benutting van voedingsstoffen, ook voor het milieu is het een noodzaak dat de in een land geproduceerde mineralen of nutriënten op een goede manier worden aangewend zodat er een zeer geringe uitstoot naar het leefmilieu van de mens kan plaatsvinden. Omdat in de nabije toekomst door een strengere milieuwetgeving het gebruik van grote giften dunne mest aan banden zal worden gelegd is het van steeds groter belang dat gekeken wordt naar het nauwkeurig toedienen van geringe hoeveelheden dunne mest. Dit geldt overigens ook voor het gebruik van kunstmest, door het verlagen van de giften zullen effecten in de gewassen en in de bodem die eerder gecamoufleerd werden door de overmaat aan stikstof en andere voedingselementen steeds duidelijker naar voren komen. Het op een lager niveau bemesten, bijvoorbeeld op basis van gewasafvoer zoals dat bij de mineralenbalans gebeurt, heeft ook gevolgen voor de toedieningstechniek van de mest, zowel wat betreft de dosering en verdeling als wat betreft de rijspoorschade die tot een minimum beperkt dient te worden. We pleiten daarom voor een brede aanpak, waarin bemesting en mechanisatie bij elkaar passen en gericht zijn op een wederzijds voordeel voor de ondernemer en het milieu. Dat de techniek daarbij een grote rol kan spelen is duidelijk, terwijl gelijktijdig ook op andere fronten gewerkt moet worden aan de oplossing van het mineralenoverschotprobleem in Nederland.

6. ONTWIKKELING VERDEEL- EN DOSEERPRINCIPES

Bij de ontwikkeling van doseer- en verdeelprincipes is eerst een inventarisatie gemaakt van de bestaande systemen voor het doseren en verdelen van mest. Daarna zijn een aantal eisen geformuleerd voor de ontwikkeling van nieuwe doseer- en verdeelsystemen. Ook de randvoorwaarden die daarbij een rol spelen worden genoemd.

6.1 Eisen aan de machine

Bij de aanvang van het project heeft de projectgroep de eisen geformuleerd waaraan een machine voor toediening van dunne mest in de akkerbouw zou moeten voldoen. Deze projectgroep bestond uit de volgende personen: D.T. Baumann, L.M. Lumkes en later G.J.M. van Dongen van het PAGV te Lelystad, J.F.M. Huijsmans van het IMAG te Wageningen en J. Kloosterhuis en R. Schunselaar van de firma Schuitemaker B.V. uit Rijssen. De samenwerking met de firma Schuitemaker is centraal gebleven, en was noodzakelijk vanwege de bouw van een nieuwe drijfmestdoseermachine voor de akkerbouw. Middels diverse besprekingen tussen PAGV, IMAG en Schuitemaker zijn punten geformuleerd, waaraan een machine voor het uitbrengen van dunne mest voor de akkerbouw zou moeten voldoen [14]. Allereerst geldt dat voor de dosering van de mest, deze instelbaar moet zijn van 10 m^3/ha tot 50 m^3/ha, met stappen van minimaal 5 m^3/ha of traploos. Hierdoor was voor de aandrijving van de mestpomp de keuze uit drie mogelijkheden:

1. mechanisch, in stappen (wisselbak);
2. mechanisch, traploos (variator);
3. hydraulisch, traploos regelbaar.

Ten tweede geldt bij het uitbrengen van dunne mest, dat met een variatiecoëfficiënt van 10 - 15 % moet worden verdeeld. Om dit te realiseren waren er de volgende mogelijkheden:

1. aangedreven verdeelschijf;

2. mestpomp met 6 of meer van elkaar gescheiden secties.

Voor de toediening van dunne mest was de keuze uit de volgende mogelijkheden:

1. bovengronds, middels 6 of meer uitstroomopeningen, met een werkbreedte van 12 meter;
2. bovengronds, middels 6 of meer uitstroomopeningen, waarbij de mest gelijktijdig wordt ondergewerkt;
3. ondergronds m.b.v. injectieapparatuur.

Naast deze algemene eisen moest de machine nog aan de volgende specifieke eisen moeten voldoen:

- moet alle soorten goed gehomogeniseerde mest kunnen verwerken, met variërende drogestofgehaltes;
- tankinhoud ± 6000 liter (voor prototype);
- spoorbreedte 1.80, 2.00 en 2.25 meter (verstelbaar);
- transportbreedte maximaal 3 meter;
- enkele as met lage drukbanden;
- smalle banden voor in gewassen: 9.5 inch, < 1 bar bandenspanning;
- sporen moeten weer losgetrokken (gewist) kunnen worden;
- beschikbaar trekkervermogen: ± 75 kW (evt. 1000-toeren aftakas);
- voorziening viscositeitsmeting van de mest;
- continu mixen van de tankinhoud;
- elektronische regeleenheid voor een rijsnelheidsonafhankelijke dosering;
- aparte vulpomp;
- aanbouwmogelijkheid van inwerkgedeelte aan de tank;
- voldoende bedieningsgemak, bedrijfszekere machine.

6.2 Specificatie van eisen en randvoorwaarden

De in de vorige paragraaf gestelde eisen aan de nieuw te ontwikkelen machine verdienen een specificatie in de zin van een verdere aanscherping van de eisen t.a.v. de onderdelen van de machine.

De mestpomp die genoemd wordt bij de eisen moet de mest in kleine trappen of liefst traploos kunnen doseren. Dit is ingegeven door het feit dat voor een exacte dosering de pompafgifte nauwgezet moet kunnen worden bijgeregeld ten opzichte van de variabele rijsnelheid. De hoeveelheid mest per hectare moet aangepast kunnen worden aan de behoefte van het gewas en de dosering moet eventueel plaatselijk kunnen worden bijgeregeld. De keuze van een hydraulisch begrensde (liever gestuurde) pomp is ook ingegeven door de traploze pomptoerentalregeling.

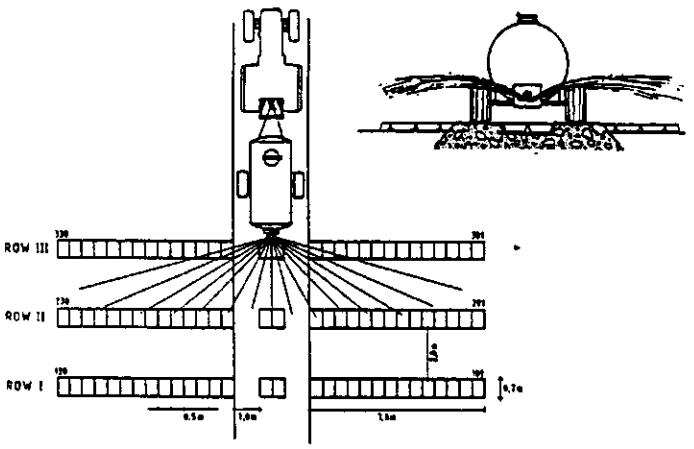
Ten aanzien van de verdeling kan worden vermeld dat de gestelde eisen zijn geënt op het verkrijgen van een variatiecoëfficiënt tussen de 10 en 15 %. Deze kan bereikt worden door te kiezen voor 6 of meer uitstroomopeningen in plaats van één uitstroomopening zoals dat bij de traditionele ketsplaat het geval is. Het realiseren van deze 6 of meer uitstroomopeningen kan op verschillende manieren gebeuren. Het opsplitsen van de meststroom in de pomp of vlak na de pomp heeft het voordeel dat kan worden volstaan met een relatief éénvoudige constructie, met een geringe verstoppingsgevoeligheid. Het andere alternatief is het opsplitsen van de meststroom met een verdeler. Dit kan gedaan worden met een roterende verdeler, een pendelende verdeler of een geheel ander type.

