

Efficiënter stikstofgebruik bij lage bemestingsniveaus op grasland

dr.ir. D.W. Bussink, ing. G. Holshof, ir. W.N. Vergeer,
drs. R.L.M. Schils en ing. R.F. Bakker

Gezamenlijke studie
van
Nutriënten Management Instituut NMI
en
Praktijkonderzoek Veehouderij PV

januari 2002



Nutriënten Management Instituut NMI
Agro Business Park 20
6708 PW Wageningen
tel. 0317 479620
fax 0317 479621
e-mail nmi@nmi-agro.nl
website www.nmi-agro.nl

Praktijkonderzoek Veehouderij (PV)
Postbus 2176
8203 AD Lelystad
tel. 0320 293211
fax 0320 241584
e-mail info@pv.agro.nl
website www.pv.wageningen-ur.nl

VERSPREIDING

Productschap Zuivel	5 x
NMI	3 x
PV	3 x

INHOUD

	pagina
WOORD VOORAF	4
SAMENVATTING EN CONCLUSIES	5
Optimalisatie toediening van minerale N-meststoffen	5
Optimalisatie werking dierlijke mest	6
Optimalisatie graslandgebruik	8
Inspelen op actuele weers- en bodemomstandigheden	9
1. INLEIDING	13
1.1 <i>Algemeen</i>	13
1.2 <i>Doel</i>	13
1.3 <i>Verwacht resultaat</i>	14
1.4 <i>Aanpak</i>	14
2. OPTIMALISATIE TOEDIENING VAN MINERALE N-MESTSTOFFEN	15
2.1 <i>Voorjaarsmeststoffen</i>	15
2.1.1 Samenvatting	15
2.1.2 Inleiding	16
2.1.3 Ammonium versus nitraat	16
2.1.4 Opname van ammonium en nitraat	17
2.1.5 ZA als voorjaarsmeststof	18
2.1.6 ASS als voorjaarsmeststof	23
2.1.7 Ureum als voorjaarsmeststof	25
2.1.8 Urean als voorjaarsmeststof	26
2.1.9 Kalkstikstof	27
2.1.10 Ammoniumhoudende meststoffen plus een nitrificatieremmer	27
2.1.11 Ureum plus een ureaseremmer	29
2.1.12 Aanbevelingen	30
2.2 <i>Stikstofdeling in het voorjaar</i>	31
2.2.1 Samenvatting	31
2.2.2 Inleiding	31
2.2.3 Selectie uit onderzoek in de jaren 1958-1960	31
2.2.4 Vergelijking eenmalige en gedeelde N-gift in het voorjaar op basis van onderzoek uit het verleden	33
2.2.5 Effect van vervroegen van de vroege gift bij N-deling	34
2.2.6 Conclusies en aanbevelingen	35
2.3 <i>Bemestingstechnieken minerale meststoffen</i>	37
2.3.1 Samenvatting	37
2.3.2 Algemeen	37
2.3.3 Verdeling meststoffen	38
2.3.4 Hoeveelheid	40
2.3.5 Randen	40
2.3.6 Kleine giften	40
2.3.7 Urineplekken	41
2.3.8 Meststofkeuze	41
2.3.9 Praktische omgang met vloeibare meststoffen	42
2.3.10 Uitbesteden vloeibare bemesting	43
2.3.11 Vloeibare meststoffen in vergelijking tot vaste meststoffen	43
2.3.12 Aanbevelingen	44
2.4 <i>Literatuur</i>	45
3. OPTIMALISATIE WERKING DIERLIJKE MEST	48
3.1 <i>Werking dierlijke mest</i>	48
3.1.1 Samenvatting	48
3.1.2 Inleiding	48
3.1.3 N-Werkingscoëfficiënten	49
3.1.4 Technieken per grondsoort	49
3.1.5 Toedieningsmethode	50

3.1.6	Toedieningstijdstip	51
3.1.7	Weer	53
3.1.8	Mestsamenstelling en -analyse	54
3.1.9	Resteffect	56
3.1.10	N-werking	57
3.1.11	Betere schatting van de werking van de organische N	59
3.1.12	Wenken voor de praktijk	61
3.2	<i>Mestbewerking</i>	62
3.2.1	Samenvatting	62
3.2.2	Inleiding	62
3.2.3	Mestscheiding	63
3.2.4	Scheidingstechnieken	63
3.2.5	N- en P-werking bij toediening	64
3.2.6	Bedrijfseffecten gescheiden bewaring	65
3.2.7	Werking gescheiden rundermest ten opzichte van dunne rundermest	66
3.2.8	Composteren	67
3.2.9	Toepassing compostering op melkveebedrijven	68
3.2.10	Andere bewerkingen	69
3.2.11	Praktijk	70
3.3	<i>Toevoegmiddelen mest</i>	72
3.3.1	Samenvatting	72
3.3.2	Inleiding	73
3.3.3	Chemische toevoegmiddelen	73
3.3.4	Toevoegmiddelen op basis van micro-organismen	76
3.3.5	Toevoegmiddelen op basis van ionen/fysische regulatie	77
3.3.6	Toepassingen en kansen	79
3.3.7	Conclusies	81
3.4	<i>Literatuur</i>	82
4.	OPTIMALISATIE GRASLANDGBRUIK	87
4.1	<i>Een ander voorjaarsgebruik van grasland</i>	87
4.1.1	Samenvatting	87
4.1.2	Inleiding	87
4.1.3	Berekeningen	88
4.1.4	Gevolgen voor het grasland	90
4.1.5	Gevolgen bemesting	92
4.1.6	Economie	93
4.1.7	Naar de praktijk	94
4.2	<i>Eerste snede gras gevolgd door maïs</i>	95
4.2.1	Samenvatting	95
4.2.2	Inleiding	95
4.2.3	Maïs met of zonder voorgewas	96
4.2.4	Mesttoediening	97
4.2.5	Maïsland scenario's	98
4.2.6	De voorziening met P en K	100
4.2.7	Aanbevelingen voor onderzoek	100
4.2.8	Wenken voor de praktijk	101
4.3	<i>Witte klaver en stikstofbemesting</i>	102
4.3.1	Samenvatting	102
4.3.2	Inleiding	102
4.3.3	Stikstofrespons van gras/klaver	102
4.3.4	Tactische stikstofbemesting	104
4.3.5	Kernpunten/conclusies	105
4.3.6	Wenken voor de praktijk	105
4.4	<i>Literatuur</i>	106
5.	INSPELEN OP ACTUELE WEERS- EN BODEMOMSTANDIGHEDEN	107
5.1	<i>Bijdrage N_{min} in (diepere) ondergrond aan de grasopbrengst</i>	107
5.1.1	Samenvatting	107
5.1.2	Inleiding	107
5.1.3	Bijdrage N _{min} bij eerste snede	107
5.1.4	Bijdrage N _{min} tijdens groeiseizoen	108

5.1.5	Bijdrage N _{min} bij beweiden	110
5.1.6	Weiden versus maaien	111
5.1.7	Conclusies en aanbevelingen	112
5.1.8	Wenken naar de praktijk	113
5.2	<i>Actuele groei</i>	114
5.2.1	Samenvatting	114
5.2.2	Inleiding	114
5.2.3	Droge periode	115
5.2.4	Natte periode	116
5.2.5	Het optimale bemestingstijdstip na het oogsten van een maaisnede	117
5.2.6	Toepasbaar maken van weersvoorspellingen en modelberekeningen	118
5.2.7	Conclusies en aanbevelingen	119
5.2.8	Wenken naar de praktijk	120
5.3	<i>Perspectief verfijning NLV</i>	121
5.3.1	Samenvatting	121
5.3.2	Inleiding	121
5.3.3	Achtergrond	121
5.3.4	Kwaliteit organische stof, C/N-quotiënt	123
5.3.5	Voorspellen mineralisatie	123
5.3.6	Effect van weiden en maaien	125
5.3.7	Effect pH, grondwaterstand en voorgeschiedenis	126
5.3.8	Bruikbare methoden ter bepaling NLV op veengrond	126
5.3.9	Wenken voor de praktijk	127
5.4	<i>Afstemming dierlijke mest en kunstmest</i>	128
5.4.1	Samenvatting	128
5.4.2	Inleiding	128
5.4.3	Jaarplan voor de stikstofbemesting	128
5.4.4	Inspelen op actuele weersomstandigheden	134
5.5	<i>Literatuur</i>	136
BIJLAGEN		
1.	Lijst van proefvelden met deling van de N-gift voor de 1 ^e snede	148

WOORD VOORAF

Deze studie is uitgevoerd in een samenwerkingsverband tussen Praktijkonderzoek Veehouderij (PV) en Nutriënten Management Instituut NMI. Voor de leesbaarheid zijn alle paragrafen van een afzonderlijke samenvatting voorzien. De resultaten van de studie hebben tot een aantal praktische aanbevelingen geleid. Deze zullen in de loop van 2002 via de vakpers kenbaar worden gemaakt aan de sector.

SAMENVATTING EN CONCLUSIES

Als gevolg van Minas zal de maximale jaargift aan stikstof (N) met mest en kunstmest dalen naar 200-300 kg N per ha grasland per jaar. Dit kost grasopbrengst en leidt mogelijk tot kwaliteitsverlies. In deze studie is nagegaan welke aanpassingen in bemestingsstrategie en graslandgebruik mogelijk zijn om de daling van de grasopbrengst en graskwaliteit door een lager N-gebruik tot een minimum te beperken. Daartoe is gekeken naar de volgende hoofdpunten:

- optimalisatie toediening van minerale N-meststoffen;
- optimalisatie toediening dierlijke mest;
- optimalisatie bemesting en graslandgebruik; en
- inspelen op actuele weers- en bodemomstandigheden.

Optimalisatie toediening van minerale N-meststoffen

Voorjaarsmeststoffen

In het algemeen is in de eerste snede is de N-efficiëntie van meststoffen die overwegend ammoniumnitraat bevatten relatief laag. Gebruik van meststoffen voor de eerste snede met een hoger ammoniumaandeel, al dan niet in combinatie met stoffen die de omzetting naar nitraat remmen, bieden mogelijk perspectief. Meststoffen met een hoger ammoniumaandeel dan de meest gebruikte meststof kalkammonsalpeter (KAS) zijn

- zwavelzure ammoniak (ZA) met 100 procent ammonium;
- ammoniumsulfaatsalpeter (ASS) met 75 procent ammonium;
- ureum (U) en kalkstikstof met 100 procent ammonium na hydrolyse; en
- NP-meststoffen (DAP >NP20-34> NP-23 > NP26-14 >NP26-7) met 100 tot 54 procent ammonium.

Zwavelzure ammoniak geeft in het algemeen hogere opbrengsten dan KAS. Toepassing van deze meststof kan tot te hoge zwavelgiften leiden, hetgeen nadelig is voor de opname van spoorelementen. Bovendien werkt de meststof sterk verzurend. Het advies is om voor de eerste snede niet meer dan 150 kg ha⁻¹ meststof te geven en de rest van de N aan te vullen met andere meststoffen of om een blend toe te dienen.

Met ammoniumsulfaatsalpeter wordt minder S gegeven. Het advies is om niet meer dan 250 kg product ha⁻¹ te geven.

NP-meststoffen bevatten meer ammonium naarmate het P-gehalte stijgt, waarbij er tussen leveranciers bovendien ook nog verschillen zijn in ammoniumgehalte bij een zelfde P-gehalte. Indien een minerale P-gift gewenst is kan deze gegeven worden met een NP-meststof met een relatief hoog ammoniumgehalte.

Kalkstikstof is op basis van de huidige inzichten niet geschikt als voorjaarsmeststof. Dit komt omdat de N in kalkstikstof te langzaam wordt omgezet in het opneembaar ammonium. Onder Nederlandse omstandigheden is de N-werking van ureum in de eerste snede lager dan die van KAS door ammoniakverliezen. Mogelijk dat het toevoegen van nieuwe, effectieve ureaseremmers aan ureum dit beeld wijzigt. Voor de Nederlandse situatie ontbreken hierover echter de onderzoeksgegevens.

Urean (50 procent ammoniumnitraat en 50 procent ureum) geeft in het voorjaar ongeveer gelijke opbrengsten als KAS. Deze meststof is echter vloeibaar en dient met een andere techniek te worden toegediend.

Afhankelijk van de nog benodigde aanvulling met overige nutriënten na een basisgift dierlijke mest kan, op basis van ZA, ASS of NP's, veel meer van de minerale N in de ammoniumvorm worden gegeven, om aldus een hogere opbrengst en daarmee een hogere N-efficiëntie te bewerkstelligen. Dit kan betekenen dat er meerdere meststoffen nodig zijn, waardoor er twee keer gestrooid moet worden of een blend gemaakt dient te worden.

De werking van ammoniumhoudende meststoffen is nog verder te verhogen door toevoeging van een effectieve nitrificatieremmer. Een nieuw ontwikkeld product, DMPP, lijkt perspectief te bieden. Besparingen tot 20 procent op de N-gift zijn mogelijk.

Geconstateerd wordt dat veel van de bovengenoemde bevindingen òf op oude resultaten òf op slechts enkele proeven berusten. Bovendien zijn ze meestal alleen vergeleken ten opzichte van de referentiemeststof KAS. Een vergelijkende proef is daarom aan te raden.

N-deling

Oude proeven geven aan dat deling van de N-gift in het voorjaar gemiddeld tot hogere opbrengsten kan leiden in vergelijking met een eenmalige N-gift. Daarnaast lijkt een gedeelde N-gift de speelruimte voor de vroege bemesting in het voorjaar te vergroten. Deze bevindingen zijn echter gebaseerd op een gering aantal proeven die 35 tot 40 jaar geleden zijn uitgevoerd. Het is de vraag of deze uitkomsten niet achterhaald zijn. Anderzijds geeft recent Tsom-onderzoek van NMI aan dat er geen verschillen zijn in optimale Tsom tussen begin jaren zestig en eind jaren tachtig. Op dit moment zijn er echter onvoldoende en bovendien geen recente gegevens beschikbaar om N-deling te introduceren in de praktijk. Voor N-deling is aanvullend onderzoek nodig om het optimale tijdstip van en de verdeling over de eerste en de tweede bemesting te bepalen.

Bemestingstechnieken minerale meststoffen

Vloeibare bemesting (strokentechniek of druppelen met de veldspuit) heeft een aantal voordelen ten opzichte van de gangbare techniek van korrelstrooien. Zo is de verdeling iets nauwkeuriger, de dosering beter in overeenstemming met de gewenste hoeveelheid en gaat bemesten van randen beter. Deze voordelen zijn voor een groot deel op te heffen door te zorgen voor een goed afgestelde kunstmeststrooier, een juiste overlap van strooibanen, het beschikbaar hebben van een doseerunit op de kunstmestsilo of een weeginrichting op de strooier en het toepassen van kantstrooiapparatuur. Het toedienen van kleine giften is mogelijk met zowel korrelstrooiers als vloeibare bemesters. Bij de eerste vergt dat de keuze van meststoffen met een lager N-gehalte; bij de laatste betekent het dat de meststof dient te worden verdund met water. Bedrijfseconomisch gezien zijn lage giften vaak niet interessant.

Vloeibare bemesting heeft ook een aantal nadelen. De meest gebruikte vloeibare meststof, urean, heeft een lagere N-werking dan de gangbare meststof KAS en bij gebruik van urean treden forse ammoniakverliezen op. Deze nadelen zijn mogelijk op te heffen door het gebruik van additieven. Dit werkt echter kostprijs verhogend. Verder is het lastiger om alle nutriënten via vloeibare bemesting toe te dienen, vanwege problemen bij de menging van meststoffen en stelt vloeibare bemesting hoge eisen aan de opslagfaciliteiten op het boerenerf. Tot slot blijkt dat vloeibare bemesting als bedrijfssysteem in het algemeen duurder is dan korrelbemesting.

Er is een aantal zaken die bij korrelstrooien zijn te verbeteren. Middels een gerichte campagne/folder kan hier aandacht aan worden besteed.

Optimalisatie werking dierlijke mest

Mesttoediening

Het belang van een optimale benutting van mest neemt toe. Op basis van de huidige kennis is de N-werking op jaarbasis voor de diverse toedieningstechnieken redelijk te voorspellen. Naast de toedieningsmethode spelen grondsoort, tijdstip van toediening, duur tussen toediening en gebruik, weer en mestsoort een rol bij de efficiëntie. Deze factoren bepalen niet alleen de werking in de snede na toediening, maar ook die in de vervolgsneden in de rest van het seizoen. Er is een verschil in werking tussen de organische en de

minerale N-fractie. Via de veevoeding is de hoeveelheid en de werking van de organische N te beïnvloeden (C/N-quotiënt).

De werking van dierlijke mest vertoont in de praktijk een grote spreiding. Voor de praktijk is het belangrijk om enkele basisregels in acht te nemen. Neem van de uit te rijden mest een representatief monster. Pas de goede techniek toe (afhankelijk van grondsoort en tijdstip in het seizoen). Dien mest zo vroeg mogelijk in het seizoen toe als de draagkracht van de grond het toelaat (februari, begin maart) en probeer zoveel mogelijk van de beschikbare voorraad mest toe te dienen in de eerste helft van het groeiseizoen. Houd daarbij voldoende rekening met nawerking in vervolgsneden, waarbij de weersomstandigheden tot dat moment een indicatie kunnen geven over mogelijke nawerking. Om de efficiëntie nog verder te kunnen fine-tunen is aanvullende informatie nodig.

Mestbewerking

Mestbewerking zou kunnen leiden tot een betere N-benutting op het eigen bedrijf, of tot een betere mogelijkheid om mest af te voeren. Bewerkingstechnieken die op bedrijfsschaal zijn toe te passen zijn mestscheiding en compostering.

Bij mestscheiding zijn diverse technieken te onderscheiden, die voornamelijk tot doel hebben het volume te verkleinen en daarnaast tot scheiding van N en P kunnen leiden. Volumeverkleining leidt tot minder transport, hetgeen zowel op het eigen bedrijf als bij afvoer gunstig is. De scheidingsrendementen voor de diverse systemen wisselen nogal. Sommige technieken kunnen gepaard gaan met grote (N-)verliezen. De eerste resultaten over de toepassingseffecten en financiële voordelen van gescheiden mest op het eigen bedrijf wijzen niet op een groot voordeel.

Composteren is een methode om mest te bewerken. Het eindproduct is goed goed bruikbaar op het eigen bedrijf en heeft, naast een direct bemestende waarde, ook een positief effect op het organischestofgehalte van de bodem. Het composteringsproces vraagt echter veel aandacht en kan mislukken, waardoor extra verliezen optreden. Daarnaast is vaak een hoeveelheid dragermateriaal nodig die moet worden aangevoerd. De kosten van composteren zijn hoog, waardoor compostering pas rendabel is bij een verhoging van gewasopbrengsten met tientallen procenten.

Andere bewerkingen, zoals het omzetten naar kroos of het verwerken in veevoer, zijn voor de Nederlandse rundveehouderij geen optie.

Toevoegmiddelen

Het gebruik van toevoegmiddelen aan dunne (runder)mest neemt door diverse ontwikkelingen in de landbouw toe. Stankhinder en minder ammoniakemissie en daarmee een betere werking van de mest zijn de belangrijkste argumenten om deze middelen toe te passen. Er bestaat een breed scala aan toevoegmiddelen, die alle volgens een bepaald principe werken. Door de fabrikanten wordt een groot aantal positieve eigenschappen aan de middelen toegekend. Onderzoek heeft een groot deel van de beweerde eigenschappen nog niet kunnen bevestigen. Los van de al dan niet aangetoonde werking zijn toevoegmiddelen duur (globaal tussen de f 150,- en f 250,- ha^{-1}).

Indien de middelen alleen een verbeterd rendement zouden geven op de N-werking, mag de prijs van een middel ongeveer f 5,- ha^{-1} bedragen per procent meer werkzame N in de dierlijke mest of per kg extra N-nalevering door de bodem, indien bovengronds uitrijden niet is toegestaan. Indien het echter toegestaan zou worden om dunne mest, waaraan een middel is toegevoegd, bovengronds uit te rijden, is het economisch snel rendabel om een toevoegmiddel te gaan gebruiken. Voorwaarde is wel dat de werking bewezen dient te zijn (een sterke vermindering van de ammoniakemissie).

Optimalisatie graslandgebruik

Geheel maaien eerste snede

Bij een lagere N-bemesting van grasland daalt de ruwvoerproductie en neemt de voerkwaliteit af. De vraag is of het maaien van de gehele eerste snede mogelijkheden biedt om dit te compenseren. Met behulp van BBPR (Bedrijfsbegrotingsprogramma van Praktijkonderzoek Veehouderij) is voor beperkt en onbeperkt weiden telkens een basissituatie vergeleken met een situatie waarbij de eerste snede geheel gemaaid is (alternatieve situatie). Dit is gedaan voor zowel een zelfvoorzienend bedrijf als voor een bedrijf met een ruwvoertekort, waarbij bovendien in 2003 Minas-heffing zou moeten worden betaald.

De berekeningen tonen aan dat de grasopbrengsten iets toenemen en de oogstverliezen iets afnemen bij maaien van de eerste snede (kg ds en kVEM). De verschillen zijn echter marginaal. Door het aangepaste advies voor de maaisneden, blijft de minerale N-bemesting in de alternatieve situatie ongeveer gelijk aan die in de basissituatie. De N-benutting uit dunne mest neemt iets toe (tot 7 kg N ha^{-1}). Er is slechts minimale milieuwinst, want de N-verliezen (ammoniakemissie, nitraatuitspoeling, denitrificatie) verplaatsen zich deels van de weide naar de stal. Deze stalverliezen zijn iets lager.

Voor het zelfvoorzienende bedrijf leidt de iets hogere grasproductie en het hogere krachtvoergebruik vanwege langer opstallen per saldo tot een ruwvoeroverschot. Door de N-gift te verlagen is weer een situatie van 100 procent zelfvoorziening te realiseren. Dit leidt zowel bij onbeperkt als beperkt weiden tot een sterke daling van de Minas-heffing. Ondanks hogere kosten voor voederwinning en mesttoediening, neemt bij onbeperkt weiden ook het bedrijfssaldo toe. Bij beperkt weiden blijft het bedrijfssaldo gelijk of verbetert het licht. Voor een bedrijf met een ruwvoertekort leidt maaien van de eerste snede nauwelijks tot een lagere Minas-heffing. Verder laten berekeningen zien dat het saldo verslechtert. De conclusie is dan ook dat maaien van de eerste snede vooral dan interessant is wanneer het bedrijf bijna zelfvoorzienend is en Minas-heffing moet betalen.

Oogsten eerste snede voor inzaai maïs

Oogsten van een groenbemester of een eerste snede gras voor de zaai van maïs is slechts dan interessant indien dit niet ten koste gaat van de vochtbeschikbaarheid voor de maïs, het zaaitijdstip van de maïs en de structuur van de grond. De vochtbeschikbaarheid kan van jaar tot jaar sterk variëren, maar in het algemeen is het risico van opbrengstderving bij de maïs relatief klein indien het profiel een waterbergend vermogen van 200 mm heeft. Tussen 150 en 200 mm neemt het risico van opbrengstdervingen toe. Bij minder dan 150 mm vochnalevering is het niet zinvol om eerst een snede gras of de groenbemester te oogsten. Op het grasland kan eventueel nog wel een weidesnede worden geoogst. Indien het de planning is om een groenbemester of de eerste snede wel te oogsten, dan is het het beste om in februari al ongeveer $30 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ dunne rundermest toe te dienen. Na oogsten van de groenbemester is dan nog 11 tot $15 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ dunne rundermest nodig naast een N-rijenbemesting met 30 kg N ha^{-1} . De oogst van de groenbemester of eerste snede dient uiterlijk 1 mei plaats te vinden om opbrengstdervingen als gevolg van een te late maïszaai te beperken. Van belang is het dan om een vorenpakker te gebruiken bij het ploegen van de gras-/groenbemesterstoppel. Bij het niet oogsten van de groenbemester of het gras dient in maart een kerende grondbewerking plaats te vinden, voorafgegaan door mesttoediening. De benodigde hoeveelheid dunne rundermest bedraagt dan ongeveer $35 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ bij groenbemesting en respectievelijk 25 en $10 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ op jong (<2 jaar) en oud grasland. Een meer verfijnde bemesting is mogelijk indien exact bekend is hoeveel de bovengrondse biomassa bedraagt ten tijde van inwerken.

Gras/klaver

Bij een N-jaargift lager dan 250 kg ha⁻¹ kan het interessant zijn om mengsels van gras en witte klaver in te zaaien in plaats van alleen graszaad. Klaver bindt N waardoor een besparing op de N-gift mogelijk is.

Bovendien leidt N-bemesting op gras/klaver tot een daling van de hoeveelheid biologisch gebonden N, zodat per saldo slechts een geringe meeropbrengst overblijft. De hoeveelheid kunstmest die binnen Minas aangevoerd mag worden, kan dan ook beter ingezet worden op graspercelen.

Een tactische N-bemesting in het voorjaar is wel aan te bevelen op gras/klaver. De belangrijke voorjaarsgroei is dan niet afhankelijk van het aandeel klaver in de zode. Een dergelijke voorjaarsbemesting kan zowel met kunstmest als dunne mest worden uitgevoerd.

Inspelen op actuele weers- en bodemomstandigheden

Nmin ondergrond

Aanpassing van het N-advies op basis van de Nmin-voorraad voor de eerste snede biedt alleen voor kleigrasland mogelijk perspectief. In de andere gevallen is er geen verband tussen de hoeveelheid Nmin in het voorjaar en de opbrengst van de eerste snede of over het jaar. Gedurende het gehele groeiseizoen is er geen verhoogde hoeveelheid Nmin in de bodemlaag 0-30 cm bij bemestingsniveaus van maximaal 400 kg N ha⁻¹ jaar⁻¹, mits de verdeling van de N volgens advies plaatsvindt en er geen sprake is van droogte. De hoeveelheid Nmin in de laag 0-30 cm is geen geschikt middel ter bepaling van het N-advies per snede. Bij droogte biedt aanpassing van het N-advies op basis van Nmin wel mogelijkheden. Behalve op zandgrasland is er mogelijk wel een verband tussen de hoeveelheid Nmin in de laag 0-100 cm en de snede-opbrengst tijdens het groeiseizoen.

Na 1 augustus biedt het perspectief om de N-gift voor weiden aan te passen op basis van de hoeveelheid Nmin in de laag 0-30 cm. Er zijn duidelijke aanwijzingen om het N-advies tevens aan te passen aan het snedegebruik en niet alleen aan de snedezwaarte. Verschillende studies tonen namelijk aan dat de hoeveelheid Nmin bij beweiden 1-1,5 keer hoger is dan bij maaien. Vervolgonderzoek zou moeten aantonen onder welke omstandigheden of bij welke Nmin-voorraad de N-gift bij weiden achterwege gelaten kan worden.

Actuele groei

Een droge periode heeft invloed op de N-mineralisatie, maar meer nog op de beschikbaarheid van de aanwezige Nmin voor de grasgroei. De N-opname blijft dan achter. Het N-advies (adviesbasis) geeft op omslachtige manier aan dat een sterke verlaging van de N-gift mogelijk is tijdens een droge periode. Tevens voorziet het N-advies in mogelijkheden de bemesting voor de snede na droogte te compenseren via een lagere N-gift. Anderzijds geeft een studie uit de jaren negentig aan dat de N-gift na droogte niet te veel verlaagd dient te worden. Een verhoogde grasgroei na een droge periode vraagt immers extra N. Daartegenover neemt de beschikbaarheid van N toe wanneer een droge periode plaats maakt voor een periode met een goede vochtvoorziening. De volgende vuistregels voor de N-bemesting zijn te gebruiken na een droge periode met tegenvallende groei:

- ◆ bij voortzetting van de droge periode is de korting op de gift minimaal gelijk aan de procentuele opbrengstderving;
- ◆ bij goede groeiomstandigheden dient de korting beperkt te zijn, ongeveer 7 kg N ha⁻¹.

Ook komt het regelmatig voor dat een snede lichter of zwaarder wordt geogst dan gepland. De navolgende snedegift dient dan met respectievelijk 7 kg N ha⁻¹ te worden verlaagd of verhoogd.

Er zijn uit onderzoek duidelijke aanwijzingen dat het strooien na een maaisnede tot 7 dagen na het maaien geen nadelige effecten heeft voor de hergroei, indien de volgende snede een normale tot zware maaisnede is. Indien de volgende snede een weidesnede is dient binnen 3 dagen na maaien te worden gestrooid. Dit biedt beperkte mogelijkheden om in te spelen op de actuele weersomstandigheden. De strategie zou dan kunnen zijn:

- Wacht met strooien indien veel regen wordt verwacht, maar wacht niet langer dan een week indien de navolgende snede een maaisnede is.
- Wacht na maaien bij droogte hooguit 7-10 dagen met het strooien van kunstmest.

De N-gift met kunstmest is het hoogst voor de eerste snede. Daarnaast is er een neerslagoverschot in de maanden januari, februari en maart, vanwege de lage gewasverdamping. Veel neerslag tot twee weken na de N-gift heeft een duidelijke verlaging van de drogestofopbrengst tot gevolg. Met het toepassen van het verfijnde Tsom-advies kan beter ingespeeld worden op situaties met veel neerslag voor de eerste snede. Ook later in het seizoen kan er door veel neerslag N verloren gaan. Er is geen kwantitatieve informatie beschikbaar in welke mate N-verliezen door veel neerslag gecompenseerd kunnen worden. De vraag is bovendien in hoeverre dat Minas-technisch wenselijk is. Kortom het ontbreekt aan een goede adviesbasis voor de N-bemesting voor en na veel neerslag.

Verfijning NLV

De bepaling van het N-leverend vermogen (ofwel de N-mineralisatie) op basis van N-totaal is een goede basis om de bemestingsadvisering op af te stemmen. Het NLV is gebaseerd op proeven over meerdere jaren. Weers- en locatie-effecten zijn daarmee uitgemiddeld. Betere schattingen van het NLV zijn mogelijk door rekening te houden met de kwaliteit van de organische stof (C/N-quotiënt en de humificatiecoëfficiënt). Dit werd bevestigd door een verkennende statische analyse, waaruit bleek dat het N-gehalte in gras nauwkeuriger te modelleren was indien ook het C/N-quotiënt werd meegenomen. Het blijkt dat er tussen gronden met een vergelijkbaar N-totaalgehalte grote verschillen in C/N-quotiënt op kunnen treden. De temperatuur en het vochtgehalte van de grond zijn van invloed op de N-levering. Er kon een vuistregel worden afgeleid dat er bij een hogere maandtemperatuur dan normaal gemiddeld per graad temperatuurstijging een besparing op de N-gift mogelijk is van 3 kg N ha⁻¹ per maand. Een verdere verfijning is mogelijk door het model MINIP praktijkrijp te maken. Verder lijken proeven aan te geven dat bij meer beweiding het NLV toeneemt in vergelijking tot overwegend maaien. Binnen een paar jaar kan dit al tot duidelijke verschillen leiden. Dit resultaat roept de vraag op of meer maaien vanuit oogpunt van Minas wel zo gunstig is. Een regelmatige grondanalyse op N-totaal is aan te bevelen.

Het handhaven van de optimale bodem-pH is gunstig voor een optimaal N-leverend vermogen van de grond. In de praktijk wordt hier te weinig aandacht aan geschonken.

Afstemming dierlijke mest en kunstmest.

Een optimale nutriëntenbenutting vergt een optimale afstemming van dierlijke mest en kunstmest. Minas legt beperkingen op aan het gebruik van stikstof, waardoor de N-jaargift op grasland lager kan zijn dan landbouwkundig optimaal. Voor de veehouder is het van belang vast te stellen bij welke N-jaargift nog aan de Minas-norm kan worden voldaan. Dit maakt het noodzakelijk dat de

veehouder in het vroege voorjaar een jaarplan voor de N-bemesting opstelt. Dit vergt enig rekenwerk. Met behulp van de N-verliesnorm voor het bedrijf, de diercorrectie en de Minas-gegevens van vorig jaar (kracht- en ruwvoeraankopen) kan berekend worden hoeveel kunstmest er nog mag worden aangekocht. Vervolgens wordt de hoeveelheid werkzame N in mest bepaald door de mestproductie te schatten en de mest te analyseren. Met de beschikbare werkzame N in mest en kunstmest worden eerst alle niet-grasteelten optimaal bemest. Dat wat overblijft is beschikbaar voor grasland en bepaalt de N-jaargift op grasland. Bij grote afwijkingen ten opzichte van eerdere jaren zal de veehouder zijn management moeten bijstellen (bijvoorbeeld meer voeraankopen).

Als de N-jaargift voor het grasland bekend is ligt de verdeling van N over de sneden vast (in afhankelijkheid van de NLV). De toegestane N dient nu zo optimaal mogelijk te worden benut. De mogelijkheden hiertoe zijn reeds aangegeven. In het kort betekent dit voor de eerste snede het vroeg toedienen van dierlijke mest, gebruik maken van het verfijnde Tsom-advies en waar mogelijk voorjaarsmeststoffen toepassen (die een hogere N-werking hebben dan kalkammonsalpeter). Voor latere sneden betekent dit rekening houden met het weer (neerslag, droogte en temperatuur). Deze zijn van invloed op de N-mineralisatie van grond en mest en op de N-verliezen. Een aantal vuistregels voor hoe hier op in te spelen met de kunstmestbemesting zijn daarvoor afgeleid.

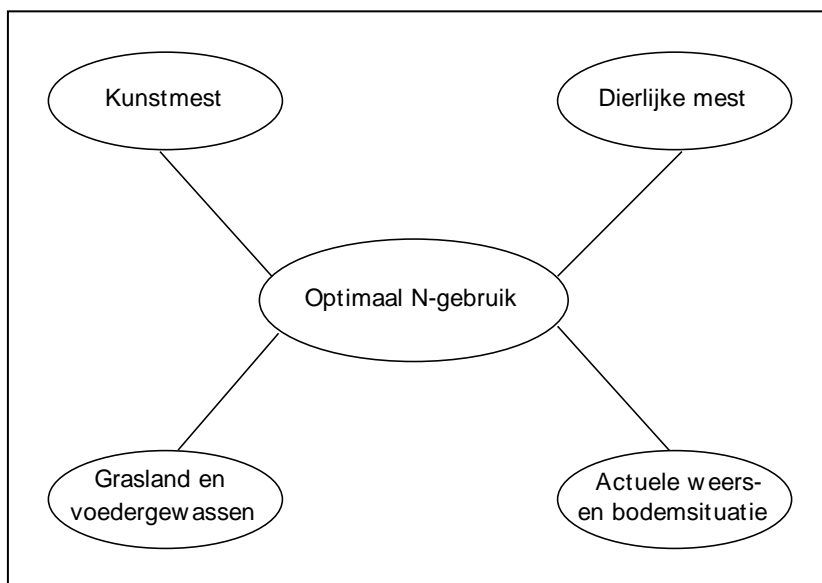
1. INLEIDING

1.1 ALGEMEEN

De basis van de ruwvoervoorziening is de productie van het eigen grasland. Voor een maximale grasproductie op blijvend zand- en kleigrasland is jaarlijks ongeveer 350 tot 400 kg stikstof (N) ha⁻¹ nodig. Door de beoogde aanscherping van Minas moet de N-aanvoer naar het bedrijf en dus ook naar het grasland dalen. De verwachting is dat de maximale N-jaargift met mest en kunstmest zal dalen naar 200 à 300 kg N ha⁻¹ grasland per jaar. Dit kost opbrengst (ongeveer 1,5 tot 2,5 ton droge stof (ds) ha⁻¹ jaar⁻¹) en kan leiden tot een lagere graskwaliteit. Als gevolg hiervan nemen de krachtvoerbehoefte en de aankoop van ruwvoer toe.

Het is van groot belang om opbrengstderving en kwaliteitsverlies door een lager N-gebruik zoveel mogelijk te beperken. Dit vergt zowel een optimale inzet van dierlijke mest en kunstmest op het eigen bedrijf als een optimale afstemming van beide meststofsoorten om te komen tot een optimaal N-gebruik. Ook het graslandgebruik en de actuele weers- en bodemomstandigheden zijn van invloed op een optimaal N-gebruik (figuur 1.1).

Nagegaan dient te worden welke aanpassingen in bemestingsstrategie en graslandgebruik mogelijk zijn om de daling van de grasopbrengst en de graskwaliteit door een lager N-gebruik tot een minimum te beperken. Het Productschap Zuivel heeft aan NMI en PV een gezamenlijke opdracht verleend om dit in een bureaustudie nader uit te zoeken. De bevindingen van de studie worden middels de vakpers kenbaar gemaakt aan de praktijk.



FIGUUR 1.1. Factoren die van invloed zijn op een optimaal N-gebruik.

1.2 DOEL

Het identificeren en kwantificeren van de mogelijkheden om te komen tot een efficiënter gebruik van N uit dierlijke mest en kunstmest (N-bemestingsstrategieën), met als doel om daarmee een daling van de grasopbrengst en de graskwaliteit als gevolg van de sterke daling van het N-gebruik tot een minimum te beperken.

1.3 VERWACHT RESULTAAT

De studie levert naar verwachting een aantal direct toepasbare aanbevelingen op, die leiden tot een hogere N-werking (meer kg droge stof per kg N) en lagere N-verliezen uit dierlijke mest en kunstmest. Dit leidt tot een beter saldo. Deze praktische aanbevelingen zijn op korte termijn in de veehouderijpraktijk toepasbaar. Daartoe worden er in winter 2001/2002 enkele artikelen gepubliceerd in de landbouwwakpers ten behoeve van de melkveehouderijpraktijk.

Daarnaast leidt de studie tot identificatie van perspectiefvolle mogelijkheden om op langere termijn (2-5 jaar) te komen tot een efficiëntere inzet van N bij een lager bemestingsniveau. Op basis hiervan zijn onderzoeksprioriteiten vast te stellen op het gebied van N-bemestingsstrategieën en graslandgebruik.

1.4 AANPAK

De studie bestaat uit een literatuurstudie in combinatie met aanvullende berekeningen naar aanleiding van de literatuurgegevens. In deze studie wordt onder andere aandacht besteed aan de volgende hoofdpunten:

- *optimalisatie toediening van minerale N-meststoffen:*
 - deling van de N-gift eerste snede;
 - voorjaarsmeststoffen; en
 - bemestingstechnieken.
- *optimalisatie toediening dierlijke mest:*
 - mestverdeling over het seizoen;
 - mestbewerking;
 - toevoegmiddelen; en
 - bemestingstechnieken.
- *optimalisatie bemesting en graslandgebruik:*
 - strategie graslandgebruik in voor- en najaar;
 - een eerste snede gras gevolgd door maïs; en
 - gras/klaver.
- *inspelen op actuele weers- en bodemomstandigheden:*
 - N-min diepere ondergrond;
 - advies op basis van actuele groei (onder andere droogte, veel neerslag);
 - verhogen meerwaarde NLV; en
 - afstemming dierlijke mest en kunstmest.

Dit leidt zowel tot direct toepasbare concrete aanbevelingen als tot suggesties die op langere termijn perspectief bieden.

2. OPTIMALISATIE TOEDIENING VAN MINERALE N-MESTSTOFFEN

(auteurs: D.W. Bussink, W.N. Vergeer en G. Holshof)

2.1 VOORJAARSMESTSTOFFEN

2.1.1 *Samenvatting*

Het stikstof(N-)gebruik op grasland via minerale meststoffen daalt continu door ingezet beleid. Dit maakt het belangrijk om meststoffen zo optimaal mogelijk in te zetten en daarbij de N-efficiëntie te verhogen. In het algemeen is de N-efficiëntie van de bemesting in de eerste snede via meststoffen overwegend bestaand uit ammoniumnitraat relatief laag. Door de lange groeiduur van de eerste sneden kunnen dan uitspoelings- of denitrificatieverliezen optreden. Gebruik van meststoffen met een hoger ammoniumaandeel, al dan niet in combinatie met stoffen die de omzetting naar nitraat remmen, biedt mogelijk perspectief. Bijkomend voordeel is dat vooral bij lagere temperaturen planten een voorkeur hebben voor N-opname in de vorm van ammonium. Bovendien stimuleert ammonium de opname van fosfaat (P_2O_5).

Meststoffen met een hoger ammoniumaandeel dan de meest gebruikte meststof kalkammonsalpeter (KAS) zijn

- zwavelzure ammoniak (ZA) met 100 procent ammonium;
- ammoniumsulfaatsalpeter (ASS) met 75 procent ammonium;
- ureum (U) en kalkstikstof met 100 procent ammonium na hydrolyse; en
- NP-meststoffen (DAP >NP20-34> NP-23 > NP26-14 >NP26-7) met 100 tot 54 procent ammonium.

Zwavelzure ammoniak geeft in het voorjaar in het algemeen hogere opbrengsten dan KAS. Deze meststof bevat echter veel zwavel, hetgeen tot te hoge zwavelgiften kan leiden. Teveel zwavel is nadelig voor de opname van spoorelementen. Bovendien werkt de meststof sterk verzurend. Aangeraden wordt om voor de eerste snede niet meer dan 150 kg ha^{-1} meststof te geven en de rest van de N aan te vullen met andere meststoffen of om een blend toe te dienen.

Met ammoniumsulfaatsalpeter wordt minder S gegeven. Ook deze meststof werkt in het voorjaar beter dan KAS. Geadviseerd wordt om niet meer dan 250 kg ha^{-1} product te geven.

NP-meststoffen bevatten meer ammonium naarmate het P-gehalte stijgt, waarbij er tussen leveranciers bovendien ook nog verschillen zijn in ammoniumgehalte bij een zelfde P-gehalte. Indien een minerale P-gift gewenst is kan deze gegeven worden met een NP-meststof met een relatief hoog ammoniumgehalte.

Bij de oudste meststof kalkstikstof moet de N eerst worden omgezet in de ammoniumvorm. Dit gebeurt veelal te langzaam, waardoor de opbrengst achterblijft. Kalkstikstof is op basis van de huidige inzichten niet geschikt als voorjaarsmeststof. Ureum is wereldwijd de belangrijkste minerale meststof. Onder Nederlandse omstandigheden is de N-werking ook in het voorjaar lager dan die van KAS. Dit komt onder andere door het optreden van ammoniak-verliezen. Mogelijk dat het toevoegen van nieuwe, effectieve ureaseremmers aan ureum dit beeld wijzigt. Voor de Nederlandse situatie ontbreken hierover echter de onderzoeksgegevens.

Urean (50 procent ammoniumnitraat en 50 procent ureum) geeft in het voorjaar ongeveer dezelfde opbrengsten als KAS. Deze meststof is echter vloeibaar en dient met een andere techniek te worden toegediend.

Afhankelijk van de nog benodigde aanvulling met overige nutriënten na een basisgift dierlijke mest kan, op basis van ZA, ASS of NP's, veel meer van de

minerale N in de ammoniumvorm worden gegeven, om aldus een hogere opbrengst en daarmee een hogere N-efficiëntie te bewerkstelligen. Dit kan betekenen dat er meerdere meststoffen nodig zijn, waardoor er twee keer gestrooid moet worden of een blend gemaakt dient te worden.

De werking van ammoniumhoudende meststoffen is nog verder te verhogen door toevoeging van een effectieve nitrificatieremmer. Een nieuw ontwikkeld product, DMPP, lijkt perspectief te bieden. Besparingen tot 20 procent op de N-gift zijn mogelijk.

Geconstateerd wordt dat veel van de bovengenoemde bevindingen òf op oude resultaten òf op slechts enkele proeven berusten. Bovendien zijn ze meestal alleen vergeleken ten opzichte van de referentiemeststof KAS. Een vergelijkende proef is daarom aan te raden.

2.1.2 Inleiding

Bij een daling van het N-gebruik is het van groot belang om de toegestane hoeveelheid N zo optimaal mogelijk in te zetten.

Voorjaarsgras wordt hoog gewaardeerd door melkveehouders. In het voorjaar heeft het gras een hoge kwaliteit en is grasland zeer productief. Een hoge productie in het voorjaar geeft verder een stukje zekerheid voor de voederwinning gedurende de rest van het seizoen. Het optimaal benutten van de voorjaarsgroei neemt nog toe nu er in toenemende mate beregeningsbeperkingen gelden. Op veel gronden is daardoor in de zomer geen optimale gewasgroei meer mogelijk. Daarentegen is in het voorjaar de vochtvoorziening veelal geen beperkende factor. Wel is er dan een kans op N-verliezen door uitspoeling en denitrificatie bij gebruik van kalkammonsalpeter (KAS), vanwege een neerslagoverschot en een relatief lange periode tussen bemesten en oogsten van de eerste snede. De N-werking tijdens de groeiperiode van de eerste snede is daardoor vaak niet optimaal, hetgeen mede de relatief hoge N-adviesgiften voor de eerste snede verklaart.

Om de opbrengstderving door lagere N-giften als gevolg van Minas tot een minimum te beperken is het van belang om de N-benutting te verhogen. De introductie van het verfijnde Tsom-advies (Bussink, 1999a) levert hieraan een bijdrage. De invoering van meststoffen met een hoger ammoniumaandeel zou de N-benutting nog verder kunnen verhogen, omdat ammoniummeststoffen minder uitspoelingsgevoelig zijn. Hiermee kunnen mogelijk (ten dele) de effecten van een lagere N-bemesting te niet worden gedaan.

Gangbare meststoffen op grasland zijn overwegend ammoniumnitraathoudende meststoffen, zoals KAS, magnesamon en NP-houdende meststoffen.

Meststoffen met een hoger ammoniumaandeel dan KAS zijn

- zwavelzure ammoniak (ZA) met 100 procent ammonium;
- ammoniumsulfaatsalpeter (ASS) met 75 procent ammonium;
- ureum (U) en kalkstikstof met 100 procent ammonium na hydrolyse; en
- NP-meststoffen (DAP >NP20-34> NP-23 > NP26-14 >NP26-7) met 100 tot 54 procent ammonium.

In het navolgende is weergegeven wat de mogelijkheden zijn van andere meststoffen, waarbij eerst ingegaan wordt op N-bemesting met ammonium en met nitraat (ECETOC, 1994).

2.1.3 Ammonium versus nitraat

Gewassen nemen N overwegend op in de vorm van ammonium (NH_4^+) of nitraat (NO_3^-). Vandaar dat de gangbare meststoffen één van deze of beide vormen

bevat (of verbindingen bevat die vrij snel worden omgezet in ammonium of nitraat).

Een belangrijk verschil tussen bemesting met ammonium en nitraatbemesting is dat ammonium goed wordt geadsorbeerd door organische stof en kleideeltjes. Ammonium is daardoor minder gevoelig voor uitspoeling dan nitraat. Wel is er een zeker risico van ammoniakvervluchtiging bij ammoniumhoudende meststoffen, vooral op basische gronden. Het risico van ammoniakvervluchtiging is afhankelijk van de soort meststof, de temperatuur, het vochtgehalte, de zuurgraad en de hoeveelheid neerslag. Het risico van ammoniakvervluchtiging bij een aantal bekende meststoffen neemt af volgens de reeks ureum>ZA>ASS>KAS. Ureum kan op alle grondsoorten forse ammoniakverliezen geven. Bij ZA en ASS blijft dit risico beperkt tot de kalkrijke gronden. Bij KAS zijn de ammoniakverliezen gering. Dit geldt ook voor de meest gebruikelijke NP-meststoffen op grasland.

Ammonium kan door micro-organismen geoxideerd worden tot nitraat. Dit proces wordt nitrificatie genoemd en leidt tot verzuring van de bodem. De nitrificatiesnelheid is sterk temperatuursafhankelijk. Bij hoge temperaturen is ammonium in een paar dagen omgezet tot nitraat. Bij lage temperaturen en onder natte omstandigheden kan de omzetting meerdere weken duren (Macduff *et al.*, 1985). Zo vond Stevens (1988) bij een temperatuur van 10 °C slechts 20 procent omzetting van ammonium naar nitraat bij het gebruik van ammoniumsulfaat. Hij concludeerde dat bij een temperatuur van 5-10 °C het gebruik van ammonium een voordeel heeft boven het gebruik van nitraat, daar bij lage temperaturen de kans op N-verliezen bij ammonium kleiner is dan bij nitraat. Vandaar dat ammoniumbemesting vooral in het voorjaar in potentie voordelen kan hebben.

Nitraat is mobiel en daardoor gevoelig voor uitspoeling. Bovendien kan nitraat onder natte omstandigheden (waardoor er weinig zuurstof in de grond zit) worden gereduceerd tot nitriet en vervolgens tot stikstofgas (denitrificatie). Bij deze omzetting komt ook het broeikasgas lachgas vrij. Denitrificatie wordt gestimuleerd door gemakkelijk afbreekbare organische stof, een neutrale bodempH en een hoge bodemtemperatuur. Planten kunnen zowel nitraat als ammonium opnemen. Welke van deze vormen wordt geprefereerd hangt van de omstandigheden af. In de volgende sectie wordt hier nader op ingegaan.

2.1.4 Opname van ammonium en nitraat

De vorm waarin gras N opneemt is van groot belang voor de minerale samenstelling van gras. Ammonium is positief geladen. Om elektroneutraliteit te handhaven moet de graswortel positief geladen verbindingen (kationen) afstaan of negatief geladen verbindingen (anionen) opnemen. Bij nitraat doet zich het tegenovergestelde voor.

Een hoge ammoniumopname stimuleert de opname van fosfaat, sulfaat en chloride en remt de opname van kationen als kalium, natrium, calcium en magnesium (kationen- en anionencompetitie). De hogere opname van fosfaat en sulfaat kan de eiwitsynthese stimuleren en daardoor de productie en de kwaliteit van het gewas bevorderen. De verhoging van het chloridegehalte wordt als nadelig gezien, evenals de onderdrukking van de opname van natrium en magnesium. Nitraatopname stimuleert juist de opname van kationen en onderdrukt de opname van anionen. Daarnaast leidt ammoniumopname tot verzuring en nitraatopname tot verbasing. Een ongunstige minerale samenstelling en de sterke verzuring (Van Burg *et al.*, 1982) zijn de belangrijkste redenen waarom een meststof als ammoniumsulfaat niet het jaarrond gebruikt

dient te worden. Daarnaast belemmert veel zwavel de opname van micronutriënten.

Planten hebben een voorkeur voor ammonium. De voorkeur is bovendien afhankelijk van de temperatuur, zoals bleek uit proeven van Clarkson en Warner (1979) met Italiaans en Engels raaigras. Bij lage temperaturen wordt ammonium aanmerkelijk beter opgenomen dan nitraat. Dit verschijnsel is ook waargenomen door onderzoekers van IGER (Anonymus 1981 en 1982). Zo bedroeg bij 3 °C het ammoniumaandeel 93 procent van de totaal opgenomen hoeveelheid en 65 procent bij 25 °C. Vergelijkbare resultaten zijn gevonden door Clarkson *et al.* (1986) en Macduff and Jackson (1991). Bovendien bevordert het ammonium de wortelgroei sterk. Vermoedelijk is er een voorkeur voor ammonium doordat het metaboliseren van ammonium minder energie kost dan dat van nitraat.

De groei van planten wordt ook beïnvloed door ammonium en nitraat. Dit blijkt uit een potproef met 16 gewassen (Sommer & Mertz, 1973) met N-bemesting of alleen als ammonium of alleen als nitraat. Alleen ammoniumvoeding veroorzaakt een sterke groeiremming bij veel Chinese kool, savooiekool, bieten, spinazie en wortelen. Deze remming was het sterkst aan het begin van de groei. Later trad herstel op. Bij gerst, rogge, maïs, bladrammenas en zonnebloem was de opbrengst bij ammoniumbemesting hoger dan bij nitraatbemesting. Ook Van Diest (1976) heeft de effecten van ammonium- en nitraatvoeding voor verschillende gewassen bestudeerd. Uit deze proeven valt af te leiden dat de grasproductie toeneemt naarmate het aandeel ammonium in de N-voorziening toeneemt. Wel lijkt er een zeker optimum te zijn tussen 50 en 100 procent ammonium. Uit proefveldonderzoek van Geens *et al.* (1991) kwam naar voren dat bij lage temperaturen (1e snede) er een groeiremming optrad indien de N-opname van gras voor meer dan 90 procent uit ammonium bestond. In de tweede snede had de verhouding ammonium/nitraat geen invloed op de opbrengst.

Opname van ammonium bevordert de opname van P₂O₅ (kation- en anioncompetitie). Daarnaast werkt ammonium verzurend, waardoor de beschikbaarheid van P₂O₅ in het voorjaar (op het moment dat de grond nog koud is) kan toenemen. Dit is recentelijk nog eens aangetoond door Gahoonia *et al.* (1992) in een potproef. Calciumfosfaten in grond en in meststoffen worden daardoor beter oplosbaar. Anderzijds hangt het van de grondeigenschappen af of calciumfosfaten of aluminium/ijzerfosfaten de overheersende vorm zijn. Onder de pH-condities zoals die in Nederland op (zand-)gronden voorkomen zijn aluminium/ijzerfosfaten de overheersende vorm. Een lagere pH leidt dan tot een lagere P₂O₅-beschikbaarheid, zoals blijkt uit de studie van Den Boer *et al.* (2001). Netto lijkt echter de P₂O₅-opname bevorderende werking (kation- en anioncompetitie) belangrijker te zijn dan de verzuring, want voorjaarsproeven met ZA leiden in het algemeen tot een iets hoger P-gehalte in het gras in vergelijking tot KAS. Nu ook de minerale P₂O₅-bemesting ter discussie staat met de invoering van Minas, pleit dit ook voor meststoffen met een hoger ammoniumgehalte.

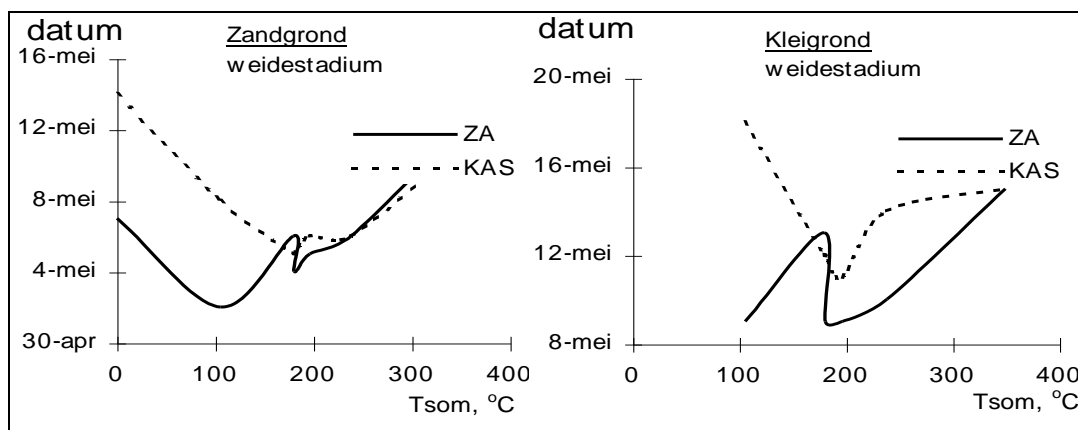
2.1.5 ZA als voorjaarsmeststof

2.1.5.1 De drogestofopbrengst

Tot in de jaren dertig was ZA in Nederland de meest gebruikte N-meststof. De sterk verzurende werking van ZA en de teruggang in de botanische samenstelling bij jaarrond gebruik van ZA hebben echter voor een massale omschakeling gezorgd van ZA naar KAS (Van Burg *et al.*, 1982; Frankena & De Wit, 1958). In de jaren zestig is opnieuw onderzoek gedaan naar het effect van

ZA als voorjaarsmeststof. In deze paragraaf wordt de opbrengst van de eerste snede vergeleken bij bemesting met ZA of met KAS.

Van Burg (1963) kwam in 1961 tot de conclusie dat door toediening van ZA in plaats van KAS, de N-verliezen konden worden beperkt. Als reden werd genoemd dat ammonium veel minder snel uitspoelt dan nitraat. Omdat het voorjaar van 1961 zeer nat was, werd de proef in 1962 opnieuw uitgevoerd op zandgrond en op kleigrond. Hierbij werd na een N-gift van 150 kg ha^{-1} de datum bepaald waarop de drogestofopbrengst het weidestadium van 2 ton ds ha^{-1} had bereikt.



FIGUUR 2.1. Datum waarop een opbrengst van 2 ton ds ha^{-1} werd bereikt na een gift van 150 kg N ha^{-1} op verschillende T_{som} -tijdstippen (Van Burg, 1963).

Uit figuur 2.1 blijkt dat het zowel op zand- als op kleigrond in de meeste gevallen voordelig was om voor de eerste snede ZA toe te dienen in plaats van KAS. De grafieken laten zien dat bij bemesting met ZA de optimale T_{som} zeker 50 eenheden lager is dan bij bemesting met KAS. Tevens valt op dat in 1962 ZA over een groot traject (tussen T_{som} 50 en 250) betere resultaten geeft dan wanneer KAS op T_{som} 200 werd gegeven. In de grafiek is verder een knik te zien, die waarschijnlijk het gevolg is van een vorstperiode bij T_{som} 180. Wanneer de N tijdens de vorstperiode werd gegeven, was dat vooral bij ZA nadelig voor de opbrengst. Van Burg (1963) schreef deze opbrengstderving toe aan bladverbranding, wat een lagere spruitdichtheid tot gevolg had.

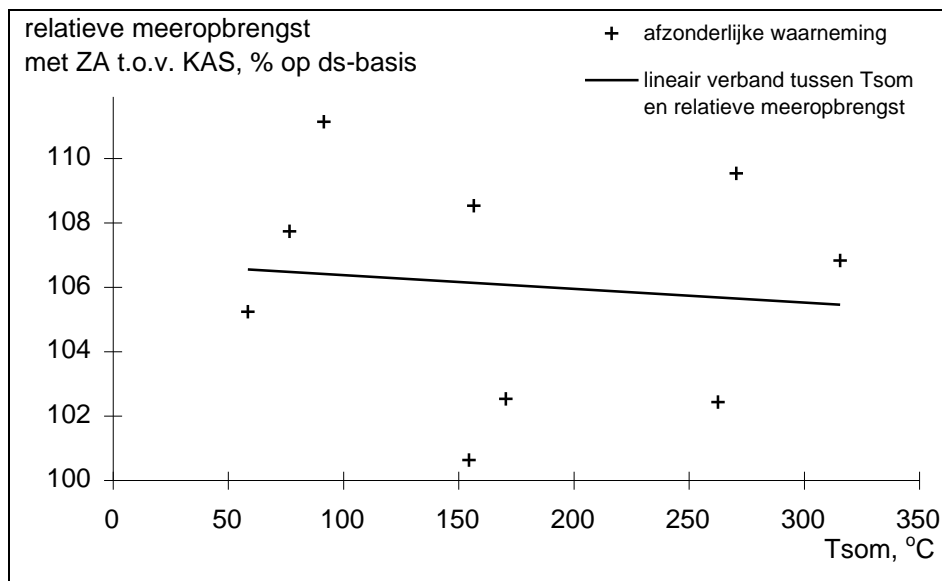
In tabel 2.1 wordt aangegeven wat de invloed was van de bemesting met ZA en KAS tijdens de vorstperiode (22 februari 1962) op het aantal spruiten. Dit verschijnsel werd ook bij twee proeven in 1960 (Van Burg, 1961a) waargenomen bij een ZA-bemesting begin maart. De bladverbranding was vooral te wijten aan het feit dat ZA in die tijd een poedermeststof was. Hierdoor bleef er meststof op het gras liggen. Tegenwoordig is ZA gekorrelde verkrijgbaar, waardoor bladverbranding niet meer te verwachten is.

TABEL 2.1. Invloed van N-bemesting en soort N-meststof op het aantal spruiten per 69 cm^2 (gemiddelde van 5 bepalingen) op 6 april 1962 (Van Burg, 1963).

