Hdb 25
Serievwerk
0175
WN 36654

Praktijkonderzoek voor de Akkerbouw en de Vollegrondsgroenteteelt

Naar maatwerk in bemesting

Themaboekje nr. 22

december 1999

Coördinatie: ir. P.H.M. Dekker

Praktijkonderzoek voor de Akkerbouw en de Vollegrondsgroenteteelt
Postbus 430
8200 AK Lelystad
telefoon: 0320 29 11 11
telefax: 0320 23 04 79

CENTRALE LANDBOUWCATALOGUS
0000 0819 5642

948355

Bibliotheek TEELT
Vakgroep Agr[illegible]
LU - Wageningen

Inhoud

Woord vooraf 6

Mineralenbeleid 2003: Waar liggen de knelpunten

ir. W. van Dijk en ing. J.R. van der Schoot, PAV-Lelystad 7
Inleiding 7
Knelpunten MINAS 7
Keuze modelbedrijven 8
Uitgangspunten berekening N- en P-overschotten 9
Volledig kunstmest 11
Dierlijke mest 14
Huidige praktijk 16
Langetermijneffecten 17
Relatie MINAS en uitspoeling 17
Conclusies 20

Naar een evenwichtige fosfaatbemesting bij groenten

ing. C.A.Ph. van Wijk en J.J. Neuvel, PAV-Lelystad **21**
Aanleiding 21
Bemestingsadvies en praktijk 21
Opzet en uitvoering 22
Algemeen 22
P-hoeveelhedenproeven 22
P-toestandenproeven 22
Berekening opbrengstreactie 23
Resultaten 23
Opbrengsten 23
Fosfaatreactie op kwaliteit en groeisnelheid 23
Opname en afvoer fosfaat 25
Variatie tussen gewassen, grondsoort en teelt 25
Meeropbrengst door bemesting 25
Discussie 27
Algemeen 27
Gewasreacties 29
Conclusies 30

Relatie fosfaatbehoefte vollegrondsgroenten en fosfaattoestand in de bodem

ir. P.A.I. Ehlert en dr. ir. P. de Willigen, AB Wageningen **32**
Inleiding 32
Verfijning fosfaatbemestingsadvies voor vollegrondsgroenten 34
Modelbeschrijving 34
Parametrisatie van het model 36

Gegevensverzameling 37
Opnamesnelheid en totale opname 37
Eigenschappen van wortelstelsels van vollegrondsgroentegewassen 38
Fosfaattoestand in relatie tot wortellengtedichtheden en vochthuishouding van de bodem 40
Fostaattoestand en fosfaatuitspoeling 42
Gevolgen hoge bemesting op langere termijn 43
Discussie en conclusies 43

Met stikstofbemesting inspelen op mineralisatie en gewasbehoefte

ir. H.H.H. Titulaer, PAV-Lelystad **46**
Inleiding 46
Oorzaken van stikstofverliezen 47
Gewastypen 47
Groeifase van het gewas op het moment van oogsten 47
Bewortelingsintensiteit 47
Bodemtemperatuur 48
Vochtgehalte van de grond 48
Bemestingswijze 49
Organischestofbronnen 49
Grondgebonden organische stof in de grond 49
Gewasresten 50
Dunne dierlijke mesten 50
Groenbemesters 51
Mogelijke verbeteringen voor N-conservering 52
Gewasresten 52
Dierlijke mest 53
Discussie 54
Nawoord 55

Besparing op stikstof- en fosfaatgift door aanpassing bemestingsmethoden

ing. W.C.A. van Geel, PAV-Lelystad **56**
Inleiding 56
Stikstofbijmestsyteem 56
Alternatieve toedieningsmethoden voor bijbemesting 59
Tussen de rijen doseren 60
Bladbespuiting 60
Fertigatie 61
Stikstofvorm 62
Rijenbemesting 63
Stikstofrijenbemesting 63
Cultan 63
Fosfaat 64
NP-startgift 65
Rijentoediening dierlijke organische mest 65
Interactie van stikstof en fosfaat 65
Tot besluit 66

Bedrijfskundige en financiële gevolgen invoering MINAS

ir. W.A. Dekkers Msc en ir. J. Smid, PAV-Lelystad 67
Inleiding 67
Materiaal en methode 67
Werkwijze 67
Bedrijfsopzetten 68
Bemestingsstrategieën 68
Uitgangspunten 69
Resultaten 71
Akkerbouw 71
Vollegrondsgroente 75
Lagere bodemvruchtbaarheid 75
Conclusies 80
Akkerbouw 80
Vollegrondsgroenteteelt 80
Algemeen 80

WOORD VOORAF

Het bemestingsbeleid op akkerbouw- en vollegrondsgroentebedrijven wordt complexer. Het realiseren van een kwantitatief en kwalitatief goede productie en het in stand houden van de bodemvruchtbaarheid is niet voldoende om te spreken van verantwoorde bemesting. Naast de economisch optimale bemesting zijn ook factoren als de impact voor de omgeving van belang.

Via nationale en internationale wet- en regelgeving zijn of worden randvoorwaarden gesteld. Op bedrijfsniveau zal het verschil tussen aan- en afvoer van stikstof en fosfaat moeten voldoen aan de normen die in wet- en regelgeving worden vastgelegd. De consequenties van het minerlenbeleid voor de akkerbouw en de vollegrondsgroenteteelt worden belicht.

Door het onderzoek op het PAV is ingespeeld op deze situatie. Zo zijn de huidige adviesgiften voor fosfaat in de vollegrondsgroenteteelt beduidend hoger dan de feitelijke afvoer. Zowel door het uitvoeren van fosfaattoestanden-als fosfaattrappenproeven is basismateriaal verzameld om tot een beter onderbouwd fosfaatadvies te komen. De resultaten van dit onderzoek worden in het themaboekje gepresenteerd. Ook wordt op basis van achtergrondkennis en resultaten van het recente onderzoek ingegaan op de gevolgen voor het fosfaatadvies en op lange-termijn-effecten.

Ten aanzien van de stikstofproblematiek worden resultaten gepresenteerd over de mogelijkheden om te komen tot een betere afstemming van de gewasbehoefte en het N-aanbod. Daarbij speelt de mineralisatie van stikstof tijdens het groeiseizoen een belangrijke rol. Ook de verbetering van de stikstof- benutting door aangepaste bemestingsmethoden is onderwerp van studie. Zaken als soort meststof en plaats en tijdstip van toediening zijn instrumenten die kunnen bijdragen om tot een verantwoorde bemesting te komen.

Tot slot wordt ingegaan op de economische consequenties van het toepassen van een bemestingsbeleid dat voldoet aan de randvoorwaarden die aan de agrarische productie worden gesteld.

Wij vertrouwen erop dat de gepresenteerde resultaten uit ons onderzoek een brede toepassing in de praktijk vinden. Door bemesting op maat kan de akkerbouw en de vollegrondsgroenteteelt in belangrijke mate voldoen aan de eisen die de markt en de maatschappij stellen aan de productiewijze en het product. Graag zeg ik vanaf deze plaats allen die betrokken waren bij het onderzoek en de totstandkoming van dit themaboekje van harte dank voor hun inzet.

De directeur PAV,
ir. A.J. Riemens

MINERALENBELEID 2003: WAAR LIGGEN DE KNELPUNTEN

ir. W. van Dijk en ing. J.R. van der Schoot, PAV-Lelystad

Inleiding

Voor een goede opbrengst en kwaliteit van akkerbouw- en vollegrondsgroentegewassen is een optimale bemesting van groot belang. Bemesting kan echter ook leiden tot ongewenste effecten, nl. emissies van nutriënten naar het grond- en oppervlaktewater en de lucht. Uit oogpunt van behoud van milieukwaliteit zijn daarom op zowel nationaal als Europees niveau normen opgesteld voor de maximaal toelaatbare emissies van stikstof (N) en fosfaat (P_2O_5). Zo mag het nitraatgehalte in het ondiepe grondwater bijvoorbeeld niet hoger zijn dan 50 mg per liter. Omdat aan het meten en controleren van deze gehalten nogal wat bezwaren kleven, heeft de Nederlandse overheid deze uitspoelingsnormen vertaald naar een mineralenboekhouding, nl. het Mineralen Aanvoer- en Registratie Systeem (MINAS). Dit betekent dat het verschil tussen aan- en afvoer van N en P_2O_5 op bedrijfsniveau niet hoger mag zijn dan wettelijk vastgelegde normen, de zgn. verliesnormen (tabel 1). Voor N is onderscheid gemaakt tussen droge zandgronden en overige gronden. Op eerstgenoemde gronden geldt een strengere eindnorm, nl. 60 kg N per ha. Dit komt omdat deze gronden uitspoelingsgevoeliger zijn. Bij overschrijding van de normen moet een heffing worden betaald (respectievelijk *f*5,- en *f* 20,- per kg N en P_2O_5).
Uitgaande van een verfijnde aangifte mogen akkerbouwers en vollegrondsgroentetelers rekenen met een vaste afvoer van resp. 165 kg N en 65 kg P_2O_5 per ha. Aan de aanvoerzijde gaat het hoofdzakelijk om meststoffen. Andere aanvoerposten als depositie en biologische stikstofbinding vallen niet onder MINAS. Dit geldt voorlopig ook nog voor kunstmestfosfaat. Naast maximaal toegestane N- en P-overschotten mag maximaal 170 kg N per ha met dierlijke mest worden toegediend. In deze bijdrage zal worden aangegeven welke knelpunten zich voordoen m.b.t. het voorgestane mineralenbeleid in zowel de akkerbouw- als de vollegrondsgroentesector.

Knelpunten MINAS

Om na te gaan waar de grootste knelpunten liggen, zijn bij een groot aantal *modelbedrijven* de N- en P-overschotten berekend. In deze paragraaf worden eerst de bedrijfskeuze en de gehanteerde uitgangspunten bij de berekening van de N- en P-overschotten toegelicht.

Tabel 1. Voorgesteld mineralenbeleid 2003.

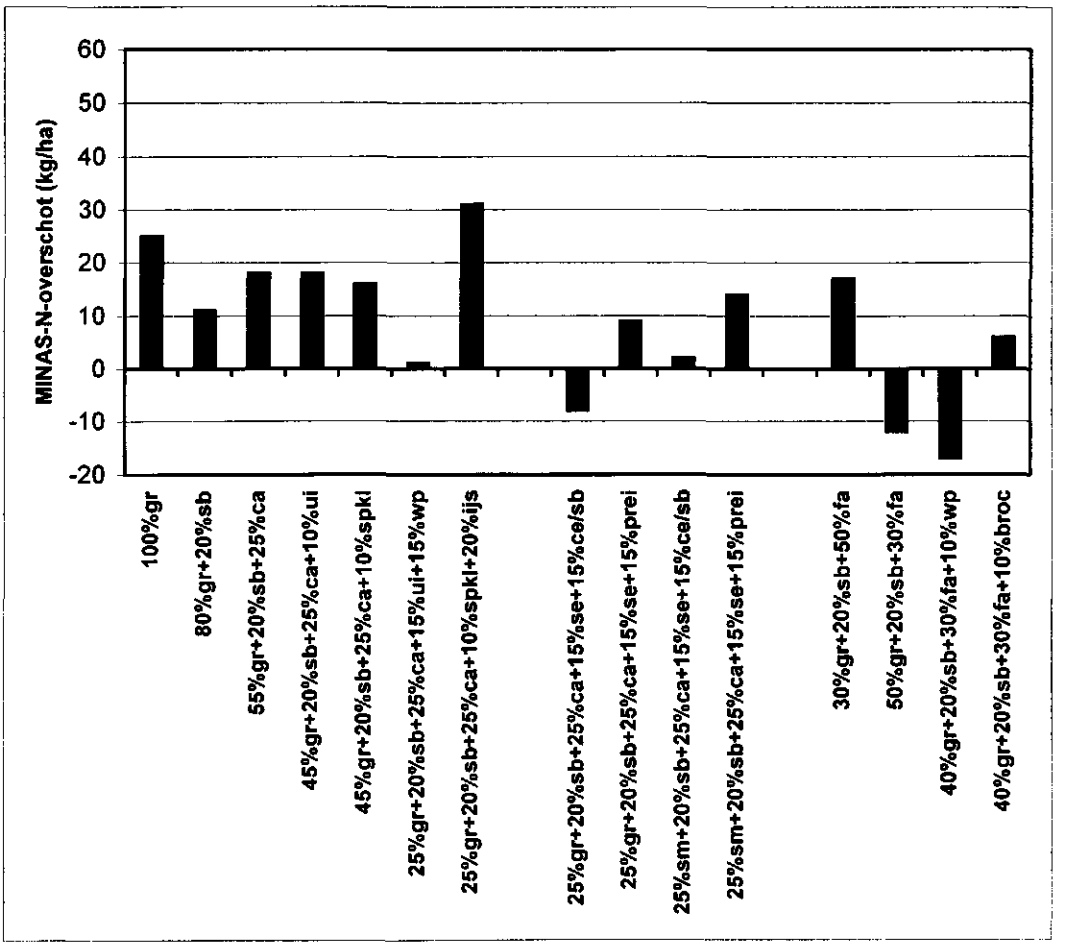
verliesnorm			aanvoernorm
P_2O_5	N (kg per ha)		dierlijke mest
(kg per ha)	droge zandgronden	overige gronden	(kg N per ha)
20	60	100	170

Vervolgens worden de resultaten besproken. Hierbij wordt eerst ingegaan op de situatie met alleen kunstmestgebruik. Op deze manier wordt namelijk een goede indruk verkregen van de invloed van de bouwplansamenstelling op de MINAS-overschotten.

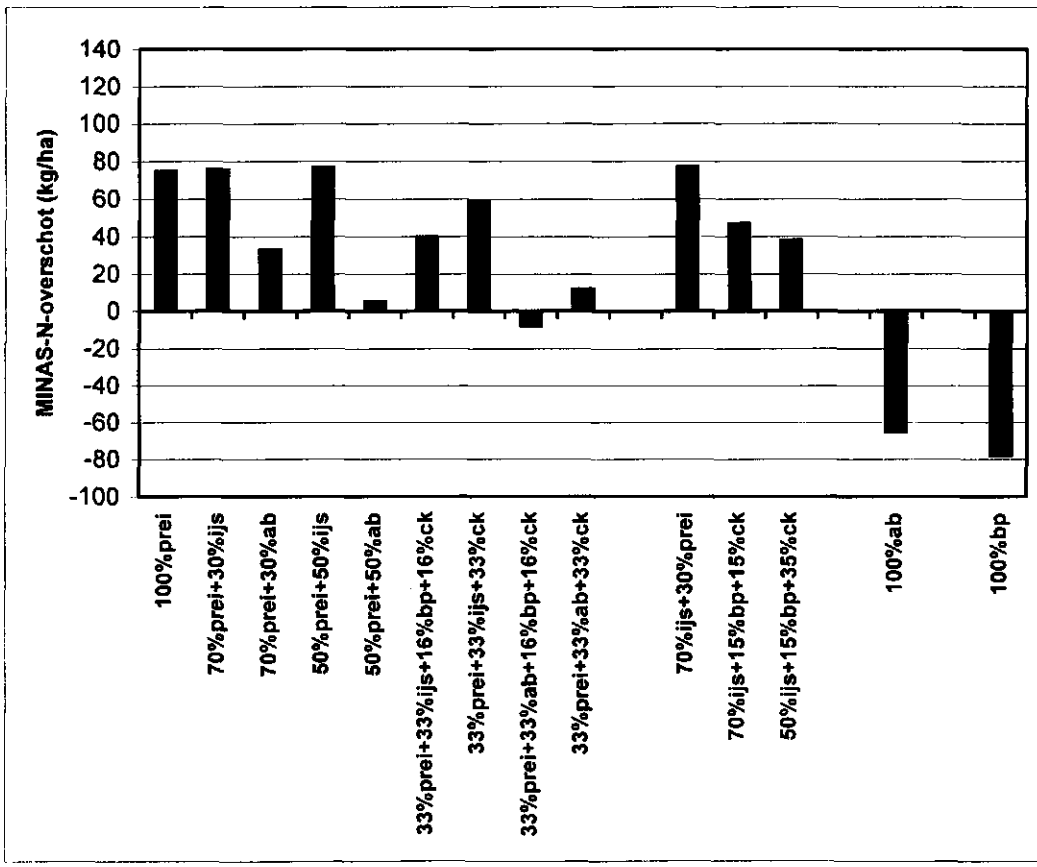
Verderop zal worden ingegaan op de effecten van dierlijke mest. Tenslotte zullen de uitkomsten worden vergeleken met die van bestaande praktijkbedrijven.

Keuze modelbedrijven

Bij de keuze van de modelbedrijven was het uitgangspunt dat ze representatief zijn voor de verschillende bedrijfstypen in de verschillende regio's.



Figuur 1a. MINAS-N-overschotten modelbedrijven akkerbouw bij bemesting met kunstmest volgens advies (gr=graan, sb=suikerbiet, ca=consumptie-aardappel, spkl=spruitkool, wp=winterpeen, ijs=ijssla, sm=snijmais, se=schorseneer, ce=conservenerwt, sb=stamslaboon, fa=fabrieksaardappel, broc=broccoli).



Figuur 1b. MINAS-N-overschotten modelbedrijven groenten op zand bij bemesting met kunstmest volgens advies (ijs=ijssla, ab=aardbei, bp=bospeen, ck=Chinese kool).

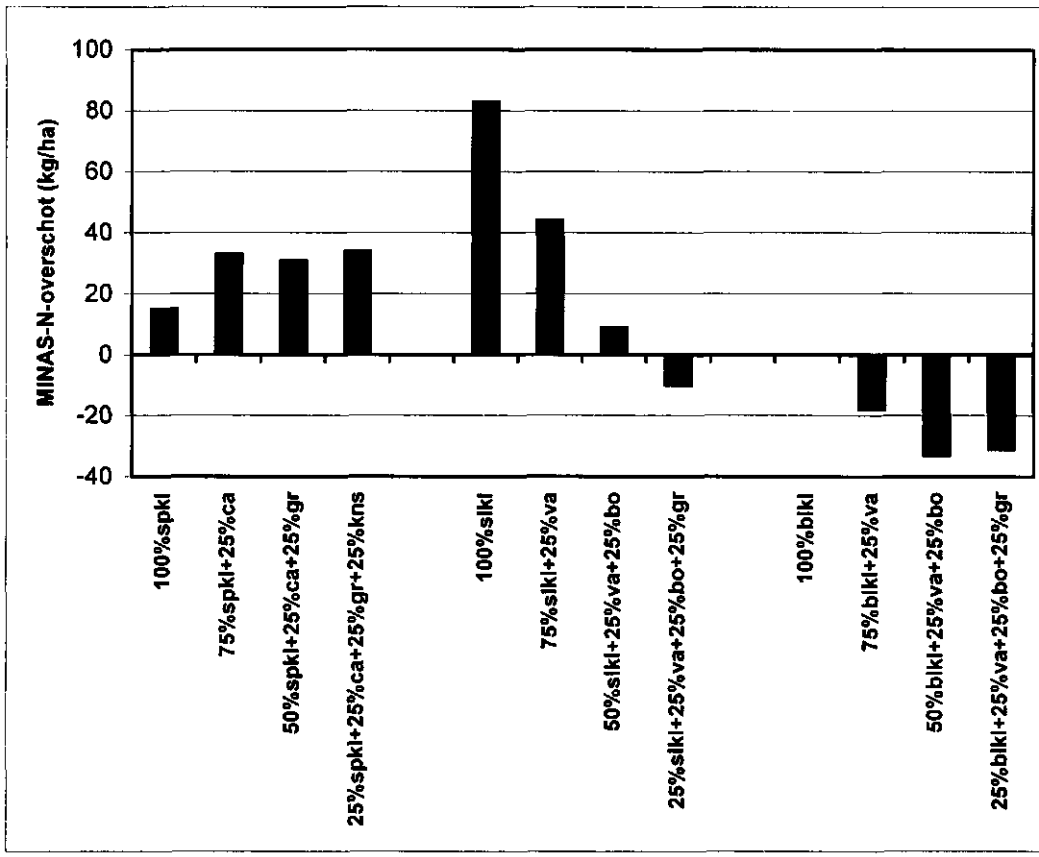
Bij de *akkerbouwbedrijven* is onderscheid gemaakt tussen graan-, pootgoed-, consumptieaardappel- en fabrieksaardappelbedrijven. Op de bedrijven met aardappelen zijn varianten doorgerekend met een laag (10%) en een hoog (30%) aandeel groenten. Bij de groenten is vervolgens weer onderscheid gemaakt tussen soorten met een lage en een hoge N-behoefte.

Bij de *groentebedrijven* is onderscheid gemaakt tussen de zand- en kleibedrijven vanwege de sterk verschillende bouwplansamenstelling. Op zand zijn prei-, sla-, aardbei- en bospeenbedrijven doorgerekend, op klei spruitkool-, sluitkool- en bloemkoolbedrijven. Zowel op zand als op klei zijn gespecialiseerde bedrijven doorgerekend als bedrijven die meer een vruchtwisseling toepassen.

Uitgangspunten berekening N- en P-overschotten

Bij de berekening van de MINAS-overschotten van de modelbedrijven zijn de volgende uitgangspunten gehanteerd:

- Bij ijssla, bospeen en Chinese kool is uit-



Figuur 1c. MINAS-N-overschotten modelbedrijven groenten op klei bij bemesting met kunstmest volgens advies (spkl=spruitkool, ca=consumptie-aardappel, gr=graan, kns=knolselderij, slkl=sluitkool, va=vroege aardappel, bo=bollen (50% tulp en 50% iris), blkl=bloemkool).

gegaan van twee teelten, bij de overige groentegewassen van één teelt per groeiseizoen.