Voor de methode van toedienen van de mest hebben we ook de keuze uit verschillende mogelijkheden. Zowel bovengronds als ondergronds toedienen van dunne mest stelt zijn specifieke eisen aan de machine. Uit het oogpunt van de beperking van de ammoniakemissie is het van belang de mest tijdens of direct na het uitrijden in de grond in te werken.

De laatste maar zeker niet minst belangrijke eis die aan de machine wordt gesteld is de gebruiksvriendelijkheid van bediening en reparatie. Dat betekent dat een machine eenvoudig en doeltreffend van constructie moet zijn en dat voor reparatie gebruik kan worden gemaakt van bestaande apparatuur in doorsnee werkplaatsen. Vooral het bedieningsgemak kan in gevaar raken als gekozen wordt voor veel electronica zonder een goede vertaling naar de gebruiker van de machine toe. Het vervangen van elektronische componenten is duur en kan alleen gedaan worden door specialisten. Er zal daarom gezocht moeten worden naar een nauwkeurige dosering en verdeling met behoud van bedieningsgemak en eenvoud van constructie.

6.3 Ontwikkeling verdeelmeetprogramma

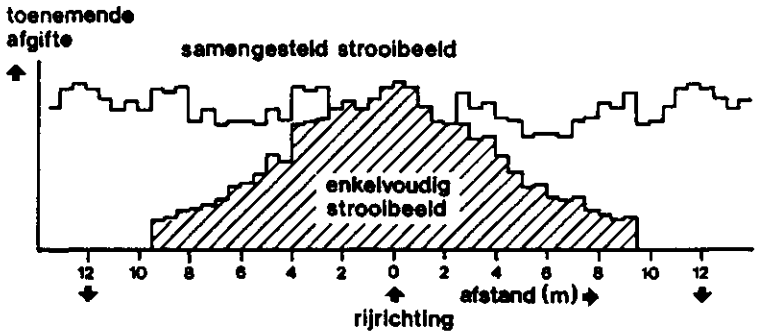
Het grootste probleem bij de huidige verspreidingssystemen van dunne mest is de breedteverdeling. Deze is afhankelijk van factoren zoals de te verspreiden mest, de manier van rijden en uiteraard de gebruikte (dunne) mestverspreider. Om de breedteverdeling te kunnen meten moet de mest opgevangen worden zodat de massa kan worden bepaald op een bepaalde afstand van de breedte van de machine. In de beginfase van het project is daarom gekozen voor het mest opvangen met een rij kunststofbakken, die dwars op de rijrichting werden geplaatst. Na het verspreiden van de mest is de inhoud van elke bak gewogen. Bij een nieuw ontwikkelde meetmethode wordt gemeten met celstofmatjes in plaats van kunststofbakken. De mest wordt door deze matjes geabsorbeerd en een plastic laag aan de onderzijde voorkomt het doorlekken bij hoge mestgiften [9]. De voordelen van deze nieuwe meetmethode zijn een nauwkeurige meting en een grotere meetcapaciteit door het niet meer hoeven reinigen van de kunststofopvangbakken (figuur 15).



Figuur 15.Opstelling voor verdelingsmetingen drijfmest

Het door deze metingen verkregen enkelvoudige strooi- of spreidbeeld wordt

vervolgens in een computerprogramma ingevoerd. Dit programma simuleert het verspreiden van dunne mest (of elke andere te verdelen stof) over het veld [9]. Afhankelijk van de manier van rijden, heen-en-weer of rondgaand, overlapt het programma het enkelvoudige strooibeeld, waardoor een samengesteld strooibeeld berekend wordt. De breedte van een samengesteld strooibeeld komt overeen met de effectieve werkbreedte van de mestverspreider (figuur 16).



Figuur 16. Enkelvoudig en samengesteld strooibeeld.

Het programma berekent verder een aantal kengetallen van dit samengestelde strooibeeld, zoals:

- de variatiecoëfficiënt en de maximale afwijking als maat voor de verdelingsnauwkeurigheid;
- de gift per hectare als maat voor de doseringsnauwkeurigheid;
- de werkbreedte met de grootste verdelingsnauwkeurigheid: de optimale werkbreedte bij een bepaald type verspreider.

De variatiecoëfficiënt (=VC) drukt de onregelmatigheid uit van de breedteverdeling van een strooibeeld. Voor het berekenen van dit getal gaat men uit van de gewichten van de hoeveelheid mest per bakje of matje (=meeteenheid), zoals die worden verkregen bij het bepalen van strooi- en spreidbeelden. Men bepaald het gemiddelde gewicht per meeteenheid. Per meeteenheid berekent men vervolgens de afwijking van het gemiddelde gewicht. De afzonderlijke afwijkingen worden

gekwadrateerd, waarmee uitschieters naar boven en beneden zwaarder meetellen.
In formule:

$$VC = \frac{100}{\bar{x}} \cdot \sqrt{\frac{1}{n-1} \cdot \sum_{i=1}^{n} (x_i - \bar{x})^2}$$

De variatiecoëfficiënt wordt meestal weergegeven als een percentage. Hoe hoger de VC, hoe onregelmatiger is een bepaalde verdeling. Bij het bepalen van de VC is het aantal waarnemingen of matjes op de totale werkbreedte van de machine bepalend voor de statistische nauwkeurigheid van de meting. Dit aantal waarnemingen wordt bepaald door de afmetingen van de matjes, op 12 meter werkbreedte worden met matjes van 50 x 50 cm 24 meetwaarden verkregen. Als de matjes echter de afmetingen 100 x 100 cm bedragen neemt de hoeveelheid meetwaarden met een factor 2 af. Hoe meer meetwaarden op de totale werkbreedte worden verkregen, des te nauwkeuriger is de berekening van de VC. Bij de ontwikkeling van het meetsysteem met de celstofmatjes is gekeken naar de verschillende meetsystemen voor het bepalen van de breedteverdeling van kunstmeststrooiers [3], [6]. In dit vergelijkende onderzoek naar verdelings-meetsystemen bleek bij aanvang dat er diverse systemen werden gebruikt voor het meten van de verdeling van kunstmeststrooiers in het veld. Daarbij bleek ook dat de bakgrootte een belangrijke rol speelde bij het exact kunnen bepalen van de VC. Uiteindelijk werd gekozen voor een bakgrootte van 50 x 50 cm, vanwege de best werkbare methode in het veld (niet te grote bakken en niet te veel bakken). Belangrijk is verder dat de afmetingen van het meetelement vermeld worden bij het weergeven van de VC, het aantal waarnemingen en de werkbreedte waarover is gemeten is natuurlijk ook duidelijk. Voor het meten van de verdeling van drijfmestmachines werd aansluitend gekozen voor de afmetingen 50 x 50 cm, gemiddeld worden dan 25 meetwaarden verkregen op een werkbreedte van 12 meter. Voor de beoordeling van de nauwkeurigheid van de verdeling is een schaal aangelegd die de machines een bepaalde beoordeling geeft voor de mate van exact verdelen in de breedte. De schaal is als volgt samengesteld:

Tabel 4. Verdelingsnauwkeurigheid en beoordeling van machines.

VC in %	Beoordeling
< 10	uitstekend
10 - 15	goed
15 - 20	matig
20 - 25	onvoldoende
> 25	slecht

Bij het samenstellen van deze tabel is uitgegaan van de beoordeling van de nauwkeurigheid van de breedteverdeling bij kunstmeststrooiers [17]. Voor deze machines geldt een VC van 10 % als goed en een lagere VC als uitstekend. Bij het vergelijken van de verdeelnauwkeurigheid van beide typen machines moet worden vermeld dat de concentratie aan toe te dienen meststoffen bij de kunstmeststrooier hoger ligt dan bij de drijfmestverspreider, waardoor voor de breedteverdeling van dunne mest een VC van 15 % voldoende is.