Bemesting	zandgrond	kleigrond
geen N	46	41
ZA	41	30
KAS	58	38

Van 1963-1965 is onderzoek verricht bij drie niveaus van ZA- en KAS-bemesting: 0, 70 en 140 kg N ha^{-1} . Bij een gift van 70 kg N ha^{-1} (Oostendorp & Boxem, 1964, 1965; Boxem, 1966) gaf ZA een significante meeropbrengst van 6 procent (figuur 2.2). Dit komt overeen met $110 \text{ kg ds ha}^{-1}$. Het verschil in N-opbrengst was in

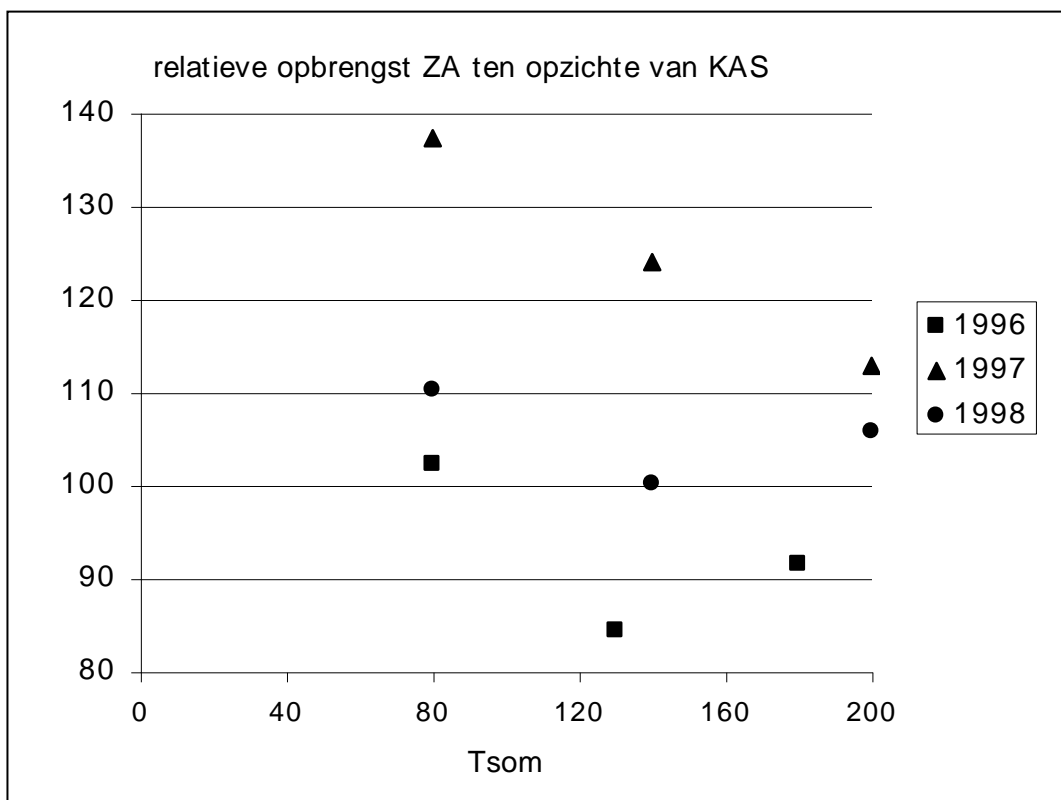
hetzelfde onderzoek in relatieve zin een fractie groter dan het verschil in drogestofopbrengst. Uit hetzelfde onderzoek komt tevens naar voren dat de verschillen kleiner waren wanneer 140 kg N ha^{-1} was gegeven. Deze laatste giftgrootte zal over een paar jaar niet meer voorkomen vanwege Minas.



FIGUUR 2.2. Relatieve meeropbrengst met ZA ten opzichte van KAS bij bemesting met 70 kg N ha^{-1} , bij verschillende waarden van de T_{som} , gemiddeld over de jaren 1963-1965 op zandgrond.

Bij veel onderzoek uit die tijd correspondeert de opbrengst waarbij is geoogst niet met de opbrengst die op basis van het nieuwe N-advies past bij de N-gift. Ook is er in het begin van de jaren zestig nog geen relatie gelegd tussen de N-bemesting in het voorjaar en de T_{som} . Verder blijkt uit recent onderzoek (Van Boxel & Cammeraat, 1999) dat in Nederland de neerslag is toegenomen met ongeveer $0,87 \text{ mm jaar}^{-1}$. Dit komt overeen met 35 mm in de afgelopen 40 jaar. De verwachting is dat deze trend zich voortzet. Dit zou kunnen betekenen dat het voorjaar nu gemiddeld duidelijk natter is dan 40 jaar geleden en dat er nu meer reden is om ammoniumhoudende meststoffen toe te passen.

Tussen 1996 en 1998 heeft NMI een aantal proeven uitgevoerd met gekorrelde ZA en KAS. Daarbij is vooral gekeken naar het effect van vroeg bemesten. Naarmate er vroeger werd bemest was de opbrengst met ZA hoger (figuur 2.3), met uitzondering van 1996. Dit was een jaar waar het proefveld slecht de winter uitkwam met als gevolg een slechte graszode en veel open plekken. In feite bleef de opbrengst met ZA redelijk constant in het traject T_{som} 80–200.



FIGUUR 2.3. De relatieve meeropbrengst met ZA ten opzichte van KAS bij vroeg bemesten (niet gepubliceerde NMI-proeven).

Het gebruik van de meststof ZA is niet op alle gronden aan te bevelen. Op kalkrijke gronden geeft ZA een hoge ammoniakemissie, doordat calciumionen reageren met sulfaat tot gips. Daarnaast ontstaat ammoniumcarbonaat hetgeen een hoge potentie heeft voor ammoniakvervluchtiging (Van Schreven, 1956; ECETOC, 1994).

2.1.5.2 De minerale samenstelling

Het gebruik van ZA kan de minerale samenstelling van het gras negatief beïnvloeden. Bij een N-gift van 150 kg ha^{-1} was het K-gehalte in het gras hoger bij ZA- dan bij KAS-bemesting, indien de drogestof- en N-opbrengst hoger waren bij bemesten met ZA. Het Mg-gehalte bleef gelijk. Een extra MgO-gift met kieseriet kon dit nadelige effect voor een groot deel opheffen. Het onderzoek van Boxem (1967) geeft echter aanwijzingen dat dit effect alleen optreedt bij een hoge N-gift in het voorjaar. Proeven uit de jaren 1964 en 1965 lieten namelijk zien dat het K-gehalte in gras, na bemesten met 70 kg N ha^{-1} als ZA, lager was dan bij KAS (tabel 2.2). De Mg-, Na- en Ca-gehalten bleven op hetzelfde niveau. Verder waren het P- en het S-gehalte in het gras licht verhoogd. Voor P is dit ook te verwachten, zoals eerder is aangegeven.

In een overzicht van proeven uit binnen- en buitenland geven Van Burg *et al.* (1982) aan dat in de verschillende proeven uiteenlopende gehalten van de specifieke kationen (K, Mg, Ca en Na) en anionen (vooral P) worden gevonden. Er is dus geen eenduidigheid of bemesten met ZA in het voorjaar beter of slechter is voor de minerale samenstelling van het gras. Verder concluderen zij dat ZA-bemesting een verlagend effect heeft op het NO_3 -gehalte van het gras in vergelijking met KAS-bemesting.

Wel leidt ZA-bemesting tot een hoger S-gehalte van gras, vanwege het hoge S-gehalte van ZA. Een gift van 100 kg N ha^{-1} betekent 115 kg S ha^{-1} . Ook het S-

gehalte in latere sneden zal duidelijk hoger zijn. Voor een optimale grasproductie is gedurende het seizoen 40-50 kg S ha⁻¹ nodig. Teveel S leidt tot een slechtere opname van micronutriënten door het gras en tot een slechtere benutting in het dier. Bovendien hebben proeven uitgewezen dat een hoeveelheid van 25-30 kg S ha⁻¹ (bij voorkeur verdeeld over de eerste twee sneden) voldoende is om tekorten in de S-voorziening van gras op te heffen (Bussink, 2000). Het teveel aan S zal uiteindelijk uitspoelen naar het grondwater en leidt tot een verhoging van de hardheid van grondwater.

TABEL 2.2. Gemiddelde mineralengehalten bij bemesten met 70 kg N ha⁻¹ op een Tsom van circa 75, 163 en 294, gemiddeld over 1964 en 1965 (Van Burg *et al.*, 1982).

Tsom	meststof	gehalten in % van de droge stof							
		N	P	K	Mg	Na	Ca	Cl	S
75	ZA	3,06	0,45	2,64	0,17	0,26	0,59	1,10	0,32
	KAS	3,06	0,41	2,68	0,17	0,25	0,59	1,14	0,28
163	ZA	3,10	0,44	2,71	0,17	0,24	0,63	1,13	0,36
	KAS	3,10	0,45	2,79	0,17	0,25	0,61	1,22	0,32
294	ZA	3,22	0,45	2,84	0,17	0,24	0,60	1,18	0,35
	KAS	3,18	0,44	3,02	0,17	0,24	0,61	1,20	0,30

2.1.5.3 De verzurende werking

Het gebruik van ZA is destijds gestopt vanwege de verzurende werking van deze N-meststof en het feit dat het een poedermeststof betrof. Deze verzurende werking was in de jaren dertig vooral te wijten aan het jaren achtereen gebruiken van ZA gedurende het hele jaar. In proeven uit de periode 1930 tot 1950 werd naast een pH-daling van 0,5 eenheid als gevolg van het gehele jaar toedienen van ZA, ook een verslechtering gevonden van de botanische samenstelling. In de jaren zestig is de verzurende werking van ZA opnieuw onderzocht bij voorjaarsbemesting met 150 kg N ha⁻¹. Van Burg (1963) vond een duidelijke pH-verlaging van de grond direct na de eerste snede en een jaar later (tabel 2.3).

TABEL 2.3. De pH-verandering van de grond na een eerste snede gift van 150 kg N ha⁻¹ als ZA en KAS ten opzichte van geen N-bemesting (Van Burg *et al.*, 1963).

Meststof	pH-verandering ten opzichte van geen N-bemesting	
	direct na eerste snede (op basis van 5 proeven)	een jaar na voorjaarsgift (op basis van 2 proeven)
ZA	—0,2	—0,3
KAS	0	0

Boxem (1967) vond bij een voorjaarsgift van 70 kg N ha⁻¹ uit ZA een pH-daling van 0,1 tot 0,5 eenheden (gemiddeld 0,25 eenheid). Naarmate het humusgehalte hoger was, was pH-daling door ZA-bemesting geringer. De proeven gaven geen aanwijzing inzake een veranderende botanische samenstelling. Het gebruik van ZA voor de eerste snede leidt dus tot een hogere kalkbehoefte, overeenkomend met ruwweg 500-1000 kg CaO ha⁻¹ eens in de drie jaar. Dit hangt onder andere af van de overige bemestingen gedurende het jaar.

2.1.6 ASS als voorjaarsmeststof

De meststof ASS bestaat in feite voor de helft uit ammoniumnitraat en voor de helft uit ammoniumsulfaat. Qua eigenschappen zal ASS dan ook tussen ZA en KAS in liggen. Er zijn maar weinig Nederlandse proefresultaten van deze meststof bekend. NMI-proeven in 1998 en 1999 lieten zien dat ASS-bemesting een hogere opbrengst van de eerste snede gaf in vergelijking tot KAS (tabel 2.4). In beide jaren is er in de groeiperiode van de eerste snede beduidend meer neerslag gevallen dan normaal. Onder natte omstandigheden biedt deze meststof dus duidelijk voordelen ten opzichte van KAS. Wel leidde dit tot hoge S-giften (tot 65 kg S ha⁻¹).

TABEL 2.4. De drogestofopbrengst van de eerste snede bij bemesting met ASS en KAS op zandgrond ($p < 0.05$), kg ha⁻¹.

Behandeling	1998* (120 kg N ha ⁻¹)		1999 (130 kg N ha ⁻¹)	
	KAS	ASS	KAS	ASS
geen dunne rundermest	4286 ^a	5198 ^c		
dunne rundermest	4414 ^a	4772 ^b	3050 ^a	3344 ^b

* Minerale bemesting: 23-2, oogst: 12-5. Neerslag tussenliggende periode: 173 mm.

* Minerale bemesting: 24-3, oogst: 7-5. Neerslag tussenliggende periode: 101 mm.

2.1.6.1 NP-meststoffen

Gangbare NP-meststoffen voor grasland zijn NP26-7, NP26-14, NP23-23 en NP20-20. Indien voor de eerste snede (naast de dierlijke mestgift) nog een bemesting met minerale P-meststoffen nodig is, dan kunnen deze het beste worden toegediend via NP's. Onderzoek heeft uitgewezen dat dit meestal de best werkzame P-meststoffen zijn voor grasland. Eén van de oorzaken hiervoor kan zijn het iets hogere ammoniumaandeel in NP-meststoffen in vergelijking tot KAS. De kans op N-verliezen is hierdoor kleiner dan bij gebruik van KAS. In de praktijk zijn NP26-7 en NP26-14 de meest gebruikte meststoffen. De NP-meststoffen kennen kleine verschillen in ammoniumgehalte per meststofftype. Indien een bepaalde type past bij de bedrijfsvoering kan de ondernemer van zijn leverancier de variant vragen met het hoogste ammoniumgehalte.

TABEL 2.5. De samenstelling van een aantal NP-meststoffen.

Meststof	samenstelling in %				NH ₄ -N in % van totaal N
	P ₂ O ₅	totaal N	NO ₃ -N	NH ₄ -N	
NP26-7	7	26	12	14	54
NP26-14	14	26	10,3–12	15,7–14	54–60

NP20-20	20	20	8,5	11,5	58
NP23-23	23	23	7,6–9,5	15,4–13,5	59–67
NP20-34	34	20	6	14	70

2.1.6.2 Praktische invulling 1^e snede met ammoniumhoudende meststoffen

Een hoger ammoniumaandeel in meststoffen heeft veelal een positief effect op de opbrengst van de eerste snede. De vraag is nu hoe dit praktisch gezien te realiseren is. Immers met producten als ZA en ASS dient men ervoor te zorgen niet teveel zwavel aan te voeren. Bij gebruik van NP-meststoffen dient men er vervolgens voor te zorgen om niet te veel P aan te voeren. Ureum kan een te grote kans op ammoniakverliezen geven (zie verderop). Van kalkstikstof zijn weer onvoldoende gegevens voor handen onder de huidige omstandigheden. Realisatie van een hoger ammoniumaandeel zonder teveel S of P is mogelijk door meststoffen te blenden. Een voorbeeld is hieronder uitgewerkt.

Door de aanscherping van Minas zal de N-jaargift op grasland (uit mest en kunstmest) dalen naar 275 tot 300 kg N ha⁻¹. Op grond van de adviesbasis voor de bemesting daalt het N-niveau voor de eerste weide- en maaisnede naar respectievelijk ongeveer 80 en 100 kg N ha⁻¹. Veelal wordt voor de eerste snede dunne rundermest toegediend. De hoeveelheid dunne rundermest en de P-toestand bepalen of er nog een aanvullende minerale P₂O₅-gift nodig is. Voor de in tabel 2.6 gearceerde situaties is geen aanvullende minerale P₂O₅-gift nodig. Indien met ZA wordt bemest is voor de gearceerde situaties nog een kleine aanvulling met KAS of magnesamon gewenst (tabel 2.7). Daarbij wordt aangeraden om niet meer dan 150 kg ZA ha⁻¹ te gebruiken, om zodoende niet te veel zwavel te geven (35 kg S ha⁻¹). Voor de overige, niet gearceerde situaties is aanvulling met KAS+TSP of met een NP-meststof gewenst (tabel 2.8). Het aandeel ammonium via minerale meststoffen bedraagt via deze strategie ruwweg 80-90 procent.

TABEL 2.6. De resterende P-behoefte na de bemesting voor de eerste snede met dunne rundermest.

P-toestand	P-behoefte, kg P ₂ O ₅ ha ⁻¹	drm voor de 1 ^e snede, m ³ ha ⁻¹			
		0	20	25	30
L	110	110	92	87,5	83
VL	70	70	52	47,5	43
V	45	45	27	22,5	18
RV	25	25	7	2,5	
H	15	15			

TABEL 2.7. De resterende behoefte aan KAS (kg N ha⁻¹) bij een gift van 150 kg ZA ha⁻¹ (=36 kg S ha⁻¹) en wisselende hoeveelheden dierlijke mest en een N-niveau van 80 kg N ha⁻¹ voor de gearceerde velden van tabel 2.6.

P-toestand	drm voor de 1 ^e snede, m ³ ha ⁻¹			
	0 {0} [*]	20 {27}	25 {34}	30 {40}
L				
VL				
V				
RV			15 (84)	8 (90)
H		22 (80) ^{**}	15 (84)	8 (90)

* de N-werking van dierlijke mest in de eerste snede (kg N ha⁻¹).

** het totale percentage ammonium met minerale meststoffen.

TABEL 2.8. De mogelijke invulling van de resterende N- en P-behoefte na een gift van 150 kg ZA ha⁻¹ (=36 kg S ha⁻¹) en wisselende hoeveelheden dierlijke mest bij een N-niveau van 80 kg N ha⁻¹ voor de niet gearceerde velden van tabel 2.6.

P-toestand	drm voor de 1 ^e snede, m ³ ha ⁻¹			
	0 {0} [*]	20 {27}	25 {34}	30 {40}
L	TSP+KAS of NP20-34	TSP+KAS	TSP+ ^{**}	TSP + ^{**}
VL	TSP+KAS of NP20-34	NP20-34	TSP+ ^{**}	TSP + ^{**}
V	NP23-23	NP23-23	NP20-34	TSP + ^{**}
RV	NP26-14	NP26-7	**	**
H	NP26-7	KAS	**	**

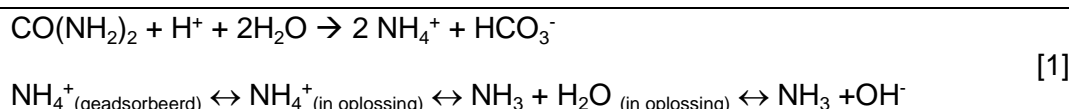
* de N-werking van dierlijke mest in de eerste snede (kg N ha⁻¹).

** om praktische reden zullen resterende giften van 15 en 8 kg N ha⁻¹ niet met KAS worden opgevuld, maar ook met AS, ondanks dat dit leidt tot een hogere S-bemesting.

Bij toepassing van ASS voor de situatie van tabel 2.6 is er alleen voor een situatie zonder dierlijke mest nog 17 kg N ha⁻¹ aanvulling gewenst, indien maximaal niet meer dan 35 kg S ha⁻¹ wordt gegeven via ASS. Deze kan gegeven worden als KAS+TSP of via een NP-meststof. Voor alle andere situaties kan met ASS voldoende N worden gegeven. De aanvulling van de benodigde hoeveelheid P₂O₅ dient dan met TSP te geschieden (niet met super omdat dit ook S bevat). Het aandeel ammonium bedraagt bij overwegend ASS-bemesting ongeveer 75 procent. Een combinatie van ZA of ASS met KAS of TSP of een NP is waarschijnlijk als een blend te verstrekken. Op deze manier kan het ammoniumaandeel van de meststof duidelijk worden verhoogd.

2.1.7 Ureum als voorjaarsmeststof

Wereldwijd is ureum (U) de belangrijkste N-meststof (bijna 50% van het totaal), vanwege de relatief lage prijs, het hoge N-gehalte en de geschiktheid bij bepaalde teelten. Belangrijke beperkingen voor het gebruik van U zijn het risico van ammoniakverliezen (vgl. 1), de daarmee samenhangende onzekere werking en de bodemverzuring. In Nederland is U geen gangbare meststof.



Tussen 1954 en 1972 (Van Burg & Rauw, 1972) zijn veel proeven met ureumbemesting uitgevoerd. In het algemeen was de werking van U lager dan die van KAS, ook in het voorjaar. Wel was er een groot verschil tussen de

individuele proeven, hetgeen vooral veroorzaakt werd door de hoeveelheid neerslag.

In eerste snede proeven van Boxem (1967) bedroeg de relatieve werking van U ten opzichte van KAS op basis van drogestofopbrengst gemiddeld 86 procent bij een gift van 70 kg N ha⁻¹. Prins *et al.* (1988) vonden een relatieve werking van 86 procent bij proeven in de periode 1970-1973. Latere proeven van NMI in de jaren 1987, 1988 en 1989 gaven een veel hogere relatieve werking van 97 procent. Het bleek dat deze schijnbare stijging in werking terug te voeren was op de weersomstandigheden (neerslag en temperatuur) na bemesten (Bussink & Oenema., 1996). Er kon zelfs een model worden ontwikkeld (Bussink & Oenema., 1996), dat op basis van de neerslag en de temperatuur de eerste drie dagen na kunstmesttoediening de keuze maakt tussen KAS en U. Met het model is vastgesteld dat het voor de eerste en tweede snede slechts eenmaal in de respectievelijk vijf en zeven jaar voordelig is voor de veehouder om U toe te dienen in plaats van KAS. Dit is gebaseerd op de weernormalen over de periode 1960-1990. De indruk bestaat dat de voorjaren natter zijn geworden, waardoor het verschil tussen U en KAS mogelijk minder groot is geworden. Dit verdient nadere toetsing. Het verschil in N-efficiëntie tussen U en KAS wordt vooral veroorzaakt door het grotere risico van ammoniakverliezen bij toepassing van U, hetgeen ook blijkt uit onderzoek van Velthof *et al.* (1990). Daarnaast kan onder zeer natte omstandigheden U ook uitspoelen.

Een verbetering van de N-benutting van ureum zou kunnen optreden middels een gedeeltelijke vervanging in de minerale meststofkorrel van ureum-N door N in een andere vorm. Ter verkrijging van een nieuwe ammoniummeststof kan bijvoorbeeld ureum-N worden vervangen door ZA-N of zouten. Zo leidde in laboratoriumproeven toevoeging van magnesiumsulfaat aan ureum tot een duidelijke verlaging van de ammoniakemissie (Von Rheinbaben, 1987). Verwacht wordt dat de N-respons daarmee toeneemt. Garrett (1987) heeft een meststof ontwikkeld die bestond uit een mix van ammoniumnitraat, ureum, ammoniumsulfaat en dolomiet (13,8% N als ureum, 10,5% N als ammoniumnitraat, 2,1% als ammoniumsulfaat en 7,6% calcium als dolomiet). De meststof bevatte 26 procent N, waarvan 80 procent in de ammoniumvorm. In veldproeven in Ierland bleek deze meststof gelijkwaardig of beter dan KAS. Mogelijk is deze meststof ook perspectiefvol in Nederland in het vroege voorjaar. Oenema en Velthof (1993) hebben de ammoniakemissie onderzocht van ureum, ureas-5S (80% ureum en 20% AS) en ureas-10S (60% ureum en 40%AS). Bij een gift van 100 kg N ha⁻¹ gaven ureas-5S en ureas-10S respectievelijk 40 en 60 procent emissiereductie ten opzichte van ureum. Op kalkrijke gronden leidde toepassing van deze meststoffen tot hogere emissies. Ook zijn wel proeven uitgevoerd waarin ureum is gemengd met ammoniumnitraat, zodanig dat een granulaire product werd verkregen. Het bleek dat de werking van een dergelijk product op basis van een 1:1 menging (gewichtsbasis) midden tussen dat van alleen ureum en alleen KAS in lag (Watson, 1987). Mogelijk biedt het toevoegen van additieven (ureaseremmers) perspectief (zie verderop), al dan niet in combinatie met nitrificatieremmers voor meststoffen die voor een belangrijk deel uit ureum bestaan.

2.1.8 Urean als voorjaarsmeststof

Urean is een vloeibare meststof die voor 50 procent uit ureum en voor 50 procent uit ammoniumnitraat bestaat. Bussink (1999b) heeft een overzicht gegeven van de werking van urean op grasland. Op jaarbasis is de graslandopbrengst in het algemeen lager dan die bij bemesting met KAS. Gemiddeld is zo'n 35-40 kg N ha⁻¹ extra nodig bij het gebruik van urean. De lagere opbrengst met urean werd vooral veroorzaakt door N-verliezen via ammoniakvervluchtiging. In het vroege

voorjaar zou dit mee kunnen vallen. Echter recente proeven in 1998 en 1999, uitgevoerd door het PV, laten zien dat de opbrengst met ureanbemesting ook in de eerste snede achterblijft bij die met KAS (Van der Mheen, 2001).

Op basis van deze beperkte informatie lijkt urean vooralsnog geen zinvol alternatief te zijn als specifieke voorjaarsmeststof. Omdat urean vloeibaar is moet het met andere apparatuur worden toegediend, bijvoorbeeld met de veldspuit of met een strokenbemester. De voor- en nadelen hiervan worden verderop in dit rapport besproken.

In aanvullend onderzoek is na te gaan wat de waarde van ureanbemesting is in het vroege voorjaar. Mogelijk biedt ook het toevoegen van additieven (ureaseremmers) perspectief (zie verderop), al dan niet in combinatie met nitrificatieremmers voor meststoffen die voor een belangrijk deel uit ureum bestaan.

2.1.9 Kalkstikstof

De oudste synthetische N-meststof is kalkstikstof (CaCN_2). Het bevat 20 procent N en 50 procent CaO. Kalkstikstof is een langzaamwerkende N-meststof met een herbicide werking. De productiekosten van deze meststof zijn relatief hoog. Daardoor is het een duurdere meststof dan de meest gangbare meststof: KAS. Momenteel wordt kalkstikstof dan ook niet gebruikt op grasland. Dit zou kunnen veranderen. Gebruik van KAS in het voorjaar geeft een kans op nitraatverliezen en denitrificatie. Uit de literatuur is bekend dat dit voor kalkstikstof veel minder het geval is.

In 1997 heeft NMI een proef uitgevoerd waarin kalkstikstof is vergeleken met KAS. Bij een basisbemesting met dierlijke mest bleef de opbrengst van de 1^e snede bij gebruik van kalkstikstof duidelijk achter bij die bij gebruik van KAS. De verwachte nawerking van kalkstikstof leidde niet tot hogere opbrengsten in de tweede snede. Wel was de N-benutting significant hoger (cumulatief over 2 sneden 60 procent tegen 68 procent). Dit duidt erop dat de N uit kalkstikstof te laat tot werking is gekomen. Mogelijk geeft een vroege toediening van N een beter resultaat.

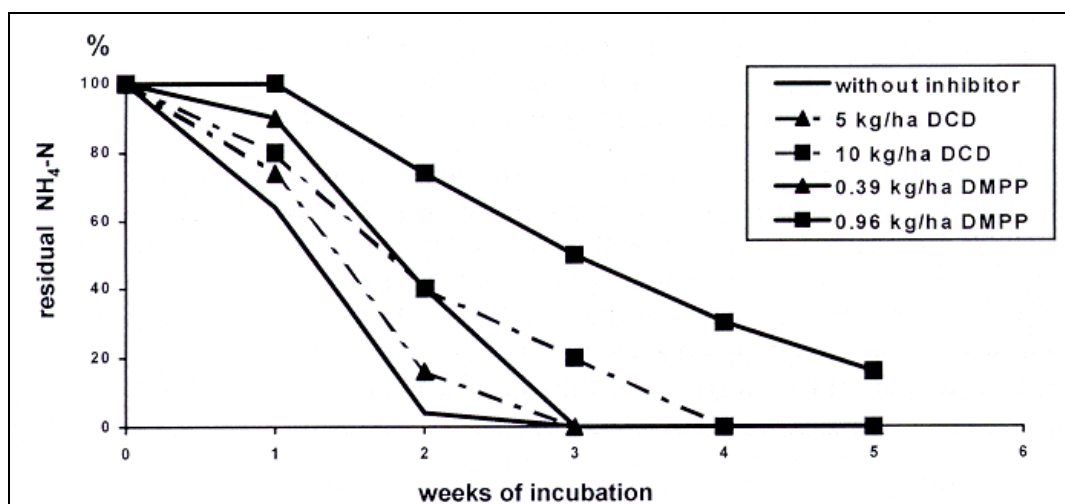
2.1.10 Ammoniumhoudende meststoffen plus een nitrificatieremmer

Minerale meststoffen bevatten ammonium of nitraat. In het voorjaar bestaat er risico van nitraatuitspoeling. Bij ammoniumhoudende meststoffen is dit risico kleiner, omdat daartoe de ammonium eerst moet worden omgezet naar nitraat. Dit risico is nog verder te beperken indien er additieven zijn die de omzetting van ammonium naar nitraat remmen. Vanaf de vijftiger jaren heeft dit geresulteerd in onderzoek naar nitrificatieremmende stoffen. Dit heeft geleid tot honderden stoffen met een potentiële nitrificatieremmende werking (Hauck, 1980; Slangen en Kerkhof, 1984). Echter, het merendeel van deze stoffen was niet geschikt voor een praktische toepassing, vanwege of een te korte actieve periode van deze stoffen, het optreden van phyto-toxiciteit of vanwege ecologische bezwaren. Daarnaast zijn niet alle stoffen met een bewezen werking (McCarty & Bremner, 1989 en McCarty, 1999) verder uitgetest om op grote schaal te worden ingezet. Tot dusver zijn maar twee stoffen op grote schaal commercieel toegepast. Dit zijn Nitrapyrin (2-chloro-6-(trichloromethyl)pyrimidine) en dicyaandiamide ($\text{C}_2\text{H}_4\text{N}_4$). Nitrapyrin heeft een hoge dampspanning. Deze remmer wordt dan ook vooral gebruikt bij vloeibare meststoffen die worden geïnjecteerd (ammoniakinjectie). Nitrapyrin wordt eigenlijk alleen in de USA gebruikt. In Nederland is het gebruik van Nitrapyrin zelfs verboden. DCD wordt vooral in Europa gebruikt en mag sinds 1982 ook in Nederland worden gebruikt. Beide remmers zijn uitgebreid beproefd zoals blijkt uit de review van Slangen en Kerkhof (1984).

DCD is goed in water oplosbaar en kan door dierlijke mest worden gemengd. Eind jaren 80 en begin jaren 90 zijn hiermee vrij veel proeven verricht. Daarnaast zijn er minerale meststoffen verkrijgbaar die DCD bevatten. In Nederland verkrijgbaar zijn dat onder andere Alzon 25 en Basammon Stabiel. Deze meststoffen zijn identiek en bevatten 4,8 procent nitraat-N, 18,2 procent ammonium-N en 2 procent DCD (Anonymus 2000). De meststoffen bevatten 16 procent S.

Van beide meststoffen zijn vrij weinig proefresultaten voor Nederlandse omstandigheden bekend. In veeljarige proeven van het PPO leidde gebruik van Alzon tot een licht positief effect op de knolopbrengst en het uitbetalingsgewicht van fabrieksaardappelen op zandgronden en een sterk positief effect op de knolopbrengst >55 mm, ten opzichte van KAS (Titulaer, 1986, 1987a, 1988 en 1989). Het gebruik van Alzon bij snijmaïs leidde gemiddeld niet tot een opbrengstverhoging in vijf veldproeven (Schröder, 1990). Proefgegevens op grasland zijn er niet. Mogelijk dat deze meststoffen daar iets gunstiger uitpakken, omdat grasland in de regel vroeger wordt bemest dan fabrieksaardappelen en snijmaïs.

Recentelijk is een nieuwe nitrificatieremmer ontwikkeld, DMPP (dimethylpyrazolofosfaat). Deze nieuwe remmer is onder laboratoriumomstandigheden een stuk effectiever dan DCD (figuur 2.4)



FIGUUR 2.4. Nitrificatiesnelheid van 10,5 mg ammonium-N per 100 g grond, toegediend als ASS bij verschillende hoeveelheden van de nitrificatieremmers DCD en DMPP (Zerulla *et al.*, 2000).

Proeven hebben bevestigd dat de nitraatuitspoeling bij toepassing van deze stof in ammoniumhoudende meststoffen sterk afneemt (Zerulla *et al.*, 2000). Toevoeging van DMPP aan ASS (Entec26) gaf bij groentegewassen gemiddeld 10 procent meeropbrengst ten opzichte van ASS (Zerulla *et al.*, 2000). Proeven met DMPP op grasland zijn nog slechts zeer beperkt uitgevoerd. In 1999 is door NMI één proef uitgevoerd. In deze proef werd Entec26 vergeleken met ASS en KAS, bij een N-niveau van 130 kg N ha⁻¹ (inclusief een basisbemesting met dunne rundermest van 20 m³ ha⁻¹). Het bleek dat de opbrengst met Entec26 significant hoger was dan met ASS en KAS (tabel 2.9). Op grond van deze gegevens lijkt Entec26 dus een veelbelovende meststof te zijn.

TABEL 2.9. De drogestofopbrengst van de eerste snede bij bemesting met KAS, ASS en Entec26 ($p < 0,05$), kg ha⁻¹.

Behandeling	drogestofopbrengst 1 ^e snede, kg ha ⁻¹
KAS	3.050 ^a

ASS	3.344 ^b
Entec26	3.781 ^c

Uit hetzelfde onderzoek blijkt dat toevoeging van DMPP aan mest ook de nitrificatiesnelheid van ammonium in mest beperkt. Bovendien blijkt ook de nitrificatiesnelheid van later toegediende minerale meststoffen nog geremd te worden.

2.1.11 Ureum plus een ureaseremmer

De wereldwijd meest gebruikt meststof, ureum, wordt in Nederland vrijwel niet gebruikt vanwege het risico van N-verliezen. Dit leidt in het algemeen tot een lagere N-werking. Om deze verliezen te beperken is wereldwijd veel onderzoek gedaan naar de mogelijkheden om deze te beperken door toepassing van ureaseremmers. De filosofie daarbij is dat de omzetting van ureum naar ammonium een tijdlang wordt geremd. Gedurende deze periode kan het ureum door neerslag inspoelen in de bodem. Zodra dan de ureumhydrolyse op gang komt is het gevaar voor ammoniakemissie geweken.

Recentelijk heeft Watson (2000) een review geschreven over de perspectieven van ureaseremmers. Zeer veel producten zijn de afgelopen jaren getest. De meest effectieve ureaseremmers behoren tot de categorieën van de phosphoryldi- en tri-amides, structurele analogieën van ureum (voorbeelden zijn thio-urea, phenylurea, N-(n-butyl)thiophosphoric triamide). Als één van de meest effectieve remmers is N-(n-butyl)thiophosphoric triamide (nBTPT) naar voren gekomen. Begin jaren 90 is daar ook in Europa (Noord-Ierland) onderzoek naar gedaan. Vastgesteld is dat nBTPT de ammoniakemissie al in lage doseringen (0,01-0,05%) sterk remt (Watson *et al.*, 1990 en 1994). Bij een bemestingsproef in juli bleek er geen verschil te zijn in grasopbrengst tussen bemesting met ureum+nBTPT en KAS (Watson *et al.*, 1990). De opbrengst met alleen ureum was daarentegen 9 procent lager. Bij jaarrond bemesting bleek er ook geen verschil in opbrengst te zijn tussen ureum+nBTPT en KAS (Watson *et al.*, 1994), bij nBTPT-toevoegingen die varieerden tussen 0,01 en 0,5%. Ook de N-recovery was vergelijkbaar in het traject 0,01-0,25% nBTPT. Alleen toevoeging van 0,5% nBTPT leidde tot een lagere N-recovery. Watson (2000) suggereert dat een toevoeging van 0,1% voldoende is.

De vraag die resteert is hoe ureum+nBTPT zich verhoudt tot KAS bij alleen voorjaarstoediening. De remming van ureaseactiviteit in combinatie met lage temperaturen betekenen dan een lage emissie. Anderzijds kan ureum net als nitraat vrij gemakkelijk uitspoelen, zolang het niet is omgezet naar ammonium. Bovendien betekent een effectieve remming van de ureaseactiviteit dat initieel geen ammonium of nitraat aanwezig is voor opname door het gras. In de praktijk zal dit geen probleem zijn, daar vrijwel altijd een basisgift dierlijke mest wordt gegeven met direct beschikbaar ammonium. Verder zijn plantenwortels in staat om ook ureum op te nemen (Bollard *et al.*, 1968 en Harper, 1984), indien er geen nitraat of ammonium aanwezig is. De opname is dan echter wel beduidend lager dan die van ammonium.

De dosering van nBTPT dient dus zodanig te zijn dat de omzetting naar ammonium een tijdlang geremd wordt (bijvoorbeeld twee weken), maar niet te lang vanwege het risico van uitspoeling en een te geringe beschikbaarheid van N voor de graswortel.

De verwachting is dat bij voorjaarsgebruik een dergelijke meststof, met een juist gehalte aan nBTPT, effectiever is dan KAS vanwege het uiteindelijk beschikbaar komen van 100 procent ammonium, zonder een groot deel van de ammoniak te verliezen. Bovendien zou een positief effect nog verder gestimuleerd kunnen

worden door aansluitend ook de nitrificatie te remmen. Dit zou mogelijk kunnen door de nitrificatieremmer toe te voegen aan de meststof of aan de dierlijke mest.

2.1.12 Aanbevelingen

- De praktijk wordt aangeraden om meer aandacht te besteden aan de voorjaarsbemesting van grasland en de daarbij te kiezen meststoffen. Meststoffen met een hoger aandeel ammonium dan KAS zijn perspectiefvol. De omvang van de positieve effecten zijn slecht gekwantificeerd. Aanvullend onderzoek naar de waarde van ASS, AS, NP's, ureum, urean, kalkstikstof en enkele nieuwe meststoffen is gewenst om een verantwoorde keuze te kunnen maken.
- Toetsing van ammoniumhoudende meststoffen met een nitrificatieremmer als voorjaarsmeststof voor grasland. De remmer DMPP worden daarbij de meeste perspectieven toegedicht
- Toetsing van het perspectief van ureum (of ureumhoudende meststoffen) plus de ureaseremmer nBTPT als voorjaarsmeststof op grasland, al dan niet in combinatie met een nitrificatieremmer.

Tips:

- Gebruik in het voorjaar bij voorkeur meststoffen met meer dan 50 procent ammonium. Meststoffen waar dit mee kan zijn ASS, ZA, NP's, ureum, urean en kalkstikstof. Vooral ASS, ZA en NP's kunnen leiden tot hogere opbrengsten in vergelijking tot KAS. Anders gezegd leiden deze meststoffen tot minder opbrengstdaling bij het dalen van de N-gift als gevolg van Minas. Het gebruik van ureum, urean of kalkstikstof is op basis van de huidige kennis niet of nauwelijks zinvol.
- Let er bij het gebruik van ASS en ZA op dat niet teveel S wordt aangevoerd om eventuele problemen met een slechte micronutriëntenvoorziening te voorkomen. Strooi dan zondig twee keer (een keer met ASS of ZA en een keer met KAS of NP's) of maak gebruik van een blend.
- ZA en ASS werken (sterk) verzurend. Het is dan zaak om de pH-toestand van de grond in de gaten te houden.
- Gebruik ZA en ASS bij voorkeur niet op kalkrijk kleigrasland, vanwege een verhoogd risico van ammoniakvervluchtiging, of op grasland met een hoge natuurlijke S-voorziening.
- Ammoniumhoudende meststoffen met een nitrificatieremmer kunnen de N-benutting nog verder verhogen. Op basis van beperkte informatie lijkt Entec26 (ASS met een nitrificatieremmer) in dit opzicht het meeste perspectief te bieden.

2.2 STIKSTOFDELING IN HET VOORJAAR

2.2.1 *Samenvatting*

Proeven uit het begin van de jaren zestig geven aanwijzingen dat deling van de N-gift voor de eerste snede gemiddeld tot hogere opbrengsten kan leiden in vergelijking met een eenmalige N-gift. De bemesting betrof alleen kunstmest en de hoogte van de gift was gemiddeld 104 kg N ha⁻¹. Een gedeelde N-gift lijkt de speelruimte voor de vroege bemesting in het voorjaar te vergroten. Deze bevindingen zijn echter gebaseerd op een gering aantal proeven. Bovendien zijn deze conclusies getrokken op basis van onderzoek van 35 tot 40 jaar geleden. Het is de vraag of deze uitkomsten niet achterhaald zijn. Anderzijds geeft recent Tsom-onderzoek van NMI aan dat er geen verschillen zijn in optimale Tsom tussen begin jaren zestig en eind jaren tachtig. Op dit moment zijn er echter onvoldoende en bovendien geen recente gegevens beschikbaar om N-deling te introduceren in de praktijk. Aanvullend onderzoek is nodig om het optimale tijdstip te bepalen van de eerste en de tweede bemesting bij N-deling voor de eerste snede. Tevens dient daarbij vastgesteld te worden hoe de totale N-gift over de eerste en tweede bemesting verdeeld dient te worden.

2.2.2 *Inleiding*

De bemesting voor de eerste snede is erop gericht om zo vroeg mogelijk in het voorjaar het gewenste opbrengststadium van het gras te bereiken. Dit betekent op tijd bemesten met voldoende N. Uit onderzoek van Woldring (1975) en van Postmus (1978-1983) is gebleken dat het juiste tijdstip van de N-gift in het voorjaar niet ligt bij een bepaalde, scherp begrensde Tsom, maar in een traject lopende van 180 tot 280 bij vroeg gebruik en van 180 tot 340 bij laat gebruik van het grasland. Dit is nader onderzocht door Bussink (Bussink, 1999a) en in het najaar van 2000 uitgewerkt tot een Tsom-adviesmodule die op internet draait. Toepassen van deze module leidt tot een verbetering van de N-benutting in het voorjaar. Door de verdere aanscherping van Minas blijft het van belang om te zoeken naar aanvullende mogelijkheden om de N-benutting in het voorjaar te verbeteren.

Het verdelen van de N-gift in het voorjaar over twee kleinere giften zou het risico van N-verliezen kunnen verlagen en zodoende de N-benutting van de gift kunnen verhogen. Het effect van een N-deling in het voorjaar uit zich in het tijdstip dat het geplande opbrengststadium van de eerste snede wordt bereikt of in een hogere opbrengst bij oogsten op hetzelfde tijdstip.

2.2.3 *Selectie uit onderzoek in de jaren 1958-1960*

Onderzoek naar het effect van een N-deling in het voorjaar is voor het grootste deel verricht in de periode 1958-1962, toen nog niets bekend was over de relatie tussen de N-gift in het voorjaar en de Tsom. Als minerale meststof werd KAS gebruikt met 26 procent N (KAS-26). In die tijd werd geconcludeerd dat een gedeelde N-gift gemiddeld geen vroegere eerste snede opleverde dan een eenmalige vroege gift (Oostendorp & Boxem, 1963; Van Burg, 1961a en 1961b). Indien de resultaten uit de jaren zestig naast meer recent proefmateriaal worden gelegd (Tsom-onderzoek, huidige bemestingsadviesbasis, etc.) lijken destijds gemaakte conclusies achterhaald te zijn onder andere vanwege het te laat toedienen van de tweede N-bemesting bij N-deling. Daarom is het zinvol de onderzoeksresultaten opnieuw te bekijken, nu in samenhang met

- a) de Tsom; en
- b) de uitgangspunten van het huidige bemestingsadvies.

In totaal zijn over het hele land 11 verschillende eerste snede proeven met N-deling uitgevoerd. In deze proeven is steeds een eenmalige gift vergeleken met een gedeelde gift voor de eerste snede. In totaal waren er van 318 proefveldjes gegevens beschikbaar. Vaak bleek dat de eerste N-gift bij deling al te laat was toegediend (na Tsom 250). De tweede gift werd dan na Tsom 400 toegediend. Dat destijds de conclusie is getrokken dat N-deling geen voordelen opleverde, is dan ook niet verwonderlijk. Uit het totaal aan proefveldjes zijn op basis van de huidige inzichten met betrekking tot de Tsom en de bemestingsadvisering de nu nog relevante proefveldjes geselecteerd op basis van de navolgende criteria:

1. De Tsom op het tijdstip van de eenmalige N-gift en van de eerste gift bij de N-deling (te noemen: de vroege gift) moet lager zijn dan 250.
2. De Tsom op het tijdstip van de tweede gift bij de N-deling (te noemen: de late gift) moet liggen tussen Tsom 200 en 400.
3. De drogestofopbrengst van de eerste snede moet hoger zijn dan 1.500 kg ha⁻¹.
4. Aan de verschillende grondsoorten zijn, op basis van de gegevens van het bijbehorend grondonderzoek, NLV-klassen toegekend. Alleen die proefonderdelen zijn meegenomen waarvan de N-gift en de gerealiseerde opbrengst overeenkomen met het huidige N-advies (Vellinga, 1998) voor een bepaalde opbrengstklasse.

In bijlage 1 is de totale lijst van alle proefvelden met N-deling voor de eerste snede weergegeven met daarbij de reden vermeld waarom proefonderdelen buiten beschouwing zijn gelaten. In tabel 2.10 is aangegeven hoe het totaal aantal uitgevoerde proeven in de jaren 1958-1962, 1984 en 1985 is gereduceerd van 318 proefveldjes tot de 26 proeven die op dit moment nog relevant zijn voor een vergelijking tussen een eenmalige en een gedeelde N-gift.

TABEL 2.10. Totstandkoming van het aantal relevante proefveldjes als gevolg van selectie op Tsom vroege gift, Tsom late gift en drogestofopbrengst.

Jaar	aantal veldjes voor selectie	aantal veldjes buiten criterium van:			aantal veldjes afgevallen	aantal veldjes na selectie
		Tsom vroege gift	Tsom late gift	drogestofopbrengst totaal		
1958	2	2	2	2	2	-
1959	6	6	6	6	6	-
1960	135	16	57	57	105	13
1961	104	72	88	92	85	3
1962	69	3	-	3	54	9
1984	1	-	-	-	-	1
1985	1	-	-	-	1	-
Totaal	318	99	153	160	253	26

Zoals uit tabel 2.10 is op te maken zijn de gegevens van de helft (160) van de proefveldjes niet relevant doordat de N is gegeven op een Tsom die buiten het criterium valt. Op 153 proefveldjes is de late N-gift gegeven na Tsom 400. Naast de proefveldjes die afvallen door het Tsom-criterium, vallen nog eens 132 proefveldjes af, doordat is geoogst voor of na het opbrengststadium dat op basis van het huidige N-advies hoort bij de hoogte van de N-gift. Uiteindelijk resteren nog slechts 26 proefveldjes die, gezien de huidige kennis over N-bemesting, relevant zijn voor een onderzoek naar de mogelijkheden van een N-deling in het voorjaar. Dit zijn de proeven van Oostendorp & Keuning (1960), Van Burg (1961a en 1961b), Oostendorp & Boxem (1963) en Postmus (1984).

2.2.4 Vergelijking eenmalige en gedeelde N-gift in het voorjaar op basis van onderzoek uit het verleden

Uit het voorgaande is gebleken dat minder dan 10 procent van de uitgevoerde proeven met N-deling in het voorjaar nu nog relevant is. Om toch een indruk te krijgen van het effect van een N-deling, zijn op basis van dit materiaal gemiddelde opbrengsten berekend. In tabel 2.11 zijn de resultaten weergegeven, uitgesplitst per

- grondsoort;
- jaar; en
- snedezwaarte.

Er zijn voor snedezwaarte drie categorieën gekozen: een weidesnede ($< 2.000 \text{ kg ds ha}^{-1}$), een lichte maaisnede ($2.000\text{--}2.500 \text{ kg ds ha}^{-1}$) en een normale maaisnede ($2.500\text{--}3.000 \text{ kg ds ha}^{-1}$).

TABEL 2.11. Tsom ($^{\circ}\text{C}$), N-gift (kg ha^{-1}), opbrengst (kg ds ha^{-1}) en N-opbrengst (kg ha^{-1}) voor de eenmalige en de gedeelde N-gift in het voorjaar, uitgesplitst per grondsoort en per jaar.

Jaar/ grond- soort/ snede	aantal proef- veldjes	Tsom		N-gift			ds-opbrengst		N-opbrengst	
		vroege gift	late gift	een- malige gift	1 ^e deling	2 ^e deling	een- malige gift	ge- deelde gift	een- malige gift	ge- deelde gift
zand	16	189	334	118	36	83	2.192	2.316	71	79
klei	6	211	339	95	30	65	2.140	2.219	66	70
veen	4	173	313	60	30	30	1.728	1.773	58	59
weide	15	185	336	87	32	55	1.710	1.923	60	67
maaien	7	188	330	118	31	87	2.236	2.;157	76	76
licht maaien normaal	3	222	322	153	50	103	3.053	3.093	94	106
1960	13	195	337	102	33	68	2.106	2.056	74	77
1961	3	118	380	105	35	70	1.860	2.283	-	-
1962	9	211	311	103	30	73	2.141	2.357	58	67
1984	1	192	300	140	70	70	2.600	2.670	-	-
totaal	26	191	332	104	34	70	2.109	2.210	67	73

De behandeling, eenmalige of gedeelde gift, die de hoogste opbrengst gaf is in tabel 2.11 steeds vet weergegeven. De gestelde Tsom-criteria leiden tot een gemiddelde Tsom van respectievelijk 191 en 332 op het moment van de vroege gift en de late gift. Het gestelde opbrengstcriterium resulteert in een N-gift van 104 kg ha^{-1} , die gepaard gaat met een gemiddelde opbrengst van bijna $2.200 \text{ kg ds ha}^{-1}$. Op basis van het N-advies van 1998 hoort bij de opbrengstklasse $2.000\text{--}2.500 \text{ kg ds ha}^{-1}$ een N-gift van 109 kg ha^{-1} , uitgaande van een NLV van 180. Hiermee vormen de overgebleven 26 proeven dus een reële basis voor een vergelijking.

Uit het totaal van 26 proeven blijkt dat bij de N-deling het accent steeds heeft gelegen op de late gift. Gemiddeld is met de vroege en de late gift respectievelijk 34 en 70 kg N ha^{-1} gegeven (eenderde : tweederde). Het resultaat van de N-deling is dat de snedeopbrengst gemiddeld $100 \text{ kg ds ha}^{-1}$ hoger ligt dan bij eenmalige N-bemesting (4,8 procent). Het relatieve verschil in N-opbrengst tussen wel en geen deling is gemiddeld 6 kg N ha^{-1} . De N-benutting nam dus toe met gemiddeld 5,8 procent. De positieve effecten van deling zijn geldig voor alle grondsoorten, maar manifesteren zich het sterkst op zandgrond gevolgd door

achtereenvolgens klei en veen. Dit is ook wel te verwachten, daar zandgrond het meest uitspoelingsgevoelig is.

Op grond van de uitsplitsing in jaren lijken de jaarinvloeden groot en geeft deling van de N-gift niet altijd een hogere opbrengst. De 13 proefveldjes die overbleven uit 1960 laten een iets lagere opbrengst zien bij de gedeelde N-gift in vergelijking met de eenmalige gift. De proeven in 1961 en 1962 resulteerden in grote opbrengstverschillen ten voordele van de gedeelde N-gift. De proef in 1984 gaf geen grote verschillen in opbrengst.

Om een indruk te krijgen van de oorzaak van de verschillen tussen jaren, zijn in tabel 2.12 de neerslaggegevens in het voorjaar van 1960, 1961 en 1962 weergegeven rond het moment van bemesten van de vroege en de late gift. De vermelde neerslag voor het jaar 1961 (breed Tsom-traject) is het gemiddelde van de neerslag van de geselecteerde proeven.

TABEL 2.12. Tsom-traject (°C) waarbinnen grotendeels is bemest en de gemiddelde hoeveelheid neerslag (mm) in de periode van 8 dagen voor en na de toediening van de vroege en de late N-gift in 1961, 1962 en 1963.

Jaar	vroege N-gift			late N-gift		
	Tsom-traject	neerslag		Tsom-traject	neerslag	
		8 dagen voor gift	8 dagen na gift		8 dagen voor gift	8 dagen na gift
1960	180-240	12	1	310-380	1	15
1961	70-180	20	27	380	10	36
1962	190-225	5	8	270-350	32	20

Op het moment van de vroege Tsom is de opname van N door het gras lager en de kans op verliezen hoger dan op het moment van de late Tsom. De 36 mm neerslag acht dagen na de late gift in 1961, zal daarom minder gevolgen hebben gehad voor de drogestof- en de N-opbrengst dan de 27 mm na de vroege gift. Verder blijkt uit tabel 2.12 dat in 1960 de omstandigheden bij de vroege gift zeer gunstig waren (voldoende neerslag voorafgaand aan de bemesting en vrijwel geen neerslag na de bemesting).

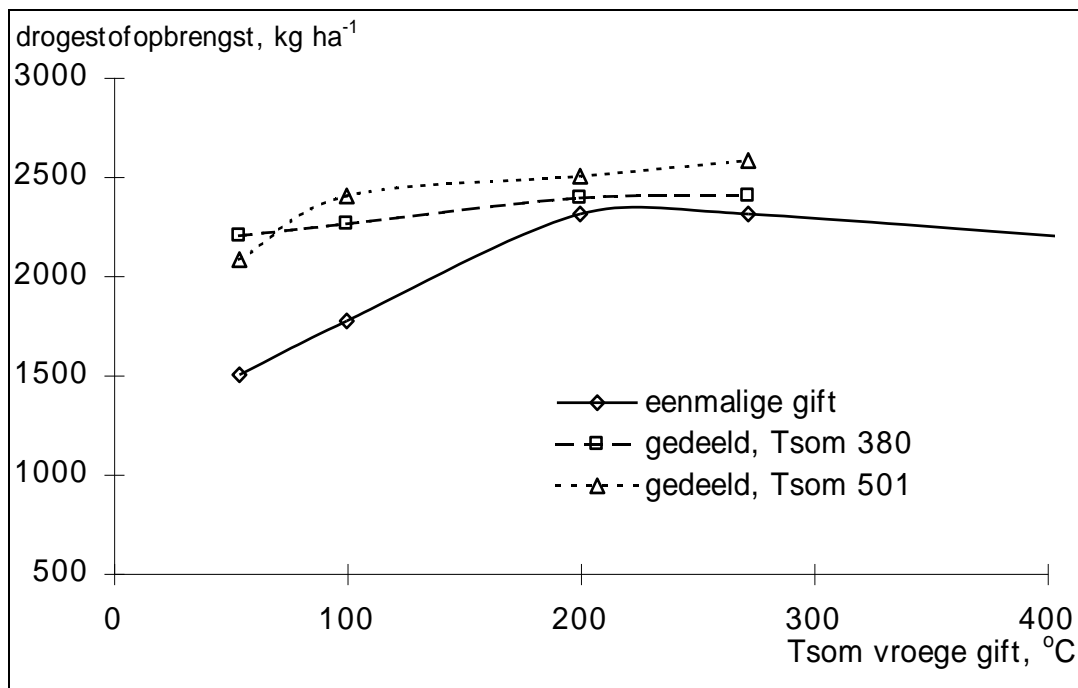
Het beloop van de drogestofopbrengst in 1960 geeft hetzelfde weer: een opbrengstpiek op Tsom 220 (Oostendorp & Keuning, 1960; Van Burg, 1961a; Bussink, 1999a). Het feit dat bij de gedeelde gift in 1960 op dit piekmoment gemiddeld slechts 34 van de 104 kg N ha⁻¹ is gegeven is een verklaring voor de lagere opbrengsten bij de gedeelde gift in 1960. De grote hoeveelheid neerslag acht dagen na de vroege N-bemesting in 1961 kan verklaren dat in dat jaar de gedeelde N-gift betere resultaten gaf dan de eenmalige.

2.2.5 Effect van vervroegen van de vroege gift bij N-deling

Indien deling van de N-gift in het voorjaar het uitgangspunt wordt, is het interessant te weten of het zinvol is de vroege gift verder te vervroegen naar een Tsom lager dan 200. In de praktijk gaat zo'n vervroeging alleen op indien het land dan ook goed berijdbaar is. Met het onderzoek uit 1961 (Van Burg, 1961b) is het effect van deling van de N-gift voor verschillende tijdstippen van toediening van de eerste gift getoetst op zandgrasland (13,7 procent humus en 7 procent afslibbaar). De opzet was als volgt:

1. Een eenmalige gift van 105 kg N ha⁻¹ en een vroege eerste gift van 35 kg N ha⁻¹ bij deling. Deze giften zijn toegediend op vier Tsom-tijdstippen tussen 50 en 300.
2. Bij deling werd de tweede gift van 70 kg N ha⁻¹ gegeven op twee Tsom-tijdstippen en wel 380 en 501.

Volgens het huidige N-advies heeft het proefveld uit 1961 een NLV van 180. In deze situatie komt een N-gift van 105 kg overeen met bemesten voor een streefopbrengst van 2.000-2.500 kg ds ha⁻¹. Deze opbrengst werd bereikt op 2 mei bij Tsom 828. In figuur 2.5 staan de resultaten weergegeven.



FIGUUR 2.5. Drogestofopbrengst eerste snede na een eenmalige en een gedeelde N-gift van in totaal 105 kg ha⁻¹ in het voorjaar (Van Burg, 1961b).

Bij de eenmalige bemesting was de drogestofopbrengst het hoogst bij toediening van de N op Tsom 200. Een deling van de N-gift, waarbij de tweede gift van 70 kg N ha⁻¹ werd gegeven op Tsom 380 of 501, had een positief effect op de drogestofopbrengst. Hoewel de neerslag in februari en maart gemiddeld was en er geen zware neerslag plaatsvond lijkt het erop dat een deel van de N bij de twee vroegste tijdstippen van bemesting verloren is gegaan. Verder valt op dat er een vrij breed optimaal traject is van ongeveer Tsom 100 tot Tsom 300 voor toediening van de eerste gift bij deling. Indien dit algemeen zou zijn, dan is dit een gunstige ontwikkeling. De toediening van de eerste gift kan dan over een grotere tijdsperiode worden gespreid, hetgeen de flexibiliteit van de bedrijfsvoering ten goede komt.

2.2.6 Conclusies en aanbevelingen

De volgende conclusies zijn te trekken:

- Op basis van geselecteerd proefmateriaal uit begin jaren 60 blijkt dat deling van de N-gift in het voorjaar gemiddeld tot een hogere opbrengst leidt in vergelijking met een eenmalige N-gift.
- Een gedeelde N-gift vergroot mogelijk de speelruimte in de praktijk voor de vroege bemesting in het voorjaar.
- De bevindingen zijn gebaseerd op een gering aantal proeven.

Gezien de laatste conclusie is meer experimentele onderbouwing nodig, voordat er praktische aanbevelingen voor de praktijk mogelijk zijn. Aanvullend onderzoek is dus gewenst. Daarbij dienen de volgende vragen beantwoord te worden:

1. Biedt N-deling perspectief bij toepassing in de huidige landbouwpraktijk?
2. Kan met N-deling de optimale bemestingsperiode voor het realiseren van een vroege eerste snede in het voorjaar worden vergroot? Dit komt neer op het

beantwoorden van de vraag "Wat is het optimale tijdstip(straject) voor de vroege en de late N-gift voor de eerste snede?"

3. Hoe dient de N-gift te worden verdeeld over het vroege en het late tijdstip?
4. Biedt N-deling perspectieven voor een differentiatie in meststoffen met de voorjaarsgift?
5. Biedt N-deling de mogelijkheid om lage adviesgiften voor de tweede snede (15 kg of lager) op te tellen bij de late gift voor de eerste snede?
6. Kan de huiver van veehouders voor een vroege N-bemesting worden weggenomen door het delen van de voorjaarsgift?

Met betrekking tot de derde vraag is uit oud onderzoek niet duidelijk waarom er gekozen is voor een verhouding eenderde vroeg, tweederde laat. Indien N-deling perspectief biedt, dan zou de vroege gift kunnen bestaan uit een specifieke voorjaarsmeststof met een hoog ammoniumgehalte.

Met betrekking tot vraag 5 doet zich nu in de praktijk de situatie voor dat de adviesgift voor twee snede soms erg laag is. Dit komt vooral voor indien de eerste snede is bemest met dierlijke mest, waarbij er een duidelijke nawerking is in de tweede snede.

Verwacht wordt dat N-deling tot een hogere N-benutting leidt. Dit is gewenst nu door de invoering van Minas de N-bemesting omlaag moet.