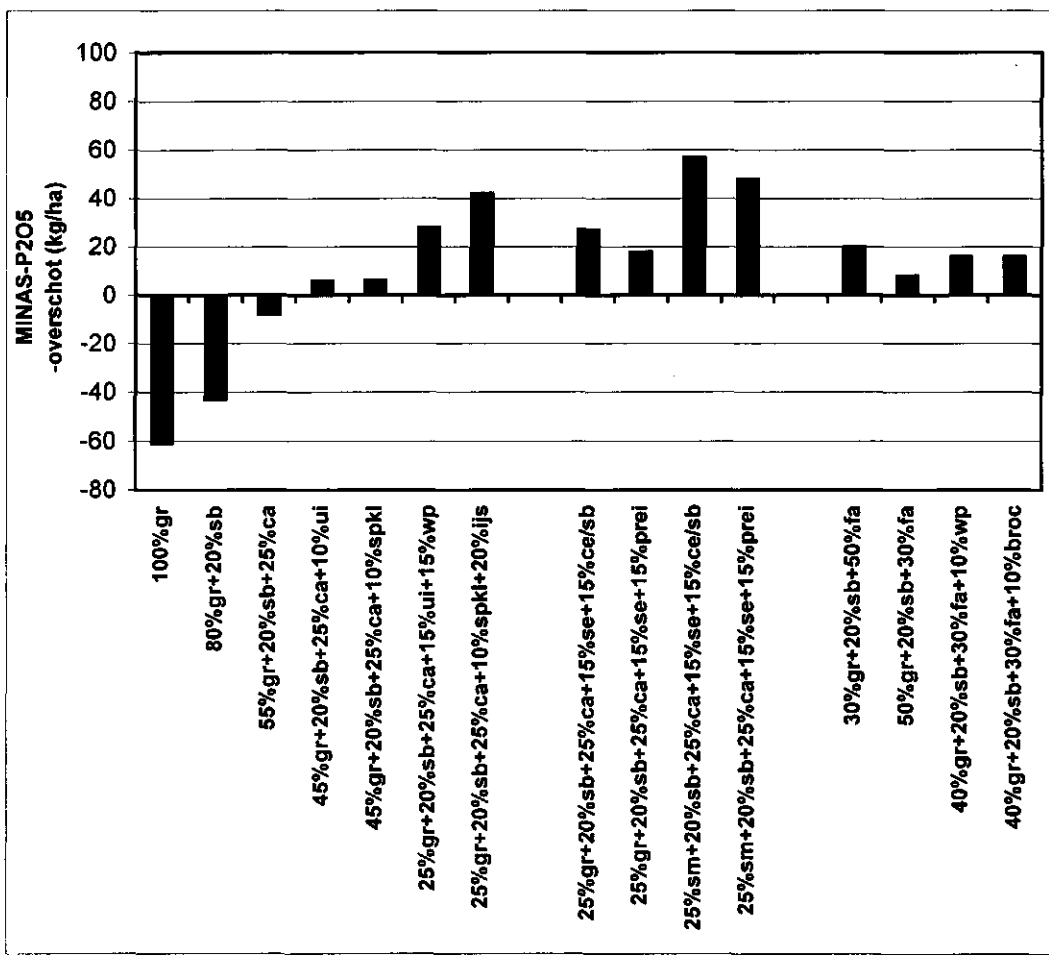
- Er is bemest volgens de adviezen zoals vermeld in de Adviesbasis. Bij de fosfaatbemesting van groenten is uitgegaan van het *akkerbouwadvies*. Bij een dubbelteelt is bij de tweede teelt gerekend met de helft van de adviesgift bij de eerste teelt.
- Er is uitgegaan van een fosfaattoestand op streefwaarde (Pw 25 op klei en Pw 30 op zand). Dit is de ondergrens van het streeftraject 'voldoende', waardoor het snelste eventuele knelpunten zichtbaar worden. De hoeveelheid minerale bodem-N voor aanvang van de teelt bedroeg 20, 30 en 40 kg per ha in resp. de laag 0-30, 0-60 en 0-90 cm.
- Na pootaardappelen, bollen en vroege aardappelen is een *onbemeste* groenbemester gezaaid. Na granen is alleen een *bemeste* groenbemester ingezet wanneer de organischestofvoorziening niet toereikend is. Op kleigrond (onderwerken in najaar) is uitgegaan van een N-nawerking

van 25 kg per ha, op zandgrond (onderwerken in voorjaar) van 40 kg per ha.
- Bij bieten en koolgewassen is uitgegaan van een N-nawerking uit oogstresten van 30 kg N per ha.

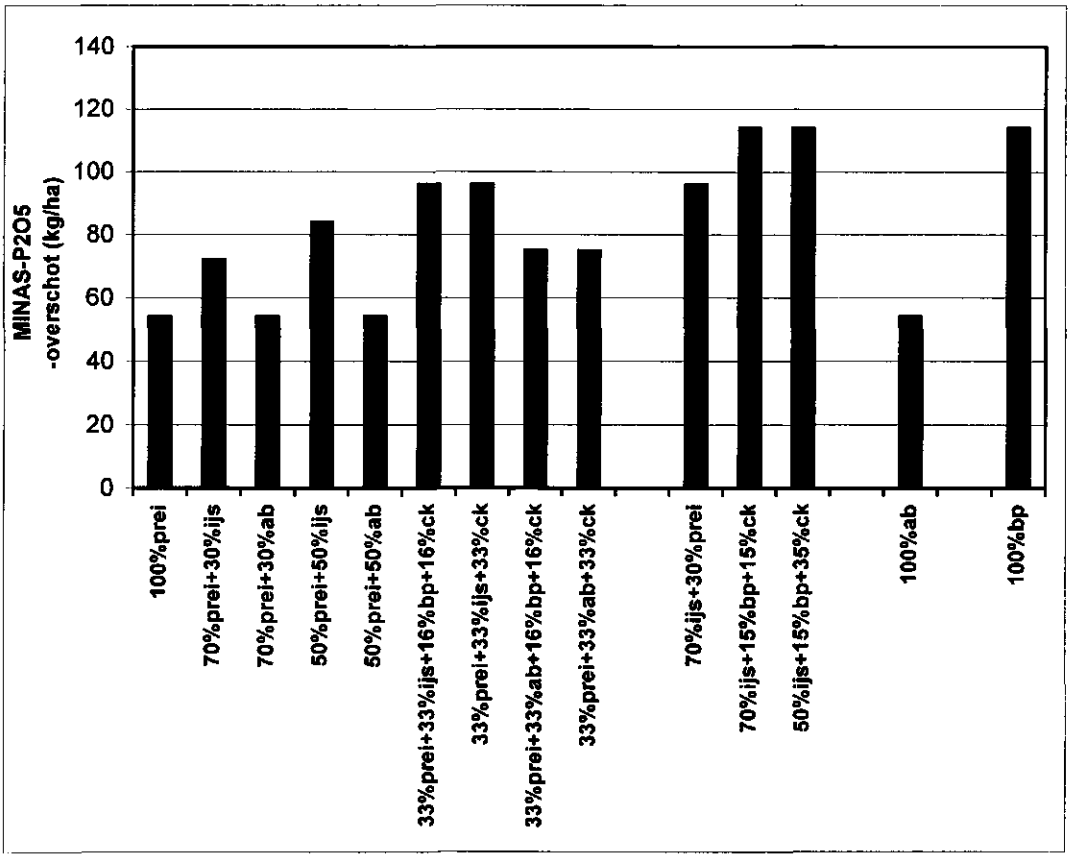
Volledig kunstmest

Stikstof

Gebaseerd op enkel kunstmestbemesting kunnen alle doorgerekende *akkerbouwbedrijven* op zowel klei als zand voldoen aan de MINAS-N-eindnorm (100 en 60 kg per ha op resp. klei en zand) (figuur 1a). De hoogste overschotten worden behaald in bouwplannen met consumptie- en fabrieksaardappelen met name in combinatie met een hoog aandeel N-behoeftige groenten (spruitkool, ijssla en prei). De resultaten van de pootgoedbedrijven zijn niet weergegeven in de figuur. Bij een vergelijkbaar bouwplan is het N-overschot op pootgoedbedrijven als gevolg van de lagere



Figuur 2a. MINAS-P_2O_5-overschotten (inclusief kunstmestfosfaat) modelbedrijven akkerbouw bij bemesting volgens advies (gr=graan, sb=suikerbiet, ca=consumptie-aardappel, spkl=spruitkool, wp=winterpeen, ijs=ijssla, sm=snijmais, se=schorseneer, ce=conservenerwt, sb=stamslaboon, fa=fabrieksaardappel, broc=broccoli).



Figuur 2b. MINAS-P_2O_5-overschotten (inclusief kunstmestfosfaat) modelbedrijven groenten op zand bij bemesting volgens het akkerbouwadvies (ijs=ijssla, ab=aardbei, bp=bospeen, ck=Chinese kool).

N-behoefte, 20-30 kg per ha lager dan op consumptie- en fabrieksaardappelbedrijven.

Door de hoge N-behoefte van wintertarwe heeft ook het graanbedrijf relatief gezien een vrij hoog MINAS-N-overschot.

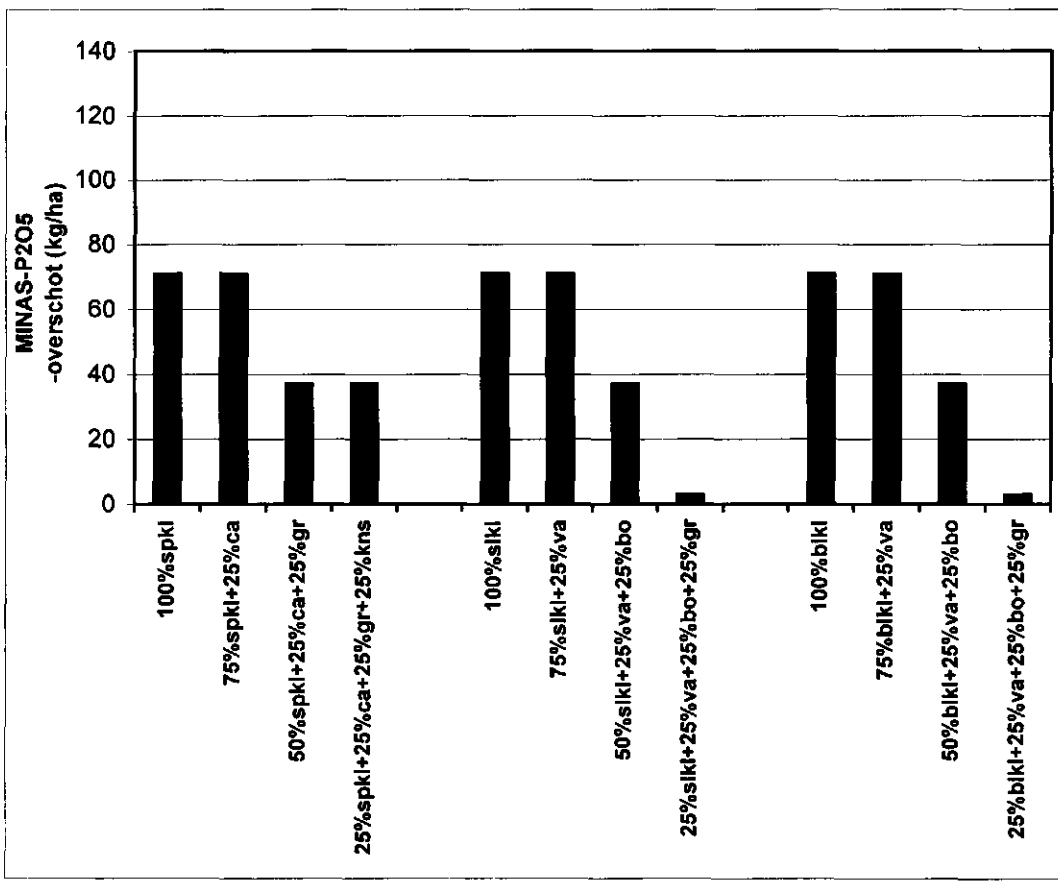
Bij de *vollegrondsgroentebedrijven* op zand wordt de MINAS-norm wel overschreden (figuur 1b). Dit geldt met name voor bedrijven met veel prei en sla. Wanneer ook minder N-behoeftige gewassen (aardbei en peen) in het bouwplan voorkomen, geeft dit meestal een verbetering van de situatie. Opgemerkt moet worden dat bij de teelt van prei de minerale bodem-N voor aanvang van de teelt vaak hoger is dan de 30 kg per ha waarmee is gerekend. Dit komt omdat prei meestal pas in de zomer wordt geplant. Als gevolg van mineralisatie bevindt zich dan vaak meer N in de bodem dan in het vroege voorjaar. Het N-overschot zal dan lager zijn dan in de berekeningen. In een andere bijdrage wordt ingegaan op de mogelijkheden van efficiëntere bemestingsmethoden om de overschotten bij sla en prei te verlagen.

Bij de groentebedrijven op klei doen zich

geen grote problemen voor (figuur 1c). De hoogste overschotten worden behaald op sluitkoolbedrijven. Dit komt door de hoge N-behoefte van sluitkool (m.n. witte kool) in vergelijking met spruitkool en bloemkool.
Inpassing van gewassen met een lagere N-behoefte, zoals vroege aardappelen en bollen, verbetert de situatie. In de berekeningen is bij bloemkool uitgegaan van één teelt per groeiseizoen. Door het relatief korte groeiseizoen zijn twee teelten mogelijk. Hierdoor wordt de situatie ongunstiger. Door het relatief lage N-overschot bij een enkele teelt is er echter naar verwachting nog voldoende ruimte om binnen de N-verliesnorm te blijven.

Fosfaat

Kunstmestfosfaat valt voorlopig niet onder MINAS. Wanneer dit wel het geval zou zijn, wordt op *akkerbouwbedrijven* de fosfaatverliesnorm overschreden in bouwplannen met een hoog aandeel groenten (figuur 2a). Dit



Figuur 2c. MINAS-P_2O_5-overschotten (inclusief kunstmestfosfaat) modelbedrijven groenten op klei bij bemesting volgens het akkerbouwadvies (spkl=spruitkool, ca=consumptie-aardappel, gr=graan, kns=knolselderij, slkl=sluitkool, va=vroege aardappel, bo=bollen (50% tulp en 50% iris), blkl=bloemkool).

komt door de hoge fosfaatbehoefte van groenten. In Zuidoost-Nederland is het probleem het grootst, omdat hier het aandeel groenten hoog is. Bovendien wordt hier ook vaak snijmais in plaats van graan geteeld. Dit gewas heeft een veel hogere fosfaatbehoefte dan graan.
Op de *groentebedrijven* vindt in vrijwel alle gevallen een sterke overschrijding van de verliesnorm plaats als kunstmestfosfaat wordt meegerekend (figuur 2b en 2c). De situatie is het meest ongunstig op bedrijven met veel dubbelteelten (sla, bospeen en Chinese kool). Wanneer meer minder fosfaatbehoeftige gewassen worden geteeld, wordt de situatie gunstiger. Dit is bijvoorbeeld het geval op koolbedrijven waar ook bollen en/of graan worden geteeld.

Bij de fosfaatoverschotten moet een tweetal kanttekeningen worden geplaatst. In de eerste plaats is in de berekeningen bij groenten uitgegaan van het akkerbouwadvies. Hierin zijn vrijwel alle groenten in de meest fosfaatbehoeftige groep geplaatst. Toepassing van het groenteadvies zou leiden tot nog veel hogere giften en hogere P_2O_5-overschotten. In een andere bijdrage wordt ingegaan op de vraag in hoeverre neerwaartse bijstelling van de huidige adviezen landbouwkundig gezien mogelijk is. Een andere kanttekening betreft de fosfaattoestand. In de berekeningen is uitgegaan van een Pw op streefgetal. In de praktijk komen met name op zand vaak veel hogere fosfaattoestanden voor. De problemen zullen dan veel geringer zijn omdat dan minder fosfaat hoeft te worden gegeven.

In bovenstaande studie is niet speciaal aandacht besteed aan de mineralenoverschotten op biologische bedrijven. In het algemeen zullen de overschotten lager zijn dan op gangbare bedrijven. De bemestingsniveaus zijn namelijk in het algemeen lager dan op gangbare bedrijven, terwijl gerekend wordt met een zelfde forfaitaire afvoer van N en P. Bovendien worden op biologische bedrijven veel meer dan op gangbare bedrijven vlinderbloemigen ingezet. De door deze gewassen gebonden N wordt bij MINAS buiten beschouwing gelaten.

Dierlijke mest

Het gebruik van dierlijke mest is in plantaardige sectoren economisch aantrekkelijk. Vaak krijgt men geld toe. Hoeveel mest kan worden gebruikt hangt af van:

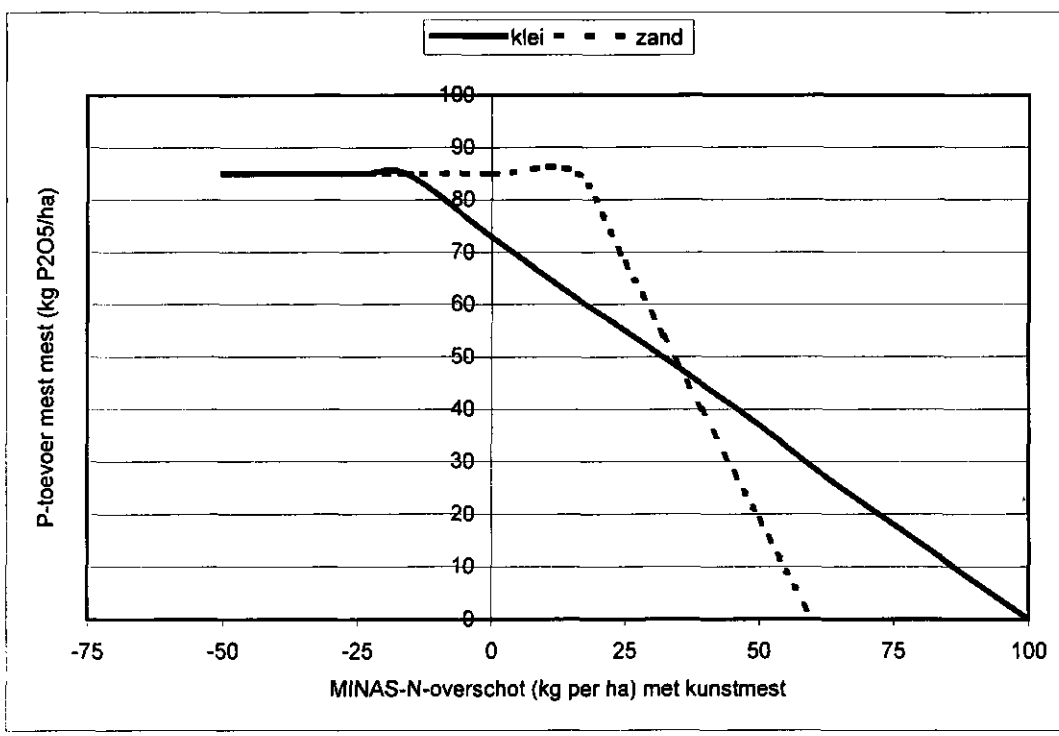
Tabel 2. Verhoging N-overschot (kg per ha) bij maximaal gebruik van dierlijke mest binnen de fosfaat-verliesnorm van 20 kg P_2O_5 per ha of aanvoernorm van 170 kg N per ha.

mestsoort	N/P-verhouding	toedieningstijdstip	
		najaar	voorjaar
Dunne mest[1]			
- rundvee	2,7	136	51
- vleesvarkens	1,7	116	29
- kippen	1,4	95	36
Vaste mest[2]			
- kippenstrooiselmest	0,79	47	36
- leghennenmest	1,28	76	54
- slachtkuikensmest	1,79	107	76

1. werkingscoëfficiënt 20 en 70% bij resp. najaars- en voorjaarstoediening
2. werkingscoëfficiënt 30 en 50% bij resp. najaars- en voorjaarstoediening

1. *De stikstofaanvoernorm*
   Er mag maximaal 170 kg N per ha met mest worden toegediend.
2. *De fosfaatverliesnorm*
   Bij een eindnorm van 20 kg P_2O_5 per ha (excl. kunstmestfosfaat) kan 85 (65 + 20) kg P_2O_5 per ha per jaar met mest worden aangevoerd.
3. *De stikstofverliesnorm*
   Op resp. zand- en kleigrond mag het overschot maximaal 60 en 100 kg N per ha bedragen.

De stikstofaanvoernorm is alleen beperkend bij mestsoorten met een N/P_2O_5 -verhouding hoger dan 2 (bijvoorbeeld bij runderdrijfmest). De maximale inzet wordt bij de meeste mestsoorten bepaald door de stikstof- en fosfaat-verliesnorm. Volgens de fosfaatverliesnorm kan maximaal 85 kg P_2O_5 met mest worden toegediend. Of deze hoeveelheid ook daadwerkelijk kan worden gebruikt hangt af van de N-verliesnorm. Gebruik van dierlijke mest heeft namelijk gevolgen voor het N-overschot omdat slechts een deel van de N uit mest beschikbaar komt voor het gewas. In tabel 2 is aangegeven in welke mate het N-overschot toeneemt wanneer maximaal dierlijke mest wordt gebruikt binnen de fosfaatverliesnorm of de stikstofaanvoernorm. De stijging hangt in sterke mate af van het toedieningstijdstip. Door de lage N-werking stijgt het N-overschot bij najaarstoepassing veel sterker dan bij voorjaarstoepassing. De stijging is sterker naarmate de N/P-verhouding in de mest hoger is.
Hoeveel ruimte er is om daadwerkelijk bovenstaande hoeveelheid mest te gebruiken



Figuur 3. Plaatsingsruimte van vleesvarkensdrijfmest (kg P_2O_5 per ha) in relatie tot het MINAS-N-overschot bij adviesbemesting op zowel klei (najaarstoediening) als zand (voorjaarstoediening).

hangt dus af van het toedieningstijdstip maar ook van de bouwplansamenstelling. In een bouwplan met veel N-behoeftige gewassen wordt bij gebruik van dierlijke mest sneller de N-verliesnorm overschreden dan wanneer gewassen worden geteeld met een lage N-behoefte. Het verschil tussen het MINAS-N-overschot bij adviesbemesting met werkzame N (zoals berekend in paragraaf 'volledig kunstmest') en de maximaal toegestane N-verliesnorm bepaalt dan de maximale plaatsingsruimte voor mest. In figuur 3 is dit weergegeven voor vleesvarkensdrijfmest bij zowel najaars- als voorjaarstoepassing. Bij najaarstoepassing op klei blijkt het vanaf een MINAS-N-overschot van circa –15 niet meer mogelijk maximaal dierlijke mest te gebruiken volgens de fosfaatverliesnorm. Op zandgrond is dit vanaf een MINAS-N-overschot vanaf circa 15 kg N per ha het geval. Door de scherpere verliesnorm op zandgrond (60 t.o.v. 100 kg per ha op kleigrond) neemt de plaatsingsruimte op zand sneller af dan op klei bij stijging van het MINAS-N-overschot bij adviesbemesting.