7. ARBEIDSPROCES EN LOGISTIEK BIJ MESTTOEDIENING

Het uitrijden of toedienen van mest is een activiteit op het akkerbouwbedrijf waar logistieke en arbeidskundige consequenties aan verbonden zijn. Het inpassen van deze activiteit ligt binnen elk bedrijf weer anders, de afstemming op de andere werkzaamheden die in een bepaalde periode moeten plaatsvinden en de mankracht en de machines die daarvoor nodig en beschikbaar zijn spelen een belangrijke rol. Daarnaast kent het uitrijden op zichzelf een opvolging van handelingen en activiteiten die arbeidskundig geanalyseerd kunnen worden en waaruit conclusies getrokken kunnen worden ten aanzien van de kwaliteit van de organisatie. De logistieke benadering legt vooral de nadruk op de afstemming van de verschillende deelprocessen op elkaar zodat een afgerond proces verkregen wordt dat qua capaciteit, efficiency en werkbaarheid zijn doelen nastreeft.

7.1 Arbeidsproces: toedienen van dunne mest

Het proces toedienen van dierlijke dunne mest bestaat uit een aantal deelprocessen die ieder afzonderlijk opgevat kunnen worden als een handeling die bijdraagt aan het uitbrengen van de mest op het land. De mest die vaak opgeslagen wordt in een ondergrondse opslag (put onder de stal etc.) of in een bovengrondse opslag (overdekte silo naast de schuur bijv.) moet voor het uitbrengen op het land enige handelingen ondergaan om de kwaliteit van de mest en de kwaliteit van het verdelen en doseren te kunnen waarborgen. Het regelmatig mixen van de mest, ook tijdens de stalperiode als niet direct hoeft te worden uitgereden, is belangrijk voor een homogene, egaal "gerijpte" mest. De voedingsstoffen in de mest (K_2O, P_2O_5, N) zijn dan goed verdeeld aanwezig in de mest en kunnen goed over het land worden gedoseerd. Een aantal uren (12 uur) voor het uitrijden moet er voor worden gezorgd dat de hoeveelheid mest die wordt uitgereden goed gemengd is en niet meer zal ontmengen tijdens het transport van opslag naar het veld. De egale partij die zo is ontstaan is dan ook geschikt om een representatief monster uit te nemen dat gebruikt kan worden voor een bepaling van de gehalten aan stikstof, fosfaat en kali evenals het drogestof percentage en eventueel de pH. De bepaling van het percentage snel werkende stikstof kan vrij eenvoudig en betrouwbaar gebeuren met de Quantofix-methode.

Dusdanig kan ter plekke, vlak voor het uitrijden, de exacte gift nog worden afgestemd op het in de mest aanwezige percentage direct beschikbare stikstof, en wordt een overdosering van de voor het milieu schadelijke stikstof voorkomen. Tijdens het transport van de mest naar het perceel, zeker over grote afstanden, bestaat het gevaar dat er in de tank ontmenging optreedt tussen de vaste en vloeibare delen in de mest. Het continu mixen van de tankinhoud tijdens transport is de meest ideale oplossing voor dit probleem maar vaak technisch niet mogelijk of moeilijk realiseerbaar. Dan moet gekozen worden voor het ter plekke op het perceel rondpompen van de mest zodat alsnog een goede menging wordt verkregen.

7.2 Factoren die het arbeidsproces beïnvloeden

Bij het toedienen van mest spelen een aantal zaken een belangrijke rol als het gaat om de logistiek van het arbeidsproces. Dit zijn:

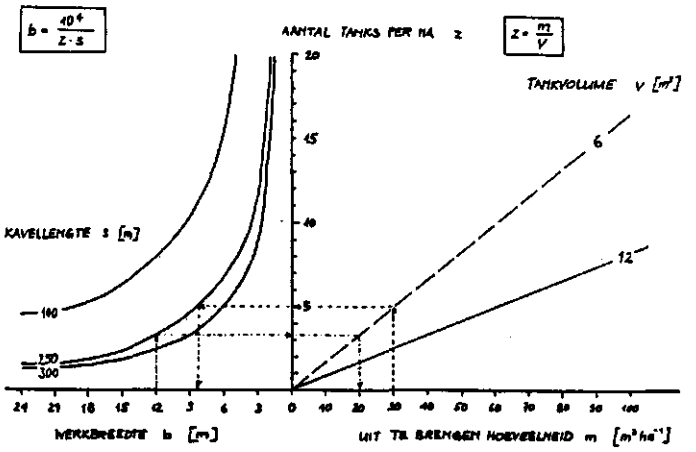
- de perceelslengte s [m]
- het tankvolume v [m^3]
- de werkbreedte b [m]
- de uit te brengen hoeveelheid m [m^3/ha]
- en het aantal tanks per hectare z [-]

Er bestaan nu een aantal onderlinge verbanden tussen deze factoren, de volgende zijn het meest belangrijk:

$$b = \frac{10^4}{z \cdot s}$$ of: de werkbreedte [b] is afhankelijk van het aantal tanks per hectare [z] en de perceelslengte [s].

Verder geldt: $$z = \frac{m}{v}$$ of: het aantal tanks per hectare [z] is afhankelijk van de gift [m] en het tankvolume [v].

De relaties tussen deze factoren staan hieronder weergegeven (figuur 17).



Figuur 17. Relatie tussen werkbreedte, gift en aantal tanks per hectare.

Daarbij is de verhouding tankvolume en werkbreedte voor verschillende perceelslengtes en uit te brengen hoeveelheden mest weergegeven, onder de voorwaarde dat met één tankvulling de volle perceelslengte in één keer kan worden bemest. Deze voorwaarde is heel belangrijk omdat er moet worden gestreefd naar het niet hoeven aansluiten halverwege een werkgang. Dit geeft veel extra rijsporen ter plekke, de bodem wordt onnodig verdicht en de aansluiting van de volgende tank is niet goed qua verdeling van de mest op het land. Bij een bepaalde kavellengte moet de gift daarom zoveel als mogelijk worden afgestemd op het tankvolume. Bij het naar achteren rijden wordt dan de mest over de gehele werkgang goed verdeeld, op de achterste kopakker wordt gedraaid met een lege tank en bij het terug rijden naar voren wordt een spoor gemaakt voor de volgende werkgang naar achteren. Bij het uitrijden van de volgende werkgang wordt dan voor de tweede keer door het al gemaakte spoor gereden. Bij het terug rijden van achter is het wel verstandig op van te voren uitgezette vlaggen te rijden. Tijdens het toedienen van de mest hoeft de chauffeur alleen nog te letten op de werking van de tank, voor het rijden kan hij relatief eenvoudig door het reeds gemaakte spoor rijden. Bij een sleepslangenmachine met een werkbreedte van 12 meter of meer is het vrijwel onmogelijk voor de chauffeur om de juiste afstand aan te houden tussen twee werkgangen.

Het overlappen is niet gewenst bij een sleepslangenmachine, dus de afstand naar de reeds bemeste werkgang wordt groter t.o.v. bijv. een ketsplaat. Vooral bij kleine giften is de scheiding bemest/onbemest moeilijk vanaf de trekker waar te nemen, het rijden op vlaggen is dan een doeltreffende uitkomst. Er kan ook gebruik gemaakt worden van een optische markeur, zoals de Franse "Optivision", waarbij een duidelijke scheiding moet zijn tussen bemest en onbemeste grond. Door het niet juist aansluiten van de werkgangen kan de goede verdeling van de sleepslangenmachine geheel teniet worden gedaan doordat er stroken onbemest blijven liggen of aansluitstroken dubbel worden bemest.

LITERATUUR

1. Arts, M.W., 1989. De viscositeit van mengmest. Landbouwmechanisatie 3/89, pp. 24-25.

2. Baumann, D.T., 1988. Strooiers en produkt spelen een grote rol bij het toedienen van dunne mest. Congres "Meststoffen, Milieu en Melkveehouderij", 1 november 1988, Veenendaal, pp. 61-67.