2.3 BEMESTINGSTECHNIEKEN MINERALE MESTSTOFFEN

2.3.1 *Samenvatting*

Goed bemesten vergt aandacht voor de techniek van bemesten en hoe er mee om wordt gegaan in de praktijk. De gangbare techniek is korrelstrooien met centrifugaal- of pendelstrooiers. Sinds kort is vloeibare bemesting via de strokentechniek of druppelen met de veldspuit ook mogelijk. Het blijkt dat vloeibare bemesting een aantal voordelen heeft ten opzichte van korrelstrooien. Zo is de verdeling iets nauwkeuriger, de dosering is beter in overeenstemming met de gewenste hoeveelheid, het bemesten van randen gaat beter. Deze voordelen zijn voor een groot deel op te heffen door te zorgen voor een goed afgestelde kunstmeststrooier, een juiste overlap van de stroibanen, het beschikbaar hebben van een doseerunit op de kunstmestsilo of een weeginrichting op de strooier en het toepassen van kantstrooiapparatuur. Het toedienen van kleine giften is mogelijk met zowel korrelstrooiers als vloeibare bemesters. Bij de eerste vergt dat de keuze van meststoffen met een lager N-gehalte; bij de laatste betekent het dat de meststof dient te worden verdund met water. Bedrijfseconomisch gezien zijn lage giften vaak niet interessant. Vloeibare bemesting heeft ook een aantal nadelen. De meest gebruikte vloeibare meststof, urean, heeft een lagere N-werking dan de gangbare N-meststof KAS. Bovendien treden er forse ammoniakverliezen op. Deze nadelen zijn mogelijk op te heffen door het gebruik van additieven, hetgeen echter kostprijsverhogend werkt. Verder is het lastiger om alle nutriënten via vloeibare bemesting toe te dienen, vanwege problemen bij de menging van meststoffen. Vloeibare bemesting stelt hoge eisen aan de opslagfaciliteiten op het boerenerf en bij de handelaar. Tot slot blijkt dat vloeibare bemesting als bedrijfssysteem in het algemeen duurder is dan korrelbemesting. Er is een aantal zaken die bij korrelstrooien zijn te verbeteren. Middels een gerichte campagne/folder kan hier aandacht aan worden besteed.

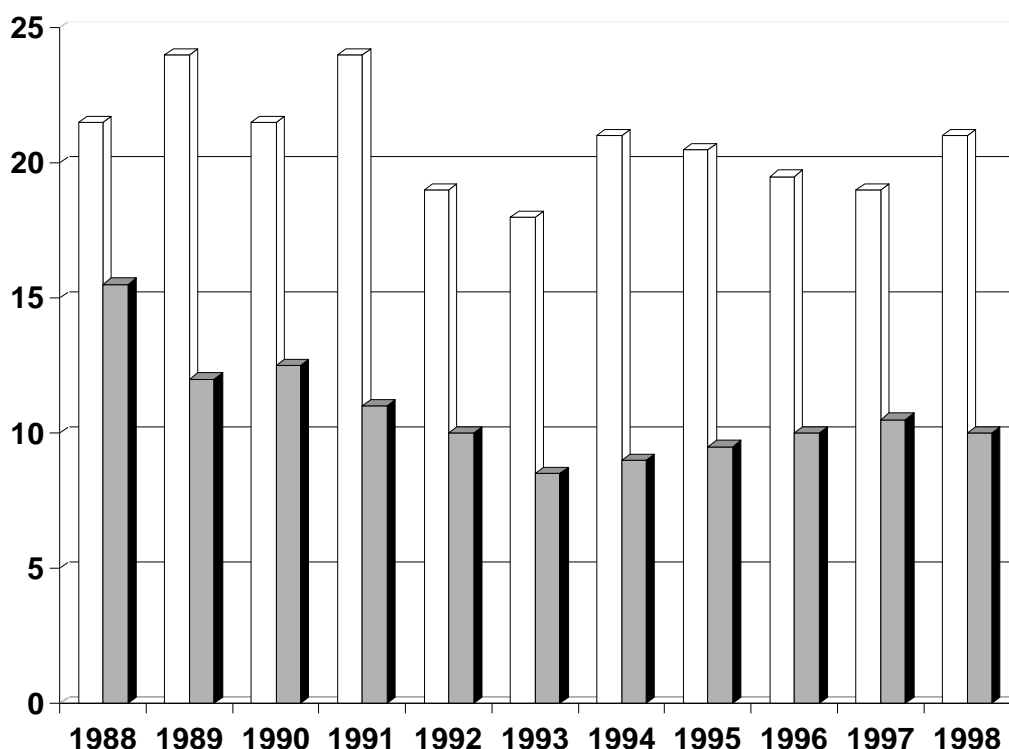
2.3.2 *Algemeen*

Bemesten op maat met minerale (N-)meststoffen betekent toediening op het juiste tijdstip met de juiste hoeveelheid en de juiste techniek. Met betrekking tot het laatste zijn er verschillende technieken om vaste meststoffen (korrels) en vloeibare meststoffen toe te dienen. Niet alleen de techniek is van belang, maar ook hoe men in de praktijk omgaat met de techniek. Voor korrelmeststoffen worden in de praktijk centrifugaal- of pendelstrooiers gebruikt. Een enkele keer wordt ook wel een pneumaat toegepast. Vloeibare meststoffen zijn toe te dienen met een veldspuit of met een strokenbemester. Injectie van vloeibare meststoffen komt ook voor. Voorbeelden hiervan zijn ammoniakinjectie (in de aardappelteelt) en injectie met de spaakwielinjector. De spaakwielinjector bevat 4 spaakwielen per meter. Per wiel zijn zoveel spaken aanwezig dat per 0,15 m een spaak de grond indringt. Bij deze puntinjectie bedraagt de afstand tussen de punten dus 0,25 m in de breedte en 0,15 m in de lengte. Deze techniek wordt vooral in Zweden en Duitsland gebruikt, met name in de graan- en koolzaadteelt op grote percelen. In Nederland worden minerale meststoffen overwegend in vaste vorm toegediend. Toedienen van vloeibare meststoffen komt beperkt voor, maar staat wel volop in de belangstelling, vanwege een mogelijk betere verdeling van de meststoffen en een exacte dosering. Dit zou tot een besparing op de N-gift kunnen leiden. Bovendien zijn kleine N-giften mogelijk, waardoor adviezen beter zijn op te volgen en is kantstrooien eenvoudiger. Op termijn zijn via vloeibare bemesting mogelijk zelfs urineplekken te ontzien, hetgeen eveneens tot een besparing op de N-gift kan leiden. Naast deze mogelijke pluspunten zijn er duidelijke nadelen met betrekking tot de agronomische aspecten, de logistiek, de

handling en de inpassing als een compleet alternatief voor de gehele bemesting op het veehouderijbedrijf (dus niet alleen N). In dit hoofdstuk is recent NMI-onderzoek (Bussink, 1999b) en PV-onderzoek (Van der Mheen, 2001) naar vloeibare bemesting samengevat en vergeleken met de tot dusver gangbare praktijk.

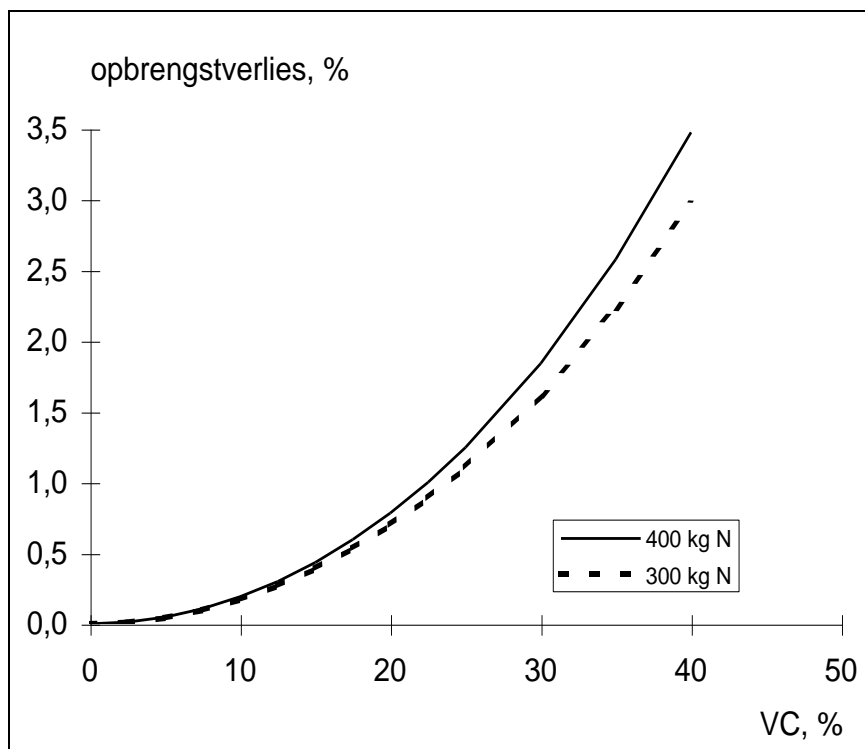
2.3.3 Verdeling meststoffen

Op veel bedrijven is de afstelling van kunstmeststrooiers (variatiecoëfficiënt (VC) groter dan 20 procent) slecht (Van der Mheen 2001). Door de strooiapparatuur regelmatig opnieuw af te stellen is de VC terug te brengen tot beneden de 10 procent, zo blijkt uit cijfers van de Strooier Test- en Afstel-service (figuur 2.6).



FIGUUR 2.6. De variatiecoëfficiënt (y-as) voor (wit) en na afstellen (grijs) van kunstmeststrooiers in de rundveehouderij door de Strooier Test- en Afstel-Service van DSM over een periode van 10 jaar.

Met goed afgestelde korrelstrooiapparatuur, bij een juist gebruik van de strooier en een juiste overlapping van de strooibanen, blijven de opbrengstverliezen als gevolg van een niet optimale verdeling in de lengte- en breedterichting dan beperkt. In figuur 2.7 is als voorbeeld het resultaat van een berekening voor productief zandgrasland weergegeven. Daarbij is de veronderstelling gemaakt dat bij alle sneden het strooi patroon identiek is en dat er op dezelfde manier wordt gereden. De in figuur 2.7 weergegeven opbrengstverliezen zijn in lijn met die van Spielman (1979). Het blijkt dat de opbrengstverliezen zeer beperkt zijn, veelal minder dan 1 procent (= 150 kg droge stof ha⁻¹). Pas bij VC's boven de 30 procent bedraagt het verlies meer dan 2 procent. Dit sluit aan bij bevindingen van Van der Mheen (2001). Hij heeft bij een analyse van het strooibeeld van één snede van 12 praktijkbedrijven berekend dat de slechte verdeling 2,5 procent opbrengst kost. Overigens kunnen door windinvloeden en hobbelige percelen (waardoor ook een zekere variatie in de lengterichting optreedt) de effecten in de praktijk mogelijk groter zijn dan die op basis van bovenstaande berekeningen.



FIGUUR 2.7. Opbrengstverlies als functie van de variatiecoëfficiënt (VC) en de N-jaargift bij kunstmeststrooien op zandgrasland (werkbreedte 12 m).

Anderzijds zullen de nadelige opbrengsteffecten over het gehele seizoen gezien echter geringer zijn. De individuele sneden worden immers niet op identieke wijze met dezelfde rij snelheid en over hetzelfde spoor bemest (met uitzondering van smalle percelen zoals op veengrasland). Dit betekent dat er gedeeltelijk een stuk nivellering optreedt over de sneden, waardoor eenzelfde plek over het seizoen zowel te maken heeft met onder- als overschrijdingen van de streefgift. Het is dan ook niet waarschijnlijk dat de opbrengstderving bij goed gebruik van afgestelde kunstmeststrooiers meer dan 1 procent bedraagt ten opzichte van vloeibare bemesting in stroken (Bussink, 1999b).

Bij de verdeling dient niet alleen naar de verdeling in de breedte, maar ook naar de verdeling in de lengterichting te worden gekeken. Hier is weinig informatie over. Wel is bekend dat bij strokenbemesting met vloeibare meststoffen er problemen op kunnen treden bij lage giften. Door de stroperigheid van de vloeistof is er dan geen continue afgifte meer, waardoor er in de lengterichting plekken ontstaan die niet of onvoldoende zijn bemest. Dit is te voorkomen door bij lage giften de meststof te verdunnen, om zodoende een continue afgifte te waarborgen.

Bij korrelstrooiers is het van belang dat de strooibanen elkaar correct overlappen. Bij vloeibare toediening is het van belang dat de stroken perfect op elkaar aansluiten. Elk procent van het oppervlak dat niet is bemest kost een half procent van de opbrengst. Juist aan het goed laten overlappen van strooibanen schort het in de praktijk nogal eens (zie ook Van der Mheen, 2000). Vaak bemest de boer zijn percelen met één instelling van de kunstmeststrooier en bij één rij snelheid, ongeacht de perceelsafmetingen. Het uitvoeringsaspect van goed bemesten met kunstmest verdient daarom veel meer aandacht in de praktijk. Dit betekent goed afstellen, de juiste rijafstand aanhouden tussen banen, maar ook de juiste hoeveelheid toedienen en het juist bemesten van randen.

2.3.4 Hoeveelheid

Korrelmeststofstrooiers worden vaak gevuld vanuit een silo. Daar de meeste strooiers geen weeginrichting hebben, is het vulgewicht van de strooier slechts bij benadering bekend. Dit komt door verschillen in korrelgrootte, volumegewicht en korrelpakking en een ruwe maatverdeling in de strooier. Dit kan leiden tot over- en onderdoseringen. Uit een analyse van de BAP-gegevens van praktijkbedrijven bleek dat de geregistreerde hoeveelheid op seizoensbasis tot 20 procent kan afwijken ten opzichte van hetgeen is aangekocht (op basis van boekhoudgegevens). Dit is zowel Minas-technisch als opbrengsttechnisch niet gewenst. Een doseereenheid onder de silo of een weeginrichting op de strooier kan dit probleem oplossen. Daarnaast kan een onnauwkeurige vulling ook leiden tot verschillen in dosering tussen percelen. Het ene perceel krijgt bijvoorbeeld 20 procent meer dan gewenst en het andere 20 procent minder dan gewenst. Dit kan anderhalve procent grasopbrengst kosten (Van der Mheen, 2001). Over het geheel seizoen treedt hiervoor wel een nivellering op, omdat een perceel niet gedurende het gehele seizoen systematisch onder- en overbemest zal zijn, maar soms overbemest en soms onderbemest. Met vloeibare bemesting via strokenbemesting of druppelbemesting met de veldspuit is een exacte dosering wel mogelijk.

2.3.5 Randen

Korrelstrooiers hebben een bepaalde optimale werkbreedte, waarbij de gift naar de zijkanten niet abrupt ophoudt maar geleidelijk afneemt. Door het goed overlappen van strooibanen is ervoor te zorgen dat egaal wordt bemest. Dit betekent dat er zo dicht op de rand gereden wordt dat deze ook optimaal wordt bemest, met als gevolg dat er meststof op het aansluitende perceel terecht komt. Het kan ook betekenen dat de rand onderbemest wordt. Om dit te vermijden is kantstrooiapparatuur gewenst. Op smalle percelen kan de opbrengst tot 7 procent lager zijn (Van der Mheen, 2001) dan indien precies tot de rand wordt bemest. Met vloeibare bemesting via strokenbemesting of druppelbemesting met de veldspuit is een exacte bemesting tot de rand wel mogelijk. Deze techniek zal dan ook de meeste kans maken op smalle percelen, zoals in het veenweidegebied. Daar is correct bemesten met een schijven- of pendelstrooier moeilijk uitvoerbaar. Goed strooien is wel mogelijk met een pneumatische strooier. Deze is echter twee keer zo duur als een goede schijvenstrooier. Het is echter een goedkoper alternatief dan overgaan op vloeibare bemesting. Indien door de inzet van een pneumaat onbemeste of dubbel bemeste plekken tot het verleden behoren, dan is de aanschaf van een pneumaat goed voor het bedrijfssaldo (Bussink, 1999b).

2.3.6 Kleine giften

Bedrijfseconomisch gezien (financiële meeropbrengsten afgewogen tegen de strooi- en meststofkosten) heeft het geen zin om meststofgiften lager dan 15-20 kg N ha⁻¹ per snede toe te dienen, ook al worden die soms geadviseerd (Bussink, 1999b). Deze hoeveelheden zijn met korrelmeststoffen nog net te realiseren. Dit betekent wel dat er meststoffen met een laag gehalte aan N dienen te worden gekozen (in plaats van KAS, bijvoorbeeld MAS, kalksalpeter, MAIS-MAP 0 of samengestelde meststof) voor een strooibare hoeveelheid. Bij vloeibare meststoffen zijn lage doseringen wel mogelijk, mits de meststof wordt verdund. Bij de strokenmachine is de afgifte van een meststof namelijk te onregelmatig bij een lage doseringen. Met de veldspuit dient er minimaal een paar honderd liter vloeistof te worden toegediend voor een goede werking.

2.3.7 Urineplekken

De aandacht voor vloeibare bemesting is mede tot stand gekomen vanwege de gedachte dat hiermee plaatsspecifiek kan worden bemest, om zodoende urineplekken te ontzien. Er is uitgerekend dat bij het ontzien van deze plekken 25 tot 45 kg N ha⁻¹ te besparen valt op de kunstmestgift (Vellinga *et al.*, 1996). Op dit moment is bemestingsapparatuur in ontwikkeling, waarmee het mogelijk zou moeten zijn deze urineplekken te ontzien.

Een besparing van 25 tot 45 kg N ha⁻¹ zou voor een bedrijf van 30 ha overeenkomen met f 820,- tot f 1.476,-. Waarschijnlijk betekent dit ook nog eens f 1.125,- tot f 2.025,- minder Minas-heffing (Bussink, 1999b). Anderzijds, indien de bespaarde meststof wordt toegediend op de rest van het perceel, kan dit ruim 2 procent meeropbrengst geven (Van der Mheen, 2001), hetgeen voor een bedrijf van 30 ha overeenkomt met f 1.600,-. Bovendien zullen de voeraankopen afnemen en daarmee de Minas-heffing bij een intensieve bedrijfsvoering.

Om urineplekken te kunnen ontzien dient de vloeibare bemester van aanvullende apparatuur te worden voorzien die deze plekken kan monitoren tijdens het bemesten en die elke afgifte-eenheid voor korte tijd kan afsluiten. De kosten hiervan zijn niet bekend. De verwachting is echter dat deze vrij hoog zullen zijn en waarschijnlijk het financiële voordeel van minder meststofgebruik voor een groot deel teniet zullen doen.

Het ontzien van urineplekken is niet mogelijk met een veldspuit.

In principe is het ook mogelijk om specifieke apparatuur te ontwikkelen voor bijvoorbeeld de pneumaat om urineplekken te ontzien.

2.3.8 Meststofkeuze

Naast de keuze in toedieningstechniek is ook de meststofkeuze van belang. Het streven daarbij is om een meststof te kiezen met een hoge werking bij minimale verliezen. Dit geldt vooral voor N-houdende meststoffen. Voor grasland is er breed scala aan korrelmeststoffen beschikbaar, waarvan bekend is wat de werking is. De belangrijkste meststof is KAS. Nieuwe ontwikkelingen geven aan dat de N-benutting bij minerale N-bemesting nog te verhogen is door in het voorjaar gebruik te maken van meststoffen met een groter aandeel ammonium, al dan niet in combinatie met een nitrificatiemmer (dit rapport).

Bij de meststofkeuze is het ook van belang om rekening te houden met de strooikwaliteit van meststoffen (hardheid, uniforme korrelgrootte, gladde korrel, hygroscopische eigenschappen, etc.); zie daarvoor Handboek Meststoffen (Anonymus 2000). Een verschil in korrelgrootte tussen verschillende meststoffen leidt tot een verschillend strooibeeld en daardoor ook tot een verschil in rijfstand tussen de strooibanen.

Voor vloeibare bemesting zijn een paar meststoffen beschikbaar. Dit zijn ammoniumnitraatoplossing (urean), zwavelzure ammoniak (ZA), kalksalpeter (KS) en ammoniumnitraat (AN). Bij toediening in een grote druppel met de veldspuit is het risico van gewasverbranding klein met deze meststoffen. Bij strokenbemesting is er ook nauwelijks een risico van gewasverbranding. De opbrengst van de meest gangbare vloeibare meststof urean blijft gemiddeld echter duidelijk achter op die van KAS (Bussink, 1999b; Van der Mheen, 2001). Zowel oud als recent proefmateriaal (Van der Mheen, 2001) geven dit aan. Met urean is 35-40 kg N ha⁻¹ meer nodig voor een zelfde grasopbrengst (Bussink, 1999b). Dit komt door N-verliezen via ammoniakemissie bij bovengrondse toediening. Naar schatting bedragen onder Nederlandse omstandigheden de ammoniakverliezen bij ureantoediening ongeveer 10 procent van de toegediende N, ofwel zo'n 22 kton N per jaar bij grootschalige introductie van urean op grasland. De werking van urean is te verbeteren door deze in de grond te

brengen of door additieven te gebruiken zoals ammoniumthiosulfaat en – polyfosfaat (Bussink, 1999b) of nNBTP.

Vloeibare ZA, KS en AN geven naar verwachting vergelijkbare grasopbrengsten als KAS. Wel heeft het jaarrond bemesten met ZA een nadelige invloed op de chemische samenstelling van gras. Het gebruik van ZA, AN of urean leidt tot een sterke verzuring op grasland, met als gevolg een risico op een minder goede botanische samenstelling en op lagere opbrengsten, indien een regelmatige bekalking achterwege blijft.

Korrelmeststoffen zijn op dit moment standaard. Overgaan naar de techniek van vloeibare meststoffen kan voor- en nadelen hebben, zoals reeds is aangegeven. Een niet te onderschatten aspect is daarnaast de handling van vloeibare meststoffen. Bovendien dienen niet alleen N, maar ook de andere nutriënten in vloeibare vorm te worden toegediend.

2.3.9 *Praktische omgang met vloeibare meststoffen*

Urean is, vanwege de lagere productiekosten dan van KAS, de enige vloeibare N-meststof die voor grasland in aanmerking komt. De logistieke kosten van producent naar eindgebruiker zijn voor KAS en urean ongeveer gelijk. Gemiddeld betaalt de eindgebruiker daardoor bij urean ongeveer f 0,25 per kg N minder dan bij KAS. Echter, de infrastructuur ontbreekt om grootschalig urean te kunnen toepassen. Daarvoor zijn investeringen nodig, hetgeen gepaard gaat met desinvesteringen in de infrastructuur van korrelmeststoffen. Per saldo zal dit tot hogere kostprijzen van zowel urean als van korrelmeststoffen leiden.

De eindgebruiker moet urean tijdelijk opslaan. Opslag vindt nu plaats in enkelwandige multiboxen of in afgeschreven opslag tanks, zoals biertanks. Zodra vloeibare bemesting op gang maakt zullen er aanvullende eisen aan de opslag worden gesteld, die vergelijkbaar zijn met die in de tuinbouw of die in Duitsland gelden voor ureanopslag. Dit heeft tot gevolg dat bulkopslag op het melkveebedrijf zeker twee keer zo duur wordt als opslag voor vaste meststoffen. Verder is vloeibare bemestingsapparatuur (toediening in stroken) duurder dan korrelstrooiers. Daardoor is bemesting met urean op een bedrijf met 30 ha grasland f 500,- tot f 3.000,- per jaar duurder dan bemesting met KAS, afhankelijk van de te betalen Minas-heffing, ondanks de lagere prijs van urean (Bussink, 1999b). Hierbij zijn alle voor- en nadelen bedrijfseconomisch tegen elkaar afgewogen.

Toediening van vloeibare meststoffen met de veldspuit kan prijstechnisch wel concurrerend zijn met korrelstrooien.

Naast N zijn op grasland nog andere nutriënten nodig, zoals fosfor, kalium, magnesium, natrium en zwavel. Voor een succesvolle introductie van vloeibare bemesting in eigen beheer dienen ook deze nutriënten in vloeibare vorm te kunnen worden verstrekt. Anders zijn twee toedieningssystemen nodig, hetgeen altijd duurder is dan één systeem. Technisch gezien is het mogelijk om over te schakelen naar volledig vloeibare bemesting (bijvoorbeeld via een variant op het vloeibare bemestingssysteem in de tuinbouw). Financieel gezien is overschakelen niet aantrekkelijk. De bemestingskosten, inclusief opbrengsteffecten en Minas-heffing, nemen met ruim f 290,- ha⁻¹ toe. Dit wordt vooral veroorzaakt door de hoge prijs van andere vloeibare meststoffen dan urean, de opslag en van het aanmaken van een samengestelde, vloeibare meststof (Bussink, 1999b).

2.3.10 *Uitbesteden vloeibare bemesting*

Veel bedrijven zijn ingericht op het strooien van korrelmeststoffen. Indien men gebruik wil maken van de potentiële voordelen van vloeibare bemesting, dan zou men dit moeten uitbesteden aan de loonwerker, met name voor de eerste snede. Dit kan via een veldspuit met aangepaste spuitdoppen, via een toedieningsunit op de zodenbemester en via de spaakwielinjector. Bij de laatste techniek vindt puntinjectie plaats op afstanden van 0,25 m in de breedte en 0,15 m in de lengte. Deze techniek kent geen ammoniakemissie bij gebruik van urean. Alle drie de technieken zijn volgens de huidige inzichten iets tot veel duurder dan zelf bemesten met minerale meststoffen, voor zover het betrekking heeft op een N- of een NP-gift.

Indien de loonwerker de dierlijke bemesting uitvoert, dan zou dit in principe ook gecombineerd kunnen worden met een gelijktijdige, vloeibare bemesting in dezelfde werkgang. Dit kan door een opbouwunit te plaatsen op de mesttoedieningsapparatuur. Deze unit is mogelijk zodanig te plaatsen dat de vloeibare mest in stroken tussen de mestsleuven wordt geplaatst. In dat geval ligt er om de 10-12,5 cm òf een meststrook òf een kunstmeststrook. Zo'n verdeling komt de werking van vooral P ten goede. Veel percelen hebben in de eerste snede een aanvullende bemesting met N en P nodig en soms ook met magnesium en zwavel. N en P zijn in verschillende verhoudingen te combineren via minerale meststoffen, hetgeen goed zou kunnen op basis van urean en APP, eventueel in combinatie met ZA. Uit de globale berekeningen (Bussink, 1999b) blijkt dat zo'n gecombineerde bemesting alleen in de eerste snede concurrerend is met zelf in een aparte werkgang bemesten met minerale meststoffen.

De vraag is echter of de boer de minerale bemesting van vooral de eerste snede uit handen wil geven, omdat er slechts een beperkte uitvoeringsperiode is voor het optimale tijdstip van de eerste-snedebemesting. Bovendien is het de vraag of hij bij het uitbesteden van de bemesting zijn eigen arbeidsuren op een andere manier te gelde kan maken. Omdat er met deze technieken nauwelijks financieel voordeel is te behalen, is de verwachting dat uitbesteding van de bemesting voor de eerste snede met deze technieken weinig opgang zal maken.

2.3.11 *Vloeibare meststoffen in vergelijking tot vaste meststoffen*

Op basis van hetgeen hierboven is beschreven en samengevat is weergegeven in tabel 2.13 is de conclusie dat vloeibare bemesting op dit moment nog geen alternatief is voor korrelbemesting. Wel is duidelijk dat de techniek, maar vooral de omgang van de ondernemer met korrelbemesting, nog duidelijk kan verbeteren. Dit levert geld op en kan het risico van het betalen van een Minasheffing verminderen. Aangeraden wordt een checklist/folder te ontwikkelen met een hoge praktische bruikbaarheid om goed strooien te bevorderen. Daarnaast is het gewenst strooiers om de zoveel jaar te testen op het strooibeeld, zodat indien nodig aanpassingen aan de strooier kunnen worden uitgevoerd.

TABEL 2.13. Overzicht voor- en nadelen van vloeibare bemesting.

Aspect	vloeibare bemesting in vergelijking tot korrelbemesting	oplossing/opmerking
juiste hoeveelheid	++	* weeginstallatie op de korrelstrooier * doseerunit onder aan de silo
verdeling	0/+	* goede afstelling korrelstrooier in combinatie met een juiste overlap van strooibanen
kanten	++/0	* te verbeteren door aanschaf

		kantstrooiapparatuur voor korrelstrooiers
kleine giften (< 20 kg ha ⁻¹)	0	* korrelmeststoffen met een lager gehalte toepassen (deze zijn soms duurder) * vloeibare meststoffen moeten worden verdund * bedrijfseconomisch vaak niet interessant, dus niet strooien
urineplekken ontzien	0	* techniek is in ontwikkeling
N-verliezen	--	* bij de gangbare vloeibare meststof treden forse ammoniakverliezen op. Mogelijk zijn deze te verminderen door het toevoegen van additieven
grasopbrengst	-	* bij vloeibaar op basis van urean lager door N-verliezen
allroundsysteem	-	* naast N zijn ook ander nutriënten nodig. Deze zijn duur en soms lastig te mengen met urean
bedrijfseconomie	0/- tot ---	* vloeibaar is duurder afhankelijk van schaalgrootte, wel of geen Minas- heffing, wel of niet in loonwerk bemesten

2.3.12 Aanbevelingen

- Aangeraden wordt een checklist/folder te ontwikkelen met een hoge praktische bruikbaarheid om goed strooien te bevorderen. Daarnaast is het gewenst strooiers om de y jaar getest worden op het strooibeeld, zodat indien nodig aanpassingen aan de strooier kunnen worden uitgevoerd.
- Het perspectief van urean als vloeibare meststof op grasland in het voorjaar kan toenemen indien de ammoniakemissie is te verminderen en de N-werking te verhogen. Dit zou kunnen door het toevoegen van additieven. Deze dienen echter nader getest te worden op hun werking op grasland in het voorjaar.

Tips voor de praktijk:

- Laat uw kunstmeststrooier regelmatig afstellen.
- Gebruik kantstrooiapparatuur.
- Weet wat u geeft. Dit kan door een weeginrichting op de strooier, een doseerunit onder de kunstmestsilo, gebruik maken van bigbags en/of de vullingsgraad van de silo regelmatig te controleren, kleine partijen te bestellen.
- Bestudeer de mogelijke werkbreedten van uw strooier in relatie tot de rij snelheid. Combineer dit met de perceelsgrootte om de optimale werkbreedte per perceel vast te stellen. Breng zonodig markeringen aan om de gewenste werkbreedte te kunnen aanhouden.
- Gebruik meststoffen van een goede kwaliteit (voldoende hardheid, glad en een uniforme grootte).

2.4 LITERATUUR

- Anonymus (1981) The Grassland Research Institute annual report, 1980. GRI, Hurley, 161 pp.
- Anonymus (1982) The Grassland Research Institute annual report, 1981. GRI, Hurley, 150 pp.
- Anonymus (2000) Handboek Meststoffen. Nutriënten Management Instituut NMI/Elsevier Bedrijfsinformatie, Wageningen/Doetinchem, 1192 pp.
- Bollard EG, Cook AR & Turner NA (1968) Urea as sole source of nitrogen for plant growth. I. The development of urease activity in *Spirodela oligorrhiza*. *Planta* 83, 1-2.
- Boxem Tj (1966) Stikstofbemesting in het voorjaar op grasland. Vergelijking van de invloed van KAS, ZA en UR op grasland in het vroege voorjaar (serie 72), verslag over 1965. PAW-rapport 113.
- Boxem Tj (1967) De bruikbaarheid van verschillende stikstofsoorten op grasland in het voorjaar. *Stikstof* 54, 296-301.
- Bussink DW (1999a) Verfijning Tsomadvis grasland. NMI-rapport 97.373, Wageningen, 64 pp.
- Bussink DW (1999b) Perspectieven van vloeibare meststoffen op grasland. NMI-rapport, Wageningen, 58 pp.
- Bussink DW (2000) Naar een zwavelbemestingsadvies op zandgrasland. *Praktijkonderzoek* 13, nr. 1, 26-28.
- Bussink DW & Oenema O (1996) Differences in rainfall and temperature define the use of different types of nitrogen fertilizer on managed grassland in UK, NL and Eire. *Netherlands Journal of Agricultural Science* 44, 317-338.
- Clarkson DT, Hopper MJ & Jones LHP (1986) The effect of root temperature on the uptake of nitrogen and the relative size of the root system in *Lolium perenne*. 1. Solutions containing both NH_4^+ and NO_3^- . *Plant, Cell and Environment* 9: 7, 535-545.
- Clarkson DT & Warner AJ (1979) Relationships between root temperature and the transport of ammonium and nitrate ions by Italian and perennial ryegrass (*Lolium multiflorum* and *Lolium perenne*). *Plant Physiology* 64, 557-561.
- Den Boer DJ, Van Middelkoop JC & Chardon WJ (2001) Fosfaattoestand en -uitspoeling in afhankelijkheid van gebruik en bodemvruchtbaarheid. NMI rapport 364.97, Wageningen, 78 pp.
- ECETOC (1994) Ammonia emissions to air in Western Europe. Technical report No. 62. Brussels, 196 pp.
- Frankena HJ & De Wit CT (1958) Stikstofbemesting, stikstofopname en grasgroei in het voorjaar. *Landbouwkundig Tijdschrift* 706, 465-472.
- Gahoonia TS, Claassen N & Jungk A (1992) Mobilization of phosphate in different soils by ryegrass supplied with ammonium or nitrate. *Plant and Soil* 140: 2, 241-248.
- Garrett MK (1987) The rationale for mixed ammonium nitrate -urea fertiliser and assessment of granular products. The Fertiliser Society, London, 36 pp.
- Geens EL, Davies GP, Maggs JM & Barraclough D (1991) The use of mean pool abundances to interpret ^{15}N tracer experiments. II. Application. *Plant and Soil* 131: 1, 97-105.
- Harper JE (1984) Uptake of organic nitrogen forms by roots and leaves. In: Hauck RD (ed.) *Nitrogen in crop production*. ASA, CSSA SSSA, Madison, Wisconsin, USA, 165-170.
- Hauck RD (1980) Mode of action of nitrification inhibitors. In: Stelly M, Meisinger JJ, Randall GW & Vitosh ML (eds.) *Nitrification inhibitors - potentials and limitations*. American Society of Agronomy, Madison, Wisconsin, Soc. Publ. No. 38, 19-32.

- Logan KAB & Thomas RJ (1999) Interactions between N supply and N uptake by perennial ryegrass, 15N recovery and soil pH for four acid Scottish soils. *Grass and Forage Science* 54: 1, 42-51.
- MacDuff JH & White RE (1985) Net mineralization and nitrification rates in a clay soil measured and predicted in permanent grassland from soil temperature and moisture content. *Plant and Soil* 86: 2, 151-172.
- Macduff JH & Jackson SB (1991) Growth and preferences for ammonium or nitrate uptake by barley in relation to root temperature. *Journal of Experimental Botany* 41: 237, 521-530.
- McCarty GW & Bremner MB (1989) Inhibition of nitrification in soil by heterocyclic nitrogen compounds. *Fertilizer Research* 8, 204-211.
- McCarty GW (1999) Modes of action of nitrification inhibitors. *Biol. Fertilizer Soils* 29, 1-9.
- Oenema O & Velthof GL (1993). Ammonia volatilization from compound nitrogen-sulfur fertilizers. In: Fragoso MAC & Van Beusichem ML (eds.) *Optimization of Plant Nutrition*. Kluwer Academic Publishers, 341-349.
- Oostendorp D & Keuning JA (1960) Stikstofbemesting in het voorjaar op grasland. Verslag over 1960 van de interprovinciale proeven met vroege, gedeelde en late stikstofgiften op grasland (serie 70). *Gestencilde Verslagen van interprovinciale proeven nr. 75*, 67 pp.
- Oostendorp D & Boxem Tj (1963) Stikstofbemesting in het voorjaar op grasland. Verslag over 1962 van de interprovinciale proeven met vroege, gedeelde en late stikstofgiften op grasland (serie 70). *Gestencilde Verslagen van interprovinciale proeven nr. 95*, 24 pp + bijlagen.
- Oostendorp D & Boxem Tj (1964) Stikstofbemesting in het voorjaar op grasland. Vergelijking van de invloed van KAS, ZA en UR op grasland in het vroege voorjaar (serie 72), verslag over 1964. *PAW-rapport 106*.
- Oostendorp D & Boxem Tj (1965) Stikstofbemesting op grasland. Vergelijking van de invloed van KAS en ZA op grasland in het vroege voorjaar (serie 72), verslag over 1963. *PAW-rapport 100*.
- Postmus J (1978) Vroege N-bemesting grasland, 1978. *LBNM, Verslag B344*.
- Postmus J (1979) Vroege N-bemesting grasland, 1979. *LBNM, Verslag B355*.
- Postmus J (1980) Vroege N-bemesting grasland, 1980. *LBNM, Verslag B372*.
- Postmus J (1981) Vroege N-bemesting grasland, 1981. *LBNM, Verslag B381*.
- Postmus J (1982) Vroege N-bemesting grasland, 1982. *LBNM, Verslag B393*.
- Postmus J (1983) Vroege N-bemesting grasland, 1983. *LBNM, Verslag B401*.
- Postmus J (1984) Vroege N-bemesting grasland, 1984. *LBNM, Verslag B408*.
- Prins WH, Postmus J, Reker AM & Ruiten B (1988) Nitrogen use on grassland in spring in the Netherlands and elsewhere in Europe: Temperature sum stage of growth, rate and source of nitrogen. *Netherlands Fertilizer Technical Bulletin* 17, Den Haag, 55 pp.
- Schröder JJ (1990) Stikstofdeling bij snijmaïs. *PAGV verslag 106*.
- Slangen JHG & Kerkhof P (1984) Nitrification inhibitors in agriculture and horticulture: A literature review. *Fertilizer Research* 5, 1-76.
- Sommer K & Mertz M (1973) Wachstum, Ertrag und Mineralstoffaufnahme von Pflanzen - beeinflusst durch Ammonium oder Nitrat. *Landwirtschaftliche Forschung* 27, 8-30.
- Speelman L (1979) Features of a reciprocating sprout broadcaster in the process of granular fertilizer application. *Proefschrift LU Wageningen*, 36 pp.
- Stevens RJ (1988) Some factors influencing the efficiency of fertilizer nitrogen for grass production in spring. In: Jenkinson DS & Smith KA (eds.) *Nitrogen efficiency in agricultural soils. Proceedings Symposium Edinburgh*, 16-18 Sept. 1987, Elsevier; Barking, Essex, 177-190.
- Titulaer HHH (1986) Vergelijking van KAS en Alzon als stikstofbron bij aardappelen. *Onderzoek 1986*, 49-51.
- Titulaer HHH (1987a) Vergelijking van KAS en Alzon als stikstofbron bij aardappelen. *Onderzoek 1987*, 42-44.

- Titulaer HHH (1987b) Optimalisering van de organische en anaorganische N- en P-bemesting bij snijmaïs. Jaarboek, 1986. Publicatie nr 38, PAGV, Lelystad, 129-135.
- Titulaer HHH (1988) Vergelijking van KAS en Alzon als stikstofbron bij aardappelen. Onderzoek 1988, 38-40.
- Titulaer HHH (1989) Vergelijking van KAS en Alzon als stikstofbron bij aardappelen. Onderzoek 1989, 40-41.
- Van Boxel J & Cammeraat E (1999) Wordt Nederland steeds natter? Een analyse van de neerslag in deze eeuw. *Meteorologica*, 99:1, 11-15.
- Van Burg PFJ (1961a) Stikstofproeven op grasland 1960. LBNM, Verslag B78.
- Van Burg PFJ (1961b) Stikstofonderzoek op grasland 1961. LBNM, Verslag B91.
- Van Burg PFJ (1963) Stikstofbemesting van grasland. 4. Geschiktheid van zwavelzure ammoniak voor de vroege stikstofbemesting in verband met de weidevroegheid en de kwaliteit van het weidegras. *Stikstof* 37, 23-28.
- Van Burg PFJ, Dilz K & Prins WH (1982) Landbouwkundige waarde van verschillende stikstofmeststoffen. *Stikstof* 100, 518-540.
- Van Burg PFJ & Rauw GJR (1972) De stikstofwerking van ureum op grasland. *Stikstof* 71, 466-475.
- Van Diest (1976) Ammonium- en nitraatvoeding van cultuurgewassen. *Stikstof* 83/84, 389-395.
- Van der Mheen (2001) Precisie bemesten. Intern rapport 440. PV Lelystad, 23 pp.
- Van Schreven DA (1956) The effect of some ammonium-containing fertilizers on the loss of nitrogen after application to a calcareous soil of the Northeastern Polder. *Proceedings of the 6th International Congress of Soil Science D*, 65-73.
- Vellinga ThV (1998) Verfijning bemestingsadvies 1998. PR-rapport 173, 39 pp.
- Vellinga ThV, Van der Putten AHJ, Roest CWJ, Roelsma J, Corré WJ & Bussink DW (1996) We kunnen nog beter bemesten. In: Loonen JWGM & Bach-de Wit WEM (eds.) *Stikstof in Beeld. Naar een nieuw bemestingsadvies op grasland*, 99-106.
- Velthof GL, Oenema O, Postmus J & Prins WH (1990) Metingen van NH₃-vervluchtiging uit ureum en kalkammonsalpeter op blijvend grasland. *Meststoffen* 1990, 41-45.
- Von Rheinbaben W (1987) Effect of magnesium sulphate addition to urea on nitrogen loss due to ammonia volatilization.
- Watson CJ (1987) The comparative effects of ammonium nitrate, urea or combined nitrate/urea granular fertilizer on the efficiency of nitrogen recovery by perennial ryegrass. *Fertilizer Research* 11, 69-78.
- Watson CJ, Stevens RJ & Laughlin RJ (1990) Effectiveness of the urease inhibitor NBPT(N-(n-butyl) thiophosphoric triamide) for improving the efficiency of urea for ryegrass production. *Fertilizer Research* 24, 11-15.
- Watson CJ, Poland P, Miller H, Allen M, Garret M & Christianson C (1994) Agronomic assessment and 15N recovery of urea amended with the urease inhibitor nBTPT (N-n(n-butyl) thiophosphoric triamide) for temperate grassland. *Plant and Soil* 161, 167-177.
- Watson CJ (2000) Urease activity and inhibition principles and practice. The International Fertiliser Society. *Proceedings no. 454*, London, 39 pp.
- Woldring JJ (1975) Stikstofbemesting op grasland in het voorjaar. Verslag van een onderzoek in de jaren 1971 t/m 1973. PR-rapport 33, 25 pp.
- Zerulla W, Kummer KF, Wissemeier A & Rädle M (2000) The development and testing of a new nitrification inhibitor. The International Fertiliser Society, *Proceedings No. 455*, 24 pp.

3. OPTIMALISATIE WERKING DIERLIJKE MEST

(auteurs: G. Holshof en D.W. Bussink)

3.1 WERKING DIERLIJKE MEST

3.1.1 *Samenvatting*

Door de aangescherpte mineralenwetgeving is het voor agrarische bedrijven belangrijk om efficiënt om te gaan met mineralen. Bedrijven met vee (mestproducenten) of bedrijven die mest aanvoeren, zullen dus een steeds groter belang hechten aan een optimale benutting van deze mest. Op basis van de huidige kennis kan de werking van met name N redelijk voorspeld worden op jaarbasis. Hiervoor is in eerste instantie een goede mestanalyse nodig.

Van diverse toedieningstechnieken zijn de N-werkingscoëfficiënten bekend. In de tabellen worden gemiddelde werkingscoëfficiënten weergegeven, die in de praktijk mede afhankelijk zijn van een aantal factoren. Naast de toedieningsmethode spelen grondsoort, tijdstip van toediening, duur tussen toediening en gebruik, weer en mestsoort een rol bij de efficiëntie. Deze factoren bepalen niet alleen de werking in de snede na toediening, maar ook die in de vervolgsneden in de rest van het seizoen. Ook is er sprake van een verschil in werking tussen de organische en de minerale N-fractie. Onder invloed van met name de voeding kan de hoeveelheid- en de werking van de organische N beïnvloed worden (C/N-quotiënt). De werking van dierlijke mest vertoont in de praktijk een grote spreiding. Voor de praktijk is het belangrijk om enkele basisregels in acht te nemen. Neem van de uit te rijden mest een representatief monster. Pas de goede techniek toe (afhankelijk van grondsoort en tijdstip in het seizoen). Dien mest zo vroeg mogelijk in het seizoen toe als de draagkracht van de grond het toelaat (februari, begin maart) en probeer zoveel mogelijk van de beschikbare voorraad mest toe te dienen in de eerste helft van het groeiseizoen. Houd voldoende rekening met nawerking in vervolgsneden, waarbij de weersomstandigheden tot dat moment een indicatie kunnen geven over mogelijke nawerking. Om de efficiëntie nog verder te kunnen fine-tunen is aanvullende informatie nodig.

3.1.2 *Inleiding*

In Nederland wordt veel dierlijke mest geproduceerd, die met name op melkveehouderijbedrijven wordt toegepast op grasland en snijmaïs. In het kader van de Minas-wetgeving neemt de 'speelruimte' voor mineralen af. De nutriëntwerking van op het bedrijf reeds aanwezige mineralen wordt steeds belangrijker. Het is voor een veehouder dan ook belangrijk om te weten

- hoeveel mineralen aanwezig zijn in de mest (voorraad x gehalte);
- hoe zijn mineralen uit mest toe te passen met het hoogste rendement;
- waar is de nutriëntwerking uit mest van afhankelijk; en
- zijn er nog mogelijkheden om de nutriëntwerking te verbeteren?

In dit hoofdstuk zijn de aspecten die van invloed zijn op de N-werking van dierlijke mest op een rijtje gezet. Er is een overzicht gegeven van de N-werking onder diverse omstandigheden, de variatie in N-werking, mogelijke knelpunten en oplossingsrichtingen. Aan het eind is een aantal praktische aanbevelingen geformuleerd.

3.1.3 N-Werkingscoëfficiënten

De huidige werkingscoëfficiënten voor dunne runder- en varkensmest zijn weergegeven in tabel 3.1. Een werkingscoëfficiënt van dunne mest is dat percentage van de toegevoegde N dat werkzaam is alsof het kunstmest-N is. Dus de werking van dunne mest is vergeleken met de werking van kunstmest. De werkingscoëfficiënten zijn weergegeven voor zowel de organische N als de anorganische N. De anorganische N komt snel beschikbaar en werkt in principe als een kunstmest-N. Van de organische N komt een deel in de loop van het seizoen beschikbaar en een deel zal aan het bodemcomplex worden toegevoegd.

TABEL 3.1. N-werkingscoëfficiënten in procenten van N-mineraal (Nm) en N-organisch (Norg) van dunne runder- en varkensmest (1992).

Toedieningsmethode		snede na				totaal
		1	2	3	4	
injectie, zand > 2 mnd vóór 1 ^e	W _m	76	6	6	4	92
	snede W _{org}	8	6	6	8	28
injectie, zand 1-2 mnd vóór 1 ^e	W _m	44	40	6	2	92
	snede W _{org}	4	8	6	10	28
injectie, zand < 1 mnd vóór 1 ^e	W _m	24	40	20	8	92
	snede W _{org}	0	8	8	12	28
injectie, zand na 1 ^e snede	W _m	18	30	14	10	72
	W _{org}	0	6	6	6	18
injectie, klei > 2 mnd vóór 1 ^e	W _m	64	4	4	4	76
	snede W _{org}	6	6	6	6	24
injectie, klei 1-2 mnd vóór 1 ^e	W _m	36	32	6	2	76
	snede W _{org}	4	8	6	6	24
injectie, klei < 1 mnd vóór 1 ^e	W _m	16	32	14	14	76
	snede W _{org}	4	8	6	6	24
injectie, klei na 1 ^e snede	W _m	16	28	12	8	64
	W _{org}	0	4	6	6	16
zodenbemesten of –injectie vóór 1 ^e snede	W _m	56	12	4	4	76
	W _{org}	4	8	6	6	24
zodenbemesten of –injectie na 1 ^e snede	W _m	44	24	6	2	76
	W _{org}	6	6	6	6	24
inregenen of verregenen	W _m	60	2	2	2	66
	W _{org}	6	6	6	6	24
sleevoeten < 12 m ³ ha ⁻¹	W _m	60	2	2	2	66
	W _{org}	6	6	6	6	24
sleevoeten > 12 m ³ ha ⁻¹	W _m	52	2	2	2	58
	W _{org}	6	6	6	6	24
aangezuurde mest	W _m	74	5	5	0	84
	W _{org}	4	6	6	6	22

De werking is afhankelijk van grondsoort, toedieningsmethode, toedieningstijdstip en het weer. Meestal is sprake van een verstrengeling van factoren, daar bepaalde toedieningstechnieken vooral op bepaalde grondsoorten worden toegepast.

3.1.4 Technieken per grondsoort

In tabel 3.1 is alleen voor injectie onderscheid gemaakt tussen de grondsoorten zand en klei. Uit veldproeven bleek namelijk een verschil in werking tussen zand- en kleigronden (Geurink & Van der Meer, 1990; Schils, 1992; Snijders *et al.*, 1987). De werking op kleigronden is iets lager dan op zandgronden. Volgens Hassink *et al.* (1990) is de mogelijke oorzaak hiervan een lagere mineralisatie op

kleigrond. Bij gebruik van injectie na de eerste snede neemt het risico van schade toe. Bij injectie op klei kan verdroging langs de sleuven na toediening ook een grotere rol spelen. Wadman (1988) geeft aan dat, afhankelijk van de normen die worden aangehouden, slechts 17 tot 40 procent van het graslandareaal in Nederland geschikt is voor injectie en 70 procent voor zodenbemesting. Op veengrond is injectie niet toepasbaar. Zodenbemesting is dan ook de meest voorkomende techniek, temeer daar deze techniek het gehele seizoen toepasbaar is. Injectie komt vrijwel niet meer voor. Juist nu de noodzaak om mest optimaal te benutten toeneemt lijkt het perspectief voor diepe injectie weer toe te nemen. Het verdient aanbeveling om alle voors en tegens van injectie nog eens op een rij te zetten, daarbij ook rekening houdend met andere elementen, zoals P_2O_5 en K_2O en het minimale risico van ammoniakemissie.

Ten tijde van het opstellen van de werkingscoëfficiënten uit tabel 3.1 was de werking van de (nieuwere) aanwendingstechnieken (sleeppoeten en sleufkouter) op vooral de minder draagkrachtige gronden nog nauwelijks onderzocht. Echter na 1992 zijn de werkingscoëfficiënten voor deze gronden c.q. technieken niet aangepast. Bij de sleufkouter worden in het algemeen de werkingspercentages van de zodenbemester aangehouden. Inregen en aanzuren van mest zijn technieken die niet meer zijn toegestaan.

3.1.5 Toedieningsmethode

Een werkingsverschil op basis van de toedieningsmethode is toe te schrijven aan een verschil in plaatsingsdiepte en in ammoniakvervluchtiging. Doordat de mest bij de uiteenlopende technieken op een verschillende manier geplaatst wordt (ten opzichte van de wortels) en ook de verdeling nogal verschilt, is er ook sprake van een verschil in werkingscoëfficiënt.

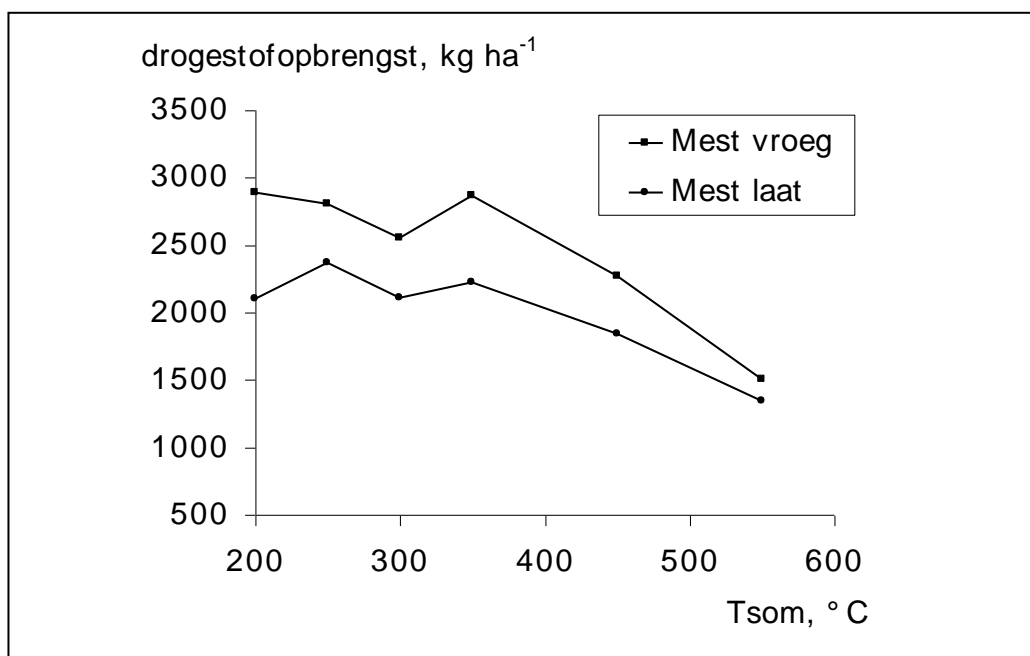
Bij injectie wordt de mest dieper geplaatst en is de afstand tussen de mestsleuven/stroken groter dan bij de andere technieken. De mest bevindt zich onder de laag met de meeste wortels. De opname wordt hierdoor vertraagd. De directe werking voor de eerstvolgende snede is alleen hoog indien de mest lang van tevoren is toegediend, zoals bij de eerste snede mogelijk is. Bij zodenbemesting is de plaatsing minder diep en is de rijafstand kleiner, hetgeen tot een hogere, directe werking zou moeten leiden. Dit is echter niet het geval. Een hogere ammoniakvervluchtiging bij zodenbemesting leidt er toe dat er minder minerale N beschikbaar is voor het gewas dan bij injectie. Bij de sleeppoetenmachine zijn deze verliezen nog belangrijker. Bovendien neemt de spreiding in N-werking (zie ook verderop) toe, gaande van injectie, naar zodenbemesten naar sleeppoetentoeiening als gevolg van een grote spreiding in ammoniakvervluchtiging (Bussink & Bruins, 1992).

3.1.6 Toedieningstijdstip

3.1.6.1 Vroeg toedienen

Het toedieningstijdstip is vooral van belang voor de werking van de organische-N. Het beschikbaar komen van deze N (via mineralisatie) is afhankelijk van de eigenschappen van de organische stof en de omgevingscondities, zoals de weersomstandigheden (temperatuur en vochtgehalte) en de bodem-pH. Vroeg toedienen op grasland betekent dat er een lange periode is waarin N-mineralisatie uit mest kan optreden en aldus N beschikbaar komt voor gewasopname. Alle minerale N in de mest komt voor in de vorm van ammonium. Ammonium wordt vrij snel omgezet naar nitraat, een eveneens goed opneembare vorm. Hoe snel deze omzetting verloopt is vooral bepaald door de bodemtemperatuur. Afhankelijk van de temperatuur duurt het een week tot 14 dagen voor een gedeelte van de N is omgezet in het uitspoelingsgevoelige nitraat-N. Bovendien kan gras in het voorjaar de N heel goed in ammoniumvorm opnemen. In het algemeen leidt vroeg toedienen tot de hoogste N-werking op jaarbasis, mits er geen uitspoelingsverliezen optreden van minerale N in het voorjaar. Dit risico is beperkt daar de minerale N in mest pas uitspoelt na omzetting tot nitraat. Deze omzetting verloopt vrij langzaam in het vroege voorjaar.

Als het grasland berijdbaar is doet een veehouder er verstandig aan in het voorjaar niet te wachten met het toedienen van de mest. Mest uitbrengen op te natte grond (bijvoorbeeld met een sleepslang) dient echter te worden afgeraden. De kans op verliezen door bijvoorbeeld afspoeling is dan te groot. Vroeg toedienen van dunne mest heeft een gunstig effect op de grasopbrengst. Daarnaast is de fosfaatwerking van vroeg toegediende mest hoger dan die van laat toegediende mest. In figuur 3.1 zijn de resultaten van onderzoek met vroeg en laat toegediende mest van een proefveld op zandgrond in Ureterp gegeven.



FIGUUR 3.1. Effect van vroeg en laat toedienen van mest in het voorjaar op zandgrond.

Op de horizontale as is de T-som weergegeven. Op elk T-som-tijdstip (200, 250, 300, 350, etc.) is zowel op de veldjes waarop de mest vroeg is toegediend als op die waarop de mest laat is toegediend 90 kg N ha⁻¹ gegeven als kunstmest-N.

Het verschil tussen de twee opbrengstlijnen is dus alleen toe te schrijven aan het tijdstip van het toedienen van de dierlijke mest. De vroeg toegediende mest is op 17 februari bij T-som 150 gegeven en de laat toegediende mest op 3 april bij T-som 400. De proef is uitgevoerd in 1997. Het opbrengstverschil tussen de vroeg en laat toegediende mest was 600 kg ds ha⁻¹. In 1998 is dit onderzoek herhaald. Het voorjaar was natter dan in 1997. De opbrengst op de veldjes met de vroeg toegediende mest was in 1998 250 kg ds ha⁻¹ hoger dan op die met de laat toegediende mest.

3.1.6.2 Mest in eerste helft groeiseizoen

Later toedienen in het groeiseizoen leidt niet alleen tot een lagere N-werking (Schils, 1992) maar ook tot een andere verdeling van de N-werking over de sneden. Schils (1992) vond bij toediening voor de derde en vierde snede naast een lagere N-werking ook een grotere variatie in N-werking dan bij toediening vroeg in het seizoen.

Het verdient daarom aanbeveling de mest zoveel mogelijk in de eerste helft van het groeiseizoen toe te dienen. De benutting van de N uit de mest neemt daardoor toe. In tabel 3.2 is de N-werking van dunne rundermest op grasland gegeven (afgeleid uit tabel 3.1). De mest is met een zodenbemester toegediend.

TABEL 3.2. N-werking in procenten van met een zodenbemester toegediende dunne rundermest.

Toedienings- tijdstip	snede						totaal
	1	2	3	4	5	6	
voorjaar	30	10	5	5	--	--	50
juni	--	--	25	15	6	4	50
augustus					25	15	40

Duidelijk is dat de mest die in de eerste helft van het groeiseizoen is toegediend beter tot werking komt. De vraag is echter of de werking van de mest die in het voorjaar is toegediend niet is onderschat. Waarom zou niet een gedeelte van de organische N-fractie (Norg) in de vijfde en zesde snede tot werking komen?

In tabel 3.3 is de N-mineralisatie per maand gegeven van de Norg-fractie van dunne rundermest. Deze gegevens zijn ontleend aan de Praktijkgids Bemesting op basis van berekeningen met MINIP (Anonymus, 2000).

In de Adviesbasis (Anonymus, 1998) is vermeld dat 76 procent van de Nmin (ammonium-N) en 24 procent van de Norg tot werking komt. Bij een even groot aandeel Nmin als Norg in de mest komt dan 50 procent van de in de mest aanwezige N tot werking.

TABEL 3.3. N-mineralisatie in procenten per maand van de Norg-fractie van dunne rundermest.

Maand van toediening	feb	mrt	april	mei	juni	juli	aug	sept	okt	totaal
februari	2,4	3,3	4,6	6,4	7,9	7,7	6,3	4,1	2,3	45,0
maart	--	3,4	4,8	6,7	8,1	8,0	6,5	4,2	2,3	44,0
april	--	--	5,0	7,0	8,6	8,4	6,8	4,4	2,5	42,7
mei	--	--	--	7,6	9,2	9,1	7,4	4,8	2,6	40,7
juni	--	--	--	--	10,4	10,2	8,3	5,3	3,0	37,2
juli	--	--	--	--	--	12,1	9,7	6,3	3,5	31,6
augustus	--	--	--	--	--	--	11,8	7,6	4,2	23,6
september	--	--	--	--	--	--	--	9,2	5,1	14,3

Tabel 3.3 laat zien dat een deel van de Norg-fractie in de periode augustus t/m oktober (vijfde en zesde snede) mineraliseert en in principe beschikbaar is voor het gewas. Als we ervan uitgaan dat van de in het voorjaar toegediende mest 76 procent van de Nmin en 44 procent van de Norg benut kan worden, dan is de werking van deze mest $(76 + 44) / 2$ is 60 procent. Een benutting tot 60 procent is dus in principe haalbaar. Voorwaarde is wel dat de N-bemesting in de loop van het seizoen goed overeenkomstig het advies wordt afgebouwd. Veel bedrijven gaan nog te lang door met kunstmeststrooien in de tweede helft van het groeiseizoen en houden nog onvoldoende rekening met de N-nawerking van de gegeven mest.

Opgemerkt dient te worden dat de waarden in tabel 3.3 zijn berekend.

Experimentele gegevens die dit bevestigen zijn er vrijwel niet. Bovendien zijn in proeven grote spreidingen aangetroffen (zie ook § 3.1.9).

3.1.7 Weer

Het weer speelt een grote rol bij de werking van dierlijke mest. In de tot dusver uitgevoerde proeven was sprake van zeer uiteenlopende weersomstandigheden. Daar verstrengeling optrad met andere factoren (onder andere tijdstip van uitrijden en toedieningstechniek) en het beperkte aantal proeven was het niet goed mogelijk het weer als verklarende factor op te nemen in een statistische analyse. Toch zijn nog wel enkele algemene opmerkingen te plaatsen over de weersomstandigheden en het effect op de N-werking.