Op de meeste doorgerekende bedrijven op *kleigrond* (zie paragraaf 'volledig kunstmest') bepaalt de N-verliesnorm de maximale plaatsingsruimte voor mest. Alleen in geval van fosfaatrijke mestsoorten (bijvoorbeeld kippenstrooiselmest) bepaalt de fosfaatverliesnorm de maximale aanvoer. Op de doorgerekende akkerbouwbedrijven op *zand* is de fosfaatverliesnorm meestal beperkend m.u.v. bedrijven die relatief veel runderdrijfmest gebruiken. Bij de groentebedrijven op zand die worden gekenmerkt door hoge N-overschotten bij adviesbemesting (prei en dubbelteelt sla) is de N-verliesnorm beperkend. Bij een aantal bedrijven kan zelfs geen mest meer worden gebruikt omdat bij alleen kunstmest de verliesnorm van 60 kg N per ha al wordt overschreden.

Hoewel maximaal gebruik van dierlijke mest binnen de milieunormen economisch aantrekkelijk kan zijn, dienen hierbij toch een aantal kanttekeningen te worden geplaatst. In geval van najaarstoediening leidt maximale inzet van dierlijke mest, ook binnen verliesnormen, tot onnodige, ongewenste N-verliezen. Dit geldt met name voor mestsoorten met een hoge N/P-verhouding. Bij najaarstoepassing zou daarom met mest niet meer minerale N moeten worden toegediend dan een groenbemester kan opnemen. Bij een goed geslaagde groenbemester betekent dit circa 80-100 kg N per ha. Voorwaarde is dan wel dat de mest na een vroegruimend gewas (bijvoorbeeld graan) wordt toegediend. Ook bij voorjaarstoepassing is het om gewastechnische redenen niet altijd zinvol maximaal mest binnen de verliesnormen te gebruiken. Met name bij gewassen met een lage N-behoefte en/of gewassen die gevoelig zijn voor vermindering van kwaliteit bij een te hoog N-aanbod, wordt vaak geen of slechts in beperkte mate mest gebruikt.

Huidige praktijk

Op dit moment loopt het project Praktijkcijfers. Hieraan nemen 240 bedrijven deel waaronder 17 akkerbouw- en 4 vollegrondsgroentebedrijven. Het doel is om te laten zien wat mogelijk is met mineralenmanagement volgens Goede Landbouw Praktijk (GLP). Goede Landbouw Praktijk houdt in dat bemestingskennis op een zo goed mogelijke manier wordt ingezet.
Op de akkerbouwbedrijven werd in 1997 en 1998 een MINAS-N-overschot behaald van circa 80 en 60 kg N per ha. Dit ligt in dezelfde orde van grootte dan de overschotten berekend bij de modelbedrijven. Wanneer kunstmestfosfaat wordt meegerekend bedroeg het fosfaatoverschot in beide jaren circa 10 kg per ha.
Op de groentebedrijven werden de MINAS-normen ruim overschreden. Dit kan te maken hebben met specifieke omstandigheden. Op

laatstgenoemde bedrijven worden vaak gewassen geteeld die pas laat in de herfst of in de winter worden geoogst. Met name onder natte omstandigheden moet dan vaker worden bijbemest waardoor meer N wordt gegeven dan volgens het advies. Ook kan er sprake zijn van risicomijdend gedrag. Met name bij vollegrondsgroenten kan verlies aan kwaliteit immers aanzienlijke financiële consequenties hebben. Ook de bouwplansamenstelling is erg bepalend. Uit het Verbredingsproject Vollegrondsgroenten bleek dat met name op bedrijven met veel prei en bladgewassen hoge N-overschotten werden behaald (100-150 kg per ha).

Langetermijneffecten

Langetermijneffecten kunnen zich zowel bij stikstof als fosfaat voordoen. Veel besproken is het verloop van de P-toestand bij langdurige toepassing van de MINAS-eindnorm. De P-deskstudie heeft uitgewezen dat voor het handhaven van een bepaalde P-toestand een hoger P-overschot nodig is naarmate de P-toestand hoger is. Dit werd ook waargenomen op de BSO-locatie Vredepeel. Daar werd berekend dat een P_2O_5-overschot van circa 115 kg per ha nodig was om het Pw getal op 60 te handhaven, terwijl voor handhaving van de Pw op 40 slechts een overschot van 25-30 kg P_2O_5 per ha vereist was. Cruciale vraag is natuurlijk op welk niveau de P-toestand zich stabiliseert bij toepassing van de MINAS-norm. Zo lang dit rond het streefgetal van 25-30 is, zijn de problemen waarschijnlijk te overzien. Bij een verdere daling zullen de landbouwkundige gevolgen forser zijn. Een andere bijdrage zal op dit aspect nader ingaan. Overigens moet worden benadrukt dat de werkelijke P-afvoer vaak lager is dan 65 kg P_2O_5 per ha (zie volgende paragraaf) waardoor het P-overschot in werkelijkheid hoger zal zijn dan 20 kg P_2O_5 per ha.
Ook bij stikstof kan er sprake zijn van langetermijneffecten. Door aanscherping van de verliesnormen neemt de plaatsingsruimte voor dierlijke mest af. Dit is het sterkst het geval op bedrijven met een hoog aandeel gewassen met een hoog N-overschot. Gebruik van minder mest leidt tot een verminderde toevoer van organische stof. Dit moet dan worden gecompenseerd door gewasresten en/of de teelt van groenbemesters. Met name op bedrijven met veel prei kan afhankelijk van de soort mest die wordt gebruikt de organische stofvoorziening in het geding komen. De hoge N-behoefte van prei laat namelijk weinig ruimte voor inzet van dierlijke mest, terwijl de aanvoer via gewasresten onvoldoende is om de jaarlijkse afbraak van organische stof te compenseren. Mogelijk biedt het gebruik van mineraalarme compost hier uitkomst.
Een verminderd gebruik van dierlijke mest kan ook tot gevolg hebben dat het mineralisatieniveau van de bodem afneemt. Hierdoor is op termijn meer N nodig voor een optimale productie.

Relatie MINAS en uitspoeling

MINAS heeft tot doel om te voldoen aan normen voor waterkwaliteit. Resultaten van onder andere PAV-bedrijfssystemenonderzoek te Nagele laten echter zien dat de relatie tussen MINAS-overschotten en uitspoeling vaak zwak is. Deels heeft dit te maken met verschillen tussen de MINAS-aan- en afvoer enerzijds en de werkelijke aan- en afvoer anderzijds. MINAS houdt aan de aanvoerzijde bijvoorbeeld geen rekening met depositie en N-binding door vlinderbloemigen. Beide processen zijn echter wel van invloed op de hoeveelheid potentieel uitspoelbare N. Daarnaast wordt aan de afvoerzijde in de plantaardige sectoren bij MINAS uitgegaan van een vaste afvoer van resp. 165 kg N en 65 kg P_2O_5 per

Tabel 3. Werkelijke afvoer van N en P_2O_5 bij een aantal akkerbouw- en vollegronds-groentegewassen.

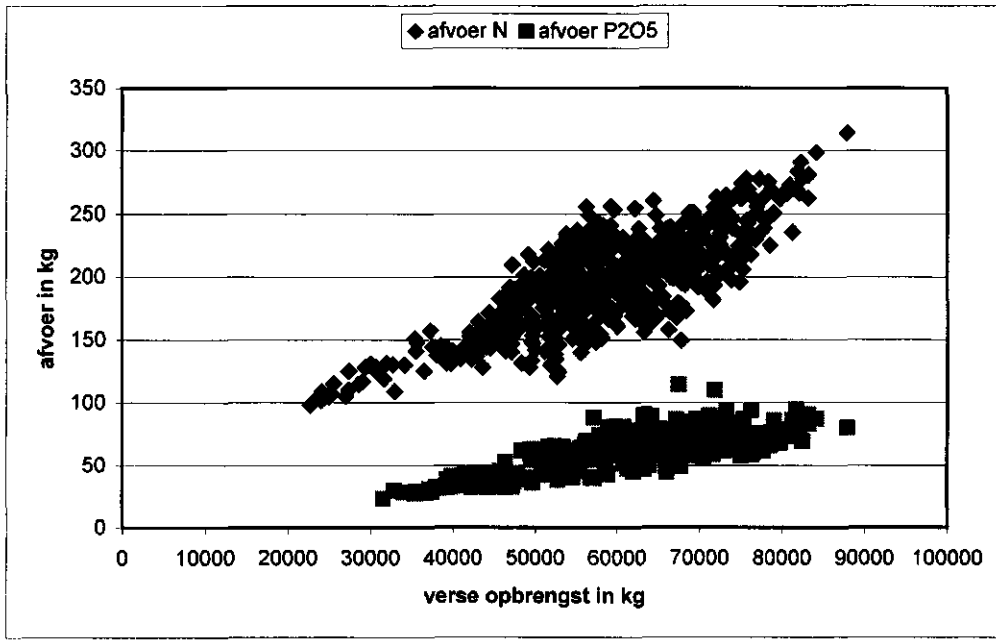
	afvoer (kg per ha)	gewas
N	< 40	broccoli, stamslaboon, aardbei, graszaad
	40-80	sla, schorseneer, doperwt, bloemkool
	80-120	suikerbiet, pootaardappel, brouwgerst, spruitkool, ui, prei
	120-160	consumptie- en fabrieksaardappelen, peen
	> 160	wintertarwe, snijmais, witte kool
P_2O_5	< 20	broccoli, stamslaboon, aardbei, graszaad, doperwt
	20-40	sla, schorseneer, spruitkool, bloemkool, prei
	40-60	suikerbiet, pootaardappel, brouwgerst, ui, consumptie- en fabrieksaardappel, witte kool, peen
	> 80	wintertarwe, snijmais

ha. Bij de meeste gewassen zal, uitgaande van gemiddelde opbrengstniveaus, minder N en P worden afgevoerd (tabel 3). Met name bij gewassen waarbij veel gewasresten op het land achterblijven (bijvoorbeeld graszaad, suikerbiet, aardbei, bloemkool, broccoli) is er sprake van een groot verschil tussen forfaitaire en werkelijke afvoer. Slechts bij enkele gewassen wordt meer afgevoerd dan volgens de forfaitaire norm (bijvoorbeeld snijmais, wintertarwe, witte kool). Bovenstaande betekent dat er in de meeste gevallen op bedrijfsniveau minder N en P wordt afgevoerd dan volgens de forfaitaire normen.

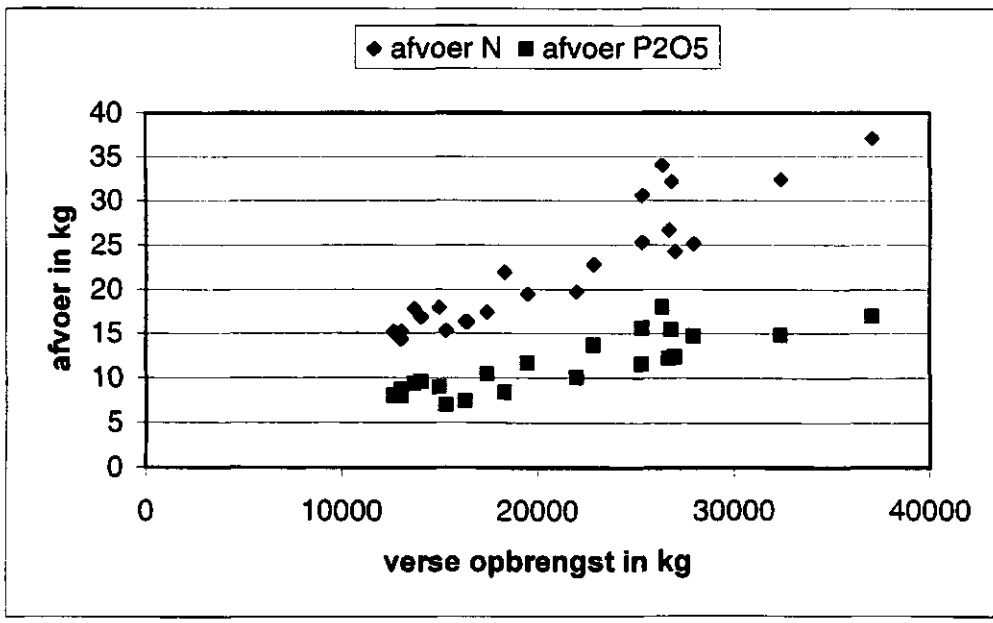
De werkelijke afvoer zoals getoond in tabel 3 is geen vast gegeven. Ter illustratie is de spreiding in stikstof- en fosfaatafvoer weergegeven voor consumptieaardappelen en aardbei. De gegevens zijn afkomstig van PAV-onderzoeksgegevens van de laatste tien jaar. Uit figuur 4 blijkt dat er bij beide gewassen sprake is van een grote spreiding in afvoer van stikstof en fosfaat. Het verschil tussen de laagste en hoogste waarde kan gemakkelijk een factor 2-3 bedragen. De spreiding wordt voor een belangrijk deel veroorzaakt door opbrengstverschillen. Het stikstof- en fosfaatgehalte is hierop van veel minder invloed.

Ook wanneer wordt uitgegaan van de werkelijke i.p.v. de MINAS-overschotten is de hoogte van het overschot echter lang niet altijd maatgevend voor de optredende verliezen. Wanneer een hoog N-overschot bijvoorbeeld een gevolg is van veel N die in gewasresten op het land achterblijft, kan een deel van deze N worden herbenut terwijl een deel ook verloren zal gaan door andere processen dan uitspoeling (denitrificatie, immobilisatie).

Uit het project Verbreding BSO blijkt bijvoorbeeld dat na koolgewassen veel minder uitspoeling werd gemeten dan op grond van het N-overschot mocht worden verwacht. Anderzijds zijn er ook gewassen met een relatief laag N-overschot terwijl er na de oogst van die gewassen vaak veel N in de bodem achterblijft en dus kan uitspoelen (bijvoorbeeld ui en snijmais). Dit komt omdat bij deze gewassen de N-opname al vrij vroeg stopt, waardoor de in de nazomer en herfst in de grond vrijkomende N niet meer wordt opgenomen. Tenslotte zal op percelen met een hoog mineralisatieniveau minder N nodig



Figuur 4a. Invloed van opbrengst op stikstof- en fosfaatafvoer (kg N en P_2O_5 per ha) bij consumptieaardappelen (klei/löss).



Figuur 4b. Invloed van opbrengst op stikstof- en fosfaatafvoer (kg N en P_2O_5 per ha) bij aardbei (zand).

zijn, waardoor het N-overschot daalt terwijl de uitspoeling op dergelijke percelen meestal vrij hoog is.

Conclusies

De knelpuntenanalyse leert dat bij stikstof:

- In de akkerbouw bij bemesting volgens advies ook bij een verantwoord gebruik van dierlijke mest geen problemen te verwachten zijn.
- Het N-overschot op groentebedrijven op zandgrond met veel prei en dubbelteelten van bladgewassen wordt overschreden. Dit is met name het geval bij gebruik van dierlijke mest.
- De organischestofvoorziening op dergelijke bedrijven in het geding komt, omdat er binnen de N-verliesnorm weinig ruimte is voor inzet van dierlijke mest.

De knelpuntenanalyse leert dat bij fosfaat:

- Wanneer kunstmestfosfaat wordt meegerekend bedrijven met een hoog aandeel groenten de fosfaatverliesnorm overschrijden.
- Onduidelijk is op welk niveau op langere termijn de fosfaattoestand zich zal stabiliseren bij een verliesnorm van 20 kg P_2O_5 per ha.

NAAR EEN EVENWICHTIGE FOSFAATBEMESTING BIJ GROENTEN

ing. C.A.Ph. van Wijk en J.J. Neuvel, PAV-Lelystad

Aanleiding

Het fosfaatadvies voor vollegrondsgroenten is verouderd. De fosfaatgiften in het advies voor de intensieve vollegrondsgroenteteelt zijn hoog. De basis voor het advies is zwak en is niet meer goed te achterhalen. Maatschappij en overheid stellen echter steeds meer eisen aan een gerichter gebruik van fosfaatmeststof vanwege milieuvervuiling. Daarvoor is een goed onderbouwd advies nodig.
Daarnaast is in de loop der jaren voor dezelfde gewassen een tweede adviessysteem voor fosfaatbemesting ontstaan voor vollegrondsgroenten geteeld op akkerbouwbedrijven. De adviesgiften in beide adviessystemen verschillen vaak fors van elkaar. In deze verwarrende situatie dient helderheid te komen.

Bemestingsadvies en praktijk

Voor de praktijk heeft de bepaling van de *totale* hoeveelheid fosfaat in de grond weinig betekenis, omdat er geen relatie is met de hoeveelheid fosfaat die het gewas opneemt. De *gewasbeschikbare* fractie wordt in Nederland door chemisch grondonderzoek vastgesteld. Bij de intensieve vollegrondsgroente wordt de voorraad bepaald met twee methoden van chemisch grondonderzoek, nl. het P water-getal (Pw-getal) en het P ammoniumlactaat-azijnzuur getal (P-Al-getal). Het Pw-getal is een maat voor de intensiteit waarmee de bodem P aanbiedt aan het gewas. Het P-Al-getal is meer een maat voor de fosfaatcapaciteit van de bodem. Ruwweg wordt met de extractie met ammoniumlactaat-azijnzuur circa 50% van het totale bodemfosfaat geëxtraheerd en met waterextractie circa 5%.
De huidige P-adviesbasis voor de intensieve vollegrondsgroenten bestaat uit:

- een gewasgerichte gift;
- een gift voor na te streven fosfaattoestand van de bouwvoor (streefgetal) en zonodig te repareren.

De grondslag van het advies voor vollegrondsgroenten wordt gevormd door een koppeling van een voorraadmeting van fosfaat (P-Al-getal) met een intensiteitmeting (Pw-getal).
In wezen is het huidige advies gebaseerd op bemestingsonderzoek van vòòr 1950. Bij de omzetting van het oude advies op basis van P-citroenzuur naar een advies op basis van P-Al-getal is gebruik gemaakt van grafische verbanden tussen P-citroenzuur en P-Al-getal onder inachtneming van de gehalten aan organische stof en vrije koolzure kalk. De waardering van het P-Al-getal als maat voor de capaciteit hangt af van de grondsoort. De invoering van het Pw-getal op bouwland heeft onder
inachtneming van de differentiatie naar grondsoorten geleid tot de nu bekende kruistabel.
Het advies voor de intensieve vollegrondsgroenteteelt verschilt van de adviesbasis voor de bemesting van bouwland. De na te streven fosfaattoestand voor intensieve vol-

legrondsgroenten is hoger dan die voor akkerbouwmatig geteelde groenten. Redenen hiervoor zijn onder andere:

- intensieve vollegrondsgroenten worden voor de verse markt geteeld waarbij aan uniformiteit en groeiduur hoge tot zeer hoge eisen gesteld kunnen worden (primeurteelt);
- akkerbouwmatig geteelde groenten worden vaak op contract voor industrie geteeld. Het zijn veelal geen primeurteelten en de groeiduur speelt geen doorslaggevende rol. Het gewas moet daarentegen voldoende uniform zijn;
- daarnaast betaalt het om op intensieve bedrijven naar maximale opbrengsten te streven.

Beide adviezen hebben een verschillende grondslag wat vergelijking bemoeilijkt. De verschillen tussen beide adviesbases vormen al jaren een aandachtspunt. Ook leiden de huidige adviezen voor met name de fosfaatbehoeftige vollegrondsgroentegewassen tot een onacceptabele overschrijding van de toegelaten fosfaatoverschotten op bedrijfsniveau volgens MINAS.

Doel is te komen tot een betere onderbouwing van het fosfaatadvies voor de vollegrondsgroenteteelt en een mogelijke aansluiting bij het fosfaatadvies voor de akkerbouw. Het hier gepresenteerde onderzoek dient als basis voor een nieuw te formuleren adviessysteem.

Opzet en uitvoering

Algemeen

Traditionele toetsing van de gewenste fosfaattoestand en/of fosfaatbehoefte middels veldproeven is, om budgettaire redenen, onhaalbaar gebleken. Dit vanwege de vele soorten vollegrondsgroenten en hun diverse teeltwijzen. Ook worden achtergrondprocessen bij zo een proefopzet niet duidelijk.

Daarom is gekozen voor een onderzoek van veldproeven met pilotgewassen gecombineerd met modelmatig onderzoek. Het gebruikte model is gebaseerd op mechanistische beschrijving van processen die een rol spelen bij de fosfaatopname door het gewas. Het mechanistisch concept is ontwikkeld door Van Noordwijk e.a. (1990).

Uitgegaan is van vier gewassen, die elk een grotere groep van gewassen vertegenwoordigen en onderling in fosfaatreactie verschillen. De pilotgewassen zijn kropsla, prei, bloemkool en peen. De kropsla is beproefd in een vroege teelt en in een zomerteelt.

Zowel van de proeflocaties als van de pilotgewassen zijn alle kenmerken vastgelegd die van belang zijn voor de fosfaatreactie van het gewas. Dat betekende uitgebreide bodemfysische en -chemische analyses op elementen en grondeigenschappen, voor en zonodig na de teelt. Verder werd naast de eindopbrengst, ook enige malen tijdens de groei de opbrengst en gehalte van P, N en K bepaald en is de beworteling vastgelegd. De laboratoriumanalyses zijn mede uitgevoerd door het AB in Wageningen en het Blgg in Oosterbeek.

P-hoeveelhedenproeven

De P-hoeveelhedenproeven zijn uitgevoerd op in totaal 12 locaties (6 zand- en 6 kleilocaties) gedurende drie jaar. Daarbij is bewust gekozen voor locaties met grote verschillen in Pw-toestand (van Pw 20 tot Pw 100). Voor alle gewassen en locaties zijn dezelfde giften aangehouden: 0, 60, 120, 180, 240 en 300 kg per ha P_2O_5. Het lutumgehalte variëerde van 2,3 % (zand) tot 21 % (klei). Ook het organischestofgehalte varieerde (van 1,7 tot 21 %) tussen de locaties, evenals de pH van de grond (van 4,6 tot 7,6).

P-toestandenproeven

De toestandenproef was gelegen op het PAV te Lelystad. Op deze kleilocatie (13 % lutum) met weinig organische stof (1,3 %) en een

pH van 7,6 is in eerdere jaren een reeks van vier fosfaattoestanden van Pw 15 tot Pw ca 90 opgebouwd. Vervolgens zijn in 1996 en 1997 de proeven uitgevoerd met de vier groentegewassen. Om een betere vergelijking met het akkerbouwadvies te kunnen maken, is bij de P-toestandenproef als referentiegewas aardappel toegevoegd.