3. Baumann, D.T. en G.D. van Brakel, 1988. Vergelijkend onderzoek verdelingsmeetsystemen. PAGV/NMI-intern verslag nr. 564 (niet gepubliceerd).

4. Baumann, D.T. en L.M. Lumkes, 1988a. De verdeling van mengmest in de praktijk. Landbouwmechanisatie 4/88, pp. 53-55.

5. Baumann, D.T. en L.M. Lumkes, 1988b. Verslag studiereis Denemarken/Zweden, september 1988, intern verslag PAGV nr. 585, 11 pp.

6. Baumann, D.T. en P. de Visser, 1988. Standaardmeetsystemen onontbeerlijk voor evenwichtige mesttoepassing. Meststoffen 3/88, pp. 25-29.

7. Baumann, D.T., 1989. Financiele voordelen van optimaal strooien van meststoffen. Congres "Meststoffen, Milieu en Akkerbouw", 21 februari 1989, Veenendaal, pp. 55-63.

8. Baumann, D.T. en J. Schröder, 1989. Synlocalisatie, "Perspectieven voor de aanpak van mest- en ammoniakproblematiek op bedrijfsniveau. FOMA-workshop 31 mei 1989. Wageningen, pp. 164.

9. Baumann, D.T., 1990. Het belang van een nauwkeurige toediening van meststoffen voor de bemesting. Publicatie in voorbereiding (+ bijlage handleiding verdeelsimulatieprogramma DISPRO).

10. Couperus, R.P., 1990. De ontwikkeling van een verdeler voor zodebemesting. Afstudeerverslag vakgroep werktuigkunde, Landbouw Universiteit Wageningen, Wageningen, juli 1990, pp. 42.

11. Dilz, K. en G.D. van Brakel, 1987. Ongelijkmatige verdeling van meststoffen kost geld. Meststoffen 1/87, pp. 8-11.

12. Dongen, G.J.M. van en J.F.M. Huysmans, 1990. Toedieningsmethoden van dunne mest. Bijdrage themadag "Benutting dierlijke mest in de akkerbouw". Lelystad, 14 maart 1990, pp. 20-32.

13. Hoeksma, P., 1988. De samenstelling van drijfmest die naar akkerbouwbedrijven wordt afgezet. IMAG, Afd. Milieutechniek, juni 1988, pp. 141.

14. Lumkes, L.M., 1986. Toedieningstechniek van drijfmest op akkerbouw bedrijven. Interne notitie PAGV, 1986, pp. 3.

15. Schröder, J., 1989. Voorjaarstoediening van organische mest op zwaardere grond. Notitie ten behoeve van de Werkgroep Drijfmestbenutting in Akker- en Tuinbouw, juni 1989, pp. 1-3.

16. Schunselaar, R.A.C., 1986. De verdeelkwaliteit bij het uitbrengen van drijfmest. Afstudeerverslag A.H.S. Deventer, mei 1986, pp. 61.

17. Steevens, J.C.A., 1987. Kunstmeststrooien in de praktijk. Meststoffen 1/87, pp. 4-7.

PUBLIKATIELIJST PROJECT 17.2.03 (periode 1-1-1986 t/m 1-1-1991)

1. Baumann, D.T., A. Landman en L.M. Lumkes, 1987. Practical experiences with slurry application. In Proceedings 4'h International CIEC-Symposium, Braunschweig 11-14 May 1987.

2. Baumann, D.T., 1988. Strooiers en produkt spelen een grote rol bij het toedienen van dunne mest. Congres "Meststoffen, Milieu en Melkveehouderij", 1 november 1988, Veenendaal, pp. 61-67.

3. Baumann, D.T. en G.D. van Brakel, 1988. Vergelijkend onderzoek verdelingsmeetsystemen. PAGV/NMI-intern verslag nr. 564 (niet gepubliceerd).

4. Baumann, D.T. en L.M. Lumkes, 1988a. De verdeling van mengmest in de praktijk. Landbouwmechanisatie 4/88, pp. 53-55.

5. Baumann, D.T. en L.M. Lumkes, 1988b. Application of manure in practise. Proceedings of CIGR-symposium, 20-22 september 1988, Uppsala (Sweden), pp. 16:0-16:8.

6. Baumann, D.T. en L.M. Lumkes, 1988c. Verslag studiereis Denemarken/ Zweden, september 1988, intern verslag PAGV nr. 585, 11 pp.

7. Baumann, D.T. en P. de Visser, 1988a. Standaardmeetsystemen onontbeerlijk voor evenwichtige mesttoepassing. Meststoffen 3/88, pp. 25-29.

8. Baumann, D.T. en P. de Visser, 1988b. Meten van kunstmestverdelingen, bezint eer ge begint. Landbouwmechanisatie 9/88, pp. 75-78.

9. Baumann, D.T., J.F.M. Huysmans en L.M. Lumkes, 1988. Optimaliseren van de toedieningstechniek. Contactdag mestbenutting in de akkerbouw, Lelystad 13 december 1988, pp. 13-15.

10. Baumann, D.T., 1989a. Financiele voordelen van optimaal strooien van meststoffen. Congres "Meststoffen, Milieu en Akkerbouw", 21 februari 1989, Veenendaal, pp. 55-63.

11. Baumann, D.T., 1989b. Toedieningstechniek van dierlijke mest. PAGV-abonneedag "Produktie en Milieu", Lelystad 23 juni 1989, pp. 20-21.

12. Baumann, D.T. en J. Schröder, 1989. Synlocalisatie, "Perspectieven voor de aanpak van mest- en ammoniakproblematiek op bedrijfsniveau. FOMA-workshop 31 mei 1989. Wageningen, pp. 164.

13. Baumann, D.T., 1990. Het belang van een nauwkeurige toediening van meststoffen voor de bemesting. Publikatie in voorbereiding (+ bijlage handleiding verdeelsimulatieprogramma DISPRO).

14. Beke, G.J.M. ter, 1990. Het meten van ammoniakemissie in de praktijk. Afstudeeropdracht CAH Dronten, april 1990, pp. 39.

15. Bosch, L.M. van den, P. Hofland en R.M. Huijser, 1988. Financieel voordeel van optimale dosering en verdeling van kunstmest. Projectverslag AHS Dordrecht in opdracht PAGV, juni 1988, pp. 48.

16. Dongen, G.J.M. van en J.F.M. Huysmans, 1990. Toedieningsmethoden van dunne mest. Bijdrage themadag "Benutting dierlijke mest in de akkerbouw". Lelystad, 14 maart 1990, pp. 20-32.

17. Dun, F. van, A. van Oers en L. Roskam, 1987. Praktijkonderzoek naar de verdeling van drijfmest. Projectverslag AHS Dordrecht, maart 1987, pp. 5.

