



Perspectieven voorjaarstoediening van dierlijke mest op kleigrond

Olga Clevering

© 2001  eningen, Praktijkonderzoek Plant & Omgeving BV.

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

Praktijkonderzoek Plant & Omgeving stelt zich niet aansprakelijk voor eventuele schadelijke gevolgen die kunnen ontstaan bij gebruik van gegevens uit deze uitgave.

Dit projectrapport geeft de resultaten weer van het onderzoek dat het Praktijkonderzoek Plant & Omgeving heeft uitgevoerd in opdracht van:

Hoofdproductschap Akkerbouw
Postbus 29739
2502 LS 's-Gravenhage

Praktijkonderzoek Plant & Omgeving BV, sector AGV

s : Edelhertweg 1, Lelystad
: Postbus 430, 8200 AK Lelystad
Tel. : 0320 – 29 11 11
Fax : 0320 – 23 04 79
E-mail : info@ppo.dlo.nl
Internet : www.ppo.dlo.nl

Inhoudsopgave

	pagina
SAMENVATTING.....	5
1. INLEIDING	7
2. LOGISTIEK VAN VOORJAARSAANWENDING	9
2.1 WERKBARE DAGEN EN TIJDIGHEID	9
2.2 LEVERING EN OPSLAG VAN MEST	10
2.3 MESTAANWENDING	11
2.4 ONTWIKKELEN VAN BESLISSINGSMODELLEN VOOR VOORJAARSAANWENDING DIERLIJKE MEST.....	12
3. TOEDIENINGSAPPARATUUR.....	13
3.1 TOEDIENING VAN MEST IN STROKEN OP DE GROND.....	13
3.2 TOEDIENING VAN MEST IN SLEUVEN IN DE GROND	13
3.3 INJECTEREN VAN MEST	14
3.4 WERKING TOEDIENINGSAPPARATUUR	14
4. AMMONIAKEMISSIE.....	15
4.1 WETGEVING INZAKE AMMONIAKEMISSIE.....	15
4.2 AMMONIAKEMISSIE UIT MEST	16
4.3 AMMONIAKEMISSIE OP NIET-BETEELD BOUWLAND	17
4.4 AMMONIAKEMISSIE BIJ TOEDIENING IN GEWASSEN.....	19
4.5 DISCUSSIE.....	21
5. BEMESTENDE WAARDE VAN DIERLIJKE MEST BIJ VOORJAARSTOEDIENING	23
5.1 INLEIDING	23
5.2 SAMENSTELLING DIERLIJKE MEST	23
5.3 SNELLE BEPALING VAN DE SAMENSTELLING VAN ORGANISCHE MEST	24
5.4 N-WERKING BIJ VOORJAARSTOEDIENING	25
5.5 BEMESTINGSADVIEZEN EN -PRAKTIJK BIJ VOORJAARSTOEDIENING.....	26
6. OPBRENGSTEN GEWASSEN, GEWAS- EN STRUCTUURSCHADE.....	29
6.1 VELDPROEVEN EN DEMO'S.....	29
6.1.1 Aardappelen.....	29
6.1.2 Mais	30
6.1.3 Granen.....	31
6.1.4 Suikerbieten	32
6.2 HET VÓORKOMEN VAN STRUCTUURSCHADE.....	33
6.2.1 Wieluitrusting, banden(spanning) en werkbreedte.....	33
6.2.2 Aanvoer van mest via aanvoerslangen	33
6.2.3 Verplaatsen ploegen van najaar naar voorjaar	33
6.3 DISCUSSIE.....	34
7. MESTBE- EN VERWERKING ALS ALTERNATIEF.....	37
7.1 INLEIDING	37
7.2 METHODEN VAN MESTBEWERKING	37
7.3 PROEFRESULTATEN	38
7.4 DISCUSSIE.....	39
8. VERPLAATSING NAJAARS- NAAR VOORJAARSTOEDIENING: GEVOLGEN VOOR	

MINERALENOVERSCHOTTEN EN N-UITSPOELING	41
8.1 INLEIDING	41
8.2 METHODE.....	41
8.3 RESULTATEN.....	44
8.3.1 Gewasniveau	44
8.3.2 Bedrijfsniveau	44
8.4 DISCUSSIE.....	51
8.4.1 Vergelijking scenarioberekeningen met het bedrijfssysteemonderzoek te Nagele	51
8.4.2 Algemene discussie	52
9. AANBEVELINGEN	54
10. CONCLUSIES	56
LITERATUUR.....	58
BIJLAGE 1: BENODIGDE HOEVEELHEID DIERLIJKE MEST EN AANVOER N, P ₂ O ₅ EN K ₂ O PER GEWAS	62
BIJLAGE 2: DEKKING N-, P ₂ O ₅ ⁻ , K ₂ O-BEHOEFTEN VAN HET BOUWPLAN BIJ GEBRUIK VAN VERSCHILLENDE DRIJFMESTSOORTEN EN SCENARIO'S.....	64

Samenvatting

Bij najaarstoediening van drijfmest wordt de stikstof uit mest slecht benut (10 tot 30%) en is er een groot risico van stikstofuitspoeling naar het oppervlaktewater of grondwater tijdens de daarop volgende winter. Daarnaast wordt bij najaarstoediening de Minas N-ruimte vaak als beperkend beschouwd voor een goede dekking van de fosfaat- en kaliumbehoefte van het bouwplan. In deze bureaustudie uitgevoerd in opdracht van het HPA wordt nagegaan wat de mogelijkheden zijn van voorjaarstoediening van dierlijke mest op klei. Achtereenvolgens worden de logistieke problemen bij voorjaarstoediening, (emissiearme) toedieningsmethoden, bemestende waarde van dierlijke mest en het optreden van gewas- en structuurschade behandeld. Tot slot wordt middels scenarioberekeningen nagegaan wat de gevolgen van het overschakelen van na- op voorjaarstoediening zijn op het mineralenmanagement en de stikstofuitspoeling.

Op kleigrond geeft mestaanwending in het voorjaar een verhoogde werkdruk in een periode met een beperkt aantal werkbare dagen. Ter vergelijking, op lichte gronden is het aantal werkbare dagen gemiddeld genomen tweekeer zo groot als op zware gronden. Te laat zaaien of poten kan op kleigrond tot aanzienlijke opbrengstderving leiden. Op kleigronden is het dus van groot belang dat mest op tijd wordt aangewend. In akkerbouwgebieden wordt de grote transportafstand van mest hierbij als een groot probleem gezien. Dit probleem zou grotendeels opgelost kunnen worden door meer mestopslag in de regio te realiseren. Grootschalige mestopslag wordt vaak echter door de provinciale overheid geblokkeerd. Daarnaast kan het aantal werkbare dagen worden vergroot door mest na in plaats van vóór zaaien of poten aan te wenden. Het landbouwkundig verantwoord (dat willen zeggen met geringe gewas- en structuurschade) aanwenden van mest na poten of planten wordt echter bemoeilijkt door de wettelijke bepalingen omtrent het emissiearm aanwenden van mest.

In het voorjaar kan dierlijke mest bij een groot aantal akkerbouwgewassen worden ingezet. Wel is het belangrijk dat de samenstelling van de mest van tevoren bekend is of dat gemakkelijk kan worden bijgestuurd met de kunstmestgift. Daarnaast moet bij de keuze van de mestsoort en -gift rekening worden gehouden met mogelijke schadelijke effecten van stikstofmineralisatie aan het eind van het groeiseizoen op de kwaliteit van gewassen. Verder kunnen lage giften minder nauwkeurig worden toegediend. Dierlijke mest kan op verschillende manieren worden toegediend. Bij toediening in twee werkgangen wordt mest breedwerpig of met een sleepslangenmachine uitgereden en ondergewerkt met een frees of cultivator. Met een frees wordt mest beter ingewerkt dan met een cultivator. In de praktijk kan bij inwerken van mest met een frees toch een aanzienlijke emissie van ammoniak optreden, omdat de capaciteit van een frees veel lager is dan die van de toedieningsapparatuur. Het is daarom van belang dat apparatuur wordt ontwikkeld die mest goed en met een hoge capaciteit inwerkt. In één werkgang kan mest met een bouwland- of zodeinjecteur, zodebemester, sleufkouter, sleepvoeten- of sleepslangenmachine worden toegediend. Met een injecteur wordt de mest in de grond gebracht, met een zodebemester en sleufkouter in sleuven in de grond en met een sleepvoeten- en sleepslangenmachine op de grond. Momenteel wordt mesttoediening met een sleepvoeten- en sleepslangenmachine door de wetgever als onvoldoende emissiearm beschouwd. Mesttoediening met een sleufkouter is wel toegestaan, indien de mest niet uit de gleufjes stroomt.

Om in het voorjaar structuurschade te voorkomen kan mest het beste vóór het zaaien of poten worden toegediend. Spoorvorming kan dan bij de zaai- of pootbedbereiding teniet worden gedaan. Het toedienen van mest na poten of zaaien levert in het algemeen minder goede resultaten. Omdat hierdoor wel het aantal werkbare dagen sterk wordt vergroot, dient hiervoor verbeterde apparatuur te worden ontwikkeld. In wintergranen wordt in het voorjaar mest in het gewas toegediend. In het buitenland wordt hiervoor meestal een sleepslangenmachine gebruikt. In Nederland is dit niet toegestaan. In wintergranen echter kan het gebruik van een zodebemester of sleufkouter tot aanzienlijke gewas- en structuurschade leiden. Structuurschade kan worden voorkomen door spoorvorming zoveel mogelijk tegen te gaan. Hiervoor is lichte apparatuur en brede banden met een lage bandspanning noodzakelijk. Een andere mogelijkheid is om de werkbreedte te vergroten. Indien spuit- en mestsporen kunnen worden gecombineerd zal spoorvorming

door bemesting niet tot extra opbrengstderving leiden. In beide gevallen kan mestaanvoer via slangen het gewicht van de apparatuur sterk verlagen. Wel moet hiervoor opslagcapaciteit op het perceel worden gecreëerd.

Een alternatief voor voorjaarstoediening van drijfmest is het gebruik van mestbe- en verwerkingsproducten. Voor akkerbouw op klei is het momenteel het aantrekkelijkst om in het najaar vaste fracties aan te wenden. Deze fracties bevatten een hoog percentage fosfaat en organische stof. Voor aanwending van dunne fracties (veel minerale stikstof, weinig fosfaat en organische stof) zijn de transportkosten vaak te hoog. Daarnaast zijn ze alleen aantrekkelijk als ze zodanig kunnen worden opgewaardeerd dat ze vergelijkbaar zijn met kunstmest en zonder gewas- en structuurschade toe te dienen zijn, bijvoorbeeld met een veldspuit. Op klei blijft het de vraag of deze dunne fracties ook na aanzuren wel voldoende emissiearm kunnen worden aangewend.

In samenwerking met het project "Mineralenmanagement op bedrijfsniveau" van het PPO-agv zijn voor verschillende bouwplannen scenarioberekeningen uitgevoerd om de milieukundige gevolgen van het overschakelen van na- op voorjaarsaanwending in kaart te brengen. Ook wordt hiermee inzicht verkregen in de dekking van de P- en K-behoefte van het bouwplan. Uit de scenarioberekeningen komt naar voren dat het maximaal benutten van de Minas-ruimte bij najaarstoediening ongunstig is voor het milieu. Bij najaarstoediening volgens goede landbouwpraktijk (d.w.z. niet meer bemesten dan een groenbemester kan opnemen) worden de stikstofverliezen sterk beperkt, er wordt echter maar een klein deel van de Minas-ruimte benut. Bij overeenkomstige milieubelasting kan middels voorjaarstoediening een veel groter deel van de Minas-ruimte worden benut. Bij een nette voorjaarstoediening moet drijfmest dan wel bij meerdere gewassen worden ingezet. Dit is vanwege het risico van gewas- en structuurschade niet altijd mogelijk. Een goed alternatief is de totale drijfmestgift gespreid over het na- en voorjaar te geven. De geringste milieubelasting en de beste benutting van de Minas P-ruimte wordt verkregen met toediening van alleen de vaste fractie in het najaar. Hierbij moet echter nog wel een aanvullende kunstmestkaligift worden gegeven.

1. Inleiding

In Nederland wordt ongeveer 50% van de akkerbouwgewassen op klei geteeld. Op klei wordt in het najaar dierlijke mest vooral over de graanstoppel uitgereden. Bij najaarsaanwending van mest gaat afhankelijk van de hoeveelheid neerslag en de temperatuur een groot deel zoniet alle minerale stikstof in dierlijke mest verloren door uitspoeling en denitrificatie. Afhankelijk van de grootte van de minerale fractie in dierlijke mest kan dit tussen de 50 en 80% van de toegediende stikstof bedragen. Uitspoeling belast vooral het grond- en oppervlaktewater; denitrificatie (productie van N_2) vermindert die belasting juist, maar gaat wel gepaard met de vorming van het bijproduct N_2O (lachgas), dat bijdraagt aan het broeikas-effect en aan de afbraak van de ozonlaag.

Bij najaarstoediening van drijfmest komt, afhankelijk van de soort mest, tijdstip van toediening en lengte van het groeiseizoen, uiteindelijk slechts 10 tot 30% van de aangevoerde stikstof beschikbaar voor het gewas. Wel kan bij najaarstoediening een deel van de minerale stikstof worden geconserveerd middels de inzet van groenbemesters. De hoeveelheid stikstof die daardoor werkelijk voor het gewas beschikbaar komt, is echter gering, dit zal hoogstens tussen de 25 en 35% bedragen. Daarentegen kan bij voorjaarstoediening worden uitgegaan van een werking van 65 tot 80% van de toegediende stikstof. Daarnaast is bij najaarstoediening de in Minas toegestane aanvoer van stikstof beperkend voor een optimale inzet van fosfaat en kali uit dierlijke mest. Bij voorjaarstoediening kan in principe een groter deel van de Minasruimte met dierlijke mest worden gedekt, omdat minder kunstmest hoeft te worden gebruikt. Voorjaarstoediening past dan ook goed in het overheidsstreven om dierlijke mest verantwoord in te zetten, waarbij tevens het gebruik van kunstmest wordt teruggedrongen.

Op kleigronden stuit voorjaarstoediening echter op praktische problemen. Vanwege het geringe aantal werkbare dagen, is de periode om dierlijke mest tijdig aan te wenden zeer kort. Te vroeg dierlijke mest aanwenden leidt tot structuurschade. Op zeer zware kleigronden is de kans op structuurschade zodanig groot dat hier dan ook van voorjaarstoediening, althans vóór het zaaien of poten van gewassen, afgezien moet worden. Te laat dierlijke mest aanwenden kan vanwege een verkorting van het groeiseizoen ook tot opbrengstderving leiden. In het uiterste geval kan in een zeer nat voorjaar worden besloten geen dierlijke mest aan te wenden. Akkerbouwers op kleigrond zullen dan ook huiverig zijn om mestafzetcontracten af te sluiten, omdat hierbij een afnameplicht van mest geldt.

Middels enquêtes blijkt dat door akkerbouwers de volgende eisen aan voorjaarsaanwending van dierlijke mest worden gesteld (Middelkoop e.a., 1997).

- aanwending van mest vlak vóór of in het groeiseizoen
- homogene samenstelling van mest
- gelijkmatige verdeling van de mest over de percelen
- nauwkeurige dosering; afgestemd op het bemestingsplan
- minimale beschadiging van het gewas
- emissiearm
- geen structuurschade door insporing of bodemverdichting
- kosten zo laag mogelijk

De acceptatie van voorjaarstoediening van dierlijke mest door akkerbouwers op klei zou dan ook verhoogd kunnen worden indien aan deze eisen kan worden voldaan. In het eerste deel van deze bureaustudie, uitgevoerd in opdracht van het HPA, wordt ingegaan op deze eisen. In het tweede deel wordt voor verschillende modelbedrijven nagegaan wat de gevolgen zijn van het overschakelen van najaars- op voorjaarsaanwending op de benutting van de Minasruimte, op het mineralenmanagement en op de stikstofuitspoeling.

Leeswijzer

In hoofdstuk 2 wordt ingegaan op logistieke problemen bij voorjaarsaanwending op kleigrond. In hoofdstuk 3 en 4 worden de toedieningsapparatuur en de problematiek omtrent ammoniakemissie besproken. Hoofdstuk 5 gaat in op de bemestende waarde van dierlijke mest bij voorjaarstoediening, aansluitend gaat

hoofdstuk 6 in op toediening van mest in verschillende gewassen en het optreden van gewas- en structuurschade. In hoofdstuk 7 wordt het gebruik van mestbewerkingsproducten als alternatief voor voorjaarstoediening besproken. In hoofdstuk 8 worden de milieukundige gevolgen van het overschakelen van najaars- naar voorjaarstoediening in kaart gebracht. Tot slot worden in hoofdstuk 9 en 10 respectievelijk aanbevelingen gedaan en conclusies getrokken.

2. Logistiek van voorjaarsaanwending

Mestaanwending in het voorjaar geeft een verhoogde werkdruk in een periode met een beperkt aantal werkbare dagen. Belangrijke vragen zijn dan ook: (i) hoeveel werkbare dagen zijn er nodig voor mestaanwending afgezet tegen de hoeveelheid beschikbare dagen en (ii) hoe groot is de kans dat mestaanwending leidt tot uitstel van andere werkzaamheden en daardoor tot opbrengstderving. Deze vragen zijn niet zondermeer te beantwoorden, omdat hiervoor verschillende aspecten van voorjaarstoediening modelmatig moeten worden onderbouwd en geïntegreerd. In dit hoofdstuk worden deze aspecten apart behandeld. In 2.4 wordt ingegaan op de mogelijkheden tot integratie.

2.1 Werkbare dagen en tijdigheid

Het tijdsbestek bij voorjaarstoediening wordt bepaald door het tijdstip waarop de bodem berijdbaar is door aanwendingsmachines en het tijdstip van zaaien/poten van het gewas. Het tijdsbestek is kort, enkele dagen, omdat akkerbouwers zo snel mogelijk willen zaaien of poten als de grond zonder structuurschade kan worden bewerkt.

Bewerkbaarheid van gronden

In het voorjaar is de bewerkbaarheid van niet al te zware kleigronden afhankelijk van de ontwateringsdiepte, organische stofgehalte en het verdampingsoverschot. In de literatuur wordt vaak een pF-waarde van minimaal 2 aangehouden (Kouwenhoven en Lumkes, 1987); de betrouwbaarheid hiervan is echter onduidelijk (D. Goense IMAG-DLO, mond. med.). In de praktijk wordt de bewerkbaarheid van grond visueel, op de mate van verkruielbaarheid, beoordeeld. Bij het modelleren van de relatie tussen bewerkbaarheid en vochtgehalte stuit dit op problemen, omdat hiervoor geen duidelijke criteria zijn opgesteld (D. Goense, mond. med.). Wel lijkt de beoordeling van bewerkbaarheid op de mate van de verkruielbaarheid tot op zekere hoogte gecorreleerd met de drukhoogte van het bodemvocht op 5 cm -mv. Daarnaast hebben ook het kalk- en humusgehalte invloed op de bewerkbaarheid (Koolen e.a., 1987; van Wijk e.a., 1988).

Naarmate de grond zwaarder is, neemt het aantal werkbare dagen sterk af. Op lichte gronden is het aantal werkbare dagen gemiddeld genomen ongeveer tweekeer zo groot als op zware gronden (zie van Ouwkerk en Kuipers, 1987). Voor alle gronden geldt ook dat de bewerkbaarheid afhangt van de apparatuur die wordt gebruikt. Daarnaast kan de voorafgaande bewerking van invloed zijn op de bewerkbaarheid voor volgbewerkingen (Kouwenhoven en Lumkes, 1987).

Tijdigheid

Door Alblas (2000) is middels literatuuronderzoek voor verschillende gewassen nagegaan wat de financiële gevolgen zijn van later zaaien dan de kritische zaaidatum (tabel 1). Overigens kan ook te vroeg zaaien of poten tot opbrengstderving leiden.

Ook indien er geen mest wordt aangewend, wordt voor een aantal gewassen vanwege een latere zaaidatum (opkomstdatum) op zware kleigronden al een aanzienlijke reductie in opbrengsten gevonden (van Wijk e.a., 1988). Naarmate de gronden zwaarder zijn, worden ze later in het voorjaar bewerkbaar, waardoor de maximale haalbare productie achterblijft bij die van lichtere gronden. Zo vindt de opkomst van aardappelen op zware klei ca. 15 dagen later plaats dan op zand-/lichte zavelgronden (tabel 2). Op kleigronden zal het in het algemeen, vanwege de vroege zaaidatum, niet mogelijk zijn dierlijke mest vóór zomergranen aan te wenden. Vanwege de al aanwezige tijdsdruk kan het toedienen van dierlijke mest in gewassen in plaats van vóór gewassen een oplossing zijn (zie ook hoofdstuk 6).

Tabel 1. **Periode waarover opbrengsten zijn bepaald, berekende kritische zaaidatum en dervingsfactor (% per dag na de kritische zaai- of plantdatum) en financiële opbrengstderving bij één week uitstel van zaaien (Alblas, 2000). NB. voor de financiële berekeningen zijn de opbrengstnormen van 1997/1998 in gulden gebruikt.**

gewas	begindatum	einddatum	kritische zaaidatum	dervingsfactor (%)	derving bij één week uitstel		regio waar onderzoek heeft plaatsgevonden
					(kg/ha)	(/ha)	
zomertarwe	15 feb	10 mei	25 feb	0,59	212	f72 = €33	Flevoland
zomergerst	01 feb	10 mei	02 maart	0,59	249	f75 = €34	Zeeland, Flevoland, Groningen
haver	25 feb	30 april	05 maart	0,88	289	f84 = €38	Gelderland
suikerbiet	25 maart	20 mei	28 maart	0,46	1739	f208 = €95	Nederland, Engeland
peen	23 maart	20 juni	10 april	0,35	1590	f222 = €101	Flevoland
tuinboon	15 maart	20 mei	15 april	0,67	252	f192 = €87	niet bekend
aardappelen	15 april	10 juni	20 april	0,50	1663	f283 = €129	Zeeland
snijmais	25 april	30 mei	27 april	0,72	1890	f132 = €60	Flevoland
doperwt	06 april	29 juni	30 april	1,06	394	f248 = €113	Flevoland

Uit tabel 2 blijkt dat er een duidelijk effect is van het te laat zaaien/planten op de opbrengst van de afzonderlijke gewassen. Bij uitstel van gewassen die vroeg worden gezaaid kan hierdoor een hele reeks van landbouwkundige werkzaamheden worden uitgesteld. Hierdoor kan een cascade effect ontstaan (zie ook 2.4).

Tabel 2. **De invloed van vroegheid van verschillende bodemtypen op de maximale opbrengst van zomergranen en aardappelen (opbrengsten in kg.ds.ha⁻¹) (Van Wijk e.a., 1988). En het gemiddelde aantal dagen na de kritische zaai/pootdatum. Bij zomergranen en aardappelen is een dervingsfactor van respectievelijk 0,59 en 0,5 gebruikt (zie tabel 1). Afslibbaarheid berekend als: % lutum = ca. 0,8 * % afslibbaar.**

Bodemtype	zomergranen			aardappelen		
	maximale opbrengst	bodemtype effect	aantal dagen na kritische datum	maximale opbrengst	bodemtype effect	aantal dagen na kritische datum
sterk leemig zeer fijn zand	6412	1,00	0	14864	1,00	0
zeer lichte zavel (13% afslibbaar)	6392	1,00	0	14675	0,99	2
matig lichte zavel (18% afslibbaar)	6406	1,00	0	14757	0,99	2
zware zavel (28% afslibbaar)	6341	0,99	1,7	14478	0,97	6
lichte klei (39% afslibbaar)	6205	0,97	5,1	14255	0,96	8
matig zware klei (56% afslibbaar)	6141	0,96	6,8	13382	0,90	20

De tijdigheid van werkzaamheden kan worden verbeterd door te streven naar een grote capaciteit, dat wil zeggen bredere werktuigen, werktuigcombinaties, hogere voortbewegingssnelheid, aangedreven werktuigen en aangepaste wieluitrusting. Daarnaast kan worden besloten de frequentie, diepte en intensiteit van de grondbewerking te reduceren of andere werktuigen te gebruiken, bijvoorbeeld cultivateren in plaats van ploegen (van Ouwkerk en Kuipers, 1987). In deze bureaustudie zal alleen ingegaan worden op het verbeteren van de tijdigheid en het vergroten van het aantal werkbare dagen bij mestaanwending.

2.2 Levering en opslag van mest

Zeker in tekortgebieden is de transportafstand in het algemeen te groot om mest direct van de producent te betrekken. Bovendien komt het tijdstip waarop een veehouder mest kwijt wil niet altijd overeen met het tijdstip waarop een akkerbouwer behoefte heeft aan mest. In een erg nat voorjaar en bij veeziekten etc. kan uitstel van het leveringsmoment zowel veehouders als akkerbouwers in de problemen brengen. Als de weersomstandigheden gunstig zijn, kan er van het ene op het andere moment een tekort aan mest ontstaan. Ook is het de vraag of telers ook werkelijk op het afgesproken tijdstip kunnen beschikken over transport- en aanwendingsmogelijkheden. In principe kunnen afspraken over het leveringsmoment van mest worden vastgelegd in mestafzetcontracten. Calamiteiten zijn overigens hierin moeilijk vast te leggen. Extra opslagcapaciteit van mest in akkerbouwgebieden zou deze problemen gedeeltelijk op kunnen lossen (van Well, e.a. 2001).

Centrale opslag heeft als voordeel dat mest continu en snel afgeleverd kan worden. Daarnaast heeft dit als voordeel dat partijen kunnen worden gemengd en dat meerdere kwaliteiten leverbaar zijn. Zeker voor voorjaarsaanwending is een snelle beschikbaarheid van mest van groot belang. Centrale opslag heeft als nadeel dat de transportafstanden nog steeds aanzienlijk kunnen zijn, daarnaast kan veel geld in de tussenhandel verdwijnen. Het verkrijgen van een bouwvergunning is een groot probleem bij het realiseren van centrale opslag van dierlijke mest in afzetgebieden. Deze vergunningen worden verleend door de provinciale overheden. Tussen de provincies bestaan echter grote verschillen in de criteria die worden gehanteerd voor het al dan niet verlenen van een bouwvergunning voor mestopslag. In het algemeen is de provinciale overheid huiverig om de aanvoer van 'gebiedsvreemde' mest te stimuleren, hetgeen haaks staat op het landelijk beleid om de afzetruimte in akkerbouwgebieden te verhogen. Volgens T. van Korven (ZLTO), op de mestdag van PPO te Lelystad in 2002, zouden afnemers van mest duidelijker aan moeten geven bij de provincie dat er daadwerkelijk behoefte is aan mest.

Grote voordelen van opslag bij akkerbouwers zelf is dat het tijdstip van levering geen discussie meer is en gehalten bekend zijn (zie ook hoofdstuk 5). Wel is het belangrijk dat een mixinstallatie in de opslag aanwezig is. Tussen gemeenten zijn grote verschillen in de voorwaarden die worden gesteld aan mestopslag bij akkerbouwers, bijvoorbeeld of een mestopslag alleen op een perceel is toegestaan of ook op een bouwkaavel. Dit maakt het vaak moeilijk om mestopslag te realiseren (Hogenkamp, 2001). In het algemeen is voor foliebassins geen bouwvergunning nodig, voor stalen of betonnen silo's wel. Bij opslag kleiner dan 2500 m³ of een mestoppervlak van 750 m² is geen milieuvergunning noodzakelijk. Wel is er meldingsplicht; omwonenden kunnen dan bezwaar aantekenen. Bij grotere mestopslag is wel een wijziging van de milieuvergunning nodig. Hierbij moet rekening worden gehouden met de afstanden tot verzuringsgevoelige gebieden en/of woningen van omwonenden (tabel 3). Op kleigrond zal de afstand tot verzuringsgevoelige gebieden over het algemeen voldoende groot zijn. Mestopslag kan zowel door de mestproducent als de afnemer worden betaald.