Het weer heeft grote invloed op de ammoniakverliezen. Deze nemen toe bij een hogere windsnelheid, temperatuur en bodemvochtgehalte (Bussink & Bruins, 1992; Søggaard *et al.*, 2002). Inmiddels zijn deze verliezen ook redelijk nauwkeurig te voorspellen (Søggaard *et al.*, 2002). Dit biedt op termijn perspectief om de N-werking van mest beter te kunnen inschatten.

Bij mesttoediening op grasland dient de grond enigszins vochtig zijn, maar ook weer niet te nat. Bij het uitrijden onder natte omstandigheden kan namelijk vrij gemakkelijk (rij)schade ontstaan. Deze schade is niet eens altijd direct zichtbaar, maar kan door bodemverdichting toch een negatief effect op de opbrengst van de volgende snede(n) hebben. Onder veel te natte omstandigheden ontstaat zowel directe schade aan de zode door de banden als door de injecteur/bemester. Prins & Snijders (1987) en Snijders *et al.* (1987) constateerden schade-effecten bij het gebruik van injecteurs. Bij gebruik in het vroege voorjaar werd de schade in de eerste snede soms weer gecompenseerd in de rest van het seizoen.

Schreuder *et al.* (1995) vonden met name op zware kleigronden en diep ontwaterde veengronden veel schade (met zowel de zodenbemester als in mindere mate met de zodeninjecteur) Ook twee keer bemesten van hetzelfde

perceel leidde tot extra schade. Indien de grond droog was, bleven de sleuven verder open staan en was de opbrengst daardoor lager.

3.1.8 Mestsamenstelling en -analyse

De meeste proeven waarbij de N-werking is bepaald zijn uitgevoerd met dunne rundermest. De N-werking hangt vooral af van de verhouding tussen de minerale N en de organische N (Noij & Westhoek, 1992).

Uit enkele CABO-proeven (Geurink & Van der Meer, 1990) bleek dat de werking van dunne varkensmest redelijk goed overeenkwam met die van dunne rundermest. (Dit is op zich opvallend vanwege de verschillen in rantsoensamenstelling en de daaruit voortvloeiende mestsamenstelling, zie tabel 3.1 en zie slot van dit hoofdstuk) Daarom is bij het ontwikkelen van tabel 3.1 geen onderscheid gemaakt tussen dunne rundermest en dunne varkensmest. Zoals in § 3.1.11 is aangegeven mag dit betwijfeld worden. Over de werking van (dunne) mest van andere diersoorten is uit onderzoek weinig bekend. Daarom zijn door Noij & Westhoek (1992) de werkingscoëfficiënten berekend met behulp van een eenvoudig model.

Voor een goede berekening van de N-werking is het van belang de mest te laten analyseren op de minerale samenstelling.

Mestanalyse om de bemestende waarde van dierlijke mest vast te stellen komt relatief weinig voor. Om die reden worden veelal standaardwaarden gebruikt (tabel 3.4). Uit inventarisaties blijkt dat er per diersoort grote verschillen zijn tussen bedrijven (Loonen, 1992; Mooij, 1996) (tabel 3.5). Dit kan het gevolg zijn van de rantsoensamenstelling en van het waterverbruik (spoelwater). Een hoog waterverbruik leidt tot verdunning en mest met een laag drogestofgehalte. Echter, niet alleen tussen bedrijven zijn de verschillen groot ook over de jaren kan de samenstelling van de mest sterk variëren.

TABEL 3.4. Gemiddelde samenstelling¹⁾ van organische meststoffen in kg per 1.000 kg mest (landbouwkundige normen voor bemesting). Samengesteld met behulp van het Handboek Meststoffen (2000).

Omschrijving	droge stof ²⁾	org. stof	N-totaal	Nm	Norg	P ₂ O ₅ ⁴⁾	K ₂ O	MgO	Na ₂ O	volumegewicht, kg m ⁻³
gier										
rundvee	25	10	4,0	3,8	0,2	0,2	8,0	0,2	1,0	1030
vleesvarkens	20	5	6,5	6,1	0,4	0,9	4,5	0,2	1,0	1010
zeugen ³⁾	10	10	2,0	1,9	0,1	0,9	2,5	0,2	0,2	-
dunne mest										
rundvee	90	66	4,9	2,6	2,3	1,8	6,8	1,3	0,8	1005
vleesvarkens	90	60	7,2	4,2	3,0	4,2	7,2	1,8	0,9	1040
zeugen ³⁾	55	35	4,2	2,5	1,7	3,0	4,3	1,1	0,6	-
vleeskalveren	20	15	3,0	2,4	0,6	1,5	2,4	-	-	-
kippen	145	93	10,2	5,8	4,4	7,8	6,4	2,2	0,9	1020
vaste mest										
kippenmest (droog)	515	374	24,1	2,4	21,7	18,8	12,7	4,9	1,5	605
kippenmest (strooisel)	640	423	19,1	8,6	10,5	24,2	13,3	5,3	4,2	600
vleeskuikens	605	508	30,5	5,5	25,0	17,0	22,5	6,5	3,0	605
vleeskuiken-ouderdieren	610	-	19,0	-	-	28,5	21,1	-	-	625
riundvee (grupstal)	235	153	6,9	1,6	5,3	3,8	7,4	2,1	0,9	900
vleesvarkens (stro)	230	160	7,5	1,5	6,0	9,0	3,5	2,5	1,0	-
schapen	290	205	8,6	2,0	6,6	4,2	16,0	2,8	2,3	-
geiten	265	182	8,5	2,6	5,9	5,2	10,6	3,5	1,9	-
kalkoenen	565	464	24,7	6,4	18,3	19,6	18,4	6,3	7,3	535
eenden	265	209	8,3	1,7	6,6	7,4	11,3	1,6	0,8	-
paarden	310	250	5,0	-	-	3,0	5,6	1,8	-	700
nertsen	285	185	17,7	10,1	7,6	27,0	3,9	2,2	5,1	-
konijnen	451	367	13,6	3,3	10,3	13,8	11,7	5,7	2,2	-
champost	350	220	5,0	0,3	5,5	3,6	6,7	2,4	0,9	550
GFT-compost	650	370	6,9	0,6	6,3	4,4	5,6	1,9	-	643

- 1) De weergegeven gehalten zijn gemiddelden. Door verschillen in rantsoenen, watergebruik, productiewijze en andere factoren kan de samenstelling sterk variëren. Indien mogelijk is het beter om uit te gaan van de gemeten waarden.
- 2) Wanneer het drogestofgehalte toe- of afneemt, worden de gehalten ook evenredig hoger of lager.
- 3) Inclusief biggen tot circa 25 kg.
- 4) In de mestboekhouding zijn de mestsoorten anders ingedeeld. De samenstelling van de mest is per mestsoort daar dus ook anders.

TABEL 3.5. Samenstelling van dunne mest, gehalten en standaarddeviatie (st.dev.) in kg ton⁻¹ mest (Mooij, 1996).

Mestsoort	totale N, kg ton ⁻¹		minerale N, kg ton ⁻¹		organische N, kg ton ⁻¹		organische stof, kg ton ⁻¹	C/N*
	gehalte	st.dev.	gehalte	st.dev.	gehalte	st.dev.		
rundvee	4,9	0,8	2,6	0,5	2,3	0,6	66	17
vleesvarkens	7,2	1,8	4,2	1,1	3,0	1,3	60	12
zeugen	4,2	1,4	2,5	0,8	1,7	1,0	35	12
vleeskalveren	3,0	-	2,4	-	0,6	-	15	15
legkippen	10,2	1,9	5,8	5,8	4,4	1,8	93	12

* er is verondersteld dat organische stof voor 58% uit C bestaat.

Op het NMI-demo-bedrijf Kloosterboer waren er drie opslagputten in de periode 1988-1994, waarvan één voor jongvee. De hoogste gehalten zijn aangetroffen in de jongveeput. Over een periode van vijf jaar varieerde het N-gehalte van 5,1 tot 6,0 kg N m⁻³ mest (tabel 3.6). De dunne mestsamenstelling van het melkvee varieerde het sterkst in de nieuwe gebouwde put (een soort overloop van de put in de ligboxenstal). Over een periode van vijf jaar varieerde het N-gehalte van 3,5 tot 4,7 kg N m⁻³ (tabel 3.6). Bij jaarlijkse dunne mestgiften van ruim 40 m³ ha⁻¹

grasland kan dit leiden tot verschillen in bemestende waarde van 25 kg N ha⁻¹. Mestanalyse was op dit bedrijf gewoon een voorwaarde om goed te kunnen bemesten. De voor de mestanalyse te maken kosten van f 500,-- (voor drie monsters) hebben zich ruimschoots terugbetaald.

Op het NMI-demo-bedrijf Achterkamp was de situatie anders. Hier werd alle mest opgeslagen in één grote silo die zeer goed gemengd kon worden. De mestanalysecijfers lieten over een periode van vier jaar slechts een geringe variatie zien (tabel 3.6). Af en toe zijn bemonsteringen in tweevoud uitgevoerd met als resultaat slechts geringe verschillen (een aanwijzing voor goede menging van de mest). Een jaarlijkse monsternamen was op dit bedrijf minder noodzakelijk.

TABEL 3.6. Mestanalysegegevens van de NMI-demo-bedrijven Kloosterboer en Achterkamp.

Bedrijf	Jaar	bron	ds, g kg ⁻¹	N-totaal, g kg ⁻¹
Kloosterboer	1993	jongveestal	108	5,1
		nieuwe put	93	4,7
		ligboxenstal	92	5,2
	1992	jongveestal	100	5,6
		nieuwe put	99	4,5
		ligboxenstal	95	4,5
	1991	nieuwe put	71	4,0
		ligboxenstal	89	5,4
	1990	jongveestal	114	5,6
		nieuwe put 1	76	3,8
		nieuwe put 2a	92	4,7
		nieuwe put 2b	78	4,2
		ligboxenstal	97	5,0
	1989	jongveestal	103	6,0
		nieuwe put	70	3,5
ligboxenstal		90	5,0	
Achterkamp	1995	silo 1a*	66	4,1
		silo 1b	68	3,8
	1994	silo 2	64	3,9
		silo 1	57	3,7
	1993	silo 2	73	3,8
		silo 1	68	3,7
	1992	silo1a	69	3,9
		silo1b	66	4,1

* a en b bemonstering op dezelfde dag, 1 en 2 bemonsteringsinterval van een paar maanden.

Een jaarlijkse mestanalyse per put is dus van belang om precies te weten wat er in de mest zit en of er inderdaad grote jaarlijkse verschillen optreden. Alleen wanneer de mest goed te mengen is wanneer er maar een partij beschikbaar is zoals op bedrijf Achterkamp is een jaarlijkse analyse niet per se nodig.

3.1.9 Resteffect

Naast de directe N-werking is er bij regelmatig gebruik van dierlijke mest ook sprake van een resteffect. Met resteffect wordt bedoeld: het positieve effect van dierlijke mest op de ds-opbrengst dat niet het gevolg is van het extra aanbod van een bepaalde voedingsstof.

Concreet kan het resteffect bijvoorbeeld worden veroorzaakt door een verhoging van het organischestofgehalte van de bodem, waardoor het vochtleverend vermogen toeneemt. In de praktijk is het resteffect sterk verstrengd met de

nawerking. Daar ook schade op kan treden, is het erg moeilijk een resteffect te bepalen en wordt in de praktijk hiermee op grasland geen rekening gehouden. Noij & Westhoek (1992) geven weer dat de combinatie schade en resteffect kan leiden tot een reductie van 1.000 kg ds ha⁻¹ jaar⁻¹ of tot een meeropbrengst van 500 kg ds ha⁻¹ jaar⁻¹.

3.1.10 N-werking

De N werking, weergegeven in tabel 3.1, is berekend op basis van een groot aantal proefresultaten. Het is echter een gemiddelde N-werking. In de oorspronkelijke proeven was sprake van een grote spreiding. In tabel 3.7 is de spreiding van de N-werking weergegeven.

TABEL 3.7. Spreiding (minimum en maximum) in N-werking van dunne mest voor diverse toedieningstechnieken en grondsoorten op basis van ds-opbrengst (ds) en N-opbrengst (N).

Grond- soort	Tijd	injectie		zodenbemester		bovengronds	
		ds	N	ds	N	ds	N
zand	voorjaar	37 - 101	48 - 112	29 - 71	23 - 67		
	zomer	2 - 71	28 - 71	42 - 83	42 - 78		
	najaar	22 - 54	22 - 65				
	jaar	23 - 55	29 - 72	17 - 73	11 - 70	11 - 38	9 - 44
zavel	voorjaar	27 - 56	34 - 64				
	najaar	8 - 62	14 - 64				
klei	voorjaar	29 - 35	31 - 48	13 - 58	25 - 64		
	zomer	26 - 52	23 - 64	1 - 57	15 - 36		
	jaar	34 - 41	39 - 45	9 - 61	1 - 44	8 - 48	9 - 21
veen	voorjaar	19 - 33	26 - 40	42 - 96	40 - 73		
	jaar	21 - 40	26 - 40	59 - 88	31 - 73	21 - 70	16 - 36

Uit tabel 3.7 blijkt dat er een grote spreiding bestaat in werking. Er is mogelijk een verschil in werking tussen bepaalde grondsoorten, maar dit is niet erg duidelijk aanwezig. De gegevens zijn ontleend aan een viertal rapportages en beslaan enkele jaren van onderzoek (Schils, 1992; Sniijders *et al.* 1987; Schreuder *et al.* 1995; en Noij & Westhoek, 1992). De oorzaak voor de spreiding binnen een proef, maar ook tussen verschillende proeven is niet nader onderzocht. Op basis van de spreiding en de verschillen is onderscheid aangebracht tussen bovengronds, injectie en zodenbemesting, echter een deel van de proefresultaten die in bovenstaande tabel zijn weergegeven, zijn niet meegenomen in tabel 3.1, omdat de proeven ten tijde van de bepaling van de werkingscoëfficiënten uit tabel 3.1 nog niet waren afgerond. Het is duidelijk dat het jaareffect groot is, hetgeen mogelijk te maken heeft met weersinvloeden, verschil in ammoniakemissie en/of het optreden van schade. Bovendien kan de N-mineralisatie uit de organische N in mest sterk variëren. Dit kan het gevolg zijn van weersomstandigheden, maar ook het gevolg van gevoerde rantsoenen. Juist deze organische N bedraagt ongeveer 50 procent van de totale N in dunne rundermest. Meer kennis over de werking van deze organische N is dan ook gewenst (zie de navolgende pagina en § 5.3 over MINIP).

Naast de totale werking, geeft tabel 3.8 een beeld van de spreiding in werkingscoëfficiënten per snede bij toediening in het voorjaar en in de zomer, voor de toedieningstechnieken zodenbemesting en zodeninjectie op zand, klei en (diep ontwaterd) veen. Schils (1992) vond geen effect van het toedieningstijdstip op de werkingscoëfficiënt voor de eerste snede bij mestinjectie.

TABEL 3.8. Spreiding N-werking per snede na toediening (%) in voorjaar of zomer bij zodenbemesting en injectie (Schils, 1992; Snijders *et al.* 1987; Schreuder *et al.* 1995)

Toediening	grond	snede na toediening			
		1	2	3	rest
zodenbemesting voorjaar	zand	11 – 25	1 – 8	3 – 5	- 1 – 3
	klei	6	7	4	5
	veen	1 – 30	- 4 – 28	- 2 – 24	- 1 – 20
zodenbemesting zomer	zand	15 – 34	4 – 20	- 1 – 12	2 – 5
	klei	19 – 32	- 2 – 16	4 – 6	-19 – 2
injectie voorjaar	zand	23 – 46	7 – 12	5 – 9	3 – 5
	klei	8 – 11	5 – 7	4 – 9	4 – 6
	veen	- 4 – 15	15 – 26	11 – 18	12 – 14
injectie zomer	zand	20 – 25	11 – 14	1 – 8	1 – 5
	klei	19 – 20	11 – 12	1 – 5	- 3 – 1

Uit tabel 3.8 blijkt dat, naast een spreiding in totale N-werking, op jaarbasis ook sprake is van een grote spreiding in N-werking per snede. De grootste werking, maar ook de grootste spreiding wordt gevonden in de snede direct na toediening. Er blijkt geen duidelijk verschil in spreiding te zijn tussen de grondsoorten of de methoden van toedienen. Dit is ook niet direct te verwachten, daar deze spreiding wordt beïnvloed door de ammoniakemissie, de duur van de groeiperiode en de weersomstandigheden. De weersomstandigheden hebben niet alleen invloed op de groei maar ook op de ammoniakemissie. Dit kan direct samenhangen met het niveau van de ammoniakemissie. De laatste wordt ook nog eens beïnvloed door mesteigenschappen (ds- en N-gehalte). Inmiddels is het niveau van de ammoniakemissie wel redelijk te berekenen (zie www.alfam.dk, onder kopje results). De duur van de groeiperiode bepaalt hoe lang er N kan worden opgenomen. Bij een lange groeiperiode is de werking van de N in die periode relatief hoog. Schils (1992) heeft het volgende verband gevonden tussen het tijdstip van toediening en de werking:

Aandeel 1 ^e snede van de ds-opbrengstverhoging op jaarbasis (%)=		
-29,1 + 1,5 * aantal dagen	(r ² = 71,9)	[1]
Aandeel 1 ^e snede van de N-opbrengstverhoging op jaarbasis (%)=		
-16 + 1,5 * aantal dagen	(r ² = 66,6)	[2]

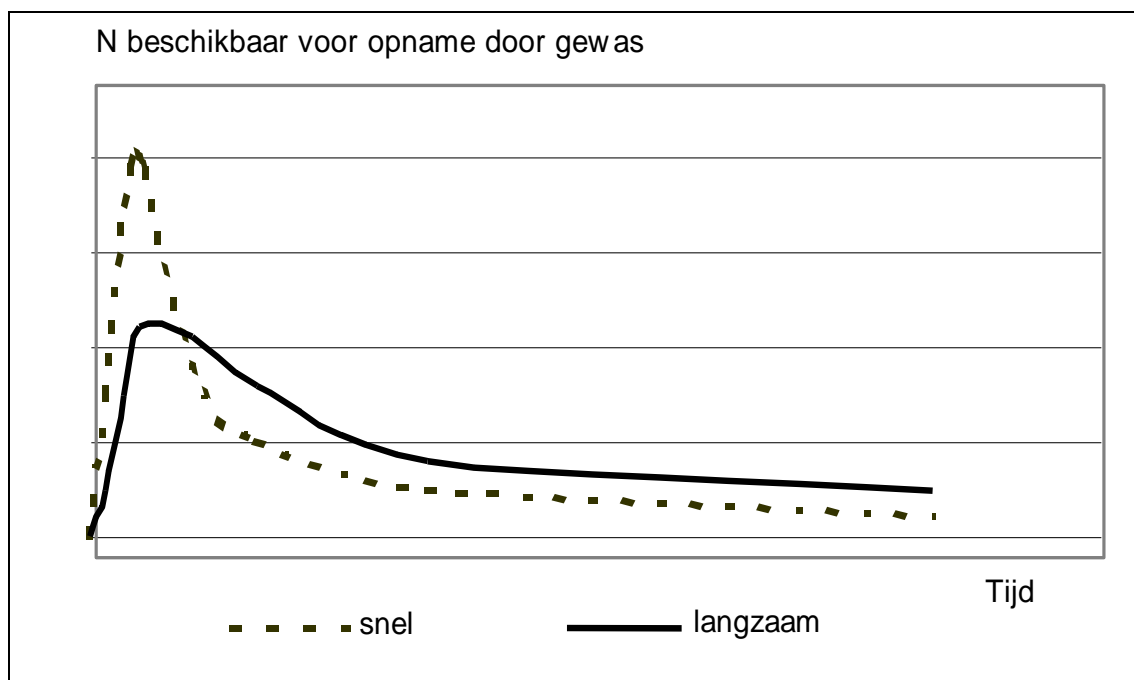
Het aantal dagen in bovenstaande formules komt overeen met het aantal dagen tussen toediening en oogst. Dit betekent bijvoorbeeld dat injectie 53 dagen voor de oogst ertoe leidt dat respectievelijk 50 en 63 procent van de ds- en N-opbrengstverhoging op jaarbasis gerealiseerd wordt in de eerste snede. Deze formules bieden de mogelijkheid om de N-werking in de eerste snede bij injectie (tabel 3.1) nader te specificeren. Vermenigvuldiging van formule (1) met de N-jaarwerking van dunne rundermest (60 procent) geeft de nieuwe N-werking voor de eerste snede. Bij bijvoorbeeld 76 dagen tussen toedienen en oogsten bedraagt de N-werking $(-29,1+114)*0,6= 51$ procent, terwijl in tabel 3.1 42 procent wordt aangehouden. Bij 66 dagen wordt op basis van formule [1] ook 42 procent gerealiseerd. Bij een aantal dagen tussen 1 en 2 maand zou dit een N-werking tussen 10 en 37 procent beteken, hetgeen gemiddeld overeenkomt met de N-werking van 24 procent in tabel 3.1. Indien de N-werking per tijdstraject (> 2 mnd, 1-2 mnd, < 1 mnd) door de hierboven aangegeven benadering afwijkt van de waarden in tabel 3.1, dan heeft dit ook consequenties voor de N-werking van navolgende sneden. Verondersteld wordt dat de resterende N-werking naar rato verdeeld wordt overeenkomstig de in tabel 3.1 aangehouden verdeling. Deze aanpak leidt dus tot een verfijning, waar echter nog een behoorlijke ruis omheen kan zitten vanwege een percentage verklaarde variantie van ongeveer 72 procent in vergelijking [1]. Om de N-werking van dierlijke mest beter te kunnen

kwantificeren zou onderzoek gedaan kunnen worden naar de relatie tussen de N-werking en de weersomstandigheden in de periode tussen toediening en oogst (ammoniakemissie, mineralisatiesnelheid). Mogelijk zijn dan relaties af te leiden waarmee in combinatie met middellange termijn-voorspellingen aan te geven is wat de verwachte N-werking is (zie ook § 5.2.6.).

3.1.11 *Betere schatting van de werking van de organische N*

De N-werking van de organische fractie in de dierlijke mest is slechts globaal bekend. Op dit moment maakt de Bemestingsadviesbasis Grasland en Voedergewassen (Anonymus, 1998) ook geen verschil tussen de N-werking van de organische fractie in dunne runder- en varkensmest (zie tabel 3.1). Dit was 10 jaar geleden gerechtvaardigd, vanwege een veel hoger niveau van N-bemesting met kunstmest. Hierdoor waren in de praktijk verschillen in N-werking tussen dierlijke mesten minder relevant. Echter, het relatieve aandeel van dierlijke mest in de N-bemesting is de laatste jaren sterk gestegen en stijgt nog verder. Daar komt bij dat de mestsamenstelling ook wijzigt. Door beter op de norm te voeren en goed uitgebalanceerde rantsoenen te gebruiken neemt het aandeel organische N relatief toe ten opzichte van de minerale N. Dit blijkt ter illustratie uit de gegevens van Van Dongen (1999; tabel 1).

Daarnaast is het voedingspatroon en het verteringsstelsel van varkens totaal anders dan dat van rundvee. Dit leidt er toe dat er in varkensmest ook andere organische componenten aanwezig zijn dan in rundermest en daarmee tot een verschillende beschikbaarheid van organisch gebonden N in de tijd (schematisch weergegeven in figuur 3.2).

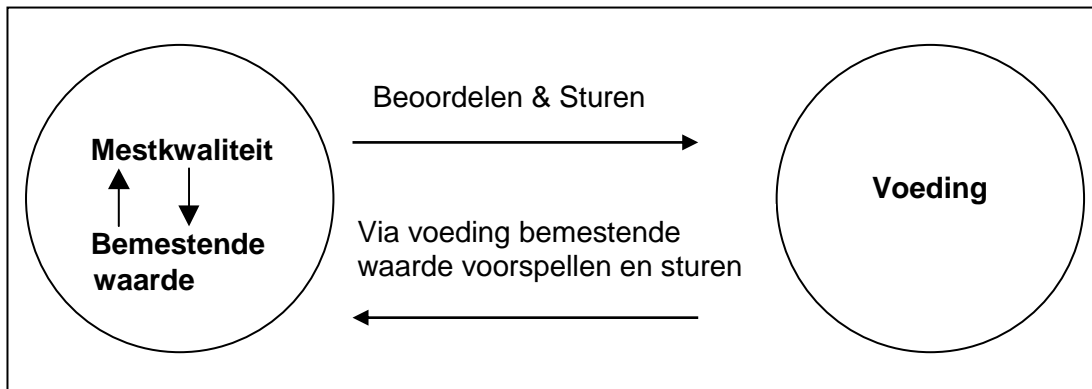


FIGUUR 3.2. Het schematisch verloop van het beschikbaar komen van N uit snel en langzaam afbreekbare organische stof.

Een verschil in organische componenten betekent onder andere verschillende hoeveelheden lignine, cellulose en hemicellulose in de organische stof. Naarmate het aandeel lignine in de organische fractie groter is, neemt de afbreekbaarheid van de organische fractie toe (Jedidi *et al.*, 1995; Volker *et al.*, 1989). Dit kan gepaard gaan met een lager C/N-quotiënt (Levi-Minzi *et al.*, 1986). Het C/N-quotiënt is een maatstaf voor de hoeveelheid N die vrij kan komen bij afbraak van organische stof. Hoe hoger het C/N-quotiënt, des te minder N er vrijkomt bij afbraak. Vaak gaat een hoger C/N-quotiënt bij mest samen met een slechtere afbreekbaarheid (een lagere mineralisatiesnelheid), maar niet noodzakelijkerwijs. Om hier nauwkeurigere uitspraken over te doen dient men de humificatiecoëfficiënt vast te stellen (Janssen, 1996). Daar wordt in het kader van deze studie niet verder op ingegaan.

Uit tabel 3.5 blijkt dat het C/N-quotiënt van dunne rundermest beduidend hoger is dan die van varkensmest. Dit in combinatie met de wetenschap dat de afbreekbaarheid van organische stof in dunne rundermest lager is dan die van varkensmest, betekent dat er duidelijke verschillen moeten zijn in de N-nalevering (W_{org}) tussen deze mesten. Het verdient aanbeveling om dit nader te onderzoeken. Modelmatige berekeningen met MINIP geven dit ook aan (Velthof *et al.*, 1999).

Er is gesteld dat het rantsoen (in combinatie met het soort verteringsstelsel) van invloed is op de afbreekbaarheid van organisch gebonden N in mest. In zijn algemeenheid is er tot dusver weinig onderzoek verricht naar de relatie tussen rantsoen en mestsamenstelling. Dit is dringend gewenst, omdat dit de mogelijkheid biedt de verhouding tussen organisch gebonden N en minerale N en de afbreekbaarheid van organisch gebonden N te beïnvloeden (figuur 3.3). Met deze kennis wordt het mogelijk om de bemestende waarde van mest positief te beïnvloeden en is het mogelijk te voorspellen wanneer organisch gebonden N beschikbaar komt. Dit zal leiden tot een betere afstemming van de aanvullende minerale N-bemesting op de gewasbehoefte voor situaties waar de basisbemesting uit mest bestaat.



FIGUUR 3.3. Samenhang tussen mestkwaliteit, voeding en bemestende waarde

3.1.12 Wenken voor de praktijk

- Voer per mestput een mestanalyse uit voor de bemestende waarde.
- Dien met de gekozen toedieningstechniek niet meer mest toe dan volgens voorschrift. Te hoge giften kunnen bijvoorbeeld leiden tot het overlopen van de sleuven bij zodenbemesting. Dit geeft extra ammoniakemissie.
- Dien dierlijke mest tijdig toe in het voorjaar.
- Op zandgrond bij voorkeur diepe injectie toepassen voor de eerste snede om aldus een maximale N-werking te realiseren.
- Dien mest bij zoveel mogelijk in de eerste helft van het groeiseizoen toe. Dit geeft de hoogste N-werking op jaarbasis.
- Probeer bij uitrijden rekening te houden met het weer. Droogte leidt tot verbranding en of verdroging rond de sleuven. Bovendien blijven de sleuven bij droogte verder open staan, waardoor meer ammoniakvervluchtiging optreedt.
- Dunne mest is een meststof, dus levert een dunne mestgift in elk geval N. De hoeveelheid is afhankelijk van vele factoren. De richtlijnen voor de werking per snede zijn inderdaad richtlijnen. Bij schraal droog en koud weer in het voorjaar zal de werking lager zijn dan in de tabel is weergegeven. Echter deze N zal later in het seizoen alsnog beschikbaar komen. Houd daar met latere kunstmestgiften voldoende rekening mee.

3.2 MESTBEWERKING

3.2.1 *Samenvatting*

Door het aanscherpen van de overschotsnormen, is het noodzakelijk het mestoverschot op het bedrijf zo klein mogelijk te houden. Het bewerken van mest zou kunnen leiden tot een betere N-benutting op het eigen bedrijf, of tot een betere mogelijkheid tot afvoeren van mest. (In eerste instantie zal geprobeerd worden de technieken op eigen bedrijf toe te passen).

Bewerkingstechnieken die op bedrijfsschaal zijn toe te passen zijn mestscheiding en compostering.

Bij mestscheiding zijn diverse technieken te onderscheiden, die voornamelijk tot doel hebben het volume te verkleinen en daarnaast tot scheiding van N en P kunnen leiden. Volumeverkleining leidt tot minder transport, hetgeen zowel op het eigen bedrijf als bij afvoer gunstig is. De scheidingsrendementen voor de diverse systemen wisselen nogal. Sommige technieken kunnen gepaard gaan met grote (N-)verliezen. Over de toepassingseffecten en financiële voordelen van gescheiden mest op het bedrijf is nog weinig bekend, maar de eerste aanwijzingen wijzen niet op een groot voordeel.

Composteren is een goede methode om mest te bewerken. Het eindproduct is goed bruikbaar op het eigen bedrijf en heeft, naast een direct bemestende waarde, ook een positief effect op het organischestofgehalte van de bodem. Het composteringsproces vraagt echter veel aandacht en kan mislukken, waardoor extra verliezen optreden. Daarnaast is vaak een hoeveelheid dragermateriaal nodig die op het bedrijf zal moeten worden aangevoerd. De kosten van composteren zijn hoog, waardoor het pas rendabel is bij een verhoging van gewasopbrengsten met tientallen procenten.

Andere bewerkingen, zoals het omzetten naar kroos of het verwerken in veevoer, zijn voor de Nederlandse rundveehouderij geen optie.

3.2.2 *Inleiding*

Mestbewerking is aan het begin van de jaren negentig weer actueel geworden. Milieumaatregelen maakten het noodzakelijk om het mestoverschot op bedrijfsniveau te verkleinen. In eerste instantie richtte de bewerkingstechniek zich met name op volumeverkleining, om de eventuele transportkosten te verlagen. Daarnaast speelde reductie van verliezen een grote rol. In combinatie met verbeterde toedieningstechnieken lag het accent op het terugdringen van met name ammoniakemissie. Een bijkomend voordeel was het verlagen van de stankhinder.

In de huidige (2001-2003) en toekomstige milieuwetgeving worden steeds strengere eisen gesteld aan de aanvoer van N en P_2O_5 , om aldus het mineralenoverschot op bedrijfs- en perceelsniveau te verkleinen. Het wordt daarmee belangrijk om de aanwezige dierlijke mest zo optimaal mogelijk te benutten. Met name het scheiden van mest kan de benutting van N en P_2O_5 vergroten, doordat niet alleen de mest in twee fracties wordt gescheiden, maar beide fracties 'een eigen mineraal' bevatten, dat tijdens het groeiseizoen op het juiste tijdstip kan worden toegepast. Daarnaast zijn nog andere mogelijkheden van mestbewerking te noemen, zoals omzettingen via compostering, verbranding, omzettingen naar andere producten (kroos, voeding).

In deze paragraaf worden de mogelijkheden van mestbewerking met hun voor- en nadelen besproken, waarbij het accent ligt op verwerking op en voor het eigen bedrijf.

3.2.3 Mestscheiding

In de huidige en toekomstige milieuwetgeving mag steeds minder N en P_2O_5 toegediend worden. Het is daarom van belang de beschikbare mineralen uit dierlijke mest op het juiste moment toe te dienen. Om dit te bereiken zou scheiding van mineralen een optie kunnen zijn. Mestscheiding biedt deze mogelijkheid. Uit één meststroom (mengmest) ontstaan door scheiding namelijk twee aparte meststromen (een dikke en een dunne fractie). Als bereikt kan worden dat de samenstelling van beide meststromen duidelijk verschilt, in de dikke fractie vooral P_2O_5 en in de dunne fractie vooral N en K_2O , is het beter mogelijk N en P_2O_5 op het juiste tijdstip toe te dienen. De P_2O_5 -behoefte van het gewas is in de eerste snede groot, mede door de grote invloed op de groeisnelheid van het gras (Anonymus, 1997) en de trage levering uit de bodem. Toedienen van P_2O_5 voor de eerste snede is daarom noodzakelijk. De dikke fractie kan vroeg in het voorjaar of in de winter breedwerpig worden toegediend met een stalmeststrooier. Deze vraagt in elk geval minder trekkracht dan een injecteur, waardoor mogelijk kan worden bespaard op energieverbruik.

Door de vroege toediening en de breedwerpige verdeling is er meer P_2O_5 werkzaam dan bij dunne mest, waarbij een lagere ammoniakemissie verwacht wordt (Blanken & Van Lent 1999). De behoefte aan N en K_2O is tijdens het groeiseizoen het grootst. De dunne fractie kan in het groeiseizoen gebruikt worden. Mogelijk kan de dunne fractie met eenvoudiger apparatuur worden aangewend dan dunne rundermest. De kans op verstopping is gering en mogelijk wordt een lagere ammoniakemissie door een geringere hechting aan het gras en snellere indringing in de bodem gerealiseerd dan bij dunne rundermest, vooral bij die toedieningssystemen, waarbij de mest redelijk aan de oppervlakte blijft.

In het geval van een mestoverschot moeten er mineralen van het bedrijf worden afgevoerd. Potentiële afnemers zijn bedrijven die een 'tekort' hebben, zoals akkerbouwbedrijven. Het transport van dunne rundermest is echter kostbaar, omdat het gaat over grote hoeveelheden waarvan ongeveer 90 procent water is. Door (een deel van) de mest te verwerken op het eigen bedrijf kan een geconcentreerde mineralenstroom gecreëerd worden, die goedkoper is te transporteren. De dikke fractie lijkt door het hogere gehalte aan organische stof en P_2O_5 beter af te zetten op de 'mestmarkt'.

3.2.4 Scheidingstechnieken

Er zijn vier scheidingstechnieken te onderscheiden: primaire scheiding, eenvoudige scheidingstechnieken (strofilter), industriële mestscheiding en mechanische mestscheiding. Het werkingsprincipe wordt kort toegelicht.

1. primaire scheiding in de stal

In rundveestallen worden (ter beperking van de ammoniakemissie) sinds enkele jaren zogenaamde dichte hellende vloeren gebruikt in plaats van roostervloeren. De urine vloeit door een giergoot af naar een gesloten mestopslag. De vaste mest (faeces) blijft op de vloer achter en moet periodiek verwijderd worden met een mestschuif. De schuif stort de mest aan het eind in een kelder of verzamelgoot. Door de vaste mest apart te houden van de urine ontstaan twee aparte meststromen. Aan de vaste mest wordt stro toegevoegd als strooisel in de ligbox om de vaste mest stapelbaar te maken. Dit principe wordt hierna 'primaire scheiding' genoemd (Blanken & Van Lent, 1999).

2. eenvoudige mestscheidingssystemen

A. In een opslagsysteem kan met een laag stro de mest gescheiden worden. Het stro fungeert als zeef, waarbij de dunne fractie onder het stro afgevoerd wordt. De mest kan diverse keren in een dunne laag op het stro gepompt worden. Met varkensmest is dit principe reeds met succes toegepast. Als

tweede stap wordt het stro en de achtergebleven mest op een hoop gezet en volgt een composterings- en drogingsproces.

B. Indien in de stal gehakseld stro wordt gebruikt als strooisel in de boxen, kan tijdens de opslag getracht worden de mest te laten uitlekken via gleuven in de wanden van de opslag. De dunne fractie wordt met behulp van goten afgevoerd. Na verloop van tijd treedt in de strorijke mest compostering en indroging op. Dit systeem is in het verleden op de Waiboerhoeve en in het buitenland reeds op beperkte schaal toegepast (Kant & Blanken, 1998).

3. industriële scheiding

In de industrie zijn grote installaties beschikbaar voor het ontwateren van vervuild slib, waarbij de werking berust op het scheiden via centrifuge en filters. Deze installaties kunnen ook geschikt gemaakt worden voor het scheiden van mest. Dergelijke installaties zijn mobiel en kunnen in korte tijd een grote hoeveelheid mest scheiden (capaciteit van 300-400 m³ per dag). Het grote voordeel is dat geen mestscheider hoeft te worden aangeschaft en dat geen speciale voorzieningen nodig zijn om de dikke fractie op te slaan. Deze kan namelijk direct met containers afgevoerd worden.

4. mechanische scheiding

Tot nu toe is het gebruikelijk mest te scheiden met behulp van mechanische mestscheiders. Deze apparaten verbruiken elektriciteit voor het uitvoeren van de scheiding. Dit kan plaats vinden via trillen, persen of centrifugeren (Ten Hooven, 2000).

Alle genoemde technieken zijn in eerste instantie gebaseerd op het verkleinen van het volume en de daaraan gekoppelde mogelijkheid om mest te vervoeren en af te zetten. De werking van de diverse systemen wordt derhalve getoetst aan de bereikte volumeverkleining.

Tussen de verschillende systemen van mechanische mestscheiding komen veel rendementsverschillen voor (Morken & Fjellidal, 1991; Converse *et al.*, 1999; Lorimor & Zhang, 1999), maar ook bij binnen één systeem hangt het rendement van verschillende factoren af, waarbij vooral de afstelling van de machine een grote rol speelt (Neukermans *et al.*, 1995).

In een enkel geval is ook de scheiding van N en P gemeten. Schepers [1989] vond een scheidingsrendement van 44 procent voor P₂O₅ en 29 procent voor N bij dunne varkensmest, waarbij de scheiding plaatsvond door de mest onder druk door een trommelzeef te drukken. Dit zijn de percentages van het totaal, die in de dikke fractie terecht komen.

Op de Waiboerhoeve bedroeg het scheidingsrendement bij een systeem van primaire mestscheiding in de stal 29 procent voor P₂O₅ en 12 procent voor N (Blanken & Van Dooren, 2001).

Alle mestscheidingssystemen kunnen mest scheiden in twee fracties, waarbij een grote variatie in rendement optreedt. Om gebruik te kunnen maken van een gedifferentieerde toepassing van N en P₂O₅, is het noodzakelijk dat het scheidingsproces goed verloopt, zonder al te grote mineralenverliezen.

Het systeem 2, mestscheiding met stro, is in dit geval minder geschikt, omdat hierbij vrij veel minerale N verloren gaat (Kant & Blanken, 1998)

Naast een goed werkend scheidingsstelsel, dient de gescheiden bewaring/opslag dusdanig te worden uitgevoerd, dat verliezen beperkt blijven.

3.2.5 N- en P-werking bij toediening

Bij gebruik van dierlijke mest speelt de efficiëntie (werking) van met name N en P een belangrijke rol.

Een deel van de N is organisch gebonden en komt daardoor langzaam vrij. De efficiëntie hangt af van de snelheid waarmee de elementen vrijkomen in combinatie met het tijdstip en de methode van toediening. De volgende (verkorte)

tabel geeft de N- en P-werking weer bij zodenbemesting met dunne rundermest en gier en bij gebruik van vaste stalmest, na jaarlijkse toediening.

TABEL 3.9. Werkingscoëfficiënten voor N en P van rundermest op grasland, op seizoensbasis.

Element	vaste stalmest*	zodenbemester	bovengronds
N-mineraal	15-20% eerste snede +	76%	28%
N-organisch	5% per maand	24%	24%
P	100% (80-20)	100%	100%

* N-werking op bouwland 20-40%.

De cijfers geven de werking weer als percentage van de aanwezige N (organisch en mineraal) en P in de mest, bij aanwending. Het is de werking in het gehele seizoen van toediening.

3.2.6 Bedrijfseffecten gescheiden bewaring

Mestbewerking moet leiden tot een verbetering van de bemestende waarde en/of een verhoging van de werking (efficiëntie) van de afzonderlijke elementen (N en P). Naast de kosten die mestbewerking met zich meebrengt (aangepaste stalbouw, apparatuur, etc.) moet de meerwaarde tot uitdrukking komen in een hogere opbrengst of in een lager gebruik van kunstmest.

Op het Lagekosten(LK-)bedrijf op de Waiboerhoeve is een aantal jaren ervaring opgedaan met gescheiden mestopvang en -bewaring. De mest wordt op dit bedrijf gemengd met stro uit de ligboxen met een schuif over een dichte vloer afgevoerd en op een mestplaat opgeslagen. De gier wordt via een giergoot in een foliebassin gepompt. De eerste resultaten zijn beschreven (Wouters & Teenstra, 2001). Daarnaast is een rapport in voorbereiding (Wouters *et al.*) over de N- en P-werking van de gescheiden mest op het LK-bedrijf.

Om een beeld te krijgen van eventuele voordelen van gescheiden bewaring en toepassing van rundermest, volgt hier een aantal oriënterende uitgangssituaties. Daarna zal voor de specifieke situatie op de Waiboerhoeve de N-werking van mestscheiding met een rekenvoorbeeld, gebaseerd op cijfers van 1999/2000, worden uitgewerkt.

Het maakt verschil of op een bedrijf sprake is van een situatie met een overschot of een tekort aan mineralen (N en P_2O_5).

TABEL 3.10. Voor N en P_2O_5 zijn alle mogelijke combinaties hier weergegeven.

Situatie	1	2	3	4
N	tekort	tekort	overschot	overschot
P_2O_5	tekort	overschot	tekort	overschot

In situatie 1 zal in elk geval N en P_2O_5 aangevoerd moeten worden. Hierbij hangt het van het bouwplan af waar de kunstmest en waar de organische mest zal worden toegepast. Vanuit P-efficiëntie is het gewenst de maïs via een rijenbemesting van P_2O_5 te voorzien. Bij gescheiden bewaring kan de gier (hoog aandeel N) dan op maïs voor de N-voorziening zorgen, maar dit levert geen meerwaarde op ten opzichte van niet gescheiden mest en een basistoediening met dunne rundermest.

In situatie 2 is het probleem dat er sprake is van een P_2O_5 -overschot en een N-tekort. Bij deze situatie zou gescheiden bewaring een mogelijkheid geven om de vaste fractie af te voeren. Hierbij moet echter bedacht worden dat in deze fractie nog wel een hoog aandeel organisch gebonden N wordt afgevoerd. Ook wordt

veel organisch materiaal afgevoerd, hetgeen bij lage os-gehalten van de bodem op met name bouwland een nadeel kan zijn.

Het N-overschot in situatie 3 kan goed worden weggewerkt door:

(1) de vaste fractie af te voeren. Hiermee wordt een grote hoeveelheid organisch gebonden N (die slechts langzaam beschikbaar komt) afgevoerd. Nadeel is dat tevens het grootste deel van de P_2O_5 eveneens wordt afgevoerd. Voordeel is dat de snel werkzame N op het bedrijf achterblijft.

(2) de vloeibare fractie af te voeren. De P_2O_5 blijft op het bedrijf, terwijl de N wordt afgevoerd. Nadeel is dat met name het snel werkende deel van de N wordt afgevoerd.

Voor het LK-bedrijf gaat het bijvoorbeeld om de volgende hoeveelheden:

- 471 ton vaste mest met 565 kg minerale N, 1740 kg organische N en 1319 kg P_2O_5 ;
- 991 ton gier met 1883 kg minerale N, 496 kg organische N en 396 kg P_2O_5 (Blanken & Van Dooren, 2001).

Deze getallen geven aan dat met de vaste fractie een behoorlijke hoeveelheid N kan worden afgevoerd. Nadeel is wel, dat hiermee ook een veel P_2O_5 wordt afgevoerd, waar eigenlijk een tekort aan bestaat. Dit moet dan met kunstmest worden aangekocht. Ook hier geldt weer, dat de aangekochte P_2O_5 het beste eerst in de maïs toepasbaar is.

In situatie 4 is zowel een P_2O_5 - als een N-overschot. Hierbij geeft mestscheiding het voordeel dat met afvoer van de vaste fractie zowel veel N (zie 3) als relatief veel P_2O_5 kan worden afgevoerd, waarbij de snel werkende N uit gier op het bedrijf kan worden toegepast.

3.2.7 Werking gescheiden rundermest ten opzichte van dunne rundermest

Voor de vergelijking tussen zodenbemesting met dunne rundermest en het gescheiden bewaren en uitrijden van vaste rundermest en de vloeibare fractie zijn de volgende aannames gemaakt:

- Bedrijfssituatie is vergelijkbaar met de mestproductie van het LK-bedrijf. Dit bedrijf heeft 31 ha gras en 5 ha maïs, 50 melkkoeien en 400.000 kg melkquotum. Op het bedrijf wordt 471 ton vaste mest geproduceerd, met 565 kg minerale N (Nmin) en 1.740 kg organische N (Norg); totaal 2.305 kg N. Daarnaast wordt ook 991 ton vloeibare fractie geproduceerd, met 1.883 kg Nmin en 496 kg Norg; totaal 2379 kg N.
- De totale hoeveelheid vaste mest in het voorjaar wordt uitgereden op het grasland. Er is nog 5 maanden nawerking.
- De werkingscoëfficiënten in tabel 3.1 zijn van toepassing waarbij is aangenomen dat de dunne fractie werkt overeenkomstig de genoemde percentages bij zodenbemesting.
- Met BBPR is berekend hoeveel dunne rundermest bij dit bedrijf zou zijn geproduceerd. Dit is 965 ton, met 5,1 kg N (2,7 kg Nmin en 2,4 kg Norg) en 1,6 kg P_2O_5 per ton.

TABEL 3.11. Vergelijking N-werking van dunne mest en gescheiden mest.

Mestsoort	Nmin, kg	Norg, kg	w.c. Nmin	w.c. Norg	werkz. Nmin, kg	werkz. Norg, kg	werkz. N, kg
RDM	2.613	2.317	76	24	1.986	556	2.542
vaste mest	565	1.740		40-45	922-1.037		922-1.037
vloeibare fractie	1.883	496	76	24	1.431	119	1.550

- Nmin = minerale N-deel; Norg = organische N-deel,
- w.c. = werkingscoëfficiënt (%)

Op basis van deze aannames bedraagt bij mestscheiding de totale N-werking 2.472 tot 2.587 kg N (som van vaste mest en vloeibare fractie in tabel 3.11). De N-werking van dunne mest in dit voorbeeld bedraagt 52 procent, de werking van de gescheiden mest (vaste mest en gier samen) bedraagt 53 tot 56 procent. De N-werking van de gescheiden mest is dus gelijk aan tot iets beter dan die van dunne rundermest. Mestscheiding leidt dus niet rechtstreeks tot een veel betere benutting. Mogelijk treden er in werkelijkheid zelfs nog meer verliezen op in de vaste fractie door compostering/vergisting en zijn de ammoniakverliezen in de dunne fractie hoger dan in dunne rundermest. Dit zou kunnen betekenen dat de N-werking is overschat. Daarnaast is er nog veel onbekend over de P-werking van stalmest.

3.2.8 Composteren

Composteren kan als een vervolgstap op gescheiden mestbewaring worden gezien. De vaste fractie kan gecomposteerd worden, al dan niet met bijmengen van extra biomassa (bijvoorbeeld bermgras). Echter, het is ook mogelijk om dunne rundermest te mengen met een structuurrijkere toevoeging, met hoog ds-gehalte (grondstof, of dragerstof).

Er bestaat geen algemeen aanvaarde definitie van compostering. Toch komen in alle omschrijvingen dezelfde facetten terug. Haug (1993) hanteert de volgende definitie:

“Compostering is de biologische omzetting en stabilisatie van organische stof onder omstandigheden die het mogelijk maken dat door biologische activiteit de temperatuur oploopt tot in het thermofiele gebied en waarbij uiteindelijk een product ontstaat dat vrij is van ziektekiemen en onkruidzaden en dat een positieve werking heeft op gewasgroei”.

Kern van deze en andere definities (die nader zullen worden toegelicht) is:

- a) de omzetting van organische stof naar een stabiele humus,
- b) onder zuurstofrijke omstandigheden,
- c) waarvan een zuiverende werking uitgaat door de optredende hoge temperaturen,
- d) met een minimaal verlies aan nutriënten,
- e) waardoor een bruikbaar product ontstaat,
- f) dat een positieve werking heeft op bodemvruchtbaarheid en gewasgroei.

De zuurstofrijke (aërobe) omstandigheden zijn kenmerkend voor het composteringsproces. Afbraak van organische stof kan ook onder zuurstofloze (anaërobe) omstandigheden plaatsvinden. Er is dan sprake van vergisting. Dit proces wordt in de literatuur ook wel anaërobe compostering genoemd.

Om de omstandigheden te creëren waaronder de omzetting van organische stof optimaal verloopt en om eventueel gedurende het proces te kunnen bijsturen zijn allerlei composteringstechnieken ontwikkeld. Deze lopen uiteen van een simpele composthoop tot een industriële installatie die in een continu proces grote hoeveelheden compost produceert. Van Dooren *et al.* (in prep., 2002) geeft een uitvoerige opsomming en beschrijving van de diverse technieken.

Door hun industriële karakter lijken continue composteerprocessen niet geschikt voor toepassing op melkveehouderijbedrijven. Deze installaties vragen een grote investering en een constante aan- en afvoer van producten. Slechts door grote hoeveelheden te composteren kunnen de kosten per eenheid compost gereduceerd worden. De batchprocessen lijken eerder toepasbaar op een melkveehouderijbedrijf. De investeringen zijn beperkt en het proces stelt minder eisen aan de aan- en afvoer van materialen. Vooral rugcompostering lijkt een geschikte composteringmethode om toe te passen op een melkveebedrijf.

Beluchting is niet noodzakelijk wanneer de rug in de loop van het proces zijn structuur behoudt. Gebeurt dat niet dan kan via het omzetten van de rug geprobeerd worden de structuur weer terug te brengen. Afhankelijk van het aantal keren omzetten is deze manier van composteren dus meer of minder intensief te noemen.

Bij composteren treden ook verliezen op. Emissie van N kan plaatsvinden in de vorm van NH_3 , N_2O , N_2 . Daarnaast kan methaan (CH_4) vrijkomen tijdens compostering. Verschillende onderzoekers beschrijven de N-verliezen tijdens compostering. Osada *et al.* (1997) onderzochten de emissie van ammoniak, methaan en lachgas bij de compostering van varkensmest. Uit de experimenten blijkt dat de emissie van alle drie de gassen sterk afhangt van het beluchtingsluchtdebiet van de compost. Tot een debiet van $80 \text{ l m}^{-3} \text{ min}^{-1}$ neemt de ammoniakemissie toe tot een maximum van bijna $1.000 \text{ g NH}_3\text{-N m}^{-3}$. Bij een debiet van $100 \text{ l m}^{-3} \text{ min}^{-1}$ neemt de emissie weer af, waarschijnlijk door uitdroging van de compost waardoor de micro-organismen geremd worden in hun activiteit. Bij methaan en lachgas is het omgekeerde effect te zien. Wanneer het debiet lager dan $40 \text{ l m}^{-3} \text{ min}^{-1}$ wordt neemt de emissie sterk toe tot $385 \text{ g CH}_4 \text{ m}^{-3}$ en $71,9 \text{ g N}_2\text{O-N m}^{-3}$. Dit is te verklaren uit het feit dat door een lagere zuurstoftoevoer meer anaërobe situaties ontstaan waarbij methaan en lachgas gevormd worden. Bij de emissie van ammoniak was verder een duidelijk verloop in de tijd te zien. Na elke keer omzetten was een duidelijke stijging in de emissie waarneembaar. Het totaal N-verlies gedurende het composteren bedroeg 10-25 procent, afhankelijk van het luchtdebiet.

Beck *et al.* (1997) constateren bij compostering in een ongestoorde batchreactor, dat de ammoniakemissie afhangt van de beluchtingsgraad (in $\text{l kg}^{-1} \text{ ds h}^{-1}$), het C/N-quotiënt en het drogestofgehalte in het uitgangsmateriaal. Uit de dikke fractie (ds gehalte 20 procent) van gescheiden dunne rundermest afkomstig van melkvee, emitterde in de eerste 10 dagen van het compostingsproces 13,2 procent van de aanwezige N als ammoniak.

3.2.9 Toepassing compostering op melkveebedrijven

Reden voor het gebruik van compost in plaats van dierlijke mest is, naast de toediening van NPK, het verstrekken van voldoende organische stof (bouwland, biologische bedrijven, kleibedrijven). Op melkveebedrijven wordt doorgaans alle aanwezige dunne rundermest gebruikt voor de P-voorziening van de gewassen. Voor de N-voorziening wordt aanvullend gebruik gemaakt van KAS. Bij een goede compostering verandert de absolute hoeveelheid P, die afkomstig is van de dunne rundermest, niet (Van Dooren *et al.*, 2002 in prep.). Door de toename van het drogestofgehalte tijdens de compostering neemt het P-gehalte per kg product toe. Het gehalte aan werkzame N neemt daarentegen met ongeveer 50 procent af, door verlies in de vorm van ammoniak en door vastlegging van N in de organische stof. De keuze om compost uit eigen dunne rundermest te gaan produceren heeft dus gevolgen voor de wijze waarop in de N-behoefte van de gewassen kan worden voorzien. Een hogere kunstmestgift ligt voor de hand. Om de kunstmestaankopen te beperken is het ongewenst om alle dunne rundermest te composteren. In de praktijk zal compostering dus niet jaarrond plaatsvinden, wat gevolgen heeft voor de logistiek van het proces.

Daarnaast geldt een aantal wettelijke (milieu-)eisen voor het composteren. Zo moet opslag en verwerking plaatsvinden op een vloeistofdichte plaat, moet lekvocht worden opgevangen en moet de composthoop worden afgedekt met een doek. Deze regels brengen dus, naast de techniek voor het omzettingsproces, extra kosten met zich mee. De aanvoer van het dragermateriaal valt nog niet onder de aanvoer op de mineralenbalans (niet heffingsplichtig).

Volgens berekeningen van De Haan (Van Dooren *et al.* 2002 in prep.) op bedrijfsniveau kunnen de volgende conclusies ten aanzien van compostering worden getrokken:

- Composteren met beheersgras als dragermateriaal, dat gratis of goedkoop wordt verkregen, leidt tot verhoging van het saldo. Dit komt door daling van kunstmest- en voerkosten. Echter de arbeidsopbrengst daalt met f 30.000 tot f 50.000 door extra kosten voor opslag van compost en toevoegmateriaal, door extra loonwerkkosten, door extra kosten voor machines en werktuigen en door meer arbeid. Door te composteren is wel minder mestopslagcapaciteit nodig. Ook wordt bespaard op de kosten voor uitrijden van dunne rundermest.
- Bij composteren is veel toevoegmateriaal nodig. Wanneer een bedrijf stro moet aankopen voor compostering kunnen de kosten voor aankoop gemakkelijk oplopen van f 50.000 tot f 90.000, dit heeft een sterk negatieve invloed op de arbeidsopbrengst.
- Omdat voor composteren met bermgras ruim 2 maal zoveel toevoegmateriaal nodig is als voor composteren met stro, zijn de kosten voor opslag (bouwwerken) en verwerking (extra arbeid of loonwerk) van composteren met bermgras ook f 15.000 tot f 25.000 hoger dan bij toepassen van stro, afhankelijk van de hoeveelheid te composteren dunne rundermest (950 m³ ten opzichte van 1.675 m³).
- Composteren leidt tot een grote aanvoer van N uit toevoegmateriaal op de mineralenbalans Bij stro is dit voor een gemiddeld groot bedrijf op droge zandgrond ongeveer 70 kg N ha⁻¹, bij toepassing van beheersgras op hetzelfde bedrijf is dat zeven keer zoveel. Als dit niet meetelt bij Minas, daalt het overschot bij toepassen van beheersgras door minder kunstmestaanvoer. Bij toepassen van stro stijgt het licht. Telt dit wel mee, dan stijgt het overschot ook bij toepassen van beheersgras fors.
- Een hogere gewasopbrengst heeft per procent een positief effect op de arbeidsopbrengst van f 500 tot f 1.000 bij gemiddelde, respectievelijk grotere bedrijven die in deze studie zijn doorgerekend. Om de meerkosten van composteren te compenseren moeten de gewasopbrengsten tientallen procenten hoger zijn dan bij toepassing van alleen dunne rundermest.

3.2.10 Andere bewerkingen

Naast mechanisch bewerken en composteren, is nog een aantal bewerkingen denkbaar, zoals

- vergisten;
- verbranden;
- zuiveren door middel van kroos; en
- upgraden/verrijken naar hoogwaardige producten.

Het is technisch goed mogelijk om dunne (runder)mest te vergisten in vergistings- of biogasinstallaties. In de jaren 80 zijn hier op diverse plaatsen ervaringen mee opgedaan (De Vries, 2001), maar door diverse oorzaken (laag rendement, zowel technisch als economisch, veel uitval en onderhoud installaties en zelfs uitval) is deze vorm van mestverwerking niet goed van de grond gekomen. Echter, door technische ontwikkelingen en andere energieprijzen en ook de mogelijkheid om deze alternatieve energievormen aan de consument aan te bieden, ontstaan nieuwe mogelijkheden voor mestvergisting.

Tijdens het vergistingsproces wordt organische stof afgebroken en omgezet in biogas en water. Biogas kan vervolgens in een gasmotor/turbine worden verbrand, waarbij elektriciteit en warmte wordt geproduceerd. Deze energie kan deels worden toegepast op het eigen bedrijf en deels worden geleverd aan een algemeen energienet. In Nederland wordt het gebruik van biogas momenteel

onderzocht op Praktijkcentrum voor het Noordelijk melkveehouderijgebied "Nij Bosma Zathe" en een tweede installatie is gepland op het Praktijkcentrum voor innovatie in de varkenshouderij te Sterksel (Van Lent & Van Dooren, 2000). Na vergisten kan de vergiste mest via mestscheiding nog verder worden bewerkt. Dit proces vindt in elk geval bij industriële vergistingsinstallaties plaats, waarbij het dan vooral gaat om het volume van het restproduct te verkleinen en het vloeibare deel als redelijk schoon water te kunnen lozen. Voor praktijkbedrijven lijkt dit een duur proces te zijn.

Over verbranden is niet veel bekend in de literatuur. Door het lage ds-gehalte zal erg veel energie nodig zijn om de hoeveelheid vocht te verdampen. De Groot (1985) beschrijft goede ervaringen met het verbranden van de veel drogere kippenmest; echter de energie-inhoud van deze mestsoort is zelfs nog relatief laag. Voor producten met een laag ds-gehalte, zoals dunne rundermest, is verbranding dus niet interessant.

Een verbrandingsinstallatie op eigen erf lijkt niet perspectiefvol. Indien grootschalig verbrand zou worden, komen hier ook nog transportkosten bij.

Over zuiveren met kroos is meer bekend. Met name in het buitenland wordt kroos gebruikt voor het zuiveren van afvalwater (Ogburn, 1994), waarbij het kroos zelf als hoogwaardig product wordt gezien in de voeding van vis, maar het is ook geschikt als eiwitvervanger in de humane voeding. Sultana *et al.* (2000) vonden goede resultaten bij de ontwikkeling van kroos (*Lemna purpusila*) op anaëroob gefermenteerde rundermest, waarbij het geproduceerde kroos werd gebruikt als voedselbron voor vis en kippen. Ook Porath *et al.* (1977) vonden goede mogelijkheden om kroos te voeren aan graskarpers, waarbij de kroosproductie plaatsvond op rundermest.

Het is dus mogelijk om mest te zuiveren met kroos.