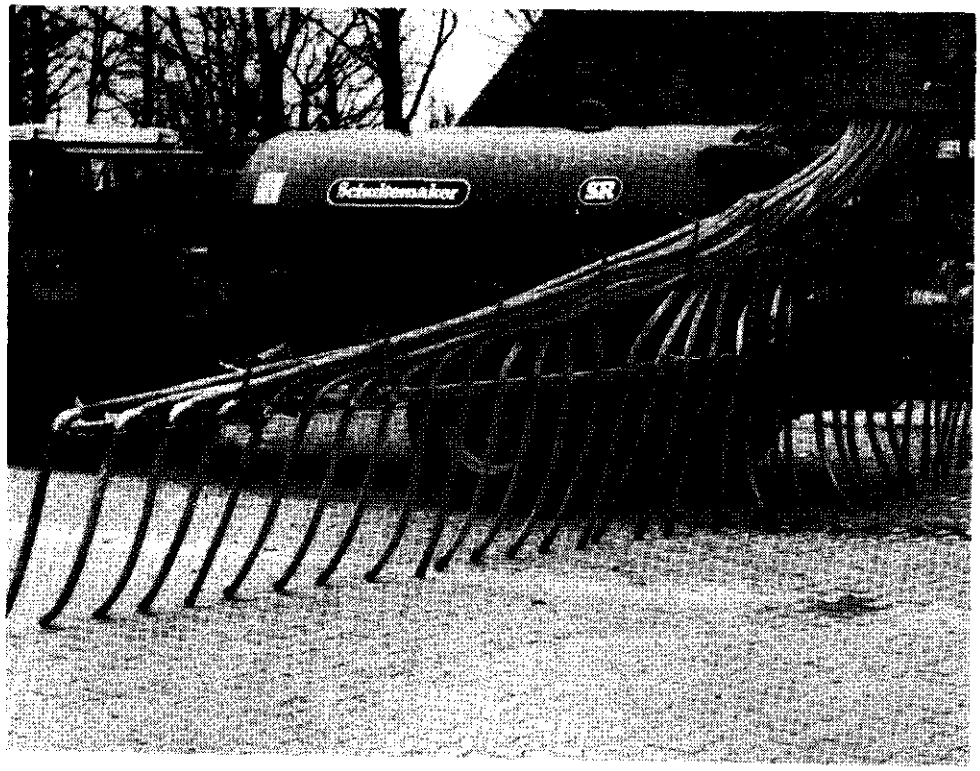
18. Lumkes, L.M., 1986. Toedieningstechniek van drijfmest op akkerbouw bedrijven. Interne notitie PAGV, 1986, pp. 3.

19. Nieboer, H., 1987. De verdeelkwaliteit van mengmestverspreiders in de praktijk. Afstudeeropdracht RHLS Groningen, juni 1987, pp. 50.

20. Schokker, R., 1989. Toedieningstechnieken, Stageverslag AHS Deventer, april 1989, pp. 8-22.

21. Schunselaar, R.A.C., 1986. De verdeelkwaliteit bij het uitbrengen van drijfmest. Afstudeerverslag A.H.S. Deventer, mei 1986, pp. 61.

MACHINE AFBEELDINGEN



Schuitemaker Sleepslangen Machine - S.S.M.

De sleepslang-unit is gemonteerd aan een Schuitemaker Pomptankwagen type PTW. De verdringer(worm) pomp wordt rechtstreeks door de trekker aangedreven; afhankelijk van rijsnelheid en aftakas toerental kan circa 20 m^3/ha worden uitgereden.
Wordt in de pompaandrijving een schakelbare vertragingsbak opgenomen, dan zijn giften vanaf circa 5 m^3/ha mogelijk. Dit laatste is vooral van belang bij aanwending van aangezuurde mest.
De werkbreedte van de machine is 12 meter met slangen om de 25 cm. De mest wordt direct op de grond en, indien van toepassing, tussen het gewas gebracht, waardoor stankoverlast en ammoniakuitstoot daadwerkelijk worden gereduceerd. De invloed van de wind op de verdeling is nihil.
Een centraal geplaatste verdeelkop verdeelt de mest exact over alle pijpen, een (gepatenteerd) correctiesysteem zorgt er met name voor dat lange en korte slangen evenveel mest afgeven. Indien vereist, kan onder de verdeelkop een snij-inrichting als extra worden gemonteerd om verstoppingen door lange delen (hooi-stro-grasresten etc.) te vermijden.
Het in- en uitklappen van de slangbomen en de aandrijving van de verdeelkop (met eventueel de snij-inrichting) gebeurt via de hydrauliek-aansluitingen van de trekker.



Schuitemaker Spettermachine - type S.P.M.

De spettermachine is opgebouwd als een getrokken tweewielig voertuig waaraan twee verdeelrotoren zijn opgehangen. Per verdeel-rotor is de werkbreedte 2 meter; de totale werkbreedte is dus 4 meter. De aandrijving gebeurt vanaf de twee wielen van het voertuig; bij een hogere rijsnelheid wordt evenredig meer mest uitgebracht dan bij een lagere rijsnelheid. Dit betekent dat de gift per ha onafhankelijk is van de rijsnelheid. Door middel van een in de aandrijflijn geplaatste schakelbare tandwielkast kan de gift ingesteld worden tussen circa 10 en 40 m^3/ha.
De mest "spettert" over de volle breedte van de verdeelrotoren de mest laag over de grond; de verdeling is daarbij optimaal, zonder door de wind te worden beïnvloed.
De spettermachine wordt getrokken door een pomptankwagen, type PTW. De buffertank op de spettermachine wordt vanuit de pomptankwagen gevoed en constant gevuld gehouden. De te veel aangevoerde mest gaat weer terug via een 6" retourleiding.
Vanuit de buffertank worden via een dubbelstel 4" slangen de verdeelrotoren constant gevuld gehouden.
De verdeelrotoren kunnen worden ingeschoven tot een transportbreedte van circa 2,60 meter. De verdeelrotoren kunnen elektrisch vanuit de trekker worden in- en uitgeschakeld; het in-uitschuiven van transport- naar werkstand gebeurt met een hydraulische handpomp.
Het eerste prototype van deze machine zal in het seizoen 1990-1991 onder supervisie van het PAGV uitvoerig in de praktijk worden getest.

Nog leverbare PAGV-uitgaven[1])

Verslagen

5. De invloed van het rooitijdstip op de stikstofbehoefte van drie suikerbietenrassen; ing. Th. Huiskamp, september 1982 ..... f 10,—
6. De betekenis van vrijlevende wortelaaltjes bij maïs; ir. C. A. A. A. Maenhout et al, januari 1983 ..... f 10,—
7. Epipré-evaluatieverslag 1982; ing. H. Drenth en ir. K. Reinink, december 1982 ..... f 10,—
8. Onderzoek naar verschillen in opbrengst en kwaliteit van consumptieaardappelen in het zuidwesten van Nederland; ir. C. B. Bus, ing. K. W. Bosma (CA-Barendrecht) en ir. D. W. de Hoop (LEI), februari 1983 .. f 10,—
10. Epipré-instructieboekje 1983; ir. K. Reinink en ing. H. Drenth, april 1983 ..... f 10,—
13. Het effect van de intensiteit van de zaaibedbereiding op het kiembed en de opkomst, opbrengst en kwaliteit van suikerbieten; ing. Th. Huiskamp, september 1983 ..... f 10,—
14. Verslag van een driejarig onderzoek naar de optimale stikstofgift voor bruine bonen; G. J. Bom, september 1983 ..... f 10,—
15. Epipré-evaluatieverslag 1983; ing. H. Drenth en ir. K. Reinink, januari 1984 ..... f 10,—
16. Factoranalyse-onderzoek in snijmaïs in Oost-Overijssel in 1981 en 1982. Ing. J. Boer, januari 1984 ..... f 10,—
18. Rendabiliteit van continuteelt en nauwe rotaties van aardappelen en suikerbieten op het proefveld PAGV1 (1978 t/m 1982) Ing. H. Preuter, maart 1984 ..... f 10,—
19. Biologie en ecologie van kleefkruid (Galium aparine). Ir. W. G. M. van den Brand, april 1984 ..... f 10,—
20. Pootafstanden en gebruik van Alar en Rovral bij de teelt van Alphapootgoed. Ing. J. Alblas en B. v.d. Spek, januari 1984 ..... f 10,—
21. Epipré 1984 - instructieboekje. Ir. K. Reinink en ing. H. Drenth, maart 1984 ..... f 10,—
22. Resultaten van diep losmaken van zavelgronden in zuidwest-Nederland; 1978-1982. Ing. J Alblas, april 1984 ..... f 10,—
23. Resultaten kalibouwplanproeven op zeeklei. Ir. J. Prummel (IB) en dr. ir. J. Temme (Nederlands Kali Instituut), mei 1984 ..... f 10,—
24. Oogstplanning van bloemkool in "de Streek". Ir. R. Booij, oktober 1984 ..... f 10,—
25. Beregeningsonderzoek bij asperges op de proeftuin "Noord-Limburg". Ing. D. van der Schans en ir. A. J. Hellings, oktober 1984 . f 10,—
26. Kalibemesting voor aardappelen in de Brabantse Biesbosch en het Land van Altena. Ing. J. Alblas, november 1984 ..... f 10,—
27. Spruitkool bewaren aan de stam. Ing. J. A. Schoneveld, november 1984 ..... f 10,—
28. Verslag Inventarisatie Graanziekten 1984. Ing. W. Stol, januari 1985 . f 10,—
30. De invloed van grote giften runderdrijfmest op de groei, opbrengst en kwaliteit van snijmaïs en op de bodemvruchtbaarheid; Heino (zandgrond) 1972 - 1982. Ir. J. J. Schröder, maart 1985 ..... f 10,—
31. De invloed van grote giften runderdrijfmest op de groei, opbrengst en kwaliteit van snijmaïs en op de bodemvruchtbaarheid en waterverontreiniging; Maarheeze 1974 - 1984. Ir. J. J. Schröder, maart 1985 .... f 10,—
32. De invloed van grote giften runderdrijfmest op de opbrengst en kwaliteit van snijmaïs en op de bodemvruchtbaarheid; Lelystad 1976 - 1980. Ir. J. J. Schröder, maart 1985 ..... f 10,—
33. Intensieve teeltsystemen bij wintertarwe. Dr. ir. A. Darwinkel, maart 1985 ..... f 10,—
35. Biologie en ecologie van zwarte nachtschade (Solanum nigrum). Ir. W. G. M. van den Brand, maart 1985 ..... f 10,—
36. Epipré 1985 instructieboekje. Ir. K. Reinink, april 1985 ..... f 10,—