Tot slot kan mest tijdelijk op een perceel worden opgeslagen, bijvoorbeeld in de vorm van een verplaatsbare mestzak, waarin mixen en bemonstering mogelijk is. Bij aflevering op het perceel kan mest het snelst worden aangewend, omdat transport en aanwending van elkaar losgekoppeld zijn.

Tabel 3. **Minimale afstand van mestbassins ten opzichte van omwonenden en van verzuringsgevoelige gebieden. Overgenomen uit Hogenkamp (2001).**

	Minimale afstand in meters	
	< 350 m ²	> 350 m ²
oppervlakte mestbassin		
woning agrarisch derden	25	50
woning niet-agrarisch derden	50	100
verzuringsgevoelig gebied	150	250

2.3 Mestaanwending

Het uitrijden en inwerken van mest in het voorjaar leidt tot een vergroting van de arbeidspiek. Deze arbeidspiek kan door de ondernemer zelf of door het inzetten van een loonbedrijf worden opgevangen. De capaciteit van het loonwerk hangt sterk af van de transportafstand van de mest en de aanwendingscapaciteit. In de Flevopolders (van Rhee DLV, mond. med.) wordt vooral de grote transportafstand van mest en niet de aanwendingscapaciteit van het loonwerk als probleem gezien. De aanwendingscapaciteit van het loonwerk is echter sterk afhankelijk van de aanwendingsmethode (tabel 4). Bij het in twee werkgangen aanwenden van mest wordt de eerste werkgang veelal in loonwerk uitgevoerd en de tweede werkgang door de ondernemer zelf. Bij het breedwerpig uitrijden van mest levert voornamelijk de capaciteit van het onderwerken van mest in de aansluitende tweede werkgang problemen op (zie ook hoofdstuk 4). Dit is met name het geval bij frezen en ploegen (tabel 4). In Zuidwest Nederland wordt de kans op structuurbederf als een groot probleem gezien. Daarnaast leidt te laat zaaien tot opbrengstderving. Voorjaarsaanwending vindt in deze regio dan ook niet grootschalig plaats. Door T. van der Meer van de CZAV (mond. med.) wordt benadrukt dat het aanwenden van dierlijke mest in gewassen in plaats van vóór de toepassingsmogelijkheden in sterke mate zal verhogen.

Bij een te geringe capaciteit van loonbedrijven kan worden besloten dierlijke mest zelf uit te rijden. Hierbij zou samenwerking gezocht kunnen worden met andere akkerbouwers of veehouders in de buurt. Uit

een Amerikaanse studie (Harrigan, e.a. 1996) komt echter naar voren dat mesttoediening tot opbrengstderving kan leiden als hierdoor, door gebrek aan arbeidskracht, andere werkzaamheden worden uitgesteld. In hoeverre dit op kleigronden in Nederland het geval is echter niet bekend.

Tot slot kan de toediening van mest zelf aanleiding geven tot een uitstel van een geplande zaaibedbereiding. De met de mest toegediende hoeveelheid vocht kan mede tot gevolg hebben dat de toplaag van de bouwvoor minder geschikt wordt voor een fijne zaaibedbereiding. Een mestgift van 30 m³ per ha komt, wat de vochthoeveelheid betreft, overeen met een korte regenbui van 3 mm.

Tabel 4. **Capaciteit van verschillende toedienings- en onderwerkmethoden. In hoofdstuk 3 en 6 wordt hier verder op ingegaan.**

	Capaciteit	gift (m ³ /ha)	capaciteit (ha/uur)	hoeveelheid (m ³ /uur)
<i>Toediening</i>				
stalmeststrooier	6-7 ton		1,5	-
vacuümtank	7-15 m ³		0,6 – 0,4	
mengmeststrooier	12 m ³	25	1,2	30
zodenbemester	12 m ³ / 7 m	20	1,5	30
sleufkouterbemester	12 m ³ / 7 m	20	1,5	30
bouwlandinjecteur	12 m ³ / 7 m	45	0,6 – 0,9	40,5
kunstmeststrooier (pneum.)	10 m ³ / 5 m		2	
kunstmeststrooier	24 m		3,3	
<i>Onderwerken</i>				
cultivateren vaste tand	4 m		1,3	
cultivateren veertand	6 m		1,3	
Frezen	3 m		0,4	
<i>Ploegen</i>				
zaaibed combinatie	5,5 m		2,0	
zaaibed cultivateren	5 m		2,0	
zaaibed eggen (aangedreven eg)	5 m		1,3	
zaaibed frezen	3 m		0,8	
Rijenfrezen	3-6 m		0,7-1,3	

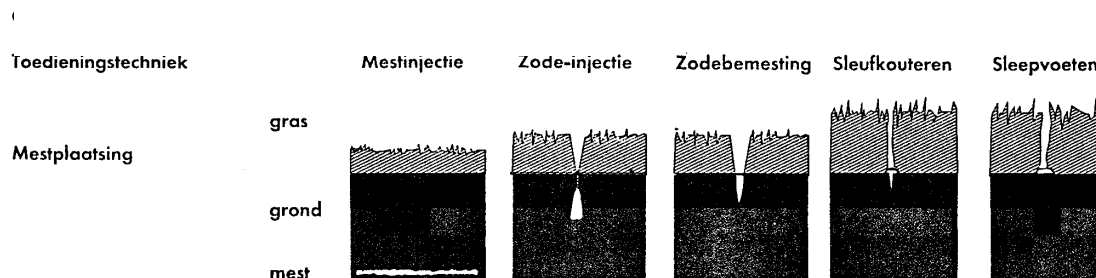
Gegevens deels uit KWIN 2000/2001

2.4 Ontwikkelen van beslissingsmodellen voor voorjaarsaanwending dierlijke mest

Voor Amerikaanse omstandigheden is een simulatiemodel ontwikkeld voor het voorspellen van het economisch rendement van verschillende systemen van dierlijke mest aanwending. In dit model is een integratie gemaakt van verschillende deelsystemen, zoals de invloed van weer, bodem, apparatuur, arbeid, grondbewerking, tijdstip van poten/zaaien, opslag en aanwending van mest (Harrigan, 1996; 1997). Dergelijke modellen zouden ook voor de Nederlandse situatie meer inzicht kunnen verschaffen in de mogelijkheden in het voorjaar op klei dierlijke mest verantwoord in te zetten. Bovendien zou meer inzicht verkregen kunnen worden in de hoeveelheid benodigde mestopslagruimte en aanwendingsapparatuur per regio. In Nederland zijn in het verleden wel (deel)modellen ontwikkeld voor de werkbaarheid van gronden en het effect van uitstel (tijdigheid) van werkzaamheden en capaciteit van aanwendingsapparatuur (D. Goense IMAG, mond. med.; Huijsmans en de Mol, 1999). Echter tot een integratie van modellen is het nooit gekomen.

3. Toedieningsapparatuur

Naast het bovengronds breedwerpig toedienen van dunne mest zijn in de loop van de jaren verschillende toedieningstechnieken ontwikkeld (figuur 1). In dit hoofdstuk wordt ingegaan op de technieken zelf. De gegevens in dit hoofdstuk zijn grotendeels overgenomen uit Krebbers (1993) en Mulder en Huijsmans (1994). In hoofdstuk 4 wordt ingegaan op de ammoniakwetgeving en op ammoniakemissie bij toepassing van de verschillende technieken en in hoofdstuk 6 op de toepassingsmogelijkheden.



Figuur 1. Overzicht emissiearme technieken op grasland, overgenomen uit Krebbers (1993).

3.1 Toediening van mest in stroken op de grond

De sleepvoeten- en sleepslangenmachine kenmerken zich door:

- het verdeelprincipe. De mest wordt via uitstroomopeningen zoals tanden, toedieningselementen, sleepvoeten en sleepslangen verdeeld over de werkbreedte van de machine. De uitstroomopeningen hebben onderling een vaste afstand die per machine varieert van 20 tot 50 cm. De machines hebben dus een vaste werkbreedte, in tegenstelling tot werktuigen die bovengronds breedwerpig verspreiden.
- de plaats van toediening. De mest wordt vlak boven of in de grond toegediend. Dit heeft tot gevolg dat de wind geen invloed heeft op de mestverdeling dit in tegenstelling tot werktuigen die bovengronds breedwerpig verspreiden.

Sleepslangenmachine

Bestaat uit een systeem met slangen, die 5-10 cm boven de grond hangen of over de grond slepen en de mest in stroken op de grond leggen; de onderlinge afstand tussen de slangen en de meststroken bedraagt ca. 30 cm. De breedte van de meststroken is 5-10 cm. Hiermee zal het mestoppervlak met 67-85% ten opzichte van breedwerpig toedienen worden verkleind.

Sleepvoetbemester

Bestaat uit elementen (sleepvoeten) die over de grond slepen en de mest in stroken op de grond leggen. De onderlinge afstand tussen de sleepvoeten en dus de meststroken bedraagt ca. 20 cm. De sleepvoetbemester maakt geen sleuven in de grond. Een sleepvoet glijdt over de grond, en legt de mest in stroken van ca. 3 cm breed. Hiermee wordt ten opzichte van bovengronds, breedwerpig toedienen het mestoppervlak met 85% verkleind. In losse grond kan een sleepvoetbemester wel zo afgesteld worden dat de sleepvoeten iets door de grond worden getrokken.

3.2 Toediening van mest in sleuven in de grond

Sleufkouterbemester

Bestaat uit elementen waarmee de mest in sleuven in de grond wordt gebracht. De onderlinge afstand tussen de elementen op de sleuven bedraagt ca. 20 cm. Op zachte, vochtige grond kan het systeem worden afgesteld op sleuven van ca. 5 cm diep, waarbij alle mest in de sleuven wordt gebracht. Het werkresultaat is dan vergelijkbaar met het werkresultaat van een zodebemester. Op harde, droge grond

en/of slechte afstelling zijn de sleuven 0-2 cm diep en wordt de mest in stroken op de grond gedoseerd. Het resultaat is dan vergelijkbaar met dat van een sleepvoetenmachine.

Zodebemester

Is uitgerust met snijdende elementen waarmee sleuven van 5-7 cm diepte kunnen worden gemaakt. De mest wordt in sleuven gedoseerd. De onderlinge afstand tussen sleuven bedraagt 20-30 cm. De diepte van de sleuf is minder afhankelijk van de snijbaarheid van de grond en afstelling van de machine dan bij een sleufkouter. Momenteel wordt door verschillende mechanisatiebedrijven ook een schijfkouterbemester tot ontwikkeling gebracht. Het concept van een schijfkouterbemester lijkt niet wezenlijk af te wijken van dat van een zodebemester (H. Krebbers DLV, mond. med.).

3.3 Injecteren van mest

Mestinjecteur

De mestinjecteur is uitgerust met tanden waarmee sleuven in de grond worden gemaakt met een onderlinge afstand van 50 cm. De mest wordt via een ganzevoet aan de injectietand op 10-20 cm diep gedoseerd. Na de mestdosering wordt de sleufopening dichtgedrukt met rollen, waardoor het contact van de mest met de buitenlucht wordt geminimaliseerd.

Zode-injecteur

Bij de zode-injecteur wordt de mest via injectiekouters op 5-9 cm diepte in de grond gebracht en is de onderlinge afstand tussen de sleuven 25-30 cm. Na het inbrengen van de mest worden de sleufjes dichtgedrukt.

3.4 Werking toedieningsapparatuur

Om het werkresultaat van de verschillende technieken te bereiken, kunnen soms meerdere werktuigen worden toegepast. Zo kan het resultaat 'mestinjectie' bereikt worden met een mestinjecteur, maar ook met een diep afgestelde zode-injecteur. Zodebemesting kan worden uitgevoerd met een zodebemester, maar op een vochtige grond ook met een diep afgestelde sleufkoutermachine. Als met een sleufkoutermachine op harde grond wordt gewerkt, worden er geen sleufjes gemaakt en is het resultaat nagenoeg vergelijkbaar met de techniek 'sleepvoeten'.

Voor een optimale mestbenutting dient de mest nauwkeurig gedoseerd en optimaal verdeeld te worden over het land. De verliezen als gevolg van een slechte verdeling en daarmee een niet optimale bemesting kunnen afhankelijk van de omstandigheden en het gewas oplopen tot honderden guldens (euro's) per hectare (Dilz en van Brakel, 1986). Vooral plaatselijke over- en onderdoseringen kunnen aanleiding zijn tot grote opbrengstdervingen en kwaliteitsverschillen. Verschillen in kwaliteit als gevolg van een slechte verdeling komen vaak tot uiting in een ongelijkmatige afrijping van het gewas, wat moeilijkheden kan veroorzaken bij onder andere de oogst, opslag en verwerking van producten. Een goede verdeling staat of valt met de homogeniteit van de samenstelling van de mest (hoofdstuk 5) en een goede werking van de toedieningsapparatuur. De kans op verstoppingen is afhankelijk van de soort meststof, maar zal voornamelijk groot zijn bij runderdrijfmest, vanwege het grote percentage voerresten. Als een element verstopt, stijgt de variatiecoëfficiënt (VC) al snel naar 20%. De kans op verstoppingen is te verkleinen door tijdens het vullen van de tank verontreinigingen te verwijderen door middel van filter- en snijsystemen. In tabel 5 staan de variatiecoëfficiënten van de diverse toedieningsapparatuur vermeld.

Tabel 5. **Nauwkeurigheid van de verschillende toedieningsmethoden (Hendriks en Huijsmans, 1992).**

	variatioecoëfficiënt (VC)
zodebemester (28 toedieningselementen)	7% max. 17%
bouwlandinjecteur (10 toedieningselementen)	15% max. 26%
sleepvoetenmachine (25 toedieningselementen)	10% max. 26%
sleepslangenmachine (49 sleepslangen)	12% max. 21%

4. Ammoniakemissie

In dit hoofdstuk wordt ingegaan op de problematiek van ammoniakemissie. In 4.1 wordt in gegaan op de wetgeving inzake emissiearm toedienen van mest. In 4.2 t/m 4.4 worden de resultaten samengevat van onderzoek, dat door het IMAG is verricht (Mulder en Huijsmans, 1994).

4.1 Wetgeving inzake ammoniakemissie

Het ammoniakbeleid werd begin jaren '80 apart van het mestbeleid onder het verzuringsbeleid gevormd. In het Besluit Gebruik Dierlijke Meststoffen (BGDM) is de aanwending van dierlijke meststoffen geregeld (Staatsblad, 1997, nummer 601 en aanvulling in 2001, nummer 479).

Bij het emissiearm aanwenden van dierlijke meststoffen op bouwland, braakland of niet-beteelde grond dient:

- (1) indien de mest onmiddellijk in de grond wordt gebracht, dit door middel van apparatuur te gebeuren waarmee de mest uitsluitend in de grond wordt gebracht in sleufjes. De sleufjes hebben geen grotere breedte dan 5 centimeter
- (2) in maximaal twee direct opeenvolgende werkgangen op het grondoppervlak gebracht en ondergewerkt en wel zodanig dat op de desbetreffende percelen de mest altijd ofwel zichtbaar op het grondoppervlak wordt gebracht, ofwel zichtbaar wordt ondergewerkt. Bij de onderwerkactiviteit dient de mest na het op het grondoppervlak brengen ofwel in de grond gebracht, ofwel intensief met de grond te zijn vermengd, zodat de mest als zodanig niet meer zichtbaar op het grondoppervlak ligt

Op grasland is naast het onder punt 1 vermeldde, tevens toegestaan mest tegelijkertijd met het uitrijden van de mest op de grond te brengen, hierbij dient:

- (3) gebruikgemaakt te worden van apparatuur waarmee de mest uitsluitend op de grond wordt gebracht in strookjes tussen het gras, waarbij het gras tevoren dient te worden opgelicht of zijdelings weggedrukt. De strookjes hebben geen grotere breedte dan 5 cm en de afstand van het midden van een strookje tot het midden van het naastliggende strookje is minimaal 15 cm.

Interpretatie wetgeving en toekomstige wetgeving

Op bouwland is het niet toegestaan mest zonder verder inwerken met een sleepvoeten- of sleepslangenmachine toe te dienen (punt 1). In principe is gebruik van een sleufkoutermachine wel toegestaan. Door de AID wordt deze methode niet altijd als voldoende emissiearm beschouwd (H. Krebbers DLV, mond. med). Dit omdat een deel van de drijfmest uit de sleuven kan vloeien. Dit legt beperkingen op de hoeveelheid maximaal toe te dienen dierlijke mest. Ook de bodemstructuur kan hierop van invloed zijn. In de praktijk is dus bij het in één werkgang inwerken van mest alleen het gebruik van een mestinjecteur of zodebemester onder alle omstandigheden emissiearm.

Bij het in twee werkgangen onderwerken van mest (punt 2) is het niet altijd mogelijk dit direct in twee opeenvolgende werkgangen te doen. Dit omdat de capaciteit van de onderwerkapparatuur lager kan zijn dan dat van de toedieningsapparatuur, bijvoorbeeld als mest bovengronds wordt uitgereden en vervolgens wordt ondergewerkt met een rotorkopeg (zie 4.3). Verder kunnen er onduidelijkheden ontstaan over welke onderwerkactiviteiten als voldoende emissiearm worden beschouwd. Is bijvoorbeeld de toepassing van een onkruideg voldoende emissiearm?

Tot slot is het in grasland (punt 3) toegestaan om mest op de grond te brengen, middels een sleepvoetmachine, terwijl dit op beteeld bouwland niet is toegestaan. (N.B. vanaf 2004 is ook het gebruik van de sleepvoetmachine op zandgronden verboden). In 4.4 wordt ingegaan op verschillen in ammoniakemissie bij mesttoediening op gras- en bouwland.

In de vijfde voortgangsrapportage integrale notitie mest- en ammoniakbeleid wordt voorgesteld alleen technieken toe te staan die qua effectiviteit overeenkomen met het in één werkgang uitrijden en

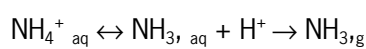
onderwerpen van dierlijke mest. Ook worden de mogelijkheden onderzocht om tot een erkenningsstelsel van emissiearme aanwendingsapparatuur te komen. Dit omdat de onjuiste toepassing van emissiearme toedieningstechnieken voor een lagere effectiviteit van het emissiearm uitrijden van mest zorgt dan waarvan tot nu toe wordt uitgegaan. Dit wordt deels veroorzaakt door foutief werkende apparatuur aldus bovenstaande nota.

De huidige wetgeving zal voornamelijk niet worden aangepast. Wel is er op initiatief van het LTO-Nederland een notitie geschreven over hoe om te gaan met mesttoediening in granen (TKO notitie voorstel voorjaarsaanwending). Hierin wordt aangegeven dat een handhavingprotocol zal worden ontwikkeld voor bovengenoemde wettelijke bepalingen door vertegenwoordigers van LNV en VROM, het bedrijfsleven en onderzoeksinstituten PPO en IMAG. Hierbij wordt ingestoken op toediening met een zodebemer of een sleufkoutermachine. In het laatste geval wordt de mest met behulp van triltandjes of kooiweltjes met de grond gemengd (zie ook 4.4 en 6.3). Dit laatste om de emissie van ammoniak te verminderen. Door de bovengenoemde partijen wordt het gebruik van een sleepslangenmachine onder de huidige wetgeving niet als haalbaar beschouwd. Door de KIVA wordt gewerkt aan het certificeren van mest. Dit omdat de kwaliteit van mest de kans op ammoniak emissie mede bepaalt.

4.2 Ammoniakemissie uit mest

Algemeen

De in drijfmest aanwezige ureum wordt door het enzym urease omgezet in ammonium. Ammonium gaat echter gemakkelijk over in ammoniak. In mest bestaat een evenwicht tussen ammonium en ammoniak. Bij blootstelling aan lucht vervluchtigt ammoniak. Bij hogere temperaturen en bij luchtverversing (wind) gaat de vervluchtiging sneller.



In een bemest oppervlak is de ammoniakemissie recht evenredig met het verschil tussen de ammoniakconcentratie aan het mestoppervlak en het aangrenzende luchtlaagje (Chardon et al., 1991), volgens:

$$E = k(c_s - c_a)$$

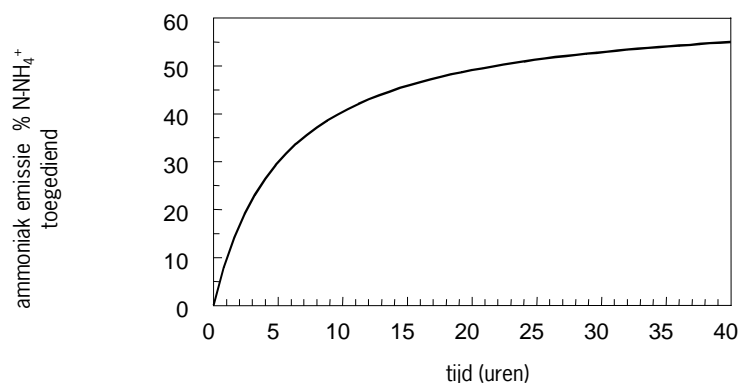
waarin:

E emissiesnelheid [$\text{g}/\text{m}^2 \cdot \text{s}$]

k transportcoëfficiënt [m/s]

c_s concentratie aan mestoppervlak [g/m^3]

c_a concentratie boven mestoppervlak [g/m^3]



Figuur 2. Ammoniakemissie bij bovengronds verspreiden. Gegevens: Huijsmans en de Mol (1999).

Uit bovenstaande figuur blijkt dat indien mest niet in twee opeenvolgende werkgangen wordt ondergewerkt

een aanzienlijke hoeveelheid ammoniak kan vervluchtigen. Na één uur kan dit al opgelopen zijn tot ca. 10% van de Nmin fractie.

Invloed mest samenstelling op de emissie

Naarmate de $\text{NH}_4\text{-N}$ fractie toeneemt, zal het evenwicht tussen ammonium en ammoniak in de mest naar rechts opschuiven en kan meer ammoniak vervluchtigen. Bij lage pH zal het evenwicht naar links verschuiven. Uit kleinschalig onderzoek bleek dat bij een pH van 5,0-6,5 ten opzichte van een pH > 7 de ammoniakemissie met 30-98% werd verminderd. Een hoog drogestofgehalte zal een snelle infiltratie van de mest in de bodem kunnen verhinderen en de emissie kunnen bevorderen. Dit zal vooral het geval zijn bij een verdichte of verzadigde bodem.

Omgevingsfactoren

Bij een hogere windsnelheid en temperatuur neemt de ammoniakemissie toe. Onder drogende omstandigheden (hoge temperatuur, hoge windsnelheid en lage relatieve vochtigheid) kan door waterverdamping de ammoniumconcentratie in de mest worden verhoogd, waardoor de emissie toeneemt. Bij extreem drogend weer kan door korstvorming de weerstand tegen ammoniakvervluchtiging worden verhoogd, waardoor de emissie zal afnemen. Neerslag vóór het toedienen van mest beïnvloedt via het bodemvochtgehalte indirect de ammoniakemissie. Neerslag na het toedienen kan ervoor zorgen dat de mest beter in de bodem spoelt, waardoor de emissie (tijdelijk) afneemt. Zowel bij een zeer hoog als laag bodemvochtgehalte is de ammoniakemissie het hoogst. Bij een zeer hoog bodemvochtgehalte kan de mest niet in de grond dringen. Bij een zeer laag bodemvochtgehalte treedt eerder korstvorming op. Een hoger gewas zal door een toename van de grenslaag boven de mest en een afname van de windsnelheid over het bemeste oppervlak de emissie doen verlagen.

Bedrijfstechnische factoren

De mestgift heeft geen invloed op de emissie als percentage van de toegediende hoeveelheid ammoniumstikstof. Verkleining van het oppervlak door de mest in stroken toe te dienen bleek de emissie ten opzichte van de referentie (bovengronds, breedwerpig verspreiden) te reduceren, hoewel het reductiepercentage lager was dan de oppervlakteverkleining. Het injecteren en direct onderwerken van mest reduceerde de emissie aanzienlijk. Door verdunning van mest wordt de ammoniumconcentratie verlaagd en wordt de indringing in de bodem verbeterd. Door verdunning met een half of één keer op gewichtsbasis werd de emissie met respectievelijk ca. 25 en 50% ten opzichte van onverdunde mest. Bij een slecht doorlatende bodem hoeft verdunning niet altijd tot een emissiereductie te leiden.

Emissievermindering

De ammoniakemissie kan op verschillende manieren worden gereduceerd:

- 1) Door veranderingen in de samenstelling (toevoegingen van water, zuur en andere middelen). Aanzuring gaf tussen de 8-84% reductie ten opzichte van onbehandelde mest.
- 2) Vermindering van de invloed van omgevingsfactoren (grond los werken en mest tussen of onder gewas brengen).
- 3) Verkleinen van het bovengrondse oppervlak, toediening in stroken, sleuven en injectie

In de ammoniakwetgeving worden de onder punt 1 genoemde en later ontwikkelde methoden die de samenstelling van mest veranderen als niet voldoende emissiearm beschouwd. Bovendien is het al dan niet toepassen van deze methoden moeilijk te controleren (Krebbers, 1993). Dit geldt vooralsnog ook voor het tussen of onder het gewas brengen van mest op bouwland (punt 2). De ammoniakwetgeving is gebaseerd op de onder punt 3 genoemde methoden.

4.3 Ammoniakemissie op niet-beteeld bouwland

Volgens wettelijke voorschriften moet mest op bouwland direct worden ondergewerkt om de ammoniakemissie zoveel mogelijk te beperken (zie 4.1). Voor het onderwerken van mest kunnen verschillende werktuigen worden gebruikt.

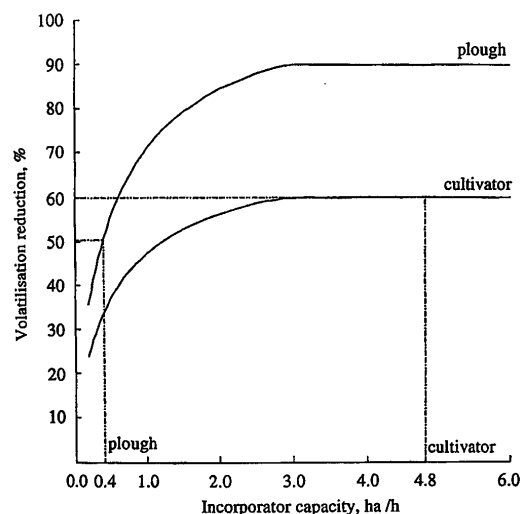
Mestaanwending in twee werkgangen

De spreidwolk achter een mengmestverspreider wordt vaak aangemerkt als een grote potentiële emissiebron. Echter de emissie is vaak minder dan 1%. Vanuit emissiebeperking is het dan ook niet noodzakelijk dat mest laag bij de grond wordt verspreid. Wanneer niet wordt ingewerkt, vervluchtigt ca. 50-70% van de in mest toegediende ammoniumstikstof (zie ook figuur 2). Beperking van stikstofverliezen door vervluchtiging is dan ook alleen mogelijk wanneer de mest direct of kort na de toediening wordt in- of ondergewerkt. Onderwerken in een volgende werkgang na het verspreiden van de mest resulteert in reducties van 40 tot 98% (tabel 6). De spreiding in de resultaten is afhankelijk van de werktuigkeuze, grondcondities en weersomstandigheden. Een kerende bewerking (ploeg), een frees of een schijveneg combineren resulteren door de intensieve bewerking in een hoge emissiereductie; een cultivator geeft een minder intensieve bewerking en resulteert in lagere emissiereducties.

Tabel 6. **Reductie van ammoniakemissie bij mestaanwending in twee werkgangen op niet-beteeld bouwland. De reductie is berekend ten opzichte van de emissie van bovengronds breedwerping aangewende mest (ammoniakemissie ca. 68%) (Mulder en Huijsmans, 1994).**

Inwerktechniek	Reductie (%)
Ploeg	90-98
Schijveneg	80-92
Cultivator	40-87
Aangedreven grondbewerkingswerktuig	70-90

Indien er teveel tijd zit tussen de eerste en tweede werkgang kan het onderwerken van mest met een cultivator (hoge capaciteit) minder ammoniakemissie tot gevolg hebben dan met een ploeg of frees (lage capaciteit) (figuur 3).