Berekening opbrengstreactie

Om per gewas tot algemene uitspraken te komen over de opbrengstreactie bij verschillende P-toestanden en P-giften is een statistische bewerking uitgevoerd.
De opbrengsten voor beide series proeven zijn berekend volgens een niet-lineair regressiemodel.
Bij de opstelling van het model is uitgegaan van de veronderstelling (hypothese) dat P-gift en P-toestand uitwisselbaar zijn. De alternatieve hypothese is dat bij lage P-toestand, óndanks ruime P-bemesting, een lagere opbrengst wordt verkregen in vergelijking met een hoge fosfaattoestand en lage bemesting. Van de diverse getoetste modellen bleek het niet-lineaire-regressie model de meest betrouwbare weergave van de opbrengstreactie binnen het traject van de gebruikte Pw-toestanden en P-giften.

Resultaten

Opbrengsten

De opbrengsten van zowel de P-hoeveelhedenproeven als van de P-toestandenproeven zijn de afgelopen jaren per gewas en teeltwijze gepubliceerd in vakbladen en in PAV-bulletins. Tabel 1 geeft nogmaals een samenvatting van de behaalde opbrengsten per proefplaats bij drie P-giften en de verschillende Pw-toestanden.
De invloed van de grondsoorten is niet goed uit de gemiddelden van tabel 1 af te leiden, omdat deze niet vergeleken worden bij dezelfde Pw-toestanden.
Het gewas aardappel is alleen beproefd in de fosfaattoestandenproef. Aardappel reageert bij lage P-toestanden sterk op een fosfaatbemesting. Bij een Pw-getal boven 50 voegt een fosfaatbemesting niets meer toe aan de opbrengst.
Reactie opbrengst op P-Al: De opbrengsten van tabel 1 zijn weergegeven bij fosfaattoestanden, gemeten met Pw. De opbrengstreactie per fosfaattoestand gemeten met P-Al was, qua verloop, nagenoeg gelijk aan de opbrengstreactie volgens Pw. Gezien het nagenoeg gelijke verloop mag gezegd worden dat bepaling met P-Al geen meerwaarde heeft, vergeleken met de Pw-bepaling van de fosfaattoestand.

Fosfaatreactie op kwaliteit en groeisnelheid

De in tabel 1 weergegeven opbrengsten betreffen de marktbare opbrengst kwaliteit I. Afwijkende kwaliteiten zijn buiten de opbrengsten gehouden, omdat de feitelijke marktwaarde daarvan zeer laag is. De reactie van P-toestand en/of P-gift kwam bij de gewassen vooral tot uiting in de opbrengst. Bij drie van de vier gewassen was er geen reactie op kwaliteit. Alleen bij sla leidden zeer lage P-toestanden en/of P-giften tot meer afwijkende kwaliteit vanwege onvoldoende kropvorming. Fosfaatgebreksverschijnselen zijn niet waargenomen.
De fosfaatreactie op de begingroeisnelheid was bij alle gewassen, visueel gezien, zeer opmerkelijk. Ook bij de tussentijdse oogsten kwam dit naar voren. Bij lage P-toestanden en P-giften bleef de groeisnelheid achter. Bij gewassen met een relatief korte groeiperiode, zoals sla, is dit verschil bij de oogst nog aanwezig. Bij gewassen met een lange groeitijd is de achterstand in begingroei, veroorzaakt door lage fosfaattoestand en lage fosfaatgift, bij de oogst vaak grotendeels ingehaald.

Tabel 1. Behaalde opbrengsten van de pilotgewassen per proefplaats bij 2 verschillende fosfaatgiften.

Locatie/jaar	Grond	Sla vroeg (t per ha)			Sla zomer (t per ha)			Peen (t per ha)			Prei (t per ha)			Bloemkool (%)		
		Pw			Pw			Pw			Pw			Pw		
P_2O_5 gift (kg per ha) >>			0	300		0	300		0	300		0	300		0	300
Horst '97	Zand	29	41	56*	21	35	48*	18	75	79	20	38	40	18	77	73
Horst '98	Zand	41	61	63	41	57	59	38	95	102	35	31	33	37	83	80
Breda '98	Zand	43	60	65*	37	62	68*	36	115	131*	32	35	36	42	75	75
V'mond '98	Dalgr.	61	44	44	64	49	49	70	121	118	66	34	29	66	48	36*
Meterik '96	Zand	69	66	66	63	62	67	100	101	100	69	50	52	67	91	100
Meterik '97	Zand	71	42	44	61	58	64*	67	123	126	57	36	34	54	77	69
Gem. 6 P-toest.	**Zand**	**52**	**52**	**56**	**48**	**54**	**59***	**55**	**105**	**109**	**47**	**37**	**37**	**47**	**75**	**72**
Zwaagd. '98	Klei	21	55	60*	17	53	55	32	99	102	31	54	54	36	59	58
Lelystad '97	Klei	22	44	50*	24	55	58	20	117	121	23	53	55	23	81	58*
Westm. '97	Klei	24	46	51	23	50	58*	21	98	100	23	55	55	22	63	70
Westm. '98	Klei	27	44	44	27	63	68*	22	74	85*	20	41	44	24	96	94
Lelystad '98	Klei	38	59	63	37	54	53	60	105	103	39	55	59*	38	89	84
Westm. '96	Klei	56	48	56*	58	48	55*	84	99	97	36	54	57	64	77	72
Gem. 6 P-toest.	**Klei**	**31**	**49**	**54***	**31**	**54**	**58**	**30**	**99**	**101**	**29**	**52**	**54**	**31**	**78**	**73**
P_2O_5 gift (kg (per ha) >>			0	120		0	120		0	120		0	120		0	120
Lelystad 96/97	Klei	18	40	54*	22	49	56*	17	116	114	17	54	54	16	77	67
		33	52	55	35	58	61	34	118	123*	32	56	55	32	70	70
		49	55	56	54	62	65	50	122	122	47	57	56	50	69	67
		92	59	59	90	67	65	92	126	124	89	59	58	88	68	64
Gem (4 P-toest)	**Klei**	**38**	**50**	**53**	**39**	**59**	**61**	**37**	**120**	**120**	**36**	**57**	**54**	**37**	**71**	**67**

Aardappel (t per ha)													
P_2O_5 gift (kg per ha) >>			0	120		0	120	Pw	0	120		0	120
Lelystad 96/97	Klei	Pw18	63	69*	Pw32	65	69	Pw49	70	70	Pw89	69	69

(* =bij vergelijking per gewas *en* per P-toestand zijn de opbrengsten met * betrouwbaar groter of kleiner).

Opname en afvoer fosfaat

In tabel 2 zijn weergegeven de opgenomen en afgevoerde fosfaathoeveelheden van de toestanden- en de hoeveelhedenproef. De fosfaatopname van het (haar-)wortelstelsel is moeilijk zuiver vast te stellen, maar is relatief beperkt. Om de totale fosfaatopname van het gewas in beeld te krijgen, is de P-opname van het wortelstelsel op 10 % gesteld. De fosfaatopname neemt toe bij hogere fosfaattoestanden en hogere fosfaatgiften. De grotere opname wordt veroorzaakt door zowel een hoger gehalte als een toename in de gewasproductie. De opname blijft echter sterk achter op de grotere beschikbaarheid van fosfaat. Bij peen bijvoorbeeld leidt een verhoging van de gift van 60 naar 300 kg per ha P_2O_5 tot een 9 kg per ha P_2O_5 grotere opname. Bij hoge P-toestanden en/of P-giften stijgt de gewasproductie niet meer, maar de fosfaatopname blijft toenemen.

De P-afvoer is gerelateerd aan de *omvang* van de marktbare productie en aan het *fosfaatgehalte* in marktbaar product. Het fosfaatgehalte en soms ook de marktbare productie, nemen toe bij een stijging van de fosfaattoestand en de fosfaatgift. Daarmee stijgt ook de fosfaatafvoer. Kropsla, bloemkool en prei hebben een afvoer van 30 à 75 kg P_2O_5 per ha. Peen en aardappel voeren 70 à 100 kg P_2O_5 per ha af met het marktbaar product.

Variatie tussen gewassen, grondsoort en teelt

In de formule van het toegepaste niet-lineaire regressiemodel staan parameters voor maximale opbrengst, P-toestand en P-gift. Met dit model zijn de opbrengsten berekend die in tabel 1, 3 en 4 zijn weergegeven. Het model beschrijft zowel het effect van de P-toestand als dat van de P-gift. Het blijkt dat de bijdrage van de P-toestand belangrijker is dan die van de P-gift. Er is geen optimum gevonden in Pw-getal of P-gift waarbij de hoogste fysieke opbrengst gehaald wordt. Volgens het model wordt de hoogste fysieke opbrengst behaald bij de hoogste P-toestand en de grootste gift. De in tabel 3 grijs gemaakte getallen verschillen niet betrouwbaar van de maximaal berekende opbrengst. Opbrengstverschillen die kleiner zijn dan de vermelde lsd's zijn niet wiskundig betrouwbaar.

Uit de analyse blijkt dat de gewassen van elkaar verschillen in reactie op fosfaattoestand en fosfaatgift. Ook moet een onderscheid gemaakt worden tussen zand en klei. Op zandgrond worden er hogere eisen aan de fosfaatvoorziening gesteld.

Meeropbrengst door bemesting

Een teler moet weten of het in zijn situatie

Tabel 2. Fosfaatopname en afvoer (kg per ha P_2O_5) per gewas/teelt bij twee fosfaattoestanden (onbemest) en twee fosfaatgiften (inclusief 10% opname door wortelstelsel).

gewas/teelt	fosfaattoestandenproef				fosfaathoeveelhedenproef			
	opname		afvoer		opname		afvoer	
toestand/gift	Pw 30	Pw 92	Pw 30	Pw 92	60 kg	300 kg	60 kg	300 kg
bloemkool zomer	83	108	37	46	88	101	34	37
peen herfst (CD)	106	132	78	100	97	106	73	78
prei herfst	74	88	42	49	58	61	33	34
sla vroeg bedekt	43	59	33	45	44	50	36	39
sla zomer	38	52	30	38	47	52	37	40
aardappel consumptie	91	114	79	99	*	*	*	*

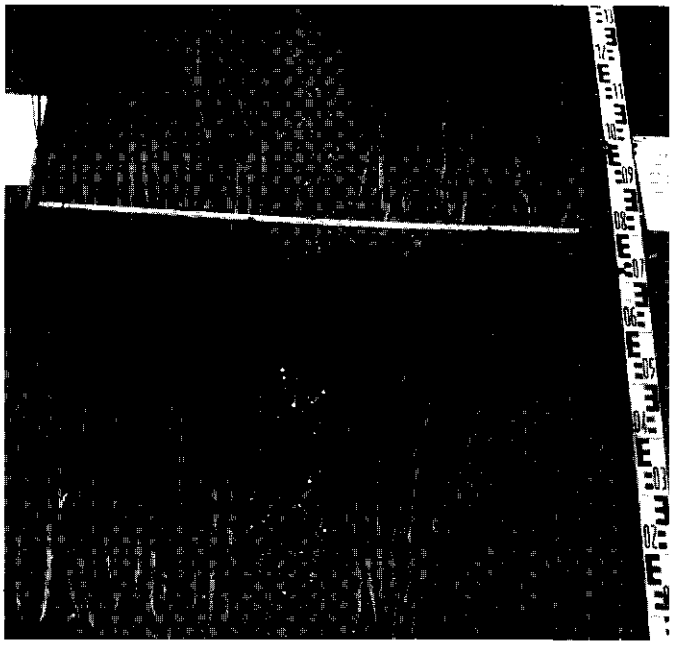
lonend is om met fosfaat te bemesten en zo ja, met hoeveel. Hij maakt daarbij een economische afweging tussen te verwachten meeropbrengst en de kosten. Als voorbeeld is dit uitgewerkt voor prei en peen. In tabel 5 staan bij enkele Pw-toestanden de opbrengsttoename marktbaar product per kg per ha P_2O_5 - bemesting.
Uitgaand van een kg-prijs voor P_2O_5 van 88 ct en *peen*opbrengstprijs van 20 ct per kg, moet elke kg fosfaat minimaal 4,5 kg meer marktbaar product opleveren. Tegen deze uitgangspunten loont een bemesting op zand bij alle genoemde Pw-toestanden.

Op klei is een P-gift rendabel bij Pw 20 en Pw 25. Bij *prei* met een kg-prijs van 75 ct (herfstprei) dient elke kg fosfaat minimaal 1,2 kg meer marktbaar product op te leveren.
Op zandgrond is fosfaatbemesting zinvol bij Pw 20-Pw30. Op kleigrond is alleen bij Pw 20 een P-gift aantrekkelijk.

Bij *bloemkool* is deze vergelijking niet interessant, omdat de opbrengstreactie wisselvallig is en niet betrouwbaar verschillend.

Voor kropsla ligt bovenstaande benadering ingewikkelder. In de tabellen met opbrengstgegevens zijn de resultaten van de sla uitgedrukt in ton per ha. Sla wordt echter per stuk verkocht, waarbij de sla in gewichtsklassen wordt gesorteerd.

Uit prijsgegevens van afgelopen drie jaar blijkt dat de prijs per krop niet of nauwelijks afhangt van het kropgewicht en dat de prijs gedurende het gehele aanvoerseizoen van de vollegrond ongeveer gelijk is.
Er was wel sprake van een grillig prijsver-



Bij P-bemesting en/of hoge P-toestand van de grond is de begingroei sneller dan bij onbemest of lage P-toestand.

Tabel 3. Berekende marktbare opbrengst per combinatie van P-gift (kg per ha P_2O_5) en P-toestand voor bloemkool, peen en prei op zand en klei.

gewas/grond	*P-gift*	Pw 15	20	25	30	35
bloemkool, zand (%)	*0*	72,4	72,4	72,4	72,4	72,4
	60	72,4	72,4	72,4	72,4	72,4
bloemkool, klei (%)	*0*	74,6	74,6	74,6	74,6	74,6
	60	74,6	74,6	74,6	74,6	74,6
peen, zand (t per ha)	*0*	79,3	90,1	97,2	101,8	104,9
	60	84,6	93,6	99,5	103,4	105,9
	120	89,1	96,5	101,4	104,6	106,7
	180	92,8	98,9	103,0	105,7	107,4
	240	95,8	101,0	104,3	106,5	108,0
	300	98,4	102,6	105,4	107,0	108,5
peen, klei (t per ha)	*0*	96,5	102,0	104,5	105,7	106,2
	60	98,4	102,9	104,9	105,8	106,2
	120	99,9	103,4	105,2	106,0	106,3
prei, zand (t per ha)	*0*	28,6	32,2	34,4	35,9	36,8
	60	29,3	32,6	34,7	36	36,9
	120	29,9	33,0	34,9	36,2	37,0
	180	30,4	33,3	35,2	36,3	37,0
	240	31,0	33,7	35,4	36,5	37,1
	300	31,5	34,0	35,6	36,6	37,2
prei, klei (t per ha)	*0*	51,2	53,0	53,7	54,0	54,1
	60	51,7	53,2	53,8	54,0	54,1
	120	52,2	53,4	53,8	54,0	54,1

(grijs = niet verschillend van max. opbrengst (lsd bij P=0,05))

loop. De meeropbrengst in ton per ha leidt bij kropsla weliswaar niet tot een hoger financieel resultaat, maar er is sprake van een ander groot voordeel. Bij een goede fosfaat voorziening is de groeiduur 3 à 5 dagen korter.

Daardoor neemt de kans op smet en rand af en wordt er gemiddeld een hoger slagingspercentage bereikt. Ook in de proeven is dit voordeel naar voren gekomen.

Discussie

Algemeen

De aan de hand van de modelberekeningen opgestelde tabellen 3 en 4 geven inzicht bij welke P-toestanden en P-giften een opbrengst gehaald wordt die niet onderscheidbaar is van de maximale opbrengst.

Bij *Pw 35 en Pw 45* geldt dit voor bijna alle gewassen/ teelten en grondsoorten. *Alleen bij sla op zand dient nog ten minste 60-240 kg per ha P_2O_5 bemest te worden om die opbrengst te krijgen die niet verschilt van de maximale opbrengst.* Bij handhaving van deze P-toestanden zou voor de groep van groentegewassen met dezelfde fosfaatbehoefte als kropsla, nog aanvullend bemest moeten worden.

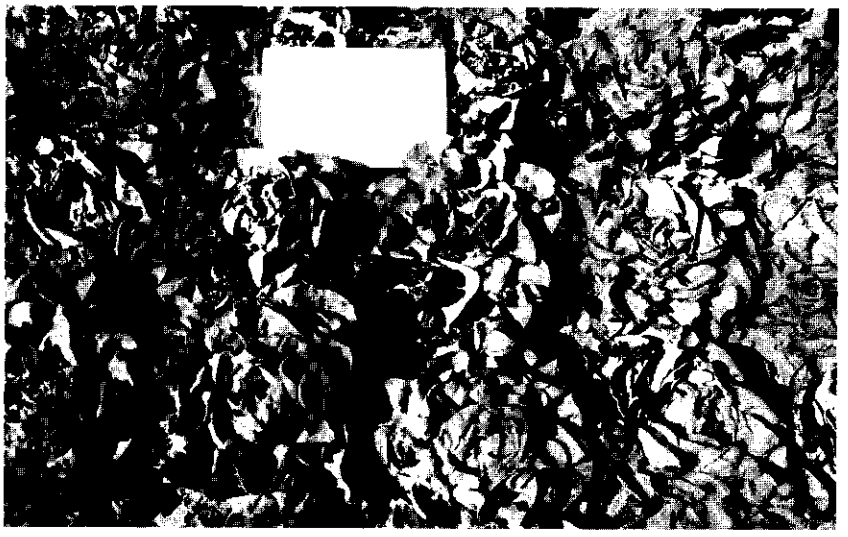
Bij *Pw 30 en lager* moeten bij meerdere gewassen forse giften toegediend worden voor het bereiken van de opbrengst, die niet verschilt van de berekende maximale opbrengst.

De gemiddelde fosfaatreactie op de opbrengst is op zandgrond veel sterker dan op kleigrond. Voor het handhaven van een voldoende opbrengst is op zand een hogere Pw-toestand of fosfaatbemesting vereist.

Uit de P-opname tabel (2) blijkt dat bij hoge P-toestanden en/of hoge P- giften de fosfaatopname blijft toenemen. Ook als de opbrengst niet meer toeneemt, wordt toch meer fosfaat opgenomen. Dit wijst op luxe-consumptie van fosfaat door het gewas.

Uit de afvoercijfers blijkt dat van een fosfaatgift slechts een deel afgevoerd wordt met het marktbaar product. Met bemesting komt dus per saldo meer fosfaat in de grond. Daar waar deze fosfaat niet wordt gefixeerd, treedt een verhoging van de Pw-toestand op. Hogere P-toestand zullen leiden tot lagere of geen fosfaatgiften, waardoor op den duur de fosfaattoestand op een vast niveau zal stabiliseren.

In de fosfaathoeveelheden-proeven is geen verschil in reactie tussen P-water en P-Al-getal vastgesteld. Analyse met P-Al leverde geen meerwaarde. Dit, en het feit dat het akkerbouwadvies ook op Pw gebaseerd is, maken het wenselijk de extractie-methode P-



Bij kropsla leidt te weinig fosfaat tot trage groei en onvoldoende kropvorming.

water ook voor het nieuwe advies als basis te nemen.

Gewasreacties

Zoals verwacht reageren de gewassen verschillend op P-gift. Sterk reageerde het gewas sla. Bij de vroege voorjaarsteelt van sla trad in 6 van de 16 proeven een betrouwbare opbrengstreactie op een P-gift op. Bij zomerteelt van sla was er een opbrengstreactie in 7 van de 16 proeven. Het minst reageerde het gewas prei met een betrouwbaar opbrengstverschil in één proef. Peen zat daar tussenin met een betrouwbare opbrengstreactie bij 3 van de 16 proeven. De reactie van bloemkool was wisselvallig (zie tabel 1).

Naast verschil in opbrengstreactie op P-gift was er ook verschil in opbrengstreactie per P-toestand.