[1]) Een volledig overzicht van de PAGV-uitgaven wordt u op aanvraag graag toegezonden.

37. Chemische onkruidbestrijding in de teelt van snijmaïs. Ir. C. L. M. de Visser, ir. H. F. M. Aarts, april 1985 ..... f 10,—
38. Zuiveringsslib in de akkerbouw; Ir. S. de Haan en ing. J. Lubbers (IB), Ing. A. de Jong (PAGV), maart 1985 ..... f 10,—
39. Chemische onkruidbestrijding in de teelt van Engels en Italiaans raaigras, veldbeemdgras en roodzwenkgras. Ir. C. L. M. de Visser, juni 1985 ..... f 20,—
40. Chemische onkruidbestrijding in de teelt van uien en sjalotten. Ir. C. L. M. de Visser, juni 1985 ..... f 10,—
42. Themadag effecten van diepe grondbewerking in de akkerbouw en de vollegrondsgroenteteelt, juli 1985 ..... f 10,—
43. Chemische onkruidbestrijding in de teelt van aardappelen, Ir. C. L. M. de Visser, augustus 1985 ..... f 10,—
44. Chemische onkruidbestrijding in de teelt van erwten, stambonen en veldbonen. Ir. C. L. M. de Visser, augustus 1985 ..... f 20,—
45. Chemische onkruidbestrijding in de teelt van wortelen. Ir. C. L. M. de Visser, september 1985 ..... f 10,—
46. Chemische onkruidbestrijding in de teelt van winterkoolzaad. Ir. C. L. M. de Visser, september 1985 ..... f 10,—
47. Biologie en ecologie van melganzevoet (Chenopodium album). Ir. W. G. M. van den Brand, december 1985 ..... f 10,—
48. Verslag inventarisatie graanziekten 1985. Ing. H. P. Versluis, december 1985 ..... f 10,—
49. Natriumbemesting en natriumbehoefte van suikerbieten. Dr. ir. J. Temme en dr. J. G. H. Stassen, december 1985 ..... f 10,—
50. Epipré instructieboekje 1986. Ing. W. Stol, april 1986 ..... f 10,—
51. Studiedag kluitplanten. Ir. R. Booij en N. J. Snoek, juli 1986 ..... f 10,—
52. Biologie en ecologie van hanepoot (Echinochloa crus-galli). Ir. W. G. M. van den Brand, juli 1986 ..... f 10,—
53. Opkomstperiodiciteit bij 40 eenjarige akkeronkruidsoorten en enkele hiermee samenhangende onkruidbestrijdingsmaatregelen. Ir. W. G. M. van den Brand, oktober 1986 ..... f 10,—
54. De teelt van wintertarwe als dekvrucht voor veldbeemd- en roodzwenkzaadgewassen. Ir. W. J. M. Meijer, oktober 1986 ..... f 10,—
56. De invloed van het maaien van de tarwestoppel op ondergezaaide veldbeemd- en roodzwenkzaadgewassen. Ir. W. J. M. Meijer, oktober 1986 ..... f 10,—
57. Benutting afvalwarmte bij vollegrondsteelten. Ing. J. A. Schoneveld, november 1986 ..... f 10,—
59. Het bestrijden van verstuiven op landbouwgronden. Dr. ir. A. Darwinkel, november 1986 ..... f 10,—
60. Stikstofbemesting van wintertarwe. Ir. K. Reinink, december 1986 ... f 10,—
63. De invloed van teeltmaatregelen bij winterkoolzaad op de zaadproduktie in Noord-Nederland. S. Vreeke, maart 1987 ..... f 10,—
66. Bewaren en voorkiemen bij pootaardappelen. Ing. J. K. Ridder, mei 1987 ..... f 10,—
68. Vervroeging van vollegrondsgroenten met afdekmaterialen. Ir. C. F. G. Kramer en J. T. K. Poll, september 1987 ..... f 10,—
69. Biologie en ecologie van vogelmuur (Stellaria media). Ir. W. G. M. van den Brand, september 1987 ..... f 10,—
70. Ontwikkeling van een biotoets voor het Noordelijk wortelknobbelaaltje (Meloidogyne hapla). Ing. A. A. W. Zondervan, november 1987 ... f 10,—
71. Het EPIPRE-adviesmodel, een kritische analyse. Werkgroep EPIPRE, december 1987 ..... f 10,—
72. Teelttechnische en economische aspecten bij de teelt van kleine witte kool. Ing. C. van Wijk, ir. C. Kramer, ing. G. Schroën en ir. R. Booij, januari 1988 ..... f 10,—
73. Het optimale oogsttijdstip van snijmaïs. Ing. H. M. G. van der Werf, april 1988 ..... f 10,—