Figuur 3. **Relatie tussen ammoniakemissie en de capaciteit van de inwerkapparatuur bij het in twee werkgangen aanwenden van mest. De verticale lijnen geven de werkelijke capaciteit van een ploeg en cultivator weer. Uit Huijsmans e.a. (1997).**

Mestaanwending in één werkgang

Het gebruik van alleen een sproeiboom, sleepvoeten- of sleepslangenmachine wordt als onvoldoende emissiearm beschouwd (zie tabel 7). Overigens kunnen ze wel in combinatie met inwerkapparatuur worden gebruikt. Bij een losse toplaag van de grond kan met de sleepvoetenmachine en de zodebemester een hogere emissiereductie van 84 tot 98% worden bereikt.

Tabel 7. **Emissiereductie bij gebruik van verschillende technieken. De reductie is berekend ten opzichte van de emissie van bovengronds breedwerpig aangewende mest (ammoniakemissie ca. 68%).**

uitrijtechniek	emissiereductie (%)
sproeiboom, tot april	50
sleepvoetmachine	58 (50 - 80)
sleufkouter	89 (82 - 96)
zodebemesting	83
mestinjectie	95
sleepslangen	25-60

Bron: Mulder en Huijsmans (1994); Huijsmans en Monteny (1999).

4.4 Ammoniakemissie bij toediening in gewassen

Toediening in granen

Uit Duits onderzoek blijkt dat bij breedwerpig toedienen van varkensdrijfmest in granen tussen de 23 en 63% van de minerale stikstof vervluchtigt (verschillende citaties in Panse e.a. 1995). Dit is vaak lager dan op onbeteeld bouwland. Zo werd door Huber en Amberger (1989) bij breedwerpig toedienen in wintertarwe en -gerst (stadium 29-30) 25% ammoniakvervluchtiging gevonden tegenover 40-52% op onbeteeld bouwland. Door Mannheim e.a. (1995) werd bij toediening van runderdrijfmest in wintertarwe met een sleepslangenmachine voor het schieten (14 maart 1992) een ammoniakemissie tussen de 27 en 41% gevonden; bij een gewashoogte van 50 cm (19 mei 1992) was dit 35%, terwijl injectie slechts een verlies gaf van ca. 6%. Er werden geen duidelijk verschillen met breedwerpig toedienen in wintertarwe gevonden. In ander Duits onderzoek (geciteerd door Mannheim e.a. (1995)) werd gevonden dat de ammoniakemissie ca. 25 - 30% lager was bij het gebruik van een sleepslangenmachine.

Door het IMAG (Mulder en Huijsmans, 1994) werden metingen in wintertarwe verricht, waarbij gebruikgemaakt werd van verschillende toedieningsapparatuur (tabel 8). Het toedienen van dunne varkensmest met de sleepslangenmachine zorgde voor een emissiereductie van 0-52% ten opzichte van breedwerpig toedienen op niet-beteeld bouwland. Het inwerken met een onkruideg gaf gemiddeld genomen 15% minder ammoniakemissie. De sleepvoetmachine bleek nauwelijks effectiever. De emissiereductie in drie experimenten bedroeg 0-63%. In 1991 was de emissie met de sleepvoetmachine vooral hoog door de vele (diepe) sporen die deze machine maakte door zijn geringe werkbreedte (5 meter) t.o.v. de sleepslangenmachine met een meer dan dubbele breedte (12 meter). In de sporen kan de mest niet in de grond dringen en blijft emitteren. De sleepslangenmachine had door de grotere werkbreedte en de brede banden duidelijk voordelen (zie ook hoofdstuk 6).

Als verklaring voor een lagere emissie in een gewas wordt aangegeven dat het emitterend oppervlak wordt verkleind en het microklimaat gunstiger is dan op onbeteeld bouwland. Er is minder invloed van de zon (lagere temperaturen) en de windsnelheid is lager. Ook zou een deel van de ammoniak direct door het gewas worden opgenomen. Als nadeel van een sleepslangenmachine wordt genoemd dat het gewas gemakkelijk besmeurd raakt.

In het voorjaar van 2002 wordt door het IMAG nieuw onderzoek verricht naar de emissie van ammoniak in wintertarwe (Huijsmans en Hol, 2002). Het toedienen van mest wordt uitgevoerd met een sleufkoutermachine en met een sleufkoutermachine met extra voorzieningen voor het bedekken/inwerken van mest. De metingen zullen worden uitgevoerd in zes perioden in het voorjaar van 2002, gespreid over de maanden maart, april en mei. Door deze spreiding in de tijd kan goed de invloed van verschillende weersomstandigheden en gewasstadia worden onderzocht.

Tabel 8. **Ammoniakemissie (% NH₄-N) na toediening van dunne varkensmest in tarwe met een sleepslangenmachine en onderwerken van de mest met de onkruiddeg, een sleepvoetenmachine en een zodebemester, en de emissiereductie (%) ten opzichte van bovengronds, breedwerpig toegediende, dunne varkensmest op niet-beteeld bouwland (referentie). (Uit Mulder en Huijsmans, 1994).**

techniek	week en jaar	grond	gewashoogte en –dichtheid	gift (m ³ /ha)	emissie (% NH ₄ -N)	reductie (%)
Sleepslangenmachine	14: 1991	klei	8 cm: 60%	11,4	53,5	13
	17: 1991	klei	12 cm: 85%	14,5	24,2	52
	20: 1992	zavel	27 cm: 100%	17,2	65,9	12
	17: 1993	klei	8 cm: 80%	13,6	39,1	0
Sleepslangenmachine gevolgd door onkruiddeg	14: 1991	klei	8 cm; 60%	13,6	20,9	66
	17: 1991	klei	12 cm; 85%	16,4	22,1	56
	20: 1992	zavel	27 cm; 100%	17,2	46,9	37
	17: 1993	klei	8 cm; 80%	13,4	27,7	18
Sleepvoetenmachine	14: 1991	klei	8 cm; 60%	13,6	83,5	0
	17: 1991	klei	12 cm; 85%	16,3	33,0	35
	20: 1992	zavel	27 cm: 100%	15,9	28,1	63
Zodebemester	20: 1992	zavel	27 cm; 100%	22,4	35,6	53
	17: 1993	klei	8 cm; 80%	27,5	10,1	70

Toediening in maïs en aardappelen

In maïs kan mest met sleepslangen in en tussen de rijen worden aangewend en vervolgens worden ingewerkt met een onkruiddeg, schoffel of rijenfrees. Het inwerken van de mest in maïs met een onkruiddeg geeft een emissiereductie van 30% (tabel 9). De bewerking van de paden tussen de rijen met een schoffel of een rijenfrees resulteert in een emissiereductie van 70-80%. In aardappelen kan de mest bovengronds breedwerpig worden aangewend en worden ingewerkt met een frees of aanaarder. Het inwerken van de mest met een frees geeft een hoge emissiereductie van meer dan 90%. De minder intensieve bewerking met een aanaarder geeft een emissiereductie van 75% (Mulder en Huijsmans, 1994; Huijsmans en Monteny, 1999).

Tabel 9. **Ammoniakemissie (% NH₄-N) van dunne varkensmest na onderwerken in de tweede werkgang in maïs en aardappelen en de emissie na bovengronds, breedwerpige toediening van verdunde varkensmest in aardappelen, en de emissiereductie (%) ten opzichte van bovengronds, breedwerpig toegediende, dunne varkensmest. (Uit Mulder en Huijsmans, 1994).**

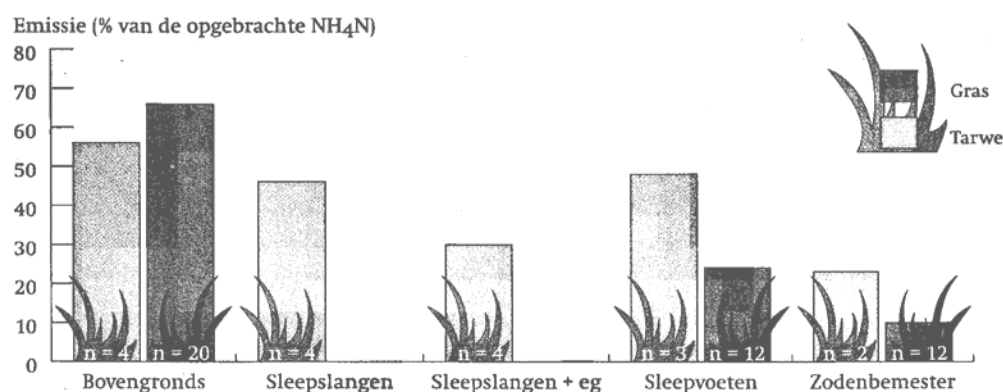
techniek	week en jaar	grond	gewashoogte	gift (m ³ /ha)	emissie (NH ₄ -N)	reductie (%)
onkruiddeg	24 1992	zavel	maïs, 26 cm	16,5	64,9	30
schoffel	24 1992	zavel	maïs, 26 cm	17,3	28,9	69
rijenfrees	24 1992	zavel	maïs, 26 cm	18,2	20,8	78
frees	18 1991	klei	aardappelen	13,6	8,2	90
	19 1992	zavel	aardappelen	15,3	4,4	95
aanaarder	19 1992	zavel	aardappelen	18,0	19,5	76
1:3 verdund	18 1991	klei	aardappelen	58,2	53,5	32

Bij het toedienen van mest en het onderwerken in twee direct op elkaar volgende bewerkingen moet de tijdsperiode tussen bovengronds toedienen en onderwerken zo kort mogelijk zijn. De bewerking met de frees in aardappelen vraagt veel tijd, waardoor mogelijk reeds een deel van de ammoniak uit de mest kan emitteren. Voor het snel inwerken in twee werkgangen dient dan ook nieuw apparatuur te worden ontwikkeld (zie ook hoofdstuk 6)

Toediening in gras

In gras wordt een lagere ammoniakemissie gevonden dan in wintertarwe (figuur 4). Wel moet opgemerkt worden dat grasland gebruik werd gemaakt van runderdrijfmest in plaats van varkensdrijfmest en mest in

gras wellicht dieper in zachter grond wordt gewerkt (Huijsmans e.a., 1997).



Figuur 4. **Vergelijk gemiddelde gemeten emissies bij mesttoediening in het voorjaar op grasland en in graan bij verschillende toedieningstechnieken (n=aantal metingen; bovengronds mesttoediening werd toegepast op grasland en op onbeteeld bouwland). Uit Huijsmans en Hol (2002).**

4.5 Discussie

Onbeteeld bouwland

Op onbeteeld bouwland is het goed mogelijk mest emissiearm aan te wenden in zowel één als twee werkgangen. In de praktijk komt het echter regelmatig voor dat mest niet in twee direct opéenvolgende werkgangen in de grond wordt gewerkt, maar dat een aanzienlijke periode kan verstrijken tussen werkgangen. Dit is vooral het geval indien apparatuur wordt gebruikt die de mest goed inwerkt, zoals een ploeg of frees. Echter apparatuur met een hogere capaciteit werkt de mest vaak niet goed in. In beide gevallen kunnen hierdoor toch hoge ammoniakemissies optreden. Op onbeteeld bouwland lijkt het dan ook wenselijk de voorwaarden voor het emissiearm aanwenden van mest aan te scherpen, hetgeen ook wordt voorgesteld in de 5^{de} voortgangsrapportage ammoniak- en mestbeleid.

Beteeld bouwland

Voor acceptatie van voorjaarsaanwending van dierlijke mest op kleigrond is het van groot belang dat het aantal beschikbare dagen voor mestaanwending wordt uitgebreid. Een van de mogelijkheden is om minder strenge eisen te stellen aan het emissiearm toedienen van mest na poten of zaaien en in graangewassen. Eventueel zouden deze minder strenge eisen alleen voor kleigronden kunnen gelden. Ten eerste is in het algemeen het aantal werkbare dagen op zandgrond voldoende. Ten tweede zijn vooral bos- en natuurgebieden op zandgronden gevoelig voor verzuring. Aangezien een groot deel van de ammoniak dicht bij de bron neerslaat, is het de vraag in hoeverre een iets hogere ammoniakemissie op kleigrond invloed heeft op de verzuring op zandgrond. Mogelijk valt dit door te rekenen met een bestaand model. Bovendien kan het aanscherpen van de regelgeving voor het emissiearm toedienen van mest op onbeteeld bouwland, maar een versoepeling hiervan op beteeld bouwland netto tot een lagere ammoniakemissie leiden. In hoofdstuk 8 wordt verder ingegaan op milieukundige gevolgen van het overschakelen van voor- naar najaarstoediening.

5. Bemestende waarde van dierlijke mest bij voorjaarstoediening

5.1 Inleiding

Een belangrijke uitgangspunt bij de toepassing van dierlijke mest in de akkerbouw is dat de fosfaat- en kalibehoeftte van gewassen zoveel mogelijk middels dierlijke mest wordt gedekt. Bij najaarstoediening is de binnen Minas toegestane aanvoer van stikstof vaak beperkend voor een optimale inzet van dierlijke mest. Bij voorjaarstoediening zullen meer mineralen middels dierlijke mest aangevoerd kunnen worden. Wel kan de kwaliteit van akkerbouwgewassen negatief worden beïnvloed door de nalevering van stikstof uit dierlijke mest. Bij voorjaarstoediening is het dus van belang dat een zo groot mogelijk deel van de stikstof in minerale vorm aanwezig is.

In dit hoofdstuk zal ingegaan worden op de bemestende waarde van onbewerkte mest en de bemestingsadviezen. Resultaten van proeven en demo's worden in hoofdstuk 6 besproken. In hoofdstuk 7 wordt in het kort ingegaan op de toepassingsmogelijkheden van bewerkte mest.

5.2 Samenstelling dierlijke mest

Tabel 10. Aanvoer van verschillende mestsoorten naar de akkerbouw en groenteteelt, verhouding NPK en werkzame stikstof bij voorjaarstoediening.

	VDM	RDM	KDM	SKM	LHM
% aanvoer ¹	40%	nihil	5%	20%	15%
NPK-verhouding ²	1:0,6:1	1:0,4:1,4	1:0,8:0,6	1:0,6;0,7	1:0,8:0,5
% N werkzaam ³	70%	65%	70%	40%	40%
E.O.S. ⁴	20	33	46	183	135

¹ Van de Bunt, 1999

² Uit: kiezen uit gehalten 3 (Beukeboom, 1996).

³ Zie hoofdstuk 5.4.

⁴ E.O.S. = effectief organische stof

Mestsoorten: VDM=varkensdrijfmest; RDM=runderdrijfmest; KDM=kippendrijfmest; SKM=slachtkuikemest; LHM=leghennenmest.

Varkensdrijfmest (VDM)

Veel akkerbouwers geven de voorkeur aan VDM, omdat die een goede verhouding N/P/K heeft (zie ook hoofdstuk 8) en financieel het meeste oplevert. Wel bevat varkensmest veel chloride, hetgeen mogelijk schade aan (zetmeel)aardappelen kan veroorzaken bij toediening in het voorjaar. Volgens Veerman (2001) wordt de werkelijke chloorschade sterk overschat. Een nadeel van varkensdrijfmest is dat tussen partijen geleverd door één producent grote verschillen in samenstelling kunnen voorkomen. Dit komt omdat varkensdrijfmest vaak uit verschillende putten afkomstig is. Daarnaast zakt varkensdrijfmest snel uit. Het beste is dan ook VDM via een centrale mestopslag, waarbij de mest goed wordt gemixed, te betrekken.

Runderdrijfmest (RDM)

Runderdrijfmest wordt voor 90% door veehouders op het eigen bedrijf afgezet. RDM heeft voor akkerbouwgewassen een minder gunstige verhouding N/P/K dan varkensdrijfmest (zie ook bijlage 2.1). Wel sluit de NPK-verhouding in RDM beter aan bij de gewasbehoefte van maïs dan VDM.

Een nadeel van runderdrijfmest is dat het een belangrijke bron van besmetting met onkruidzaden en plantenziektenverwerkers kan zijn. Vooral snijmaïs vormt een belangrijke bron van besmetting (Elema en Scheepens, 1990) kan runderdrijfmest beter niet op aardappelland worden aangewend. Daarnaast zitten er in runderdrijfmest veel voederresten; hierdoor kan de toedieningsapparatuur verstopt raken. Veel akkerbouwers geven dan ook de voorkeur aan varkens- of kippendrijfmest. Wel is runderdrijfmest vaak homogener van samenstelling dan varkensdrijfmest.

Kippendrijfmest (KDM)

Van alle drijfmestsoorten heeft kippendrijfmest de gunstigste N/P-verhouding. De N/K-verhouding is wel iets ongunstiger dan die van VDM. In 8.4.1. wordt verder ingegaan op het gebruik van kippendrijfmest.

Vaste pluimveemest (leghennenmest en slachtkuikenmest)

Pluimveemest is vooral aantrekkelijk op schrale gronden vanwege het hoge percentage effectief organische stof (de hoeveelheid organische stof, die na één jaar nog over is) vergeleken met drijfmest. Voor voorjaarstoediening is het minder geschikt, omdat de mate van mineralisatie vanwege de hoge Norg-fractie (zie ook 5.4) moeilijk te bepalen is. Voor najaarstoediening is het wel geschikt, omdat er, door het langzaam vrijkomen van stikstof, weinig uitspoelt.

5.3 Snelle bepaling van de samenstelling van organische mest

De samenstelling van de verschillende mestsoorten kan sterk verschillen. Dit hangt voornamelijk samen met verschillen in voer en voersamenstelling, en verder met verschillen in soort en hoeveelheid stalstrooisel, gemorst drinkwater en spoelwater. Verder kan bij de opslag van dunne mest ontmenging optreden, waardoor de mest bovenin een andere samenstelling heeft dan de mest onderin. De mestsamenstelling kan dus sterk verschillen per bedrijf en bij onvoldoende menging zelfs per vracht.

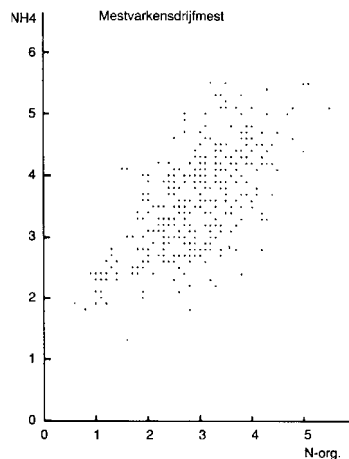
Akkerbouwers kunnen een deel van hun eisen die zij aan de samenstelling van dierlijke mest stellen vastleggen in mestafzetcontracten, die vanaf 1 januari 2002 verplicht zijn. In deze contracten zouden de volgende zaken moeten worden geregeld (van Well e.a. 2001):

- Zien te voorkomen dat meer mineralen worden afgeleverd dan van tevoren afgesproken is. Dus afspraken maken over te leveren kilo's mineralen, niet over het aantal kuubs mest
- De veehouder betaalt de heffing; waarbij deze wel de mogelijkheid wil behouden om die heffing het volgende jaar te compenseren;
- De veehouder neemt bij hoge gehalten een deel van de mest terug. Dit kan uiteraard alleen als de mest (tijdelijk) is opgeslagen, of als de afnemer zelf ook vee heeft.
- Mengten en homogeniseren van mest; flexibele gehalten aan mineralen in de mest. Hiervoor zijn intermediairen of distributeurs nodig.

Omdat laboratoriumonderzoek naar mestgehalten nogal lang duurt, is men op zoek naar snelle methoden. Van de hoofdelementen in dunne mest van mestvarkens en leghennen heeft alleen fosfaat een redelijke correlatie met het droge stofgehalte. Als het droge stofgehalte bekend is, kan voor dunne mest dus een redelijke schatting van het fosfaatgehalte worden gemaakt, maar niet voor stikstof, en zeker niet voor kali (Hotsma, 1990). Het droge stofgehalte is alleen in het laboratorium goed te meten.

Momenteel zijn er eenvoudige apparaten op de markt waarmee snel en vrij nauwkeurig het gehalte aan stikstof en/of fosfaat in de mest kan worden bepaald (sneltester van Eijkelkamp en de Quantofix van Gullimex). Met de sneltester van Eijkelkamp kan N-totaal en P-totaal worden bepaald; met enige aanpassingen ook het gehalte aan ammonium. De mestanalyse-set kost f4350 (€ 1977) inclusief de eerste 25 analyses. Daarna kost een analyse ca. f20 (€ 9) (Walraven en van Rhee, 2000). Met de Quantofix kan alleen het gehalte aan ammonium worden bepaald. Het verband tussen dit gehalte en het gehalte aan organische stikstof is gemiddeld circa 1:1, maar kent een grote spreiding (figuur 5). Fosfaat en kalium kunnen met deze methode niet op een snelle manier gemeten worden.

Momenteel wordt door het PPO-agv de nauwkeurigheid van dit apparaat onder veldomstandigheden onderzocht, daarnaast wordt gekeken waar in de mestketen deze sneltester het beste ingezet kan worden. Het grootste probleem lijkt niet het meten op zich te zijn maar het nemen van een representatief monster.



Figuur 5. **Verband tussen het gehalte aan organisch gebonden (N-org) en niet-organisch gebonden stikstof (NH₄⁺) in varkensdrijfmest (kg/ton); uit Hotsma, 1990).**

5.4 N-werking bij voorjaarstoediening

De stikstofwerking van dierlijke mest wordt gedefinieerd als het percentage gegeven nutriënt dat tot eenzelfde opbrengsteffect leidt als kunstmest.

In de bemestingsadviesbasis (van Dijk, 1997) wordt voor de berekening van de stikstofwerking van dierlijke mest twee fracties onderscheiden, namelijk een minerale (Nm) en een organisch gebonden stikstof (Norg) fractie. De Norg fractie kan vervolgens worden opgesplitst in een fractie die het eerste jaar vrijkomt (Ne) en de fractie die op langer termijn vrijkomt (Nr) (tabel 11). In theorie kan het gewas het eerste jaar na toediening dus beschikken over de fracties Nm en Ne.

Tabel 11. **N-gehalte (kg/ton) en procentuele verdeling over de drie te onderscheiden fracties.**

	N-gehalte (kg/ton)				Procentuele verdeling		
	N-totaal	N-min	Norg		Nmin	Norg	
			Ne	Nr		Ne	Nr
vleesvarkensdrijfmest	7,2	4,2	2,0	1,0	58%	28%	14%
rundveedrijfmest	4,9	2,6	1,2	1,1	53%	24%	22%
vleeskalveren	3,0	2,4	0,2	0,4	80%	9%	11%
kippendrijfmest	10,2	5,8	2,9	1,5	57%	28%	15%
slachtkuikemest	30,5	5,5	16,7	8,3	18%	55%	27%
droge leghennenmest	24,1	2,4	14,5	7,2	10%	55%	27%

Uit: Kiezen uit gehalten III (Beukeboom, 1996) en Lammers (1984).

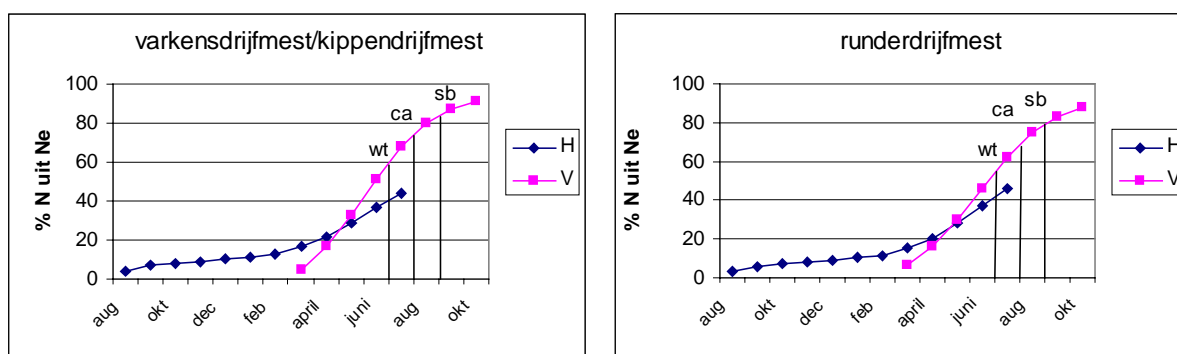
De N-werking wordt dan als volgt berekend:

Percentage N-werkzaam = $N_{min} * (1 - \text{toedieningsverliezen}) + N_e * \text{gemiddelde mineralisatie}$

De werking van stikstof uit de Nmin-fractie is in principe vergelijkbaar met die van kunstmest. In de praktijk wordt de stikstofwerking van de Nmin sterk bepaald door verliezen die optreden bij toediening (ammoniakvervluchtiging). Het vrijkomen van stikstof uit de Ne-fractie (gemakkelijk afbreekbare organische stof) is afhankelijk van de mineralisatiesnelheid, en dus van de temperatuur en neerslag. Bij zowel Nmin als Ne kunnen verliezen optreden door uit- en afspoeling en/of denitrificatie. Wel spoelt Ne minder snel uit dan Nmin. Een deel van de stikstof in de Ne-fractie komt pas vrij na de N-opnameperiode van een gewas (figuur 6), hetgeen nadelig kan zijn voor de kwaliteit en snelheid van afrijpen van gewassen. In vergelijking met gewassen als aardappelen en suikerbieten zullen de toedieningsverliezen bij voorjaarstoediening in wintergranen hoger zijn, vanwege een hogere ammoniakemmissie. In het meest gunstige geval kan uitgegaan worden van een 25% verlies van de Nmin-fractie bij gebruik van een sleufkouter (zie hoofdstuk 4). Ter vergelijking verliezen bij injectie zijn maximaal 10%. Daarnaast zal de hoeveelheid N die opgenomen kan worden uit de Ne-fractie bij granen lager zijn als gevolg van de kortere N-opnameperiode (figuur 6). Wel kan

na granen een groenbemester worden ingezet om N- uitspoelingsverliezen te voorkomen. De stikstof in de Nr-fractie komt pas in de loop van de jaren vrij. Bij jaar op jaar toepassing van dierlijke mest wordt rekeninggehouden met een 20% hogere werking van de Norg-fractie van dierlijke mest. In hoeverre bij niet jaarlijkse toediening van dierlijke mest met een hogere werking rekening moet worden gehouden is onvoldoende gekwantificeerd.

Uit tabel 11 kan worden geconcludeerd dat, indien alleen stikstof in ogenschouw wordt genomen, vleeskalverendrijfmest het minst geschikt is voor najaarstoediening, maar meest geschikt voor voorjaarstoediening. Zoals eerder gezegd is pluimveemest eigenlijk alleen geschikt voor najaarstoediening. In hoeverre er verschillen zijn in mineralisatiesnelheid van de Ne- en Nr-fractie tussen de verschillende mestsoorten is onbekend.



Figuur 6. Cumulatieve mineralisatie van stikstof uit de Ne-fractie bij varkens/kippendrijfmest en runderdrijfmest bij H (herfst-) en V (voorjaarstoediening). Tevens is het einde van de N-opnameperiode aangegeven bij de gewassen wt (wintertarwe), ca (consumptieaardappel) en sb (suikerbiet). Het vrijkomen van de Ne-fractie is gebaseerd op berekeningen van Lammers (1984).

5.5 Bemestingsadviezen en -praktijk bij voorjaarstoediening

Aardappelen

Bij de teelt van aardappelen is het belangrijk dat het stikstofaanbod aan het eind van het groeiseizoen gering is, om de afrijping te stimuleren.

Bij consumptieaardappelen wordt geadviseerd alleen de basisgift (60% van de totale stikstofbehoefte) middels dierlijke mest te geven. Voor consumptieaardappel komt dit, afhankelijk van de laatheid van het ras, neer op ca. 30 ton/ha VDM. Bij toediening van varkensmest in het voorjaar kan chloorschade ontstaan, waardoor het onderwatergewicht lager uitvalt. Dit wordt overigens door Veerman (2001) genuanceerd. Een positief effect van drijfmest is dat de blauwindex afneemt.

Bij pootaardappel wordt geadviseerd niet meer dan 50% van de stikstofbehoefte uit dierlijke mest te geven (Titulaer en Veerman, 2001). Meer mest uitrijden betekent kwaliteitsverlies doordat de poters te veel uit de maten groeien. Bij late rassen kan beter geen dierlijke mest worden gebruikt omdat de giften dan te laag worden zodat een egale verdeling van de mest vrijwel onmogelijk is. Een bemesting met alleen kunstmest is in zo'n situatie beter.