Om kroos tot meerwaarde voor de melkveehouderij te brengen, zou dit product gevoerd moeten kunnen worden. Daar kroos bij met name waterschappen als hinderlijk bijproduct wordt ervaren, hebben zij naar mogelijke oplossingen gezocht. Hesen *et al.* (1997) onderzocht in opdracht van STOWA de mogelijkheden tot kroosbestrijding in oppervlaktewater. In dit onderzoek kwam naar voren dat het voeren aan vee een zeer goede oplossing kan zijn. Er moet echter rekening worden gehouden met de mogelijkheid dat kroos te veel zware metalen bevat (afhankelijk van de oorsprong).

Ervaringen met de toepassing van kroos geteeld op rundermest en toegepast als voer in een gesloten kringloop zijn nog niet bekend.

Een andere vorm van verwerking kan zijn het opwaarderen van mest tot andere producten, bijvoorbeeld voer. In het verleden zijn goede resultaten bereikt met toevoegingen van NPN (non proteïn N) aan voer. Gezien de huidige problemen met het voeren van producten die resten van dieren bevatten (onder andere BSE-crisis), lijkt de tijd op dit moment niet rijp voor deze toepassingen.

3.2.11 Praktijk

Toepassen van bewerkte mest in de praktijk hangt af van de teelt.

Voor enkele (gescheiden) fracties is de verhouding $P_2O_5 : N$ als volgt:

dunne rundermest, standaard:	1 : 2,7
vaste mest	1 : 1,8
dunne fractie	1 : 6

Voor enkele belangrijke voedergewassen zijn de P- en N-behoeften als volgt:

	P-behoefte	N-behoefte	P : N
gras snede 1	45	100	1 : 1,22
gras overige sneden	20	60	1 : 3

snijmaïs	rij	30	30	1 : 1
	breed	60	120	1 : 2
GPS (voorjaar)		40	100	1 : 2,5
gras/klaver		50	25	2 : 1

Uit de verhouding P : N blijkt dat de dunne fracties met de hoge N-gehalten eigenlijk alleen toepasbaar zijn op gras in de latere sneden, wanneer zowel naar N- als de P-dekking wordt gekeken. Indien de P-behoefte laag is, bijvoorbeeld bij een erg goede bodemtoestand, is deze fractie makkelijker inzetbaar. Voor toepassing op gras/klaver voldoen eigenlijk geen van de mogelijkheden. De vaste fractie komt het eerst in aanmerking, waarbij het gunstig is dat het N-deel langzaam beschikbaar komt. Voor snijmaïs, GPS en de eerste snede van gras sluit dunne rundermest het beste aan.

3.3 TOEVOEGMIDDELEN MEST

3.3.1 Samenvatting

Het gebruik van toevoegmiddelen aan dunne (runder)mest neemt door diverse ontwikkelingen in de landbouw toe. Stankhinder en minder emissie van ammoniak (NH_3) zijn de belangrijkste argumenten om deze middelen toe te passen. Er bestaat een breed scala aan toevoegmiddelen, die alle volgens een bepaald principe werken. Door de fabrikanten wordt een groot aantal positieve eigenschappen aan de middelen toegekend. Onderzoek heeft een groot deel van de beweerdde eigenschappen nog niet kunnen bevestigen. Daarnaast is voor een individueel bedrijf de kosten-batenverhouding van belang. De meeste toevoegmiddelen zijn niet goedkoop dus moet het effect voldoende rendement opleveren.

In tabel 3.12 is een verkort overzicht weergegeven van de toevoegmiddelen, de werkingsprincipes, de door fabrikanten opgegeven positieve effecten, onderzoeksgegevens en economische aspecten.

TABEL 3.12. Overzicht toevoegmiddelen dunne mest.

Categorie	subgroep	middel	principe	beweerde eigen-schappen	bewezen eigen-schappen	kosten per ha	bijkomend effect
chemisch	oxidanten	KmnO_4	doden bacteriën	minder NH_3 -emissie	++/-	+++	nvt
		H_2O_2	inbrengen O_2	stank-reductie	+/-		
	zuren	org. zuur	verlagen pH	verlagen pH	++	++ / +++	
		HNO_3		minder NH_3 -emissie	++		minder N nodig
		ov. anorg. zuren					
micro-biologisch	bacterie-mengsels		hoger aandeel goede bacteriën voor goede fermentatie	verlagen emissies	+/-	++	minder N nodig
fysisch	(klei)mineralen koolstof		vergroten adsorptie-oppervlak	homogenere mest	-	+	minder N nodig
			betere ionen-uitwisseling hechting schadelijke stoffen	beter bodemleven minder stank	- +/-	+	hogere opbrengst
combi-binaties	bacterie-mengsels		combinatie fysisch en	beter werking dunne mest binding	-	++	
	met mineralen		microbiologisch	schadelijke stoffen	++/-		

Het blijkt dat de aan toevoegmiddelen toegeschreven eigenschappen in een aantal gevallen zijn bewezen (aangegeven met + of ++), maar vaak is dit ook niet het geval (er is nog nooit een positief effect aangetoond) of spreken resultaten elkaar tegen, zoals bij de toepassing van peroxide. De kosten van alle middelen zijn tot nu toe hoger dan de aangetoonde baten. Een eventueel voordeel van een toevoegmiddel moet in een aantal gevallen leiden tot een besparing op de N-bemesting. Los van de al dan niet aangetoonde werking zijn toevoegmiddelen duur (globaal tussen de f 150,- en f 250,- ha^{-1}).

Indien de middelen alleen een verbeterd rendement zouden geven op de N-werking, mag de prijs van een middel ongeveer f 5,- ha^{-1} bedragen per procent meer werkzame N in de dierlijke mest of per kg extra N-nalevering door de bodem, indien bovengronds uitrijden niet is toegestaan. Indien het echter

toegestaan zou worden om dunne mest, waaraan een middel is toegevoegd, bovengronds uit te rijden, is het economisch snel rendabel om een toevoegmiddel te gaan gebruiken. Voorwaarde is wel dat de werking bewezen dient te zijn (een sterke vermindering van de NH_3 -emissie).

3.3.2 Inleiding

Diverse ontwikkelingen in de landbouw dragen bij tot een stijgend gebruik van toevoegmiddelen aan dunne (runder)mest. In eerste instantie dienden de toevoegmiddelen ter vermindering van de stank en ter verbetering van de mengbaarheid bij (sterk) ontmengde dunne mest. Begin jaren 90 is emissiearme aanwending verplicht gesteld. Door verschillende bedrijven wordt het inbrengen van mest in de zode als bezwaarlijk gezien. Op slecht draagkrachtige gronden kan dit, zeker onder natte omstandigheden, tot ernstige beschadiging leiden. Op andere grondsoorten treedt verdroging op rond de injectiesleuven, of is relatief veel trekkracht nodig. Daarnaast is er een groep ondernemers die vindt dat het inbrengen van mest in een graszode het bodemleven ernstig verstoort. Om toestemming te krijgen voor bovengronds aanwenden, dienen toevoegmiddelen te worden gebruikt die de NH_3 -emissie voldoende reduceren en daardoor mogelijk een hogere N-werking kunnen geven.

De toevoegmiddelen zijn te onderscheiden in een drietal hoofdgroepen, met een werkingsprincipe op basis van

- pH-regulatie of oxidatie (groep: chemische toevoegmiddelen);
- micro-organismen; en
- ionen/fysische regulatie.

Op dit moment (januari 2002) is het wettelijk nog niet toegestaan om bij gebruik van toevoegmiddelen uit genoemde categorieën de mest bovengronds toe te dienen. Voor een proef is ontheffing verleend aan een groep veehouders in Friesland (Vel & Vanla).

In het navolgende worden de voor- en nadelen van toevoegmiddelen nader besproken, voor zover deze bekend zijn.

3.3.3 Chemische toevoegmiddelen

De toevoegmiddelen uit deze categorie kunnen in drie groepen worden onderscheiden (1) oxidatoren, (2) zuren en (3) nitrificatieremmers.

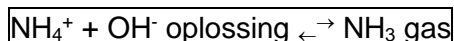
(1) Oxidatoren

Oxidatoren (peroxide, permanganaat, persulfaat) hebben als doel zuurstof aan de mest toe te voegen. Dit zou vooral moeten leiden tot stankreductie. De genoemde sterke oxidatoren reageren echter ook met de organische stof, waardoor er sterke schuimvorming op kan treden. Daarnaast zijn de middelen agressief en ook duur. Powers *et al.* (1999) vonden geen sterk stankreducerend effect van kaliumpermanganaat en waterstofperoxide. Navarotto *et al.* (1992) vonden een licht stabiliserende werking op de microbiologische populatie. Ritter (1981) vond daarentegen juist duidelijk een sterke vermindering van de stank bij het toevoegen van kaliumpermanganaat en waterstofperoxide vlak voor toediening. Echter, door de hoge prijs vond hij de methode ongeschikt voor brede toepassing. Er is in geen enkel onderzoek een verbeterde N-werking aangetoond bij het gebruik van oxidatoren.

(2) Zuren

Het toedienen van zuren moet ervoor zorgen dat de pH van de mest op een zodanig niveau wordt gebracht, dat vrijwel geen NH_3 meer vrijkomt uit de mest (Bussink & Bruins, 1992; Bussink *et al.*, 1994; Monteny *et al.*, 1996). In dunne

mest bestaat een evenwicht tussen ammonia in oplossing en NH_3 -gas, weergegeven met de volgende vergelijking:



De pH van de oplossing bepaalt de ligging van het evenwicht. Mest heeft een hoge pH (tussen 7 en 8). Bij deze pH kan er veel NH_3 -gas worden gevormd (zie ook Bussink *et al.*, 1994), hetgeen leidt tot NH_3 -emissie. Door toevoeging van zuur (H^+ -ionen) zal het evenwicht meer richting NH_4^+ (ammoniumoplossing) verschuiven en zal er minder NH_3 kunnen ontsnappen.

In principe is elk zuur geschikt om de pH te verlagen. Veel zuren hebben echter negatieve bij-effecten. Organische zuren zijn niet geschikt omdat ze in de mest worden afgebroken en ook duurder zijn (Van Lent, persoonlijke mededeling). Uit Duits onderzoek (Hornig *et al.*, 1998) blijkt echter dat met de toevoeging van melkzuur goede resultaten zijn te behalen bij het reduceren van zowel de CH_4 -, N_2O - als NH_3 -emissie. Zij geven als voordeel aan dat melkzuur veiliger kan worden toegepast (voor de gebruiker) dan de sterke anorganische zuren. Ook Hendriks & Vrieling (1996) bereikten goede resultaten bij het toevoegen van organische zuren aan varkensmest. De NH_3 -emissie daalde van 1,8 à 2,0 tot 1,44 kg per varkensplaats per jaar. Bij frequent mixen was deze daling nog iets sterker. Er werd ongeveer 70 kg organisch zuur per varkensplaats gebruikt. Met een prijs van f 32,- per plaats per jaar is dit een duur toevoegmiddel.

Van de anorganische zuren zijn fosforzuur, zwavelzuur en zoutzuur minder geschikt. Met fosforzuur is het goed mogelijk om de pH te laten dalen en daarmee de NH_3 -emissie te beperken (Lanyon *et al.*, 1985), waarbij de pH onder de 5 moet dalen (Esteban *et al.*, 1988). Met dit zuur wordt echter meer dan 2 gram P per kg mest toegevoegd. Voor de meeste bedrijven, die vaak al met een P_2O_5 -overschot te maken hebben, is dit nadelig. Voor biologische bedrijven kan het voordelen opleveren ten aanzien van de P_2O_5 -voorziening. Vraag hierbij is echter of toepassing past in de beleving van biologische landbouw.

Met zwavelzuur zijn eveneens forse NH_3 -emissiereducties te realiseren (Pain *et al.*, 1990 & 1994). Kleiner & Trenner (1978) vonden een bijna totale bacteriedoding bij een bereikte pH van 2. Hiervoor is echter wel 6 kg sterk geconcentreerd zwavelzuur per ton mest nodig, waarbij deze hoeveelheid slechts een korte werking heeft, waardoor regelmatig opnieuw dient te worden aangezuurd (vanwege sulfaatreductie). Er bestaat bovendien een grote kans op aantasting van het beton. In combinatie met bestraling vindt totale doding van alle bacterieleven plaats. Gezien de complexiteit en het nuttige effect is deze methode niet interessant voor de rundveehouderij. Bij een minder sterke aanzuring (Kiely, 1988) was er sprake van een licht effect op de reductie van NH_3 -emissie en een toename van de N-efficiëntie. Daarnaast ontstaat bij gebruik van zwavelzuur H_2S , een voor de mens gevaarlijk gas.

Bij gebruik van zoutzuur wordt extra chloor toegevoegd. Dit kan voor sommige gewassen bezwaarlijk zijn. Ook hier geldt als nadeel weer de hoge prijs in relatie tot het effect.

Het meest geschikte zuur als toevoegmiddel is salpeterzuur. Naast een pH-verlaging levert dit zuur ook extra N (nitraat). Het zuur kan zowel aan de mest in opslag (kelder, silo) als tijdens het uitrijden worden toegediend. Naar het aanzuren van mest met salpeterzuur is uitgebreid onderzoek verricht, zowel naar de praktische toepassing, de werking als de NH_3 -emissie (Bussink *et al.*, 1994; Van Lent *et al.*, 1995; Schils *et al.*, 1999). Om denitrificatie te voorkomen, dient de mest te worden aangezuurd tot een pH beneden de 4,5. Afhankelijk van de mestsamenstelling is hiervoor 25 tot 35 liter salpeterzuur (60% HNO_3) per ton rundermest nodig. Het zuur is met speciale doseerapparatuur volledig automatisch toe te voegen (Van Lent, 1995). Uit onderzoek van Bussink *et al.* (1994) bleek dat de mate van NH_3 -emissiereductie sterk bepaald werd door het

niveau van de pH. Om 80 procent emissievermindering te bewerkstelligen was een pH van 4,5 nodig. Ook Steffens *et al.* (1990) toonden een sterke reductie aan van de NH_3 -emissie, zowel tijdens de opslag als bij het uitrijden bij het gebruik van salpeterzuur. Velthof & Oenema (1993) vonden naast sterke (10-voudige) reductie van de NH_3 -emissie bij een pH van 4,5, ook een sterke reductie van de CH_4 -emissie. Nadeel van het gebruik van salpeterzuur is een toename van de N_2O -emissie (Velthof & Oenema, 1993). Veel neerslag na toediening versterkt dit nog verder. Lachgasemissie is tegen te gaan door waterstofperoxide toe te voegen.

Bij de verwerkings- en toedieningsapparatuur moeten corrosiegevoelige delen die met zuur in aanraking kunnen komen, voorzien zijn van een coating, of van ander roestvast materiaal worden gemaakt. Er zijn nog geen aanwijzingen gevonden dat steen/betonachtige mestopslagen extra worden aangetast door met salpeterzuur aangezuurde mest.

Door toevoeging van salpeterzuur wordt het gehalte aan minerale N verhoogd van 1,6 à 2,5 kg per ton tot 4,9 à 7,7 kg per ton (verrijking van 3,3 tot 5,2 kg per ton mest). Er is echter sprake van een grote spreiding en analysemethoden blijken soms problemen te geven (Van Lent *et al.*, 1995). Door toevoeging van nitraat en reductie van NH_3 -emissie wordt de werking van aangezuurde mest verbeterd ten opzichte van onbehandelde mest. De N-werking (in vergelijking met een zelfde hoeveelheid toegepaste N uit kunstmest) bedraagt in de eerste snede 110 procent en in latere sneden 90 procent (uitgereden met spreidplaat of sleepvoeten/sleepslangenmachine; niet in de grond gebracht; Schils *et al.*, 1995). Ook Stevens *et al.* (1997) vonden een verhoogde N-efficiëntie van 85 procent in vergelijking met kunstmest-N, bij het gebruik van aangezuurde mest. Het maakte daarbij geen verschil of de mest geïnjecteerd werd, of bovengronds werd uitgereden.

Het zuur kan zowel in de opslag als tijdens het aanwenden worden toegevoegd. Indien de mest vlak voor aanwenden wordt aangezuurd is een aparte (kleine) opslag nodig, waarin de hoeveelheid aan te zuren mest wordt opgeslagen en vlak voor uitrijden wordt aangezuurd.

Technisch werkt het systeem van aanzuren (zowel in opslag als vlak voor uitrijden) goed en kan de NH_3 -emissie sterk worden gereduceerd.

Van alle zuren, lijkt salpeterzuur economisch het meest aantrekkelijk om te gebruiken, door de extra N die het middel toevoegt (Van Lent *et al.*, 1995). Indien de toegevoegde hoeveelheid echter zo groot wordt, dat meer N aanwezig is dan is toe te passen en daardoor zure mest moet worden afgevoerd, ontstaat een economisch onaantrekkelijke situatie. Daarom gelden maximale veebezettingen, waarbij alle aangezuurde mest op het eigen bedrijf kan worden benut. Deze zijn het laagst op veengrond (1,1) en het hoogst op zandgrond (3).

De jaarkosten variëren niet sterk en bedragen ongeveer f 14.000,- per bedrijf, voornamelijk bepaald door de aanzuurinstallatie, onafhankelijk van de veebezetting. Voor grotere bedrijven lijkt het daarmee interessanter dan voor kleine bedrijven. Het toegevoegde salpeterzuur kostte in 1995 f 250,- per ton (f 2,33 per kg N). Ondanks het toegevoegde zuur, leidt gebruik van aangezuurde mest niet tot een grotere pH-verandering, dan het gebruik van een zelfde hoeveelheid N uit kunstmest (KAS) (Van Lent *et al.*, 1995). Besparingen vinden plaats op de hoeveelheid aan te kopen N en door het bovengronds toedienen. Deze techniek is echter niet toegestaan door de overheid, vanwege het niet controleerbaar zijn op het gebruik van toevoegingen.

(3) Nitrificatieremmers

Over het gebruik van nitrificatieremmers op grasland in Nederland is erg weinig bekend. De nitrificatieremmers worden elders in dit rapport verder besproken.

3.3.4 Toevoegmiddelen op basis van micro-organismen

Bij mestbewaring vinden diverse omzettingsprocessen plaats, voor een deel alleen chemisch, maar voor een deel ook bacteriologisch. Bij deze omzettingen ontstaat een aantal producten. Het gehele proces van omzettingen wordt fermentatie genoemd. De meeste processen verlopen zonder zuurstof (anaëroob). Daar waar mest en lucht met elkaar in verbinding staan vinden ook aërobe processen plaats. Een deel van de processen is positief voor de mestwerking op lange duur. Zo worden onder andere organische N-verbindingen gevormd, die door mineralisatie in de toekomst N kunnen leveren aan de plant. Er vinden echter ook minder gewenste processen plaats (rotting), waarbij gemakkelijk verliezen optreden. Zo ontstaan er bijvoorbeeld H_2S en NH_3 . Het eerste gas is vooral verantwoordelijk voor stank, met NH_3 treden extra N-verliezen op. Tijdens deze processen kan tevens een (te) sterke ontmenging van de mest plaatsvinden in een vast en een vloeibaar deel. Hierdoor kan de mest bij mixen slecht te homogeniseren zijn.

Fabrikanten van toevoegmiddelen voor dunne mest claimen vooral een effect op stankvermindering, vermindering van N-verliezen en een verbeterde werking van de behandelde mest, vooral op de groei van de planten. Ook zou ontmenging niet meer plaatsvinden, waardoor de mest gemakkelijker is te verwerken.

In (onbehandelde) mest komen van nature al miljarden bacteriën voor. De hoeveelheid te gebruiken additieven is vaak laag. Daarom worden ze vaak in verdunde vorm toegediend. De hoeveelheid toegevoegde bacteriën is in verhouding tot de reeds aanwezige aantallen erg klein. De toegevoegde bacteriën moeten derhalve een bijzondere werking hebben, die de reeds aanwezige bacteriën niet bezitten en zich ook nog eens gemakkelijker kunnen vermeerderen, wil het enig effect kunnen hebben.

Van Egeraat (1988) vond positieve noch negatieve effecten van toegevoegde bacteriën op de processen tijdens opslag van dunne mest. Zhu (2000) onderzocht bacteriologische processen in dunne mest, die onder andere verantwoordelijk zijn voor de stank. Hiervoor zijn vooral de bacteriën *Eubacterium* en *Clostridium* verantwoordelijk. Deze bacteriën vinden in dunne mest gunstige leefomstandigheden (vloeibaar, lage temperatuur en zuurstofarm). Door deze omstandigheden lijkt het onwaarschijnlijk dat additieven goed kunnen werken. Powers *et al.* (1999) vonden geen positief effect op stankreductie van additieven die via het voer moeten worden verstrekt. Ook Navarotto *et al.* (1992) vonden geen verhoogde microbiologische activiteit bij toevoeging van bacteriemengsels aan dunne mest. Vooral in Duitsland worden veel toevoegmiddelen aangeboden. Voor het onderzoek naar de werking van additieven is door Kunz (1994) een algemeen testprotocol beschreven. Frosch & Buscher (1999) hebben onderzoek verricht naar het effect van toevoegen van diverse additieven op de vorming van NH_3 , CH_4 , N_2O en CO_2 . Er werd in een enkel geval slechts een positief effect gevonden op de NH_3 -emissie. Een ander uitgebreid Duits onderzoek (Gehring, 1987) toonde geen positieve effecten aan van diverse bacteriemengsels. Hierbij zijn tevens effecten onderzocht op de botanische samenstelling van de grasmat, waarop de mest is toegediend en op de opname door de koeien. Ook hier werden geen positieve effecten waargenomen. Opvallend is dat één getest middel (Agriben) in een Duits onderzoek (Dewes, 1988) wel een positieve werking liet zien, vooral op de nitrificatiesnelheid. Dit middel bestaat uit een combinatie van een bacteriemengsel en een kleimineraal.

Miner (1997) vond geen enkel effect van toevoegmiddelen die via het voer of direct aan de mest zijn toegediend.

Bij toepassing van bacteriepreparaten ter stimulering van de biogasontwikkeling vond Jose & Li-Ming-Wai (1992) een positief effect van de bacteriestammen *B. cellulosa methanicus* en *B. megatherium* L 238 op de biogasvorming. Deze vorming nam met 25 tot 135 procent toe, bij toepassing van 2 ml culture op 1 kg dunne mest.

Samengevat is de conclusie tot nu toe dat er geen duidelijke aanwijzingen zijn dat bacteriepreparaten een effect hebben.

3.3.5 Toevoegmiddelen op basis van ionen/fysische regulatie

De basiswerking van deze groep toevoegmiddelen berust op het vergroten van het adsorptievermogen door het toevoegen van kleimineralen. Door de structuur van deze mineralen wordt een groot bindend oppervlak toegevoegd aan dunne mest. Kleimineralen zijn aan de randen elektrisch geladen. Deze lading worden in de bodem altijd geneutraliseerd door ionen. Dit betekent dus dat kleimineralen een groot ionenbindend vermogen hebben.

Adsorptie:

Het adsorptievermogen van kleimineralen heeft een belangrijke functie. De kleimineralen zorgen ervoor dat vele ionen (K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , NH_4^+) en spoelementen worden gebonden en pas weer vrijkomen als de concentratie in de bodem van één van deze elementen afneemt.

Complexen:

Kleimineralen kunnen met Aluminiumionen (Al) het klei-Al-complex en met organische stoffen het klei-humuscomplex vormen. Deze complexen bestaan uit vele kleideeltjes, Al-ionen/humusmoleculen en zelfs kleine zandkorrels. Micro-organismen spelen hierbij een grote rol. Beide complexen hebben grote betekenis voor de bodemvruchtbaarheid. Door hun vorm vergroten zij de stabiele structuur van de bodem, welke essentieel is voor de optimalisatie van de vocht-, lucht- en warmtehuishouding in de bodem, welke weer de fysische, chemische en biologische processen in de bodem beïnvloeden. De beide complexen spelen daarnaast ook nog een rol bij de pH-buffering en de regulering van de concentratie fosfaat, sulfaat en spoelementen.

Micro-organismen:

Micro-organismen spelen een belangrijke rol bij de bodemvruchtbaarheid. Zij spelen een rol bij bijna alle processen in de bodem, bijvoorbeeld bij de mineralisatie en de humusvorming. De kleimineralen en de complexen die worden gevormd zijn een ideale leefomgeving voor de micro-organismen, waardoor deze dus beter kunnen functioneren. De kleimineralen en de complexen bieden de micro-organismen

- een groot oppervlak om aan te hechten;
- een stabiele voorziening van water waardoor droge periodes zijn te overleven; en
- via de kleine poriën een bescherming tegen grotere organismen die van bacteriën leven (protozoa).

Door het toevoegen van kleimineralen verbetert de adsorptie en zouden de volgende processen tijdens mestopslag/gebruik positief worden beïnvloed:

- snellere afbraak van schadelijke verbindingen;
- verminderde stank, tengevolge daarvan minder vliegenoverlast;
- voorkomen van mestontmenging;
- verminderde verbranding en wortelbeschadigingen op grasland bij aanwending van dunne mest; en
- minder N-verliezen als gevolg van ammoniakbinding.

Kretschmann *et al.* (1992) onderzochten op bentoniet gebaseerde toevoegmiddelen op hun werking ten aanzien van de N-dynamiek in de bodem. Ze vonden geen verandering in de N-processen (binding en omzettingsveranderingen) en omvorming of het adsorptievermogen van de bodem. Ook Abele (1978) vond geen positieve werking van bentonietachtige toevoegingen op geur, of extra beschikbaarheid van nutriënten. Wel bleek het toevoegen van bentoniet, in combinatie met regelmatig kort beluchten, positieve effecten te hebben op de stabilisatie van het fermentatieproces en een versneld beschikbaar komen van de nutriënten voor de plant. Intensief en langdurig beluchten werkte echter negatief en leidde zelfs tot hoge N verliezen. Morken (1992) onderzocht mogelijkheden om de NH₃-emissie te reduceren. Het toevoegen van bentoniet had hetzelfde effect als het verdunnen van mest met water (1:1). In ander onderzoek is bentoniet aan de bodem toegevoegd. Het onderzoek van Appel *et al.* (1995) toonde geen verbeteringen aan op de N-mineralisatie of een toename van het organische N-gehalte, bij gebruik van een groenbemester.

In een onderzoek van Dewes *et al.* (1996), werd het adsorberend vermogen van bentoniet getest. Lekvocht uit een mestopslag werd door grond geleid, waaraan bentoniet met stro was toegevoegd. De concentraties N-min, K⁺ en HN₄⁺ in het grondwater waren significant lager dan bij de plots met alleen stro of onbehandeld. Zoals eerder gemeld bij de bacteriemengsels, vond Dewes (1988) wel een positief effect van bentoniet (in combinatie met bacteriemengsels in het middel Agriben) op de C- en N-verliezen.

Onderzoek van Radnai (1991) toonde geen positief effect van bentoniet aan op de diergezondheid, nadat het middel (2%) aan het voer was toegevoegd. Wel werd in dit onderzoek een afname van de NH₃-emissie gevonden en was de mest homogener.

In een onderzoek van Hendriksen *et al.* (1998) werd een positief effect op de NH₃-emissie (-10 tot -12 %) gevonden door het toevoegen van 0,2% actief bentoniet aan varkensmest. Echter, het proces verliep het beste bij wat oudere mest (ouder dan 14 dagen) en de adsorptiecapaciteit nam af bij lagere temperaturen en pH. Nadeel van het gebruik als ammoniak"water" was het grote aandeel bezinksel.

Een groot aantal toevoegmiddelen bestaat uit een combinatie van de drie beschreven basisprincipes. Zo bestaan er toevoegmiddelen die een pH-regulator, micro-organismen en kleimineralen bevatten, waardoor alle eigenschappen die hierboven genoemd zijn in een keer aanwezig zouden zijn.

Op dit moment vindt binnen het project Vel & Vanla een vergelijking plaats van de stoffen

- Euromestmix (combinatie van micro-organismen, pH-regulator en kleimineralen);
- FIR (koolstof); en
- EM (effectieve micro-organismen).

Behandelingen met bovengenoemde toevoegingen worden vergeleken met onbehandelde dunne mest en kunstmest. De mest wordt zowel bovengronds aangewend als geïnjecteerd. De proef loopt op dit moment (2001) nog.

De eerste resultaten van 2000 zijn beschreven in een intern rapport (Sikkema, 2001) van Praktijkonderzoek Veehouderij. De eerste indicaties wijzen niet op enig verschil in opbrengsten en N-werking tussen de verschillende behandelingen.

Enkele kanttekeningen bij het onderzoek: FIR is toegediend aan het proefveld en niet aan de dieren die de FIR-mest zouden moeten produceren. Ook de EM is pas aan het veld toegediend en niet met de mest gemengd. Daarbij is de onbehandelde mest afkomstig van een ander bedrijf.

In een andere proef is de FIR wel toegediend aan de koeien. In deze proef is een vergelijking gemaakt tussen dunne mest, dunne mest met FIR en compost met FIR (FIR-Humest). De eerste resultaten zijn beschreven in een intern rapport van Praktijkonderzoek Veehouderij (Schils, 2001). De N werking op basis van N-terugwinning, omgerekend naar de N-werking uit kunstmest, bedroeg van alle drie onderzochte behandelingen ongeveer 44 procent. De N-werking op basis van ds-opbrengst bedroeg voor de dunne mestobjecten eveneens 44 procent, maar voor de FIR-Humest behandeling 26 procent. Stand van zaken tot nu toe is dat er geen positieve effecten zijn aangetoond van ionen/fysische regulatie in genoemd onderzoek.

3.3.6 Toepassingen en kansen

Indien genoemde toevoegmiddelen een kans maken om breed te worden toegepast moet een afweging gemaakt worden tussen kosten en opbrengsten. Gezien de resultaten uit de literatuur en uit lopend onderzoek, lijken de resultaten niet gunstig. Daarentegen meent een groep gebruikers uit de praktijk op het eigen bedrijf wel resultaat te zien.

Om los van de aangetoonde resultaten toch iets te kunnen zeggen over een (economische) kans voor toekomstig gebruik zijn met behulp van BBPR (Bedrijfs Begrotingsprogramma van Praktijkonderzoek Veehouderij) enkele analyses gedaan die de gevoeligheid voor prijs en werking aangeven.

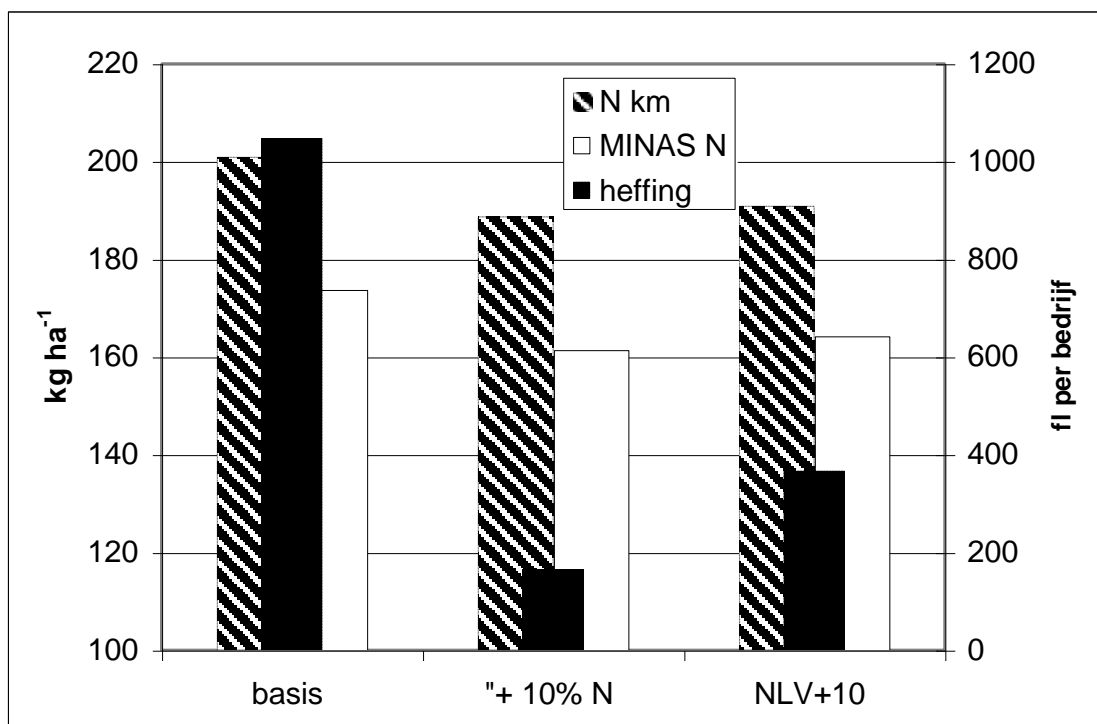
Voor alle berekeningen is een basisbedrijfssituatie vergeleken met enkele alternatieven, die de werking van de toevoegmiddelen simuleren.

Uitgangspunten berekening:

De basissituatie is een bedrijf op zandgrond (zanddik, GT VI en een NLV van 140), met 50 melkkoeien en bijbehorend jongvee (vervangingspercentage van 30 procent), die 8.000 kg melk produceren. Er is naast grasland 5 ha snijmaïs. De koeien worden zomers beperkt geweid en met 5 kg ds snijmaïs bijgevoerd. De oppervlakte grasland is 24 ha, waarmee het bedrijf zelfvoorzienend is. De totale mestproductie van het bedrijf is ongeveer 1.300 ton dunne mest. De mest wordt in de basissituatie geïnjecteerd op basis van loonwerk voor f 9,20 per m^3 . Indien de mest bovengronds zou mogen worden uitgereden, kost dit f 5,30 per m^3 (in deze situatie zou met toevoegmiddel de N-werking beter zijn). De kunstmest is gewaardeerd tegen f 1,08 per kg zuivere N. Om de werking van toevoegmiddelen te simuleren is voor twee opties gekozen

- hogere N-werking dunne mest door hoger N-gehalte (10 procent meer dan in de basissituatie), door gunstige omzettingen en verminderde verliezen; N + 10%; en
- hogere N-levering bodem (NLV 150 in plaats van 140) door verbeterd bodemleven; NLV + 10.

Er is gekeken naar de effecten ten opzichte van de basissituatie op: N-gift kunstmest, N-overschot Minas (beide per ha) en een eventuele N-heffing op bedrijfsniveau. De resultaten zijn weergegeven in figuur 3.4 en geven een indicatie van de gevolgen van eventuele positieve effecten.



FIGUUR 3.4. Effecten potentiële verbetering N-werking mest en bodem door toevoegmiddelen op kunstmestverbruik en Minas.

Op de X-as zijn steeds drie vergelijkingen gemaakt. De schuin gearceerde staaf geeft op de linker Y-as de gebruikte hoeveelheid N in kg ha⁻¹ weer en de witte staaf het Minas-N overschot in kg ha⁻¹. De zwarte staaf geeft op de rechter Y-as de overschotheffing per bedrijf in gulden weer.

In de weergegeven situatie (100 procent zelfvoorzienend) is sprake van een behoorlijke heffing (*f* 1,046,- voor het bedrijf of omgerekend *f* 36,- ha⁻¹). Deze heffing loopt bij verhoogde bemestingswaarde van dunne mest terug naar *f* 164,- (*f* 5,65 ha⁻¹) en naar *f* 366 (*f* 12,62 ha⁻¹) bij verbeterd bodemleven (rechter Y-as). Naast deze besparing op de heffing kan zowel bij verbeterd bodemleven, als bij verhoogde N-efficiëntie bespaard worden op kunstmestaankoop (9,5 respectievelijk 14,4 kg N ha⁻¹).

Bij de berekeningen moet worden opgemerkt dat de invloed van de hoeveelheid snijmaïs erg groot is. Er is gekozen voor een oppervlakte snijmaïs van 5 ha, waarmee het bedrijf zowel in de zomer als in de winterperiode kan bijvoeren. Omdat de verliesnormen en de N-behoefte (150 kg N ha⁻¹) voor snijmaïs anders zijn dan voor grasland, heeft de verhouding gras:maïs een sterk effect op het Minas-overschot en dus ook op de te betalen heffingen.

Prijsgevoeligheid

In de volgende tabel staan de besparingen ten opzichte van de basis (*f* ha⁻¹).

TABEL 3.13. Prijseffecten verbeterde N-werking door toevoegmiddelen aan dunne mest, effect in *f* ha⁻¹.

Effect toevoegmiddelen	kunstmest	uitrijden	heffing	totaal
hoger N-effect	10,80	211,00	36,75	258,55

beter bodemleven	13,18	211,00	28,33	252,51
------------------	-------	--------	-------	--------

Uit de tabel blijkt dat de grootste besparing wordt bereikt door het bovengronds uitrijden. Dit wordt veroorzaakt door het prijsverschil tussen injecteren (f 9,20 m³) en het bovengronds uitrijden (f 5,30 m³). Naarmate het bedrijf intensiever wordt, zal meer mest per ha worden uitgereden, waardoor dit prijseffect per ha op intensievere bedrijven een groot aandeel vormt. Echter, het bovengronds uitrijden is een onderdeel dat wettelijk (nog) niet is toegestaan.

Het maakt voor de besparingen niet uit of het middel een verhoogd N-effect in de mest of in de bodem geeft (bij een zelfvoorzienend bedrijf!).

Van enkele middelen zijn de prijzen (prijspeil 2000):

- FIR f 198,- ha⁻¹;
- EM f 180,- ha⁻¹ (in combinatie met mineralenmengsel: f 275,- ha⁻¹; EM kost f 23 l⁻¹);
- Euromestmix f 162,50 ha⁻¹ (ongeveer f 3,- m⁻³ mest; f 143,- 100 kg⁻¹); en
- aangezuurde mest: jaarkosten installatie: f 583,- ha⁻¹.

Indien het bovengronds uitrijden zou zijn toegestaan (inclusief verbeterde N-werking), kan de werking van alle middelen, behalve aanzuren (door de jaarkosten van de installatie) op de intensievere bedrijven uit, zelfs wanneer er absoluut geen rendementsverbetering zou zijn. Overigens is niet te verwachten dat bovengronds uitrijden wordt toegestaan, gezien de onderzoeksresultaten tot dusver.

Indien het bovengrondse uitrijden niet wordt toegestaan, is de situatie geheel anders. Het financiële voordeel per situatie is dan:

- beter N-effect: f 47,55 ha⁻¹; en
- beter bodemleven: f 41,51 ha⁻¹.

Een toevoegmiddel dat leidt tot een 10 procent hogere N-werking van de dierlijke mest of een verhoging van de N-levering van de bodem met 10 kg ha⁻¹ mag ongeveer f 50,- ha⁻¹ kosten (indien emissiearm moet worden uitgereden).

3.3.7 Conclusies

Van de toevoegmiddelen die een werking hebben op basis van oxidatie of pH-verlaging (zuren) is aangetoond dat ze vooral de NH₃-emissie sterk kunnen reduceren. Echter, het gebruik van deze middelen is erg duur ten opzichte van het rendement. Bij aanzuren wordt dit vooral veroorzaakt door de hoge jaarkosten van de aanzuurinstallatie.

Van de toevoegmiddelen die een bacteriologische werking hebben is met onderzoek geen werking aangetoond. De werking van de middelen die een verhoogd hechtoppervlak (koolstof, kleimineralen) hebben zijn de onderzoeksresultaten wisselend, evenals voor de combinatie kleimineralen met bacteriemengsels.

Los van de al dan niet aangetoonde werking zijn toevoegmiddelen duur globaal tussen de f 150,- en f 250,- ha⁻¹). Indien de middelen alleen een verbeterd rendement zouden geven op de N-werking, mag de prijs van een middel ongeveer f 5,- ha⁻¹ bedragen per procent meer werkzame N in de dierlijke mest of per kg extra N-nalevering door de bodem, indien bovengronds uitrijden niet is toegestaan.

3.4 LITERATUUR

- Abele U (1978) Increasing the yield by slurry treatment, Darmstadt. KTBL-Schrift, No. 224 134 pp.
- Anonymus (1997) Handboek Melkveehouderij. Praktijkonderzoek Rundvee, Paarden en Schapen, Lelystad, 520 pp.
- Anonymus (1998) Adviesbasis bemesting grasland en voedergewassen. Themaboek november 1998, Praktijkonderzoek Rundvee, Paarden en Schapen, Lelystad, 53 pp.
- Anonymus (2000) Praktijkgids Bemesting, NMI Wageningen.
- Anonymus (2001) Kwantitatieve informatie Veehouderij 2001-2002 Praktijkonderzoek Veehouderij, september 2001.
- Appel Th, Istvan S & Hermanns-Selen M (1995) CaCl_2 extractable N fractions and K_2SO_4 extractable N released on fumigation as affected by green manure mineralization and soil texture. *Plant and Soil* 176 (2), 197-203.
- Barrow JT, Van Horn HH, Anderson DL & Nordstedt RA (1997) Effects of FE and CA additions to dairy wastewaters on solids and nutrient removal by sedimentation. *Appl. Eng agric. St. Joseph, MI: American Society of Agricultural Engineers*, 13 (2), 259-267.
- Beck J, Käck M, Hentschel A, Csehi K & Jungbluth T (1997) Ammonia emission from composting animal wastes in reactors and windrows. In: Proceedings of the international symposium on ammonia and odour control from animal production facilities. Vinkeloord 6-10 October 1997, 381-388.
- Blanken K & Van Dooren HJ (2001) Mestscheiding op lagekostenbedrijf werkt opnieuw goed. *Praktijkonderzoek Rundvee nr. 2*, 37-40.
- Blanken K & Van Lent AJH (1999) Primaire mestscheiding op het lagekostenbedrijf. *Praktijkonderzoek* 99-1, 12-15.
- Bussink DW & Bruins MA (1992) Beperking van NH_3 -emissie bij verschillende toedieningstechnieken voor dunne mest op grasland. *Meststoffen* 1992, 31-36.
- Bussink DW, Huijsmans JFM & Ketelaars JJMH (1994) Ammonia volatilization from nitric-acid treated cattle slurry applied to grassland. *Netherlands Journal of Agricultural Science* 42, 293-309.
- Converse JC, Koegel RG & Straub RJ (1999) Nutrient and solids separation of dairy and swine manure using a screw press separator, ASAE/CSAE Annual International Meeting Toronto Canada 19-21 July 1999.
- De Groot A (1985) Recovery of heat from combustion, burning poultry manure. *Revue de l'Agriculture* 38, 1269-1276.
- De la Lande Cremer LCN (1984) Toevoegmiddelen aan mest en compost. *Landbouwmecanisatie* 35, 812-817.
- De Vries E (2001) Mestvergisting; kans voor boeren en milieu. *Energietechniek* 79 nr. 5, 250-252.
- Dewes Th (1988) Chemical and microbial changes during the fermentation of liquid cattle manure treated with AGRIBEN and its ingredients. Proceedings of the 5th international CIEC symposium Braunschweig 11-14 May 1987 Vol. 1, 323-329.
- Dewes Th, Petersen A & Schmitt L (1996) On the problem of protecting the base area beneath intermediate manure storage piles on non-permanent sites with bentonite or straw. *Zeitschrift fuer Pflanzenernaehrung und Bodenkunde* 159 (4), 337-342.
- Esteban TP, Gonzalez FA, Bustos JGM de, Nielsen VC (ed.), Voorburg JH (ed.) & L'Hermite P (1988) Improved nitrogen fixation by acidification and dehydration of slurry. Volatile emissions from livestock farming and sewage operations. Proceedings of a workshop, Uppsala, Sweden 10-12 June 1987. 1988, 170-177.
- Frosch W & Buscher W (1999) Effects of additives in liquid manure for reducing emissions. *Landtechnik* 1999, 54: 2, 112-113.

- Gehring M (1987) The influence of different methods of the treatment of liquid manure with view to grassland yield, variety of plants and eating behavior of pasture animals. Verband deutscher Landwirtschaftlicher Untersuchungs- und Forschungsanstalten, Darmstadt (Germany F.R.) VDLUFA, 519-528.
- Geurink JH & Van der Meer HG (1990) Stikstofbenutting uit dunne runder- en varkensmest op grasland. *Praktijkonderzoek* 3, 35-36.
- Hassink J, Scholefield D & Blatern P (1990) Nitrogen mineralisation in grassland soils. Proceedings of the 13th general meeting of the European Grassland Federation, Banska Bystrica. Volume II, 25-32.
- Haug RT (1993) The practical handbook of compost engineering. Lewis Publishers, Boca Raton, USA 717p.
- Hendriks JGL & Vrieling MGM (1996) Acidification of fattening pig manure with organic acids. Proefverslag Proefstation voor de Varkenshouderij- No. 1.148, 20 pp.
- Hendriksen K, Berthelsen L & Matzen R (1998) Separation of liquid pig manure by floccation and ion exchange (part 1). *Journal of Agricultural Engineering Research* 69 2, 115-125.
- Hesen PLGM, Van Helmond CAM, Okkerman P & Terwey JL (1997) Ontstaan en bestrijding van deklagen van kroos. 3. Inventarisatie en beoordeling van verwerkingsmogelijkheden van kroos. STOWA Rapport 97-17.
- Hornig G, Berg W & Tu M (1998) Emission reduction through acidification of slurry- nitric acid compared with lactic acid. *Landtechnik* 53: 3, 146-147.
- Janssen BH (1996) Nitrogen mineralization in relation to C/N ratio and decomposability of organic materials. *Plant and Soil* 181, 39-45.
- Jedidi N, Van Cleemput O & M'Hiri A (1995) Quantification of nitrogen mineralisation and immobilization in soil in the presence of organic amendments. *Canadian Journal of Soil Science* 75, 85-91.
- Jose WI (1998) Enhanced biogas production from swine waste. U.P. Research Digest Dec. 1994-Jun 1995 1 (2); 2(1), 31.
- Jose WI & Li Ming Wai (1992) Increased biogas production from swine wastes by using microbial additives. Proceedings of the Second Asia Pacific Biotechnology Congress. College, Laguna (Philippines) 1992, 195.
- Kant P & Blanken K (1998) Mestscheiding met stro. *Praktijkonderzoek* 98-1.
- Kiely PV (1988) Slurry application to grassland in relation to efficiency of nitrogen utilization. Agricultural waste management and environmental protection. Proceedings of the 4th international CIEC symposium Braunschweig, Germany, 11-14 May 1987. Vol. 1. 1988, 101-104.
- Kleiner U & Trenner P (1978) Acidification and irradiation to decontaminate secondary slurry products. Results of model experiments. *Monatshefte fur Veterinarmedizin*. 1978, 33: 19, 749-751.
- Kretchmann S, Peschke H & Kirst E (1992) Influence of bentonite containing calf excrements on the nitrogen dynamic of soil. *Wissenschaftliche Zeitschrift der Humboldt Universitaet Berlin, Reihe Agrarwissenschaften (Germany)* 41(3), 65-69.
- Kunz HW (1994) Additives- a calculable process of handling for liquid manure? *Rinderwelt (Germany)* 19(1), 25-29.
- Lanyon LE, Stearns LJ, Bartlett HD & Persson SP (1985) Nutrient changes during storage of anaerobic digester effluent and fresh dairy cattle manure with phosphoric acid. *Agricultural Wastes* 1985, 13: 2, 79-91.
- Levi-Minzi R, Riffaldi R & Saviozzi A (1986) Organic matter and nutrients in fresh and mature farmyard manure. *Agricultural Wastes* 16, 225-236.
- Loonen JWGM (1992) Grond- en mestmonstergegevens PROPRO Noord-Brabant. *Praktijkonderzoek* 3, 25-28.
- Lorimor J & Zhang M (1999) Manure solids separation by filtration with boimaterials. 1999 ASAE/CSAE Annual International Meeting Toronto, Canada, 19-21 July 1999.

- Miner J (1997) Nuisance concerns and odor control. *Journal of animal science* (Savoy II. American Dairy Science Association) 80 (10), 2667-2672.
- Monteny GJ, Van Cleemput O (ed.), Hofman G (ed.) & Vermoesen A (1996) Technical possibilities to reduce ammonia emissions from animal husbandry. A review of research in the Netherlands. *Progress in nitrogen cycling studies: Proceedings of the 8th Nitrogen Workshop at the University of Gent*, 5-8 September 1994. 1996, 483-490.
- Mooij M (1996) Nieuwe cijfers samenstelling dierlijke mest. *Praktijkonderzoek* 6, 31-33.
- Morken J (1992) Ammonia losses after application of slurry to grasland. *Norsk-Landbruksforskning* 6 (4), 315-329.
- Morken J & Fjellidal E (1994) De werking van een goedkope vijzelpers mestscheider. Or. *Landbouwtechnisch instituut As-NLH, Noorwegen ITF-trykk* 6/91. Vertaling B. Gottschal, juli 1994.
- Navarotto P, Piccinini S, Valli L, Piva G, Belladonna S, Guadagnini P, Scicluna M T & Massone A (1992) Deodorizing and stabilizing efficiency of chemical and biological agents in the treatment of swine manure. *Quaderni della Rivista di Ingegneria Agraria (Italy)* 12, 783-794.
- Neukermans G, Colanbeen M & Van de Velde L (1995) Verslag van onderzoek mestverwerkingstechnieken. *Faculteit Landbouwkundige en Toegepaste Biologische Wetenschappen, Universiteit Gent*.
- Noij IGAM & Westhoek HJ (1992) Werking van dierlijke mest op gras- en maisland bij emissie-arme aanwending. *Informatie en Kenniscentrum Veehouderij (IKC-RSP), intern rapport nr. 8*.
- Ogburn NJ (1994) Use of duckweed (*lemna sp.*) grown in sugarmill effluent for milkfish. *Chanos chanos Forskal production. Agricultural and Fisheries Management* 25 (5), 497-503.
- Osada T, Kuroda K & Yonaga M (1997) N₂O, CH₄ and NH₃ emissions from composting of swine waste. In: *Proceedings of the international symposium on ammonia and odour control from animal production facilities. Vinkeloord 6-10 October 1997*, 381-388.
- Pain BF, Misselbrook TH & Rees YJ (1994) Effects of nitrification inhibitor and acid addition to cattle slurry on nitrogen and herbage yields. *Grass and Forage Science* 49, 209-215.
- Pain BF, Thompson RB, Rees YJ & Skinner JH (1990) Reducing gaseous losses of nitrogen from cattle slurry applied to grassland by the use of additives. *Journal of Science of Food and Agriculture* 50, 141-153.
- Porath D, Koton A & Hopher B (1977) Enhancement of protein production in fish ponds with duckweed, *Israel Journal of Botany* 26:1, 51.
- Powers WJ, Van Horn HH, Wilkie AC, Wilcox CJ & Nordstedt RA (1999) Effects of aerobic digestion and additives to effluent or cattlefeed on odor and odorant concentrations. *Journal of animal science* (Savoy II. American Society of Animal Science) 77 (6), 1412-1421.
- Prins WH & Snijders PJM (1987) Negative effects of animal manure on grassland due to surface spreading and injection. In: *Animal manure on grassland and fodder crops. Fertiliser or Waste? Development in plant and soil sciences* 30, Wageningen, 119-136.
- Radnai I (1991) Observations on the use of Bionit-S, a growth promoting feed supplement, swine management. *Magyar-Allatorvosok Lapja* 46 12, 727-730 .
- Ritter W (1981) Chemical and biochemical odor control of livestock wastes: a review. *Canadian Agricultural engineering* 23 1, 1-4.
- Schepers P (1989) Mest scheiden haalbaar en betaalbaar. *Inleiding PV bij Cehave*.
- Schils RLM (1992) Invloed tijdstip van toediening op stikstofwerking van dunne rundermest op grasland. *Praktijkonderzoek Veehouderij. Rapport* 136.

- Schils RLM (2001) Stikstofwerking compost in jaar van toediening (voortgangsrapportage 2000). Praktijkonderzoek Veehouderij intern rapport 462.
- Schils RLM, Van der Meer HG, Wouters AP, Geurink JH & Sikkema K (1999) Nitrogen utilization from diluted and undiluted nitric acid treated cattleslurry following surface application to grassland. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* nr. 53, 269-280.
- Schreuder R, Wouters AP & Snijders PJM (1995) Ontwikkeling zodebemester en N-werking dunne rundermest bij gebruik zodebemester en zode-injecteur op grasland. Praktijkonderzoek Veehouderij rapport 162.
- Sikkema K (2001) Bemestingsproef Vel&Vanla rapportage 2000. Praktijkonderzoek Veehouderij intern rapport 452.
- Snijders PJM, Woldring JJ, Geurink JH & Van der Meer HG (1987) Stikstofwerking van geïnjecteerde runderdrijfmest op grasland. Praktijkonderzoek Veehouderij rapport 103.
- Søgaard HT, Sommer SG, Hutchings NJ, Huijsmans JFM, Bussink DW & Nicholson F (2002) Ammonia volatilization from manure applied to fields - statistical analysis of an EU database. Report concerted action ALFAM (FAIR 6- CT98-4057). Foulum, CH5, 1-22.
- Steffens G, Klasink A & Lorenz F (1990) Ammonia release from liquid manure storage tanks and after slurry application with different slurry additives. Kuratorium fuer Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V. Darmstadt (Germany); Landwirtschaftsverlag GmbH. 36, 1-36.
- Sultana N, Chowdhury SA, Huque KS & Huque QME (2000) Manure based duckweed production in shallow sink: Effect on nutrient loading frequency on the production performance of *Lemna pupusilla*. *Asian Australasian Journal of animal sciences* 13 (7), 1010-1016.
- Ten Hooven M (2000) Scheiden zeugenmestfinancieel aantrekkelijk. Boerderij/varkenshouderij 85 no. 14 4 juli 2000.
- Van Dongen CFJ (1999) Melkveevoeding en ammoniakemissie op praktijkbedrijven. *Meststoffen* 1999, 21-27.
- Van Egeraat AWSM (1998), Landbouwniversiteit Wageningen, geciteerd op de Web-pagina van de firma Agriton betreffende laboratoriumonderzoek naar EM-preparaten, Landbouwniversiteit Wageningen.
- Van Dooren HJC, Hanegraaf MC, Evers AG & de Haan MHA (2002). Composterende van dunne mest op melkveebedrijven. In prep.
- Van Lent AJH (1990) Toepassen van dierstrooiselsystemen in de varkenshouderij. Vakgroep Agrotechniek en fysica, LUW Wageningen.
- Van Lent AJH (1995) Aanzuren rundermest kort voor toedienen. Publicatie 108 Proefstation voor de Rundveehouderij.
- Van Lent AJH, Schils RLM, Boxem TJ, Zonderland J & Verboon MC (1995) Aanzuren rundermest in stal en silo. Rapport 156 Proefstation voor de Rundveehouderij.
- Van Lent AJH & Van Dooren HJ (2000) Perspectieven mestvergisting op Nederlandse melkvee en varkensbedrijven, Praktijkonderzoek Veehouderij, Rapport 194, 75 pp.
- Velthof GL & Oenema O (1993) Nitrous oxide flux from nitric-acid-treated cattle slurry applied to grassland under semi-controlled conditions. *Netherlands Journal of Agricultural Science*, 41, 81-93.
- Velthof GL, Van Erp PJ & Steevens JCA (1999) Karakterisering en stikstofmineralisatie van organische meststoffen in een nieuw daglicht. *Meststoffen* 1999, 36-43.
- Volker U, Gorlitz H, Sciborski J, Dunkel H & Sussenbach D (1989) Studies on the constituents of farmyard manure and slurry and on their influence on decomposition and humus formation in soil. *Archiv für Acker und Pflanzenbau und Bodenkunde* 33, 587-593.

- Wadman WP (1988) Mestinjectie, mogelijkheden, voordelen en problemen. Onderzoek inzake de mest- en ammoniakproblematiek in de veehouderij I. DLO. Wageningen, 64 pp.
- Wouters AP & Teenstra ED (2001) Aanwenden vaste mest verloopt niet zonder problemen. Praktijkonderzoek 4, 23-25.
- Zhu J (2000) A review of microbiology in swine manure odor control. Agric ecosyst environ. Amsterdam; New York: Elsevier 78, 93-106.

4. OPTIMALISATIE GRASLANDGEBRUIK

(auteurs: G. Holshof, R.L.M. Schils, D.W. Bussink en R.F. Bakker)

4.1 EEN ANDER VOORJAARSGEBRUIK VAN GRASLAND

4.1.1 *Samenvatting*

Door de verwachte daling van de N-bemesting van grasland in verband met de aanscherping van de overschotnormen, daalt de ruwvoerproductie en neemt de voerkwaliteit af. De vraag is of het maaien van de gehele eerste snede mogelijkheden biedt om teruglopende N-giften toch te compenseren. Met behulp van BBPR (Bedrijfsbegrotingsprogramma van Praktijkonderzoek Veehouderij) is voor beperkt en onbeperkt weiden telkens een basissituatie vergeleken met een situatie waarbij de eerste snede geheel gemaaid is (alternatieve situatie). Dit is gedaan voor zowel een zelfvoorzienend bedrijf als voor een bedrijf met een ruwvoertekort, waarbij bovendien in 2003 Minas-heffing zou moeten worden betaald.

De berekeningen tonen aan dat de grasopbrengsten iets toenemen en de oogstverliezen iets afnemen bij maaien van de eerste snede (kg ds en kVEM). De verschillen zijn echter marginaal. Door het aangepaste advies voor de maaisneden, blijft de minerale N-bemesting in de alternatieve situatie ongeveer gelijk aan die in de basissituatie. De N-benutting uit dunne mest neemt iets toe (tot 7 kg N ha⁻¹). Er is slechts minimale milieuwinst, want de N-verliezen (ammoniakemissie, nitraatuitspoeling, denitrificatie) verplaatsen zich deels van de weide naar de stal. Deze stalverliezen zijn iets lager.

Voor het zelfvoorzienende bedrijf leidt de iets hogere grasproductie en het hogere krachtvoergebruik vanwege langer opstallen per saldo tot een ruwvoeroverschot. Door de N-gift te verlagen is weer een situatie van 100 procent zelfvoorziening te realiseren. Dit leidt zowel bij onbeperkt als beperkt weiden tot een sterke daling van de Minas-heffing. Ondanks hogere kosten voor voederwinning en mesttoediening, neemt bij onbeperkt weiden ook het bedrijfssaldo toe. Bij beperkt weiden blijft het bedrijfssaldo gelijk of verbetert het licht. Voor een bedrijf met een ruwvoertekort leidt maaien van de eerste snede nauwelijks tot een lagere Minas-heffing. Verder laten berekeningen zien dat het saldo verslechtert. De conclusie is dan ook dat maaien van de eerste snede vooral dan interessant is wanneer het bedrijf bijna zelfvoorzienend is en Minas-heffing moet betalen.

4.1.2 *Inleiding*

Door het aanscherpen van de Minas-overschotnormen daalt de N-bemesting. Dit leidt tot een lagere voerproductie en een lagere voerkwaliteit (van zowel weide- als kuilgras). Zonder verdere aanpassingen in de bedrijfsvoering moet dit gecompenseerd worden door extra kracht- en ruwvoeraankopen (bij een ruwvoer- en/of eiwittekort). De vraag is nu of er ook andere mogelijkheden zijn om de voerproductie op peil te houden. Bekend is dat vooral de eerste snede veel gras kan produceren tegen een goede kwaliteit. Bij de praktijk roept dit de vraag op of meer maaien in het voorjaar zinvol is. Concreet zou dit betekenen dat de koeien ongeveer drie weken langer op stal worden gehouden, om de eerste snede volledig te kunnen maaien. Dit betekent dat de koeien vanaf ongeveer half mei kunnen worden ingeschaard op de vroegst gemaaide percelen. De verwachting is dan, dat na de eerste snede in de rest van het seizoen minder wintervoer hoeft te worden gewonnen. Dit betekent dat er meer weidegras beschikbaar is na de eerste snede dan voorheen. Indien dit gras niet nodig is

voor de voederwinning, kan de N-bemesting na de eerste snede omlaag en/of kan eerder worden gestopt met kunstmeststrooien. Dit verlaagt de hoeveelheid herfstgras en het N-gehalte in het weidegras. Daarmee kan dan ook een bijdrage worden geleverd aan de vermindering van de nitraatuitspoeling via urineplekken. Bovendien neemt de eigen mestproductie toe, waardoor bespaard kan worden op de aankoop van kunstmest-N.

Anderzijds neemt de ammoniakemissie mogelijk toe door een kleine maand langer op te stallen, evenals de kosten voor mesttoediening en voeren. Een ander probleem is de kwaliteit (smakelijkheid) van herfstgras, die juist door frequent maaien in deze periode verbeterd kan worden (Zom *et al.*, 2001).