Peen: de invloed van de P-toestand is bij dit gewas veel groter dan de invloed van de P-giften. Vooral op klei kan een P-gift het opbrengstverlies door te lage Pw-toestand nauwelijks goed maken. Dit pleit voor een voldoende hoge Pw-toestand. Op zandgrond werd bij Pw 35 en op kleigrond bij Pw 20 een opbrengst bereikt die niet verschilde van de

Tabel 4. Berekende marktbare opbrengst (t per ha) per combinatie van P-gift (kg per ha P_2O_5) en P-toestand voor kropsla, vroege- en zomerteelt op zand en klei.

gewas/grond	*P-gift*	Pw 15	20	25	30	35	40	45
sla vroeg, zand	*0*	31,9	38,2	43,0	46,7	49,6	51,9	53,6
	60	39,2	43,8	47,3	50,1	52,2	53,9	55,2
	120	44,5	47,9	50,5	52,6	54,1	55,4	56,3
	180	48,5	51,0	52,9	54,4	55,6	56,4	57,1
	240	51,4	53,2	54,6	55,7	56,6	57,3	57,8
	300	53,5	54,9	55,9	56,7	57,4	57,8	58,2
sla vroeg, klei	*0*	42,8	47,0	49,3	50,9	51,7	52,1	52,4
	60	46,8	49,3	50,8	51,6	52,1	52,4	52,5
	120	49,2	50,7	51,6	52,1	52,3	52,5	52,6
sla zomer, zand	*0*	33,9	40,4	45,4	49,3	52,3	54,5	56,3
	60	39,4	44,6	48,7	51,8	54,2	56,0	57,4
	120	43,8	48,0	51,3	53,8	55,7	57,2	58,3
	180	47,3	50,8	53,4	55,4	56,9	58,1	59,1
	240	50,2	53,0	55,1	56,7	57,9	58,9	59,6
	300	52,5	54,7	56,4	57,7	58,8	59,5	60,1
sla zomer, klei	*0*	42,9	49,1	53,3	56,1	58,0	59,3	60,2
	60	44,8	50,4	54,2	56,7	58,4	59,6	60,4
	120	46,6	51,6	55,0	57,3	58,8	59,8	60,6
	180	48,1	52,6	55,7	57,7	59,1	60,1	60,7
	240	49,6	53,6	56,3	58,2	59,4	60,3	60,8
	300	50,8	54,5	56,9	58,6	59,7	60,4	61,0

(grijs = niet verschillend van max. opbrengst (lsd bij P=0,05))

berekende maximale opbrengst.
Prei: dit gewas is, qua reactiepatroon nagenoeg gelijk aan peen. De invloed van de P-gift is zeer gering. De invloed van de P-toestand overheerst sterk. Een opbrengstverlies door 5 punten lager Pw-getal (bijvoorbeeld verschil Pw 15 en Pw 20) is op klei slechts met een gift van 300 kg per ha P_2O_5 te compenseren. Op zandgrond is zelfs zo een grote gift ontoereikend om het opbrengstverlies goed te maken. Bij prei is verder opvallend dat al bij lage Pw-toestand een opbrengst wordt bereikt die niet betrouwbaar verschilt van de maximale opbrengst. Op zand wordt bij Pw 25 een opbrengst bereikt die niet verschilt van de maximale opbrengst, en op klei bij Pw 15.
Sla: Bij sla is er een groot verschil in opbrengstreactie bij teelt op zandgrond en op kleigrond. Op kleigrond wordt (zonder bemesting) bij Pw tussen 25 en 35 al een betrouwbare goede opbrengst bereikt. Op zandgrond gebeurt dat pas bij Pw 50. Bij lagere P-toestanden dient aanvullend bemest te worden voor het bereiken van een betrouwbare goede opbrengst. Bij Pw 45 is die P-gift 60 kg per ha en bij Pw 40 zelfs 120 kg per ha. Uit de vergelijking van de vroege slateelt met en zonder bedekking blijkt dat bij de bedekte teelt de opbrengstcurve eerder naar de maximale opbrengst gaat. Bij een bedekte vroege teelt is de vaste gift van 50 kg P_2O_5 per ha, die nu bij uitplanten voor 15 mei wordt geadviseerd, bij hoge Pw-toestand niet nodig.
Bloemkool: het opbrengstpercentage kwaliteit I van dit gewas reageert wisselvallig op fosfaat. Daardoor lijkt de invloed van P-gift en Pw-toestand gering.
Aardappel: dit, beperkt beproefde, gewas reageerde tot Pw 50 op fosfaat-toestand en op fosfaatgift.

Door de prijsverhouding tussen vollegrondsgroenten en fosfaat is het bij een fosfaatreactie op de opbrengst voor de telers vrij snel interessant om meer fosfaat te bemesten dan via het geoogste product wordt afgevoerd. Bij het opstellen van uiteindelijke adviezen zal ook met milieurandvoorwaarden rekening moeten worden gehouden.

Conclusies

Uit de analyse van de resultaten van veldproeven die in de periode 1996 t/m 1998 met sla, prei, bloemkool en peen (en gedeeltelijk ook met aardappel) zijn uitgevoerd, zijn de volgende conclusies te trekken:

1. Voor een goede fosfaatvoorziening van het gewas is de bijdrage van de fosfaattoestand van de grond belangrijker dan die van de fosfaatbemesting.
2. In het traject Pw 35-45 werd bij drie van de vier groentegewassen al zonder bemesting een opbrengst bereikt die niet betrouwbaar verschilt van de berekende maximale marktbare opbrengst.
3. Tussen de gewassen bestaat een duidelijk verschil in fosfaatreactie. Sla reageert het

Tabel 5. Opbrengsttoename in kg per ha marktbaar product als in het traject 60-120 kg P_2O_5 één kg per ha P_2O_5 méér wordt bemest*.

gewas	Pw 20	Pw25	Pw 30	Pw 35
peen zand	48	31	20	15
peen klei	10	5	3	2
prei klei	3	0	0	0
prei zand	7	3	3	2

*) gebaseerd op berekende markbare opbrengsten uit tabel 3

sterkst en prei het zwakst op verhoging van de P-toestand van de grond of verhoging van de P-gift. Peen en ook aardappel zitten daar qua fosfaatreactie tussenin. De reactie van bloemkool is wisselvallig.

4. De fosfaatreactie op zandgrond is duidelijk sterker dan die op kleigrond.
5. De resultaten van de fosfaatbodemanalyses volgens P-al en Pw zijn sterk aan elkaar gecorreleerd, waardoor een combinatie van beide analyseresultaten geen betere beschrijving van de opbrengstreactie geeft.
6. Bij de bedekte teelt van sla in het vroege voorjaar was bij een voldoende hoge fosfaattoestand van de grond geen vaste gift van 50 kg P_2O_5 per ha nodig, zoals dit in de huidige adviesbasis wel wordt aanbevolen.
7. Gezien de fosfaatreactie en de relatief lage prijs van fosfaat ten opzichte van die van de groenten is het voor de telers interessant om duidelijk meer fosfaat te geven dan via het geoogste product wordt afgevoerd. Bij het opstellen van de nieuwe adviesbasis zal ook met milieurandvoorwaarden rekening moeten worden gehouden.

RELATIE FOSFAATBEHOEFTE VOLLE-GRONDSGROENTEN EN FOSFAAT-TOESTAND IN DE BODEM

ir. P.A.I. Ehlert en dr. ir. P. de Willigen, AB Wageningen

Inleiding

Fosfor (P) of fosfaat (P_2O_5) is noodzakelijk voor de groei, ontwikkeling en reproductie van het gewas. In de plant komt P zowel in anorganische als in organische vormen voor. Anorganische vormen zijn o.a. orthosfosfaat ($H_2PO_4^-$) en pyrofosfaten ($P_2O_7^{4-}$). Voorbeelden van organische vormen zijn suikers (fuctose-6-fosfaat), vetachtige stoffen (bijvoorbeeld fosfolipiden), reservestoffen (bijvoorbeeld fytinen), co-enzymen voor energieoverdracht (bijvoorbeeld ATP, ADP), eiwitten en eiwitachtige verbindingen voor reproductie (bijvoorbeeld DNA, RNA, GRP en CTP). De verhouding tussen anorganische en organische P-vormen is ongeveer 1 : 1. De verhouding t.o.v. de andere nutriënten bedraagt ruwweg N : P : K : Ca : Mg : S = 20 : 1 : 5 : 2,5 : 2 : 0,5.

De plant neemt actief P op, dat wil zeggen dat energie gebruikt wordt om P op te nemen. De energie is afkomstig van zonlicht. Binnen de plant is P zeer mobiel. Eenmaal opgenomen door de plant kan P naar elk orgaan van de plant worden getransporteerd en zonodig door herverdeling weer naar andere organen. De concentratie in de het celvocht van de plant is circa 400 maal hoger dan die in de bodemoplossing. De interne fosfaatvoorziening van

Tabel 1. Balans van de voor het gewas beschikbare hoeveelheid fosfaat in de grond (kg P_2O_5 per ha).

aanvoer	
atmosferische depositie	1-2
meststoffen	0-500
plant- poot- of zaaigoed	0,1-5
mineralisatie uit organische stof	variabel (1-30)
nalevering uit de bodem door desorptie, dissolutie en verwering	variabel (1->100)
afvoer	
plantaardige producten	15-120[1]
immobilisatie in organische stof	variabel (1-50)
vastlegging aan de bodem door reversibele vastlegging, door irreversibele vastlegging (of fixatie) en precipitatie	variabel (0->2000)
uitspoeling, afspoeling	0-5
erosie[2]	variabel (0->4000)

1. Bij groentegewassen is de afvoer in doorsnee ca. 50 kg P_2O_5 per ha per jaar.

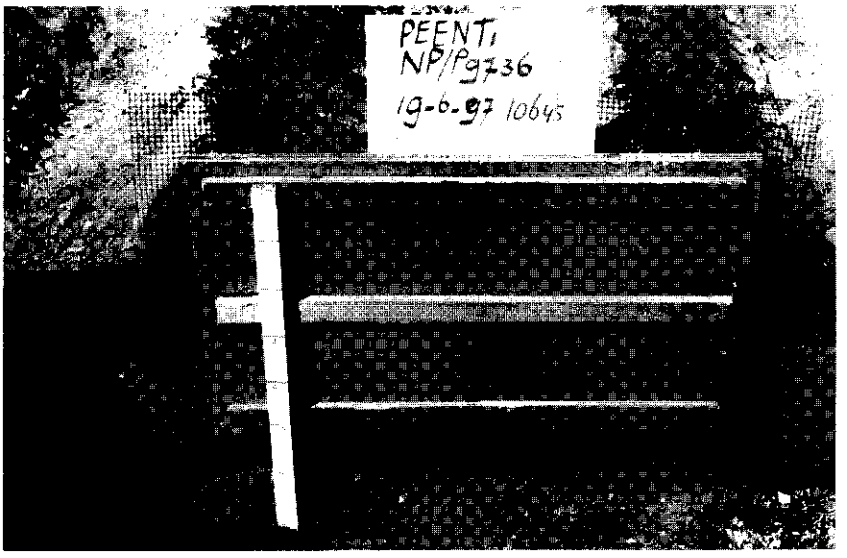
2. Onder Nederlandse omstandigheden is de erosie beperkt; hoge waarden komen voor in bergachtige streken.

het gewas is doorgaans niet een probleem; wel kan de fosfaatopname uit het bodemvocht een knelpunt vormen als de bodem onvoldoende in staat is om tijdig en gedurende de groei en ontwikkeling die hoeveelheid fosfaat te leveren die noodzakelijk is voor een verantwoorde gewasproductie.

Het gewas haalt het noodzakelijke fosfaat uit de bodem. Bijdrage van atmosferische depositie en gewasbeschermingsmiddelen inclusief hulpstoffen is verwaarloosbaar klein. Lang niet alle fosfaat in de bodem is beschikbaar voor het gewas. Ook meststoffosfaat dat aan de bodem wordt toegediend, wordt heel beperkt benut door het gewas. Bij groentegewassen moet gerekend worden met een zeer lage efficiëntie van toegevoegd fosfaat. Deze zijn in de praktijk veelal lager dan 5% en zijn een gevolg van de hoge tot zeer hoge fosfaatgiften en de doorgaans beperkte fosfaatopname.

De voor het gewas beschikbare hoeveelheid fosfaat wordt bepaald door een aantal aan- en afvoerposten. Tabel 1 geeft hiervan een globaal overzicht. Een aantal posten zoals mineralisatie uit organische stof, nalevering uit de bodem door desorptie, dissolutie en verwering, (ir)reversibele vastlegging en erosie is zeer variabel. De gegeven waarden zijn een indicatie; de waarden verschillen per bodemtype en bodemgebruik. Vollegrondsgroentegewassen voorzien in hun fosfaatbehoefte via aanvoer met het plantgoed (inclusief perspotten), door meststoffen, door desorptie en dissolutie van bodemfosfaat en wellicht ook door mineralisatie uit organische stof. Hierover bestaat echter nog onvoldoende duidelijkheid.

De voor het gewas beschikbare hoeveelheid



De omvang van het wortelstelsel bepaalt mede de opnamecapaciteit van fosfaat.

fosfaat wordt bepaald door onder meer eigenschappen van het gewas en van de bodem.

Kenmerkende gewaseigenschappen zijn:
- groeisnelheid (als functie van de ontwikkeling van bladeren en interceptie van licht)
- groeiduur
- spruit/wortelverhouding
- wortellengte, wortelstraal, bewortelingsdiepte
- fysiologische invloed op wortelmilieu
- mycorrhiza.

De bodem speelt een overheersende rol bij de aanlevering van fosfaat aan het gewas via:
- chemische eigenschappen van de grond (adsorptie, desorptie, dissolutie)
- fysische eigenschappen (diffusie en dispersie, vochtkarakteristieken)
- biologische eigenschappen (mineralisatie en immobilisatie).

De aanvoer met meststoffen is de belangrijkste post bij de hoeveelheid voor het gewas beschikbare fosfaat voor het gewas. Sturing van deze hoeveelheid biedt de grootste zekerheid om aan de gewasbehoefte te kunnen beantwoorden. Bemestingsadviezen vormen dan ook een cruciaal onderdeel van de teelt van vollegrondsgroentegewassen.

Verfijning fosfaatbemestingsadvies voor vollegrondsgroenten

De huidige grondslag van het bemestingsadvies in de vollegrondsgroentepraktijk is in een ander artikel weergegegeven. Geconstateerd werd dat het huidige bemestingsadvies gedateerd is en aan verbetering toe is. Die uitdaging is opgepakt door het PAV en AB. Samen wordt gewerkt aan een milieukundig verantwoord bemestingsadvies.
Belangrijke vragen daarbij zijn:
* Wat is de fosfaatbehoefte van vollegrondsgroenten bij gegeven P-toestand?
* Welke P-toestand van de bodem dient te worden nagestreefd?
* Hoe kan P-bemesting en P-toestand afgestemd worden op de vraag van het gewas zonder in conflict te treden met milieukwaliteitsdoelstellingen.

Deze vragen worden beantwoord met behulp van het mechanistische concept ontwikkeld door Van Noordwijk e.a. (1990). Door koppeling aan FUSSIM (Heinen en De Willigen, 1992) kan de consequentie van heterogene verdeling van wortels in de bodem en de hoogte van de fosfaattoestand van de bodem voor de mate van uitspoeling worden berekend. FUSSIM-P werd met veldproefgegevens van PAV en AB-DLO in de periode 1996-1998 gevalideerd.

Modelbeschrijving

Het model van Van Noordwijk e.a. (1990) berust op een vraag van het gewas, die opgelegd wordt aan de bodem die het fosfaat aan het gewas moet leveren. De vraag van het gewas wordt bepaald door de dagelijkse vraag van het gewas en de uiteindelijk totaal opgenomen hoeveelheid fosfaat. De bodem moet aan die vraag voldoen. De vraag is het grootst in de lineaire groeifase van het gewas. In die periode dient de bodem aan het gewas de grootste hoeveelheid te leveren. Omdat het gewas het fosfaat via de wortels opneemt, moet de bodem de gevraagde hoeveelheid aan de gewaswortels leveren. Het model van Van Noordwijk e.a. (1990) gaat uit van een vereenvoudigde architectuur van het wortelstelsel. Het wortelstel is beschreven als een stelsel van cilinders die evenwijdig aan elkaar lopen. Met de aanwezigheid van wortelharen wordt geen rekening gehouden.

De kern van het model wordt gevormd door de beschrijving van het transport van fosfaat in de bodem naar de wortels van het gewas.

Het transport van fosfaat of andere nutriënten en stoffen naar de wortel berust op twee processen: massastroming en diffusie. Massastroming is een gevolg van stroming van water naar de wortel als gevolg van opname van water door het gewas. Hierbij worden opgeloste stoffen meegenomen. Diffusie verloopt over een concentratiegradiënt. Door opname van fosfaat bij de wortel, neemt de concentratie af waardoor dit gradiënt ontstaat. Beide processen worden sterk bepaald door de vochttoestand van de bodem. Kenmerken van de vochttoestand van de bodem worden vastgelegd d.m.v. de drukhoogte (pF-curve).

De hoeveelheid fosfaat die in de bodem is opgelost, is beperkt van omvang. Ongeveer 0,5 kg P per ha is opgelost, wat net genoeg is en in een aantal gevallen zelfs te weinig is om aan de dagelijkse vraag van het vollegrondsgroentegewas te kunnen voldoen. De bodem moet dus direct fosfaat naleveren om aan de vraag van het gewas te kunnen voldoen. Massastroming is door deze geringe hoeveelheid niet toereikend om de noodzakelijke hoeveelheid fosfaat aan de wortel te kunnen leveren. Diffusie van fosfaat naar de plantenwortel is dan ook het belangrijkste transportproces. Omdat diffusie slechts over zeer korte afstanden kan plaatsvinden (millimeters) moeten de wortels in de onmiddellijke nabijheid van bodemfosfaat voorkomen om fosfaat te kunnen opnemen. Het vermogen van een gewas om

Tabel 2. Invoergegevens voor modelparameterisatie.

1. Bepalingen aan het gewas, bovengronds

- P-opname in kg P (of P_2O_5) per ha per dag met name in het lineaire deel van groeicurve
- P-opname (of P_2O_5) bij eindoogst (opname = totaal opgenomen P = afvoer met oogstproducten plus dat wat achterblijft op het veld)

2. Bepalingen aan het gewas, ondergronds

- bepalen van bodemlagen die beworteld zijn en
- per bewortelde laag meting van: wortellengtedichtheid (cm wortel per cm^3 grond) en worteldiameter (cm)

3. Bodemfysische bepalingen

- bulkdichtheid ('volumegewicht', kg/dm^3)
- pF-curve
- vochtverloop gedurende gewasgroei

4. Bodemchemische bepalingen

- parameters ter vastlegging van de P-dynamiek: Pw-getal, Pi-getal, P-adsorptie-isotherm (P-Al-getal. $P_{ox}/(Fe_{ox}+Al_{ox})$)
- algemeen grondonderzoek: pH-KCl, textuur (afslibbare delen, lutum en zandfracties), organische stof, vrije koolzure kalk

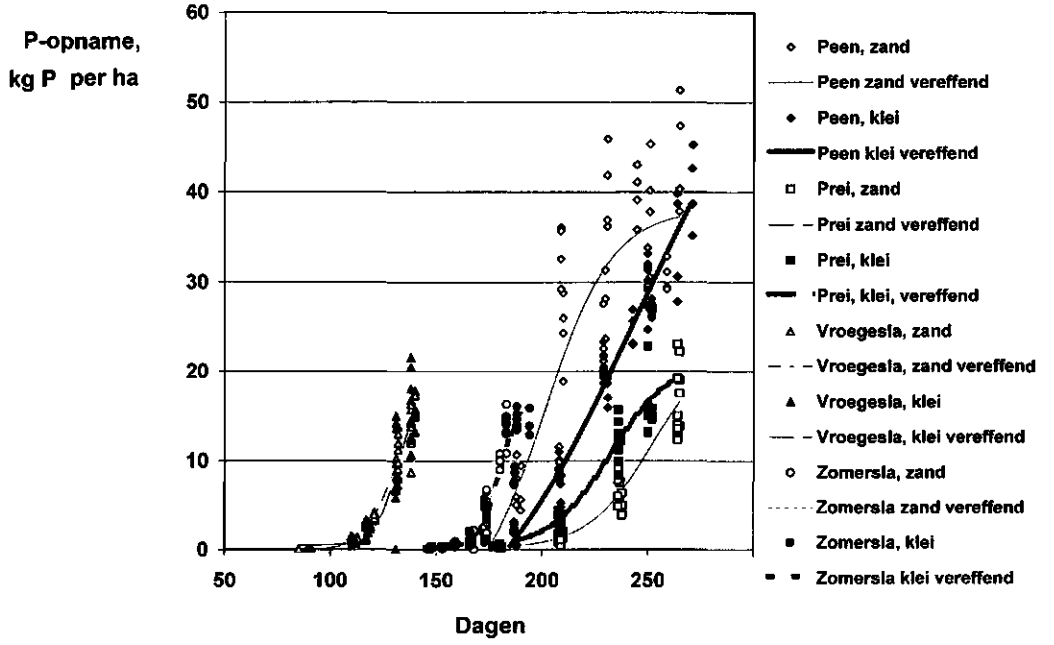
fosfaat te kunnen opnemen wordt bepaald door het worteloppervlak dat in contact is met de bodem. Dit worteloppervlak wordt bepaald door de lengte van de wortels en hun diameter. Een karakteristiek van het wortelstel is dan ook de wortellengtedichtheid (cm wortel per cm^3 grond) en de wortelstraal.

De levering door de bodem wordt bepaald door de fysisch-chemische eigenschappen van de bodem. In het bijzonder zijn de mate van adsorptie en desorptie bepalend. De ad- en desorptie-eigenschappen van een bodem worden bepaald door de mineralogische samenstelling, de zuurgraad van de bodem (pH), en het organischestofgehalte. Op dekzanden bepalen aluminium- en ijzerverbindingen het ad- en desorptie van fosfaat. Op kalkhoudende en kalkrijke gronden wordt de ad- en desorptie ook bepaald door koolzure kalk.

Het gemak waarmee de bodem fosfaat afstaat hangt tevens af van de hoeveelheid fosfaat die al aanwezig is. Naarmate het adsorptiecomplex sterker met fosfaat is opgeladen, zal het makkelijker worden afgestaan aan de bodemoplossing. Door toename van de concentratie van fosfaat in de bodemoplossing wordt het risico op fosfaatuitspoeling verhoogd. De ad- en desorptie-eigenschappen worden bepaald met het Pw-getal, het Pi-getal. Dit is een maatstaf voor het desorptievermogen, en de adsorptie-isotherm.

Parametrisatie van het model

Modelparametrisatie is uitgevoerd op basis van gegevens die verzameld zijn op de veld



Figuur 1. Fosfaatopname (P) van vollegrondsgroentegewassen op zand- en kleigrond in de tijd.

Tabel 3. *De gemiddelde opnamesnelheid van fosfor en totale hoeveelheid fosfor bij de eindoogst in het gewas aanwezig is voor zand- en kleigrond met hun bereik en varianties.*

gewas	grondsoort									
	zand					klei				
	gemiddeld	minimum	maximum	variantie[1]	aantal	gemiddeld	minimum	maximum	variantie[1]	aantal
opnamesnelheid, kg P per ha per dag[2]										
aardappel	-	-	-	-	0	0,62	0,44	0,87	0,02	16
bloemkool	-	-	-	-	0	0,91	0,53	1,36	0,06	16
peen	0,69	0,44	1,24	0,09	6	0,50	0,33	0,98	0,02	22
prei	0,33	0,20	0,46	0,01	6	0,35	0,27	0,41	0,00	22
vroegesla	0,56	0,31	0,71	0,02	6	0,83	0,39	1,57	0,09	38
zomersla	0,80	0,30	1,09	0,07	6	0,87	0,69	1,15	0,02	22
totale opname bij eindoogst, kg P per ha[2]										
aardappel	-	-	-	-	0	38,3	24,1	52,8	50,9	16
bloemkool	-	-	-	-	0	35,4	22,7	50,3	64,4	16
peen	36,5	27,2	44,2	47,2	6	43,5	27,0	60,4	57,4	22
prei	17,7	11,4	27,6	31,6	6	20,2	15,2	27,2	10,7	22
vroegesla	16,3	9,5	22,2	17,3	6	22,8	11,4	35,7	33,5	38
zomersla	15,4	6,7	20,9	23,8	6	18,4	14,6	23,1	7,0	22

[1]) dimensie van de variantie is (kg P per ha per dag)^2 of (kg P per ha)^2

[2]) opnamesnelheid en de totale opname bij eindoogst in fosfaat is 2,29 maal de aangegeven waarde

proeven met de vijf karakteristieke gewassen vroege sla, zomersla, peen, prei, bloemkool en het referentiegewas aardappel. De meetgegevens voor modelparametrisatie worden in tabel 2 gegeven.