Suikerbieten

Door Titulaer (1997 en mond. med.) wordt geadviseerd niet meer dan 2/3 (ca. 100 kilo N) via dierlijke mest te geven. Bij hogere dierlijke mestgiften kunnen het suikergehalte en de winbaarheidsindex nadelig worden beïnvloed.

Uien

Uien zijn gevoelig voor een continue nalevering van stikstof. Zeker in de afrijpingsfase geeft dit verlating van het gewas. Bovendien kan te veel stikstof losse bollen en dikhalzen geven, terwijl de ziektedruk (fusarium) toeneemt. Ook de bewaarbaarheid heeft te lijden. Verstandig is niet meer dan 70% van de stikstofbehoefte via organische mest in het voorjaar te geven.

Wintertarwe

Om in het voorjaar te kunnen bemesten moet door het gewas worden gereden. Uit onderzoek blijkt (hoofdstuk 6) dat de tweede gift het beste met drijfmest gegeven kan worden. Hierbij wordt de eerste gift met 30 kg N/ha verlaagd en de tweede evenredig verhoogd. Bij de tweede gift wordt dan ongeveer 100 kg N/ha gegeven. Het uitrijden van mest bij de eerste gift geeft teveel structuurschade, bij de derde gift wordt het gewas teveel beschadigd. Voor verdere discussie over toediening in wintertarwe zie hoofdstuk 4 en 6.

Winterpeen

Winterpeen heeft slechts zeer weinig stikstof nodig. Het advies is dan ook winterpeen niet met dierlijke mest te bemesten. Een overmaat aan stikstof heeft echter geen nadelige invloed op de kwaliteit van winterpeen. In de praktijk wordt daarom wel dierlijke mest aangewend, voornamelijk om de fosfaat- en kalivoorziening op peil te houden (Geelen en Hopmans, 2001).

Spruitkool en ijsbergsla

Spruiten worden vooral in het Zuidwestelijke kleigebied geteeld. Zeer incidenteel, op zeer lichte klei, wordt in het voorjaar varkensdrijfmest gebruikt. Bij beide gewassen wordt geadviseerd niet meer dan 2/3 via drijfmest aan te wenden.

Witlofwortelen

Hierbij wordt geen dierlijke mest geadviseerd. De worteltrek wordt bij weinig stikstof gestimuleerd.

Snijmaïs

Bij snijmaïs kan de volledige gift met dierlijke mest worden gegeven. Meestal wordt runderdrijfmest gegeven. Rijenbemesting is ook mogelijk, dit bespaart ca. 33% op de gift.

Tabel 12. **Adviesbemesting bij voorjaarstoediening van drijfmest op kleigrond volgens goede landbouwpraktijk. De berekende hoeveelheden dierlijke mest zijn uitgerekend bij injectie en gebruik van standaardgehalten (van Dijk, 1999). In bijlage 1 zijn tevens de fosfaat- en kali-aanvoeren weergegeven. Voor wintertarwe is uitgegaan van een maximaal emissiearm toe te dienen hoeveelheid van 20 ton/ha. Bij deze hoeveelheid wordt ervan uitgegaan dat de mest niet uit de sleufjes stroomt.**

Gewas	N-min	N-advies kg/ha	N-werkz DOM kg/ha	VDM ton/ha	RDM ton/ha	VKM ton/ha	KDM ton/ha	% van het advies toegediend als DOM
suikerbieten	30	150	100	20	30	40	15	2/3 uit DOM
zaaiuien		130	90	18	28	38	13	2/3 uit DOM
spruitkool	30	210	140	30	45	60	20	2/3 uit DOM
snijmaïs								
-volvelds	30	150	150	30	45	60	20	volledig uit DOM
-rijenbemesting	30	100	100	20	30	40	15	2/3 van DOM volvelds
pootaardappelen	30	120	60	12	20	25	8	50% uit DOM
consumptieaardappelen	30	250	150	30	45	60	20	60% uit DOM
ijssla	20	150	100	20	30	40	15	2/3 uit DOM
wintertarwe	40	200	100	20	max. 20	max. 20	15	2 ^{de} gift DOM

VDM = varkensdrijfmest; RDM = runderdrijfmest; VKM = vleeskalverenmest; KDM = kippendrijfmest

6. Opbrengsten gewassen, gewas- en structuurschade

In dit hoofdstuk wordt ingegaan op de resultaten van proeven en demo's met voorjaarstoediening. De resultaten zijn per gewas samengevat (tabel 13 t/m 17).

6.1 Veldproeven en demo's

6.1.1 Aardappelen

Proefresultaten

In 1990 en 1991 werd door van Dongen en Alblas (1992) in consumptieaardappel de toepassing van 22 à 29 ton varkensdrijfmest (VDM) + 100 kg zuivere N/ha vergeleken met een kunstmestgift van 200 kg N/ha. Het onderzoek vond op klei plaats (Colijnsplaat; 36% afslibbaar). Er waren geen verschillen in werking van VDM + kunstmest en alleen kunstmest. Als toedieningsmethoden werden breedwerpig verspreiden en injectie van VDM vóór en na het poten vergeleken. Vóór poten werd de breedwerpig verspreide mest met een rotorkoepel ingewerkt; na het poten middels een rijenfrees. Er werden geen verschillen in toepassingssystemen (oppervlakkig of ondiepe injectie) gevonden. Wel gaf het toedienen van mest na het poten een slechter eindresultaat dan vóór het poten. Er werd zowel een fijnere sortering als hoger uitvalspercentage gevonden. Dit werd veroorzaakt door de vele, diepe sporen die werden gemaakt door het gebruik van smallere banden tussen de aardappelruggen.

Door Bus (1992) werd een proef uitgevoerd met 0, 26 (267 kg N/ha) en 52 (534 kg N/ha) ton/ha VDM aangevuld met kunstmest. De proef werd uitgevoerd op kleigrond te Lelystad (34% afslibbaarheid). De mest werd vóór het poten toegediend door middel van een sleepslangenmachine en vervolgens met een triltandcultivator ingewerkt. De opkomst was zeer onregelmatig door zoutschade en verdichtingen van de bodem. In de loop van de tijd verdwenen de verschillen tussen objecten. Er werden dan ook geen verschillen in opbrengsten gevonden. Daarnaast werden na de oogst bij de hoge N-giften van 52 ton/ha geen hogere N-min waarden in de bodem gevonden. Verondersteld werd dat stikstof al eerder was uitgespoeld.

In het voorjaar van 1995 en 1996 werd door Titulaer (1997) dierlijke mest met een sleepslangenmachine toegediend (Lelystad 35% afslibbaar). Inwerken gebeurde met een frees of cultivator. Ook najaars- en voorjaarsploegen werden met elkaar vergeleken. In geen van de gevallen trad structuurschade op. Opvallend was dat voorjaarsploegen bij onbemeste objecten een meeropbrengst gaf van 7%; bij de bemeste objecten was dit 2%. Het onderploegen van een groenbemester in het voorjaar gaf wel een aanzienlijke verhoging van het tarrapercentage.

Demo's

In het demoproject georganiseerd door het IKC en de stichting landelijke mestbank (Verhoek, 1994) werden goede resultaten gevonden met het ondiep (< 10 cm) injecteren van mest vóór het poten. Hierbij gaven veer- of triltanden beter resultaat dan vaste tanden. Wel is het de ervaring dat met een bandenspanning van minder dan 1 bar moet worden gewerkt om insporing te voorkomen. Ook ontstaat er minder insporing wanneer er in een hondengang wordt gereden. Na het poten werden varkensdrijfmest en droge pluimveemest zowel bovengronds breedwerpig verspreid als geïnjecteerd. Bij injectie werd gebruikgemaakt van twee tanden per geul zodat de mest beter wordt verspreid. In praktijk voldoet het breedwerpig toedienen van mest na het poten goed omdat dit goed in te passen is in de bedrijfsvoering. Wel kan een hogere werksnelheid van mesttoediening dan van aanfrozen tot ammoniakverliezen leiden (zie 4.3). Nadeel van injectie tussen de rijen is dat de werkbreedte nogal beperkend is (dus veel spoorvorming). Een voordeel is dat geen tweede werkgang is vereist. Als grootste probleem van voorjaarstoediening werd door de praktijk het tijdig aanvoeren van mest gezien.

In 2000 werd in het kader van het project 'Mineralenmanagement in bedrijf' (NLTO, DLV en PAV) verschillende demonstraties te Lelystad gegeven. Vooral methoden om mest na het poten aan te wenden

werden gedemonstreerd. De mest werd met een sleepslangenmachine toegediend en ingewerkt met wiedegies direct achter de sleepslangenmachine (dus één werkgang) of met een schijvenschoffel (twee werkgangen). Met een schijvenschoffel worden de ruggen aangeaard met losse grond. De capaciteit van de schoffel was vergelijkbaar met die van de sleepslangenmachine. Bij gebruik van de wiedegies werd mest niet genoeg ondergewerkt. De resultaten van de schijvenschoffel waren goed. Een nadeel van mest uit rijden na het poten is dat ca. 6-8 m draairuimte aanwezig moet zijn tussen de kopakker en het perceel.

Tabel 13. **Samenvatting toedienings- en inwerktechnieken bij aardappelen.**

methode	resultaat	bron
<i>vóór poten</i>		
breedwerpig → rotorkopeg	goed	Dongen en Alblas (1992)
sleepslangen → triltandcultivator	opkomst onregelmatig, geen opbrengstderiving	Bus (1992)
sleepslangen → frees of cultivator	goed	Titulaer (1997)
sleepslangen → frees	goed	Dekking (2000)
ondiepe injectie	goed	van Dongen en Alblas (1992); Demo IKC/Mestbank (1994)
<i>na poten</i>		
breedwerpig → rijenfrees	slechter resultaat dan voor poten, door structuurschade smalle banden	van Dongen en Alblas (1992)
breedwerpig → frees	toediening goed (geringere capaciteit frees kan tot ammoniakvervluchtiging leiden) Pluimveemest (voordeel droog)	Demo IKC/Mestbank (1994)
sleepslangen + wiedegies	Mest werd niet goed ondergewerkt	Demo mineralenmanagement in bedrijf (2000); Paauw (2001)
sleepslangen → schijvenschoffel	Voordeel capaciteit vergelijkbaar met toedieningsapparatuur. Resultaat goed	Demo mineralenmanagement in bedrijf (2000); Paauw (2001)
ondiepe injectie	slechter resultaat dan vóór poten, vanwege structuurschade door smalle banden en geringe werkbreedte	Dongen en Alblas (1992); Demo IKC/Mestbank (1994)

6.1.2 Maïs

Proefresultaten

In principe is het mogelijk drijfmest toe te dienen vóór en tijdens de zaaibedbereiding, tijdens en na het zaaien en in het groeiende gewas. In praktijk is het meest gebruikelijk mest onder te ploegen. Bij diep onderploegen kan dit tot fosfaatgebrek in het jeugd stadium leiden.

Op zandgrond werd door van Dijk (1997a) verschillende methoden onderzocht van toediening van 30 m³ rundermest. De in de praktijk gebruikelijke bovengronds uitrijden, inwerken en onderploegen werd vergeleken met andere methoden van dierlijke mestaanwending. Hierbij gaf inwerken en vervolgens diep onderploegen 2% opbrengstderiving, en ondiep inwerken met diepe (circa 15 cm) en ondiepe injectie (circa 10 cm), respectievelijk 1 en 2% opbrengststijging. Geconcludeerd werd dat het ondiep toedienen van mest de beste resultaten opleverde, waarbij een N/P-startbemesting achterwege kan blijven. Bij diep onderploegen (ca. 20 cm) is in het algemeen de benutting van nutriënten lager. Verder zal bij het uitrijden en inwerken in twee werkgangen meer stikstof door ammoniakvervluchtiging verloren gaan dan bij injectie. Injectie verdient dan ook voorkeur. Rijenbemesting met dierlijke mest is goed mogelijk in maïs. Hiermee kan ca. 20 tot 30% op de gift worden bespaard (Schröder en Vos, 1995) en kan een kunstmeststartgift achterwege blijven (van der Schoot en van Dijk, 2001). Door van der Schoot en van Dijk (2001) werd gebruikgemaakt van een maïszaaimachine met rijenbemesting van drijfmest via sleufkouters. De capaciteit is ca. 2 ha/uur bij een drijfmestgift van 35 m³ per ha (firma Slootsmid BV, Laren). Deze bemestingsset kost ca. €9.100 (f20.000).

In onderzoek door van Dijk (1997b) uitgevoerd op de Waiboerhoeve (lichte zavel) werd geen structuurschade gevonden bij het injecteren van mest met een bouwlandinjecteur. De injecteur was voorzien van een luchtdrukwisselsysteem, zodat de bodemdruk kon worden verlaagd. Op riverklei kan bij injectie wel gemakkelijk structuurschade ontstaan. Bovendien kan bij droogte de mest uitspoelen via krimpscheuren (Schröder en Vos, 1995; Gorissen e.a., 1999). In hoeverre de apparatuur voor tegelijkertijd zaaien en rijenbemesting geschikt is voor kleigrond is onbekend.

Demo's

Vóór zaaien werd in de demonstratieproeven (IKC, 1994) de mest na bovengronds uitrijden ondiep (0-5 cm)

ondergewerkt met een triltandcultivator. Daarnaast waren er objecten met injectie van mest. Vóór de zaaibedbereiding werd het perceel naderhand bewerkt met een rotorkoepel. In juli was er een lichte groeiremming aanwezig op plaatsen waar vaker dan één keer was gereden.

Na zaaien en vóór opkomst zijn twee methoden onderzocht: (i) uitrijden en onderwerken met een sleufkouterbemester en (ii) bovengronds verspreiden gevolgd door het inwerken met een rotorkoepel (diepte 1-2 cm). Maïszaad wordt op ca. 5 cm diepte gezaaid. Met de sleufkouterbemester werd 5 dagen na zaaien 28 m³/ha varkensdrijfmest toegediend op een diepte van 0-5 cm. Ondanks het gebruik van brede banden en een spanning van 1 bar ontstonden er sporen die met een onkruideg werden weggewerkt. Ook het bovengronds uitrijden van kippenmest en inwerken met een rotorkoepel gaf geen problemen. Wel is het tijdsbestek tussen zaaien en opkomst kort. In loonwerk is dit niet altijd te realiseren.

Tabel 14. Toedieningstechnieken dierlijke mest bij maïs op kleigrond.

methode	resultaat	bron
Vóór zaaien		
breedwerpig → triltandcultivator	structuurschade	IKC/Mestbank (1994)
injecteren (lichte klei)	geen structuurschade	Van Dijk (1997b)
injecteren	lichte structuurschade	IKC/Mestbank (1994)
Na zaaien		
sleufkouterbemester	sporen weggewerkt met onkruideg	IKC/Mestbank (1994)
breedwerpig → rotorkoepel (2 cm diepte)	goed	IKC/Mestbank (1994)

6.1.3 Granen

Wintertarwe

De eerste N-gift aan wintertarwe wordt reeds in februari (maart) toegediend; het gebruik van een (zware) mestmachine is dan vaak nog niet mogelijk. Daarom ligt de nadruk in het onderzoek op het toedienen van drijfmest op het tijdstip van de tweede N-gift. In tarwe kan daarbij gebruik gemaakt worden van een sleepslangenmachine, sleepvoetenmachine, sleufkoutermachine en zodebemester. Het gebruik van de sleepvoetbemester en sleepslangenmachine wordt in Nederland niet toegestaan omdat dit geen emissiearme technieken zijn.

Uit Duits onderzoek (Cramer, 1990) blijkt dat bij gebruik van 25 m³/ha varkensdrijfmest (VDM) en 35 m³/ha rundveedrijfmest (RDM), mits goed toegediend, op lichte gronden een vergelijkbare opbrengst kan worden behaald als met het juist inzetten van kunstmest. VDM heeft de voorkeur boven RDM vanwege de betere N-werking (tabel 11). Er trad gedurende de zes jaar van het onderzoek geen legering van het graan op. Ook werd na de oogst geen verschil in N-min toestand waargenomen met alleen een kunstmestgift.

In 1991 werd door van Dongen en Alblas (1992) onderzoek gedaan naar de toepassing van de sleepslangenmachine op het OBS te Nagele (klei: 31% afslibbaar). De tweede gift van 9, 18 of 28 m³ VDM (resp. 65, 130 en 200 kg N) werd vergeleken met een verhoogde eerste kunstmestgift. Objecten werden in enkelvoud aangelegd. Hierdoor konden geen statistisch betrouwbare uitspraken worden gedaan. De verschillen in opbrengsten tussen de objecten waren klein. Door van Dongen en Alblas werd aanbevolen een sleepslangenmachine in wintertarwe te gebruiken, het liefst met een breedte van 18 m, zodat gebruik kan worden gemaakt van de spuitsporen.

Van 1993 t/m 1995 zijn op het PAV in Lelystad (Timmer, 1996) proeven aangelegd met het gebruik van VDM in wintertarwe en zomergerst. In 1993 werd een zodebemester en een sleepslangenmachine beproefd. De zodebemester gaf een aanzienlijke schade van gemiddeld ca. 800 kg/ha. Schade werd vooral aangericht door berijding (1200 kg/ha in sporen) en deels doordat planten werden afgesneden (400 kg/ha in sporen). Wel was door de geringe werkbreedte van de zodebemester het bereiden oppervlak ca. 48%. Onder praktijkomstandigheden zal dit slechts 20% zijn; met een berekende totale opbrengstderving van ca. 450 kg/ha. De sleepslangenmachine gaf een onregelmatige bemesting, maar weinig beschadiging. In 1995 werd een sleufkoutermachine gebruikt. Als de schade veroorzaakt door de sleufkoutermachine buiten beschouwing wordt gelaten dan kan met een verlaagde eerste gift van 60 i.p.v. 100 kg N en een tweede gift van 100 kg werkzame N uit VDM gevolgd door een kunstmestgift van 40 kg/ha ongeveer dezelfde opbrengst worden verkregen als met kunstmest. Wel leidde het gebruik van de sleufkoutermachine tot ca. 200 kg/ha gewasschade. Deze schade was groter naarmate de tweede gift later viel.

Door de Boer e.a. (1995) en Geelen en Timmer (1996) werd onderzoek gedaan naar verschillende

toedieningstechnieken (zodebemester, sleufkouter en sleepvoetbemester) van RDM in wintertarwe op löss. Het voorjaar van 1995 was nat; de omstandigheden in 1996 waren gunstig als gevolg van een droge winter en voorjaar. De sleufkouter gaf de minste insporing; de getrokken sleepvoetmachine de meeste. Ook werd de mest het beste ingewerkt met een sleufkouter. Buiten de sporen werd een hogere opbrengst verkregen met RDM dan met kunstmest. Dit is mogelijk het gevolg van verschillen in verdeling over de eerste en tweede gift tussen beide mestsoorten. Gemiddeld genomen waren er geen verschillen tussen de toedieningsmethoden. Wel werd zelfs bij een zeer lage bandenspanning van 0,6 bar ca. 20% opbrengstderving in de sporen gevonden.

Tabel 15. **Verschillende methoden toediening van runderdrijfmest (RDM) in wintertarwe op löss. RDM werd als tweede gift toegediend.**

methode	grootte vat	werk-breedte	breedte band	% spoor	rel. opbrengst	buiten spoor	in spoor
kunstmest				0	100	100	100
getrokken zodebemester	7 m ³	3 m	35 cm	23	94-93	104-107	73-75
zelfrijdende 4-wielige sleufkouter	10 m ³	5,4 m	70 cm	26	95-90	103-105	72-80
getrokken sleepvoetbemester	8 m ³	5 m	35 cm	14	94-95	106-106	60-75

Tabel 16. **Samenvatting toedieningstechnieken in wintertarwe (tweede gift).**

methode	resultaat	bron
<i>in het gewas</i>		
Sleepslangenmachine	goed	van Dongen en Alblas (1992)
Sleepslangenmachine	onregelmatige bemesting	Timmer (1996); klei
Sleufkouter	rel. opbrengst 95 –97%	Timmer (1996); klei
Zodebemester*	rel. opbrengst 95%	Timmer (1996); klei
Sleepvoeten	rel. opbrengst 94-95 %	de Boer e.a. (1995) en Geelen en Timmer (1996); löss
Sleufkouter	rel. opbrengst 90-95 %	de Boer e.a. (1995) en Geelen en Timmer (1996); löss
Zodebemester	rel. opbrengst 93-94 %	de Boer e.a. (1995) en Geelen en Timmer (1996); löss

* teruggerekend naar een bereiden oppervlak van 20%.

Zomergerst

In zomergerst is de gewasschade te groot (ca. 440 kg N/ha) als de tweede drijfmestgift in het gewas wordt toegediend met een sleufkoutermachine (Timmer, 1996). Bij zomergerst kan dan ook het beste dierlijke mest vóór het zaaien worden aangewend. Op kleigrond valt dit echter te vroeg in het seizoen.

6.1.4 Suikerbieten

In de jaren 1990 en 1991 is door van Dongen en Alblas (1992) onderzoek verricht naar de toepassing van 15-20 ton/ha dunne kippenmest vóór de teelt van suikerbieten op zware kleigrond (56% afslibbaar). De hoeveelheid werkzame stikstof in dunne kippenmest lag tussen 80 en 126 kg/ha. Daarbij werd geen of 40 kg N/ha als kunstmest gegeven. Daarnaast werden objecten met alleen kunstmest aangelegd met N-giften tussen de 150-155 kg/ha. Er werden geen verschillen in opbrengst gevonden tussen de kunstmest- en kippenmestobjecten. Wel had de methode van toediening grote invloed op het resultaat (tabel 17).

Vóór het zaaien moet de mest zo oppervlakkig mogelijk worden geplaatst, het liefst met een oppervlakkig injectiesysteem. Het oppervlakkig injecteren geeft een betere benutting van de nutriënten dan die bij het uitrijden en inwerken van mest in twee werkgangen. Voordeel van het injecteren vóór zaaien is dat een groot deel van het sporeneffect bij de zaaibedbereiding kan worden tenietgedaan. Na zaaien werd dunne kippenmest aangewend met een sleepslangenmachine waarbij de mest in dunne strookjes oppervlakkig tussen de zaarijen werd gelegd en vervolgens licht ingewerkt met een neteg. Daarnaast werd mest geïnjecteerd met een graslandinjecteur. Het inwerken na het zaaien gaf slechtere resultaten dan dat vóór zaaien; er werd vooral een hoog percentage grondtarra gevonden.

Door Titulaer (1997) werd een proef met suikerbieten op klei (Lelystad; 35% afslibbaar) aangelegd. Varkensdrijfmest (20 m³) werd met een sleepslangenmachine toegediend en vervolgens met een frees of aangepaste cultivator ingewerkt. Ter vergelijking werden N-kunstmesttrappen aangelegd. De omstandigheden waren goed, zodat er geen structuurschade optrad. De opbrengsten namen toe bij toenemende giften, wel nam de winbaarheid af bij giften boven het advies.

Tabel 17. **Samenvatting toedieningstechnieken bij suikerbieten.**

Methode	Resultaat	Bron
<i>Vóór zaaien</i>		
breedwerpig → rotorkoep	veel rijsporen	van Dongen en Alblas (1992)
sleepslangen → rotorkoep	veel rijsporen	van Dongen en Alblas (1992)
sleepslangen → frees/cultivator	goed	Titulaer (1997)
injectie (grasland- en bouwlandinjecteur injectiediepte resp. 8 en 3 cm)	goed (doordat rijsporen door de injectietanden werden opgehaald)	van Dongen en Alblas (1992)
<i>Na zaaien</i>		
sleepslangen → neteg	hoger tarrapercentage dan vóór zaaien	van Dongen en Alblas (1992)
injectie (graslandinjecteur tussen rijen)	lagere opbrengsten en suikergehalten en hoge (grond)tarra	van Dongen en Alblas (1992)

6.2 Het vóórkomen van structuurschade

Het rijden over natte grond betekent ernstige schade aan de structuur van de bouwvoor (verdichting en versmering). In natte jaren kan hierdoor luchtgebrek ontstaan, in droge jaren kan de doorworteling minder zijn. Structuurbederf kan daarom leiden tot onregelmatige opkomst, trage veldvulling en beperking van de beworteling. De werkzaamheden moeten dan ook vallen binnen het traject van vochttoestanden van de grond waarbij de grond goed berijdbaar en bewerkbaar is (hoofdstuk 2). Volgens Lumkes en Kouwenhoven (1987) kan dit traject worden verlengd door aanpassing van de wieluitrusting, verlaging van de bandenspanning, verhoging van de rijnsnelheid, verkleining van de te passeren massa of aanpassing van de bewerkingsmethode. Deze aanpassingen zijn overigens niet altijd goed met elkaar te verenigen. In het algemeen wordt geadviseerd in het voorjaar boven de 40-45% afslibbaarheid geen dierlijke mest aan te wenden.

6.2.1 Wieluitrusting, banden(spanning) en werkbreedte

Op kleigrond wordt aangeraden om geen hogere bandenspanning dan ca. 0,5 bar te gebruiken (veel bemesters zijn dan ook uitgerust met een drukwisselsysteem voor de banden). Ook kan het gebruik van driewielers of vierwielers met een hondengang, waarbij niet door hetzelfde spoor wordt gereden, structuurschade beperken. Dit zijn vaak dure machines die alleen voor loonwerkers interessant zijn.

Vóór het zaaien en poten kan spoorvorming vaak teniet worden gedaan door een goede poot- of zaai- en potbereiding. Na het zaaien en poten moet er tussen de rijen worden gewerkt. Dat betekent dat alleen smalle banden kunnen worden gebruikt. Vaak moet ook de druk laag worden gehouden. Hierbij is dus de beschikbaarheid van kleine (lichte) mengmesttanks op een spoorbreedte van 1,5 m belangrijk. Er kan ook worden gekozen voor een zo'n groot mogelijke werkbreedte. Bij een grotere werkbreedte kunnen de sporen van een spuitmachine worden gebruikt. Hierbij zal dan geen extra schade ontstaan. Met een injecteur kan deze breedte niet worden bereikt, vanwege de zwaarte van de apparatuur. In het algemeen worden de beste resultaten verkregen met een sleepslangenmachine, zowel bij mesttoediening vóór als in gewassen.

6.2.2 Aanvoer van mest via aanvoerslangen

Mestaanvoer via aanvoerslangen heeft als voordeel dat met een kleine voorraadtank bij het uitrijden kan worden volstaan, hierdoor daalt de bodemdruk aanzienlijk. Vaak wordt gereden met een bodemdruk van slechts 0,4 á 0,5 bar. Nadeel van deze systemen is dat lagere giften vaak moeilijk te realiseren zijn vanwege de hoge trekweerstand van de slang. Bij gebruik van te dikke mest is het een optie dit met water te mengen. Om geen tijd te verliezen moeten hierbij de aanvoer en aanwending van mest goed op elkaar zijn afgestemd, bijvoorbeeld door mest tijdelijk in mestzakken of containers op het land op te slaan. Vaak wordt een sleufkouter gebruikt om de mest in te werken. Door het streven naar bredere apparatuur (12-15 m) wordt ook met aanvoerslangen al gauw een bandenspanning van 1,0 tot 1,5 bar verkregen. Een nadeel van dit systeem is dat de slang na poten van aardappelen de kopakker kan vernielen, ook kan het schade aan de ruggen te weeg brengen. Dit speelt met name op lichtere gronden een rol. Wel bestaat er een systeem waarbij de aanvoerslang tussen twee ruggen blijft liggen bij het heen en weer rijden.

6.2.3 Verplaatsen ploegen van najaar naar voorjaar

Teneinde structuurbederf tegen te gaan zou mest in het voorjaar vóór het ploegen kunnen worden geïnjecteerd. Zonder opbrengstderiving is dit mogelijk op gronden tot 25% afslibbaarheid (18% lutum). Wel kan het ploegen in het voorjaar tot een verhoogde werkdruk leiden.