4.1.3 Berekeningen

BBPR is het bedrijfsbegrotingsprogramma, waarmee strategische effecten op onder andere het gebied van graslandgebruik en -bemesting op het bedrijfsresultaat en op de Minas-heffing kunnen worden berekend. Om de effecten van het geheel maaien van de eerste snede op het bedrijfsresultaat en de N- en P-overschotten te bepalen, zijn met behulp van BBPR 8.56 enkele casussen berekend. Bij de te vergelijken situaties is uitgegaan van een basissituatie, waarbij sprake is van 100 procent zelfvoorzienend (1) en een ruwvoertekort (2).

De volgende uitgangspunten zijn gehanteerd:

- 60 melkkoeien, 23 kalveren en 21 pinken (vervangingspercentage = 28);
- melkproductie: 8.000 kg;
- Zandgrond GT VI;
- Beweiding volgens B (beperkt) + 5 kg ds uit maïs en O-systeem + 3 kg ds uit maïs;
- 27 ha gras en 5 ha maïs; en
- 100% zelfvoorzienend (zvz) en ruwvoertekort.

De zelfvoorzieningsgraad van 100 procent wordt bereikt door het aantal dieren te variëren bij gelijke bedrijfsoppervlakte. In tabel 4.1 staan de aantallen dieren bij de verschillende plannen.

TABEL 4.1. Aantallen dieren bij de doorgerekende plannen.

Diersoort	beperkt	Beperkt	onbeperkt	onbeperkt
	100% zvz	niet zvz	100% zvz	niet zvz
melkkoeien	60	70	57	62
pinken	21	25	20,35	22,13
kalveren	23	26,3	21,42	23,3

Telkens is een basissituatie afgezet tegen een alternatieve situatie, waarbij de gehele eerste snede voor melkkoeien gemaaid is (kalveren worden in de basissituatie al standaard geweid op etgroen van de eerste snede). De pinken gaan wel in het voorjaar naar buiten. De doorgerekende plannen zijn als volgt gecodeerd:

- 100% zelfvoorzienend beperkt weiden basis: zvB_basis;
- 100% zelfvoorzienend beperkt weiden alternatief: zvB_alt (maaien gehele eerste snede);
- niet zelfvoorzienend beperkt weiden basis: nzvB_basis;
- niet zelfvoorzienend beperkt weiden alternatief: nzvB_alt;
- 100% zelfvoorzienend onbeperkt weiden basis: zvO_basis;
- 100% zelfvoorzienend onbeperkt weiden alternatief: zvO_alt (maaien gehele eerste snede);
- niet zelfvoorzienend onbeperkt weiden basis: nzvO_basis; en
- niet zelfvoorzienend onbeperkt weiden alternatief: nzvO_alt.

In tabel 4.2 en tabel 4.3 wordt per situatie aangegeven hoe de voedervoorziening is. Daarvoor wordt inzicht gegeven in de zelfvoorzieningsgraad voor ruwvoer, de krachtvoer- en de ruwvoeraankopen (positief) en -verkopen (negatief) en de kunstmestaanvoer. Daarnaast wordt inzicht gegeven in de overschotten (N en P) en de heffing. Tabel 4.2 geeft dit overzicht voor de casussen met beperkt weiden en tabel 4.3 voor onbeperkt weiden.

TABEL 4.2. Voedervoorziening en Minas bij casus beperkt weiden.

Casus	zvB_basis	zvB_alt	NzvB_basis	NzvB_alt
zelfvoorziening ruwvoer, %	99,8	103,1	74,9	75,5
aankoop krachtvoer, kg	129.200	134.136	139.132	140.640
aankoop ruwvoer, kg ds	393	-8.136	76.355	78.639
N behoefte grasland, kg ha ⁻¹	350	357	348	355
kunstmest N, kg ha ⁻¹ grasland	238	239	241	237
kunstmest N, kg ha ⁻¹ bedrijf	211,5	210,4	211,7	208
N-overschot, kg ha ⁻¹	189,9	187,4 ¹	207,3	207
P ₂ O ₅ -overschot, kg ha ⁻¹ (incl. km)	30,7	26,4	32,7	26,7
P ₂ O ₅ -overschot, kg ha ⁻¹ (excl. km)	1,5	1,5	10,4	11,2
Minas-heffing 2002, <i>f</i> per bedrijf	1.129	929 ²	2.542	2.514
Minas-heffing 2003 <i>f</i> per bedrijf	6.888	6.481 ³	9.746	9.644

¹⁾ 159,6 kg ha⁻¹ bij 100% zelfvoorzienend

²⁾ *f* 0 bij 100% zelfvoorzienend

³⁾ *f* 3.620 bij 100% zelfvoorzienend

TABEL 4.3. Voedervoorziening en Minas bij casus onbeperkt weiden.

Casus	zvO_basis	zvO_alt	NzvO_basis	nzvO_alt
zelfvoorziening ruwvoer, %	99,7	104,1	83,1	85,3
aankoop krachtvoer, kg	111.207	118.314	116.268	118.452
aankoop ruwvoer, kg ds	687	-9.699	43.085	38.875
N behoefte grasland, kg ha ⁻¹	354	355	341	351
kunstmest N, kg ha ⁻¹ grasland	276	264	264	264
kunstmest N, kg ha ⁻¹ bedrijf	242,9	231,8	232,3	230,8
N-overschot, kg ha ⁻¹	218	205,7 ¹	219,7	218,5
P ₂ O ₅ -overschot, kg ha ⁻¹ (incl. km)	33,9	27,6	35,1	28,1
P ₂ O ₅ -overschot, kg ha ⁻¹ (excl. km)	-1,5	-1,3	3,8	4,1
Minas-heffing 2002, <i>f</i> per bedrijf	3.563	2.407 ²	3.855	3.657
Minas-heffing 2003 <i>f</i> per bedrijf	11.409	9.424 ³	11.714	11.515

¹⁾ 184,6 kg ha⁻¹ bij 100% zelfvoorzienend

²⁾ *f* 719 bij 100% zelfvoorzienend

³⁾ *f* 6.048 bij 100% zelfvoorzienend

Met BBPR, is het moeilijk is om exact op 100 procent zelfvoorzienend uit te komen. Echter 99,8 en 99,7 procent benadert dit goed. Uit de tabellen blijkt wel dat een heffing erg afhangt van het al dan niet aan- of verkopen van voer, met name in het traject rond 100 procent zelfvoorzienend. Het model is echter nog niet geschikt om de N-bemesting in de latere sneden dusdanig te sturen, dat ook in de alternatieve situatie op 100 procent zelfvoorzienend is te realiseren. (BBPR zal daartoe een aantal aanpassingen moeten ondergaan. Deze zullen in voorjaar 2002 worden uitgevoerd). Om op 100 procent uit te komen is een handmatige aanpassing nodig. Bij beperkt weiden moet de opbrengst dan met 8.136 kg ds / 27 ha = 300 kg ds ha⁻¹ worden teruggebracht. Bij onbeperkt weiden is dit 9.699/27 = 360 kg ds ha⁻¹. Dit is te bereiken door de N-gift met 25 (B) respectievelijk 30 (O) kg N ha⁻¹ grasland te verlagen (in de overige sneden). Op bedrijfsniveau is dit 25/27 ha gras * 32 ha totaal = 21 kg N ha⁻¹ voor beperkt weiden en 25 kg N ha⁻¹ voor onbeperkt weiden.

De krachtvoeraankoop neemt toe bij de alternatieve situatie, zowel bij beperkt als bij onbeperkt weiden. In alle gevallen leidt de alternatieve situatie tot een iets betere (hogere) zelfvoorziening ten aanzien van ruwvoer. Echter in de set

nzvO_alt, is het maaipercentage in de overige sneden een stuk lager dan in de bijbehorende uitgangssituatie en was het niet mogelijk om tot eind oktober door te weiden. In de alternatieve situatie daalt het N-overschot licht en dientengevolge ook de Minasheffing.

De Minasheffing is in 2002 gebaseerd op een N-overschot van 176 kg N ha⁻¹ en in 2003 128 kg N ha⁻¹. In de situatie waarbij het bedrijf zelfvoorzienend is, leidt het volledig maaien van de eerste snede tot een iets grotere daling van de heffing dan bij een ruwvoertekort. Om de basissituatie weer op 100 procent zelfvoorzienend te krijgen dient de N-gift te worden verlaagd. Bij beperkt weiden (gerekend over de totale bedrijfsoppervlakte) is 21 kg ha⁻¹ minder N-aanvoer nodig. Daar het ruwvoeroverschot er dan niet meer is, is er 3,2 kg N ha⁻¹ minder N-afvoer. Dit resulteert in een N-overschot van 169,3 kg N ha⁻¹. In 2002 hoeft in dat geval geen heffing te worden betaald. In 2003 daalt de heffing van f 6.888 naar f 3.620. Bij onbeperkt weiden is er dan 25 kg N ha⁻¹ minder aanvoer en 3,9 kg N ha⁻¹ minder afvoer, hetgeen resulteert in een N-overschot van 184,6 kg N ha⁻¹. Hierdoor daalt de heffing in 2002 van f 3.563 naar f 719 en in 2003 van f 11.409 naar f 6.048.

4.1.4 Gevolgen voor het grasland

Het maaien van de eerste snede heeft gevolgen voor de grasproductie en benutting. Door de eerste snede te maaien vervallen de beweidingsverliezen (bij B 17 procent, bij O 22 procent), maar is wel sprake van veld- en conserveringsverliezen (totaal 15,3 procent). Doordat het gewas in een later stadium gemaaid wordt, dan wanneer het geweid zou worden, neemt de voederwaarde enigszins af. Door de hogere ds-opbrengst is de kVEM productie van de eerste snede echter iets hoger.

De graslandgegevens zijn weergegeven in tabel 4.4. Daar alleen in de alternatieve situatie de koeien gedurende de eerste snede zijn opgesteld, worden alleen van de koeien de netto grasopnames weergegeven (pinken en kalveren zijn in de basis- en alternatieve situatie gelijk). De gegevens zijn netto-opbrengsten (ds en kVEM). Dit betekent bij vers grasopname, exclusief de beweidingsverliezen en bij kuil, exclusief veld-, conserverings- en vervoederingsverliezen. Zowel de netto kVEM als de netto ds-opbrengst is in de alternatieve situatie iets hoger dan in de basissituatie.

TABEL 4.4. Kengetallen grasland beperkt weiden.

Omschrijving	zvB_basis	zvB_alt	nzvB_basis	nzvB_alt
netto ds, kg ha ⁻¹	11.183	11.295	11.118	11.033
netto kVEM ha ⁻¹	9.854	9.910	9.935	9.794
netto kVEM koeien	85.433	75.392	100.312	84.139
netto kVEM kuil	144.537	155.983	123.774	135.981
maai% snede 1	63	92	56	90
maai% overige sneden	213	205 ¹	187	168
maai% totaal	276	297 ²	243	258
lengte weideseizoen mk, d	185	166	185	156

¹⁾ 194 bij 100% zelfvoorzienend

²⁾ 286 bij 100% zelfvoorzienend

Het maaipercentage in de eerste snede is bij de alternatieve situatie duidelijk verhoogd, maar nog geen 100 procent, omdat de pinken de eerste snede nog wel weiden. In de overige sneden is het maaipercentage bij de alternatieve situatie lager dan bij de basis. Dit komt doordat na de eerste snede het etgroen in groeitrappen moet worden benut. Hierdoor verloopt de planning na de eerste snede in de alternatieve situatie niet gelijk aan die in de basissituatie, hetgeen resulteert in een lager maaipercentage.

De lengte van het weideseizoen is bij de alternatieve situatie natuurlijk korter, doordat de koeien tijdens de eerste snede op stal staan. Bij situatie nzvB_alt was het niet mogelijk het weideseizoen tot 31 oktober te plannen wegens een grastekort in de herfst. Hierdoor zijn de koeien eerder op stal gegaan.

De hoeveelheid netto kVEM koeien is de hoeveelheid energie die met weidegras is opgenomen. Uit dit getal blijkt wat het gevolg is van het maaien van de eerste snede met daarin de hoogste VEM waarden. Het gemiddelde grasrantsoen heeft in de alternatieve situatie ongeveer 9 VEM per kg ds minder energie. Deze 9 VEM is niet volledig gecompenseerd door de hogere VEM-waarde in de kuil van de eerste snede in de alternatieve situatie.

In tabel 4.5 zijn dezelfde gegevens weergegeven, alleen nu voor onbeperkt weiden. De getallen zijn natuurlijk niet gelijk, maar de strekking is gelijk aan beperkt weiden. Doordat bij onbeperkt weiden het aandeel gras in het rantsoen groter is dan bij beperkt weiden, komt er verhoudingsgewijs meer gras in de kuil, indien de eerste snede volledig wordt gemaaid. Ook hier echter is de winst (netto kVEM/ha) slechts gering.

TABEL 4.5. Kengetallen grasland onbeperkt weiden.

Omschrijving	zvO_basis	zvO_alt	nzvO_basis	nzvO_alt
Netto ds, kg ha ⁻¹	11.183	11.295	11.118	11.033
Netto kVEM ha ⁻¹	9.728	9.756	9.591	9.603
Netto kVEM koeien	107.591	90.139	108.651	96.084
Netto kVEM kuil	119.250	137.514	111.215	124.115
Maai% snede 1	57	92	53	91
Maai% overige sneden	171	169 ¹	160	141
Maai% totaal	228	261 ²	213	232
Lengte weideseizoen mk, d	190	161	173	156

¹⁾ 156 bij 100% zelfvoorzienend

²⁾ 248 bij 100% zelfvoorzienend

In de situatie waarbij het ruwvoeroverschot niet zal ontstaan doordat de N-bemesting na de eerste snede wordt teruggebracht, zal het maaipercentage van de overige sneden iets lager zijn, de netto hoeveelheid ds ongeveer 300 (B) en

360 kg ds lager en de netto kVEM ongeveer 267 (B) en 320 (O) kVEM lager, hetgeen geheel tot uiting komt in de netto kVEM kuil.

4.1.5 Gevolgen bemesting

Doordat in de alternatieve situatie de eerste snede volledig gemaaid wordt, wordt deze snede volgens advies iets hoger bemest. Echter, omdat in deze situatie het maaipercantage in de latere sneden altijd lager is, valt de totale hoeveelheid extra gegeven N mee (maximaal 10 kg N ha⁻¹).

In de alternatieve situatie kan echter meer mest in de vorm van dunne mest worden gegeven, hetgeen een besparing van de hoeveelheid kunstmest-N kan betekenen.

Echter, bij beperkt weiden en 100 procent zelfvoorzienend wordt 36 m³ mest extra opgevangen en bij beperkt weiden niet zelfvoorzienend 60 m³. Dit is ongeveer 7 kg N ha⁻¹. Deze hoeveelheid is ongeveer gelijk aan de extra behoefte in de alternatieve situatie, waardoor het voordeel van minder N-aankopen nagenoeg gereduceerd wordt. Bij onbeperkt weiden ligt dit iets gunstiger, omdat er verhoudingsgewijs meer dunne mest wordt opgevangen. Maar het totale effect beperkt zich ook hier tot het besparen van enkele kilo's N.

De effecten op de nitraatuitspoeling zijn nihil. Het grootste deel van de nitraatuitspoeling wordt veroorzaakt door het weiden van koeien. Daar in het model de laatste maaidatum altijd 30 september is, is in oktober ook in de alternatieve situatie geen extra ruimte om te beweiden. Gezien voorgaande gegevens, neemt de uitspoeling ook niet af ten gevolge van een verminderd N-gebruik.

De verliezen verschuiven in de alternatieve situatie van N-verliezen tijdens beweiding naar N-verliezen rond mestopslag en -aanwending. De hoeveelheid emissie bij uitrijden neemt licht toe, daar er meer uitgereden moet worden. De totale verschuiving en het terugdringen van de verliezen is echter marginaal. In het volgende overzicht worden de N-verliezen in kg N per bedrijf en per ha (nitraatuitspoeling en ammoniakemissies) kort weergegeven voor de casus 100 procent zelfvoorzienend bij beperkt en bij onbeperkt weiden.

TABEL 4.6. Vergelijking N-verliezen (in kg N per bedrijf) door NH₃-emissie en door nitraatuitspoeling.

Verliespost	beperkt weiden (B)			onbeperkt weiden (O)		
	basis	alternatief	verschil	basis	alternatief	verschil
vloeremissie	463	473	+10	300	332	+32
opslagemissie	488	475	-13	455	458	+3
emissie bij toediening	277	289	+12	192	227	+35
beweidings emissie	275	257	-18	388	344	-44
denitrificatie	1.655	1.633	-22	2.029	1.899	-130
uitspoeling	1.589	1.603	+14	1.796	1.733	-63
totaal	4.747	4.730	-17	5.160	4.993	-167
totaal, kg ha ⁻¹	148,3	147,8	0,5	191	185	6

Uit tabel 4.6 blijkt de winst bij beperkt weiden slechts zeer klein, ongeveer 0,5 kg ha⁻¹. Bij onbeperkt weiden is de winst groter, vooral ten gevolge van de verminderde verliezen tijdens beweiding. De verliespost denitrificatie is onder te verdelen in denitrificatie algemeen en denitrificatie in urineplekken. Met name de denitrificatie in urineplekken neemt bij onbeperkt weiden in de alternatieve situatie sterk af (van 832 naar 744 kg N).

Indien de basissituatie 100 procent zelfvoorzienend ook in de alternatieve situatie gehandhaafd blijft door een verlaging van de N-gift, dan zullen vooral de uitspoeling en dentrificatie iets lager zijn, daar iets minder N gestrooid wordt na de eerste snede. Dit effect zal echter beperkt zijn.

4.1.6 Economie

Indien de koeien tijdens de eerste snede volledig worden opgesteld, nemen voor met name de volgende posten de (loonwerk)kosten toe:

- mest uitrijden; en
- voederwinning.

De hoeveelheid extra uit te rijden mest is in de alternatieve situatie niet groot (36 en 60 m³). Bij een prijs van f 9,30 per m³ (emissiearm aanwenden, tarief 2000-2001, KWIN V) bedragen de extra kosten voor uitrijden f 335 bij beperkt weiden en f 558 bij onbeperkt weiden.

De maaipercentages eerste snede gaan omhoog naar ruim 90 procent, maar de maaipercentages van de overige sneden dalen iets. Het totale maaipercentage bij niet zelfvoorzienend stijgt bij beperkt weiden met ongeveer 15 procent en bij onbeperkt weiden met 19 procent (4,1 respectievelijk 5,1 ha). Het inkuiltarief bedraagt ongeveer f 336 ha⁻¹ (KWIN V, hakselen met 2 wagens en 1 trekker aanrijden). Maaien en wiersen samen kost ongeveer f 140,- ha⁻¹ (KWIN V). De totale extra kosten voor inkuilen bij beperkt en onbeperkt weiden stijgen dan met respectievelijk f 1.928 en f 2.428.

Bij de basissituatie zelfvoorzienend en handhaving van 100 procent zelfvoorzienend in de alternatieve situatie stijgt bij beperkt weiden het maaipercentage met ongeveer 10 procent en bij onbeperkt weiden met 20 procent (2,7 respectievelijk 5,4 ha). De totale extra kosten voor inkuilen bij beperkt en onbeperkt weiden stijgen dan met respectievelijk f 1.285 en f 2.570.

Naast extra kosten voor mest uitrijden en maaien/inkuilen, zijn er ook extra kosten voor een hoger krachtvoerverbruik. Voor de situatie 100 procent zelfvoorzienend stijgen de krachtvoeraankopen (zelfs nog iets meer dan in tabel 4.2 en 4.3 is aangegeven). Voor de situatie niet zelfvoorzienend neemt bij onbeperkt weiden de aan te kopen hoeveelheid ruwvoer af en de aan te kopen hoeveelheid krachtvoer toe. Bij beperkt weiden nemen de aan te kopen hoeveelheden toe.

Uit tabel 4.7 blijkt dat er voor de situatie van bijna zelfvoorzienend duidelijk minder Minas-heffing hoeft te worden betaald indien de eerste snede in zijn geheel wordt gemaaid. Dit geldt voor zowel beperkt als onbeperkt weiden. Voor de situatie van onbeperkt weiden neemt ook het saldo toe. Bij beperkt weidne is dit niet het geval. Opgemerkt dient te worden dat de kosten voor voederwinning relatief hoog zijn, doordat is uitgegaan van loonwerk. Indien de voederwinning gedeeltelijk in eigen beheer wordt uitgevoerd neemt bij beperkt weiden ook het saldo toe.

Indien een bedrijf niet zelfvoorzienend is verandert de Minas-heffing nauwelijks door de eerste snede in zijn geheel te maaien. Bovendien neemt het bedrijfssaldo af. Daarbij is aangenomen dat posten als extra voeropslag, extra stalvoerkosten en extra mestopslag lage kosten kennen en dat deze wegvallen tegen minder toedieningskosten van kunstmest, het beter op peil houden van de melkproductie (minder sprongen) en het beter kunnen aanleggen van groeitrappen om de beweiding rond te zetten (tabel 4.7).

TABEL 4.7. De verandering van het saldo bij het volledig maaien van de eerste snede (ten opzichte van de uitgangssituatie); situatie 2003, in f.

Omschrijving	zvO_basis minus zvO_alt*	nzvO_basis minus nzvO_alt	zvB_basis minus zvB_alt*	nzvB_basis minus nzvB_alt
krachtvoer	2.274	699	1.580	483
ruwvoer	-172	-1.053	-98	-571
kunstmest	-1.444	-60	-796	-148
voederwinning	2.570	1.285	2.428	1.928
mesttoediening	558	335	558	335
overige?	PM	PM	PM	PM
Minas-heffing	-5.361	-199	-3.268	-102
totaal	-1.575	1.230	181	1.955

* 100 procent zelfvoorzienend

De volgende prijzen zijn gehanteerd: f 0,32 kg⁻¹ krachtvoer, f 0,25 kg⁻¹ ds ruwvoer en f 1,25 kg⁻¹ kunstmest-N.

4.1.7 Naar de praktijk

Het geheel maaien van de eerste snede heeft zowel voordelen als nadelen. Uit oogpunt van graslandbenutting ligt de benutting bij maaien een fractie hoger dan bij beweiden. Dit verschil ontstaat voor een klein deel uit de extra groei en voor het merendeel uit het kleine verschil tussen beweidingsverliezen enerzijds en veld- inkuil-, conserverings- en vervoederingsverliezen anderzijds.

De mineralenwinst (N) is klein en wordt vooral veroorzaakt door de lagere verliezen in de stal in vergelijking met beweiding. Voor de situatie van bijna zelfvoorzienend leidt het in zijn geheel maaien van de eerste snede tot een duidelijk lagere Minas-heffing en tot een geringe tot duidelijke stijging van het saldo.

- De eerste snede maaien is vooral interessant voor bedrijven die net of net niet zelfvoorzienend zijn en bij ongewijzigd beleid in 2003 Minas-N-heffing moeten betalen.
- Voor niet zelfvoorzienende bedrijven leidt het maaien niet tot een duidelijk lagere Minas-heffing of een beter saldo.

Naast financiële effecten, zijn er enkele andere effecten te noemen, die positief uitpakken bij het volledig maaien van de eerste snede.

- Het graslandmanagement in het voorjaar is iets eenvoudiger. Er kan in twee à drie keer gemaaid worden. Wel is het van belang om ook in de tweede snede voldoende groeitrappen te krijgen, hetgeen goed mogelijk is bij maaien in twee à drie keer.
- Mest kan in grotere hoeveelheden in één keer worden uitgereden (met een uniforme gift over alle percelen), hetgeen mogelijk gunstig kan uitpakken op het loonwerkstarief.
- De eerste snede kan in grotere blokken worden gemaaid (tarief).
- De koeien krijgen gedurende een langere (stal)periode voer van een constante kwaliteit.
- Gedurende de eerste snede is het weer niet van invloed op de dagelijkse voeropname.

Enkele nadelen:

- Er is meer arbeid nodig om de koeien te voeren.
- In het najaar is mogelijk voldoende voer ingekuuld, waardoor de noodzaak om te maaien in die periode zal afnemen. Hierdoor kan de smakelijkheid van het weidegras teruglopen (Zom *et al.*, 2001).

4.2 EERSTE SNEDE GRAS GEVOLGD DOOR MAÏS

4.2.1 *Samenvatting*

Oogsten van een groenbemester of een eerste snede gras voor de zaai van maïs is slechts dan interessant indien dit niet ten koste gaat van de vochtbeschikbaarheid voor de maïs, het zaaitijdstip van de maïs en de structuur van de grond. De vochtbeschikbaarheid kan van jaar tot jaar sterk variëren, maar in het algemeen is het risico van opbrengstderving bij de maïs relatief klein indien het profiel een waterbergend vermogen van 200 mm heeft. Tussen 150 en 200 mm neemt het risico van opbrengstdervingen toe. Bij minder dan 150 mm vochnalevering is het niet zinvol om eerst een snede gras of de groenbemester te oogsten. Op het grasland kan eventueel nog wel een weidesnede worden geoogst. Indien de planning is om een groenbemester of de eerste snede wel te oogsten, dan is het het beste om in februari al ongeveer 30 m³ ha⁻¹ dunne rundermest toe te dienen. Na oogsten van de groenbemester is dan nog 11 tot 15 m³ ha⁻¹ dunne rundermest nodig naast een N-rijenbemesting met 30 kg N ha⁻¹. De oogst van de groenbemester of eerste snede dient uiterlijk 1 mei plaats te vinden om opbrengstdervingen als gevolg van een te late maïszaai te beperken. Van belang is het dan om een vorenpakker te gebruiken bij het ploegen van de gras-/groenbemesterstoppel. Bij het niet oogsten van de groenbemester of het gras dient in maart een kerende grondbewerking plaats te vinden, voorafgegaan door mesttoediening. De benodigde hoeveelheid dunne rundermest bedraagt dan ongeveer 35 m³ ha⁻¹ bij groenbemesting en respectievelijk 25 en 10 m³ ha⁻¹ op jong (<2 jaar) en oud grasland. Een meer verfijnde bemesting is mogelijk indien exact bekend is hoeveel de bovengrondse biomassa bedraagt ten tijde van inwerken.

4.2.2 *Inleiding*

In de veehouderijpraktijk komt het vrij vaak voor dat er eerst een snede gras wordt geoogst alvorens de grond wordt bewerkt voor de inzaai van snijmaïs. Dit geldt ook voor groenbemestingsgewassen. Hiervoor kan een aantal redenen worden genoemd:

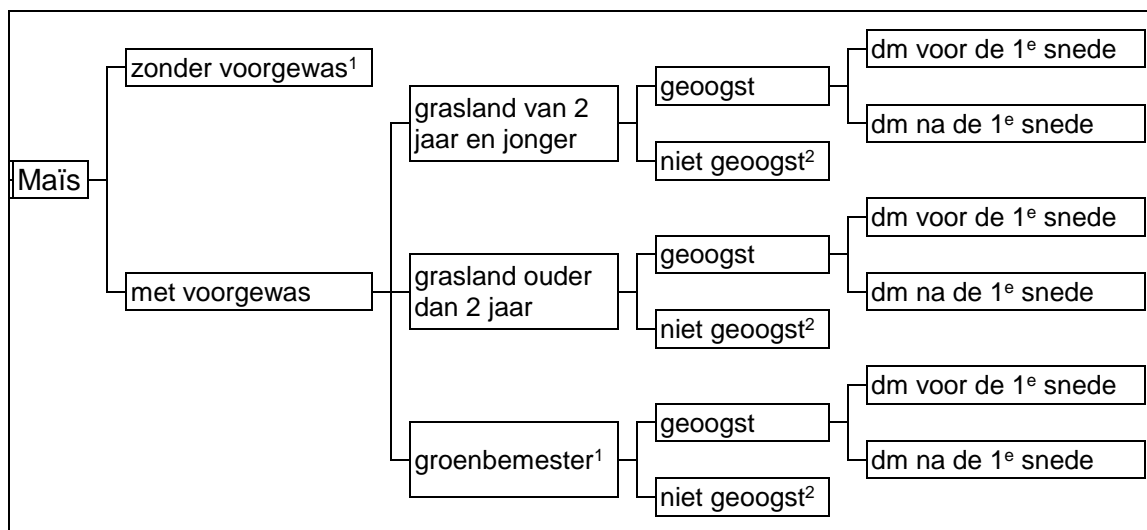
- Mogelijk is de jaaropbrengst (kg ds ha⁻¹) hoger indien een eerste snede gras wordt geoogst dan wanneer alleen maïs wordt geteeld.
- Mogelijk wordt een hogere N-benutting gerealiseerd bij oogsten van gras voor de inzaai van maïs.
- De gebruiker van de grond weet pas eind april dat hij op een grasperceel maïs gaat telen.
- De bewerking van de grond was in de winter niet goed mogelijk.
- De gebruiker van de grond heeft een groenbemester gezaaid, welke hij besluit te oogsten.

In het vroege voorjaar krijgt het grasland of de groenbemester veelal dierlijke mest. Een van de vragen uit de praktijk is hoe de bemesting van het maïsland dient te geschieden indien grasland wordt gescheurd of indien er groenbemester is toegepast. Beantwoording van deze vraag zal sterk afhangen van de vraag of de eerste snede (of de groenbemester) is geoogst, wanneer dit gebeurde en hoe hoog de opbrengst was.

In het navolgende wordt nagegaan onder welke randvoorwaarden het aantrekkelijk is om een eerste snede te oogsten, voordat maïsinzaai plaatsvindt en hoe er voor verschillende situaties bemest dient te worden.

4.2.3 Maïs met of zonder voorgewas

In de praktijk kunnen zich bij de maïsteelt verschillende situaties voordoen, waaronder het wel of niet aanwezig zijn van een voorgewas. In figuur 4.1 is schematisch een overzicht gemaakt van de teeltsituaties die zich voor kunnen doen bij het verbouwen van maïs.



FIGUUR 4.1. Mogelijke teeltsituaties voorafgaande aan de maïsteelt (1= continueelt met veel dierlijke mest en 2= mesttoediening voor 1 maart of na 1 maart).

Een belangrijke vraag is of het zinvol is om een snede gras te oogsten voordat maïs wordt gezaaid. Immers de groei van gras vergt een hoeveelheid vocht die de maïs later tekort komt. Bekend is dat maïs ongeveer 200 l vocht nodig heeft om 1 kg ds te produceren. Gras heeft daarvoor minimaal 250 l vocht nodig (Aarts & Middelkoop, 1990).

Voor een goede opbrengst van de snijmaïs het belangrijk om deze op tijd te zaaien. Uit onderzoek is gebleken dat zaaien na 5 mei een opbrengstverlies geeft van gemiddeld 100 kg ds ha⁻¹ per dag. Bovendien nemen behalve de ds-opbrengst ook het kolfaandeel en de voederwaarde af en nemen de conserveringsverliezen als gevolg van de latere rijping toe (lager ds-gehalte) (De Jonge, 1984). Praktisch gezien betekent dit dat een snede gras of groenbemester uiterlijk 1 mei dient te worden geogst, om nog voor 5 mei snijmaïs te kunnen zaaien. Om een hoge maïsopbrengst te kunnen realiseren dient de bodemstructuur goed te zijn evenals het zaai-bed. Voor een goede bodemstructuur dient geploegd land minimaal 5 à 6 weken te kunnen bezakken, maar bij voorkeur langer. Bij laat in april ploegen is dit niet mogelijk. Er dient daarom gebruik te worden gemaakt van een vorenpakker. Onder gunstige omstandigheden kan op 1 mei een snede gras van ongeveer 3.000 kg ds ha⁻¹ worden geogst (afhankelijk tijdstip inzaai van groenbemester en weerjaar). Het gevolg is wel dat de verdamping over de maanden maart en april beduidend hoger zal zijn dan zonder gras of groenbemester, waardoor de bodemvochtvoorraad half/eind mei zo'n 30 mm lager kan zijn. Dit kan resulteren in een vochttekort voor de maïs later in het seizoen.

Op basis van de uitgangspunten in het rapport van Aarts & Middelkoop (1990) is berekend wat de gevolgen zijn van een eerste snede gras (geogst op 1 mei) voor de opbrengst van het volggewas maïs. Dit effect zal sterk afhangen van het neerslagpatroon over het groeiseizoen en de vochtlevering van de grond. Eventuele nadelige effecten voor de opbrengst van de maïs kunnen van jaar tot

jaar sterk verschillen. Daarom is voor een reeks van weerjaren, 1980-1995, berekend wat het effect is van een eerste snede gras (geoogst op 1 mei) op de opbrengst van maïs. Het bleek dat gronden met een slechte tot redelijke vochtlevering (50 tot 150 mm) gemiddeld bijna 1000 kg ds ha⁻¹ minder produceerden. Tussen de jaren waren er grote verschillen variërend van 0 tot 2.500 kg ds ha⁻¹. Voor gronden met 150-200 mm vochtlevering waren de opbrengstdervingen bij de maïsteelt beperkt (ongeveer 500 kg ds ha⁻¹). Voor gronden met meer dan 200 mm vochtlevering is er vrijwel geen risico van opbrengstderving bij de teelt van maïs. Het vochtleverend vermogen is te schatten op basis van de grondwatertrap, de grondsoort en de eigenschappen van de bouwvoor. Veelal is de grondwatertrap niet bekend. Om nu toch vast te stellen of oogsten van de groenbemester interessant kan zijn zonder grote nadelige gevolgen voor de opbrengst van de maïs, kan men gebruik maken van de vuistregel dat meer dan 2 keer droogteschade per 10 jaar overeenkomt met minder dan 150 mm vochtleverend vermogen. Dit gaat op voor het grootste deel van de gronden waar maïs wordt verbouwd. Een recente proef bevestigde dit beeld. Op zandgrond nam onder goede groeiomstandigheden voor een eerste snede gras van 3.000 kg ds ha⁻¹ in mei, de maisopbrengst met 1.500 kg ds ha⁻¹ af (Van den Pol-van Dasselaar & Philipsen, 2000).

Anderzijds kan een voorgewas op natte gronden (bijvoorbeeld leemhoudende gronden) juist vanwege het vochtgebruik het neerslagoverschot verkleinen. Hierdoor kan de grondbewerking en de maïszaai mogelijk op een vroeger tijdstip plaatsvinden. Daarnaast kan het voorgewas op leemhoudende gronden ertoe bijdragen dat er minder verslemping en erosie op hellende terreinen optreden (Schröder, 1987).

Gezien het bovenstaande zal het oogsten van een snede op 1 mei in de meeste gevallen gepaard gaan met een duidelijke opbrengstderving. Afhankelijk van de droogtegevoeligheid van het perceel, de voorjaarsgroei en het weer is het in veel gevallen dan aan te raden om de groenbemester tijdig onder te werken of het grasland tijdig te scheuren.

4.2.4 Mesttoediening

Mesttoediening op maïsland zal veelal gebeuren in de periode 1 februari tot kort voor de zaai. Vaak wordt op maïsland zonder voorgewas laat mest uitgereden om op die manier de mestput zoveel mogelijk leeg te rijden. Bij toedienen voor 1 maart resulteert dit in een 20 procent lagere N-werking ten opzichte van toedienen na 1 maart (Anonymus, 1998). Op kleibouwland wordt de mest vaak in het najaar uitgereden om structuurschade in het voorjaar te voorkomen, hoewel dit leidt tot een slechte N-benutting uit mest (ongeveer 20-25 procent). Op maïsland met een voorgewas zal het bemestingstijdstip ook sterk variëren. Wil men een snede oogsten voor de maïszaai dan zal men zo vroeg mogelijk mest toedienen (half februari), zodat het voorgewas er nog van profiteert. De N-werking voor de eerste snede bedraagt dan ruwweg 20-40 procent afhankelijk van de gekozen techniek en het tijdstip van toediening. Is men van plan de groenbemester onder te ploegen of het grasland te scheuren zonder oogsten van een snede dan zal de bemesting veelal kort voor de grondbewerking plaatsvinden.

Mesttoediening na de grondbewerking (bijvoorbeeld kort voor de zaai van de maïs) is ook mogelijk. Dit zal veelal wel een extra grondbewerking vergen. In onderzoek is rijenbemesting met dierlijke mest bij gelijktijdige zaai. De eerste resultaten zijn veel belovend (Van der Schoot en van Dijk, 2001), echter dit gaat wel ten koste van de ha-capaciteit.

4.2.5 *Maisland scenario's*

In het navolgende zullen de situaties in figuur 4.1 kort worden toegelicht, inclusief de daarbij behorende bemestingsscenario's.

Geen voorgewas:

Voor de situatie van maïs zonder voorgewas geldt het huidige bemestingsadvies (Anonymus, 1998). Naast een N-rijenbemesting is er een dunne rundermestgift nodig van $39 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ (tabel 4.9).

Inwerken groenbemester:

Bij onderploegen van een groenbemester in het voorjaar wordt een hoeveelheid nutriënten ingewerkt. Hoeveel dit is hangt af van het voorgewas, de drogestofopbrengst en de mineralengehalten in het gewas. Bij tijdig onderwerken (voor 1 maart) komt ongeveer de helft van de N in de bovengrondse delen van de groenbemester beschikbaar voor gewasopname door maïs. (Maïs neemt slechts gedurende een korte periode N op: half mei tot 1 augustus). Als vuistregel voor de N-werking hanteert men ook wel een standaardgetal van 25 kg N ha^{-1} of 20 kg N ha^{-1} per 10 cm gewashoogte (Anonymus, 1998). De werking van de N uit dunne rundermest zal bij toediening voor 1 maart niet optimaal zijn (slechts 80 procent van die na 1 maart). Er is dan aan dunne rundermest $42 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ nodig (tabel 4.9). Bij wachten met toediening van dunne rundermest tot na 1 maart is $36 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ nodig (tabel 4.9).

Bij inwerken van de groenbemester kort voor de zaai (half april) zal de nawerking procentueel minder zijn (naar schatting 10 kg N ha^{-1} per 10 cm), maar door de hogere gewasopbrengst kan er nog steeds een aanzienlijke hoeveelheid N beschikbaar zijn voor het volggewas maïs (tot 30 kg N ha^{-1}). De bodemvoorraad minerale N kan daardoor wel lager zijn. De werking van dunne rundermest is optimaal bij toediening na 1 maart. Er is dan $36 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ nodig.

Scheuren grasland:

Bij het telen van maïs op een graslandperceel kan de veehouder er voor kiezen om van het grasland geen snede meer te oogsten voor de maïs. Hierbij wordt het grasland afhankelijk van de grondsoort gefreesd of geploegd. Op kleigronden is het gebruikelijk om rond december de graszode om te ploegen en deze vervolgens uiterlijk begin mei in te zaaien met maïs. Door in december te ploegen blijft de structuur van de grond beter behouden gedurende de winter. Op zandgronden wordt het grasland in maart gefreesd, waarna eind april/begin mei maïs gezaaid wordt. Wanneer het grasland te vroeg wordt gefreesd kan er van de bij de mineralisatie vrijkomende N veel verloren gaan. Daarnaast moet het grasland ook niet te laat worden gefreesd. De vertering/mineralisatie van de zode en gewasresten komt dan te laat op gang, waardoor de hierbij vrijkomende minerale N te laat beschikbaar is voor de maïs. De uiteindelijke N-levering is afhankelijk van de weersomstandigheden. Voor een goede mineralisatie is voldoende vocht en een hoge temperatuur van groot belang. Uit proeven op zandgrond blijkt dat half maart de meest geschikte datum is voor het frezen van grasland, omdat zo de vrijkomende N het meest efficiënt benut kan worden (Van den Pol-van Dasselaar & Philipsen, 2000).

In het N-bemestingsadvies dient rekening gehouden te worden met het gescheurde grasland. In tabel 4.8 is aangegeven hoeveel N er bij het scheuren van grasland beschikbaar is voor het volggewas maïs. Deze hoeveelheden zijn onafhankelijk verondersteld van de grondsoort

In tabel 4.9 is berekend hoeveel N uit dunne rundermest er nog nodig zou zijn bij mesttoediening na 1 maart en scheuren van grasland medio maart. Voor jong grasland is er dan nog een gift van $25 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ nodig. Voor grasland ouder dan twee jaar is slechts een kleine gift van $11 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ nodig. Bij ouder grasland kan

de dunne rundermestgift zelfs achterwege blijven indien de N-rijenbemesting wordt verhoogd tot 55 kg N ha⁻¹.

TABEL 4.8. N-levering voor maïs na scheuren van grasland (Van den Pol-van Dasselaar & Philipsen, 2000).

Tijdstip	leeftijd gescheurde zode ¹⁾		
	1 jaar	2 jaar	3 jaar en ouder
1 ^e jaar na scheuren	50	100	100
2 ^e jaar na scheuren	0	0	30

¹⁾ De leeftijd heeft betrekking op volledige productie jaren.

Oogsten groenbemester:

Het N-bemestingsadvies voor maïsland, waarbij de groenbemester is geoogst, ziet er in grote lijnen hetzelfde uit als het advies voor de niet geoogste groenbemester. Het enige verschil is dat er nu geen nawerking is van de groenbemester (tabel 4.9). Bovendien zal aan de groenbemester vaak al vroeg dunne rundermest worden toegediend (bijvoorbeeld 30 m³ ha⁻¹ met de zodenbemester) om de groei te stimuleren. Een minerale N-bemesting zal veelal achterwege blijven. Er is verondersteld dat de N-werking bij zodenbemesting van een groenbemester gelijk is aan de N-werking op grasland. Zoals reeds eerder vermeld, is het nadeel van het oogsten van de groenbemester dat er meer N en vocht aan de bodem wordt onttrokken, waardoor er minder voor de maïs beschikbaar is. Bovendien heeft de resterende stoppel de neiging om na onderwerken met een navolgend maïsgewas om N te concurreren (Philipsen *et al.*, 1999). In tabel 4.9 is afgeleid dat naast een rijenbemesting met 30 kg N ha⁻¹ er nog ruimte is voor 24 m³ dunne rundermest per ha. De totale mestgift bedraagt dan 54 m³ ha⁻¹.

Oogsten van een snede gras:

Er kan een weidesnede of een maaisnede worden geoogst. Weiden is een optie indien men vroeg maïs wil zaaien om zo een goede maïsopbrengst te creëren en het risico van een additioneel vochttekort vanwege de grasproductie te beperken. Beweiding zal tot uiterlijk half april plaats kunnen vinden. Veelal zal er niet meer dan 1.500 kg ds ha⁻¹ beschikbaar zijn. Voor een maaisnede kan veelal niet langer gewacht worden dan tot 1 mei, omdat anders de maïs te laat gezaaid wordt hetgeen opbrengst kost. Op 1 mei kan circa 3.000 kg ds ha⁻¹ aanwezig zijn. Op het grasland zal vroeg dunne rundermest worden toegediend (bijvoorbeeld met de 30 m³ ha⁻¹ met de zodenbemester) om de groei te stimuleren. Ook de minerale N-bemesting zal veelal conform het advies zijn voor het oogsten van een weide- of maaisnede. Hoeveel dit zal zijn hangt onder andere af van de ouderdom van het grasland en het mede daaraan gekoppelde N-leveringsvermogen van de grond. Op jong grasland (<2 jaar) is een NLV van 100 kg N ha⁻¹ verondersteld. Voor ouder grasland (>2 jaar) is een NLV van 140 kg N ha⁻¹ verondersteld.

TABEL 4.9. De N-bemesting van snijmaïs (kg N ha⁻¹) voor verschillende combinaties van voorgewassen en oogststadia bij een voorgeschiedenis met een hoog mestgebruik.

Bemestingsparameters	continu-teelt	groenbemester inwerken		grasland scheuren bij <1.500 kg ds ha ⁻¹	
		voor 1 maart	na 1 maart	<2 jaar	>2 jaar
<i>geen oogst voorgewas maïs</i>					
basis N-advies	180	180	180	180	180
Nmin	30	20	10	20	10
N uit groenbemester	0	25	30	0	0

N uit graszode	0	0	0	50	100	
N-restbehoefte	150	135	140	110	70	
N-rijenbemesting	30	30	30	30	30	
rest N-behoefte met dunne rundermest, m ³ ha ⁻¹	39	42	36	25	11	
Bemestingsparameters	continu-teelt	groenbemester stoppel inwerken voor 1 mei	grasstoppel scheuren (<2 jaar)		grasstoppel scheuren (>2 jaar)	
			1.500 kg ds ha ⁻¹	3.000 kg ds ha ⁻¹	1.500 kg ds ha ⁻¹	3.000 kg ds ha ⁻¹
<i>wel oogst voorgewas</i>						
<i>voorgewas</i>						
N-adviesgift		140	97	140	89	129
N-werking dunne rundermest 30 m ³ ha ⁻¹		43	29	43	29	43
kunstmest-N		0	68	97	60	86
<i>maïs</i>						
basis N-advies	180	180	205 *	205 *	205 *	205 *
N-nalevering mest		38	58	38	58	38
N-nalevering kunstmest		0	17	24	15	21
Nmin	30	10	10	10	10	10
Ngroenbemester	0	25	0	0	0	0
Ngraszode	0	0	50	50	100	100
N-restbehoefte	150	107	70	82	22	35
N-rijenbemesting	30	30	30	30	30	30
rest N-behoefte met dunne rundermest, m ³ ha ⁻¹	39	24	11	16	-5	-1
mestgift totaal m ³ ha ⁻¹	39	54	41	46	30	30

* geen continueelt van maïs

Voor de advisering van het volggewas maïs dient rekening te worden gehouden met de mest- en kunstmestgift op het grasland en de N-nalevering uit de oude zode na scheuren. De nalevering hangt af van de ouderdom van de zode (tabel 4.8). Het blijkt dat voor de hier gekozen voorbeelden er alleen op het jonge grasland nog ruimte is voor een kleine gift dunne rundermest, indien reeds eerder 30 m³ ha⁻¹ is toegediend. Verder blijkt dat de gift op het oudere grasland niet veel hoger dan 30 m³ ha⁻¹ mag zijn daar er anders teveel N beschikbaar is na scheuren.

4.2.6 De voorziening met P en K

In het kader van deze studie wordt niet in de detail ingegaan op de P- en K-voorziening. In het algemeen is de constatering dat met de in tabel 4.9 weergegeven doseringen ook voldoende P en K wordt gegeven. Bij het inwerken van een groenbemester of een graszode vindt behalve N-nalevering ook nalevering van K plaats. Met betrekking tot P is, afhankelijk van de bodemtoestand, P-rijenbemesting een optie.

4.2.7 Aanbevelingen voor onderzoek

In het bovenstaande is weergegeven hoe de bemesting van maïsland voorafgegaan door de teelt van een groenbemester of door grasland op

hoofdlijnen kan geschieden. Een meer verfijnde bemesting is mogelijk indien de grondanalyses bekend zijn en bekend is wat de gewasopbrengst is van de voorvrucht. Dit vergt een goede schattingsmethode voor de bovengrondse gewasdelen. Verder is de N-levering vanuit een graszode slechts globaal bekend. Deze kan sterk variëren als gevolg van grondsoort, leeftijd zode, tijdstip van scheuren en de weersontwikkeling in de maand(en) na scheuren. Het is gewenst om dit al dan niet modelmatig beter te onderbouwen vanuit oogpunt van een efficiënte mineralenbenutting bij minimale verliezen.

Verder is het van belang, om een goede beslissing te kunnen nemen, of het oogsten van de groenbemester of een eerste snede gras verantwoord is, zonder dat dit ten koste gaat van de maïsopbrengst. Naast het bekend zijn van het vochnaleveringspotentieel, kan een schatting van de lange termijnsweersverwachting hierbij van invloed zijn. Indien een bijvoorbeeld een natte maand april wordt verwacht, dan gaat het oogsten van de groenbemester niet ten koste van de beschikbare vochtvoorraad voor de maïs. Bij een droge april zal dit juist versterkt het geval zijn. Op dit moment zijn er al tiendaagse weersverwachtingen en worden er globale uitspraken gedaan over individuele maanden en over de trend van de zomer. Door deze eigenschappen te combineren met perceels- en gewaseigenschappen kan een meer onderbouwde uitspraak worden gedaan of het oogsten van een groenbemester zinvol is.

4.2.8 *Wenken voor de praktijk*

- ◆ Oogsten van een groenbemester of een eerste snede gras voor de zaai van maïs is slechts dan interessant, indien dit niet ten koste gaat van de vochtbeschikbaarheid voor de maïs, het zaaitijdstip van de maïs en de structuur van de grond.
- ◆ Bij een vochnalevering van meer dan 200 mm (slechts eens per 10 jaar droogteschade) kan de voorvrucht (gras of groenbemester) zonder nadelige gevolgen voor de maïsopbrengst worden geoogst. De oogst dient dan wel uiterlijk 1 mei plaats te vinden.
- ◆ Bij een vochnalevering van minder dan 150 mm is het niet zinvol om de voorvrucht te oogsten.
- ◆ Denk bij het oogsten van de voorvrucht aan een goede zaaibedbereiding en gebruik bij het ploegen een vorenpakker, zodat de grond voldoende kan bezakken.
- ◆ Bij het niet oogsten van de voorvrucht dient deze in maart te worden ingewerkt, bij voorkeur voorafgegaan door toediening van dierlijke mest.
- ◆ Bij het oogsten van de voorvrucht kan het beste al in februari $30 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ dunne rundermest worden gegeven. Na het oogsten van de groenbemester is dan nog 11 tot $15 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ dunne rundermest. Na het oogsten van de eerste grassnede is geen dierlijke mest meer nodig. Er is uitgegaan van een rijenbemesting met 30 kg N ha^{-1} .

4.3 WITTE KLAVER EN STIKSTOFBEMESTING

4.3.1 *Samenvatting*

De invoering van Minas leidt tot een daling van de N-gift op grasland. Bij een N-jaargift lager dan 250 kg ha⁻¹ kan het interessant zijn om mengsels van gras en witte klaver in te zaaien.

N-bemesting op gras/klaver leidt tot een daling van de hoeveelheid biologisch gebonden N zodat per saldo slechts een geringe meeropbrengst overblijft. De hoeveelheid kunstmest die binnen Minas aangevoerd mag worden, kan dan ook beter ingezet worden op graspercelen.

Een tactische N-bemesting in het voorjaar is wel aan te bevelen op gras/klaver. De belangrijke voorjaarsgroei is dan niet afhankelijk van het aandeel klaver in de zode. Een dergelijke voorjaarsbemesting kan zowel met kunstmest als dunne mest worden uitgevoerd.

4.3.2 *Inleiding*

Witte klaver (*Trifolium repens* L.) is de belangrijkste vlinderbloemige in cultuurgrasland. Witte klaver is in staat om, in samenwerking met *Rhizobium*-bacteriën in de wortelknolletjes, luchtstikstof (N₂) te binden. Hierdoor kan op N uit kunstmest en dierlijke mest bespaard worden. Op biologische melkveebedrijven is het gebruik van witte klaver van levensbelang omdat er geen kunstmest wordt gebruikt. Maar ook op gangbare bedrijven neemt de belangstelling voor witte klaver toe.

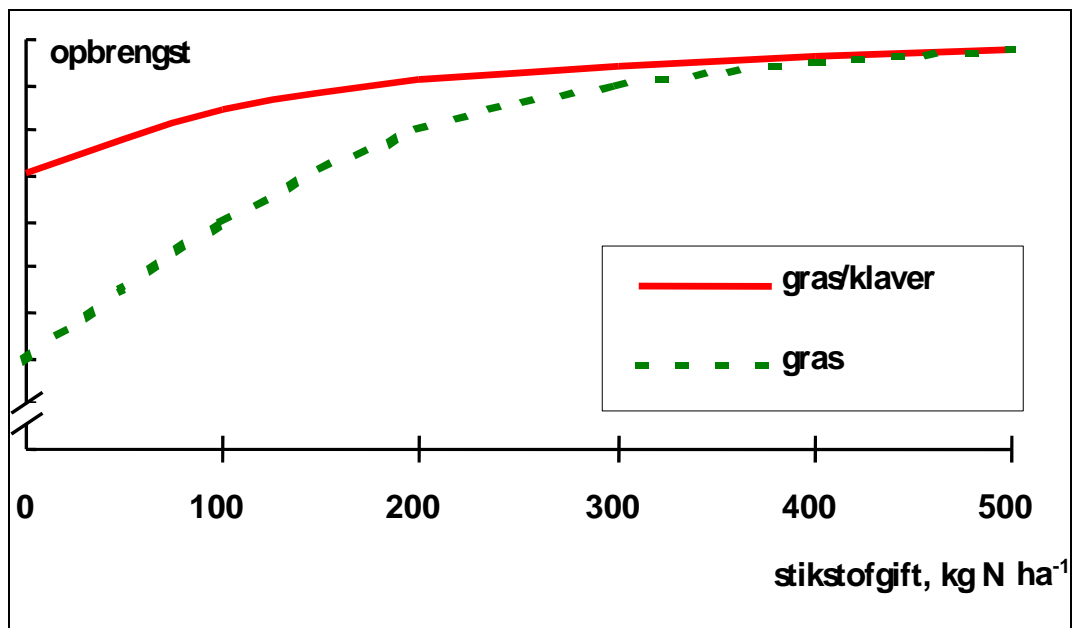
Sinds de jaren vijftig is de melkveehouderij in toenemende mate afhankelijk geworden van de import van kunstmest en krachtvoer. Vanaf de tweede wereldoorlog is het gebruik van kunstmest-N gestegen van 50 kg ha⁻¹ jaar⁻¹ tot zo'n 300 kg ha⁻¹ jaar⁻¹ in het midden van de jaren tachtig (Bussink & Oenema, 1998). Tegelijkertijd is in die periode de aandacht voor klaver afgenomen en daalde het aandeel zaadmengsels waarin witte klaver is opgenomen van 80 procent tot 3 à 4 procent (Bonthuis & Donner, 2000). Momenteel speelt witte klaver dus nauwelijks een rol in het Nederlandse grasland.

De invoering van Minas heeft al tot lagere N-giften geleid, en naar verwachting zal de N-bemesting in de nabije toekomst verder dalen. Hierdoor nemen de kansen voor witte klaver weer toe. Immers, een gras/klaver mengsel zonder N-bemesting is in staat een gelijke opbrengst te behalen als gras met een N-bemesting van 200 tot 250 kg ha⁻¹ jaar⁻¹. Daarnaast neemt de belangstelling voor witte klaver toe omdat de biologische N-binding in Minas niet als aanvoerpost telt. De vraag is op welke wijze mengsels van gras en witte klaver met N bemest dienen te worden, teneinde een zo hoog mogelijk rendement uit de kunstmest-N te behalen. In deze paragraaf wordt in grote lijnen weergegeven hoe een optimale strategie van N-bemesting op gras/klaver eruit zou kunnen zien.

4.3.3 *Stikstofrespons van gras/klaver*

N is de belangrijkste voedingsstof voor grasland. Zonder enige N-bemesting ligt de opbrengst van grasland zonder klaver op een laag niveau (figuur 4.2). N-bemesting van grasland resulteert in een sterke toename van de opbrengst. Naarmate de N-bemesting toeneemt, neemt de extra opbrengst van de laatste kg N steeds verder af. Op basis van economische overwegingen is het rendabel om door te strooien tot een marginale N-respons van 7,5 à 10 kg droge stof per kg N. Afhankelijk van het N-leverend vermogen van de grond varieert de economisch optimale N-gift ongeveer van 200 tot 400 kg ha⁻¹ jaar⁻¹.

Vanwege de biologische N-binding is de opbrengst van een onbemest gras/klaver-mengsel beduidend hoger dan de opbrengst van onbemest grasland zonder klaver (figuur 4.2). Echter, de respons van gras/klaver op N-bemesting is relatief laag. N-binding en N-bemesting zijn niet additief. Met andere woorden: N-bemesting van gras/klaver leidt tot een verschuiving van biologisch gebonden N naar kunstmest-N. De grasopbrengst neemt toe, terwijl de klaveropbrengst afneemt. Tot een N-bemesting van rond de 250 kg ha⁻¹ blijft er netto nog wel een positief effect van N-bemesting op gras/klaver, maar bij hogere bemestingsniveaus levert N-bemesting weinig tot niets meer op. Bovenstaand 'verdringingseffect' treedt nog sterker op bij de N-opbrengst van het gewas. De N-opbrengst van gras/klaver is vrijwel onafhankelijk van de N-bemesting. Vanaf de laagste N-giften is de verschuiving van gebonden N naar kunstmest-N 1 op 1. Omdat bij N-bemesting de drogestofopbrengst van gras/klaver toeneemt, en de N-opbrengst gelijk blijft, neemt het N-gehalte af.



FIGUUR 4.2. Drogestofopbrengst van gras en gras/klaver in relatie tot de N-bemesting.

Recent Nederlands onderzoek met mengsels van gras en witte klaver illustreert het bovenstaande (Schils & Snijders, 2001). Op een maaiproef in Lelystad (tabel 4.10) was de drogestofopbrengst van de grasveldjes zonder klaver en zonder N-bemesting gemiddeld 6,3 ton ha⁻¹ jaar⁻¹. N-bemesting op de grasveldjes leidde tot een aanzienlijke opbrengstverhoging. In het traject van 190 naar 380 kg N ha⁻¹ nam de opbrengst nog toe met 16 kg ds kg⁻¹ N. De gras/klaver-veldjes leverden zonder N-bemesting een drogestofopbrengst van 12,1 ton ha⁻¹ jaar⁻¹. Bemesting met 190 kg N ha⁻¹ jaar⁻¹ verhoogde de opbrengst slechts met 4 kg ds kg⁻¹ N. Het klaveraandeel daalde door de N-bemesting van 43 naar 17 procent, omgerekend een daling van 1,4 procentpunt per 10 kg toegediende N.

TABEL 4.10. Gemiddelde drogestofopbrengst van gras en gras/klaver in relatie tot N-bemesting op een maaiproefveld op jonge zeeklei (1994-1998).

N-gift, kg ha ⁻¹ jaar ⁻¹	gras		gras/klaver	
	ds-opbrengst, ton ha ⁻¹ jaar ⁻¹	marginale N- efficiëntie, kg ds kg ⁻¹ N	ds-opbrengst, ton ha ⁻¹ jaar ⁻¹	marginale N- efficiëntie, kg ds kg ⁻¹ N
0	6,3	-	12,1	-
190	11,6	28	12,8	4
380	14,7	16		

Een proefveld met een vergelijkbare opzet is uitgevoerd op proefbedrijf De Marke (Baan Hofman, 1999). Op deze droge zandgrond was de drogestofopbrengst op de grasveldjes zonder N-bemesting gemiddeld slechts 3 ton ha⁻¹ jaar⁻¹. In deze situatie was het effect van N-bemesting op gras/klaver eveneens beduidend lager dan op gras, maar bij een N-gift van 300 kg ha⁻¹ jaar⁻¹ was de N-efficiëntie nog altijd 11 kg ds kg⁻¹ N (tabel 4.11).

TABEL 4.11. Gemiddelde drogestofopbrengst van gras en gras/klaver in relatie tot de N-bemesting op een maaiproefveld op droge zandgrond (1990-1994).

N-gift, kg ha ⁻¹ jaar ⁻¹	gras		gras/klaver	
	ds-opbrengst, ton ha ⁻¹ jaar ⁻¹	marginale N- efficiëntie, kg ds kg ⁻¹ N	ds-opbrengst, ton ha ⁻¹ jaar ⁻¹	marginale N- efficiëntie, kg ds kg ⁻¹ N
0	3,0	-	7,2	-
100	6,4	34	8,5	14
200	8,9	26	9,6	11
300	9,9	10	10,7	11
400	11,0	11	11,1	4

Beide voorbeelden illustreren dat de efficiëntie van kunstmest-N op gras/klaver beduidend lager is dan op gras. Er bestaan echter verschillen tussen jaren en locaties, zodat niet zonder meer een eenduidig advies is te geven onder welke omstandigheden N-bemesting op gras/klaver economisch nog aantrekkelijk is. Nader onderzoek zal moeten verduidelijken door welke factoren de optimale N-gift op gras/klaver wordt bepaald, en in hoeverre daarmee in de praktijk rekening gehouden kan worden.