Gegevensverzameling

Opnamesnelheid en totale opname

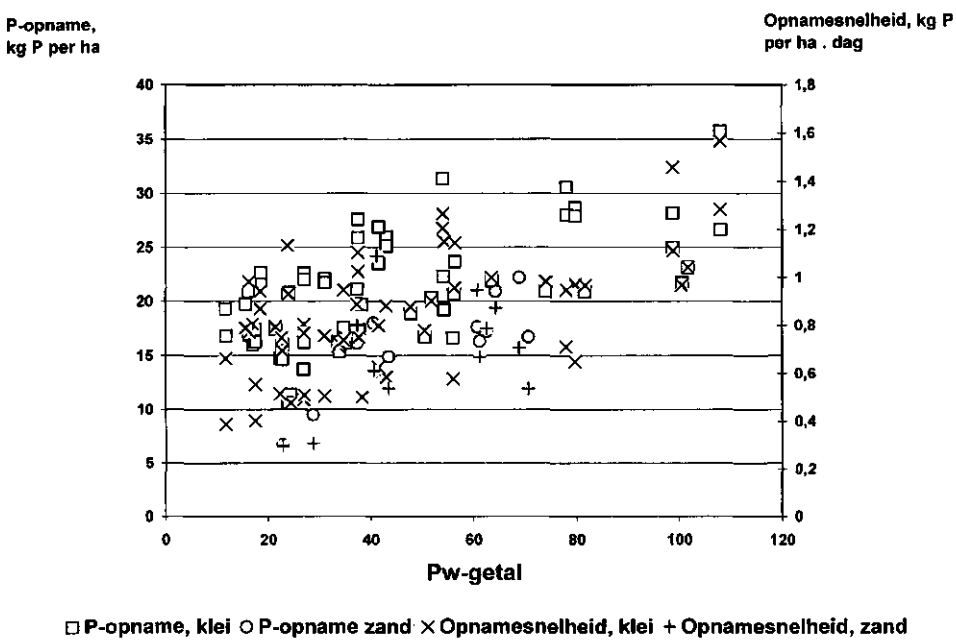
De vijf karakteristieke gewassen vertonen onderling een grote diversiteit in dagelijkse vraag naar fosfaat (kg P per ha per dag) en totale fosfaatopname (kg P per ha). Figuur 1 geeft een beeld van de gemiddelde opname van fosfaat gedurende het groeiseizoen voor de karakteristieke gewassen op zand- en kleigronden. In de figuur zijn verschillen in fosfaatuitgangstoestand (Pw-getal) van de grondsoorten uitgemiddeld. De gewassen hebben een vergelijkbaar beeld voor de opname van P. Na een aanvankelijk relatief trage opgroeifase neemt de groeisnelheid toe tot een constante groeisnelheid wordt bereikt. Dit beeld typeert de groei van vollegrondsgroentegewassen. Peen vormt hierop een uitzondering; de groeisnelheid neemt af in de laatste fase van de ontwikkeling en komt daardoor overeen met gangbare akkerbouwgewassen. Met uitzondering van prei met een relatief lage vraag bevinden de opnamesnelheden zich alle in eenzelfde bereik. De gewassen verschillen wel belangrijk in groeiduur. Sla heeft kortstondig een hoge vraag naar P, terwijl peen over een langere periode een vergelijkbare vraag naar P heeft. Tabel 3 vat de resultaten voor de zandgronden inclusief de dalgrond en de kleigronden samen. De vraag va-

rieerde per grondsoort en per gewas. Prei heeft de laagste dagelijkse vraag en de geringste totale opname van P. Vroege sla, zomersla en peen hebben op zandgrond een vergelijkbare dagelijkse vraag naar P. Daarentegen neemt peen circa tweemaal zoveel P op als de sla. De bereiken in dagelijkse vraag en totale opname zijn groot; variatie wordt met name veroorzaakt door verschillen in groei in verschillende jaren. Eenzelfde gewas bij vergelijkbare fosfaattoestand kan onder gunstige groeiomstandigheden een veel hogere vraag naar P hebben dan onder minder groeizame omstandigheden.

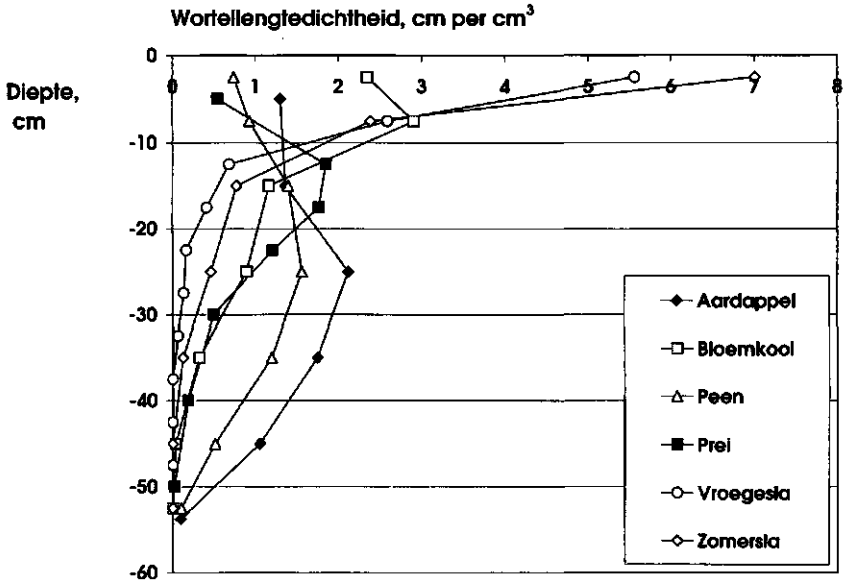
Verschillen met een factor twee ten opzicht van een minder groeizaam jaar zijn eerder regel dan uitzondering. Het verband tussen de dagelijkse vraag en de totale opname aan fosfaat (P) en de uitgangstoestand (Pw-getal) is dan ook niet sterk (figuur 2).
Met toename van het Pw-getal neemt de dagelijkse opname wel toe en wordt meer P opgenomen, maar de bandbreedte is groot. Andere factoren dan fosfaattoestand van de bodem hebben een groot effect op de groei en daardoor op de vraag naar P en de opname.

Eigenschappen van wortelstelsels van vollegrondsgroentegewassen

Vollegrondsgroentegewassen onderscheiden zich van de meeste akkerbouwgewassen door hun tijdstip van oogsten. Meestal worden de gewassen geoogst op een tijdstip dat het gewas nog volop in de groei is. Figuur 3 geeft voor kleigrond een beeld van de wortelontwikkeling van de karakteristieke gewassen ten tijde van die groei. Het betreft gemiddelde



Figuur 2. De opnamesnelheid van fosfaat per dag en de totale hoeveelheid opgenomen fosfaat van vroegeslateelt voor zand- en kleigronden als functie van de fosfaattoestand van de grond (Pw-getal in mg P_2O_5 per liter) bepaald voor aanvang van de veldproeven.



Figuur 3. Wortellengtedichtheden (cm wortel per cm³) voor de karakteristieke groentegewassen en voor aardappel ten tijd van de grootste vraag naar fosfaat als functie van de diepte.

waarden van twee tijdstippen van bemonstering die de lineaire groeifase omvatten. Vroege sla en zomersla blijken in de eerste 10 cm van de bouwvoor de meeste wortels (in cm) te ontwikkelen, maar de wortellengte neemt daaronder snel af. Onder 20 cm komen bij vroege sla geen wortels meer voor; bij zomersla geldt dat voor bodemlagen die onder de 30 cm zijn gelegen. Ook prei vormt weinig wortels. In de eerste tien centimeters komen nauwelijks wortels voor; de meeste wortels zijn gelegen in de bodemlaag 10-20 cm. Aardappel, bloemkool en peen wortelen dieper. Door hun diepere beworteling is de totale wortellengte van deze gewassen tenminste even groot als die van bijvoorbeeld sla. De plaats waar die wortels zitten verschilt en heeft daardoor betekenis voor de mate waarin deze gewassen fosfaat uit de bodem kunnen onderscheppen. Zonder intensief contact van wortels met de bodem kan bodemfosfaat en meststoffosfaat niet worden benut.

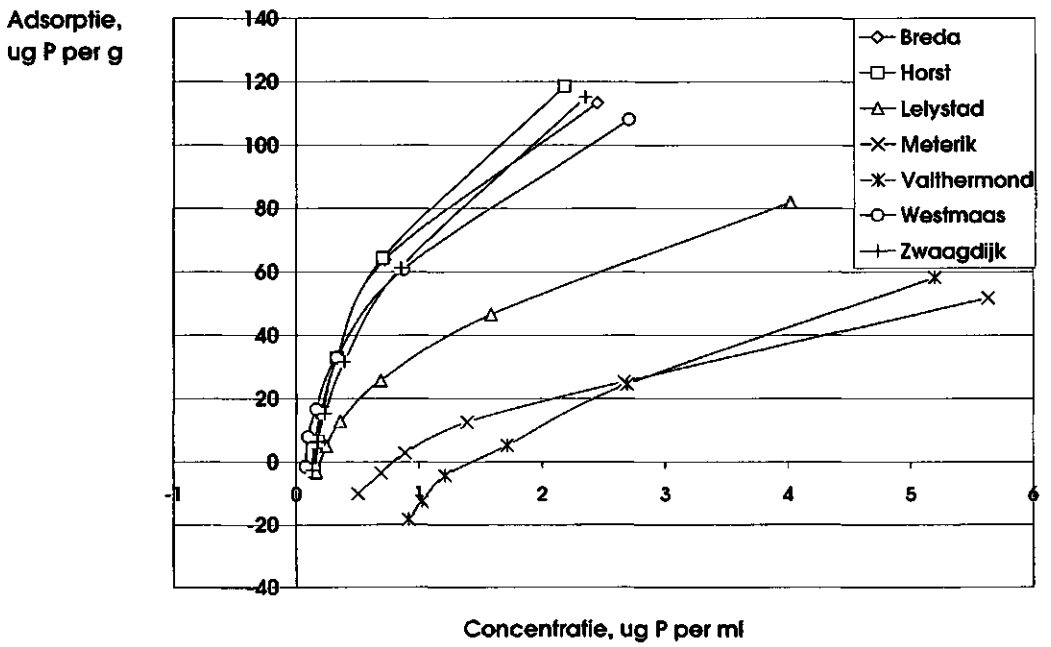
De wortelstraal is beduidend constanter. Prei heeft dikke wortels (0,035 cm); de overige gewassen hebben wortelstralen van 0,01-0,02 cm.

Bij afwezigheid van verstoorde bodemlagen is de wortelstraal over het gehele bodemprofiel constant, de hoofd en penwortels daargelaten. Laatstgenoemde wortels hebben echter geen betekenis voor de onderschepping van fosfaat.

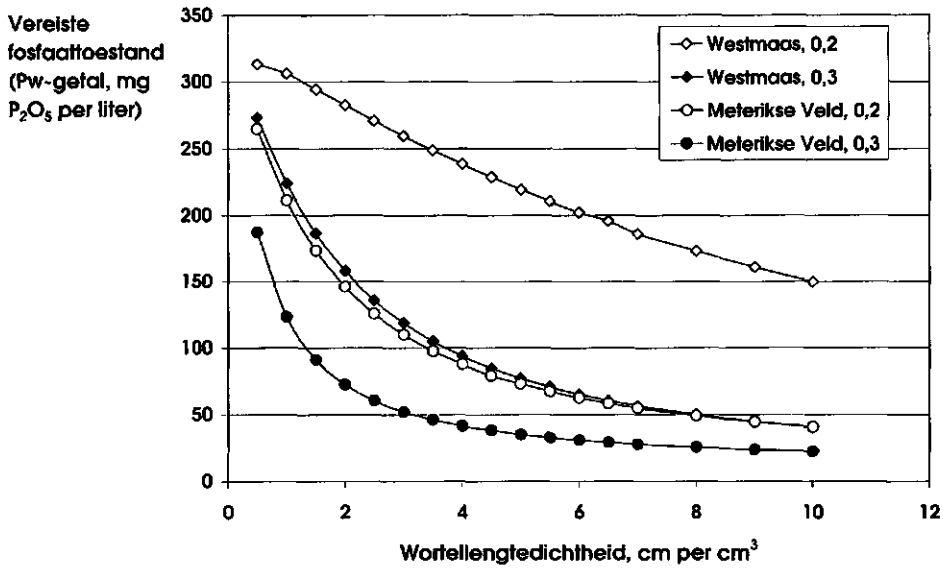
Fosfaattoestand in relatie tot wortellengtedichtheden en vochthuishouding van de bodem

Het transport van P door de bodem wordt bepaald door de bodemfysische en bodemchemische eigenschappen. Kleigronden kunnen water beter vasthouden dan zandgronden. Een hogere vochtvoorziening geeft een betere weg voor transport naar de plantenwortel toe Daarentegen wordt de afstand waarover fosfaat kan diffunderen naar de wortel toe bepaald door de fijnere structuur van de bodemdeeltjes. Dat laatste effect domineert over de ruimere voorraad aan water. Op zandgronden is het omgekeerd. Er wordt minder water vastgehouden, maar de diffusie wordt minder belemmerd door de textuur.

De mate waarin de bodem fosfaat afstaat aan het gewas – met name aan de gewaswortels – wordt bepaald door het adsorptie- en desorptiegedrag. Adsorptie-eigenschappen worden bepaald met een zogenoemde adsorptie-isotherm. Deze adsorptie-isotherm wordt bij constante temperatuur – vandaar isotherm - bepaald door potjes met grond te incuberen en te schudden met oplossingen met verschillende fosfaatconcentraties. Na 24 uur wordt de concentratie in de vloeistof bepaald en wordt vastgesteld hoeveel fosfaat door de bodem is gebonden. Adsorptie-isothermen geven belangrijke informatie over het kortetermijngedrag van fosfaat in de bodem. Ze geven in deze vorm geen uitsluitsel over het langetermijngedrag van fosfaat. Figuur 4



Figuur 4. Fosfaatadsorptie-isothermen voor de zeven locaties van het onderzoek.



Figuur 5. Vereiste fosfaattoestand van de bodem voor zomersla voor de kleigrond te Westmaas en de zandgrond van Meterikse Veld bij twee volumefractievocht als functie van de wortellengtedichtheid. De vereiste fosfaattoestand is die fosfaattoestand waarbij de bodem volledig aan de eisen van het gewas kan voldoen zonder aanvullende bemesting. De condities bij de berekening zijn in de tekst gegeven.

geeft een overzicht van de adsorptie-eigenschappen van de grondsoorten waarop de veldproeven zijn uitgevoerd. Breda, Horst, Westmaas en Zwaagdijk tonen een scherpe toename van de adsorptie bij relatief lage concentraties; pas bij concentratie hoger dan 1 µm P per ml buigen de curven af. Lelystad en met name de gronden van Meterik en Valthermond buigen af bij lagere concentraties. De gronden van de locaties te Breda, Horst, Westmaas en Zwaagdijk zijn daardoor beter in staat om P te bufferen; Meterik en Valthermond het minst. Fosfaatadsorptie-isothermen brengen onderscheid aan in adsorptie- en desorptie-eigenschappen van de bodem. De zandgronden van Breda en Horst leggen fosfaat vast aan met name ijzer- en aluminiumverbindingen; op de zeeklei zal naast deze vastlegging ook neerslagen van calciumverbinding de vastlegging bepalen. Bij het gebruik van meststoffen en de na te streven fosfaattoestand dient men hier rekening mee te houden.

Het effect van de vochtvoorziening op de beschikbaarheid van fosfaat in de bodem en adsorptie- en desorptie-eigenschappen van de bodem wordt in figuur 5 gegeven. De figuur geeft de fosfaattoestand van de grond weer als functie van wortellengtedichtheid (cm wortels per cm^3) voor een zomerslateelt met een gemiddelde dagelijkse behoefte van 0,85 kg P per ha per dag en 18 kg P per ha totale opname en een bewortelde bodemlaagdikte van 30 cm. De fosfaattoestand van de bodem (streefwaarde) is hierbij gedefinieerd als die fosfaattoestand waarbij het gewas zonder aanvullende bemesting volledig kan voorzien in de opgelegde vraag naar P. Naarmate de

wortellengtedichtheid toeneemt kan de bodem beter geëxploiteerd worden en kan met een lagere fosfaattoestand worden volstaan. Naarmate de bodem uitdroogt, dient de fosfaattoestand van de bodem hoger te zijn om aan die opgelegde vraag te kunnen voldoen. Ook het effect van de verschillen in adsorptie- en desorptie-eigenschappen tussen de grondsoorten wordt duidelijk. De sterker bufferende grond te Westmaas vereist een hogere fosfaattoestand dan de zwakker bufferende grond van Meterikse Veld.

Fostaattoestand en fosfaatuitspoeling

Door fosfaatbemesting wordt de fosfaatconcentratie in het bodemvocht - tijdelijk - verhoogd tot waarden die ver boven milieukwaliteitsdoelstellingen liggen. Voor het oppervlaktewater geldt een richtwaarde van maximaal 0,15 mg P per liter. Dit komt overeen met circa 0,1 mg ortho P per liter. Voor de bovenste meter van het grondwater onder dekzand geldt een richtwaarde van 0,4 mg totaal-P per liter en onder een klei-veengrond geldt een richtwaarde van 3 mg totaal-P per liter. Op basis van de adsorptie-isothermen en met behulp van het model van Van Noordwijk e.a. (1990) kan berekend worden bij welke fosfaattoestand van de bodem (Pw-getal) die kritische waarden worden bereikt. Tabel 4 geeft hiervan een overzicht.

Op zandgronden zullen fosfaattoestanden met een waardering voldoende (Pw-getal 21-30) kunnen voldoen aan milieukwaliteitsnormen; hogere waarden kunnen een conflict veroorzaken met huidige normen voor de milieukwaliteit. Of dat zal gebeuren zal afhangen van wat er gebeurt met fosfaat dat weglekt naar dieper gelegen bodemlagen. Meestal hebben die bodemlagen een lage fosfaattoestand en leggen ze fosfaat vast. Die vastlegging is echter eindig. Op den duur zullen ook die diepere bodemlagen fosfaat gaan lekken. MINAS is ingevoerd om die situatie te voorkomen. Op kleigronden zijn de fosfaattoestanden doorgaans niet in conflict met normen.

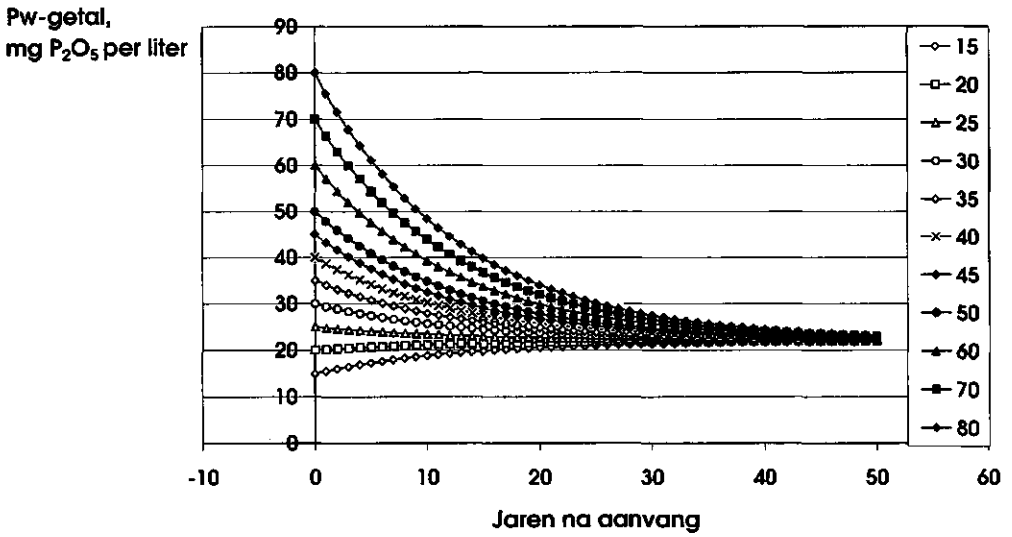
De resultaten berusten op modelberekeningen met opgelost fosfaat. Er wordt geen rekening gehouden met transport via bodemdeeltjes en evenmin met transport via scheuren en grotere poriën (preferent transport).

Tabel 4. Kritische waarden voor de fosfaattoestand (Pw-getal in mg P_2O_5 per liter grond).

locatie	grondsoort	norm in mg P per liter[1]		
		0,1	0,4	3,0
Breda	zand	1	5	31
Horst	zand	15	47	153
Lelystad[2]	klei	5	17	90
Meterikse Veld	zand	8	28	106
Valthermond	dalgrond	6	25	132
Westmaas	klei	10	35	143
Zwaagdijk	klei	12	38	131

1) Ortho-P. De richtwaarden voor zandgrond en klei- en veengrond zijn gebaseerd op totaalgehalten, dus inclusief organisch fosfaat. Indien aangenomen wordt dat 67% van het totaal-fosfaat anorganisch is, bedragen de kritische waarden van het Pw-getal circa 0,8 maal de aangegeven waarde.

2) gemiddelde waarde voor drie locaties



Figuur 6. Het verloop van de fosfaattoestand (Pw-getal) van de bodem als functie van de uitgangstoestand bij een opgelegd fosfaatoverschot van 20 kg P_2O_5 per ha per jaar.