6.3 Discussie

In het algemeen zijn in de veldproeven en demo's positieve resultaten behaald. Wel wordt bij veldproeven vaak gewacht totdat de omstandigheden zo optimaal mogelijk zijn voor het uitrijden van mest. De vergelijkende kunstmestgift wordt ook totdat moment uitgesteld. In de praktijk kan onder minder gunstige weersomstandigheden de kunstmestgift mogelijk eerder in het seizoen worden gegeven dan de drijfmestgift. Dit kan doorwerken in de tijdigheid van andere voorjaarswerkzaamheden (hoofdstuk 2). Daarnaast zal mestaanwending op proefbedrijven beter in de bedrijfsvoering in te passen zijn dan op praktijkbedrijven vaak het geval is. Bovendien is men vaak afhankelijk van een loonwerker. Dit kan tot gevolg hebben dat mest niet altijd op het meest gunstige tijdstip wordt aangewend, en dus de kans op structuurschade in de praktijk groter is dan uit de veldproeven naar voren komt.

In een gunstig voorjaar is het aan te raden mest zoveel mogelijk vóór het zaaien/planten/poten van gewassen in te zetten. Bij de zaaibedbereiding kan dan een deel van de spoorvorming teniet worden gedaan. Mest kan zowel in één als twee werkgangen worden toegediend. In het algemeen leidt injecteren, vanwege de zwaarte van de apparatuur, eerder tot structuurschade dan breedwerpig uitrijden van mest. Ook het gebruik van een sleepslangenmachine leidt minder snel tot structuurbederf. Wel zal bij injectie in het algemeen minder ammoniakvervluchtiging optreden. Een ander voordeel van aanwending vóór gewassen is dat de keuzevrijheid in apparatuur groter is dan bij toediening in gewassen. Daarnaast hoeven er vaak minder gewasspecifieke aanpassingen plaats te vinden.

Het is ook mogelijk mest na zaaien of poten, maar vóór opkomst aan te wenden. Het grote voordeel is dat hierdoor het aantal werkzame dagen voor mestaanwending sterk toeneemt. Bij suikerbieten en aardappel wordt de mest tussen de rijen geplaatst. Bij een diep gezaaid gewas als maïs kan dit direct na het zaaien ook volvelds. Bij suikerbieten en aardappel kan structuurschade ontstaan door de smalle banden die worden gebruikt. Dit kan tot hogere tarragewichten leiden. Bij suikerbieten zijn er momenteel geen goede oplossingen om na zaaien dierlijke mest aan te wenden. Te meer omdat bij suikerbieten de toedieningsmethode van sleepslangen gevolgd door inwerken met een neteg niet is toegestaan, omdat dit niet voldoende emissiearm is. In aardappel wordt bij het in twee werkgangen aanwenden van mest het beste resultaat verkregen als de mest niet meteen wordt ondergewerkt, maar eerst iets indroogt. Hierdoor ontstaat minder versmering. Het is echter wettelijk verplicht de mest in twee opeenvolgende werkgangen in te werken. In het voorjaar 2002 wordt door het PPO in samenwerking met de DLV een demonstratiedag georganiseerd met dierlijke mestaanwending in consumptieaardappelen te Lelystad. Hopelijk komen op deze dag toepasbare oplossingen voor het emissiearm onderwerken van mest naar voren.

Bij toediening in granen wordt over het gewas gereden. Daarnaast kan schade aan het gewas ontstaan door de toedieningsapparatuur zelf. Bij aanwending in granen treedt dus nagenoeg altijd structuurschade en/of beschadiging van het gewas op. Een sleepslangenmachine geeft de minste schade. Bovendien kunnen de spuit- en mestsporen worden gecombineerd. Dit systeem wordt dan ook in het buitenland, met name Duitsland, veelvuldig toegepast. Zoals eerder gezegd is dit systeem in Nederland niet toegestaan. Van de toegestane toedieningsmethoden geeft een sleufkouter, waarmee de mest het ondiepste in de grond wordt gebracht, de minste schade. Een nadeel van een sleufkouter is dat niet teveel mest kan worden toegediend, omdat de mest anders uit de sleufjes stroomt. Momenteel is er wel een combinatiebemester op de markt, die op verschillende diepten mest kan injecteren, en mogelijk verschillende toedieningsapparatuur (zodebemester, sleufkouterbemester en bouwlandinjecteur) zou kunnen vervangen (firma LCM Gennip bv.). Al gelang de omstandigheden en hoeveelheid mest kan dan meer of minder diep worden geïnjecteerd. In het voorjaar van 2002 wordt door het PPO proeven aangelegd in wintertarwe, waarbij mest middels een zodebemester of sleufkouter in de grond wordt gebracht. De sleufkouter wordt tevens uitgerust met triltandjes of kooiwieltjes. Hiermee wordt de mest met grond vermengd. De verwachting is dat hiermee de ammoniakemissie kan worden verminderd.

De mogelijkheden om in het voorjaar mest aan te wenden is sterk afhankelijk van de zwaarte van de grond (hoofdstuk 2). Daarnaast zullen het tijdstip en de methode van aanwending sterk afhankelijk zijn van

de keuze voor loonwerk of in eigen beheer aanwenden. Structuurschade wordt sterk mede bepaald door de grootte van de voorraadtank. Echter, alleen bij loskoppeling van aanvoer en aanwending van mest kan met een relatief kleine voorraadtank worden volstaan. Hierbij moet mest het liefst op het land worden opgeslagen. De minste wioldruk treedt op als een sleepslangenaanvoersysteem wordt gebruikt. Wel valt er waarschijnlijk nog veel te verbeteren aan de technieken om mest emissiearm toe te dienen. In geval van een nat voorjaar moet het mogelijk zijn om snel over te schakelen van toediening vóór naar na zaaien of poten. Dit betekent dat een loonwerker of ondernemer zelf de beschikking moet hebben over apparatuur die voor verschillende situaties en gewassen geschikt is.

Op bedrijfsniveau zijn op de BSO-locatie te Nagele goede ervaringen met voorjaarstoediening (zie hoofdstuk 8.4.1). Dit is ook het geval voor individuele akkerbouwers, waarbij vaak bedrijfsspecifieke oplossingen worden gevonden. Het blijft echter de vraag hoe grootschalig omschakelen van na- naar voorjaarstoediening uitwerkt.

7. Mestbe- en verwerking als alternatief

7.1 Inleiding

Voor de akkerbouw op klei is het aantrekkelijk om de gewasbehoefte aan fosfaat en kali zoveel mogelijk middels dierlijke mest te dekken. Omdat het hierbij vooral om bouwplanbemesting gaat, is het tijdstip waarop fosfaat en kali worden aangewend van veel minder belang dan dat van stikstof. Stikstof moet immers liefst vlak vóór of gedurende het groeiseizoen worden toegediend. Daarnaast is het voor de meeste akkerbouwgewassen wenselijk een deel of alle stikstof via kunstmest te geven. Omdat in het voorjaar op klei dierlijke mest niet bij alle gewassen goed toe te passen is, is dan nog een relatief hoog aandeel fosfaat en kali uit kunstmest nodig om de totale behoefte van het bouwplan te dekken (zie hoofdstuk 8).

Een alternatief is de mest in verschillende fracties te scheiden. Hierbij ontstaan vaste fracties met hoge gehalten aan fosfaat en organische stof en vloeibare fracties met hoge gehalten aan kalium en/of stikstof. Door mestscheiding kunnen nutriënten (deels) onafhankelijk van elkaar aan het gewas worden toegediend. Een verder voordeel is dat dunne fracties - met hoge transportkosten - in de mestproducerende regio's kunnen worden afgezet en de vaste fracties - met lage transportkosten - in de tekortgebieden.

Momenteel wordt nagenoeg alleen onbewerkte mest geleverd. Door mestbe- en verwerking kan de mestafzet naar akkerbouwgebieden worden bevorderd. De veehouder zal dan wel dierlijke mest moeten aanbieden van een goede kwaliteit tegen een lage prijs, zodat de akkerbouwer uit verschillende mestsoorten zal kiezen voor dierlijke mest. Hierdoor moet de mestmarkt veranderen van een aanbod in een vraagmarkt (Middelkoop e.a., 1997).

7.2 Methoden van mestbewerking

De eerste stap bij mestbewerking is het scheiden van de mest in een vaste en vloeibare fractie. De vaste en vloeibare fracties kunnen worden verkregen met relatief eenvoudige mestbewerkingssystemen. De belangrijkste scheidingsmethoden zijn: centrifugeren en persen met een persvijzel. Bij gebruik van een persvijzel wordt de mest door een zeef geperst. Bij centrifugeren is het eindresultaat sterk afhankelijk van de centrifugesnelheid en het gebruik van een vlokmiddel. In het laatste geval wordt de afscheiding van fijne (waterrijke) delen verbeterd. Wel gaat hierdoor het drogestofgehalte van de vaste fractie naar beneden. In het algemeen geeft scheiding met een centrifuge een beter resultaat dan met een vijzelpers. Centrifugeren wordt dan ook meer toegepast dan het gebruik van persvijzelscheider (W. Raijmakers Projectbureau BMA, mond. med.).

Hieronder wordt in het kort ingegaan op methoden om de vaste en vloeibare fractie verder te bewerken. Deze methoden en hun perspectieven worden uitgebreid behandeld door o.a. Buijter en Winter (1999) en Geelen (2001).

Vloeibare fracties

De vloeibare fractie kan worden aangewend in de zandgebieden (overschotgebieden). De vloeibare fractie bevat meer stikstof, kalium en chloride dan de oorspronkelijke mest, maar veel minder fosfaat (tabel 18). Een nadeel van de vloeibare fractie ten opzichte van kunstmest is dat de mineralen sterk verdund aanwezig, zodat grote volumes in de grond moeten worden geïnjecteerd. Er zijn daarom verschillende technieken in ontwikkeling (indamping van de vloeistof, omgekeerde osmose en verhitting gevolgd door ontgassen) om deze vloeibare fractie verder te bewerken en geconcentreerder te maken. Daarnaast wordt gedacht aan het bijmengen met kunstmeststoffen of mineralen in vloeistoffen (veelal bijproducten afkomstig uit de chemische industrie). Door menging kunnen mineralengehalten beter bij de gewasbehoefte aansluiten. Als eindproduct van omgekeerde osmose ontstaat een geconcentreerde vloeistof met ca. 6% droge stof en relatief hoge concentraties N, K en Cl. Als eindproducten van indamping volgens het Manura-systeem van Funki (operationeel in Limburg) ontstaat een stikstofconcentraat, dat nagenoeg organische stof vrij is, en

een NPK-vloeistof (NPK: 8-7-22). Er wordt ervan uitgegaan dat de stikstof in de NPK-vloeistof vooral als Ne aanwezig is, en dus in de loop van het jaar vrijkomt (Geelen, 2001). Het organische stofvrije stikstofconcentraat (ca. 10-15% N) kan mogelijk als minerale meststof worden beschouwd, zodat het niet onder de Minas N-aanvoernorm uit dierlijke mest valt.

Vaste fracties

De vaste fractie kan zonder verdere bewerking worden afgezet in tekortgebieden (akkerbouw op klei) of eerst worden vergist of gecomposteerd. Bij vergisting worden de gemakkelijk afbreekbare organische verbindingen, zoals vetzuren, afgebroken tot losse, eenvoudige verbindingen, zoals methaan en kooldioxide. Methaan kan worden gebruikt als brandstof; de moeilijk afbreekbare organische verbindingen als bodemverbeteraar. Hiermee kan zowel het organische stofgehalte in de bouwvoor als de fosfaatvoorziening op peil worden gehouden. Bij compostering wordt ammoniumsulfaat als nevenproduct geproduceerd. Naar verwachting leidt compostering niet tot een betere afzet (Geelen, 2001). De vaste fractie kan op kleigronden in het najaar met een stalmeststrooier worden uitgereden.

Tabel 18. **Samenstelling van drijfmest en scheidingsproducten (vloeibare en vaste fractie) verkregen met respectievelijk centrifugeren en persen met een persvijzelscheider (kg/ton).**

centrifugeren ¹	varkensdrijfmest			runderdrijfmest		
	drijfmest	vloeibaar	vast	drijfmest	vloeibaar	vast
massa	303	255	48	309	221	88
droge stof	97	54	344	106	61	233
N-totaal	8,1	7,5	12,7	4,2	4,2	4,6
N—min	5,5	5,1	7,6	1,6	1,6	1,6
P ₂ O ₅	1,8	0,3	10,6	0,8	0,5	1,3
K ₂ O	6,8	6,9	6,0	4,0	3,9	3,5
Cl-	2,9	3,0	1,6	2,3	2,1	1,7

centrifugeren ³	varkensdrijfmest			varkensdrijfmest+vlokmiddel		
	drijfmest	vloeibaar	vast	drijfmest	vloeibaar	vast
massa %		87	13%		76	24%
drogestof	94	57	340	94	34	290
N	10	9,0	16	10	8	14
P ₂ O ₅	5	2	25	5	1	16
K ₂ O	8	8	8	8	8	8

persen ²	varkensdrijfmest			runderdrijfmest		
	drijfmest	vloeibaar	vast	drijfmest	vloeibaar	vast
massa	1000	750	250	550	480	70
drogestof	125	96	275	81	49	250
N-totaal	9,1	9	10,0	3,7	3,5	4,9
P ₂ O ₅	5,1	4,3	8,9	1,5	1,6	3,4
K ₂ O	9,1	9,2	8,1	5,5	5,5	4,9

¹ Derikx e,a, (1995)

² Schepers (1995)

³ ten Have en Schellekens (1994)

7.3 Proefresultaten

Bij het PPO-agv zijn verschillende proeven uitgevoerd met mestbewerkingsproducten (Geelen en Clevering, 2002; de Haan en Smit, 2002; Titulaer mond. med). Door Geelen werd in 2001 een veldproef uitgevoerd met producten verkregen met het Mandura-systeem (vloeibare fractie en NPK-vloeistof). Door Titulaer werden veldproeven in aardappelen verricht met de vaste en vloeibare fractie verkregen met centrifugeren (in 2001) of met een persvijzel (in 2000). Door de Haan en Smit (2002) werd in verschillende gewassen de toepassing van de dunne fractie met die van onbewerkte varkensdrijfmest vergeleken.

Uit de voorlopige onderzoeksresultaten van Titulaer komt naar voren dat de stikstof in de vaste fractie, toegediend in het najaar, geen duidelijk effect op de opbrengst heeft. Bij voorjaarstoediening van eenzelfde hoeveelheid werkzame stikstof in de dunne fractie en onbewerkte varkensdrijfmest werden geen opbrengstverschillen gevonden. Doordat de dunne fractie een ca. 15% hoger percentage werkzame stikstof heeft dan varkensdrijfmest, kan hiermee op de totale gift worden bespaard. Een groot voordeel is dat hiermee maar weinig fosfaat wordt aangevoerd (Geelen en Clevering, 2002; de Haan en Smit, 2002).

Door Geelen werd in consumptieaardappel op lössgrond onderzocht of een éénmalige gift van kunstmest gecombineerd met de vloeibare fractie of met de NPK-vloeistof mogelijk een tweede kunstmestgift bij knolzetting overbodig maakt (Geelen en Clevering, 2002). De opbrengsten verschilden niet bij toepassing van kunstmest, onbewerkte drijfmest of de vloeibare fractie. De opbrengsten bij gebruik van de NPK-vloeistof vielen tegen, waarschijnlijk omdat stikstof langzamer vrijkwam dan verwacht.

7.4 Discussie

Voor de akkerbouw op klei biedt vooral het gebruik van de vaste fractie perspectieven. Hiermee kan in een groot deel van de fosfaatbehoefte van het bouwplan worden voorzien. Ook wordt hiermee veel organische stof aangevoerd. Een groot nadeel is dat deze fractie weinig kalium bevat. Kalium moet dan als kunstmest of met de dunne fractie of vloeibare fractie worden aangevoerd. Door het lage aandeel N_{min} (ten opzichte van fosfaat) in de vaste fractie biedt het gebruik hiervan milieukundig gezien grote voordelen (zie ook hoofdstuk 8).

Op kleigrond lijken er vooralsnog weinig perspectieven te zijn voor het gebruik van de vloeibare fractie. Afgezien van het feit dat de transportafstanden van de niet opgewaardeerde dunne fracties te hoog zijn, moeten soms grote volumes worden geïnjecteerd om aan de N-behoefte van een gewas te voldoen. Dit omdat de gehalten aan stikstof (ook van de werkzame stikstof) vaak lager zijn dan in onbewerkte mest. Het gebruik van de vaste fractie in het najaar en kunstmest in het voorjaar lijkt hier dan ook een betere optie.

Van de producten die ontstaan na de verdere bewerking van de dunne fractie is nog weinig bekend. Het N-contraat kan waarschijnlijk het beste concurreren met kunstmest. Dit kan zowel als basisgift als bijbemesting na aanzuren verspoten worden. De verwachting is dat op kalkrijke kleigrond ook na aanzuren nog een aanzienlijk deel van de stikstof als ammoniak kan vervluchtigen. De toepassingsmogelijkheden van de NPK-vloeistof zijn nog onduidelijk. Te meer omdat onduidelijk is wanneer N vrijkomt.

Als de belangrijkste voordelen van mestverwerking worden de homogene en gegarandeerde samenstelling genoemd. Echter bij scheiding in een vaste en vloeibare fractie (centrifugereren/persen) wordt nog een aanzienlijke variatie in de samenstelling van de producten gevonden. Deze variatie hangt samen met zowel verschillen in uitgangsmateriaal als in scheidingsmethoden. Daarnaast wordt nog behoorlijk wat N_{min} in de vaste fractie en N_{org} in de vloeibare fractie gevonden. Bovendien is het vaak onduidelijk hoe snel de organisch gebonden stikstof in deze producten vrijkomt. Ook kan bij een hoog percentage gemakkelijk mineraliseerbare organische stof een deel van de stikstof tijdens opslag vrijkomen. Voor mestverwerkingsproducten is het dan ook van belang methoden te ontwikkelen om de samenstelling van de N_{org}-fractie snel en goed te karakteriseren.

Als algemeen probleem voor de toepassing van bewerkte meststoffen wordt genoemd dat de meeste nog niet zijn erkend in het kader van de huidige wet- en regelgeving. De vraag hierbij is of een niet-erkende, bewerkte, meststof wordt beschouwd als een dierlijke meststof waarop het BGDM van toepassing is of als een nieuwe meststof waarop het Besluit gebruik Overige Organische Meststoffen (BOOM) van toepassing is. In het laatste geval kan het hoge aandeel zware metalen in de vaste fractie beperkend zijn voor de hoeveelheid toegestane mest. Ook de status van de vloeibare fracties is onduidelijk. Indien deze geen of nauwelijks organische verbindingen bevatten zouden ze aangemerkt kunnen worden als kunstmest. Hiervoor is dan geen mestafzetcontract nodig. Tevens vervalt dan de limiet van de maximale aanvoer van 170 kg N/ha uit dierlijke mest. Bovendien zijn er voor kunstmest geen beperkingen wat betreft het emissiearm toedienen.

Door mestbewerkers zoals de Mestac (Smulders, lezing NMI-dagen 2001) wordt mestbe- en verwerking als de oplossing van het mestprobleem gezien. In hoeverre deze producten voor akkerbouwers op klei financieel aantrekkelijk zijn, is echter de vraag. Momenteel (voorjaar 2002) wordt geen geld meer toegegeven bij gebruik van drijfmest. Bovendien kan binnen Minas ook bij najaarstoediening een groot deel van de fosfaat- en kalibehoeftte middels dierlijke mest worden gedekt. Wel lijkt het gebruik van de vaste fractie een goed alternatief bij verdere aanscherping van de milieuregels (zie 8.4.2).

8. Verplaatsing najaars- naar voorjaarstoediening: gevolgen voor mineralenoverschotten en N-uitspoeling

8.1 Inleiding

Momenteel wordt in het project N-management op bedrijfsniveau een brede verkenning uitgevoerd naar de N-verliezen op akkerbouw- en vollegrondsgroentebedrijven in Nederland (van Dijk, 2002). In dit project worden diverse scenario's van mestaanwending en methodes van N-conservering onderzocht. Hierbij worden verschillende indicatoren als maat voor nitraatuitspoeling gehanteerd.

De berekeningen zijn o.a. gebaseerd op gegevens afkomstig uit de Projecten Evaluatie Minas (van Enckevort e.a., 2001) en Sturen op Nitraat (ten Berge e.a., 2001). Uit het eerst genoemde project is naar voren gekomen dat zich geen problemen voordoen bij het halen van de Minaseindnormen wanneer bemest wordt volgens goede landbouwpraktijk (GLP), mits op een verantwoorde wijze dierlijke mest wordt ingezet. Echter de Minaseindnormen zijn niet altijd voldoende om te voldoen aan de stikstof- en fosfaatnormen voor het grond- en oppervlaktewater. Dit komt omdat Minas werkt met vaste afvoerforfaits die in de meeste gevallen hoger zijn dan de werkelijke afvoer met het geoogste product. Ook is de Minasbalans geen volledige stikstofbalans, omdat niet alle bronnen die van invloed zijn op de stikstofuitspoeling hierbij worden meegenomen. In het project Sturen op Nitraat wordt gezocht naar betere indicatoren dan het Minasoverschot (werkelijk bedrijfsoverschot, perceeloverschot, N_{min} na de oogst) voor het nitraatgehalte in bovenste grondwater. In het project N-management op bedrijfsniveau wordt middels modelberekeningen ook een inschatting gemaakt van de N_{min} op 1dec.

Ten behoeve van deze bureaustudie zijn voor een aantal modelbedrijven de consequenties van het overschakelen van najaars- op voorjaarstoediening op de mestafzetruimte en op de kans op N-uitspoeling in kaart gebracht. Als milieu-indicatoren zijn naast de Minas-overschotten, de werkelijke overschotten, N_{min} na de oogst en $N_{min,1dec}$ gebruikt.

Doel

1. Bepaling Minas en werkelijke overschotten bij aanwending drijfmest in het najaar, voorjaar of combinatie van na- en voorjaar.
2. Bepaling Minasruimte en werkelijke N-overschotten bij gebruik van alleen de vaste fractie van drijfmest
3. Bepaling milieukundige gevolgen van najaars- en voorjaarstoediening van dierlijke mest.
4. Bepaling in hoeverre met de inzet van dierlijke mest de gewasbehoefte aan kali- en fosfaat wordt gedekt.

8.2 Methode

Selectie modelbedrijven

Bij selectie van modelbedrijven is voornamelijk uitgegaan van de areaalgegevens van het CBS (1998). De gekozen modelbedrijven zijn representatief voor het zuidwestelijke en het centrale kleigebied.

36% wintertarwe + 9% zomergerst + 20% suikerbieten + 25% consumptieaardappelen + 10% ui

36% wintertarwe + 9% zomergerst + 20% suikerbieten + 25% consumptieaardappelen + 10% ijssla

20% wintertarwe + 5% zomergerst + 20% suikerbieten + 25% consumptieaardappelen + 15% ui + 15% witlof

20% wintertarwe + 5% zomergerst + 20% suikerbieten + 25% consumptieaardappelen + 20% ijssla + 10% spruitkool

Bovenstaande bedrijven variëren duidelijk in aandeel graan (m.n. belangrijk voor toepassing in de herfst) en in de N-behoefte van gewassen (m.n. belangrijk voor de mestafzetruimte). De scenario's 1 en 2 worden gekenmerkt door een hoog aandeel graan; de scenario's 3 en 4 door een laag aandeel graan. Scenario's 1 (175 kg N/ha) en 3 (157 kg N/ha) hebben relatief gezien een lage stikstofbehoefte; scenario 2 (187 kg N/ha) en 4 (196 kg N/ha) een hoge.

Selectie scenario's

Door te rekenen maatregelen

De volgende maatregelen komen in beeld:

1. Herfsttoediening na graan
 - 1.1. Maximale inzet binnen Minas, zonder groenbemester
 - 1.2. Maximale inzet binnen Minas, met groenbemester
 - 1.3. Beperkte inzet, zonder groenbemester
 - 1.4. Beperkte inzet, met groenbemester
 - 1.5. Beperkte inzet, met groenbemester en met inwerken van graanstro
2. Herfsttoediening na graan én voorjaarstoediening
 - 2.1. Herfsttoediening voorafgaand aan aardappelen en suikerbieten (beperkt, met groenbemester) + voorjaarstoediening bij aardappelen en suikerbieten
 - 2.2. Herfsttoediening voorafgaand aan aardappelen (beperkt, met groenbemester) + voorjaarstoediening bij aardappelen en suikerbieten
3. Voorjaarstoediening (exclusief graan)
 - 3.1. Vóór consumptieaardappel
 - 3.2. Vóór consumptieaardappelen en suikerbieten
 - 3.3. Vóór consumptieaardappelen, suikerbieten, ijssla en spruitkool
 - 3.4. Vóór consumptieaardappelen, ijssla en spruitkool
4. Voorjaarstoediening (inclusief graan)
 - 4.1. In wintertarwe
 - 4.2. Vóór consumptieaardappel en in 100% van het wintertarweareaal
 - 4.3. Vóór consumptieaardappelen, suikerbieten en in 50% van het wintertarweareaal
 - 4.4. Vóór consumptieaardappelen, suikerbieten en in 100% van het wintertarweareaal
5. Toepassing vaste fractie in de herfst
 - 5.1. Maximale inzet binnen Minas na het graan zonder groenbemester
 - 5.2. Maximale inzet binnen Minas na het graan met groenbemester

Voorjaarstoediening wordt vergeleken met najaarstoediening van drijfmest (zowel zonder als met de inzet van groenbemesters/stro) en met najaarstoediening van vaste mestscheidingsproducten. Bij najaarstoediening is dierlijke mest zowel maximaal als volgens GLP ingezet. Bij voorjaarstoediening is onderscheid gemaakt tussen varianten met en zonder mestgebruik in wintertarwe. Toediening in granen kan de periode waarin voorjaarstoediening van dierlijke mest mogelijk is, verlengen, daarnaast leidt dit tot verhoging van de mestafzetruimte. Ook kan mestaanwending in wintertarwe mogelijk die vóór suikerbieten vervangen. Een nadeel van mesttoediening in granen is dat de kans op structuur- en gewasschade groot is (hoofdstuk 6). Als laatste variant is de inzet van drijfmest volgens GLP gecombineerd met de inzet voor consumptieaardappelen in het voorjaar. Deze variant is meegenomen om de mestafzetruimte zoveel mogelijk te vergroten, waarbij tegelijkertijd de gevolgen voor het milieu en kans op structuurschade zo gering mogelijk zijn.

Uitgangspunten

- Er is bemest volgens de adviezen (GLP); behalve bij de varianten met een maximale benutting van de Minas N-ruimte.
- Er is geen gebruikgemaakt van efficiencyverhogende bemestingstechnieken, zoals rijenbemesting
- Bij bieten is uitgegaan van een nawerking uit oogstresten van 30 kg N per ha.
- Voor de bodemvruchtbaarheid is gerekend met een P- en K-toestand op streefwaarde; Pw-getal 25 op klei en K-getal van 18, een N-min gehalte van resp. 20, 30 en 40 kg N/ha in de lagen 0-30, 0-60 en 0-

90 vóór aanvang van de teelt.