In de huidige omstandigheden bepaalt Minas de hoeveelheid kunstmest die op het bedrijf ingezet kan worden. Indien zowel gras als gras/klaver-percelen op het bedrijf voorkomen is het duidelijk dat de beperkte hoeveelheid kunstmest beter tot zijn recht zal komen op de graspercelen. Naast kunstmest is uiteraard dunne mest op het bedrijf aanwezig. Uit het oogpunt van N-bemesting geldt dezelfde logica als bij kunstmest. Echter uit het oogpunt van P₂O₅-bemesting is dunne mest nodig op de gras/klaver-percelen. Ervan uitgaande dat in de toekomst het overgrote deel van de P₂O₅-bemesting uit de eigen dunne mest zal moeten komen, bepaalt de P₂O₅-behoefte van het gras/klaver-perceel de benodigde bemesting met dunne mest. De P₂O₅-behoefte varieert van 15 kg P₂O₅ ha⁻¹ jaar⁻¹, bij een hoge P-toestand, tot ongeveer 215 kg P₂O₅ ha⁻¹ jaar⁻¹, bij een lage P-toestand en volledig maaien. Dat betekent een potentiële variatie van ongeveer 10 tot 120 ton dunne rundermest, waarmee globaal zo'n 25 tot 300 kg werkzame N ha⁻¹ jaar⁻¹ wordt toegediend.

4.3.4 Tactische stikstofbemesting

De groei van witte klaver komt in het voorjaar later op gang dan de groei van Engels raaigras. Omdat de voorjaarsgroei van gras zeer belangrijk is in de Nederlandse melkveehouderij, is het aan te bevelen om eventuele N-bemesting in het voorjaar uit te voeren. Het gras in het mengsel profiteert van de N-bemesting, terwijl de witte klaver relatief weinig nadeel ondervindt van de N-bemesting. In een onderzoek op klei en vochthoudende zandgrond (Schils, 1997) leverde de eerste 50 kg N een meeropbrengst van zo'n 10 kg ds kg⁻¹ N (tabel 4.12). De volgende 50 kg leverde slechts 4 kg ds kg⁻¹ N. Het klaveraandeel daalde met 1,1 procentpunt per 10 kg toegediende N.

TABEL 4.12. Gemiddelde drogestofopbrengst van gras/klaver in relatie tot de N-bemesting in het voorjaar op klei (1989-1993) en zand (1992-1994).

N-gift, kg ha ⁻¹ jaar ⁻¹	ds-opbrengst, ton ha ⁻¹ jaar ⁻¹	marginale N-efficiëntie, kg ds kg ⁻¹ N	klaver, %
klei			
0	14,2	-	48
50	14,8	11	43
100	15,0	3	36
zand			
0	13,3	-	40
50	13,8	10	34
100	14,1	5	30

4.3.5 Kernpunten/conclusies

N-bemesting leidt op gras/klaver slechts tot een geringe opbrengstverhoging. Daarom is het verstandiger om de beperkte hoeveelheid N in te zetten op graspercelen.

Alleen in het voorjaar is een N-bemesting op gras/klaver aan te bevelen. De voorjaarsgroei van gras wordt daarmee zeker gesteld. Bovendien heeft N in voorjaar slechts een gering negatief effect op klaver.

De P₂O₅-behoefte bepaalt in belangrijke mate de hoeveelheid dunne mest voor gras/klaver.

De N-efficiëntie op gras/klaver is gemiddeld weliswaar laag, maar varieert tussen jaren en locaties. Nader onderzoek is nodig naar de factoren die de N-efficiëntie op gras/klaver bepalen

4.3.6 Wenken voor de praktijk

- ◆ Gebruik kunstmest vooral op graspercelen.
- ◆ Bemest gras/klaver-percelen alleen in het voorjaar met N.
- ◆ Dunne mest is een prima meststof voor gras/klaver.

4.4 LITERATUUR

- Aarts HFM & Middelkoop N (1990) De invloed van bodemeigenschappen en bemesting op de opbrengst van maïs en de emissies van ammoniak en nitraat. Cabo-verslag nr. 131. Wageningen, 55 pp.
- Anonymus (1998) Adviesbasis bemesting grasland en voedergewassen. Themaboek november 1998, Praktijkonderzoek Rundvee, Paarden en Schapen, Lelystad, 53 pp.
- Anonymus (1997) Handboek Melkveehouderij. Praktijkonderzoek Rundvee, Paarden en Schapen, Lelystad, 520 pp.
- Baan Hofman, T (1999). De groei van gras en witte klaver op 'De Marke', bemest met kunstmest en runderdrijfmest. Rapport 104, AB, Wageningen, 41 pp.
- Bonthuis H & Donner DA (2000) Aanbevelende rassenlijst 2001. Plant Research International B.V., Wageningen.
- Bussink DW & Oenema O (1998) Ammonia volatilization from dairy farming systems in temperate areas: a review. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 51, 19-33.
- De Jonge P (ed) (1984) Themadag snijmaïs. PAGV, themaboekje nr. 4, maart 1984, Lelystad, 77 pp.
- Philipsen B, Schröder J & Van Dijk W (1999) Nieuw stikstofadvies voor maïs. Praktijkonderzoek 99-1, 36-39.
- Schils RLM (1997) Effect of a spring application of nitrogen on the performance of perennial ryegrass-white clover swards at two sites in the Netherlands. *Netherlands Journal of Agricultural Science* 45, 263-275.
- Schils RLM & Snijders PJM (2002) The combined effect of fertiliser phosphorus and nitrogen on a grass/clover and grass-only sward. I. Nutrient uptake and herbage production. In prep.
- Schröder J (1987) Continueelt van snijmaïs in combinatie met wintergewassen. *De Buffer* 33 nr. 1, 31-45.
- Van der Schoot JR & van Dijk W (2001) Rijenbemesting met dierlijke mest in maïs maakt kunstmest overbodig. *PPO-Bulletin Akkerbouw* 2001-2, 13-21.
- Van den Pol-van Dasselaar A & Philipsen B (2000) Nieuw N-advies snijmaïs na scheuren grasland. Praktijkonderzoek 2000-1, 14-15.
- Zom RLG, Sikkema K & Van Houwelingen KM (2001) Benutting van herfstgras op veengrond door melkkoeien. Praktijkonderzoek Veehouderij, Lelystad, rapport nr. 207.

5. INSPELEN OP ACTUELE WEERS- EN BODEMOMSTANDIGHEDEN

(W.N. Vergeer, D.W. Bussink, G. Holshof en R.L.M. Schils)

5.1 BIJDRAGE NMIN IN (DIEPERE) ONDERGROND AAN DE GRASOPBRENGST

5.1.1 *Samenvatting*

Het is van groot belang voor een optimale bemesting om een goede basis te vinden voor het N-advies per snede. In dit hoofdstuk is gekeken naar de bijdrage van de hoeveelheid Nmin voor de grasgroei gedurende het seizoen. Aanpassing van het N-advies op basis van de Nmin-voorraad voor de eerste snede biedt alleen voor kleigrasland mogelijk perspectief. In de andere gevallen is er geen verband tussen de hoeveelheid Nmin in het voorjaar en de opbrengst van de eerste snede of over het jaar. Gedurende het gehele groeiseizoen is er geen verhoogde hoeveelheid Nmin in de bodemlaag 0-30 cm bij bemestingsniveaus van maximaal 400 kg N ha⁻¹ jaar⁻¹, mits de verdeling van de N volgens advies plaatsvindt en er geen sprake is van droogte. Vooral om deze reden is de hoeveelheid Nmin in de laag 0-30 cm geen geschikt middel ter bepaling van het N-advies per snede. Bij droogte biedt aanpassing van het N-advies op basis van Nmin wel mogelijkheden. Behalve op zandgrasland is er mogelijk wel een verband tussen de hoeveelheid Nmin in de laag 0-100 cm en de snede-opbrengst tijdens het groeiseizoen.

Na 1 augustus biedt het perspectief om de N-gift voor weiden aan te passen op basis van de hoeveelheid Nmin in de laag 0-30 cm. Er zijn duidelijke aanwijzingen om het N-advies tevens aan te passen aan het snedegebruik en niet alleen aan de snedezwaarte. Verschillende studies tonen namelijk aan dat de hoeveelheid Nmin bij beweiden 1-1,5 keer hoger is dan bij maaien. Vervolgonderzoek zou moeten aantonen onder welke omstandigheden of bij welke Nmin-voorraad de N-gift bij weiden achterwege gelaten kan worden.

5.1.2 *Inleiding*

Om nitraatuitspoeling te voorkomen is het van groot belang om de hoeveelheid Nmin in het bodemprofiel in het najaar zoveel mogelijk te beperken en de aanwezige Nmin in het voorjaar zo goed mogelijk te benutten. Nmin tot een diepte van 1 m kan benutbaar zijn voor het gewas (Nmin beneden deze diepte heet te zijn uitgespoeld). In deze laag worden in het voorjaar hoeveelheden van 5 tot meer dan 100 kg N ha⁻¹ gevonden. Op bouwland wordt de hoeveelheid Nmin in het profiel meegenomen in het bemestingsadvies. Op grasland gebeurt dit tot nu toe niet, terwijl het onderzoek van Prins *et al.* (1981a en 1981b) erop wijst dat dit wel degelijk mogelijk is. Zij hebben in het verleden onder andere gekeken naar de bijdrage van Nmin in het bodemprofiel (0-100 cm) aan de grasproductie. Recentelijk is dit ook gebeurd voor de laag 0-30 cm door Wouters & Hassink (1996) met een systeem voor aangepaste N-bemesting per snede (SANS).

De vraag is in hoeverre (een bepaling van) de hoeveelheid Nmin in de bodem een bijdrage kan leveren aan de graslandopbrengst. Onderscheid kan hierbij worden gemaakt tussen de verschillende perioden in het seizoen, de diepte van de Nmin-bepaling, de grondsoort en het gebruik van de snede.

5.1.3 *Bijdrage Nmin bij eerste snede*

De algemene tendens uit de verschillende onderzoeken tot nu toe is dat de hoeveelheid gemeten Nmin nauwelijks een schatter is voor de grasopbrengst van

de eerste snede, ondanks dat de hoeveelheden sterk kunnen variëren (Titchen & Scholefield, 1992). Prins *et al.* (1981) vonden alleen op zware klei geregeld een positief effect. Ook volgens Wouters & Hassink (1996) biedt aanpassen van de bemesting van de eerste snede aan de hand van de N_{min}-voorraad in de bodem alleen op kleigrasland perspectief. Schropel (1995) ziet in het geheel geen perspectief voor een N_{min}-bepaling in het voorjaar, als basis voor de bemesting van de eerste snede.

Oenema *et al.* (1989) geven aan dat er, ondanks een lage N-terugwinning in het voorjaar, van een toename van N_{min} in de bodem geen sprake is. Zij verklaren de lage N-terugwinning in de eerste en tweede snede uit immobilisatie van N in de biomassa. Ook Ledgard *et al.* (1989) komen tot een hogere immobilisatie bij lage temperaturen. Dit is op zichzelf niet zo verwonderlijk, omdat grasland zeker in het voorjaar een matig wortelstelsel heeft en het de N vooral gebruikt voor de groei van ondergrondse delen en van niet-oogstbaar bovengronds gewas (stoppels). Hierdoor is slechts een klein gedeelte van de N_{min} in het profiel beschikbaar voor bovengrondse grasgroei. Daarbij komt dat de eerste snede veelal een neerslagoverschot heeft, waardoor de waterverplaatsing en dus de N_{min}-verplaatsing van de wortel af is.

Ook het voorspellen van de exacte N_{min}-voorraad aan de hand van referentiepercelen blijkt in het SANS-onderzoek niet betrouwbaar genoeg.

5.1.4 Bijdrage N_{min} tijdens groeiseizoen

Na de eerste snede is er een neerslagtekort. Het grasland zal dan gebruik gaan maken van het bodemvocht in diepere lagen (door een diepere beworteling en via capillaire opstijging). De daarin aanwezige nutriënten komen daarmee ook ter beschikking van het gewas. Op jaarbasis vonden Prins *et al.* (1981a en 1981b) inderdaad een significant, lineair verband tussen de N_{min} tot 100 cm en de jaaropbrengst aan gras op kleigrond. Op zandgrond werd over alle proeven gemiddeld geen verband gevonden tussen N_{min} in het profiel en de jaaropbrengst aan gras, hoewel dit verband er voor individuele jaren wel leek te zijn. Ook bij de SANS-proefvelden lijkt N_{min}, in het voorjaar aanwezig in het diepere profiel (30-100 cm), na de eerste snede een positieve bijdrage te leveren aan de opbrengst.

Deze effecten kunnen echter verstrengeld zijn met andere effecten. Het humusgehalte, de grondwatertrap of het gebruik in de voorafgaande jaren kunnen bijvoorbeeld verschillend zijn. Ten dele was het N_{min}-effect in de proeven van Prins *et al.* (1981a en 1981b) ook terug te voeren op de proefopzet. De hoge N_{min}-waarden in het voorjaar zijn namelijk verkregen door in het voorafgaande jaar excessief te bemesten (700 kg ha⁻¹ jaar⁻¹). Dit had tot gevolg dat de zodekwaliteit en -dichtheid lager waren dan bij een normale bemesting, hetgeen in de eerste snede van het nieuwe jaar resulteerde in lagere drogestofopbrengsten dan bij een normale bemesting. In latere sneden werd dit effect wel teniet gedaan, maar op jaarbasis kan dit betekenen dat er nauwelijks een positief effect van N_{min} op de jaarproductie zichtbaar is.

Oenema *et al.* (1989) geven aan dat het niet onwaarschijnlijk is dat een groot deel van de hoeveelheid N_{min} in het voorjaar, net als een deel van de voor de eerste en tweede snede gegeven N, tijdens de eerste helft van het groeiseizoen immobiliseert om vervolgens in de tweede helft van het groeiseizoen weer te mineraliseren. Dit zou verklaren dat de N-terugwinning in de tweede helft van het groeiseizoen vaak boven de 100 procent uitstijgt. De hoeveelheid biomassa, uitgedrukt in hoeveelheid organische stof of hoeveelheid N-totaal, lijkt maatgevend voor het beloop van de N-terugwinning over het groeiseizoen. Op gronden, die arm zijn aan biomassa, zou in de eerste helft van het groeiseizoen

minder immobilisatie, en daarom in de tweede helft minder remineralisatie zijn te verwachten dan op gronden die rijk zijn aan biomassa. Dit kan verklaren dat in de meeste proeven op zandgrond met weinig organische stof, geen verband is aangetoond tussen de hoeveelheid N_{min} in het voorjaar en de jaaropbrengst. Hoewel het beloop van de N-terugwinning over het groeiseizoen kan afhangen van het NLV van de grond, vindt Hassink (1995b) geen verband tussen het NLV en de gemiddelde N-terugwinning over het jaar.

Dat de hoeveelheid N uit mineralisatie gedurende de tweede helft van het groeiseizoen niet alleen afhankelijk is van de immobilisatie gedurende de eerste helft, maar tevens van de potentie van de grond tot mineraliseren, blijkt uit ouder onderzoek van Hassink (1992). Onder proefveldomstandigheden was het verschil in N-mineralisatie tussen beweiden en maaien respectievelijk 110 en 40 kg ha⁻¹ op zandgrond en kleigrond.

Bij het SANS-onderzoek (Wouters & Hassink, 1996) bleek, dat na bemesting volgens het oude N-advies (Vellinga *et al.*, 1993), bij maaien en een groei volgens de verwachtingen, de N_{min}-voorraad in de laag 0-30 cm gemiddeld weinig of niet toenam. Dit gebeurde wel bij stagnatie van de groei door droogte en wanneer door andere omstandigheden de streefopbrengst niet werd behaald. Afgezien van de vraag of een correctie gunstig zou uitwerken, bleek een correctie van de N-bemesting achteraf voor de niet opgenomen N, praktisch niet haalbaar. De niet opgenomen N zat waarschijnlijk verdeeld over verschillende N-‘pools’ (N_{min}, stoppels, microbiële biomassa, organische stof) waarin kleine fluctuaties in hoeveelheden niet betrouwbaar zijn vast te stellen. Ook Power (1988) geeft aan dat minerale N zich na de gift verdeelt over verschillende pools.

Oenema *et al.* (1990) suggereren dat de N_{min}-voorraad in de bodem slechts van geringe betekenis is voor het vaststellen van de optimale N-gift bij intensief graslandgebruik. Er treedt namelijk geen significante toename op van de N_{min}-voorraad in de bodem bij het toenemen van de N-gift tot 420 kg ha⁻¹ jaar⁻¹. Prins (1980) nuanceerde deze grens in afhankelijkheid van de leeftijd van het grasland. Hij vond onder oud grasland ophoping van N_{min} bij een jaargift groter dan 400 kg N ha⁻¹, terwijl onder jong grasland pas na 480 kg N ha⁻¹ jaar⁻¹ ophoping werd waargenomen. Als reden hiervoor werd gegeven dat er onder oud grasland een evenwicht is in de opbouw en afbraak van organisch materiaal, waardoor netto geen N nodig is voor opbouw van organisch materiaal. Dit in tegenstelling tot jong grasland waar opbouw van organische stof plaatsvindt. Toch kwam Prins tot een heel algemeen advies van 400 kg N ha⁻¹ op alle gronden.

Zonder dat er jaarlijkse verschillen zijn in het beloop van de N_{min}-voorraad tijdens het groeiseizoen, kunnen N-mineralisatie en dus jaaropbrengst enorm verschillen tussen jaren. In metingen van Hassink (1996b) varieerde de N-mineralisatie van 188 tot 505 kg N ha⁻¹. Op percelen die gevoelig zijn voor droogte kwamen grotere schommelingen per jaar voor dan op percelen met een goede vochtvoorziening. Het huidige N-advies houdt geen rekening met deze verschillen. Gill *et al.* (1995) geven aan dat veranderingen in temperatuur voor 35 procent de variabiliteit in mineralisatiesnelheid over het jaar kunnen verklaren. Vochtgehalte gaf in hun onderzoek nauwelijks een significant effect op de N-mineralisatie. Dit wijst erop dat met het bijhouden van de temperatuur tijdens het groeiseizoen, zoals nu slechts gebeurt in het voorjaar, een schatting kan worden gemaakt van de mineralisatie en daarmee van de jaaropbrengst. Hier zou met de N-bemesting op kunnen worden ingespeeld.

5.1.5 Bijdrage N_{min} bij beweiden

Bij weidegang komt een groot deel van de door de veestapel opgenomen N via urine en faeces weer op het grasland. Vooral de urine-N kan bijdragen aan de gewasgroei. De benutting van de urine-N door het gewas is vooral afhankelijk van het niveau van de bemesting met N en het tijdstip in het jaar waarop een urineplek wordt gevormd. Onderzoek (Oenema *et al.*, 1990) geeft aanwijzingen dat de vóór augustus gevormde urineplekken grotendeels niet resulteren in verhoogde N_{min}-waarden in de bodem in het najaar. De N in deze plekken wordt óf opgenomen door het gewas (30 à 50 procent) óf geïmmobiliseerd in stoppel, wortel, microbiële biomassa of organische stof. Deze N kan weer mineraliseren en op een later tijdstip te vinden zijn in de oogstbare delen van het gewas of als N_{min} in de bodem. Het overige deel blijft in organische vorm aanwezig in de bodem.

Van de urineplekken die na 1 augustus worden gevormd leidt een veel groter deel tot verhoogde N_{min}-waarden in het najaar (Van der Putten & Vellinga, 1996). De hoeveelheid N_{min} die onder een beweid perceel wordt aangetroffen is echter zeer heterogeen verdeeld over het veld, wat een eventuele correctie voor deze N_{min} met minerale meststoffen moeilijk maakt (Dijkstra *et al.*, 1993). Van der Putten & Vellinga (1996) geven aan dat na drie sneden weiden de helft van het perceel minimaal één maal is bedekt met urineplekken.

In een onderzoek van Wouters & Hassink (1996) leidde het achterwege laten van de N-bemesting in een aantal gevallen tot een opbrengst die niet significant lager was dan bij bemesting volgens het N-advies van 1994. Dit was het geval in augustus, wanneer na beweiden gedurende de eerste helft van het groeiseizoen de hoeveelheid N_{min} in de bodemlaag 0-30 cm hoger was dan 30 kg ha⁻¹. In tabel 5.1 is het N-effect (kg ds kg⁻¹ gegeven N) weergegeven van de adviesgift en van de helft van de adviesgift op beweid zand- en kleigrasland in de 2 sneden na aanleg eind augustus 1995.

Uit tabel 5.1 blijkt dat in dit onderzoek op zand- en kleigrond het N-effect lager was dan het marginale N-effect van 7,5 kg ds per kg N (Vellinga *et al.*, 1993). Ook Schils (1988) vond dat een korting op de N-gift bij beweiden op kleigrasland vaak terecht was. De gevolgen van de lagere N-gift voor de volgende snede konden niet goed worden nagegaan. Op beweid veengrasland werden in dat onderzoek wisselende resultaten gehaald (Schils, 1990).

TABEL 5.1. N-effect (kg ds kg⁻¹ gegeven N) van de N-gift (kg N ha⁻¹) op basis van het oude N-advies en op basis van het oude N-advies*0,5 op normale (zand1) en droge zandgrond (zand2) en op kleigrond.

Grondsoort	N-advies 1994		0,5*N-advies 1994	
	N-gift	N-effect	N-gift	N-effect
zand1	50	2,2	25	6,0
zand2	40	3,8	20	3,3
klei	50	5,9	25	4,9

Ondanks de lagere N-gift op beweid grasland vond Lantinga (1988) geen verschil in N-opname tussen intensief weiden en maaien, mits de kwaliteit van de graszode op peil was. Benke (1992) vond in zijn onderzoek geen verschil in N-terugwinning tussen weiden en maaien, wat erop zou duiden dat een verlaging van de N-gift op beweid grasland ten opzichte van die op gemaaid grasland niet terecht is.

Gezien de kosten voor het strooien is het op basis van de bovengenoemde bevindingen economisch verantwoord om de N-gift in augustus eenmalig geheel

achterwege te laten, indien er meer dan 30 kg Nmin ha⁻¹ aanwezig is in de laag 0-30 cm. Het N-advies voor een lichte weidesnede (1.000–1.500 kg ds ha⁻¹) is in augustus immers slechts 30 kg ha⁻¹.

Afgezien van de vraag of de strooibaarheid van kleine giften minerale meststoffen voldoet is het interessant te weten of het überhaupt lonend is N-giften kleiner dan bijvoorbeeld 20 kg ha⁻¹ te strooien. Het N-advies (Vellinga, 1998) is gebaseerd op het criterium dat iedere extra kg N minimaal 7,5 kg ds ha⁻¹ op moet leveren. Stel dat de laatste 10 kg N ha⁻¹ van het snede advies 100 kg ds ha⁻¹ meer oplevert. Bij een prijs van f 0,25 kg⁻¹ ds komt dit overeen met f 25,- ha⁻¹.

TABEL 5.2. Financieel rendement van het zelf strooien van kleine giften met korrelmeststoffen.

N-advies, kg ha ⁻¹	meeropbrengst, kg ha ⁻¹	waarde opbrengst, f ha ⁻¹	strooikosten		meststofkosten ¹ , f ha ⁻¹	rendement	
			incl arbeid, f ha ⁻¹	excl arbeid, f ha ⁻¹		incl arbeid, f ha ⁻¹	excl arbeid, f ha ⁻¹
10	100	25,0	33	17,5	11,0	- 19	- 3,5
15	170	42,5	33	17,5	16,5	- 7	+8,5
20	260	65,0	33	17,5	22,0	+10	+25,5

¹⁾ Veronderstelde prijs van KAS f 0,90 kg N, exclusief f 5,- toeslag per 100 kg zakgoed.

Volgens KWIN bedragen de strooikosten (zonder meststof) op basis van loonwerk f 83,- ha⁻¹ en op basis van zelf strooien ongeveer f 66,- uur⁻¹ ofwel f 33,- ha⁻¹. Stel dat de laatste 20 kg N ha⁻¹ van het snede advies 260 kg ds ha⁻¹ meer oplevert. Bij een prijs van f 0,25 kg⁻¹ ds komt dit overeen met f 65,- ha⁻¹. Wordt er zelf gestrooid dan worden de strooikosten inclusief meststofkosten van ongeveer f 22,- ruimschoots vergoed (tabel 5.2). Vaak rekent men de eigen arbeid niet of neemt men met een lagere arbeidsopbrengst genoegen, omdat er voldoende arbeid beschikbaar is die anders niet te gelde gemaakt kan worden. Bij een zeer geringe vergoeding voor arbeid zou dan ook een gift van 12 kg N ha⁻¹ nog gestrooid kunnen worden.

De vraag is of er extra aantasting door kroonroest zal plaatsvinden als gevolg van een lagere of zelfs geen N-bemesting. Uit onderzoek van Holshof (1997) blijkt geen direct effect van het bemestingsniveau op de mate van roestaantasting. Roest wordt vooral veroorzaakt doordat gras gedurende een te lange tijd onvoldoende N ter beschikking krijgt. Dit kan komen door droogte of als gevolg van een te dichte zode. Wel werkt een hoger bemestingsniveau indirect verlagend op de mate van roestaantasting via een kortere groeiduur van een snede in het najaar door de snellere grasgroei.

5.1.6 Weiden versus maaien

De literatuur geeft geen harde conclusies dat de N-benutting hoger zou zijn bij weiden dan bij maaien. De in dit deel beschreven studies geven echter wel aanwijzingen dat de N-gift bij weiden lager kan zijn dan bij maaien.

Hassink (1992) vond voor beweid grasland een duidelijk hogere mineralisatie dan voor gemaaid grasland. Al in april was er een verschil in mineralisatie van 20 tot 30 procent. Er waren aanwijzingen dat de grotere hoeveelheid N in de organische biomassa onder beweiden hier de oorzaak van was. Gedurende het seizoen werd in dit onderzoek een verdere toename gevonden. Onder proefveldomstandigheden was het verschil in N-mineralisatie tussen beweiden en maaien respectievelijk 110 en 40 kg ha⁻¹ op zandgrond en kleigrond. Hieruit

werd geconcludeerd dat de optimale N-jaargift bij beweiden duidelijk lager kan zijn dan bij maaien, vooral op zandgrond.

Resultaten van het SANS-onderzoek wijzen in dezelfde richting. Op de proefvelden op zandgrond en kleigrond daalde het NLV op basis van de grasopbrengst aanmerkelijk wanneer meerdere jaren achtereen niet met N werd bemest. Het NLV op zandgrond en kleigrond daalde van respectievelijk 182 en 245 kg ha⁻¹ in 1992 tot respectievelijk 70 en 48 kg ha⁻¹ in 1994. Deze daling wordt waarschijnlijk veroorzaakt door een combinatie van uitsluitend maaien en meerdere jaren geen N-bemesting met dierlijke mest.

Op basis van het huidige N-advies is de N-jaargift bij alleen weiden maximaal ongeveer 25 kg ha⁻¹ lager dan bij alleen maaien. Dit verschil komt echter tot stand door en verschil in snedezwaarte een niet door een verschil in gebruik. Hoewel Hassink (1994) geen verband vond tussen de N-jaargift in voorgaande jaren en het NLV voor het N-jaargiftraject 250-550 kg N ha⁻¹ jaar⁻¹, is het aannemelijk dat bij lagere N-jaargiften (lager dan 250 kg N ha⁻¹) wel kans bestaat op verlaging van het NLV door uitmergeling.

In hun onderzoek naar de invloed van graslandgebruik op de N-benutting signaleerden Van der Putten & Vellinga (1996) op basis van een overzicht van andere proeven (Lantinga, 1988; Benke, 1992; Deenen, 1994) een hogere opbrengst op beweid grasland bij lage N-giften en een lagere opbrengst bij hoge N-giften. Zij schreven dit effect vooral toe aan de effecten van de N in urine, die bij lage N-giften de N-opname en de gewasgroei kunnen bevorderen. Bij hogere N-giften neemt de zodedichtheid af waardoor de zode gevoeliger wordt voor vertrapping. Een dergelijke verslechtering van de zodekwaliteit kan, met name met hoge giften, leiden tot een lagere drogestofopbrengst dan bij maaien.

5.1.7 Conclusies en aanbevelingen

- Alleen voor kleigrasland biedt aanpassing van het N-advies op basis van de N_{min}-voorraad voor de eerste snede mogelijk perspectief.
- In de andere gevallen is er geen verband tussen de hoeveelheid N_{min} in het voorjaar en de opbrengst van de eerste snede of over het jaar.
- Bij bemestingsniveaus van maximaal 400 kg N ha⁻¹ jaar⁻¹ is er gedurende het gehele groeiseizoen geen verhoogde hoeveelheid N_{min} in de bodemlaag 0-30 cm, mits de verdeling van de N volgens advies plaatsvindt en er geen sprake is van droogte.
- Vooral om deze reden is de hoeveelheid N_{min} in de laag 0-30 cm geen geschikt middel ter bepaling van het N-advies per snede.
- Bij droogte biedt aanpassing van het N-advies op basis van N_{min} wel mogelijkheden (zie § 5.2: "Actuele groei").
- Behalve op zandgrasland is er mogelijk wel een verband tussen de hoeveelheid N_{min} in het voorjaar in de laag 0-100 cm en de snede-opbrengst tijdens het groeiseizoen.
- Na 1 augustus biedt het perspectief de N-gift voor weiden aan te passen op basis van de hoeveelheid N_{min} in de laag 0-30 cm. Dit vergt additioneel N_{min}-onderzoek.
- Er zijn duidelijke aanwijzingen het N-advies tevens aan te passen aan het snedegebruik en niet alleen aan de snedezwaarte.

Uit verder onderzoek moet worden vastgesteld (i) onder welke omstandigheden een N_{min}-verhoging aan het begin van het groeiseizoen is te verwachten, (ii) of de verwachte N-mineralisatie en vervolgens het N-advies kunnen worden geschat uit het vochttekort en het beloop van de temperatuur gedurende het groeiseizoen en (iii) of een N_{min}-bepaling rond augustus op beweid grasland

uitsluitse kan geven of de volgende snede al dan niet met N moet worden bemest.

5.1.8 *Wenken naar de praktijk*

- Alleen indien de verdeling van de N-gift over het seizoen suboptimaal gebeurt, vindt bij een N-jaargift van minimaal 400 kg ha⁻¹ verhoging van N_{min} plaats. Gezien het huidige landbouwbeleid zal een N-jaargift hoger dan 400 kg ha⁻¹ niet veel meer voorkomen.
- Als na 1 augustus een groot deel van het groeiseizoen voorbij is neemt de kans toe dat in de bodem nog een hoeveelheid N_{min} beschikbaar is. Daarnaast wordt in de praktijk na 1 augustus nog de laatste dierlijke mest uitgereden. Een N_{min}-monster moet uitwijzen of een N-gift met kunstmest nog wel nodig is.
- Na 1 augustus is de N_{min}-voorraad na beweiding 1 tot 1,5 keer hoger dan na maaien. Rond daarom de bemesting voor de navolgende snede naar beneden af.

5.2 ACTUELE GROEI

5.2.1 *Samenvatting*

Een droge periode heeft invloed op de N-mineralisatie en op de beschikbaarheid van de aanwezige N_{min} voor de grasgroei. Onderzoek uit de jaren negentig geeft geen eenduidig antwoord op de vraag of droogte een negatieve invloed heeft op de N-mineralisatie. Dat de N-opname als gevolg van droogte achterblijft is een feit. Het blijft de vraag in hoeverre de N-gift voor een snede met een droge groeiperiode of voor een snede na droogte moet worden gecompenseerd. Het N-advies (adviesbasis) geeft op omslachtige manier aan dat een sterke verlaging van de N-gift mogelijk is tijdens een droge periode. Tevens voorziet het N-advies in mogelijkheden om de bemesting voor de snede na droogte te compenseren indien tijdens droogte te veel is bemest (of: te weinig is geoogst). Anderzijds geeft een studie uit de jaren negentig (Wouters & Hassink, 1996) aan dat de N-gift na droogte niet te veel verlaagd dient te worden. Een verhoogde grasgroei na een droge periode vraagt immers extra N. Daartegenover neemt de beschikbaarheid van N toe wanneer een droge periode plaats maakt voor een periode met een goede vochtvoorziening. De volgende vuistregels voor de N-bemesting zijn te gebruiken na een droge periode met tegenvallende groei:

- ◆ bij voortzetting van de droge periode is de korting op de gift minimaal gelijk aan de procentuele opbrengstderving;
- ◆ bij goede groeiomstandigheden dient de korting beperkt te zijn, ongeveer 7 kg N ha⁻¹.

Ook komt het regelmatig voor dat een snede lichter of zwaarder wordt geoogst dan gepland. De navolgende snedegift dient dan met respectievelijk 7 kg N ha⁻¹ te worden verlaagd of verhoogd.

Er zijn uit onderzoek duidelijke aanwijzingen dat het strooien na een maaisnede tot 7 dagen na het maaien geen nadelige effecten heeft voor de hergroei, indien de volgende snede een normale tot zware maaisnede is. Indien de volgende snede een weidesnede is dient binnen 3 dagen na maaien te worden gestrooid. Dit biedt beperkte mogelijkheden om in te spelen op de actuele weersomstandigheden. De strategie zou dan kunnen zijn:

- Wacht met strooien indien veel regen wordt verwacht, maar wacht niet langer dan een week indien de navolgende snede een maaisnede is.
- Wacht na maaien bij droogte hooguit 7-10 dagen met het strooien van kunstmest.

De N-gift met kunstmest is het hoogst voor de eerste snede. Daarnaast is er een neerslagoverschot in de maanden januari, februari en maart, vanwege de lage gewasverdamping. Veel neerslag tot twee weken na de N-gift heeft een duidelijke verlaging van de drogestofopbrengst tot gevolg. Met het toepassen van het verfijnde Tsom-advies kan beter ingespeeld worden op situaties met veel neerslag voor de eerste snede. Ook later in het seizoen kan er door veel neerslag N verloren gaan. Er is geen kwantitatieve informatie beschikbaar in welke mate N-verliezen door veel neerslag gecompenseerd kunnen worden. De vraag is bovendien in hoeverre dat Minas-technisch wenselijk is. Kortom het ontbreekt aan een goede adviesbasis voor de N-bemesting voor en na veel neerslag.

5.2.2 *Inleiding*

Grasgroei wordt behalve door bemesting en grondsoort ook sterk beïnvloed door de weersomstandigheden (Ruitenbergh *et al.*, 1991). Dit heeft effect op de N-behoefte van gras. Bij vochttekort wordt de groeisnelheid van het gras vooral geremd door een verlaagd transport van water met als gevolg een lagere

beschikbaarheid van minerale N. Een neerslagoverschot heeft in-, uit- en afspoeling van N tot gevolg. Hierdoor komt minder N beschikbaar voor het grasland dan met de toediening is gepland.

De vraag is in hoeverre de bemesting aangepast kan worden aan de actuele groeiomstandigheden. Hierbij kan worden gedacht aan (extreme) droge en natte perioden.

5.2.3 Droge periode

Volgens Gill *et al.* (1995) duiden hoge N_{min}-waarden in de bodem tijdens droogte erop dat er geen sprake is van een gebrek aan N voor de groei van het gras. Deze N_{min} is afkomstig van niet opgenomen meststof-N en van gemineraliseerde N. Zij vinden weinig invloed van droogte op de mineralisatie. Wouters & Hassink (1996) vonden echter een verband tussen het vochtgehalte en de N-mineralisatie in de laag 0-25 cm. In een periode van drie weken droogte mineraliseerde 30 kg N ha⁻¹ minder dan wanneer geen droogte optrad. In metingen van Hassink (1996a) varieerde de N-mineralisatie van 188 tot 505 kg N ha⁻¹. Op droogtegevoelige percelen waren de schommelingen per jaar groter dan op percelen met een goede vochtvoorziening.

Vanwege de slechte vochtvoorziening van het gras blijft het de vraag of de N zou zijn opgenomen door het gras, wanneer de mineralisatie niet was achtergebleven. Omdat een snede niet te lang mag blijven staan, wordt vaak eerder beweid of gemaaid dan dat het geplande oogststadium is bereikt (Vellinga *et al.*, 1993). In het advies van 1998 wordt aangegeven dat gedurende een droge periode bij de N-bemesting al rekening kan worden gehouden met een lichtere snede. Wanneer toch regen valt, kan alsnog extra worden bemest met N. Corrigeren tijdens of na een droge periode is echter moeilijk. Wanneer de N-mineralisatie tijdens de droge periode is achtergebleven, is het de vraag of dit de volgende snede wordt gecompenseerd. Wanneer niet de mineralisatie maar de opname van N door droogte stagneert, zal er een verhoogde nawerking optreden in de eerstvolgende snede. Dit uit zich vaak in iets hogere N-gehalten en in een goede groei.

Wouters & Hassink (1996) geven aan dat een compensatie na droogte door verlaging van de N-gift snel te groot is. In de bemestingsadviesbasis (Anonymus, 1998) wordt geadviseerd de snede na droogte beperkt te corrigeren voor de te zware bemesting. Bij 25 procent en 50 procent groeiderving in de vorige snede door droogte dient voor een maaisnede van 2.500-3.000 kg ds ha⁻¹ overeenkomstig de opbrengstklassen 'normaal weiden (1.500-2.000 kg ds ha⁻¹)' respectievelijk 'licht weiden (1.000-1.500 kg ds ha⁻¹)' te worden bemest, indien de vochtvoorziening nog niet is verbeterd. Zou voor een maaisnede in juli normaal 68 kg N ha⁻¹ worden geadviseerd (NLV 140), dan is het advies bij 25 en bij 50 procent groeiderving respectievelijk 48 en 32 kg N ha⁻¹ (Vellinga, 1998). Dit zijn kortingen van respectievelijk ruim 25 en 50 procent. De onderbouwing voor deze korting is matig. Bovendien is er geen duidelijk advies voor het geval de vochtvoorziening is verbeterd na oogst van de snede met droogteschade. De beste oplossing is dan om het advies voor oogsten van te lichte sneden aan te houden. Mogelijk is het zinvol om na droogte het N_{min} in de laag 0-30 cm te bepalen. Wouters & Hassink (1996) vonden na droogte namelijk een sterke accumulatie van N_{min}. Een andere optie is om te kiezen voor een meer modelmatige aanpak (zie verderop).

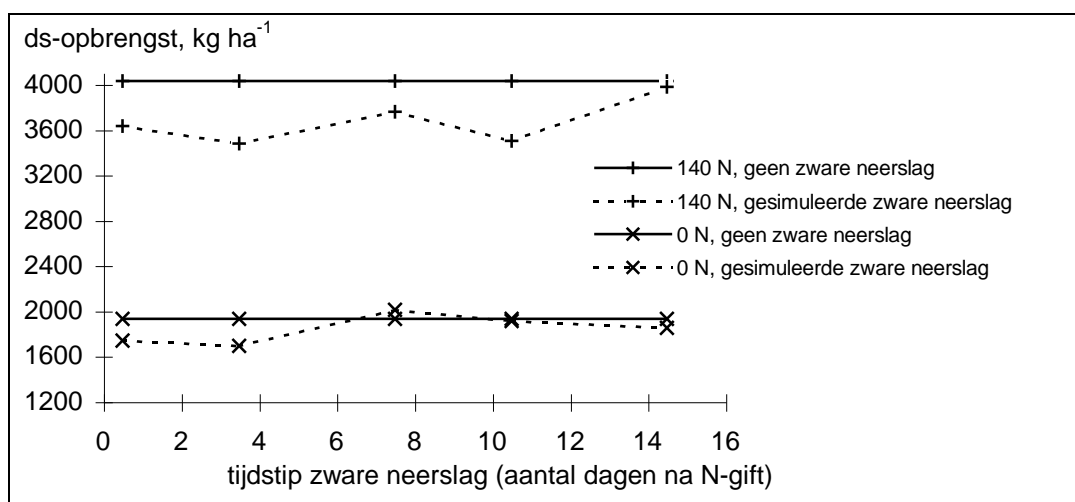
Ook bij goede groeiomstandigheden komt het voor dat een snede zwaarder of lichter wordt gemaaid dan gepland. Bij de eerstvolgende snedebemesting kan men hiermee rekening houden door de snede gift respectievelijk te verhogen of

te verlagen met 25 procent van het verschil tussen de gegeven hoeveelheid N en de achteraf gewenste hoeveelheid N. Deze handeling vergt veel rekenwerk van de boer en zal daarom ook niet snel worden uitgevoerd. Meestal zal deze correctie voor een hogere of een lagere gift ergens liggen tussen 4 en 10 kg N ha⁻¹. De praktijk zou daarom voor de eenvoud een vuistgetal kunnen hanteren van 7 kg N ha⁻¹, overeenkomend met ongeveer 25 kg KAS ha⁻¹.

Een wezenlijk probleem bij het inspelen op actuele groei en snedezwaarten is vaststellen hoeveel gras er nu werkelijk staat. Immers het N-bemestingsadvies is erop gebaseerd dat er voor een bepaald productiedoel wordt bemest. Om de adviezen zinvol te kunnen toepassen dient dus bekend te zijn wat de snede-opbrengst (ongeveer) geweest is. Het blijkt uit talloze onderzoeken dat een visuele schatting hiervoor veel te ruw is. Met de grashoogtemeter kan de opbrengst al nauwkeuriger worden vastgesteld, maar afwijkingen van 500 kg ds ha⁻¹ zijn zeker bij zware sneden nog mogelijk. Nu door Minas de nog toe te passen hoeveelheid sterk aan het afnemen is, neemt het belang om te bemesten overeenkomstig het productiedoel en om bij afwijkingen daar zo goed mogelijk op in te spelen, toe. Dit vergt de introductie van sensortechnieken (op bijvoorbeeld maaiparaatuur) die direct in het veld de opbrengst kunnen bepalen. De ontwikkelingen op dit gebied zijn veelbelovend (Lokhorst *et al.*, 2001; Kasper *et al.*, 2001), maar praktijkrijpe apparatuur is er nog niet. Dit vergt nog een forse onderzoeksinspanning. Bijkomend voordeel van dergelijk technieken is dat ook variaties binnen percelen geregistreerd kunnen worden, hetgeen kan leiden tot een betere verdeling van meststoffen binnen een perceel.

5.2.4 Natte periode

Vooral in het voorjaar is er veelal een neerslagoverschot, waardoor de waterverplaatsing en dus ook de N_{min}-verplaatsing van de wortel af is. In een onderzoek in Zevenhuizen werd zware neerslag direct na het strooien van N in het voorjaar (Postmus *et al.*, 1982) gesimuleerd via berekening. Het effect van zware neerslag was een duidelijke inspoeling van N naar diepere lagen (20-100 cm beneden maaiveld). Bij een gesimuleerd neerslagoverschot op latere tijdstippen na de bemesting was de inspoeling geringer maar wel aanwezig. In figuur 1 is het effect van het tijdstip van zware neerslag op de drogestofopbrengst weergegeven op een goed doorlatende zandgrond.



FIGUUR 5.1. Effect van tijdstip van gesimuleerde zware neerslag (70 mm) op de drogestofopbrengst (kg ds ha⁻¹) zonder N-bemesting en bij een N-gift van 140 kg ha⁻¹ op een goed doorlatende zandgrond.

De opbrengst na zware neerslag is vergeleken met de opbrengst zonder extra berekening voor een situatie zonder N-bemesting en een situatie met een gift van 140 kg N ha⁻¹ als magnesamon (MAS) op Tsom 256. De grafiek (figuur 5.1) laat zien dat in het voorjaar een zware neerslag gedurende een korte tijd zelfs twee weken na een N-gift tot verliezen leidt. Opvallend is dat ook indien niet met N wordt bemest zware neerslag tot N-verliezen kan leiden. Deze verliezen lijken af te nemen naarmate de Tsom stijgt.

In 1999 is het optimale tijdstip van bemesten voor de eerste snede en hoe daarbij in te spelen op de actuele en de te verwachten weersomstandigheden nader onderzocht (Bussink, 1999). Dit heeft geleid tot een Tsom-adviesmodule die op internet (www.nmi-agro.nl) draait (Bussink & Hensgens, 2001). Toepassen van deze module leidt tot een verbetering van de N-benutting in het voorjaar. Er wordt behalve met de Tsom rekening gehouden met de weerssituatie voor het beoogde tijdstip van bemesten en met de tiendaagse weersverwachting. Dit kan leiden tot een forse beperking van de N-verliezen zoals is geïllustreerd door Bussink (2000).

Ook later in het groeiseizoen kunnen bijzondere weersgebeurtenissen optreden. Zo laat het groeiseizoen van 1998 in juni een extreem natte periode zien, die in sommige gevallen heeft geleid tot lagere gewasopbrengsten en een vermindering van de kwaliteit. Onder natte omstandigheden kunnen N-meststoffen slecht worden benut. Onderzoek van Velthof *et al.* (1996a en 1996b) laat zien dat het niet benutte deel waarschijnlijk voor een belangrijk deel wordt gedenitrificeerd tot N₂-gas of tot N-oxiden en dat een deel als NO₃ zal uitspoelen naar het grond- en oppervlaktewater. Onderzoek op "De Marke" (Hack-ten Broeke & De Groot, 1996) geeft aan dat er tijdens het groeiseizoen wel degelijk N kan uitspoelen.

5.2.5 *Het optimale bemestingstijdstip na het oogsten van een maaisnede*

Na het oogsten van een maaisnede duurt het even voordat de hergroei op gang komt. Denkbaar is dat er extra N-verliezen optreden indien er direct na oogsten en het verwijderen van het gras N gestrooid wordt in vergelijking tot het even uitstellen van het strooien. In het verleden is hiernaar onderzoek gedaan. Dit was vooral gekoppeld aan onderzoek naar de oorzaken van hergroeivertraging. Bekend is dat het verkorten van de veldperiode leidt tot een snellere hergroei. Prins & Van Burg (1975) beschreven een onderzoek naar de invloed van de lengte van de veldperiode op de hergroei, speciaal voor wat betreft

- het bedekken van de stoppel door het gemaaid gras; en
- het uitstellen van de N-bemesting.

De hergroeivertraging van een voederwinningsmethode ten opzichte van verwijderen van het gras en bemesten met N direct na het maaien werd beoordeeld als het verlies aan groeidagen om het weidestadium (1.700 kg ds ha⁻¹) te bereiken. Bij een veldperiode van 7 dagen bleek 3,5 van het totaal van 6 verliesdagen veroorzaakt te worden door het uitstellen van de bemesting. De overige verliesdagen werden veroorzaakt door het bedekken van de stoppel.

Brits onderzoek gaf verschillende resultaten voor wat betreft de ds-opbrengst en de N-opbrengst. Uit onderzoek van Wolton (1973) kwam naar voren dat uitgaande van een maai-interval van 25 dagen en een gelijkmatige verdeling van de N-gift van 200, 300 en 400 kg ha⁻¹ over de 7 sneden de hoogste ds-opbrengst op jaarbasis werd bereikt wanneer de N werd toegediend op 1 dag na het maaien. Sheldrick *et al.* (1993) onderzochten het optimale tijdstip van de N-gift na het oogsten van een snede, uitgaande van een maai-interval van 6 weken. Na maaien van de 1^e, 2^e en 3^e snede en verwijderen van het gras op dag 0 werd op

dag 0, 3, 7, 10 of 14 met 100 kg N ha⁻¹ bemest bij kunstmatige berekening. In tabel 5.3 staan de jaaropbrengst en de opbrengst en N-terugwinning van de 2^e, 3^e en 4^e snede.

TABEL 5.3. Effecten van vertraging van de N-gift gevolgd na een maaisnede van gras (Sheldrick *et al.*, 1993).

Vertraging N-gift, dagen	ds-opbrengst, ton ha ⁻¹		N-terugwinning 2 ^e , 3 ^e en 4 ^e snede, %
	jaar	2 ^e , 3 ^e en 4 ^e snede	
0	15,9	9,64	78,2
3	15,9	9,66	87,0
7	15,8	9,59	92,9
10	15,8	9,40	90,6
14	14,7	8,72	86,3

Opvallend is dat de N-terugwinning zijn optimum bereikte wanneer N werd gegeven tussen dag 7 en dag 10, terwijl de ds-opbrengst het hoogst was bij een N-gift voor dag 3.

De verschillen tussen de proeven van Prins & Van Burg (1975) en Wolton (1973) enerzijds en van Sheldrick *et al.* (1993) anderzijds kunnen deels verklaard worden door een verschil in opbrengststadium waarop het gras werd gemaaid. Prins & Van Burg en Wolton gingen uit van het weidestadium, terwijl in de proef van Sheldrick *et al.* gemiddeld op 3,2 ton ha⁻¹ (maaistadium) werd gemaaid. Uitstellen was daardoor in de proef van Sheldrick *et al.* niet vertragend voor de grasgroei. Werd gemaaid op een later stadium dan liet ook het onderzoek van Prins & Van Burg zien dat het verlies aan groeidagen kleiner werd bij uitstellen van de bemesting tot dag 7.

Onder droge omstandigheden werden door Prins & Van Burg (1975) en Sheldrick *et al.* (1993) geen negatief effect van het uitstellen van de N-bemesting en het bedekken van de stoppel op de lengte van de hergroeiperiode aangetoond. Prins & Postmus (1976) vonden wel dat bij vertragen van de N-gift bij droogte met 5 tot 10 dagen de hergroei vertraagd werd met 2 tot 4 dagen, uitgaande van een opbrengststadium van 2 ton ds ha⁻¹.

Op grond van het voorgaande zijn er duidelijke aanwijzingen dat het strooien na een maaisnede tot 7 dagen na het maaien geen nadelige effecten heeft voor de hergroei, indien de volgende snede een normale tot zware maaisnede zal zijn. Indien de volgende snede een weidesnede is dient binnen 3 dagen na maaien te worden gestrooid. Dit biedt beperkte mogelijkheden om in te spelen op de actuele weersomstandigheden. De strategie zou dan kunnen zijn:

- Wacht met strooien indien veel regen wordt verwacht, maar wacht niet langer dan een week indien de navolgende snede een maaisnede is.
- Wacht na maaien bij droogte hooguit 7-10 dagen met het strooien van kunstmest.

De effecten zijn beperkt. In de praktijk wordt met strooien mogelijk gewacht totdat meerdere percelen tegelijk kunnen worden gestrooid. Opbrengsttechnisch is dit af te raden, zeker indien het percelen betreft die geweid zijn dienen deze zo snel mogelijk te worden bemest (behoudens weersomstandigheden als zware regenval).

5.2.6 Toepasbaar maken van weersvoorspellingen en modelberekeningen

De huidige adviesbasis is tot stand gekomen voor een situatie van een gemiddeld weerjaar. In werkelijkheid treedt een gemiddeld weerjaar nooit op. Verfijning van de bemestingsadviesing is mogelijk door beter in te spelen op de actuele weerssituatie, zoals nu bijvoorbeeld gebeurt met het verfijnde T-som

advies. Na de 1^e snede is er geen verfijnde advisering die rekening houdt met de weerssituatie. In de huidige adviesbasis worden hooguit wat globale richtlijnen gegeven hoe om te gaan met droogte, maar bijvoorbeeld niet met overvloedige neerslag. In 1996 is door Vellinga *et al.*, een aanzet gegeven hoe een meer verfijnde advisering te realiseren zou zijn. Van belang is een betere inschatting van het N-leverend vermogen van gronden op basis van de weerssituatie en een goede inschatting van de N-werking van dierlijke mest (zie ook hfdst 5.3.5). Er is een poging ondernomen om door een combinatie van geavanceerde computermodellen alle processen die van invloed zijn op de grasgroei en de beschikbaarheid van N te modelleren. Een afgeleide van een dergelijk model zou mogelijk geschikt zijn om bijvoorbeeld via internet meer verfijnde bemestingsadviezen te geven. Deze combinatie van geavanceerde modellen (Ntegratie) is niet gelukt vanwege problemen met de uitwisselbaarheid van gegevens en gebrek aan fondsen voor voortzetting van het werk. (In 2000 is een soortgelijk nieuw project gestart (Waterpas) waarbij PRI, Alterra, PV en PPO bij zijn betrokken).

Een eenvoudiger aanpak zou mogelijk wel kunnen volstaan. Een meer verfijnde bemesting begint bij een betere inschatting van de N-werking van dierlijke mest. Deze wordt vooral beïnvloed door het niveau van de ammoniakvervluchtiging en de mineralisatiesnelheid van organische N. In een recent uitgevoerd EU-project (Søgaard *et al.*, 2001) is de ammoniakemissie van diverse uitrijtechnieken gemodelleerd op basis van experimentele gegevens van diverse EU-landen. Het ontwikkelde ammoniakemissiemodel is toegankelijk via het internet (www.alfam.dk). Huijsmans *et al.* (2002) heeft recentelijk de ammoniakemissie bij toedienen gemodelleerd voor de Nederlandse situatie. Deze empirische (statistische) modellen lenen zich ervoor om te worden ingebouwd in een 'decision support systeem'. Hierbij worden enkele globale gegevens over de toe te dienen of reeds toegediende mest gekoppeld met lokale online weersgegevens. Dit moet resulteren in een voorspelling van de te verwachten N-werking uit mest (Hutchings *et al.*, 2001). In een later stadium is hier een mineralisatiemodule voor de grond aan vast te koppelen

5.2.7 Conclusies en aanbevelingen

- ◆ Er bestaat geen eenduidigheid over de verandering van de N-mineralisatie als gevolg van droogte.
- ◆ Tijdens droogte kan bemest worden voor een lagere opbrengstklasse (zie adviesbasis).
- ◆ Het lijkt dat voor een te royaal bemeste snede tijdens droogte slechts beperkt gecompenseerd hoeft te worden indien de snedegroei erna niet meer tijdens droogte plaatsvindt. Over de hoogte van de korting zijn geen proefresultaten beschikbaar.
- ◆ Veel neerslag binnen twee weken na de N-bemesting heeft een verlaging van de drogestofopbrengst tot gevolg, als gevolg van uitspoeling of denitrificatie.
- ◆ Er is geen kwantitatieve informatie beschikbaar over compensatie via de N-gift na een natte periode.

Zoals reeds aangegeven verdient het aandacht bij droogte rekening te houden met de werkelijke N-mineralisatie tijdens de groei van een snede. Dit kan door een bepaling vooraf, in combinatie met lange termijnsweersverwachtingen, en door een bepaling achteraf. Vooraf zou de N-mineralisatie voorspeld kunnen worden voor een situatie van een droge, een normale of een natte periode. Achteraf kan uit het aantal dagen droogte worden berekend hoeveel minder Nmin beschikbaar komt voor het gewas. Hieruit kan bepaald worden met welke hoeveelheid de N-gift verlaagd kan worden in de snede na droogte.

Met betrekking tot perioden met (extreme) neerslag in het voorjaar en tijdens het groeiseizoen ontbreekt een goede adviesbasis. Dringend moet worden onderzocht (i) hoe mineralisatie exact verloopt, (ii) hoeveel N verdwijnt, (iii) hoe de bemesting aangepast kan worden (later kunstmest strooien, later dierlijke mest toedienen, bijbemesten met kunstmest \leftrightarrow Minas) en (iv) hoe groot de bijmestgift dan moet zijn na een periode van (extreme) neerslag.

5.2.8 *Wenken naar de praktijk*

- ◆ Pas de N-gift aan bij voorspelling van een droge periode.
- ◆ Strooi geen extra N na een droge periode met tegenvallende groei:
 - bij voortzetting van de droge periode is de korting op de gift minimaal gelijk aan de procentuele opbrengstderving; en
 - bij goede groeiomstandigheden dient de korting beperkt te zijn, ongeveer 7 kg N ha^{-1} .
- ◆ Bij oogsten van een te lichte of een te zware snede dient de navolgende snedegift met respectievelijk 7 kg N ha^{-1} te worden verlaagd of verhoogd.
- ◆ Bijbemesten na zware neerslag is voor een goede kuilopbrengst wellicht noodzakelijk, maar Minas-technisch minder gewenst.
- ◆ Pas voor de eerste snede zoveel mogelijk het verfijnde Tsom-advies toe, dit beperkt het risico van N-verliezen door veel neerslag en dientengevolge een tegenvallende groei. Spreiding van de kunstmest-N over twee giften verlaagt het risico voor N-uitspoeling (zie § 2.2: “Stikstofdeling in het voorjaar”).

5.3 PERSPECTIEF VERFIJNING NLV

5.3.1 *Samenvatting*

De bepaling van het N-leverend vermogen (ofwel de N-mineralisatie) op basis van N-totaal is een goede basis om de bemestingsadvisering op af te stemmen. Het NLV is gebaseerd op proeven over meerdere jaren. Weers- en locatie-effecten zijn daarmee uitgemiddeld. Betere schattingen van het NLV zijn mogelijk door rekening te houden met de kwaliteit van de organische stof (C/N-quotiënt en de humificatiecoëfficiënt). Dit werd bevestigd door een verkennende statische analyse, waaruit bleek dat het N-gehalte in gras nauwkeuriger te modelleren was indien ook het C/N-quotiënt werd meegenomen. Het blijkt dat er tussen gronden met een vergelijkbaar N-totaalgehalte grote verschillen in C/N-quotiënt op kunnen treden. De temperatuur en het vochtgehalte van de grond zijn van invloed op de N-levering. Er kon een vuistregel worden afgeleid dat er bij een hogere maandtemperatuur dan normaal gemiddeld per graad temperatuurstijging een besparing op de N-gift mogelijk is van 3 kg N ha^{-1} per maand. Een verdere verfijning is mogelijk door het model MINIP praktijkrijp te maken.

Verder lijken proeven aan te geven dat bij meer beweiding het NLV toeneemt in vergelijking tot overwegend maaien. Binnen een paar jaar kan dit al tot duidelijke verschillen leiden. Dit resultaat roept de vraag op of meer maaien vanuit oogpunt van Minas wel zo gunstig is. Een regelmatige grondanalyse op N-totaal is aan te bevelen.

Het handhaven van de optimale bodem-pH is gunstig voor een optimaal N-leverend vermogen van de grond. In de praktijk wordt hier te weinig aandacht aan geschonken.

5.3.2 *Inleiding*

Sinds 1998 wordt rekening gehouden met het N-leverend vermogen van graslandgronden (via de N-totaal bepaling) bij de opstelling een bemestingsadvies. Dit is een aanmerkelijke verbetering ten opzichte van voorheen. Geconstateerd is echter dat er een grote spreiding is in N-leverend vermogen bij een bepaald N-totaalgehalte. Het verband tussen N-totaal en de N-opname (bij geen N-bemesting) kent veelal een percentage verklaarde variantie van slechts ongeveer 50 procent (Hassink, 1996). Afwijkingen van 25 procent en meer in de werkelijke N-nalevering zijn dan ook geen uitzondering ($r^2=50\%$). Daar is een aantal oorzaken voor, zoals

- er wordt geen rekening gehouden met de kwaliteit en samenstelling van de organische stof;
- het is gebaseerd op de gemiddelde weerssituatie (de temperatuur en vochtvoorziening), de hoeveelheid en de verdeling over het seizoen kan variëren; en
- er is geen rekening gehouden met het graslandmanagement (weiden of maaien).

Daarnaast zijn grondwaterstand en pH ook van invloed op de mineralisatie. Het beter voorspellen/rekening houden met het N-leverend vermogen wordt belangrijker naarmate de N-bemesting terugloopt. In het navolgende is nagegaan wat de perspectieven zijn van beter rekening houden met deze parameters.

5.3.3 *Achtergrond*

Bij een teruggang van de N-bemesting is het van groot belang om de bijdrage die de grond levert aan de N-voorziening correct te kunnen voorspellen. De hoeveelheid N die grond gedurende het groeiseizoen kan leveren hangt af van

- de hoeveelheid in de bodem aanwezige organische N;
- de mineralisatiesnelheid; en

- de mate waarin de gemineraliseerde N is terug te vinden in de bovengrondse delen van het gras.

In de negentiger jaren is onderzoek gedaan naar het ontwikkelen van een eenvoudige methode om de N-levering op basis van grondanalyse te voorspellen. Hassink (1995) heeft daartoe metingen uitgevoerd naar

- A) de potentiële N-mineralisatie na 12 weken via een labmethode ($\text{kg ha}^{-1} \text{dag}^{-1}$);
- B) de hoeveelheid actieve organische stof;
- C) de hoeveelheid N in de lichte fractie van de macro-organische stof;
- D) de hoeveelheid N in de totale macro-organische stof;
- E) het verschil tussen de actuele hoeveelheid organische N en de hoeveelheid organische N bij de evenwichtssituatie (geen netto ophoping of afbraak van organische stof) van de grond; en
- F) het verschil tussen de actuele hoeveelheid microbiële biomassa-N en de hoeveelheid microbiële biomassa-N bij de evenwichtssituatie van de grond.

Dit is gedaan voor twee bodemlagen: respectievelijk 0-10 cm en 0-25 cm, waarbij onderscheid is gemaakt tussen de grondsoorten: zand, klei (plus zavel) en veen. Voor veengrond kon Hassink (1995) geen relaties afleiden (tabel 5.4)

TABEL 5.4. Correlaties tussen bodemkarakteristieken en het N-leverend vermogen berekend als de N-jaarpbrengst met gras of de N-jaarpbrengst minus de N-opbrengst op basis van incubatieproeven in een kas.