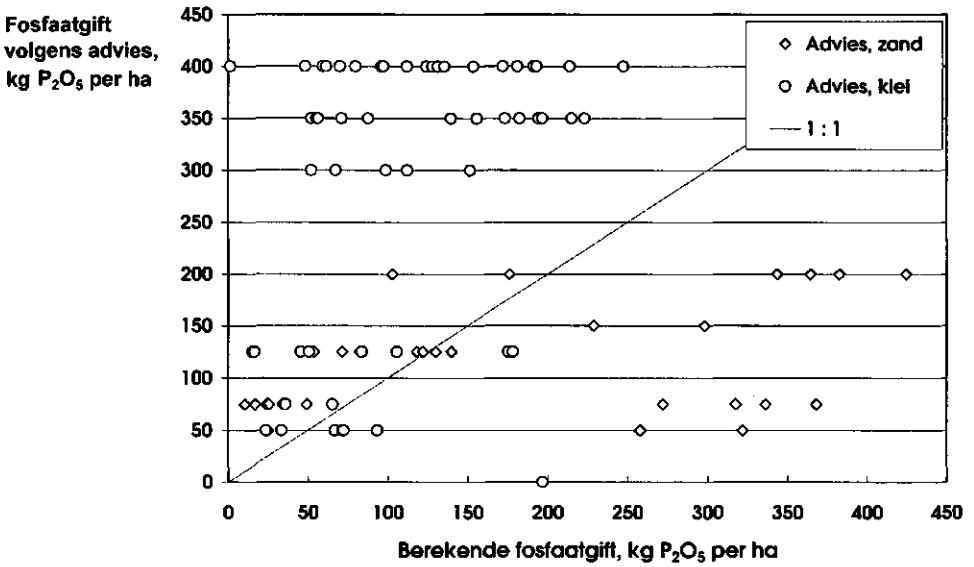
Gevolgen hoge bemesting op langere termijn

MINAS dwingt tot een beperkter gebruik van fosfaat op landbouwbedrijven. De vraag is hoe de fosfaattoestand zich zal ontwikkelen over langere termijn. Het model van Van Noordwijk e.a., (1990) geeft daar geen uitsluitsel over. Een statistische analyse van 86 veeljarige fosfaathoeveelheden (Ehlert e.a., 1995) geeft een indicatie hoe de fosfaattoestand in de tijd verloopt voor diverse fosfaatuitgangstoestanden en gegeven een fosfaatbalans van 20 kg fosfaat (P_2O_5) per ha per jaar. Fosfaattoestanden (Pw-getal) hoger dan 25 geven bij het toegestane overschot een daling in de tijd.

Afhankelijk van de uitgangstoestand daalt de fosfaattoestand in 5 tot 20 jaar tot waarden die voldoen aan de waardering voldoende van het akkerbouwmatige advies. Grond met een toestand lager dan 25 mg P_2O_5 per liter zal in de loop der tijd stijgen tot een Pw-getal van circa 25 mg P_2O_5 per liter.

Discussie en conclusies

Het model van Van Noordwijk e.a. (1990) legt een vraag op en berekent de fosfaattoestand waarbij aan die vraag kan worden voldaan. Als die berekende fosfaattoestand hoger is dat de uitgangstoestand, dan dient met fosfaat te worden bemest. De meststofgift kan eveneeens met adsorptie-isothermen worden bepaald. Figuur 7 geeft daarvan het resultaat.



Figuur 7. Berekende fosfaatgiften gebaseerd op gegevens van onderzoek in relatie tot de fosfaatgiften gebaseerd op het huidige bemestingsadvies voor intensief geteelde vollegrondsgroenten.

In de figuur worden de berekende waarden vergeleken met de fosfaatgiften die volgens het huidige bemestingsadvies voor intensief geteelde vollegrondsgroentegewassen gegeven zouden moeten worden. De resultaten zijn gebaseerd op meetgegevens van 1997. Voor kleigrond is de adviesgift veel hoger dan berekend. Voor zandgrond is het

beeld diffuser. In een aantal gevallen wordt meer berekend dan geadviseerd wordt. Deze situatie komt voor Horst; voor Meterikse Veld zijn ook de huidige adviezen te hoog. De berekeningsresultaten geven aan dat het klakkeloos indelen naar grondsoorten zijn beperkingen heeft. Er wordt namelijk geen rekening gehouden met specifieke locatiegebonden bodemeigenschappen. Door die locatiegebonden eigenschappen (bufferend vermogen van de grond voor fosfaat, pH, organische stof, vrije koolzure kalk) te wegen kan gerichter sturing gegeven worden aan bemesting. Hieraan wordt hard gewerkt.

De teler heeft diverse mogelijkheden om sturing te geven aan het gebruik van fosfaat via teeltmaatregelen, bemestingsmethoden en landgebruik. MINAS is een bedrijfsbalans.

Daardoor kunnen fosfaatbehoeftige gewassen zwaarder worden bemest dan niet veel fosfaateisende gewassen. Een respons op fosfaatbemesting werd niet vaak gevonden. Sla is het sterkst fosfaatbehoeftig (in 13 gevallen was er een opbrengstreactie bij 32 veldproeven). Peen, prei en bloemkool reageerde niet meer op bemesting bij Pw-getallen hoger dan 35 mg P_2O_5 per liter.

Het model van Van Noordwijk e.a (1990) en

FUSSIM zijn research-modellen. In detail kunnen op basis van relatief veel invoergegevens voor de referentiegewassen kwalitatief en kwantitatieve berekeningen uitgevoerd worden. Voor de geselecteerde gewassen kunnen na validatie en na onzekerheidsanalyses uitspraken gedaan worden over:

- meststofbehoefte bij gegeven fosfaattoestand;
- de kritische fosfaattoestand van de bodem. Dit is die fosfaattoestand waarbij het gewas zonder aanvullende fosfaatbemesting volledig in fosfaatbehoefte wordt gedekt;
- de consequenties van het bemestingsregime op de mate van fosfaatuitspoeling.

Daarmee komt nog geen nieuw bemestingsadvies tot stand. De veelheid van invoergegevens en de opzet van de modellen voorkomt bovendien een klakkeloos gebruik bij het bemestingsadvies voor de landbouwpraktijk. Op basis van deze research-modellen zal een praktische toepassing worden opgesteld. Hierbij wordt rekening gehouden met de vraag van het gewas naar fosfaat en condities opgelegd door MINAS.

De resultaten van het huidige onderzoek laten toe om de volgende conclusies te trekken:

1. De huidige fosfaatbemestingsadviezen voor intensief geteelde vollegrondsgroenten zijn voor de kleigronden veel te ruim; voor zandgronden dient onderscheid aangebracht te worden naar bodemeigenschappen zoals bufferend vermogen.
2. Bij een goede beworteling van een vollegrondsgroentegewas kan met een lagere fosfaattoestand van de grond worden volstaan.
3. Een efficiëntiewinst bij fosfaat is te behalen door te streven naar een optimale watervoorziening van het gewas.
4. Plaatsing van fosfaat bij de gewaswortels is effectief. Fosfaat dat buiten het bereik van de wortels wordt toegediend, wordt niet benut maar draagt wel bij aan het risico op een verhoogd weglekken van fosfaat.
5. Een tijdelijke plaatselijke verhoging van fosfaat bij gewaswortels zal een aanzienlijke besparing op meststoffosfaat geven zonder verlies van opbrengst of kwaliteit.
6. De toestanden op zandgronden zullen eerder aanleiding geven tot grenswaarde overschrijdend weglekken van fosfaat naar oppervlaktewater en het ondiepe grondwater.
7. Overgang van huidige bemestingssystemen naar een door MINAS bepaald bemestingbeleid zal voor de meeste vollegrondsgroentebedrijven leiden tot een daling van de fosfaattoestand. De mate van daling en de snelheid waarmee een toestand 'voldoende' wordt bereikt, is afhankelijk van het overschot op de fosfaatbalans en de oorspronkelijke fosfaattoestand.
8. Door rekening te houden met specifieke bodemeigenschappen kan gerichter sturing gegeven worden aan het fosfaatgebruik op het bedrijf.

MET STIKSTOFBEMESTING INSPELEN OP MINERALISATIE EN GEWASBEHOEFTE

ir. H.H.H. Titulaer, PAV-Lelystad

Inleiding

Om binnen de verliesnormen van MINAS te blijven, moet niet meer bemest worden dan strikt noodzakelijk is. De bemestingsadviezen moeten daarom vertaald worden naar specifieke perceelssituaties. In geval van stikstofbemesting moet rekening worden gehouden met grote verschillen in stikstoflevering tussen percelen. Deze verschillen kunnen even groot zijn als het bemestingsniveau waarover gesproken wordt. Kennis over de te verwachten mineralisatie is essentieel om te komen tot een bemesting op maat: een bemesting die is afgestemd op het behalen van een goede opbrengst en kwaliteit en waarbij een minimale hoeveelheid na de oogst op het veld achterblijft. In dit artikel wordt ingegaan op oorzaken van stikstofverliezen die ontstaan doordat stikstofaanbod en stikstofbehoefte onvoldoende op elkaar zijn afgestemd. Ook wordt aangegeven op welke wijze met de bemesting kan worden ingespeeld op de mineralisatie van stikstof uit de grondgebonden organische stof, dierlijke mest, oogstresten en groenbemesters, waardoor op bemesting bespaard kan worden.

Tabel 1. De gewassen ingedeeld naar de N-benuttingsindex (NBI) en de hoeveelheid N in gewasresten (Smit 1994).

	N in gewasresten (kg N per ha)			
NBI	0-50	50-100	100-150	>150
<0,4	radijs			
0,4-0,5	sla			
	ui			
	spinazie			
	schorseneer			
0,5-0,6	koolrabi	knolselderij	bloemkool	broccoli
	aardappel	koolraap		
		prei		
0,6-0,7	maïs	boerenkool		
		Chinese kool		
		ijsbergsla		
		stamslaboon		
0,7-0,8	wortel		witte kool	
	witlof		spruitkool	
	andijvie		suikerbiet	
>0,8	wintertarwe	kroot	knolvenkel	rode kool
	bospeen			doperwt

Oorzaken van stikstofverliezen

In de landbouw kunnen op allerlei manieren stikstofverliezen optreden. Ze zijn het gevolg van een niet goed op elkaar afgestemd stikstofaanbod met de stikstofbehoefte. Ze worden veroorzaakt door onder andere het gewastype, oogsttijdstip, bewortelingsintensiteit, de temperatuur en het vochtgehalte tijdens de groei, de wijze van bemesten en de mineralisatie van stikstof uit diverse organischestof-bronnen.

Kennis over de oorzaak van de verliezen is essentieel om hierin verbeteringen aan te kunnen brengen.

Gewastypen

Gewassen verschillen van elkaar in stikstofbehoefte en stikstofbenutting. Door Smit (1994) is een indeling gemaakt op grond van de stikstofbenuttingsindex (NBI). De NBI is de verhouding tussen de opgenomen hoeveelheid stikstof en de hoeveelheid voor het gewas beschikbare stikstof.

In tabel 1 is de NBI voor een aantal gewassen weergegeven gerelateerd aan het N-gehalte van de bijbehorende gewasresten. Uit de tabel blijkt dat gewassen met een hoge NBI, zoals wintertarwe en witlof, dit combineren met achterlating van weinig stikstof in gewasresten.
Daarnaast zijn er gewassen met een hoge NBI, maar met ook een hoog N-gehalte in hun gewasresten zoals diverse koolsoorten, suikerbieten en doperwten. Bij doperwten kan gesteld worden dat het hoge N-gehalte alles te maken heeft met het moment waarop ze geoogst worden. Als doperwten als rijp zaad geoogst zouden worden, komen ze in tabel 1 terecht bij wintertarwe en bospeen.

Groeifase van het gewas op het moment van oogsten

Naarmate gewassen in een jonger stadium worden geoogst, gaan ze minder efficiënt met de stikstofbemesting om. Ze stellen dan hoge eisen aan de hoeveelheid makkelijk opneembare stikstof. Tot deze groep behoren de bladgewassen, zoals sla en spinazie. Deze gewassen zullen een hoge Nmin -rest bij de oogst achterlaten. Op de voormalige proeftuin Noord-Brabant te Breda is het overigens gelukt om bij gelijkblijvende kwaliteit en opbrengst van het product de Nmin-rest bij sla tot 10 kg N per ha te reduceren (Embrechts, 1994). Het zal veel inspanning en kennis vergen dit ook in de praktijk te bereiken. Daarnaast zijn er gewassen die op het eind van de vegetatieve fase of als vrucht- of zaadgewas geoogst worden. Bij een goed afgestemde stikstofbemesting kan de Nmin-rest bij de oogst van deze gewassen vrij laag gehouden worden.

Bewortelingsintensiteit

Bladgewassen, stamslabonen, uien en prei zijn voorbeelden van gewassen die veelal niet dieper wortelen dan 30 cm. Aardappel, knolselderij en bloemkool hebben een bewortelingsdiepte tot ongeveer 60 cm. Wintertarwe, suikerbieten, spruitkool, witlof en maïs halen normaliter gemakkelijk de 100 cm. Naarmate gewassen dieper wortelen kunnen ze ook stikstof van diepere lagen benutten. Diepgang van de beworteling is niet het enige criterium voor stikstofopname; ook de uitgebreidheid van het wortelstel is belangrijk. Indien een vergelijking wordt gemaakt tussen wintertarwe en spinazie dan blijkt dat de worteldichtheid in de bovenste 30 cm respectievelijk 10 en 1,2 cm/cm^3 bedraagt. Met dit beperkte wortelgestel neemt spinazie 7 maal zoveel stikstof per dag op dan wintertarwe. Het zal duidelijk zijn dat de bewortelingsintensiteit bij een gewas als spinazie een grote invloed

heeft op de opnamecapaciteit van stikstof en op de stikstofbenutting.

Bodemtemperatuur

Behalve een gunstige invloed op de wortelontwikkeling is de hoogte van de bodemtemperatuur ook van belang voor de omzetting van ammoniak naar nitraatstikstof. De stikstofvorm heeft invloed op de N-benutting en op de kans op N-uitspoeling. Vooral bij hogere KAS-giften duurt deze omzetting bij een bodemtemperatuur van 11 °C vaak meer dan 10 dagen, terwijl dit bij hogere temperaturen maar 2 à 3 dagen duurt. Ook bij aanwending van dierlijke mest kan de omzetting van ammonium naar nitraat bij 11 °C oplopen tot meer dan 20 dagen, terwijl dit bij temperaturen tot 25 °C slechts 10 dagen duurt (Meyer, 1992). Vielsmeyer en Amsberger (1982) vonden bij mineralisatieproeven bij temperaturen van 3 t/m 25 °C dat organisch gebonden stikstof uit dierlijke mest in een periode van 10 maanden voor 12 tot 39 % gemineraliseerd werd. Onder dezelfde omstandigheden kwam uit de bodemgebonden organische stof slechts 2 tot 9 % stikstof vrij. De boven beschreven proeven zijn onder geconditioneerde omstandigheden uitgevoerd. Onder natuurlijke omstandigheden zullen de nitrificatie- en mineralisatieprocessen in de grond sterk afhankelijk zijn van de temperatuursschommelingen. Een bodemtemperatuur van 25 °C zal onder onze weersomstandigheden slechts zelden gehaald worden. Met andere woorden: de mineralisatie zal in de praktijk langzamer verlopen dan hier als maximum is weergegeven. Dit betekent dat door een langzamer aanmaak van ammonium-N het langer duurt voordat er nitraat-N wordt gevormd die kan uitspoelen. Aan de andere kant verloopt de mineralisatie bij hogere temperatuur sneller, waardoor er meer ammonium-N gevormd wordt die eventueel door het gewas kan worden opgenomen.

Meer kennis over het mineralisatieproces moet er toe leiden dat de bemesting zodanig wordt uitgevoerd dat het totale stikstofaanbod wordt afgestemd op de stikstofbehoefte van het betreffende gewas. Het gaat hierbij niet alleen over de afstemming van de totale hoeveelheid stikstof, maar ook over afstemming in de tijd gezien.

Vochtgehalte van de grond

De aanvoer van nutriënten vanuit de bodem naar de wortel is sterk gekoppeld aan het vochtgehalte van de bodem en aan de aanwezige concentratie van de nutriënten in de bodem. Dit kan het beste geïllustreerd worden door het onderzoek van Barraclough (1986). Die vond bij een vergelijking van de NO_3-N concentratie in de bodemoplossing voor de N-aanvoer via diffusie bij 30 vol % vocht een benodigde concentratie van 0,5 kg N per ha in de laag 0-30 cm bij de bloei van wintertarwe en, onder dezelfde omstandigheden, van 18 kg N per ha voor spinazie vlak voor de oogst. Bij een vochtgehalte van 15 vol % vocht lagen deze benodigde concentraties voor beide gewassen respectievelijk op 1 en 78 kg N per ha. Deze waarden worden bevestigd door De Willigen (1994) en De Willigen en Van Noordwijk (1987).

Dit leert dat vooral bij spinazie het zeer belangrijk is het gewas goed van water te voorzien om in ieder geval de hoge stikstofbehoefte te kunnen dekken. Het is dan wel zaak een goed evenwicht te vinden tussen de wateraanvoer via natuurlijke neerslag en beregening. Voor andere gewassen dan spinazie is de N-behoefte bij 15 vol % vocht meestal minder urgent, maar er zal terdege op de vochttoestand van de grond gelet moeten worden. De andere kant van de medaille is een teveel aan vocht waardoor in- of uitspoeling van stikstof, andere nutriënten of organische stof kan plaatsvinden.

Bemestingswijze

De telers worden geadviseerd om de stikstofbemesting af te stemmen op de hoeveelheid N-min in de grond. Er is een advies gebaseerd op N-min in het voorjaar en een advies waarbij ook tijdens het groeiseizoen gemeten wordt om te weten wat er in de bodem gebeurt met bijvoorbeeld de N-mineralisatie uit de organischestofresten in de bodem. Het onderzoek richt zich nu op het ontwikkelen van bemestingssystemen die een nog betere benutting van stikstof mogelijk maken, zoals plaatsing via rijenbemesting of plantgatmethode, het toedienen volgens het fertigatiesysteem via slangen of met een beregeningsinstallatie en het tijdstip van toedienen. Hieruit volgt automatisch het gebruik van nieuwe meststoffen geschikt voor fertigatie of het gebruik van "slow-release" meststoffen. Hiertoe kan door zijn lokale hoge ammoniumconcentratie ook CULTAN gerekend worden.

Organischestofbronnen

Er is al veel bekend over hetgeen uit diverse organischestofbronnen in de grond aan stikstof vrijkomt. Als vuistregel wordt al sinds jaar en dag voor bijvoorbeeld de koppen en blad van suikerbieten, ondergeploegd na de oogst in november, een stikstofnawerking verondersteld van maximaal 30 kg N per ha. Deze hoeveelheid N wordt dan in mindering gebracht op de N-gift van het volggewas. In zo'n geval is er echter op het moment van de oogst van suikerbieten tot ongeveer 150 kg N in de koppen en blad aanwezig geweest. Onderploegen van andersoortige gewasresten, dierlijke mest en groenbemestingsgewassen e.d. laten hetzelfde beeld zien, namelijk een conservering voor het volgende jaar van maximaal 20 % van de totale hoeveelheid N uit de resten. Op welk moment deze 20% van de stikstof vrijkomt is vaak echter niet precies bekend. Kennis hierover is wel gewenst, om deze vrijgekomen stikstof zo goed mogelijk te kunnen benutten.
Een andere vraag is: wat gebeurt er met de andere 80% van de stikstof die in de resten aanwezig is en is het mogelijk de efficiency van de conservering te versterken? Achtereenvolgens zullen de mogelijkheden voor de diverse organischestofresten besproken worden voor wat betreft een mogelijke versterking van de N-werking op het volggewas. Door kennis over het gedrag van stikstof in de grond en hoe dit is te beïnvloeden, moet het mogelijk zijn om met minder bemesting dezelfde opbrengst en kwaliteit te realiseren. Het stikstofoverschot (gift minus afvoer) kan hierdoor worden verlaagd.

Grondgebonden organische stof in de grond

Een andere stikstofbron uit organische stof vormt de stikstof die in de bodem vrijkomt door mineralisatie van de van nature aanwezige organische stof in de grond. De mineralisatie omvat ongeveer 2 % van de totale organische stof per jaar De gemineraliseerde stikstof varieert, afhankelijk van de grondsoort, van 20 tot meer dan 300 kg per ha. De nalevering vanuit deze stikstofbron is jaarlijks hetzelfde zolang het organischestofgehalte van de grond constant blijft. Voor het in stand houden is jaarlijks toediening van 1200-1500 kg effectieve organische stof per ha nodig.
Bij de mineralisatie van deze organischestofbron komt op de meeste gronden gemiddeld ongeveer 60 à 80 kg N per ha vrij gedurende het groeiseizoen. In wezen zit deze vrijkomende stikstof voor het grootste deel al opgesloten in de Nmin-streefwaarden voor de akkerbouwgewassen. Dit komt omdat er bij het onderzoek naar de Nmin-streefwaarden, begin zeventiger jaren, in de toen aangelegde proefvelden gesteld is dat er geen oogstresten of groenbemesters voor het te testen gewas on-

dergewerkt mochten worden. In een later stadium zijn echter, mede op verzoek van de suikerindustrie, wel proefvelden aangelegd met grasgroenbemesters. Het gevolg is dat bij gebruik van grasgroenbemesters vóór suikerbieten, 30 kg N van de streefwaarde moet worden afgetrokken.
In principe geldt het Nmin-onderzoek en de daaraan gekoppelde streefwaarden alleen voor die gewassen waarbij de Nmin-monsters genomen worden in de periode januari/februari, dus direct na de winter als het profiel 'leeg' is. Als de Nmin-monsters genomen worden in mei of juni zit er al een deel van de gemineraliseerde stikstof uit de bodemgebonden stikstof en uit sommige andere organischestofbronnen, zoals de voorvrucht, in het Nmin-monster.