- Er is uitgegaan van varkensdrijfmest omdat deze mestsoort het meest in de praktijk wordt gebruikt.
- De bemestende waarde van de dierlijke mest wordt op de kunstmestgift in mindering gebracht, volgens de rekenregels voor de werking zoals aangegeven in de Adviesbasis (Van Dijk, 1999). Wat betreft stikstof is uitgegaan van een werking van 20 en 70% bij resp. najaars- en voorjaarstoediening. Hierbij wordt ervan uitgegaan dat varkensdrijfmest wordt geïnjecteerd. Bij voorjaarsgebruik in wintertarwe wordt uitgegaan van een werking van 55%. Dit is berekend als $N_{min} * w_c + N_e * w_c = 60 * 0,75 + 20 * 0,54$ (zie hoofdstuk 5.4). Hierbij is uitgegaan van 25% ammoniakvervluchtiging uit de N_{min} -fractie, i.p.v. 10% bij injectie. Bij de werking van stikstof uit de N_e -fractie is rekeninggehouden met de lengte van de N-opnameperiode van wintertarwe.
- Bij najaarsbemesting volgens GLP vindt mesttoediening alleen in de graanstoppel plaats. Dit om mogelijkheden te scheppen voor een goede ontwikkeling van een groenbemester. De mestgift beperkt zich tot die omvang waarbij de minerale N uit de mest nog door een groenbemester kan worden opgenomen (80-100 kg N/ha). In de berekeningen is uitgegaan van 25 m³ vleesvarkensdrijfmest per ha. Na het inwerken van de groenbemester is gerekend met een N-nawerking van 30 kg N per ha voor het volggewas. Bij het scenario maximale benutting van de Minas N-ruimte wordt, afhankelijk van het scenario, ca. 35 m³/ha varkensdrijfmest na granen aangewend.
- Bij de N-vastlegging door het stro is uitgegaan van 2,5 kg N per ton stro. Voor de N-nalevering uit stro is 5 kg N/ha gerekend.
- Bij gebruik van de vaste fractie is uitgegaan van scheiding van varkensdrijfmest m.b.v. een centrifuge met als samenstelling: N_{totaal} 9,5; N_{min} 3,4; Norg 6,1; P_2O_5 18,4 en K_2O 5,9 kg/ton product. Organische stof totaal 250 en e.o.s. 75 kg/ton. Er is uitgegaan van een werkingscoëfficiënt van 25%, omdat door een andere verhouding van N_{min} /Norg dan bij onbewerkte mest gedurende het groeiseizoen meer stikstof vrijkomt. Bij dit scenario wordt uitgegaan van een volledige benutting van de Minas-P ruimte. Bij de varianten waarin tevens een groenbemester is gezaaid, is gerekend met een opname van 80 i.p.v. 90 kg N/ha i.v.m. de beperktere N-voorziening.
- Bij voorjaarsbemesting wordt dierlijke mest toegediend aan: aardappelen, suikerbieten, ijssla en spruitkool.
- De volgende giften zijn in het voorjaar toegediend; consumptieaardappelen en spruitkool: 30 m³/ha; suikerbieten, ijssla en wintertarwe 20 m³/ha. Bij wintertarwe wordt een maximale hoeveelheid van 20 m³/ha aangehouden, omdat bij grotere hoeveelheden een deel van de mest waarschijnlijk uit de sleuven vloeit.
- Bij gecombineerde na- en voorjaarstoepassing wordt 25 m³ vleesvarkensdrijfmest per ha toegediend na graan en maximaal 30 m³ vóór consumptieaardappelen.

Maatstaven N-verliezen

Als maatstaven voor de N-verliezen zijn gebruikt:

1. Minas-N-overschot.
 2. Werkelijk N-overschot
 3. N_{min} na de oogst
 4. N_{min} bij aanvang uitspoelingsseizoen (1 december)
1. $N_{dom} + N_{km} - \text{forfaitaire afvoer van } 165 \text{ kg N}$. Als Minasnorm geldt een overschot van 100 kg N/ha.
 2. $N_{dom} + N_{km} + N_{depositie} - \text{werkelijke N-afvoer}$. De werkelijke afvoer is berekend als product van opbrengst (KWIN 2000-2001) en N-gehalten uit Kiezen uit Gehalten III (Beukeboom, 1996).

De N_{min} na de oogst en bij aanvang van het uitspoelingsseizoen worden gerelateerd aan een maximale N_{min} bodemvoorraad (0-100 cm) van 88 kg N/ha. Deze N_{min} bodemvoorraad is berekend als de EU-norm voor nitraat N * gemiddeld neerslagoverschot / percentage denitrificatie = $11,3 \text{ mg N/liter} * 390 \text{ mm} / 0,5 = 88 \text{ kg N/ha}$.

3. N_{min} na de oogst is bepaald in het project sturen op nitraat (Ten Berge e.a., 2002). De N_{min} na de oogst is gebaseerd op onderzoek van de afgelopen 25 jaar, waarbij een relatie is gelegd tussen bemesting volgens GLP en de minerale N na de oogst (zie tabel 19) (van Enckevort e.a., 2001).

4. N_{min} bij aanvang van het uitspoelingsseizoen (1 december) is bepaald als $N_{min-oogst} + N_{org.mest} - N_{opname\ groenbem} - N_{vastlegging\ stro} + N_{gewasresten} + N_{mineralisatiebodem} + N_{depositie}$. Dit is de potentieel uitspoelbare N.

Voor de verantwoording voor de verschillende berekeningen wordt verwezen naar het project N-management op bedrijfsniveau (van Dijk, 2002) en sturen op nitraat (Enckevort e.a., 2001).

-Voor de berekening Norg. mest wordt verwezen naar hoofdstuk 5.

-N-opname groenbemester is afhankelijk van de zaaidatum en de minerale N-voorraad in de bodem. Dit kan onder gunstige voorwaarden oplopen tot 115 kg N.

-N-vastlegging stro (ca. 8 kg N/ha)

-N-gewasresten is uitgerekend met de MINIP-mineralisatiemodel (Janssen, 1996)

-N-mineralisatie bodem = mineralisatie van stikstof uit oud organisch materiaal

-N-depositie van 26 kg N/ha. Dit komt overeen met de N-depositie in het Zuidwestelijk kleigebied; voor het Centraal kleigebied is dit 3 kg N/ha hoger (gegevens uit Kiezen uit gehalten III: Beukeboom, 1996).

8.3 Resultaten

8.3.1 Gewasniveau

Voor de afzonderlijke gewassen zijn de N-overschotten en de N_{min} na de oogst en op 1 dec. weergegeven in tabel 19. Hierbij is uitgegaan van het gebruik van alleen kunstmest, zodat alleen de effecten van de geteelde gewassen zichtbaar worden. Bij alle gewassen wordt voldaan aan de Minas-eindnorm (waarden < 100). Bij suikerbieten, zomergerst en witlof wordt zelfs meer stikstof (forfaitair) afgevoerd dan aangevoerd. Bij alle gewassen zijn de werkelijke overschotten groter dan de Minasoverschotten. Bij ijssla en spruitkool is het werkelijk N-overschot groter dan 100 kg N/ha; bij consumptieaardappel is het overschot nagenoeg gelijk aan deze norm.

De N_{min} na de oogst wordt voornamelijk bepaald door de stikstofbenutting van de gewassen. Dus gewassen met een hoge stikstofbenutting laten weinig stikstof achter in het bodemprofiel. De verschillen tussen de N_{min} na de oogst en in december worden grotendeels door de stikstofrijkheid en C/N-verhouding van de oogstresten en de lengte van de mineralisatieperiode van oogstresten en bodem organische stof. Bij vroeg geoogste gewassen zoals granen kan de N_{min} in dec nog aanzienlijk zijn, ondanks de lage N_{min} na de oogst en de geringe hoeveelheid gewasresten die achterblijft.

Tabel 19. **N-overschotten en N_{min} bij alleen kunstmest gebruik: $N_{min-1dec}$ is berekend als $N_{min-oogst} - N_{vastlegging\ stro} + N_{gewasresten} + N_{mineralisatiebodem} + N_{depositie}$.**

gewas	overschotten			oogsttijdstip	N-mineralisatie gewasresten oogst-1dec	Nmin (kg/ha)	
	Minas	Werkelijk				oogst	1 dec
		Excl. dep.	Incl. dep.				
consumptieaardappel	87	65	94	1 oktober	8	95	120
suikerbieten	-16	31	60	25 oktober	10	21	39
wintertarwe ¹	35	5	34	15 augustus	-25	31	71
zomergerst ¹	-105	-49	-20	10 augustus	-18	24	67
ijssla ²	78	108	152	15 juni-25 sept.	51-25	141	224
witlof	-125	-18	11	1 nov	0	34	41
spruitkool ²	45	98	127	25 aug-1 dec	47-0	10	52

¹ graanstro wordt niet afgevoerd

² afhankelijk teelt

8.3.2 Bedrijfsniveau

Minas N- en P-overschotten

Bij geen van de bouwplannen en scenario's wordt de Minas N-norm overschreden (figuur 7a t/m 10a). Bij maximale opvulling van de Minas N-ruimte wordt op bedrijfsniveau tussen de 13-21 ton/ha varkensdrijfmest aangevoerd. Dit leidt echter tot grote N-verliezen. Daarnaast wordt alleen bij het bouwplan met 25% graan en lage N-behoefte van de gewassen de Minas P-ruimte nagenoeg volledig benut (figuur 9a). Door de

herfsttoediening van drijfmest te combineren met een groenbemester en door niet meer mest te geven dan de groenbemester kan opnemen (GLP) kunnen de verliezen worden verminderd, echter de mestplaatsingsruimte neemt dan sterk af, 6-11 ton/ha op bedrijfsniveau voor bedrijven met resp. 25 en 45% graan. Bij najaarstoediening volgens GLP wordt bij geen van de bouwplannen de Minas P-ruimte dan ook goed benut.

Bij overeenkomstige N-overschotten kan bij voorjaarstoediening circa tweekeer zoveel drijfmest worden ingezet. Hierbij moet drijfmest wel bij meerdere gewassen worden ingezet. Het is echter de vraag of dit wel altijd haalbaar is. Daarom zijn ook varianten doorgerekend waarbij de mest zowel in de herfst (beperkte gift plus groenbemester) als in het voorjaar is toegediend. In bouwplannen met veel graan hoeft in het voorjaar alleen vóór consumptieaardappel mest te worden toegediend om de P-ruimte vrijwel volledig te benutten. Voor bouwplannen met weinig graan is er in de herfst minder ruimte voor mest. Hierbij moet in het voorjaar drijfmest ook in suikerbieten worden ingezet (figuur 9a en 10a). Bij najaarsaanwending van alleen de vaste fractie is het Minas N-overschot vergelijkbaar met voorjaarstoediening van drijfmest.

Werkelijk N-overschot

Als in het najaar volgens GLP wordt bemest, is het werkelijke N-overschot bij drie van de vier bouwplannen hoger dan of gelijk aan de norm van 100 kg N/ha (figuur 7b t/m 10b). Alleen bij het bouwplan met 25% graan en een lage N-behoefte van de gewassen (witlof en ui) wordt deze norm niet overschreden (figuur 9b). Dit is ook het geval als groenbemesters worden ingezet. Wel verlaagt de inzet van groenbemesters het N-overschot bij bouwplannen met veel en weinig graan met resp. 13 en 8 kg N/ha. Het onderwerken van stro verhoogt het werkelijke N-overschot met resp. 7 en 4 kg N/ha.

Bij voorjaarstoediening wordt deze norm alleen overschreden bij één van de scenario's van het bouwplan met 45% graan en hoge N-behoefte van gewassen (figuur 8b) en bij bijna alle scenario's van het bouwplan met 25% graan en hoge N-behoefte van gewassen (figuur 10b). Wel zijn bij een maximale inzet van drijfmest in het voorjaar de N-overschotten vergelijkbaar met najaarstoediening volgens GLP. Bij de scenario's met gecombineerde na- en voorjaarstoediening zijn de werkelijke overschotten logischerwijs hoger dan bij alleen na- of voorjaarstoediening. Wel zijn ze veel lager dan bij volledige benutting van de Minas N-ruimte bij najaarstoediening. Bij aanwending van alleen de vaste fractie zijn de N-overschotten in het algemeen laag. Alleen bij het bouwplan met 25% graan en hoge N-behoefte (ijssla en spruitkool) van gewassen wordt de norm overschreden (figuur 10b).

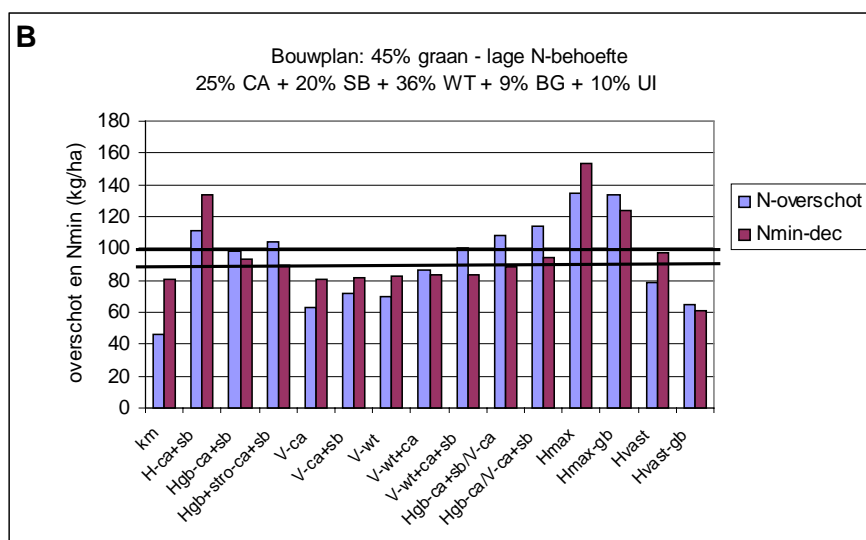
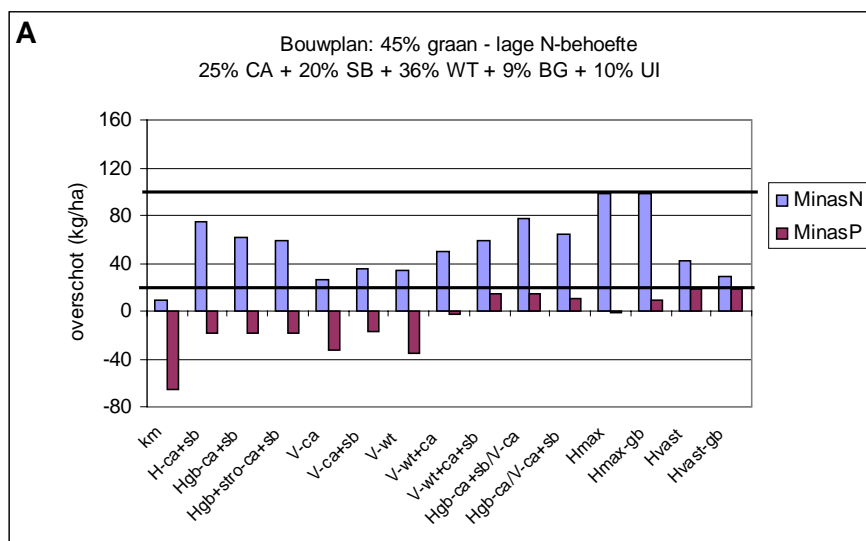
N_{min,1 dec}

Bij alle bouwplannen wordt bij najaarstoediening de N_{min, 1dec} streefwaarde van 88 kg N/ha overschreden, met name bij de maximale opvulling van de Minasnorm (figuur 7b t/m 10b). Door de inzet van groenbemesters wordt de N_{min} in december aanzienlijk verlaagd. Echter ook dan wordt zelfs bij een beperkte mestgift nog in veel gevallen de norm overschreden. Het onderwerken van stro levert maar een kleine extra verlaging van de N_{min,1dec} op.

Bij voorjaarstoediening wordt alleen bij het bouwplan met 25% graan en hoge N-behoefte van de gewassen de streefwaarde ruimschoots overschreden. Deze overschrijding wordt mede veroorzaakt door de hoge N-mineralisatie van ijsslaresten (zie tabel 19). Bij najaarstoediening zijn de N_{min,1dec} waarden hoog bij maximale benutting van de Minas N-ruimte. Bij een vergelijkbare inzet van drijfmest in het voorjaar zijn deze waarden ca. 25% lager. Bij gecombineerde na- en voorjaarstoediening zijn de N_{min,1dec} waarden nagenoeg gelijk met die bij najaarstoediening volgens GLP. Dit komt omdat er vanuit wordt gegaan dat alle N_{min} die gedurende de teelt vrijkomt door het gewas wordt opgenomen. Bij laatruimende gewassen als consumptieaardappel en suikerbiet mineraliseert dus maar weinig stikstof meer na de oogst. Bij gebruik van alleen de vaste fractie in het najaar zijn de N_{min,1dec} waarden in het algemeen laag indien ook groenbemesters worden ingezet.

Dekking van de fosfaat- en kalibehoeft

Het streven is om met de aanwending van dierlijke mest een zo'n hoog mogelijke dekking te verkrijgen van de fosfaat- en kalibehoeft. Voor fosfaat is het reëel uit te gaan van een maximale dekking van 85% uit dierlijke mest. De resterende 15% kan dan als een startgift aan fosfaatbehoefte gewassen worden gegeven. Bij een dekking boven de 100% zal de fosfaat- en kalitoestand van de bodem stijgen, waardoor de kans op fosfaat- en kaliuitspoeling toeneemt.



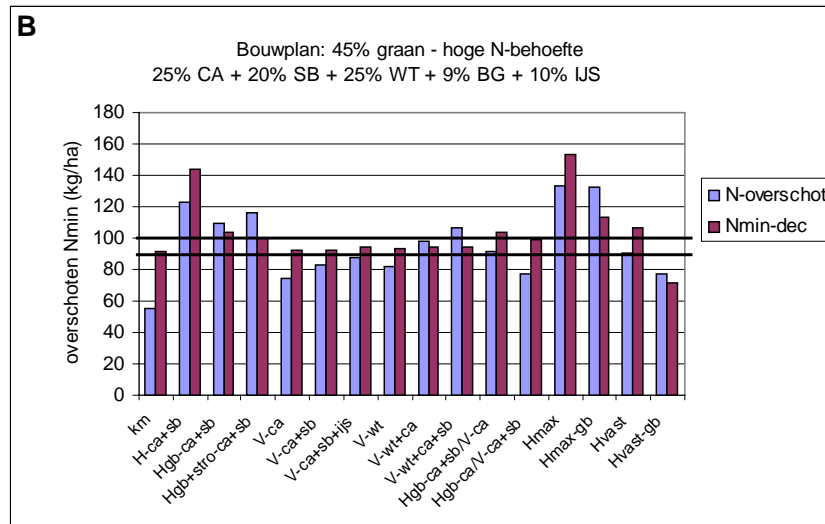
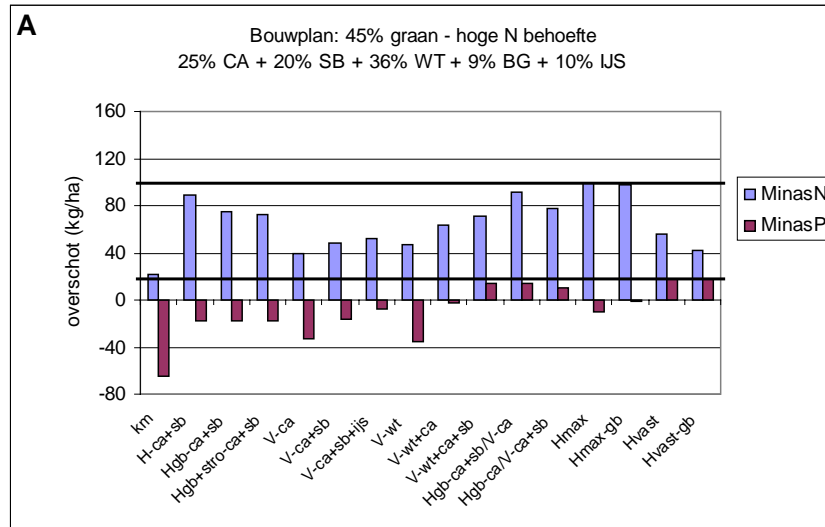
Figuur 7. (A) Minas N- en P-overschotten en (B) werkelijke N- overschot en Nmin (0-100 cm) op 1 dec bij verschillende scenario's van mesttoediening en N-conservering bij een bouwplan met 45% graan en een lage N-behoefte van de gewassen.

Scenario's: KM=kunstmest; H=herfstaanwending; V=voorjaarsaanwending; max=maximale benutting Minas N-ruimte; gb=bemesting volgens GLP; vast= aanwending vaste fractie bij maximale benutting Minas P-ruimte; gb=inzet groenbemesters; stro=onderwerken van stro

Gewassen: CA=consumptieaardappel; SB=suikerbiet; WT=wintertarwe; BG=brouwergerst; IJS=ijssla; WL=witlof; SPKLI=spruitkool

Figuur A: De doorgetrokken lijnen geven de Minasnormen aan: namelijk 100 kg N en 20 kg P₂O₅.

Figuur B: De doorgetrokken lijnen geven de N-overschot (100 kg/ha) en Nmin 1dec (88 kg/ha) norm weer.



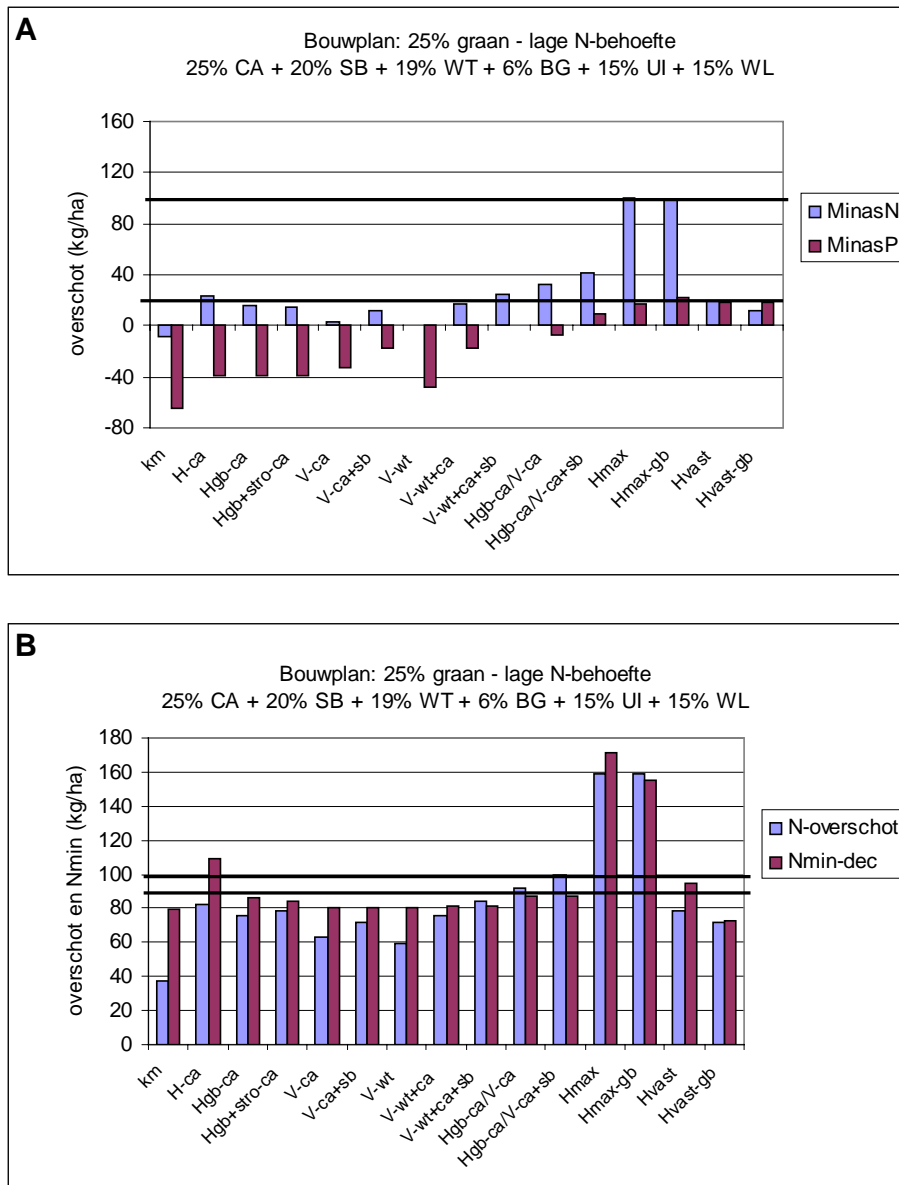
Figuur 8. (A) Minas N- en P-overschotten en (B) werkelijke N-overschot en Nmin (0-100 cm) op 1 dec bij verschillende scenario's van mesttoediening en N-conserving bij een bouwplan met 45% graan en een hoge N-behoefte van de gewassen.

Scenario's: KM=kunstmest; H=herfstaanwending; V=voorjaarsaanwending; max=maximale benutting Minas N-ruimte; glp=bemesting volgens GLP; vast=aanwending vaste fractie bij maximale benutting Minas P-ruimte; gb=inzet groenbemesters; stro=onderwerken van stro

Gewassen: CA=consumptieaardappel; SB=suikerbiet; WT=wintertarwe; BG=brouwergerst; IJS=ijssla; WL=witlof; SPKLI=spruitkool

Figuur A: De doorgetrokken lijnen geven de Minasnormen aan: namelijk 100 kg N en 20 kg P₂O₅.

Figuur B: De doorgetrokken lijnen geven de N-overschot (100 kg/ha) en Nmin 1dec (88 kg/ha) norm weer.

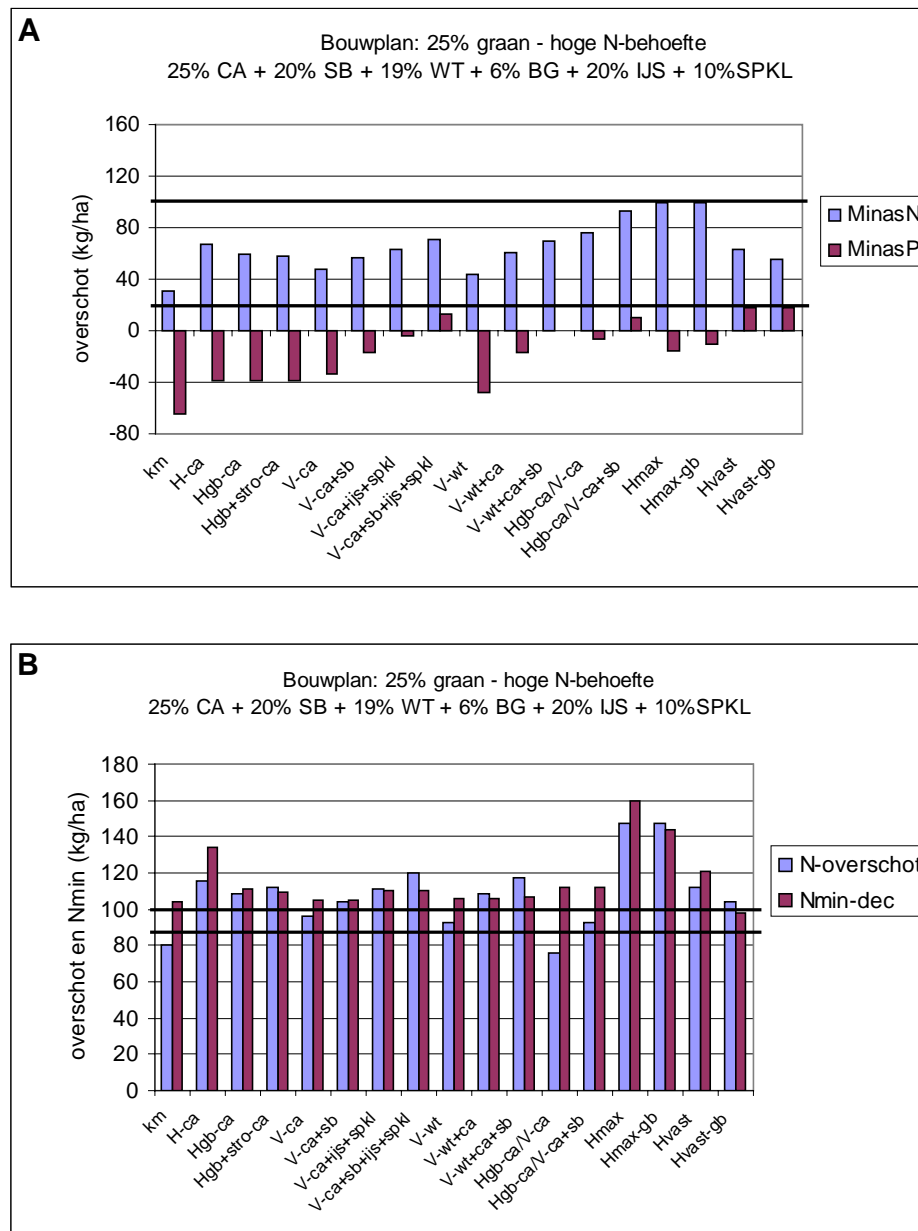


Figuur 9. (A) Minas N- en P-overschotten en (B) werkelijke N-overschot en Nmin (0-100 cm) op 1 dec bij verschillende scenario's van mesttoediening en N-conservering bij een bouwplan met 25% graan en een lage N-behoefte van de gewassen.