Analyse- methode en diepte meting	grondsoort				snelheid methode
	zandgrond		zavel- en kleigrond		
	over heel jaar	exclusief 1 ^e snede	over heel jaar	exclusief 1 ^e snede	
A, 0-10 cm	0,62	0,71	0,58	0,78	langzaam
A, 0-25 cm	0,65	0,67	0,70	0,58	langzaam
C, 0-10 cm	0,55	0,65	0,13	0,67	langzaam
C, 0-25 cm	0,46	0,65	0,19	0,68	langzaam
D, 0-10 cm	0,54	0,79	0,60	0,79	snel
D, 0-25 cm	0,51	0,74	0,58	0,75	snel
E, 0-10 cm	0,50	0,56	0,48	0,89	snel
E, 0-25 cm	0,51	0,54	0,21	0,70	snel
F, 0-10 cm	0,71	0,90	0,63	0,83	snel
F, 0-25 cm	0,53	0,77	0,35	0,65	snel

De methoden A en C zijn te langzaam voor gebruik in de praktijk. De methoden D, E en F zijn gemakkelijk toepasbaar, snel en geven vergelijkbare resultaten. Op basis van tabel 5.4 blijkt dat de correlaties verbeteren indien de N-opbrengst van de 1^e snede buiten beschouwing wordt gelaten. In het algemeen is er een betere correlatie met de laag 0-10 cm dan met 0-25 cm.

Na toevoeging van de informatie uit de SANS-proeven, die zijn gedaan in de jaren 1992-1994, onderzocht Hassink (1996) opnieuw een aantal methoden ter bepaling van het NLV, wat resulteerde in iets hogere correlaties. Hoewel de resultaten van de methoden E en F niet veel van elkaar verschillen, is methode E veel gemakkelijker uitvoerbaar (de hoeveelheid organische N is nagenoeg gelijk aan de hoeveelheid N-totaal). Om deze reden is in het onderzoek van Hassink (1996) methode F buiten beschouwing gelaten. De hoogste correlaties werden gevonden voor de methoden D en E (ongeveer 0,76 gemiddeld over zand- en kleigrond). In een vergelijking tussen meten in de laag 0-5 cm en in de laag 0-20 cm kreeg de laatste in dit onderzoek duidelijk de voorkeur. Metingen in de laag 0-10 cm ontbreken. Waarom is niet duidelijk, temeer daar tabel 5.4 aangeeft dat de laag 0-10 cm de meeste informatie geeft.

Met de methoden E en F wordt het actuele N-gehalte vergeleken met het N-gehalte van de grond in de evenwichtssituatie. Deze evenwichtssituatie is bereikt

als opbouw en afbraak van organische stof in de bodem met elkaar in evenwicht zijn. Volgens deze theorie (Hassink, 1995) zou het organische N-gehalte lineair toenemen met het klei- en siltgehalte. Met methoden E en F wordt dus rekening gehouden met een verschil in textuur van bodems en wordt gecorrigeerd voor situaties waarbij de grond wat organische stof betreft niet in evenwicht is. Deze situaties doen zich voor zowel onder jong grasland, waarbij de eerste jaren na herinzaai nog een duidelijke opbouw van N in organische stof plaatsvindt als op de jonge IJsselmeergronden. In methode D wordt geen rekening gehouden met de leeftijd van de graszode, waardoor deze methode zich onderscheidt van de methoden E en F. Het zou interessant zijn te weten of met een combinatie van de methoden D en bijvoorbeeld E de leeftijd van het grasland kan worden meegenomen in de NLV-bepaling. Een combinatie is in de praktijk eenvoudig te bewerkstelligen, omdat aanvullend slechts gegevens over de textuur van de grond nodig zijn.

5.3.4 *Kwaliteit organische stof, C/N-quotiënt*

De aard van de organische stof kan van invloed zijn op de beschikbaarheid. Zo zou bijvoorbeeld inzicht in de hoeveelheid van diverse in organische stof aanwezige componenten kunnen leiden tot een betere voorspelling van de afbreekbaarheid van organisch materiaal. Vaak tracht men dit te doen door bijvoorbeeld fractioneringstechnieken toe te passen (zie ook bijvoorbeeld tabel 5.4). Echter, fractioneringsmethoden zijn bewerkelijk en duur. Ook het C/N-quotiënt kan een maat zijn voor de afbreekbaarheid van organische stof. Het C/N-quotiënt is een maatstaf voor hoeveel N er vrij kan komen bij afbraak van organische stof. Hoe hoger het C/N-quotiënt, des te minder N er vrijkomt bij afbraak. Vaak gaat een hoger C/N-quotiënt bij mest samen met een slechtere afbreekbaarheid (een lagere mineralisatiesnelheid), maar niet noodzakelijkerwijs. Om hier nauwkeurigere uitspraken over te doen dient men de humificatiecoëfficiënt cq. initiële leeftijd vast te stellen (Janssen, 1996).

In standaard grondonderzoek wordt de hoeveelheid organische stof bepaald met behulp van de gloeiverliesmethode. Een totaal-N-bepaling behoort tegenwoordig vaak tot het standaardpakket van grondonderzoek. De ratio tussen gloeiverlies en N-totaalgehalte kan daarmee een afgeleide maat zijn voor het C/N-quotiënt. Uit een quick-scan, die is uitgevoerd met grondanalysecijfers van Koeien&Kansen, bleek dat het opnemen van deze ratio (gloeiverlies/N-totaal) bijdroeg aan een betere verklaring van het niveau van N-gehalte in gras als functie van bemesting en bodemparameters.

Veelal wordt aangenomen dat 1 gram gloeiverlies overeenkomt met 0,58 gram C. Op basis van de grondanalysegegevens in de P-proeven van PV en NMI blijkt dat er een behoorlijke bandbreedte kan zijn voor de ratio C/gloeiverlies. De waarden varieerden tussen 0,35 en 0,70 gram C per gram gloeiverlies. Dit zou betekenen dat in grondonderzoek ook daadwerkelijk C bepaald dient te worden en niet alleen het gloeiverlies. Dit is in principe mogelijk.

5.3.5 *Voorspellen mineralisatie*

De mineralisatiesnelheid van organische stof neemt toe met de temperatuur. Op hoofdlijnen is het verband tussen mineralisatiesnelheid en temperatuur bekend. Via geavanceerde modellen zijn wel berekeningen mogelijk om de mineralisatiesnelheid te voorspellen. Deze zijn echter moeilijk geschikt te maken voor de praktijk. Een simpel model dat redelijk lijkt te voldoen om de N-mineralisatie weersafhankelijk (temperatuur en vocht) te voorspellen is MINIP (Janssen & Noij, 1999). Met dit model kan de N-mineralisatie uit verschillende organische materialen worden berekend door karakterisering van de afbreekbaarheid ('apparent initial age', 'initiële leeftijd' of a-waarde) van het

materiaal en door informatie over de C/N-quotiënt. Deze laatste is in principe beschikbaar via grondanalyse. Een hoge afbreekbaarheid en een laag C/N-quotiënt leiden tot een hoge N-mineralisatie. De effecten van temperatuur en het vochtgehalte van de grond op de mineralisatiesnelheid worden beschreven door een correctiefactor. Het effect van C/N-quotiënt en temperatuur wordt kort toegelicht.

De a-waarde van bodemorganische stof is afhankelijk van de bemestingsgeschiedenis van het betreffende perceel. Bij een regelmatig gebruik van dierlijke mest zal de a-waarde ongeveer 17 bedragen, maar in principe dient er een a-waarde per grondsoort te zijn. Het C/N-quotiënt is via grondonderzoek vast te stellen. Het C/N-quotiënt in bodemorganische stof zal ongeveer 10 bedragen. Uit de grondanalysedataset van K&K (180 grondmonsters van najaar 1999) blijkt dat deze varieert tussen 9,2 en 19. Bij een C/N-quotiënt van 19 bedraagt de mineralisatie slechts ruim 50 procent van die bij een C/N-quotiënt van 9,2, indien voor beide situaties de a-waarde en het N-totaalgehalte gelijk is. Het opnemen van het C/N-quotiënt lijkt dus gewenst om het N-leverend vermogen nauwkeuriger te voorspellen.

Om het effect van de temperatuur op de mineralisatie te berekenen wordt gebruik gemaakt van de reductiefactoren zoals die in tabel 5.5 zijn vermeld (Janssen, 1996). Vervolgens is MINIP gekalibreerd op een grond met N-leverend vermogen van $140 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ jaar}^{-1}$. Dit is gebeurd op maandbasis, waarbij als referentietemperatuur de langjarig gemiddelde maandtemperatuur van De Bilt is genomen. Bestudeerd is wat het effect is van een temperatuur die op maandbasis gemiddeld -3 , -2 , -1 , 1 , 2 , en 3 graden verschilt van de referentietemperatuur. Ruwweg leidt een graad temperatuurstijging tot $1,5 \text{ kg ha}^{-1}$ meer N-mineralisatie per maand. Een graad temperatuurdaling leidt ruwweg tot een afname van de mineralisatie met $1,3 \text{ kg N ha}^{-1}$ per maand. Temperatuurafwijkingen van gemiddeld 3 graden per maand komen vrijwel nooit voor. Op kleinere schaal (weekbasis) komt dit wel voor. Vertaald naar de N-bemesting betekent dit dat er per één graad hogere of lagere gemiddelde maandtemperatuur respectievelijk -2 of $+1,5 \text{ kg N ha}^{-1}$ per maand extra aan N nodig is.

TABEL 5.5. Waarden van de reductiefactor voor temperatuur.

Temperatuur	reductiefactor
$T \leq -1$ °C	0
$-1 < T \leq 9$ °C	$0,1 * (T+1)$
$9 < T \leq 27$ °C	$2(T-9)/9$
$T > 27$ °C	4

De hogere mineralisatie bij een temperatuurstijging geldt natuurlijk niet alleen voor bodemorganische stof, maar ook voor organische N die met de mest is aangevoerd. In de praktijk krijgt grasland 20-40 m³ ha⁻¹ dunne rundmest. Dit betekent dat er ruwweg 0,5-1,0 kg N ha⁻¹ per maand extra mineraliseert bij een gemiddeld één graad hogere temperatuur per maand (of 0,5-1,0 minder bij een één graad lagere temperatuur. Als vuistregel zou de praktijk voor de minerale gronden uit kunnen gaan van een besparing op de N-bemesting van 3 kg N ha⁻¹ per maand bij gemiddeld meer dan één graad hogere maandtemperatuur (of een extra gift van 2 kg N ha⁻¹ bij een één graad lagere temperatuur). Dit is een ruwe regel. Een meer verfijnde oplossing is nodig om rekening te houden met de variatie in N-totaal, C/N-quotiënt, temperatuur en vocht. Dan kan tevens rekening worden gehouden met de noord-zuid gradiënt voor de gemiddelde temperatuur in Nederland. De voorwaarde daarbij is wel dat het tot een door de praktijk handteerbaar instrument/advies moet leiden. Het is de bedoeling dat in het kader van het project "Duurzaam bodembeheer" (M. Hanegraaf, persoonlijke mededeling) een dergelijk instrument op basis van MINIP wordt ontwikkeld voor de akkerbouwpraktijk. Dit instrument wordt verder verfijnd en getoetst in het project "Telen met Toekomst". Dit vergt onder andere het kalibreren van MINIP op gemeten mineralisatiehoeveelheden voor de verschillende grondsoorten onder verschillende (geconditioneerde) omstandigheden. Zoiets kan ook opgezet worden voor grasland.

Door vervolgens MINIP te koppelen met actuele bodemtemperaturen en vochtgehalten en de verwachte trend in deze parameters op basis van de tiendaagse en middellange termijn weersvoorspelling kan een voorspelling gedaan worden over de te verwachten N-nalevering over een bepaalde periode. Door deze te vergelijken met de normatieve N-nalevering op basis van N-totaal kan een uitspraak gedaan worden of een correctie op het bemestingsadvies gewenst is.

5.3.6 Effect van weiden en maaien

Eind jaren 80 heeft Hassink (1992) onderzocht wat het effect is van weiden en maaien is op de N-mineralisatie op zand- en zavelgrasland. Het bleek dat binnen een paar jaar de N-mineralisatie op het beweide deel in april al 20-30 procent meer bedroeg dan op het gemaaide deel. Verder werd op zandgrasland het verschil in mineralisatie tussen het beweide en gemaaide grasland steeds groter. Hassink schatte dat op jaarbasis het verschil in N-mineralisatie tussen beweide en gemaaide percelen 110 en 40 kg N ha⁻¹ jaar⁻¹ bedroeg voor respectievelijk zand- en zavelgrasland. In hetzelfde onderzoek (Hassink & Neeteson, 1991) is nagegaan of er een verschil in N-ophoping in de bodem optrad. Bij beweiding was er over een periode van vier jaar geen netto ophoping opgetreden, in tegenstelling tot de zavelgrond waar een netto ophoping van 245 kg N ha⁻¹ jaar⁻¹ is gemeten. Deze ophoping was onafhankelijk van de N-gift. Na 4 jaar was het N- en C-gehalte op de beweide percelen duidelijk hoger dan op de gemaaide percelen.

Indien de bovenstaande gegevens te veralgemeniseren zijn, dan betekent dit dat overwegend maaien leidt tot uitputting van bodem-N, hetgeen kan leiden tot een hoger N-gebruik om een zelfde opbrengst te realiseren dan op percelen met een voorgeschiedenis van beweiding. In de proeven van Hassink zijn forse

verschillen opgetreden in de N-mineralisatie (binnen een periode van 4 jaar). Voor een goede advisering is het dus van belang om ook eens in de 4 jaar het NLV te laten bepalen. Niet duidelijk is of deze bevindingen zijn te veralgemeniseren. In de proeven van Hassink werd namelijk alleen met kunstmest bemest, terwijl in de praktijk ook dunne mest wordt gebruikt. Waarschijnlijk zijn de effecten in de praktijk dan ook minder uitgesproken dan in deze proeven.

De bovenstaande bevindingen zijn ook interessant vanuit een geheel ander gezichtspunt, namelijk de discussie over meer of minder weidegang. Op dit moment wordt er vanuit gegaan dat minder weiden met betrekking tot Minas leidt tot lagere N-overschotten. Indien minder weiden inderdaad gepaard gaat met een teruggang in N-leverend vermogen, dan moet dit op termijn weer leiden tot een hoger N-gebruik om de voerproductie op peil te houden. Om dit verder te onderbouwen of te ontcrachten is aanvullend onderzoek nodig.

5.3.7 *Effect pH, grondwaterstand en voorgeschiedenis*

Het is algemeen bekend dat een goede bodem-pH (in het juiste traject volgens de bemestingsadviesbasis) van belang is voor een optimale mineralisatie van N. Recentelijk is dit ook nog eens gebleken voor P (Den Boer *et al.*, 2001). Kalk stimuleert namelijk het bodemleven. Hoewel in de praktijk grond regelmatig wordt bemonsterd, schiet de aandacht voor de bekalking nogal eens tekort. Volgens de adviesbasis is het gewenst om eens in de drie jaar een onderhoudsbekalking uit te voeren van 150 kg ha⁻¹ neutraliserende waarde (vroeger genoemd zuurbindende waarde). Dit wordt vaak achterwege gelaten. Bekalking vindt vooral plaats voorafgaande aan graslandvernieuwing. Kwantitatieve gegevens over het effect van de pH op de N-nalevering ontbreken echter.

Het NLV hangt ook af van de N-jaargift in het voorafgaande jaar zo blijkt uit onderzoek van Prins *et al.* (1981a en 1981b). In maaiproeven op grasland overtrof bij een N-jaargift hoger dan 480 kg ha⁻¹, deze jaargift de gewasopname. Van het verschil tussen beide bleek het volgende voorjaar op respectievelijk zandgrond, kleigrond en zware klei nog respectievelijk circa 25, 40 en 50 procent aanwezig te zijn als minerale N in de laag 0-100 cm. Hetzelfde seizoen bleek op kleigrond elke kg opgehoopte N_{min} 15 kg ds te produceren, bij een snedegift van 40 kg N ha⁻¹. Op zandgrond werd geen N-nawerking gevonden. Wel moet er rekening mee worden gehouden dat de resultaten van dit proefjaar eenmalig zijn. Door de algehele sterke daling van de N-bemesting tot niveaus van 300 kg N ha⁻¹ en lager zijn deze bevindingen niet meer van toepassing. Een uitzondering zou kunnen zijn grasland dat overwegend wordt beweide. Hier kan nog N beschikbaar zijn in urineplekken. Op dit moment kan hiermee voor de bemestingspraktijk nog geen rekening worden gehouden, daar er nog geen apparatuur beschikbaar is om deze plekken bij bemesting te ontzien.

5.3.8 *Bruikbare methoden ter bepaling NLV op veengrond*

Zoals vermeld geeft het onderzoek van Hassink (1995) geen uitsluitsel over de relatie tussen bodemeigenschappen en het NLV van veengrond. Zijn resultaten sluiten aan bij het verband tussen het zomerslootpeil en het NLV van veengrond, dat werd vastgesteld in proeven van Boxem & Leusink (1978) en van Schothorst (1977). Om deze reden is in het nieuwe N-advies de indeling in NLV-klassen voor veengrond ongewijzigd gebleven ten opzichte van die in het advies van 1994. Maatstaf voor de hoogte van het NLV is nog steeds de hoogte van het zomerslootpeil.

Het verband tussen zomerslootpeil en NLV werd echter alleen aangetoond in het geval dat veengrond nog maar voor enkele jaren dieper ontwaterd was. Proeven

in 1993, 1994 en 1995 (Hofstede & Wouters, 1995) geven aanwijzingen dat er geen verschil is in NLV tussen veengrond waarvan het slootpeil vele jaren stabiel laag is en veengrond waarvan het slootpeil vele jaren stabiel hoog is. Hassink (1996a) verwacht dat het NLV slechts hoger is na verlagen van het slootpeil in jaren dat afbraak van de actieve organische stof plaatsvindt.

5.3.9 *Wenken voor de praktijk*

- Bepaling van het N-leverend vermogen (NLV) is belangrijk voor een verantwoorde bemestingsadvisering. In afhankelijkheid van het gebruik kan het NLV in een paar jaar duidelijk wijzigen. Het is dus van belang om deze bij het vierjaarlijkse grondonderzoek mee te nemen.
- De N-levering wordt beïnvloed door diverse factoren, waaronder de temperatuur. In de praktijk kan op de minerale gronden de N-gift met 3 kg ha⁻¹ per maand worden gekort, indien de gemiddelde (verwachte) maandtemperatuur 1 graad hoger is dan normaal.
- Weiden lijkt belangrijk te zijn voor de instandhouding van het N-leverend vermogen.
- Zorg voor een optimale bodem-pH. Dit bevordert de N-nalevering.

5.4 AFSTEMMING DIERLIJKE MEST EN KUNSTMEST

5.4.1 *Samenvatting*

Een optimale nutriëntenbenutting vergt een optimale afstemming van dierlijke mest en kunstmest. Minas legt beperkingen op aan het gebruik van stikstof, waardoor de N-jaargift op grasland lager kan zijn dan landbouwkundig optimaal.

Voor de veehouder is het van belang vast te stellen bij welke N-jaargift nog aan de Minas-norm kan worden voldaan. Dit maakt het noodzakelijk dat de veehouder in het vroege voorjaar een jaarplan voor de N-bemesting opstelt. Dit vergt enig rekenwerk. Met behulp van de N-verliesnorm voor het bedrijf, de diercorrectie en de Minas-gegevens van vorig jaar (kracht- en ruwvoeraankopen) kan berekend worden hoeveel kunstmest er nog mag worden aangekocht. Vervolgens wordt de hoeveelheid werkzame N in mest bepaald door de mestproductie te schatten en de mest te analyseren. Met de beschikbare werkzame N in mest en kunstmest worden eerst alle niet-grasteelten optimaal bemest. Dat wat overblijft is beschikbaar voor grasland en bepaalt de N-jaargift op grasland. Bij grote afwijkingen ten opzichte van eerdere jaren zal de veehouder zijn management moeten bijstellen (bijvoorbeeld meer voeraankopen).

Als de N-jaargift voor het grasland bekend is ligt de verdeling van N over de sneden vast (in afhankelijkheid van de NLV). De toegestane N dient nu zo optimaal mogelijk te worden benut. De mogelijkheden hiertoe zijn reeds aangegeven. In het kort betekent dit voor de eerste snede het vroeg toedienen van dierlijke mest, gebruik maken van het verfijnde Tsom-advies en waar mogelijk voorjaarsmeststoffen toepassen (die een hogere N-werking hebben dan kalkammonsalpeter). Voor latere sneden betekent dit rekening houden met het weer (neerslag, droogte en temperatuur). Deze zijn van invloed op de N-mineralisatie van grond en mest en op de N-verliezen. Een aantal vuistregels voor hoe hier op in te spelen met de kunstmestbemesting zijn daarvoor afgeleid (zie eerder).

5.4.2 *Inleiding*

De invoering van Minas heeft geleid tot een daling van het gebruik van N-meststoffen. De verwachting is dat het gebruik nog verder zal afnemen. Dit betekent dat op het melkveebedrijf de beschikbare nutriënten zo optimaal mogelijk dienen te worden gebruikt. Eerder is in dit rapport aangegeven wat de mogelijkheden zijn om de benutting van N uit kunstmest en mest te verhogen en hoe daarbij in te spelen op de actuele weersomstandigheden. In deze paragraaf zal vooral worden ingegaan op een optimale afstemming van dierlijke mest en kunstmest, rekening houdend met de actuele weers- en bodemomstandigheden. Eén van de eerste vragen waar de veehouder zich nu mee geconfronteerd ziet is de vraag “Hoeveel kunstmest mag ik nu nog strooien?” en vervolgens “Hoe kan ik dat vaststellen?”. In het navolgende wordt hier verder op ingegaan aan de hand van een rekenvoorbeeld. Aansluitend wordt kort nog eens weergegeven hoe op dit moment rekening kan worden gehouden met de actuele weersomstandigheden bij N-bemesting via mest en kunstmest.

5.4.3 *Jaarplan voor de stikstofbemesting*

5.4.3.1 *Algemeen*

Voor een optimale benutting van de nutriënten uit dierlijke mest en kunstmest is het noodzakelijk dat een veehouder in het vroege voorjaar een jaarplan voor de

bemesting opstelt. In dit jaarplan deelt hij de op het bedrijf beschikbare mest toe aan de verschillende gewassen. Hij weet dan hoeveel mest er beschikbaar is voor het grasland en kan de N-jaargift berekenen.

De landbouwkundig optimale N-gift is afhankelijk van het NLV van de grond. De geadviseerde N-jaargift bestaat uit de werkzame N uit de dierlijke mest aangevuld met kunstmest-N. De landbouwkundig optimale gift hoeft echter niet overeen te komen met de N-jaargift die nog mogelijk is in het kader van de regelgeving van Minas. De landbouwkundig optimale N-gift kan vooral bij een laag NLV hoger zijn dan in het kader van Minas mogelijk is. Daarom is het voor een veehouder belangrijk om te weten bij welke N-jaargift op grasland hij nog aan de Minas-norm voor N kan voldoen.

Voor het berekenen van de N-jaargift op grasland in het kader van Minas is een aantal gegevens nodig, namelijk

- de Minas-verliesnorm voor N van het bedrijf;
- gegevens over de veestapel voor het berekenen van de diercorrectie;
- de Minas-gegevens van het voorgaande jaar;
- de hoeveelheid op het bedrijf geproduceerde mest; en
- de samenstelling van de mest.

5.4.3.2 De Minas-verliesnorm voor N

De Minas-verliesnorm voor N is afhankelijk van het gebruik van de percelen. Daarnaast is het van belang of percelen al dan niet tot de droogtegevoelige (uitspoelingsgevoelige) gronden gerekend worden.

Stel een bedrijf heeft 15 ha grasland en 13 ha maïsland. Het toegestane N-overschot in 2003 bedraagt dan: $(15 \times 180 + 13 \times 100) / 28 = 143 \text{ kg N ha}^{-1}$ cultuurgrond. Indien alle percelen tot de droogtegevoelige percelen behoren dan is de verliesnorm: $(15 \times 140 + 13 \times 60) / 28 = 103 \text{ kg N ha}^{-1}$ cultuurgrond. Indien 70 procent van de oppervlakte tot de droogtegevoelige gronden gerekend wordt dan is de verliesnorm $0,7 \times 103 + 0,3 \times 143 = 115 \text{ kg N ha}^{-1}$ cultuurgrond.

Opmerkingen:

- Voor percelen met een beheersovereenkomst geldt de gangbare verliesnorm voor gras- of bouwland. Deze percelen kunnen dan weer wel of niet tot de droogtegevoelige percelen behoren. Ook voor percelen die bijvoorbeeld gepacht worden van SBB en waarvoor een grondgebruikersverklaring is afgegeven geldt deze verliesnorm. Voor natuurterrein geldt een verliesnorm van 50 kg N ha^{-1} .
- Percelen waarop gras onder de maïs is ingezaaid mogen voor de maanden waarin geen maïs wordt geteeld als grasland gerekend worden. De N-verliesnorm voor het bedrijf is dan hoger.

5.4.3.3 De diercorrectie

Voor elke diercategorie mag een diergebonden N-verlies in rekening worden gebracht. Dit verlies is uitgedrukt in kg N per dier per jaar. Deze correctie vindt plaats voor verliezen aan N door vervluchtiging en bijvoorbeeld door denitrificatie. Bij het vaststellen van de hoogte van de N-verliesnorm voor grasland is met dit verlies al rekening gehouden; bij bouw- en maïsland niet. In de verliesnorm voor grasland zit namelijk een post voor de diercorrectie opgenomen van 60 kg N ha⁻¹. Het diergebonden N-verlies is voor enkele diercategorieën weergegeven in tabel 5.6.

TABEL 5.6. Diergebonden N-verlies, kg N per dier per jaar.

Diersoort	N-verlies	diersoort	N-verlies
melk-, kalf- en zoogkoeien	30,0	fokschapen, incl. lammeren tot 25 kg	3,10
vrouwelijk jongvee >1 jaar	20,5	overige schapen >25 kg	2,10
vrouwelijk jongvee <1 jaar	9,7	fokzeugen met biggen tot 6 weken	7,97
stieren >1 jaar	22,4	vleesvarkens	4,12
stieren <1 jaar	9,7	leghennen >18 weken	0,55

Stel het bovengenoemde bedrijf heeft 55 melkkoeien, 20 pinken en 20 kalveren.

De diercorrectie is dan

$$55 \times 30 + 20 \times 20,5 + 20 \times 9,7 = 2.254 \text{ kg N}$$

$$\text{Af: } 15 \text{ ha grasland} \times 60 \text{ kg N} = \underline{900 \text{ kg N}}$$

$$\text{Verschil} = 1.354 \text{ kg N}$$

De diercorrectie per ha cultuurgrond is dan $1.354 / 28 = 48 \text{ kg N}$.

5.4.3.4 De Minas-gegevens van het voorgaande kalenderjaar

De Minas-gegevens van het voorgaande kalenderjaar geven informatie over de actuele aanvoer van N in bijvoorbeeld krachtvoer en ruwvoer en de actuele afvoer van N in bijvoorbeeld melk, vlees en mest. Met deze aan- en afvoerposten is de hoeveelheid kunstmest-N ha⁻¹ cultuurgrond te berekenen, die gegeven kan worden binnen het kader van de Minas-regelgeving. Bekend dient te zijn of er geen grote wijzigingen in de bedrijfsvoering zijn opgetreden door bijvoorbeeld aankopen van extra grond of uitbreiding van de veestapel. Indien dit wel het geval is dienen de aan- en afvoerposten hiervoor te worden gecorrigeerd. Tabel 5.7 geeft een voorbeeld hoe de Minas-balans er op het bovengenoemde bedrijf uit zou kunnen zien en welke N-gift uit kunstmest dan nog mogelijk is binnen de regelgeving van Minas. De berekende diercorrectie is in deze balans als afvoerpost meegeteld. Er is vanuit gegaan dat het bedrijf niet op uitspoelingsgevoelige grond ligt.

TABEL 5.7. Berekening maximale gift aan kunstmest-N met behulp van Minas-gegevens uit het voorgaande jaar voor een bedrijf zonder droogtegevoelige grond en met 15 ha grasland en 13 ha maïsland, kg ha⁻¹.

Aanvoer	kg N ha ⁻¹ cultuurgrond	afvoer	kg N ha ⁻¹ cultuurgrond
krachtvoer	110	melk	85
ruwvoer	40	vlees	15
mest	0	mest	0
kunstmest	141 ←	ruwvoer	0
overig	0	diercorrectie	48
		verliesnorm 2003	143
totaal	291	totaal	291

Bij een verliesnorm van 143 kg N ha⁻¹ kan er dan nog maximaal 141 kg kunstmest-N ha⁻¹ cultuurgrond worden toegediend. De Minas-gegevens uit het

voorgaande jaar geven tevens informatie hoe ver dit bedrijf nog terug moet met de kunstmestgift. Bij een bedrijf op uitspoelingsgevoelige grond is de verliesnorm 40 kg ha^{-1} lager en dientengevolge ook de toegestane aanvoer met kunstmest-N.

5.4.3.5 De mestproductie op het bedrijf

De N-jaargift op grasland is opgebouwd uit de werkzame N uit dierlijke mest plus de toegestane hoeveelheid N uit kunstmest. Om de werkzame N uit dierlijke mest te berekenen moet eerst de mestproductie op het bedrijf zo goed mogelijk worden geschat. Dit blijft steeds een benadering. De hoeveelheid mest is onder andere afhankelijk van het beweidingssysteem en van de hoeveelheid spoelwater die in de mestput komt. In een aantal gevallen kan de veehouder zelf op basis van registratie in voorgaande jaren aangeven hoeveel mest jaarlijks op het land wordt uitgereden. In de meeste situaties zal de mestproductie echter berekend dienen te worden op basis van gemiddelden. In tabel 5.8 zijn hiervoor enkele vuistregels gegeven (met modellen is een nauwkeurigere berekening mogelijk).

TABEL 5.8. Vuistregels voor mestproductie in m^3 per diercategorie per seizoen.

Diercategorie	beweidingsstelsysteem	winter	zomer
melkkoe	onbeperkt weiden	12	0
	beperkt weiden	12	6
	summerfeeding	12	12
pink	onbeperkt weiden	5	0
	volledig op stal	5	7
kalf	gedeelte seizoen weiden	3,5	0
	volledig op stal	3,5	2,5

Indien op het bovengenoemde bedrijf het melkvee beperkt weidt, de pinken volledig binnen blijven en de kalveren een gedeelte van het seizoen weiden, dan is de mestproductie op het bedrijf: $55 \times 18 + 20 \times 12 + 20 \times 3,5 = 1.300 \text{ m}^3$. Dit komt op het voorbeeldbedrijf overeen met een hoeveelheid van bijna $47 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$.

Op veel bedrijven is de samenstelling van de mest niet bekend, terwijl eerder al is aangegeven (§ 3.1.8) dat er een behoorlijk variatie kan optreden. In het kader van Minas is het streven gericht op een maximale benutting van de op het eigen bedrijf geproduceerde mest. Het kennen van de samenstelling van de mest is van wezenlijk belang voor

- het vaststellen van een juiste N-jaargift op grasland;
- een goede advisering van de hoeveelheid in de rij toe te dienen N op het maïsland; en
- een juiste verdeling van de dierlijke mest en kunstmest over het seizoen op het grasland.

5.4.3.6 Berekening N-jaargift grasland

De berekening van de N-jaargift op grasland voor het bovengenoemde bedrijf is nu als volgt. Eerst wordt dunne mest toegedeeld aan het maïsland en (indien aanwezig) aan de overige voedergewassen en aan grasland met beheersbeperkingen of percelen met een gras/klaver-mengsel. De resterende dunne mest is beschikbaar voor het grasland zonder beperkingen. Ook van de kunstmest-N wordt eerst de benodigde hoeveelheid toegedeeld aan maïsland, aan overige voedergewassen en aan grasland met beperkingen of gras/klaver. De resterende hoeveelheid kunstmest-N is beschikbaar voor het grasland zonder beperkingen. De maximaal mogelijk N-jaargift op grasland om binnen Minas te blijven ligt nu vast. In tabel 5.9 is dit voor het bovengenoemde bedrijf verder uitgewerkt.

TABEL 5.9. Berekening N-jaargift, in kg N ha⁻¹ jaar⁻¹ op grasland.

Grondgebruik	aantal ha	N-kunstmest	werkzame N dunne mest	werkzame N	m ³ drm* ha ⁻¹
grasland	15	237 ←	114	351 ←	47,5
maïsland	13	30	119	157	45
beheersgrasland	0				
GPS	0				
cultuurgrond, gem.		141			46,5

*drm is dunne rundermest

In tabel 5.9 is gerekend met 4,8 kg N m⁻³. Op het maïsland is gerekend met een werkingscoëfficiënt van 55 procent. Dit is de werking indien de mest met een cultivator is ingewerkt. Bij inwerken met een aangedreven werktuig is de werking 60 procent en bij injecteren 62,5 procent. Op het grasland is gerekend met een werking van 50 procent. Dit is aangehouden als een gemiddeld gerealiseerde waarde van vroeg en later in het seizoen toegediende mest. Door meer aandacht te besteden aan de toedieningsmethode van de mest op maïsland en aan het tijdstip van toedienen van de mest op grasland is op veel bedrijven de benutting van de N uit dierlijke mest nog aanzienlijk te verbeteren (zoals in eerdere hoofdstukken reeds is aangegeven).

Op het maïsland is 30 kg N als rijenbemesting gegeven. De werking van N in de rij is 125 procent van breedwerpig toegediende N. In totaal is op maïsland dan $(1,25 \times 30) + 119 = 157$ kg N ha⁻¹ beschikbaar. Het advies voor maïs in continueelt is 180 – N_{min}. Indien in het voorjaar 20 kg N_{min} in de bodem aanwezig is, is er goed overeenkomstig het advies bemest. Indien een groenbemester als vanggewas is geteeld, volstaat een lagere N-bemesting.

Voor het grasland is nog 47,5 m³ ha⁻¹ dunne mest beschikbaar. De N-gift uit kunstmest is maximaal 237 kg ha⁻¹. De N-jaargift voor dit bedrijf is dan 351 kg N ha⁻¹ jaar⁻¹.

Indien het bovengenoemde bedrijf volledig op droogtegevoelige grond zou liggen dan is de verliesnorm 103 kg N ha⁻¹ jaar⁻¹. Bij ongewijzigde bedrijfsomstandigheden kan hier binnen het kader van de Minas-regelgeving nog 101 kg N ha⁻¹ cultuurgrond uit kunstmest gegeven worden. Dit leidt tot een daling van de kunstmestgift en N-jaargift tot respectievelijk 163 en 227 kg N ha⁻¹. De noodzaak om de N uit de dierlijke mest (en kunstmest) maximaal te benutten neemt toe naarmate het N-bemestingsniveau daalt.

Inmiddels zijn er instrumenten beschikbaar (Hoving en de Haan, 2001) en in ontwikkeling waarmee het niveau van de N-jaargift is te berekenen.

5.4.3.7 Welke N-jaargift aanhouden

Een veehouder die regelmatig grondonderzoek laat uitvoeren heeft nu te maken met twee N-bemestingsadviezen, te weten

1. een N-bemestingsadvies gebaseerd op het NLV van de grond. Deze N-jaargift is gericht op een landbouwkundig optimale productie; en
2. de berekende N-jaargift die mogelijk is in het kader van de regelgeving van Minas.

De N-jaargift op basis van het NLV van de grond kan hoger of lager zijn dan de N-jaargift die mogelijk is in het kader van Minas. Indien de N-jaargift op basis van het NLV hoger is (bijvoorbeeld 350 kg N ha⁻¹) dan de berekende N-jaargift in het

kader van Minas (bijvoorbeeld 275 kg N ha⁻¹) dan is de berekende N-jaargift in het kader van Minas het uitgangspunt.

In 2002 geldt voor de eerste 40 kg N ha⁻¹ boven de Minas-norm per kg N een heffing van € 1,15 (*f* 2,50), voor elke volgende kg N-overschot is de heffing € 2,30 (*f* 5,-). In 2003 bedraagt de heffing € 2,30 (*f* 5,-) voor elke kg N boven de verliesnorm. Het is dan economisch aantrekkelijker om bij een ruwvoertekort extra ruwvoer aan te kopen, bijvoorbeeld in de vorm van snijmaïs.

Ondanks het feit dat de N-jaargift in het kader van Minas lager is dan de gift die gericht is op een landbouwkundig optimale productie, is het raadzaam om rekening te blijven houden met de verschillen in NLV tussen de graslandpercelen. Een veehouder kan dat, bij het hierboven genoemde verschil, doen door de N-jaargift op alle grasland percelen te verlagen met $100 \cdot 75 / 350 = 21$ procent. Een perceel met een NLV van 100 krijgt dan een hogere N-bemesting dan een perceel met een NLV van 180. Op deze wijze kan binnen de regelgeving van Minas toch optimalisatie plaatsvinden. Jong grasland heeft vaak een lager NLV dan oudere graslandpercelen. Het kan de extra N goed benutten voor de opbouw van de organische stof.

Stel nu dat het NLV van de grond 200 bedraagt. De N-jaargift voor een optimale productie is dan 300 kg ha⁻¹ (Anonymus, 1998). Indien de berekende maximale N-jaargift op basis van de Minas-regelgeving 351 kg N ha⁻¹ is, zoals bij het bovengenoemde bedrijf op niet droogtegevoelige grond, dan is de N-jaargift op basis van het NLV het uitgangspunt. Meer N strooien dan de landbouwkundig optimale gift van 300 kg N ha⁻¹ levert nauwelijks een meeropbrengst maar leidt wel tot onnodig hoge eiwitgehalten in het gras. De veehouder kan in deze situatie ruim aan Minas voldoen.

5.4.3.8 De stikstofverdeling over de sneden voor verschillende situaties

Stel de berekende N-jaargift in het kader van Minas is 275 kg N ha⁻¹ grasland. Het bedrijf ligt op niet droogtegevoelige grond. Welke N-bemesting moet een bedrijf dan toepassen per snede?

In de adviesbasis (Anonymus, 1998 en 2000) is per 10 eenheden verschil in NLV een N-bemestingsadvies per snede gegeven en de bijbehorende N-jaargift. In tabel 5.10 is bij een NLV van 230 de N-bemesting per snede gegeven en de bijbehorende N-jaargift. Het advies voor de verdeling van de N over het seizoen is gelijk aan het advies dat gericht is op een optimale productie. Nu is echter niet NLV bepalend voor de N-jaargift, maar in de Adviesbasis (Anonymus, 1998) of de Praktijkgids Bemesting (Anonymus, 2000) zoekt de veehouder de N-jaargift op in de kolom voor niet droogtegevoelige grond. De verdeling van de N over de sneden is dan weer bekend. Het grasland op het bedrijf kan dus nu bij de N-jaargift van 275 kg ha⁻¹ een heel andere NLV hebben dan 230. Overigens dient een veehouder wel rekening houden met verschillen in NLV tussen de percelen.

TABEL 5.10. N-bemestingsadvies in kg N per snede bij N-jaargift van 275 kg ha⁻¹ op niet droogtegevoelige grond.

Omschrijving	snede- zwaarte	sne- de 1	sne- de 2*	mei/ juni	juli	aug.	sept.	N-jaargift bij droogtegevoeligheid		
								niet	matig	sterk
<i>NLV = 230</i>										
licht weiden	<1500	69	2	27	27	27	23	275	260	235
weiden	1500-2000	84	19	42	42	40	33	295	280	255
licht maaien	2000-2500	96	34	55	52	48	41			
maaien	2500-3000	105	48	65	58	53	0			
zwaar maaien	>3000	111	59	73	62	0	0			

* na eerste snede maaien 10 kg N extra.

Stel een bedrijf ligt op sterk droogtegevoelige grond. De N-jaargift in het kader van Minas is ook 275 kg N per ha. De N-jaargift in het kader van Minas is lager dan de landbouwkundig optimale gift. De veehouder zoekt nu de N-jaargift op in de kolom 'sterk droogtegevoelig'. In deze kolom komt de N-jaargift van 275 kg N overeen met een NLV van 160. De verdeling van de N over het seizoen is dan anders. Het advies voor de eerste snede, als nog geen droogteschade optreedt, is dan bij maaien 124 kg N in plaats van de 105 kg N in de niet droogtegevoelige situatie (tabel 5.10). Er wordt meer gebruik gemaakt van de potentie van het grasland in de periode waarin geen droogteschade optreedt. Gemiddeld zal een veehouder met 20 procent droogteschade ongeveer één snede minder oogsten.

Opmerking

Indien een bedrijf op droogtegevoelige grond berekening toepast en er in werkelijkheid dus geen droogteschade optreedt, zoekt het bedrijf de N-jaargift op in de kolom 'niet droogtegevoelig'. Dit laat overigens onverlet dat het bedrijf voor Minas (waarschijnlijk) wel tot de droogtegevoelige of uitspoelingsgevoelige gronden gerekend wordt.

Stel het bedrijf, genoemd in tabel 5.9, ligt op droogtegevoelige grond en gaat nu zomerstalvoeding toepassen. Voor dit bedrijf is berekend dat het 163 kg kunstmest-N ha⁻¹ grasland kan strooien naast 114 kg werkzame N uit dunne mest (N-jaargift 277 kg N ha⁻¹ grasland). Bij gelijke overige aan- en afvoerposten op de mineralenbalans verandert de maximale N-jaargift voor het bedrijf. Er komt $55 \times 6 \text{ m}^3 = 330 \text{ m}^3$ mest extra beschikbaar. Dit is $53 \left(\frac{330 \times 4,8 \times 0,5}{15} \right)$ kg werkzame N ha⁻¹ grasland. De N-jaargift neemt daarmee toe van 277 naar 330 kg N ha⁻¹ grasland.

Opmerking

Sinds 1998 geldt er een verlaagd N-advies voor de tweede snede. De vraag is of dit nog wel geldig is bij lagere jaargiften dan landbouwkundig optimaal. Stel een bedrijf heeft een NLV van 80. Het landbouwkundig optimale advies is dan een N-jaargift van 380 kg N ha⁻¹. Het advies bij de eerste snede maaien is dan 145 kg N en voor de tweede snede weiden $26+10 = 36$ kg N ha⁻¹. De berekende N-jaargift in het kader van Minas is 275 kg. In tabel 5.10 bedraagt het advies bij de eerste snede maaien 105 kg N en bij de tweede snede weiden $19+10 = 29$. Het NLV is echter niet 230 maar 80. De bodem levert dus veel minder N. In deze situatie is voorzichtigheid geboden bij het toepassen van een verlaagd tweede snede advies. Bij een maaisnede zal de gegeven N grotendeels of geheel zijn opgenomen. Immers met een maaisnede van 2.750 kg droge stof en een ruweiwitgehalte van 230 g kg⁻¹ wordt 101 kg N ha⁻¹ afgevoerd.

5.4.4 Inspelen op actuele weersomstandigheden

Na het opstellen van het N-jaarplan dient de toe te dienen hoeveelheid mest en kunstmest zo optimaal mogelijk worden toegediend. Het weer is daarop van grote invloed. In eerdere hoofdstukken is dit reeds besproken. Het blijkt dat tot nu toe vooral voor de eerste snede het beste kan worden ingespeeld op de actuele weersomstandigheden. In het kort betekent dit het al vroeg toedienen van dierlijke mest in het voorjaar (bij voorkeur februari of begin maart). Voor de aanvullende bemesting met kunstmest dient men bij voorkeur gebruik te maken van het verfijnde Tsom-advies dat rekening houdt met de actuele weersomstandigheden. Bovendien zijn er mogelijkheden om via een gerichte meststoffenkeuze (meststoffen met een hoog aandeel ammonium al dan niet in combinatie met een nitrificatieremmer) de N-verliezen gedurende de groeiperiode van de eerste snede tot een minimum te beperken.

Na de eerste snede is het risico van N-uitspoeling beperkt (met uitzondering van perioden met zware buien) vanwege een neerslagtekort. Neerslag en temperatuur kunnen wel van grote invloed zijn op de N-mineralisatie uit grond en mest. Het probleem is echter dat er relatief weinig proefresultaten beschikbaar zijn om hier goed rekening mee te houden. Modelmatig is wel het een en ander mogelijk, maar de modellen staan of te ver van de praktijk af of zijn onvoldoende gevalideerd en gekalibreerd voor praktijksituaties.

Op dit moment moet dan ook worden volstaan met enkele vuistregels zoals

- ◆ strooi geen extra N na een droge periode met tegenvallende groei;
- ◆ bij voortzetting van de droge periode is de korting op de gift minimaal gelijk aan de procentuele opbrengstderving;
- ◆ bij goede groeiomstandigheden dient de korting beperkt te zijn, ongeveer 7 kg N ha⁻¹;
- ◆ bij oogsten van een te lichte of een te zware snede dient de navolgende snedegift met respectievelijk 7 kg N ha⁻¹ te worden verlaagd of verhoogd;
- ◆ bijbemesten na zware neerslag is voor een goede kuilopbrengst wellicht noodzakelijk, maar Minas-technisch minder gewenst;
- ◆ in de praktijk kan op de minerale gronden de N-gift met 3 kg ha⁻¹ maand⁻¹ worden gekort, indien de gemiddelde (verwachte) maandtemperatuur 1 graad hoger is dan normaal; en
- ◆ Wacht met N strooien na maaien op een gunstig moment (goede groeiomstandigheden), maar doe dit in ieder geval binnen een week na het maaien.

5.5 LITERATUUR

- Anonymus (1998) Adviesbasis bemesting grasland en voedergewassen. Themaboek november 1998, Praktijkonderzoek Rundvee, Paarden en Schapen, Lelystad, 53 pp.
- Anonymus (2000) Praktijkgids Bemesting, NMI Wageningen.
- Benke M (1992) Untersuchungen zur Nitratauswaschung unter Grünland mittels der Saugenkerzenmethode in Abhängigkeit von der Nutzungsart (Schnit/Weide) der Nutzungshäufigkeit, der Bestandeszusammensetzung (mit/ohne Weissklee) und der Stickstoffdüngung. Inauguraldissertation zur Erlangung des Doktorgrades der Agrarwissenschaftlichen Fakultät der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, 125 pp.
- Boxem Tj & Leusink AWF (1978) Ontwatering van veengrasland. Verslag van een vergelijkend onderzoek onder bedrijfsomstandigheden te Zegveld van 1970 t/m 1975. PR-publicatie 11.
- Bussink DW (1999) Verfijning Tsom-advies grasland. NMI-rapport 373.97, Wageningen, 58 pp.
- Bussink DW (2000) Vernieuwd Tsom-advies goed voor grasopbrengst en N-benutting. Praktijkonderzoek 13, 29-31.
- Bussink DW & Hensgens VRC (2001). Bedrijfsspecifiek Tsom-advies via internet. NMI-rapport O708.00, Wageningen, 16 pp.
- Carton OT & Smith K (2001) Conceptual model structure of DSS of ammonia volatilisation from field applied manures. Report concerted action ALFAM (FAIR 6- CT98-4057). Foulum, CH2, 1-7.
- Deenen PJAG (1994) Nitrogen use efficiency in intensive grassland farming. Doctoral Thesis Wageningen Agricultural University, 140 pp.
- Den Boer DJ, Van Middelkoop JC & Chardon WC (2001) Fosfaattoestand en -uitspoeling in afhankelijkheid van gebruik en bodemvruchtbaarheid, NMI-rapport 364.97, 78 pp.
- Dijkstra JP, Hack-ten Broeke MJD, De Groot WJM & Van der Voort WJM (1993) Verklaring van de variabiliteit van nitraatconcentraties op 1m-mv onder beweide grasland door simulatie. SC-DLO-rapport 243.
- Gill K, Jarvis SC & Hatch DJ (1995) Mineralization of nitrogen in long-term pasture soils: effects of management. *Plant and Soil* 172, 153-162.
- Hack-ten Broeke MJD & De Groot WJM (1996) Stikstofuitspoeling op De Marke 1991-1995. Integrale monitoring van stikstofstromen in bodem en gewas. Resultaten van proefbedrijf De Marke, Rapport 14, 77-86.
- Hassink J (1992) Effect of grassland management on N mineralization potential, microbial biomass and N yield in the following year. *Netherlands Journal of Agricultural Science* 40, 173-185.
- Hassink J (1994) Density fractions of soil macroorganic matter and microbial biomass as predictors of C and N mineralization. *Soil Biology and Biochemistry* 27, 1099-1108.
- Hassink J (1995a) Organic matter dynamics and N mineralization in grassland soils. DLO Research Institute for Agrobiological and Soil Fertility (AB-DLO), Haren, The Netherlands. PhD thesis Agricultural University, Wageningen, The Netherlands.
- Hassink J (1995b) Effect of the non-fertilizer N supply of grassland soils on the response of herbage to N fertilization under mowing conditions. *Plant & Soil* 175, 159-166.
- Hassink J (1996a) Voorspellen van het stikstofleverend vermogen van graslanden. In: Loonen JWGM & Bach-de Wit WEM (eds.) *Stikstof in Beeld. Naar een nieuw bemestingsadvies op grasland*, 15-35.
- Hassink J (1996b) De mineralisatie van stikstof gemeten met de laboratorium-incubatie-methode (potentiële mineralisatie). Integrale monitoring van stikstofstromen in bodem en gewas. Resultaten van proefbedrijf De Marke, Rapport 14, 29-36.

- Hassink J & Neeteson JJ (1991) Effect of grassland management on the amounts of organic N and C. *Netherlands Journal of Agricultural Science* 39: 225-236.
- Hofstede RGM & Wouters AP (1997) De N-min voorraad op beweid grasland. *Praktijkonderzoek 1997-1*, 18-21.
- Holshof G (1997) Aanpassen graslandgebruik en N-bemesting: Effecten op gewasopbrengsten en roestaantasting. PR, Intern rapport 309.
- Hoving I & de Haan M (2001) Stikstofjaarwijzer berekent ruimte voor aanvoer kunstmest. *Praktijkonderzoek Veehouderij*, jaargang 15, nr. 6, 22-24.
- Huijsmans JFM, Hol JMG & Hendriks MMWB (2002) Effect of application technique, manure characteristics, weather and field conditions on ammonia volatilisation from manure applied to grassland. *Netherlands Journal of Agricultural Science*, in press.
- Hutchings NJ, Carton OT & Smith K (2001) Ammonia loss from field applied manure - a conceptual model (CH 2). In: Sommer SG, Hutchings NJ & Carton OT (eds.) *Ammonia loss from field applied manure*. Dias report 60, Foulum, Denmark. 16- 21.
- Hutchings NJ, Sommer SG & Jarvis SC (1996) A model of ammonia volatilization from a grazing livestock farm. *Atmospheric Environment* 30, 589-599.
- Janssen BH (1996) Nitrogen mineralization in relation to C/N ratio and decomposability of organic materials *Plant and Soil* 181, 39-45.
- Janssen BH & Noij IGAM (1999) A simple model and a linear equation for the calculation of nitrogen and phosphorus mineralization: MINIP. *Plant and Soil* (submitted).
- Kasper GJ, Lokhorst C & Sonneveld C (2001) Oriënterende metingen met de Hydro-N-sensor in zetmeel en consumptieaardappelen, suikerbieten en gras. *Imag nota P2001-41*, 20 pp.
- Lantinga EA (1988) De invloed van weidend vee op de stikstofhuishouding van grasland. *Meststoffen* 1988-3, 16-20.
- Ledgard SF, Brier GJ & Sarathchandra SU (1989) Plant uptake and microbial immobilization of ¹⁵N-labelled ammonium applied to grass-clover pasture. Influence of simulated winter temperature and time of application. *Soil Biology and Biochemistry* 21, 667-670.
- Lokhorst C & Kasper GJ (2001) Precisielandbouw komt met N-sensor dichterbij. *Veehouderij Techniek* 4, nr. 3, 26-27.
- Oenema O, Postmus J, Prins WH & Neeteson JJ (1989) Seasonal variations in soil mineral nitrogen and in the response of grassland to nitrogen fertilization. *Proceedings of the XVI International Grassland Congress 1989*, 159-160.
- Oenema O, Postmus J, Prins WH & Neeteson JJ (1990) Seizoensschommelingen in minerale stikstof in de bodem en in de reactie van het grasland op toegediende stikstof. *Meststoffen* 1990, 46-48.
- Postmus J, Prins WH, De Jager A & Lebbink G (1982) Vroege N-bemesting grasland en zware neerslag, Zevenhuizen 1982. *LBNM, Verslag B395*.
- Power JF (1988) Seasonal changes in smooth brome grass top and root growth and fate of fertilizer nitrogen. *Agronomy Journal* 80, 740-745.
- Prins WH (1980) Changes in quantity of mineral nitrogen in three grassland soils as affected by intensity of nitrogen fertilization. *Fertilizer Research* 1980, 1, 51-63.
- Prins WH & Postmus J (1976) De stikstofbemesting van grasland 12. De invloed van een stikstofgift in een droogteperiode op de hergroei van gemaaid grasland. *Stikstof* 83-84, 439-441.
- Prins WH, Rauw GJG & Postmus J (1981a) Very high applications of nitrogen fertilizer on grassland and residual effects in the following season. *Fertilizer Research* 2, 309-327.
- Prins WH & Van Burg PFJ (1975) De stikstofbemesting van grasland 9. De invloed van de lengte van de veldperiode op de hergroei, speciaal voor wat

- betreft het uitstellen van de stikstofbemesting en het bedekken van de stoppel. Stikstof 81, 264-270.
- Prins WH, Van Burg PFJ, Rauw GJG & Postmus J (1981b) The seasonal response of grassland to nitrogen at different levels of nitrogen pretreatment II. Experiment 1974. Netherlands Nitrogen Technical Bulletin 12, 40 pp.
- Ruitenbergh GH, Wopereis FA & Oenema O (1991) Berekende optimale stikstofbemesting voor grasland als functie van grondsoort. NMI/SC-DLO-rapport 174, Wageningen, pp. 62.
- Schils RLM (1988) Verfijning stikstofbemesting op grasland met nitraatsneltest. In: Waiboerhoeve 1987. Verslag van praktijkgericht onderzoek. PR-publikatie 56, 11-16.
- Schils RLM (1990) Verfijning stikstofbemesting op veengrasland. Praktijkonderzoek 1990-4, 1-3.
- Schothorst CJ (1977) Subsidence of low moor peat soils in the western Netherlands. Geoderma 17, 265-291.
- Schropel R (1995) Grünlanddüngung in der Praxis. Kongressband 1995 Garmisch-Partenkirchen: Grünland als Produktionsstandort und Landschaftselement, 229-232.
- Sheldrick RD, Lavender RH & Martyn TM (1993) Effects of delay in reapplication of nitrogen fertilizer following cutting silage from a ryegrass sward. Grass and Forage Science 49-3, 369-371.
- Snoek H, Hemmer H, Van Brakel C, Ellen H, Ingelaat F & Westerlaken L (1997) Kwantitatieve Informatie Veehouderij 1997-1998.
- Søgaard HT, Sommer SG, Hutchings NJ, Huijsmans JFM, Bussink DW & Nicholson F (2002). Ammonia volatilization from manure applied to fields - statistical analysis of an EU database. Report concerted action ALFAM (FAIR 6- CT98-4057). Foulum, CH5, 1-22.
- Titchen NM & Scholefield D (1992) The potential of a rapid test for soil mineral nitrogen to determine tactical applications of fertilizer nitrogen to grassland. Aspects of Applied Biology 30, 223-229.
- Van der Putten AHJ & Vellinga ThV (1996) De invloed van graslandgebruik op de benutting van de toegediende stikstof. In: Loonen JWGM & Bach-de Wit WEM (eds.) Stikstof in Beeld. Naar een nieuw bemestingsadvies op grasland, 78-88.
- Vellinga ThV (1998) Verfijning bemestingsadvies 1998. PR-rapport 173, 39 pp.
- Vellinga ThV, Noij IGAM, Teenstra ED & Beijer L (1993) Verfijning stikstofbemestingsadvies voor grasland. PR-rapport 148, 81 pp + bijlagen.
- Vellinga ThV, Van der Putten AHJ, Roest CWJ, Roelsma J, Corré WJ & Bussink DW (1996) We kunnen nog beter bemesten. In: Loonen JWGM & Bach-de Wit WEM (eds.) Stikstof in Beeld. Naar een nieuw bemestingsadvies op grasland, 99-106.
- Velthof GL, Brader AB & Oenema O (1996a) Seasonal variations in nitrous oxide losses from managed grasslands in the Netherlands. Plant and Soil 181, 263-274.
- Velthof GL, Jarvis SC, Stein A, Allen AG & Oenema O (1996b) Spatial variability of nitrous oxide fluxes in mown and grazed grasslands on a poorly drained clay. Soil Biology and Biochemistry 28, 1215-1225.
- Wolton KM (1973) The timing of nitrogen application to intensive grassland. Fisons Agricultural Technical Information. 1973, Autumn, 7-9.
- Wouters AP & Hassink J (1996) Bijsturen van de N-bemesting tijdens het seizoen. In: Loonen JWGM & Bach-de Wit WEM (eds.) Stikstof in Beeld. Naar een nieuw bemestingsadvies op grasland, 60-77.

BIJLAGE 1. Lijst van proefvelden met deling van de N-gift voor de 1^e snede.

Jaar	grond- soort (NLV)	Tsom			opbrengst (buiten of binnen klasse)	aantal proeven	
		eenmalige N- gift	1 ^e N-gift	2 ^e N-gift			
1958	zand (120) klei (200)	<u>niet bekend</u>	<u>niet bekend</u>	<u>niet bekend</u>	buiten	1	
		<u>niet bekend</u>	<u>niet bekend</u>	<u>niet bekend</u>	buiten	1	
1959	zand (120)	<u>niet bekend</u>	<u>niet bekend</u>	<u>niet bekend</u>	binnen	1	
					buiten	5	
1960	zand (120)	140 - 250	140 – 250	306 - 400	binnen	4	
					<u>buiten</u>	12	
		140 - 250	140 – 250	<u>> 400</u>	binnen	10	
		<u>> 250</u>	<u>> 250</u>	<u>> 400</u>	<u>buiten</u>	30	
	zand (140)				binnen	4	
					<u>buiten</u>	25	
		138 - 243	138 – 243	<u>> 400</u>	binnen	1	
		klei (200)	138 - 243	138 – 243	319 - 395	binnen	2
						<u>buiten</u>	16
		veen (300)	138 - 188	138 – 188	308 - 360	binnen	3
						<u>buiten</u>	12
		1961	zand (180)	54 - 250	54 – 250	380 - 400	binnen
					<u>buiten</u>	9	
54 - 250	54 – 250			<u>> 400</u>	binnen	3	
<u>> 250</u>	<u>> 250</u>			380 - 400	<u>buiten</u>	9	
zand (140)	<u>> 250</u>		<u>> 250</u>	<u>> 400</u>	binnen	1	
					<u>buiten</u>	3	
	<u>> 250</u>		<u>> 250</u>	<u>> 400</u>	binnen	1	
					<u>buiten</u>	3	
					binnen	4	
					<u>buiten</u>	17	
klei (200)	<u>> 250</u>		<u>> 250</u>	<u>> 400</u>	binnen	3	
					<u>buiten</u>	30	
veen (300)	<u>> 250</u>		<u>> 250</u>	<u>> 400</u>	binnen	4	
					<u>buiten</u>	14	
1962	zand (140)	191 - 250	191 – 250	265 - 347	binnen	4	
					<u>buiten</u>	17	
	klei (200)	212 - 250	212 – 250	305 - 354	binnen	4	
		<u>> 250</u>	<u>> 250</u>	305 - 354	<u>buiten</u>	25	
	veen (300)	191 - 250	191 – 250	265 - 400	binnen	1	
		<u>> 250</u>	<u>> 250</u>	265 - 400	<u>buiten</u>	15	
			binnen	2			
1984	zand (120)	192	192	300	binnen	1	
1985	zand (120)	200	200	300	<u>buiten</u>	1	

Grijs: de proeven die buiten de gestelde criteria vallen voor de vergelijking van de eenmalige N-gift met de gedeelde N-gift.

Onderstreept: de reden waarom een proef buiten de criteria valt.