74. Ontwikkeling van teeltbegeleidingssystemen voor aardappelen en suikerbieten. Ir. C. L. M. de Visser, ir. H. F. M. Aarts en ing. K. Hindriks, mei 1988 ..... f 10,—
75. Bedrijfseconomische aspecten van de grondontsmetting in rotaties met consumptieaardappelen, suikerbieten en wintertarwe op het proefveld te Westmaas (1981 t/m 1986). Ing. H. Preuter, mei 1988 ... f 10,—
78. Bijzaaien en overzaaien van snijmaïs. H. M. G. van der Werf en H. Hoek, december 1988 ..... f 10,—
80. Economische aspecten van de plantdichtheid bij witlof. Ir. C. F. G. Kramer, februari 1989 ..... f 10,—
81. Stikstofbemesting van ijssla. Dr. ir. J. H. G. Slangen (LU), ir. H. H. H. Titulaer (PAGV), ir. H. Niers (IB) en dr. ir. J. van der Boon (IB), februari 1989 ..... f 10,—
84. Oppervlakkige grondbewerking in het gewas maïs. H. M. G. van der Werf (PAGV), J. J. Klooster (IMAG) en D. A. van der Schans (PAGV), mei 1989 ..... f 10,—
85. Toedienen van drijfmest in maïs (vervolgonderzoek 1985-1987). Ir. J. Schröder (PAGV) en ir. L. C. N. de la Lande Cremer (IB), mei 1989 . f 10,—
86. Teelt van fabrieksaardappelen op bedden ten opzichte van op ruggen. Ing. J. K. Ridder, juli 1989 ..... f 10,—
91. Overzaaien van suikerbieten. Dr. ir. A. L. Smit, oktober 1989 ..... f 10,—
92. Bedrijfseconomische perspectieven van akkerbouwbedrijven in de Veenkoloniën. Drs. S. Cuperus, oktober 1989 ..... f 10,—
93. Wortelverbruining bij snijmaïs. J. Schröder, A. G. M. Ebskamp en K. Scholte, oktober 1989 ..... f 10,—
94. Noodzaak van roestbestrijding in Engels raai- en veldbeemdgras. Ir. G. H. Horeman, november 1989 ..... f 10,—
95. Stikstofbemesting van peen. J.H.G. Slangen, H.H.H. Titulaer, H. Niers en J. van der Boon, januari 1990 ..... f 10,—
96. De teelt van Bintje fritesaardappelen op lössgrond. Ing. P.M.T.M. Geelen, januari 1990 ..... f 10,—
97. Het Epipre-adviesmodel. H. Drenth en W. Stol, maart 1990 ..... f 10,—
98. Zuiveringsslib in de akkerbouw. Ing. A. de Jong (PAGV), P.J. van Erp en P. van Lune (IB), april 1990 ..... f 10,—
99. Aardpeer, een potentieel nieuw gewas. Ing. H. Morrenhof en ir. C.B. Bus, mei 1990 ..... f 10,—
100. Teeltvervroeging bij suikerbieten. Ir. A.L. Smit, mei 1990 ..... f 10,—
101. Teeltsystemen parthenocarpe augurken. J.T.K. Poll, F.M.L. Kanters, C.F.G. Kramer en J. Jeurissen, mei 1990 ..... f 10,—
102. Stikstofbemesting bij spruitkool. Ing. J.J. Neuvel, mei 1990 ..... f 10,—
103. Minerale olie, insekticiden en bladluisdruk bij de teelt van pootaardappelen in relatie tot de verspreiding van het aardappelvirus Y^N. Ir. C.B. Bus, mei 1990 ..... f 10,—
104. Het effekt van een grondbehandeling met pencycuron (Moncereen) tegen Rhizoctonia op de opbrengst van zetmeelaardappelen. Ing. J.K. Ridder, juni 1990 ..... f 10,—
105. Jaarverslag Borgerswold. Ing. J. Boerma, juni 1990 ..... f 10,—
106. Stikstofdeling bij snijmais. Ir. J. Schröder, juli 1990 ..... f 10,—
107. Langdurige bewaring van kroten in een geventileerde kuil en in een mechanisch gekoelde cel in seizoen 1986/1987, 1987/1988 en 1988/1989. Ing. M. H. Zwart-Roodzant, juli 1990 ..... f 10,—
108. Optimale plantgetal van snijmais en van korrelmais, Ir. J. Schröder, juli 1990 ..... f 10,—
109. (Stikstof)bemesting van witte kool. Ir. H.H.M. Titulaer, december 1990 f 10,—
110. Voor vruchteffecten bij inpassing van vollegrondsgroente in een akkerbouwrotatie. Ing. Th. Huiskamp, december 1990 ..... f 10,—
111. Teelt van bakwaardige tarwe in Nederland. Dr. ir. A. Darwinkel, december 1990 ..... f 10,—

112. Schietgevoeligheid van knolselderij. Ing. M.H. Zwart-Roodzant, december 1990 ..... f 10,—
113. Populatie-ontwikkeling van het bietecysteaaltje en de optredende schade bij continuteelt van suikerbieten in combinatie met grondontsmetting. Ir. J.G. Lamers, december 1990 ..... f 10,—
114. Onderzoek naar het effect van systemische nematiciden bij koolgewassen. C. de Moel, december 1990 ..... f 10,—
115. Rhizomanie-onderzoek 1987-1989. Ir. Y. Hofmeester, december 1990 . f 10,—
116. Bladrandkeverbestrijding door middel van zaadcoating bij veldbonen. A. Ester, december 1990 ..... f 10,—
117. Gewasdag mais, december 1990 ..... f 10,—
118. Graszaadstengelgalmuggen in veldbeemdgras. Ir. G. Horeman, december 1990 ..... f 10,—
119. Inventarisatie van ziekten en plagen in veldbeemdgras. Ir. G. Horeman, december 1990 ..... f 10,—
120. Biotoets voetziekte in erwten, ir. P. Oyarzun, maart 1991 ..... f 10,—
121. Opbrengstvariabiliteit bij erwten en veldbonen, ing. D. A. van der Schans en ir. W. van den Berg, april 1991 ..... f 10,—
122. De bepaling van de opbrengst van een perceel snijmaïs bij de oogst. Ing. H. M. G. van der Werf MSc, ir. W. van den Berg en ing. A. J. Muller, april 1991 ..... f 10,—
123. Optimalisering toedieningstechniek dierlijke mest. Ing. G. J. M. van Dongen, ing. D. T. Baumann, L. M. Lumkes, april 1991..... f 10,—

Publikaties

6. Witloftreksystemen, een vergelijking van produktie, arbeidsbehoefte en financieel resultaat; ing. M. v.d. Ham, ir. G. van Kruistum en ing. J. A. Schoneveld (IMAG), januari 1980 ..... f 6,50
7. Virusziekten in pootaardappelen; ing. A. Schepers en ir. C. B. Bus, februari 1980 ..... f 3,50
11. 15 jaar "De Schreef"; ing. O. Hoekstra, februari 1981 ..... f 12,50
12. Continuteelt en nauwe rotaties van aardappelen en suikerbieten; ir. J. G. Lamers, februari 1981 ..... f 10,—
17. Volgteelt van stamslabonen na doperwten; ing. L. M. Lumkes en ir. U. D. Perdok, oktober 1981 ..... f 10,—
19. Jaarverslag 1981, mei 1982 ..... f 15,—
21. Werkplan 1983, februari 1983 ..... f 10,—
22. Jaarverslag 1982, juli 1983 ..... f 15,—
23. Kwantitatieve informatie 1983 - 1984; september 1983 ..... f 20,—
24. Werkplan 1984, februari 1984 ..... f 10,—
25. Jaarverslag 1983, juni 1984 ..... f 10,—
26. Kwantitatieve informatie 1984 - 1985, september 1984 ..... f 20,—
27. Jaarverslag 1984, februari 1985 ..... f 10,—
28. Werkplan 1985, februari 1985 ..... f 10,—
29. Kwantitatieve informatie 1985 - 1986; september 1985 ..... f 20,—
30. Effecten van grote drijfmestgiften bij de teelt van snijmaïs; ir. J. J. Schröder, september 1985 ..... f 10,—
31. Werkplan 1986, maart 1986 ..... f 10,—
32. Jaarverslag 1985, april 1986 ..... f 15,—
33. Kwantitatieve informatie 1986 - 1987, september 1986 ..... f 20,—
34. Werkplan 1987, maart 1987 ..... f 10,—
35. Jaarverslag 1986, april 1987 ..... f 15,—
36. Informatiemodel 'Open Teelten'-bedrijf, juni 1987 ..... f 10,—
37. Kwantitatieve informatie 1987 - 1988; augustus 1987 ..... f 20,—
38. Jaarboek 1986; november 1987 ..... f 30,—
39. Werkplan 1988, maart 1988 ..... f 10,—
40. Jaarverslag 1987; april 1988 ..... f 15,—