Scenario's: KM=kunstmest; H=herfstaanwending; V=voorjaarsaanwending; max=maximale benutting Minas N-ruimte; gb=bemesting volgens GLP; vast= aanwending vaste fractie bij maximale benutting Minas P-ruimte; gb=inzet groenbemesters; stro=onderwerken van stro
Gewassen: CA=consumptieaardappel; SB=suikerbiet; WT=wintertarwe; BG=brouwgerst; IJS=ijslla; WL=witlof; SPKL=spruitkool

Figuur A: De doorgetrokken lijnen geven de Minasnormen aan: namelijk 100 kg N en 20 kg P₂O₅.

Figuur B: De doorgetrokken lijnen geven de N-overschot (100 kg/ha) en Nmin 1dec (88 kg/ha) norm weer.



Figuur 10. (A) Minas N- en P-overschotten en (B) werkelijke N- overschot en Nmin (0-100 cm) op 1 dec bij verschillende scenario's van mesttoediening en N-conserving bij een bouwplan met 25% graan en een hoge N-behoefte van de gewassen.

Scenario's: KM=kunstmest; H=herfstaanwending; V=voorjaarsaanwending; max=maximale benutting Minas N-ruimte;

glp=bemesting volgens GLP; vast= aanwending vaste fractie bij maximale benutting Minas P-ruimte; gb=inzet groenbemesters; stro=onderwerken van stro

Gewassen: CA=consumptieaardappel; SB=suikerbiet; WT=wintertarwe; BG=brouwergerst; IJS=ijssla; WL=witlof; SPKL=spruitkool

Figuur A: De doorgetrokken lijnen geven de Minasnormen aan: namelijk 100 kg N en 20 kg P₂O₅.

Figuur B: De doorgetrokken lijnen geven de N-overschot (100 kg/ha) en Nmin 1dec (88 kg/ha) norm weer.

In tabel 20 is het percentage van de fosfaat- en kalibehoeft van de gewassen, dat wordt gedekt door aanwending van varkensdrijfmest weergegeven voor de verschillende bouwplannen en scenario's. Ter compensatie van de afvoer moet afhankelijk van het bouwplan tussen de 51 en 58 kg/ha P₂O₅ worden aangevoerd. De werkelijke afvoer is dus slechts 7 tot 14 kg/ha P₂O₅ lager dan de forfaitaire Minasafvoernorm van 65 kg/ha P₂O₅. In beide gevallen (landbouwkundig en Minas) wordt uitgegaan van 20 kg/ha onvermijdbare verliezen. Analoog aan de opvulling van de Minas P-ruimte kan worden gesteld dat bij een nette najaartoediening van varkensdrijfmest de behoefte van de gewassen aan fosfaat en kali slechts ten dele wordt gedekt. Wel wordt een goede dekking verkregen indien in het voorjaar varkensdrijfmest bij meerdere gewassen wordt ingezet. Toepassing van varkensdrijfmest in suikerbieten en consumptieaardappel zorgt voor een dekking van 62 tot 68%. Bij toediening van varkensdrijfmest in wintertarwe in plaats van suikerbieten is dit tussen de 66 en 79%. Alleen indien varkensdrijfmest bij zowel suikerbieten, consumptieaardappel als wintertarwe wordt ingezet, wordt een dekking van minimaal 89% bereikt. Bij het bouwplan met 25% graan en hoge N-behoeft van de gewassen wordt ook een goede dekking van de fosfaatbehoefte verkregen wanneer varkensdrijfmest wordt ingezet in ijssla en spruitkool in plaats van wintertarwe. Ook de combinatie van na- en voorjaarstoediening leidt tot een goede dekking.

Tabel 20. **Aanvoer van varkensdrijfmest (ton/ha) op bedrijfsniveau, het % van de gewasbehoefte aan N, P en K dat wordt gedekt uit varkensdrijfmest en aanvoer van effectieve organische stof (E.O.S) bij verschillende bouwplannen en scenario's¹. Bij % hoger dan 100% wordt meer aangevoerd dan de gewasonttrekking + onvermijdbare verliezen. Bij fosfaat wordt uitgegaan van 20 kg/ha onvermijdbare verliezen. Op klei wordt er vanuit gegaan dat geen kaliverliezen optreden.**

45% graan - lage N-behoeft						25% graan - lage N-behoeft					
25% CA + 20% SB + 36% WT + 9% BG +10% UI						25% CA + 20% SB + 19 % WT + 6% BG +15% UI + 15% WL					
scenario	ton	%N	%P ₂ O ₅	%K ₂ O	EOS	scenario	ton	%N	%P ₂ O ₅	%K ₂ O	EOS
H-ca+sb	11	9	60	64	1415	H-ca	6	6	37	34	1115
Hgb-ca+sb	11	10	60	64	1901	Hgb-ca	6	6	37	34	1385
Hgb+stro-ca+sb	11	10	60	64	2314	Hgb+stro-ca	6	6	37	34	1614
V-ca	8	22	41	44	1347	V-ca	8	25	45	41	1137
V-ca+sb	12	33	62	66	1419	V-ca+sb	12	38	68	62	1209
V-wt	7	17	38	41	1342	V-wt	4	11	24	22	1074
V-wt+ca	15	38	79	85	1477	V-wt+ca	12	36	68	62	1209
V-wt+ca+sb	19	49	101	108	1549	V-wt+ca+sb	16	49	92	84	1281
Hgb-ca+sb/V-ca	19	33	101	108	2036	Hgb-ca/V-ca	14	32	82	75	1520
Hgb-ca/V-ca+sb	18	40	96	103	1802	Hgb-ca/V-ca+sb	18	46	106	97	1592
H-max	15	13	82	88	1487	Hmax	20	18	115	106	1353
Hgb-max	18	15	95	101	2014	Hmax-gb	21	21	123	112	1646
Hvast	5	6	106	15	1550	Hvast	5	7	117	20	1340
Hvast-gb	5	7	106	15	2036	Hvast-gb	5	8	117	20	1610
45% graan - hoge N-behoeft						25% graan - hoge N-behoeft					
25% CA + 20% SB + 36% WT + 9% BG +10% IJS						25% CA + 20% SB + 19 % WT + 6% BG +20% IJ + 10% SPKL					
scenario	ton	%N	%P ₂ O ₅	%K ₂ O	EOS	scenario	ton	%N	%P ₂ O ₅	%K ₂ O	EOS
H-ca+sb	11	8	60	58	1542	H-ca	6	5	36	28	1494
Hgb-ca+sb	11	9	60	58	2028	Hgb-ca	6	5	36	28	1764
Hgb+stro-ca+sb	11	9	60	58	2441	Hgb+stro-ca	6	5	36	28	1993
V-ca	8	20	41	40	1474	V-ca	8	19	44	35	1516
V-ca+sb	12	31	62	60	1546	V-ca+sb	12	30	66	52	1588
V-ca+sb+ijs	14	36	73	71	1582	V-ca+ijs+spkl	15	37	84	66	1642
V-wt	7	15	38	37	1469	V-ca+sb+ijs+spkl	19	47	107	84	1714
V-wt+ca	15	35	79	77	1604	V-wt	4	8	23	18	1453
V-wt+ca+sb	19	46	101	98	1676	V-wt+ca	12	28	66	52	1588
Hgb-ca+sb/V-ca	19	31	101	98	2163	V-wt+ca+sb	16	38	89	70	1660
Hgb-ca/V-ca+sb	18	37	96	93	1929	Hgb-ca/V-ca	14	25	79	63	1642
Hmax	13	10	71	68	1574	Hgb-ca/V-ca+sb	18	35	103	81	1714
Hmax-gb	15	13	82	80	2100	Hmax	12	9	67	53	1593
Hvast	5	6	106	19	1677	Hmax-gb	13	10	75	59	1885
Hvast-gb	5	6	106	19	2163	Hvast	5	6	114	17	1719
						Hvast-gb	5	6	114	17	1989

1: Scenario's: H=herfstaanwending volgens GLP; V=voorjaarsaanwending; Hmax=maximale benutting Minas N-ruimte; Hvast=aanwending vaste fractie in de herfst bij maximale benutting Minas P-ruimte; gb=inzet groenbemesters; stro=onderwerken van stro
Gewassen: CA=consumptieaardappel; SB=suikerbiet; WT=wintertarwe; BG=brouwergerst; IJS=ijssla; WL=witlof; SPKL=spruitkool

Voor kali geldt in grote lijnen hetzelfde. Wel wordt bij het bouwplan 25% graan en een hoge N-behoefte van de gewassen bij geen van de scenario's een volledige dekking van de kalibehoeftte verkregen. Een groot nadeel van de vaste fractie is dat slechts 13 tot 15% van de totale kalibehoeftte wordt gedekt. Het grootste deel van de kali zal hierbij dus als kunstmest moeten worden aangevoerd.

Met varkensdrijfmest en de dikke fractie wordt respectievelijk ca. 20 en 75 kg/ha E.O.S aangevoerd. Bij gebruik van de vaste fractie wordt de Minas P-ruimte bij een aanvoer van 5 ton/ha volledig benut (Tabel 20). Totaal wordt dan 375 kg E.O.S/ha aangevoerd. Bij volledige benutting van de N-ruimte in het najaar + het gebruik van groenbemesters wordt afhankelijk van het bouwplan tussen de 13 en 21 ton/ha drijfmest aangevoerd, hetgeen leidt tot een aanvoer van 260 tot 420 kg/ha E.O.S. Bij najaarstoediening van drijfmest volgens GLP is dit tussen de 120 en 220 kg/ha en bij maximale aanvoer bij voorjaarstoediening tussen de 320 en 380 kg/ha. De conclusie is dan ook dat het gebruik van de vaste fractie gemiddeld genomen niet tot een hogere E.O.S. aanvoer leidt ten opzichte van een maximale inzet van drijfmest in het na- of voorjaar.

8.4 Discussie

8.4.1 Vergelijking scenarioberekeningen met het bedrijfssysteemonderzoek te Nagele

Tussen 1991 en 1999 werd op het OBS te Nagele een rechtstreeks vergelijk gemaakt tussen het gebruik van alleen kunstmest (KM-systeem) en dierlijke mest gecombineerd met kunstmest (DM-systeem). Uitgangspunten waren: (i) bemesting volgens GLP; (ii) een Pw en K-getal binnen het streeftraject en (iii) een N-gift volgens advies, waarbij zoveel mogelijk gebruik wordt gemaakt van een bijmeststelsel. Bij het systeem met dierlijke mest wordt getracht de fosfaat- en kaliafvoer zoveel mogelijk te compenseren middels de aanvoer van dierlijke mest (Wijnands en van Leeuwen-Haagsma, 1997; Dekking, 2000).

Het onderzoek werd op zware zavel (32% afslibbaar) uitgevoerd. In het onderzoek werd kippendrijfmest gebruikt vanwege de hoge N-gehalten en gunstige N/P verhouding (zie ook hoofdstuk 5). De vruchtwisseling was 4-jarig met aardappelen, granen, suikerbieten en zaauijen of witlof. Groenbemesters werden gebruikt als vanggewas (onbemest) na pootaardappelen, granen en mogelijk na uien. De mest werd in het voorjaar vóór bieten en aardappelen aangewend met een sleepslangenmachine en daarna direct ingewerkt. De N-behoefte van pootaardappelen werd volledig met dierlijke mest gedekt; die van consumptieaardappelen voor 50% en suikerbieten voor 66%. Eens in de vierjaar kreeg ook wintertarwe een kleine drijfmestgift.

De benutting van stikstof lag tussen 62% (DM-systeem) en 68% (KM-systeem). Gemiddeld genomen waren de opbrengsten bij het DM-systeem gelijk aan of hoger dan bij het KM-systeem. Een lagere opbrengst werd verkregen bij pootaardappel en witlof, maar een hogere bij consumptieaardappel, suikerbieten en zaauijen. Bij granen was er weinig verschil. Gemiddeld over het bouwplan was het DM-systeem ca. 212 gulden (96 euro) per ha voordeliger dan het KM-systeem, hierbij is rekening gehouden met 5 gulden (2,3 euro) per ton kippenmest exclusief uitrijden toe.

Analoog aan de scenarioberekeningen werd ook in het bedrijfssysteemonderzoek de Minasruimte voor stikstof bij lange na niet benut. In het bedrijfssysteemonderzoek werd 125 kg/ha N-werkzaam aangevoerd. De N-behoefte in de scenarioberekeningen was dus iets hoger (tussen de 157 en 196 kg N/ha). In het bedrijfssysteemonderzoek werd gemiddeld 74 kg P₂O₅ aangevoerd. Daarvan werd bij de DM-variant 13 kg/ha P₂O₅ met kunstmest aangevoerd. In het bedrijfssysteemonderzoek werd, op basis van metingen van de Pw-waarde in de bodem, rekening gehouden met 10 kg P₂O₅/ha onvermijdbare verliezen, in de scenarioberekeningen met 20 kg P₂O₅/ha, hetgeen conform de bemestingsadviesbasis (van Dijk, 1999) is en overigens ook in Minas wordt gehanteerd. De benodigde aanvoer in de scenarioberekeningen is inclusief onvermijdbare verliezen tussen de 71-78 kg P₂O₅. In de scenarioberekeningen vindt een iets betere dekking van de kalibehoeftte plaats, dit komt omdat de P/K-verhouding in varkensdrijfmest iets gunstiger ligt dan in kippenmest (zie ook bijlage 2).

Bij de scenarioberekeningen is onder andere gebruikgemaakt van de data van het bedrijfssysteemonderzoek. Deze beide studies zijn dus niet los van elkaar te zien. Interessant is wel om de verschillen in stikstofuitspoeling tussen kunstmest- en drijfmestvarianten te vergelijken. In het bedrijfssysteemonderzoek werd een 16% hogere N-uitspoeling gevonden bij het DM-systeem (28,3 mg/l NO₃) dan bij het KM-systeem (24,5 mg/l NO₃). In de scenarioberekeningen wordt bij voorjaarstoediening van dierlijke mest slechts een 4% hogere N_{min}-1dec berekend dan bij gebruik van alleen kunstmest. Mogelijke

verklaringen voor de relatief lage verschillen in uitspoeling bij de scenarioberekeningen zijn: (i) er wordt uitgegaan van eenzelfde N_{min} na de oogst (dus dezelfde benutting van stikstof van het gewas) bij de kunstmest en dierlijke mestvarianten. (In de voorstudie voor het project sturen op nitraat kon hiertussen geen verschillen worden aangetoond); en (ii) in de kunstmestvariant werden geen groenbemesters ingezet.

8.4.2 Algemene discussie

Niet altijd levert de toepassing van dierlijke mest in het voorjaar milieukundige voordeel op. Zo werd door het toenmalige AB (nu PRI) een hogere N-uitspoeling gevonden bij voorjaars- dan bij najaarstoediening van drijfmest in maïs op rivierklei (lutumgehalte 31-45%). Deze hogere uitspoeling werd vooral veroorzaakt door het ontstaan van krimpscheuren bij droogte gedurende het zomerseizoen (Schröder en Vos, 1995). Het ontstaan van krimpscheuren zal overigens vooral op zwaardere kleigronden een probleem zijn.

Om landelijk de mestplaatsingsruimte te vergroten is het van belang dat op akkerbouwbedrijven een zo'n groot mogelijk deel van de fosfaat- en kalibehoeftte wordt gedekt uit dierlijke mest. Gebruik van dierlijke mest is vaak voor de akkerbouw financieel aantrekkelijk, bovendien wordt extra organische stof aangevoerd. Bij toediening van dierlijke mest volgens GLP wordt echter de fosfaat- en kalibehoeftte van de gewassen bij lange na niet gedekt. Bij volledige benutting van de Minas N-ruimte in het najaar wordt de streefwaarde van maximaal 88 kg/ha N_{min},1dec in de bodem ruimschoots overschreden, zoals uit de scenarioberekeningen blijkt. Te verwachten valt dat een aanzienlijke hoeveelheid stikstof uitspoelt, ook als er groenbemesters worden ingezet. Bovendien wordt niet alle minerale stikstof, die in groenbemesters wordt vastgelegd (ca. 100 kg N/ha), opgenomen door een volggewas. Voor suikerbieten en aardappel is dit respectievelijk slechts 40 en 30% (Schröder en Vos, 1995). Een deel van de stikstof dat door groenbemesters wordt vastgelegd, kan dus alsnog uitspoelen. Als milieuvriendelijke alternatieven komen dus voorjaarstoediening, gecombineerde herfst en voorjaarstoediening en herfsttoediening van alleen de vaste fractie in beeld. Bij voorjaarstoediening is de inzet van dierlijke mest bij minstens drie gewassen gewenst, wanneer een goede benutting van de Minas P-ruimte wordt nagestreefd. Het aanwenden van mest vóór het zaaien of poten van gewassen is vanwege de beschikbare tijd echter niet altijd mogelijk. Een goed alternatief is dierlijke mest na zaaien of poten aan te wenden. Daarbij is ook de inzet van dierlijke mest in wintertarwe gewenst. Vanuit milieukundig perspectief is het iets minder aantrekkelijk om dierlijke mest gespreid over het voor- en najaar toe te dienen; voordeel hiervan is dat ook de risico's hiermee worden gespreid. Tot slot kan worden gesteld dat toediening van de vaste fractie in het najaar vanuit milieukundige opzicht de beste optie is.

Uit de voorgaande hoofdstukken van deze studie wordt duidelijk dat er risico's zijn verbonden aan voorjaarstoediening op klei. Daarbij spelen ook de huidige wettelijke bepalingen inzake emissiearm toedienen van mest een rol. Akkerbouwers zullen dan ook snel geneigd zijn dierlijke mest in het najaar maximaal in te zetten. In hoeverre dit in de toekomst mogelijk blijft, is echter onduidelijk. In het verzoekschrift dat op 30 augustus 2000 door de Europese Commissie is ingediend bij het Hof van Justitie met betrekking tot de inbreukprocedure inzake de Nitraatrichtlijn staat o.a. aangegeven dat Nederland geen regels heeft opgesteld die boeren verplicht het gebruik van meststoffen te beperken op basis van een balans tussen de te verwachten stikstofbehoeften van de gewassen enerzijds en de stikstofaanvoer naar de gewassen uit de bodem en uit bemesting anderzijds. Het arrest van het Hof van Justitie wordt niet eerder verwacht dan in de tweede helft van 2002. Wanneer de Europese Commissie wat betreft dit punt in het gelijk wordt gesteld, kan hieruit wetgeving voortvloeien waarbij grenzen worden gesteld aan het ontijdig gebruik van mest. Daarnaast heeft Nederland zich met het Kyoto-protocol vastgelegd op een reductie van 6% van de emissie van broeikasgassen in de periode 2008-2012 ten opzichte van het jaar 1990. De uitvoering hiervan wordt ingevuld met de Uitvoeringsnota Klimaatsbeleid (Kamerstukken II 1999/2000, 26603, nr. 2). Een van de belangrijke broeikasgassen is lachgas, waarvan ca. 35-40% uit de landbouw komt. Maatregelen voor emissiereducties worden o.a. onderzocht in het kader van het 'Reductieplan Overige Broeikasgassen', onderdeel landbouw.

Het valt dus te verwachten dat de overheid in de toekomst beperkingen aan najaarstoediening oplegt. Mogelijke maatregelen zouden kunnen zijn: (i) alleen najaarstoediening van drijfmest volgens goede landbouwpraktijk, d.w.z. niet meer bemesten dan een groenbemester kan opnemen of (ii) alleen najaarsaanwending van onbewerkte en bewerkte mest met een lage N_{min}-fractie. Dit betekent dat bij aanwending van drijfmest maar in een klein gedeelte van de P- en K-behoeftte van het bouwplan wordt voorzien. Door de overheid zou voorjaarstoediening kunnen worden gestimuleerd door de mogelijkheden

om dierlijke mest in gewassen toe te passen te verruimen. Voor de discussie hierover zouden de milieukundige gevolgen van mest aanwending in het najaar (een hogere nitraatuitspoeling en hogere emissie van lachgas) en die in het voorjaar (hogere ammoniakemissie bij aanwending in gewassen) beter inzichtelijk moeten worden gemaakt (zie ook 4.5).

9. Aanbevelingen

- De logistieke gevolgen van het grootschalig overschakelen van na- naar voorjaarstoediening zijn voor de gehele mestketen moeilijk te overzien. In het binnen- en buitenland bestaan wel modelstudies ten aanzien van deelaspecten van de problematiek omtrent mestaanwending in het voorjaar. Om meer inzicht te verkrijgen in deze problematiek zouden deze modellen moeten worden geïntegreerd.
- Voor de individuele akkerbouwer zouden beslissingsmodellen beschikbaar moeten zijn waarmee inzicht kan worden verkregen in de mogelijkheden tot mestaanwending op zijn/haar bedrijf. Hierbij zouden zowel technische als economische aspecten van mestaanwending aan de orde moeten komen.
- Voor mestaanwending in het voorjaar is het van groot belang dat de samenstelling van mest tevoren bekend is. Naast kennis omtrent de gehalten aan N-totaal, P_2O_5 en K_2O is ook de samenstelling van de N-org fractie van belang. Bij een groot aantal mestbe- en verwerkingsproducten is nog te weinig bekend over de samenstelling van de N-org fractie en over de snelheid van vrijkomen van stikstof uit deze fractie.
- Het is momenteel onduidelijk in hoeverre mestbe- en verwerkingsproducten aftrek zullen vinden bij akkerbouwers op klei. Het meeste perspectief biedt waarschijnlijk het gebruik van de vaste fractie in het najaar. Vooral nog zijn de vloeibare fracties niet snel qua werking, prijs en gemak van toediening concurrerend met kunstmest. Het verspuiten in plaats van injecteren van geconcentreerde vloeibare fracties kan perspectieven bieden. Naar verwachting kunnen hiermee zonder veel landbouwkundige schade meststoffen ook als bijbemesting worden gegeven. In hoeverre dit voldoende emissiearm kan plaatsvinden, is onbekend.
- Bij aanwending van mest in twee werkgangen is de structuurschade veelal kleiner dan in één werkgang. Veelal kan mest sneller worden uitgereden dan ingewerkt. Er is echter geen apparatuur voorhanden waarmee mest snel, zonder versmering, en tegelijkertijd emissiearm (d.w.z. emissie uit de Nmin-fractie < 10%) kan worden ingewerkt. Het is dan ook van belang dat hiervoor apparatuur wordt ontwikkeld.
- Structuurschade bij het injecteren van mest zou kunnen worden voorkomen door op lichte zavel- en kleigronden pas in het voorjaar te ploegen. Hierdoor zou mogelijk ook minder uitspoeling op kunnen treden. Het inwerken van groenbemesters in het voorjaar kan mogelijk echter tot een onregelmatige opbrengst leiden. Het injecteren van mest voor het ploegen in het voorjaar zou beter onderzocht moeten worden.
- Het toedienen van mest na poten of zaaien en in wintergranen verhoogt het aantal werkbare dagen voor mestaanwending. In het algemeen leidt dit met de tot nu toe ontwikkelde apparatuur tot meer structuurschade en directe schade aan het gewas dan mestaanwending op onbeteelde grond. Het is dan ook van groot belang dat hiervoor goede toedieningstechnieken worden ontwikkeld, die daarnaast gemakkelijk in meerdere gewassen zijn in te zetten.
- Om de plaatsingsruimte van dierlijke mest in het voorjaar te vergroten zouden de mogelijkheden om mest aan te wenden na zaaien of poten en in gewassen moeten worden verruimd. Het verbod van het gebruik van een sleepslangenmachine zou mogelijk heroverwogen kunnen worden. Ter compensatie voor de verruiming van mesttoediening in gewassen zouden eventueel strengere normen gesteld kunnen worden aan mestaanwending op onbeteeld bouwland.
- Voor het beleid is het dan ook van belang dat er meer inzicht wordt verkregen in de milieukundige voor- en nadelen van na- ten opzichte van voorjaarsaanwending.

10. Conclusies

- In het voorjaar kan op kleigrond vanwege de kans op structuurbederf de grond minder snel worden bewerkt dan op lichte grond. Te laat zaaien of poten kan tot aanzienlijke opbrengstderving leiden. Mestaanwending in het voorjaar leidt dan ook tot een verhoogde werkdruk in een periode waarin het aantal werkbare dagen beperkt is. Het is dus van groot belang dat mest direct aangewend kan worden zo gauw de omstandigheden gunstig zijn. De transportafstand van mest van producent naar afnemer wordt hierbij als een groot probleem gezien. Dit probleem zou grotendeels opgelost kunnen worden door meer mestopslag in akkerbouwregio's te realiseren. Grootschalige mestopslag wordt echter vaak door provinciale overheden geblokkeerd. Daarnaast zou het aantal werkbare dagen voor mestaanwending kunnen worden vergroot door mest na in plaats van vóór zaaien of poten aan te wenden. Het aanwenden van mest na poten of planten wordt bemoeilijkt door de wettelijke bepalingen omtrent het emissiearm aanwenden van mest.
- De logistieke gevolgen van het grootschalig overschakelen van na- naar voorjaarstoediening van mest zijn moeilijk te overzien. Middels modelstudies zou hierin meer inzicht kunnen worden verkregen.
- Drijfmest is in principe in alle akkerbouwgewassen in te zetten. Bij gewassen met een lage N-behoefte lijkt het gebruik van drijfmest niet erg zinvol, omdat lage giften niet goed homogeen zijn toe te dienen. Op klei is bij zomergranen te weinig tijd om drijfmest vóór het zaaien aan te wenden. Bij aardappelen en suikerbieten moet rekening worden gehouden met mogelijke nadelige gevolgen van het laat vrijkomen van stikstof gedurende het groeiseizoen.
- Bij mesttoediening in twee werkgangen wordt mest breedwerpig of met een sleepslangenmachine uitgereden en ondergewerkt met een frees of cultivator. Mest wordt met een frees beter ingewerkt dan met een cultivator. In de praktijk kan bij het in twee werkgangen toedienen en onderwerken van mest met een frees toch een aanzienlijke ammoniakemissie optreden, omdat de capaciteit van een frees veel lager is dan die van de toedieningsapparatuur.
- In één werkgang kan mest met een bouwland- of zode-injecteur, zodebemester, sleufkouter, sleepvoeten- of sleepslangenmachine worden toegediend. Mest wordt met een injecteur in de grond, met een zodebemester en sleufkouter in sleuven en met een sleepvoeten- en sleepslangenmachine op de grond gebracht. Momenteel wordt mesttoediening met een sleepvoeten- en sleepslangenmachine door de wetgever als onvoldoende emissiearm beschouwd. Mesttoediening met een sleufkouter is wel toegestaan, indien de mest niet uit de gleufjes stroomt.
- Om in het voorjaar structuurschade te voorkomen kan mest het beste vóór het zaaien of poten worden toegediend. Spoorvorming kan dan bij het zaai- of pootbedbereiding teniet worden gedaan. Het toedienen van mest na poten of zaaien levert in het algemeen minder goede resultaten. Omdat hierdoor wel het aantal werkbare dagen sterk wordt vergroot, dient hiervoor verbeterde apparatuur te worden ontwikkeld.
- In wintergranen kan in het voorjaar alleen mest in het gewas worden toegediend. In het buitenland wordt hiervoor meestal een sleepslangenmachine gebruikt. In Nederland is dit niet toegestaan. Daarom wordt een zodebemester of sleufkouter gebruikt. De gewas- en structuurschade kan hiermee echter aanzienlijk zijn.
- Als eerste stap bij mestbewerking wordt de mest in een vaste en vloeibare fractie gescheiden. Het aanwenden van alleen de vaste fractie (relatief weinig N_{min} en kali en veel fosfaat) in het najaar kan een goed alternatief zijn voor voorjaarstoediening. Momenteel lijkt het gebruik van vloeibare fracties minder perspectieven te bieden. Om concurrerend te zijn met kunstmest moeten de concentraties van nutriënten worden verhoogd. Ook zou het verspuiten in plaats van injecteren van meststoffen uitkomst kunnen bieden. Daarnaast is momenteel nog te weinig duidelijk over de werking van stikstof uit de organische fractie.
- Uit de scenarioberekeningen komt naar voren dat het maximaal benutten van de Minas-ruimte bij najaarstoediening van drijfmest ongunstig voor het milieu is. Bij een herfsttoediening volgens goede landbouwpraktijk worden de N-verliezen sterk beperkt, er wordt echter maar een klein deel van de Minas-ruimte benut. Bij vergelijkbare N-verliezen als bij herfsttoediening volgens goede landbouwpraktijk kan middels voorjaarstoediening of een combinatie van na- en voorjaarstoediening een veel groter deel

van deze ruimte worden benut. Bij een nette toediening van dierlijke mest in het voorjaar zal dit in meerdere gewassen toegediend moeten worden. In vergelijking tot drijfmest geeft toepassing van de vaste fractie veel minder N-verliezen en kan de gehele P-ruimte worden benut. Wel moet dan kunstmestkali worden toegediend. De aanvoer van E.O.S. verschilt bij toepassing van de vaste fractie gemiddeld genomen niet ten opzichte van een maximale aanvoer van drijfmest in het voor- of najaar.