41. Kwantitatieve informatie 1988 - 1989; augustus 1988 ..... f 20,—
42. Optimalisering van de stikstofvoeding van consumptie-aardappelen; ir. C. D. van Loon en J. F. Houwing, januari 1989 ..... f 20,—
43. Jaarboek 1987/'88; februari 1989 ..... f 35,—
44. Bouwplan en vruchtopvolging. Ir. Th. G. F. M. Aerts en ir. W. A. M. Kromwijk, februari 1989 ..... f 20,—
45. Werkplan 1989, april 1989 ..... f 10,—
46. Jaarverslag 1988, april 1989 ..... f 15,—
47. Handboek voor de akkerbouw en de groenteteelt in de vollegrond 1989, juni 1989 ..... f 35,—
48. Kwantitatieve informatie 1989-1990. Ing. W. P. Noordam en ir. E. van de Wiel, oktober 1989 ..... f 20,—
49. Jaarboek 1988/1989, oktober 1989 ..... f 35,—
50. Gïntegreerde akkerbouw naar de praktijk. Dr. P.H. Vereijken en ir. F.G. Wijnands, april 1990 ..... f 15,—
51. Werkplan 1990, april 1990 ..... f 10,—
52. Jaarverslag 1989, juni 1990 ..... f 15,—
53. Kwantitatie Informatie 1990-1991, september 1990 ..... f 25,—
54. Jaarboek 1989/1990, december 1990 ..... f 35,—
55. Werkplan 1991, februari 1991 ..... f 10,—

Themaboekjes

2. Vruchtwisseling; februari 1981 ..... f 7,50
3. Consumptie-aardappelen; december 1982 ..... f 10,—
4. Snijmaïs; maart 1984 ..... f 10,—
5. Zomergerst; november 1985 ..... f 10,—
6. Kwaliteitszorg bij de teelt van witlof; december 1985 ..... f 10,—
7. Organische stof in de akkerbouw, februari 1986 ..... f 10,—
8. Gïntegreerde bedrijfssystemen, 17 november 1988 ..... f 15,—
9. Vruchtwisseling, november 1989 ..... f 15,—
10. Benutting dierlijke mest in de akkerbouw, maart 1990 ..... f 15,—
11. Bewaring van vollegrondsgroenten, december 1990 ..... f 15,—

OBS-uitgaven

1. Verslag over 1980; mei 1983 ..... f 25,—
2. Verslag over 1981; december 1983 ..... f 25,—
3. Verslag over 1982; mei 1984 ..... f 25,—
4. Verslag over 1983; augustus 1985 ..... f 20,—
5. Verslag over 1984; augustus 1986 ..... f 20,—
6. Verslag over 1985; mei 1988 ..... f 20,—
7. Verslag over 1986; april 1991 ..... f 15,—

Teelthandleidingen

1. Blauwmaanzaad, april 1977	f 5,—
2. Zaaiuien, maart 1985	f 10,—
4. Bleekselderij, september 1977	f 5,—
5. Bos- en waspeen, april 1982	f 10,—
9. Plantuien, maart 1979*	f 6,—
11. Prei, december 1985	f 10,—
12. Witlof, augustus 1989	f 20,—
13. Voederbieten, april 1983	f 10,—
14. Doperwten, augustus 1983	f 10,—
15. Bestrijding van onkruiden in suikerbieten (incl. de gids "Akkeronkruiden en hun kiemplanten f 15,—"), maart 1985	f 12,50
16. Knolvenkel, maart 1984	f 10,—
17. Sluitkool, mei 1985	f 10,—
18. Bloemkool, oktober 1985	f 10,—
19. Sla, oktober 1985	f 10,—
20. Broccoli, juni 1986	f 10,—
21. Suikerbieten, december 1986	f 15,—
22. Andijvie, augustus 1987	f 10,—
23. Wintertarwe, september 1987	f 15,—
24. Kroten, juli 1988	f 15,—
25. Luzerne, september 1988	f 15,—
26. Graszaad, oktober 1988	f 15,—
27. Stamslabonen, november 1988	f 15,—
28. Droge erwten, maart 1989	f 15,—
29. Augurk, november 1990	f 15,—
30. Knolselderij, november 1990	f 15,—
31. Spruitkool, november 1990	f 15,—
32. Rabarber, februari 1991	f 15,—
33. Tuinbonen, maart 1991	f 15,—
34. Vezelvlas, april 1991	f 15,—

* Deze teelthandleidingen zijn ook verkrijgbaar bij de SNUiF in Colijnsplaat, girorekening 26233.

Korte teeltbeschrijvingen

1. Teunisbloemen, maart 1986	f 5,—
3. Paksoi en amsoi, augustus 1986	f 5,—
4. Bosui, december 1986	f 5,—
6. Groene asperge, september 1988	f 5,—
7. Courgette en pompoen, december 1988	f 5,—
8. Chinese kool, november 1989	f 10,—

Niet opgenomen in een reeks

— Bouwboek (inhoud + ringband; voor het bijhouden van uiteenlopende bedrijfsadministratie)	f 35,—
— Phoma bij aardappelen; ing. A. Schepers en ir. C. D. van Loon, maart 1988	f 5,—

Losse bestellingen

U kunt losse exemplaren bestellen door het per titel vermelde bedrag over te maken op postgirorekening nr. 22.49.700 van het PAGV, Lelystad, met vermelding van de uitgave(n) die u wilt ontvangen.

PAGV-jaarabonnementen

U kunt kiezen uit de volgende abonnementen:
- **akkerbouw-praktijk:**
  bevat op de praktijk gerichte akkerbouw- en algemene informatie
- **akkerbouw-totaal:**
  bevat naast de op de praktijk gerichte informatie ook gedetailleerde onderzoekinformatie m.b.t. akkerbouw
- **vollegrondsgroente-praktijk:**
  bevat op de praktijk gerichte vollegrondsgroente- en algemene informatie
- **vollegrondsgroente-totaal:**
  bevat naast de op de praktijk gerichte informatie ook gedetailleerde onderzoekinformatie m.b.t. de vollegrondsgroenteteelt
- **totaal-praktijk:**
  bevat op de praktijk gerichte informatie, zowel voor de akkerbouw als voor de vollegrondsgroenteteelt
- **totaal-verslagen:**
  bevat indirect wel praktijkgerichte informatie, maar bestaat in principe uit gedetailleerde onderzoekinformatie, zowel voor de akkerbouw als voor de vollegrondsgroenteteelt
- **totaal-PAGV:**
  bevat alle PAGV-uitgaven.

Onderstaand schema laat zien welke PAGV-uitgaven u ontvangt bij een bepaald abonnement:

PAGV-uitgaven	akkerbouw-praktijk	akkerbouw-totaal	vollegrondsgr.-praktijk	vollegrondsgr.-totaal	totaal-praktijk	totaal-verslagen	totaal-PAGV
Werkplan	x	x	x	x	x	x	x
Jaarverslag	x	x	x	x	x	x	x
Jaarboek	x	x	x	x	x		x
Kwantitatieve Informatie	x	x	x	x	x		x
publikaties akkerbouw	x	x			x		x
publikaties vollegrondsgroenteteelt			x	x	x		x
publikaties algemeen	x	x	x	x	x		x
teelthandleidingen akkerbouw	x	x			x		x
teelthandl. vollegrondsgroenteteelt			x	x	x		x
verslagen akkerbouw		x				x	x
verslagen vollegrondsgroenteteelt				x		x	x
verslagen algemeen		x		x		x	x
prijs per jaar	ƒ 100,-	ƒ 175,-	ƒ 75,-	ƒ 125,-	ƒ 150,-	ƒ 100,-	ƒ 250,-

U wordt abonnee door het per abonnement vermelde bedrag over te maken op postgirorekeningnummer 22.49.700 van het PAGV te Lelystad, met vermelding van het betreffende abonnement.
U ontvangt dan zonder verdere kosten alle betreffende uitgaven in het betreffende kalenderjaar.

N.B. Uw abonnement wordt automatisch verlengd voor een volgend jaar. Wijziging/opzegging van het abonnement is mogelijk tot 1 november van het abonnementjaar.