Literatuur

- Alblas, J. (2000). Later zaaien kost opbrengst. PAV-bulletin 4-1. pp. 4-8.
- Anonymus (2000). Vijfde voortgangsrapportage integrale notitie mest- en ammoniakbeleid/evaluatie 2000 van de meststoffenwet. Internet: www.minInv.nl/infomart/parlemnt/2001/par01093.htm.
- Berge, H.F.M ten (ed.) (2002). A review of potential indicators for nitrate loss from cropping and farming systems in the Netherlands. Reeks Sturen op Nitraat 2..
- Beukeboom, J.A. (1996). Forfaitaire gehalten voor de mineralenboekhouding. IKC-Landbouw: Kiezen uit gehalten III. 22 p.
- Boer, R. de, Kerckhoffs, T., Crombach, C., Geelen, P., en Tramper, M. (1995). Toepassing drijfmest in granen (WR 785). Jaarverslag Proefboerderij Wijnandsrade 1995: 43-45.
- Bus, C.B. (1992). De invloed van voorjaarstoediening van dunne mestvarkensmest op de opbrengst en kwaliteit van consumptie-aardappelen. PAGV publicatie 64: 8-12.
- Buiter, M en de Winter J. (1999). Duurzaamheidsanalyse van technieken voor bewerking en opwaardering van mest. ETC Energy, Leusden.
- Bunt, van de (1999). Op zoek naar evenwicht – 2. Bureau van de Bunt.
- Cramer, N. (1990). 6-Jähriger Gülledüngungsversuch zu Getreide. LK Schleswig-Holstein, Kiel. In: Gülle 23-27.
- Chardon, W.J., van der Molen, J. en van Faassen, H.G. (1991). Modelling ammonia emissions from arable land. In: Nielsen, V.C., Voorburg, J.H. en L'Hermite, P, Odeur and ammonia emissions from livestock farming, pp. 156-165. Elsevier applied Science, London.
- Dekking, A.J.G. (2000). Dierlijke mest in het voorjaar: winst voor boer en milieu. PAV-bulletin Akkerbouw 4(2000)3: 21-24.
- Derikx, P.J.L. (1995). Technische haalbaarheid van centrale verwerking van rundermengmest. DLO-IMAG rapport 95-22.
- Dijk, W. van (1997a). Ondiepe toediening dierlijke mest bij maïs. PAV-Bulletin Akkerbouw februari: 15-17.
- Dijk, W. van (1997b). Ontwikkeling duurzame bemestingsstrategie bij maïs op klei. PAV-Bulletin Akkerbouw november: 2-4.
- Dijk, W. van (1999). Adviesbasis voor de bemesting van akkerbouw- en vollegrondsgroentegewassen. PAV publicatie 95.
- Dijk, W., van (2002). N-management op bedrijfsniveau. Intern documentatieverslag PPO-agv (nog niet gepubliceerd).
- Dilz, K. en van Brakel, G.D. (1986). Ongelijk strooien van meststof kost geld. Meststoffen 1986: 6-11.
- Dongen, G.J.M. van en Alblas, J. (1992). Voorjaarstoediening van dunne dierlijke mest op kleigronden. PAGV Verslag 145.
- Elema, A.G. en Scheepens, P.C. (1990). Een risico-analyse voor de verspreiding van onkruiden en planteziekten met dierlijke mest. In: Benutting dierlijke mest in de akkerbouw. PAGV Themaboekje 10: 69-78.
- Enckevort, P.L.A. van, van der Schoot, J.R., van Dijk, W., Dekkers, W.A., Smid, J. en Wijnands, F. (2001). Technische en economische consequenties van de Minas-regelgeving voor de akkerbouw en de vollegrondsgroenteteelt. PPO-agv intern document.
- Enckevort, P.L.A. van, van der Schoot, J.R. en Schröder, J.J. (2001). Nitraatuitspoeling: geschikte maatstaven en risicovolle gewassen. PPO-Bulletin Akkerbouw 2001-3, pp. 31-36.
- Geelen, P.M.T.M. en Timmer, R.L.D. (1996). Toepassing drijfmest in granen (WR 797). Jaarverslag Proefboerderij Wijnandsrade 1996: 37-39.
- Geelen, P.M.T.M. (2001). Perspectieven voor bewerkte varkensmest. PPO-Bulletin Akkerbouw 2001-2.
- Geelen, P.M.T.M. en Hopmans, J. (2001). Deskstudie naar de toepassingsmogelijkheden in de land- en tuinbouw van mestproducten, verkregen na be- en verwerking van varkensmest. Rapport PAV-ZON 26.2.24.
- Geelen, P.M.T.M. en Clevering, O.A. (2002). Gebruikswaarde bewerkte mestproducten bij de teelt van aardappelen op lössgrond. Resultaten 2001. Intern rapport project 110078 van het PPO-agv.
- Gorissen, A., Schröder, J.J., Oenema, O, Whitmore, A.P. (1999). Deskstudie najaarstoediening dierlijke

- mest op kleigronden. AB-DLO, Rapport 95, Wageningen.
- Haan, J.J. de en Smit, B. (2002). Bewerkte mest verlaagt stikstofoverschot. Opbrengsten aardappelen, suikerbieten en snijmaïs telt beïnvloed door type mest. *Boerderij/Akkerbouw* 87(6): 26-27.
- Harrigan, T.M., Bickert, W.G. en Rotz, C.A. (1996). Simulation of dairy manure management and cropping systems. *Applied Engineering in Agriculture* 12(5): 563-574.
- Harrigan, T.M. (1997). Manure Hauling Rate of Spreader Tank Systems. *Applied Engineering in Agriculture* 13(4): 465-472.
- Have, P.J.W. ten en Schellekens, J.J.M. (1994). Een verkenning van de mogelijke gevolgen van de introductie van nieuwe stalsystemen en van mestbewerking op bedrijfsniveau voor de fabrieksmatige verwerking van varkensmest. IKC Afdeling Varkenshouderij, Rosmalen.
- Hendriks, J.F.G.L., Huijsmans, J.F.M. (1992). Goed verdeeld geen mest verspeeld: nauwkeurigheid breedteverdeling mesttoedieningstechnieken. *L.M. Landbouwmecanisatie* 43(5): 14-16.
- Hendriks, R.F.A., Oostindie, K., Hamminga, W. (1997). Uitspoeling van stikstof bij voorjaars- en najaars toediening van dierlijke mest in een kleigrond in akkerbouw. Rapport 594, DLO-Staring Centrum.
- Hogenkamp, W. (2001). Melding vaak voldoende voor realisatie mestopslag: met mestopslag op eigen terrein verzekerd van homogene mest met bekende samenstelling. *Boerderij Supplement Akkerbouw* 86 (14): 24-25.
- Hotsma, P. (1990). Mestgebruik en milieu. In: Themadag Benutting dierlijke mest in de akkerbouw. PAGV Themaboekje 10; pp. 11-19
- Huber, D en Amberger A. (1989). NH₃-Verluste unter verschiedenen Anbaubedingungen. *VDLUFA-Schriftenreihe* 30. Kongressband 109-115.
- Huijsmans, J.F.M., Hol, J.M.G. en Bussink, D.W. (1997). Reduction of ammonia emission by new slurry application techniques on grassland. In: S.C. Jarvis en B.F.Pain red. *Gaseous nitrogen emissions from grasslands*. Wallingford: CAB International. Pp: 281-285.
- Huijsmans, J.F.M. en de Mol, R.M. (1999). A model for Ammonia Volatilization after Surface Application and Subsequent Incorporation of Manure on Arable Land. *Journal of Agricultural Engineering Reserach* 74(1): 73-82.
- Huijsmans, J.F.M. en Monteny, G.J.M. (1999). Nieuwe aandacht voor ammoniakemissie. *Landbouwmecanisatie* 6/7: 30-31.
- Huijsmans, J.F.M en J.M.G. Hol (2002). Nieuwe methoden vragen nieuw onderzoek. Mesttoediening in het voorjaar in graan. *Landbouwmecanisatie februari 2002*: 22-23.
- Janssen, B.H. (1996). Nitrogen mineralization in relation to C:N ratio and decomposability of organic materials. *Plant & Soil* 181: 39-45.
- Koolen, A.J., Boekel, P., Perdok, U.D. en van Wijk, A.L.M. (1987). Werkbaarheids grenzen en hun bodemfysische achtergrond. Verslag themadag "werkbaarheid en tijdigheid" PAGV Lelystad verslag 64: 21-41.
- Kouwenhoven, J.K. en Lumkes, L.M. (1987). Tijdigheidsaspecten van berijdingssystemen. Verslag themadag "werkbaarheid en tijdigheid" PAGV Lelystad verslag 64: 61-85.
- Krebbers, H. (1993). Mesttechniek op een rij. Emissie-armetoediening; regelgeving en technieken. *Landbouwmecanisatie* 9: 38-41.
- Kwantitatieve Informatie Akkerbouw en Vollegrondsgroenteteelt (KWIN) 2000/2001. PAV-Publicatie 102.
- Lammers, H.W. (1984). Een berekende stikstofwerkingscoëfficiënt voor diverse dierlijke organische meststoffen. *De Buffer* 30(5): 169-198.
- Mannheim, T. Braschkat, J. en Marschner, H. (1995). Reduktion von Ammoniakemissionen nach Ausbringung von Rinderflüssigmist auf Acker- und Grün;andstandorten: Vergleichende Untersuchungen mit Prallteller, Schleppschlauch und Injektion. *Z. Pflanzenernähr. Bodenk.* 158: 535-542.
- Middelkoop, N., Buijze, S.T. en Biewinga, E.E. (1997). Naar een optimale inzet van dierlijke mest. Rapport CLM 300-1997.
- Mulder, E.M. en Huijsmans, J.F.M. (1994). Beperking ammoniakemissie bij mesttoediening. Overzicht metingen DLO-veldmeetploeg 1990-1993. DLO, Wageningen.
- van Ouwerkerk, C. en Kuipers, H. (1987). Tijdigheidsaspecten van grondbewerkingssystemen. Verslag themadag "werkbaarheid en tijdigheid" PAGV Lelystad verslag 64: 42-60.
- Pauw, J. (2001). Dierlijke mest van najaar naar voorjaar. *PPO-Bulletin Akkerbouw* 1: 9-11.
- Panse, A., Maidl, F.X, Dennert, J. Müller, R. en Fischbeck, G. (1994). Ertragsbildung, Bestandesaufbau und

- Stickstoffwertung von Winterwizen bei kombinierter Gülle- und Mineraldüngung. Z. Pflanzenernähr. Bodenk. 158: 221-229.
- Schepers, P. (1995). Mestscheiden haalbaar en betaalbaar, Cehave.
- Schoot, J.R. van der en van Dijk, W. (2001). Rijenbemesting met dierlijke mest in maïs maakt kunstmest overbodig. PPO-Bulletin Akkerbouw 2: 13-17.
- Schröder, J.J. en Vos, J. (1995). 'De stikstofkringloop - keten of vergiet? In A.J. Haverkort en P.A. van der Werff (red.). Hoe ecologisch kan de landbouw worden? DLO-Instituut voor Agrobiologisch en Bodemvruchtbaarheidsonderzoek, Wageningen. p. 37-62.
- Smulders, J.C.G.J. (2001). Perspectieven voor mineralenconcentraten uit mestverwerking: een reële kans of een politieke zoethouder? Samenvatting symposium 'Nutriënten Management 2001', NMI, Wageningen.
- Timmer, R.D. (1996). Voorjaarstoepassing dierlijke mest in granen. PAGV publicatie 81a: 91-96.
- Titulaer, H.H.H. (1997). Verliesarme toediening van dierlijke mest op zavelgrond. PAV-Bulletin Akkerbouw september pp. 6-8.
- Titulaer, H.H.H. en Veerman, A. (2001). Stikstofbemesting poot aardappelen. PPO Bulletin Akkerbouw 1: 7-8.
- Verhoek, A. (red.) (1994). Mesttoediening op kleigrond in het voorjaar – bouwland en maïsland. Verslag van het demoproject 1994. IKC Akker- en Tuinbouw, Lelystad/ IKC Veehouderij. Lelystad / Stichting Landelijke Mestbank, Lelystad.
- Veerman, A. (2001). Variatie in knolkwaliteit tussen en binnen partijen van consumptie aardappelen. Proefschrift Universiteit Wageningen.
- Walraven, N. en van Rheen, H. (2000). Zelf mest analyseren binnen een halfuur. Landbouwmechanisatie januari 2000.
- Well, E.A.P. van, Rougoor, C.W., van der Schans, F.C., Kool, A., Dogterom, J., Nolet, R.P.H.E. (2001). Op weg met mest. Mestafzetcontracten in de praktijk. CLM rapport 499.
- Wijk, A.L.M. van, Feddes, R.A., Wesseling, J.G. en Buitendijk, J. (1988). Effecten van grondsoort en ontwatering op de opbrengst van akkerbouwgewassen. Instituut voor Cultuurtechniek en Waterhuishouding (ICW), Wageningen. Rapport 31.
- Wijnands, F.G. en van Leeuwen-Haagsma, W. (1997). Vergelijking drijfmest-kunstmest. PAV-Bulletin september pp. 24-28.

Bijlagen

Bijlage 1: Benodigde hoeveelheid dierlijke mest en aanvoer N, P₂O₅ en K₂O per gewas

	gewas	ton/ha ¹	N-werkzaam	N-totaal	P ₂ O ₅	K ₂ O
Varkensdrijfmest (70% werking) (NPK: 7,2-4,2-7,2)	suikerbiet	20	100	144	84	144
	snijmais	30	150	216	126	216
	snijmais (in de rij)	20	100	144	84	144
	pootaardappel	12	60	86	50	86
	consumptieaardappel	30	150	216	126	216
	wintertarwe	20	100	144	84	144
	zaaiui	18	90	130	76	130
	ijssla	20	100	144	84	144
	spruitkool	30	140	216	126	216
Rundveedrijfmest (65% werking) (NPK: 4,9-1,8-6,8)	suikerbiet	30	100	147	54	204
	snijmais	45	150	221	81	306
	snijmais (in de rij)	30	100	147	54	204
	pootaardappel	20	60	98	36	136
	consumptieaardappel	50	150	245	90	340
	wintertarwe	30	100	147	54	204
	zaaiui	28	90	138	52	197
	ijssla	30	100	147	54	204
	spruitkool	45	140	221	81	306
Vleeskalverdrijfmest (80% werking) (NPK: 3,0-1,5-2,4)	suikerbiet (GLP)	40	100	120	60	96
	snijmais	60	150	180	90	144
	snijmais (in de rij)	40	100	120	60	96
	pootaardappel	25	60	75	38	60
	consumptieaardappel	60	150	180	90	144
	wintertarwe	40	100	120	60	96
	zaaiui	38	90	114	57	91
	ijssla	40	100	120	60	96
	spruitkool	60	140	180	90	144
Kippendrijfmest (70% werking) (NPK: 10,2-7,8-6,4)	suikerbiet	15	100	153	117	96
	snijmais	20	150	204	156	128
	snijmais (in de rij)	15	100	107	78	64
	pootaardappel	8	60	86	62	51
	consumptieaardappel	20	150	214	156	128
	wintertarwe	15	100	143	109	90
	zaaiui	13	90	133	101	83
	ijssla	15	100	153	117	96
	spruitkool	20	140	204	156	128

1: Het aantal ton/ha is afgerond; vervolgens is hieruit de totale N, P₂O₅ en K₂O aanvoer berekend.

Bijlage 2: Dekking N-, P₂O₅⁻, K₂O-behoefte van het bouwplan bij gebruik van verschillende drijfmestsoorten en scenario's

Bijlage 2.1: Aanvoer van runderdrijfmest (ton/ha), en het percentage van de N-, P- en K-behoefte van het gewas dat wordt gedekt door aanvoer van runderdrijfmest bij verschillende bouwplannen en scenario's¹. Bij percentages > 100% wordt meer aangevoerd dan de gewasonttrekking + onvermijdbare verliezen.

45% graan - lage N-behoefte					25% graan - lage N-behoefte				
25% CA + 20% SB + 36% WT + 9% BG +10% UI					25% CA + 20% SB + 19 % WT + 6% BG +15% UI + 15% WL				
scenario	ton	%N	%P ₂ O ₅	%K ₂ O	scenario	ton	%N	%P ₂ O ₅	%K ₂ O
H-ca+sb	18	9	41	97	H-ca	10	6	25	51
Hgb-ca+sb	18	10	41	97	Hgb-ca	10	6	25	51
Hgb+stro-ca+sb	18	10	41	97	Hgb+stro-ca	10	6	25	51
V-ca	12	22	27	65	V-ca	12	25	30	61
V-ca+sb	18	33	42	99	V-ca+sb	18	38	46	93
V-wt	11	17	26	62	V-wt	6	11	16	33
V-wt+ca	23	38	54	127	V-wt+ca	18	36	46	93
V-wt+ca+sb	30	49	68	161	V-wt+ca+sb	25	49	62	126
Hgb-ca+sb/V-ca	30	33	68	161	Hgb-ca/V-ca	22	32	55	111
Hgb-ca/V-ca+sb	28	40	65	153	Hgb-ca/V-ca+sb	28	46	71	144
Hmax	24	13	56	132	Hmax	31	18	78	157
Hmax-gb	28	15	64	151	Hmax-gb	33	21	83	167

45% graan - hoge N-behoefte					25% graan - hoge N-behoefte				
25% CA + 20% SB + 36% WT + 9% BG +10% IJS					25% CA + 20% SB + 19 % WT + 6% BG +20% IJ + 10% SPKL				
scenario	ton	%N	%P ₂ O ₅	%K ₂ O	scenario	ton	%N	%P ₂ O ₅	%K ₂ O
H-ca+sb	18	8	41	88	H-ca	10	5	24	42
Hgb-ca+sb	18	9	41	88	Hgb-ca	10	5	24	42
Hgb+stro-ca+sb	18	9	41	88	Hgb+stro-ca	10	5	24	42
V-ca	12	20	27	58	V-ca	12	19	29	51
V-ca+sb	18	31	42	90	V-ca+sb	18	30	45	78
V-ca+sb+ijs	21	36	49	105	V-ca+ijs+spkl	23	37	56	98
V-wt	11	15	26	56	V-ca+sb+ijs+spkl	29	47	72	125
V-wt+ca	23	35	54	115	V-wt	6	8	16	27
V-wt+ca+sb	30	46	68	146	V-wt+ca	18	28	45	78
Hgb-ca+sb/V-ca	30	31	68	146	V-wt+ca+sb	25	38	61	105
Hgb-ca/V-ca+sb	28	37	65	139	Hgb-ca+sb/V-ca	22	25	54	93
Hmax	21	10	48	102	Hgb-ca/V-ca+sb	28	35	69	120
Hmax-gb	24	13	56	119	Hmax	19	9	46	80
					Hmax-gb	21	10	51	88

1: Scenario's: H=herfstaanwending volgens GLP; V=voorjaarsaanwending; Hmax=maximale benutting Minas N-ruimte; Hvast=aanwending vaste fractie in de herfst bij maximale benutting Minas P-ruimte; gb=inzet groenbemesters; stro=onderwerken van stro
Gewassen: CA=consumptieaardappel; SB=suikerbiet; WT=wintertarwe; BG=brouwergerst; IJS=ijslla; WL=witlof; SPKL=spruitkool

Bijlage 2.2: Aanvoer van vleeskalvermest (ton/ha), en het percentage van de N-, P- en K-behoefte van het gewas dat wordt gedekt door de aanvoer van vleeskalvermest bij verschillende bouwplannen en scenario's¹. Bij percentages > 100% wordt meer aangevoerd dan de gewasonttrekking + onvermijdbare verliezen.

45% graan - lage N-behoefte					25% graan - lage N-behoefte				
25% CA + 20% SB + 36% WT + 9% BG +10% UI					25% CA + 20% SB + 19 % WT + 6% BG +15% UI + 15% WL				
scenario	ton	%N	%P₂O₅	%K₂O	scenario	ton	%N	%P₂O₅	%K₂O
H-ca+sb	24	9	45	45	H-ca	13	6	28	24
Hgb-ca+sb	24	10	45	45	Hgb-ca	13	6	28	24
Hgb+stro-ca+sb	24	10	45	45	Hgb+stro-ca	13	6	28	24
V-ca	16	22	30	30	V-ca	16	25	33	28
V-ca+sb	24	33	47	46	V-ca+sb	24	38	51	44
V-wt	15	17	29	29	V-wt	8	11	18	15
V-wt+ca	31	38	59	59	V-wt+ca	24	36	51	44
V-wt+ca+sb	39	49	76	76	V-wt+ca+sb	33	49	69	59
Hgb-ca+sb/V-ca	39	33	76	76	Hgb-ca/V-ca	29	32	61	52
Hgb-ca/V-ca+sb	37	40	72	72	Hgb-ca/V-ca+sb	37	46	79	67
Hmax	32	13	62	62	Hmax	41	18	86	74
Hmax-gb	37	15	71	71	Hmax-gb	43	21	92	78
45% graan - hoge N-behoefte					25% graan - hoge N-behoefte				
25% CA + 20% SB + 36% WT + 9% BG +10% IJS					25% CA + 20% SB + 19 % WT + 6% BG +20% IJ + 10% SPKL				
scenario	ton	%N	%P₂O₅	%K₂O	scenario	ton	%N	%P₂O₅	%K₂O
H-ca+sb	24	8	45	41	H-ca	13	5	27	20
Hgb-ca+sb	24	9	45	41	Hgb-ca	13	5	27	20
Hgb+stro-ca+sb	24	9	45	41	Hgb+stro-ca	13	5	27	20
V-ca	16	20	30	27	V-ca	16	19	32	24
V-ca+sb	24	31	47	42	V-ca+sb	24	30	50	37
V-ca+sb+ijs	28	36	54	49	V-ca+ijs+spkl	30	37	62	46
V-wt	15	15	29	26	V-ca+sb+ijs+spkl	39	47	80	59
V-wt+ca	31	35	59	54	V-wt	13	8	17	13
V-wt+ca+sb	39	46	76	68	V-wt+ca	37	28	50	37
Hgb-ca+sb/V-ca	39	31	76	68	V-wt+ca+sb	49	38	67	49
Hgb-ca/V-ca+sb	37	37	72	65	Hgb-ca+sb/V-ca	44	25	59	44
Hmax	27	10	53	48	Hgb-ca/V-ca+sb	56	35	77	56
Hmax-gb	32	13	62	56	Hmax	25	9	51	37
					Hmax-gb	27	10	56	41

1: Scenario's: H=herfstaanwending volgens GLP; V=voorjaarsaanwending; Hmax=maximale benutting Minas N-ruimte; Hvast=aanwending vaste fractie in de herfst bij maximale benutting Minas P-ruimte; gb=inzet groenbemesters; stro=onderwerken van stro. Gewassen: CA=consumptieaardappel; SB=suikerbiet; WT=wintertarwe; BG=brouwergerst; IJS=ijsla; WL=witlof; SPKL=spruitkool

Bijlage 2.3: Aanvoer van kippendrijfmest (ton/ha), en het percentage van de N-, P- en K-behoefte van het gewas dat wordt gedekt door de aanvoer van kippendrijfmest bij verschillende bouwplannen en scenario's¹. Bij percentages > 100% wordt meer aangevoerd dan de gewasonttrekking + onvermijdbare verliezen.

45% graan – hoge N-behoefte					25% graan - lage N-behoefte				
25% CA + 20% SB + 36% WT + 9% BG +10% UI					25% CA + 20% SB + 19 % WT + 6% BG +15% UI + 15% WL				
scenario	ton	%N	%P₂O₅	%K₂O	scenario	ton	%N	%P₂O₅	%K₂O
H-ca+sb	8	9	79	41	H-ca	4	6	48	21
Hgb-ca+sb	8	10	79	41	Hgb-ca	4	6	48	21
Hgb+stro-ca+sb	8	10	79	41	Hgb+stro-ca	4	6	48	21
V-ca	5	22	53	27	V-ca	5	25	58	25
V-ca+sb	8	33	81	42	V-ca+sb	8	38	89	39
V-wt	5	17	51	26	V-wt	3	11	31	14
V-wt+ca	10	38	104	53	V-wt+ca	8	36	89	39
V-wt+ca+sb	13	49	132	68	V-wt+ca+sb	11	49	121	53
Hgb-ca+sb/V-ca	13	33	132	68	Hgb-ca/V-ca	10	32	107	47
Hgb-ca/V-ca+sb	13	40	125	64	Hgb-ca/V-ca+sb	13	46	138	60
Hmax	11	13	108	55	Hmax	14	18	151	66
Hmax-gb	12	15	124	63	Hmax-gb	15	21	160	70
45% graan – hoge N-behoefte					25% graan - hoge N-behoefte				
25% CA + 20% SB + 36% WT + 9% BG +10% IJS					25% CA + 20% SB + 19 % WT + 6% BG +20% IJ + 10% SPKL				
scenario	ton	%N	%P₂O₅	%K₂O	scenario	ton	%N	%P₂O₅	%K₂O
H-ca+sb	8	8	79	37	H-ca	4	5	47	18
Hgb-ca+sb	8	9	79	37	Hgb-ca	4	5	47	18
Hgb+stro-ca+sb	8	9	79	37	Hgb+stro-ca	4	5	47	18
V-ca	5	20	53	25	V-ca	5	19	57	21
V-ca+sb	8	31	81	38	V-ca+sb	8	30	87	33
V-ca+sb+ijs	10	36	95	44	V-ca+ijs+spkl	10	37	139	41
V-wt	5	15	51	24	V-ca+sb+ijs+spkl	13	47	109	52
V-wt+ca	10	35	104	48	V-wt	3	8	30	11
V-wt+ca+sb	13	46	132	61	V-wt+ca	8	28	87	33
Hgb-ca+sb/V-ca	13	31	132	61	V-wt+ca+sb	11	38	117	44
Hgb-ca/V-ca+sb	13	37	125	58	Hgb-ca+sb/V-ca	10	25	104	39
Hmax	9	10	92	43	Hgb-ca/V-ca+sb	13	35	134	51
Hmax-gb	11	13	108	50	Hmax	8	9	89	34
					Hmax-gb	9	10	98	37

1: Scenario's: H=herfstaanwending volgens GLP; V=voorjaarsaanwending; Hmax=maximale benutting Minas N-ruimte; Hvast=aanwending vaste fractie in de herfst bij maximale benutting Minas P-ruimte; gb=inzet groenbemesters; stro=onderwerken van stro
Gewassen: CA=consumptieaardappel; SB=suikerbiet; WT=wintertarwe; BG=brouwergerst; IJS=ijslla; WL=witlof; SPKL=spruitkool