Gewasresten

De hoeveelheid stikstof in gewasresten kan variëren van 20 kg N tot meer dan 150 kg N per ha (tabel 1). Na de oogst blijven deze resten meestal op het veld achter. Wat gebeurt er dan? Vanaf het oogsttijdstip beginnen de gewasresten te verteren en komt er door mineralisatie stikstof vrij. De gewasresten kunnen daarbij op het veld blijven liggen of ze kunnen op verschillende manieren en tijdstippen in de grond gewerkt worden. Dit zijn handelingen die ieder voor zich een grote invloed hebben op het mineralisatieproces. Een goede menging van gewasresten door de hele bouwvoor geeft in het algemeen de snelste en meest uniforme mineralisatie. Afhankelijk van de gewassoort is het vaak zinvol de gewasresten zo egaal mogelijk te verdelen. Dit geldt vooral voor gewasresten van diverse koolsoorten, aangezien hiervan de stronken een hogere C/N-verhouding (± 30) hebben dan de aanzittende bladeren (± 15). Als vuistregel geldt dat organische delen met een C/N-quotiënt hoger dan 18, stikstof nodig hebben om hun quotiënt omlaag te brengen tot beneden de 18. Om dit te bereiken onttrekken ze stikstof aan de bodem. Dit kan een vertragende werking hebben op de mineralisatie. Bij de mineralisatie van gewasresten speelt deze C/N-verhouding een belangrijke rol. Hoe lager deze is, des te sneller zal het mineralisatieproces verlopen. Per saldo zal het effect toch zijn dat als gewasresten overwinteren het netto N-effect maximaal 20% van de N-totaal zal zijn. Hogere effecten tot 80% van N-totaal zijn alleen maar mogelijk als de gewasresten in het betreffende productiejaar voorafgaan aan een tweede of soms derde volgteelt. Met andere woorden, als er geen uitspoeling plaatsvindt ten gevolge van het neerslagoverschot in de winter is het N-effect vaak groot. Stikstofconservering uit overwinterende gewasresten zijn tot nu toe beperkt tot maximaal 20%, indien deze zonder meer in de bodem worden ingewerkt. Wordt ter conservering voor september een groenbemestingsgewas ingezaaid, dan kan het netto-effect op kleigrond oplopen tot maximaal 30% aangezien de groenbemester op kleigrond vaak voor de winter geploegd wordt. Op zandgrond kunnen sommige groenbemesters goed overwinteren en kunnen dan tot 80% van de N-totaal in het daarop volgende jaar mineraliseren. Wordt na 1 september een groenbemester ingezaaid, dan daalt de N-opname door het groenbemestingsgewas tot 20 à 40 kg N. Dit is uit het oogpunt van besparing op N voor het volggewas minder interessant. Nieuw gestart onderzoek zal antwoord moeten geven op de vraag of N-conservering door toevoeging van bijvoorbeeld stro meer soelaas biedt.

Dunne dierlijke mesten

Van dierlijke mesten weten we wat er globaal gebeurt bij toediening aan de grond. We kunnen voor de drie belangrijkste dierlijke meststoorten (varkensmest, rundermest en kippenmest) een indeling maken volgens tabel 2. Hierin staat Nm voor het minerale deel, de

Tabel 2. De minerale en organische stikstoffracties (%) van de drie belangrijkste dunne mestsoorten.

	stikstoffracties (%)		
mestsoort	Nm	Ne	Nr
dunne mest van rundvee	50	25	25
dunne mest van varkens	50	33	17
dunne mest van kippen	50	33	17

ammoniakale fractie; de Ne voor het organisch deel dat gemakkelijk mineraliseert in het eerste jaar van toediening; de Nr voor de reststikstof die in de loop der jaren, in aflopende mate, zijn stikstof mineraliseert.

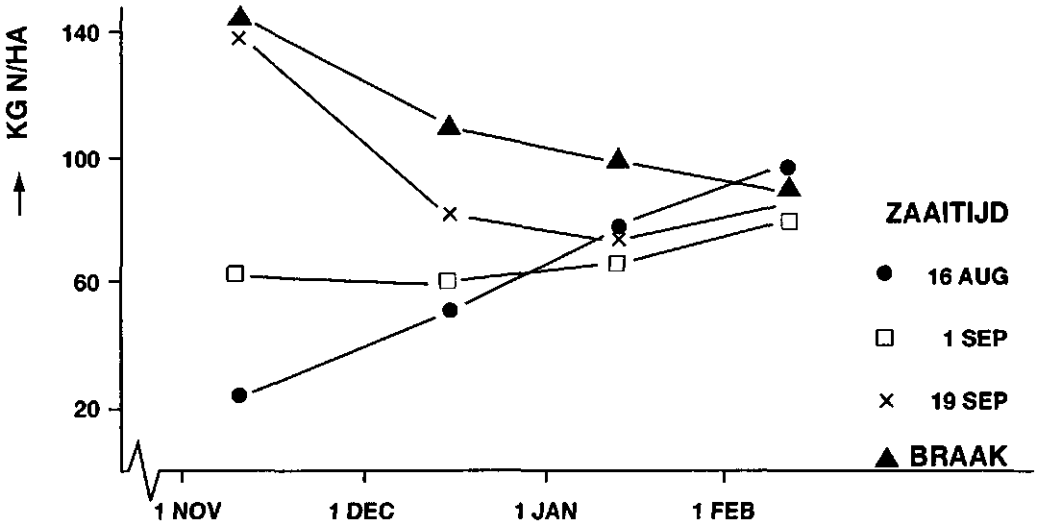
Deze verdeling impliceert dat bij toediening op kleigrond de Nm uit de mest in de herfst toegediend, door uitspoeling tijdens de winter vrijwel verloren kan gaan. Tenzij na toediening bijtijds een groenbemester wordt gezaaid die een deel van de Nm kan opnemen en kan conserveren tot het moment van ploegen in november. Indien deze groenbemester gunstige weersomstandigheden treft om te mineraliseren, zal ook deze weer in het vroege voorjaar kunnen mineraliseren en zal een groot deel van de geconserveerde N ook weer verloren gaan. In het gunstigste geval kan op deze manier 25 à 33 % uit Ne plus 20% van de geconserveerde stikstof (= maximaal 30 kg N) het daaropvolgende jaar tot werking komen. Op zandgrond en in principe ook op kleigrond kan de werking aanmerkelijk verbeterd worden door de mest in het voorjaar toe te dienen. Het is dan mogelijk een werking van 75 tot 83% van de totaal toegediende hoeveelheid N via mest te realiseren oftewel 127-141 kg N. Dus met minder kosten een verbetering van het effect. En dit effect is het maximaal haalbare. Er bestaat echter een aversie van telers op klei in het voorjaar te ploegen. Onderzoek heeft echter aangetoond dat ploegen op kleigrond tot 35 à 40% afslibbaar met slechts een gering gevaar voor structuurbederf goed mogelijk is.

Groenbemesters

Groenbemesters zijn van belang voor de organischestofvoorziening en ze kunnen een bijdrage leveren om stikstof de winter over te tillen. Om 100 kg N per ha op te nemen moet een groenbemester wel half augustus gezaaid worden. Wordt er later gezaaid, dan neemt de stikstofopname door groenbemesters met ongeveer 2 kg N per dag af, zodat het vanaf begin oktober zinloos is een groenbemester voor dit doel te gebruiken. In het kader van stikstofconservering en het over de winter tillen van stikstof moeten groenbemesters feitelijk niet worden bemest. Ze worden dan geteeld als vanggewas.

Na het onderploegen verloopt de mineralisatie afhankelijk van de temperatuur toch nog wel zo snel dat ongeveer half februari de stikstof uit de groenbemester voor 70-80% gemineraliseerd is (figuur 1). Deze stikstof kan uitspoelen waardoor het N-rendement van de besparing op 20 à 30% van de totale hoeveelheid opgenomen N uitkomt.

Op zandgronden kan de groenbemester, mits niet vorstgevoelig, tot het voorjaar blijven staan en dan worden ingewerkt. Afhankelijk van de te telen gewassen kunnen er dan structuurproblemen optreden, als het inwerken niet op de juiste manier is gebeurd. Het N-rendement kan dan echter oplopen tot 70 à 80 % van de N-totaal, afhankelijk van de soort groenbemester die is gebruikt.



Figuur 1. Verloop van het N-min gehalte van de grond (0-60 cm) na inwerking van gele mosterd, gezaaid op drie verschillende data. PAGV Lelystad 1988/1989, Landman 1990.

Mogelijke verbeteringen voor N-conservering

Gewasresten

In 1993/1994 heeft het PAV onderzoek gedaan naar het effect van behandelingen van de oogstresten van spruitkool. De volgende objecten zijn beproefd:

A 1. Gewasresten op het veld laten.
A 2. Gewasresten afvoeren.
A 3. Gewasresten op het veld laten + 10 ton gehakseld stro toevoegen.
A 4. Gewasresten afvoeren + 10 ton gehakseld stro toevoegen.

Het gehele spruitkoolgewas werd in de grond gewerkt. Het gewas had een N-inhoud van 281 kg N en een gemiddeld C/N-quotiënt van 24. De N-opbrengst werd in 1994 gemeten aan de hand van de N-opname door zomertarwe gevolgd door gele mosterd. De resultaten zijn weergegeven in tabel 3. Uit de tabel

Tabel 3. Totale N-opbrengst (kg N per ha) van zomertarwe en gele mosterd, die gegroeid zijn tussen 2 februari en 27 november 1994 (Titulaer 1999).

objecten	N_0	N_3
	0 kg N per ha	120 kg N per ha
A_1	132	171
A_2	119	188
A3	131	185
A_4	66	111

blijkt dat er geen verschillen in de N-opname waren tussen de objecten A1 enA3. Wel had de zomertarwe van object A1 16 kg N meer opgenomen dan die van object A3. Dit verschil werd weggewerkt door de gele mosterd van A3 die 15 kg N meer had opgenomen, zodat het verschil tussen beide objecten opgeheven werd. Met andere woorden, het inwerken van stro had een vertragend effect op de nalevering van de stikstof uit gewasresten. De stikstof die tijdelijk door het stro was vastgelegd, kwam wel hetzelfde jaar nog vrij. Verwijderen van de gewasresten in A2 had slechts een negatief effect van 13 kg N tot gevolg ten opzichte van object A1. Werd er stro toegediend na het verwijderen van de gewasresten (A4), dan liep dit verlies op tot 66/65 kg N ten opzichte van A1/A3 en tot 53 kg N ten opzichte van A2.

Stel dat een bepaalde oppervlakte grond gedurende een periode van een à twee jaar gewas- en onkruidvrij is gehouden. De te verwachten mineralisatie zou dan alleen kunnen plaats hebben vanuit de bodemgebonden organische stof in de grond. Dit zal dan als resultaat 60 tot 80 kg N per ha opleveren. De vraag is dan over welke periode deze stikstof vrijkomt en of hij ook in de grond aanwezig blijft tot en met bijvoorbeeld oktober. Naast deze voortgaande braak worden een aantal stroken beteeld met gewassen met respectievelijk een lage en hoge oogstrest en met gewassen die daarnaast een diepe en een ondiepe bewortelingsdiepte c.q. intensiteit hebben (tabel 1). Na de teelt worden de oogstresten van deze gewassen op de juiste manier door de gehele bouwvoor gewerkt. Op het moment van het inwerken beginnen deze gewassen te mineraliseren. Het is dan zaak om de voortgang van de mineralisatie goed te volgen. Op dat moment zijn er twee mineralisatieprocessen aan de gang namelijk vanuit de grondgebonden organische stof en vanuit de oogstresten. Een derde variant kan gevonden worden door dunne dierlijke mest aan de grond toe te voegen en hiervan ook via een grondbemonstering het verloop van de stikstofmineralisatie te volgen. Ook hier lopen twee processen naast elkaar. Er kunnen nog andere combinaties gemaakt worden o.a. met compost en champost. Er moet wel gedacht worden aan het gegeven dat er zelden één proces plaatsvindt maar meestal twee, drie of meer tegelijk met de daarbij behorende interacties.

In 1999 is het PAV gestart om tot een betere benutting van stikstof uit de oogstresten van broccoli te komen. Voor zover voorhanden zullen de actuele data gepresenteerd worden.

Dierlijke mest

Om de stikstofbenutting uit dierlijke mest op kleigrond te verbeteren, kan mestscheiding in een vaste en een vloeibare fractie een bijdrage leveren. De vaste fractie bestaat uit de eerder genoemde Ne en Nr en waarschijnlijk nog voor een klein deel uit Nm. Daarnaast bevat deze vaste fractie het merendeel aan fosfaat hetgeen in verband met MINAS interessant is. Het heeft ook waarde voor de organischestofvoorziening. De vaste fractie kan in het najaar worden toegediend en er kan een groenbemester worden ingezaaid die de nog aanwezige stikstof volledig kan opnemen. Het effluent bevat veel stikstof en kalium. Door het effluent in het voorjaar uit te rijden, kan de hierin aanwezige stikstof beter worden benut. Ook voor de biologische landbouw kan mestbewerking interessant zijn. De vroege stikstofvoorziening vormt hier een knelpunt. Door in het voorjaar alleen het effluent toe te dienen zal het minerale deel van de stikstof sneller beschikbaar zijn, waardoor bijvoorbeeld een vroege spinazieteelt alsnog gerealiseerd kan worden.

Een proef waarin de mogelijkheden van vaste mest worden onderzocht, ligt momenteel op PAV-ZW.

Discussie

In de bodem zit in de bewerkte laag een hoeveelheid organisch gebonden stikstof die uiteenloopt van 4.000 tot 15.000 kg N per ha. Dit is een veelvoud van de bemestingsbehoefte, maar slechts een gedeelte komt jaarlijks voor gewasgroei beschikbaar. Bij toediening van organische stof bestaat een groot deel eveneens uit organisch gebonden stikstof en afhankelijk van de soort organische stof een sterk variërend gehalte aan minerale stikstof. Gewasresten, groenbemesters stalmest en compost bevatten slechts een gering percentage minerale stikstof, terwijl dunne meststoorten vaak voor meer dan 50% uit minerale stikstof bestaan.

Worden de eerstgenoemde organische meststoorten in de grond gebracht, dan zal voornamelijk afhankelijk van temperatuur en vochtgehalte de organische stof beginnen te mineraliseren. De intensiteit waarmee dit gebeurt is sterk afhankelijk van het C/N- quotient. Ligt dit C/N-quotiënt hoog, dan zal de mineralisatie zeer langzaam tot langzaam op gang komen, om bij lagere C/N-gehalten steeds intenser en sneller te verlopen. Bij dierlijke mesten ligt dit anders, in die zin dat ± 50% als minerale stikstof aanwezig is die in evenwicht is met de organische stof in die mest. De minerale stikstof kan zich vrij bewegen en zal bij een neerslagoverschot dan ook gemakkelijk uitspoelen. De overblijvende organischestofbestanddelen van de mest zullen zich dan gaan gedragen als de bovengenoemde organische meststoffen en op vrijwel dezelfde manier mineraliseren.

Kennis nemend van het bovenstaande kan gesteld worden dat uitspoeling in de winter voorkomen kan worden door te zorgen voor een C/N-gehalte hoger dan 20. Na de winter kan door toevoeging van minerale N de mineralisatie weer op gang gebracht worden.

Het zal moeilijk zijn het juiste evenwicht te vinden om de hoeveelheid C die toegediend moet worden op de juiste manier en hoeveelheid toe te passen. Een vuistregel hiervoor is dat de toegevoegde hoeveelheid C vrijwel gelijk moet zijn aan het C-gehalte van het te conserveren materiaal.

Een modelmatige benadering zou misschien een oplossing kunnen bieden. Echter, het probleem is dat bij een modelmatige benadering ook het onderzoek modelmatig is uitgevoerd onder laboratorium omstandigheden. De modellen reageren dan uitstekend op de laboratoriumproeven. Onverwachte afwijkingen in vochtgehalte (neerslag) en temperatuur en de wederzijdse beïnvloeding daarvan kunnen echter voor grote afwijkingen zorgen. De reacties van het model tussen de punten A en B kloppen in principe wel, maar kunnen per saldo tegenvallend of meevallend reageren door omstandigheden waarmee het model geen rekening heeft gehouden.

Een ander punt is dat bij de meting van de Nmin over een bepaalde periode geen rekening wordt gehouden met de in het monster aanwezige organisch gebonden N die in het extractiemiddel voor Nmin-bepaling is opgelost. Dit kan een van de redenen zijn voor het vaak "verdwijnen" van stikstof uit balansberekeningen.

Samenvattend kan gesteld worden dat de N-mineralisatie uit de grondgebonden organische stof nauwelijks een probleem vormt voor uitspoeling in de winterperiode. Voor gewassen die na 1 september geoogst worden, vormen de gewasresten die dan op het veld achterblijven nog steeds een probleem. Mogelijk biedt hier het recent gestarte onderzoek een oplossing. Gewassen die voor 1 september geoogst worden, zouden via stikstofvangende groenbemesters nog 20% c.q. 60 tot 80% van de in de gewasresten aanwezige stikstof kunnen conserveren, bij respectievelijk onder-

werken voor of na de winter. Als de groenbemester na de winter wordt ingewerkt, zal deze wel vorstresistent moeten zijn. Dierlijke mesten zullen op zand- en lössgronden geen probleem geven, aangezien ze op beide grondsoorten na de winter toegediend kunnen worden. Daarbij kan de werking tussen de 60 en 75% liggen. Hetzelfde geldt voor de lichtere klei- en zavelgronden. Op klei- en zavelgronden waar de dierlijke mest in de nazomer of herfst wordt toegediend en geploegd wordt in november, gaat per definitie 50 tot 60% van de stikstof verloren bij geen gebruik van een groenbemester. Met groenbemester kan dit verlaagd worden tot 30 tot 40%. Uit het nu gestarte onderzoek waarbij de vaste fractie van de mest in de herfst is gegeven en het effluent mogelijk in het voorjaar, blijkt dat er in oktober nauwelijks een stikstofreactie te zien is van de vaste fractie.

Nawoord

In het bovenstaande is een opsomming gegeven van hetgeen bekend is over het gedrag van stikstof in de grond. Deze kennis is van groot belang om een zodanige teelt- en bemestingsstrategie te ontwikkelen dat het stikstofaanbod zo maximaal mogelijk wordt afgestemd op de stikstofbehoefte van het gewas. Kwantificering van de te verwachten mineralisatie in de tijd is geen gemakkelijke opgave. Temperatuur en vochtvoorziening hebben hierop een duidelijke invloed. Toepassing van bestaande kennis en resultaten van recent gestart onderzoek moeten het mogelijk maken om de stikstofbenutting te verbeteren. Het stikstofoverschot kan zo verlaagd worden, waardoor verliezen naar grond- en oppervlaktewater beperkt worden.

BESPARING OP STIKSTOF- EN FOSFAATGIFT DOOR AANPASSING BEMESTINGSMETHODEN

ing. W.C.A. van Geel, PAV-Lelystad

Inleiding

Dit artikel gaat in op de bijdrage die andere bemestingsmethoden dan breedwerpige bemesting volgens de Nmin-richtlijn kunnen bieden om de nutriëntenverliezen tijdens de teelt te beperken.
Een ander hoofdstuk van deze publicatie gaat in op verliesbeperkende maatregelen na het teeltseizoen alsook op de vermindering van verliezen bij gebruik van dierlijk mest. Over het zorg dragen voor een goede bewortelbaarheid is in het verleden al veel gepubliceerd en er wordt derhalve in dit artikel niet verder op ingegaan. Evenmin wordt ingegaan op het toepassen van pH-correcties van de grond (slechts zeer beperkt mogelijk), de mogelijkheid van rassenkeuze en rasontwikkeling om tot een betere benutting te komen en op de afstelling van toedieningsapparatuur.

Stikstofbijmestsyteem

Om met de stikstofgift beter in te kunnen spelen op de actuele groeiomstandigheden is het stikstofbijmestsysteem ontwikkeld. Tijdens de teelt wordt enkele malen de beschikbare hoeveelheid minerale stikstof in de grond gemeten en op basis hiervan en de verwachte gewasopname wordt bijbemest. NBS houdt beter rekening met perceels- en jaarsspecifieke omstandigheden als mineralisatie, immobilisatie, uitspoeling en ten dele ook met gewasopname (tot het moment van laatste meting). Voor aardappelen is ook een NBS beschikbaar, waarbij wordt bijbemest aan de hand van het nitraatgehalte in de bladsteeltjes.

NBS is met name zinvol op sterk mineraliserende gronden (humeuze gronden of percelen waarop langdurig dierlijk mest is aangewend), wanneer een basisgift dierlijke mest is toegediend en/of na het onderwerken van gewasresten van een voorafgaande teelt in hetzelfde jaar. Anderzijds is NBS zinvol bij teelten in een periode met verhoogde kans op uitspoeling (in de herfst). Verder is NBS van belang voor gewassen waarbij omwille van de kwaliteit nauwkeurig moet worden bemest, bijvoorbeeld om te hoge nitraatgehalten in bladgewassen of te losse kroppen bij sla te voorkomen en ziekte-aantasting te verminderen (hetgeen wordt bevorderd door een te hoog N-aanbod). Voorwaarde om NBS voor een gewas te ontwikkelen is dat de stikstofopnamecurve van het gewas bekend moet zijn. Verder moet de teler weten hoe diep zijn gewas wortelt.

Een nevenvoordeel van NBS is dat de teler na enkele jaren zijn grond beter leert kennen met betrekking tot de mineralisatie en uitspoelingsgevoeligheid. De jaarlijkse mate van mineralisatie op hetzelfde perceel is minder variabel dan het mineralisatieniveau tussen verschillende gronden.
Nadelen van NBS zijn de extra kosten voor

Tabel 1. Stikstofbemesting volgens de Nmin-richtlijn en volgens NBS van een 2e teelt ijssla op zandgrond in een situatie zonder stikstofuitspoeling en bij verschillende mineralisatieniveaus van de grond.

aan- en afvoerposten stikstof (kg N/ha)	mineralisatiegraad (kg N/ ha.dag^{-1})		
	0	0,5	1,5
bemesting volgens Nmin-richtlijn:			
Nmin (0-30) na de 1e teelt	40	40	40
mineralisatie uit gewasresten tot aan de Nmin-meting	4	4	4
overige mineralisatie	0	5	15
Nmin (0-30) vóór planten	44	49	59
stikstofgift (110 – Nmin)	*66*	*61*	*51*
bemesting volgens NBS:			
Nmin (0-30) na de 1e teelt	40	40	40
1e stikstofgift (vaste gift)	30	30	30
mineralisatie uit gewasresten tot aan begin bolvorming	20	20	20
overige mineralisatie	0	18	53
gewasopname tot begin bolvorming	20	20	20
Nmin (0-30) bij begin bolvorming	70	88	123
2e stikstofgift (125 – Nmin)	55	37	0
totale stikstofgift	*85*	*67*	*30*

Uitgangspunten:

- De 1e teelt ijssla betreft een vroege teelt. Dit gewas heeft totaal 100 kg N/ha opgenomen, waarvan 40 kg op het veld achterblijft in de gewasresten. Daarnaast blijft 40 kg minerale stikstof achter in de laag 0-30 cm.
- De 2e teelt ijssla wordt twee weken na de oogst van de 1e teelt geplant, in juli of begin augustus.
- Voor bemesting volgens de Nmin-richtlijn wordt vóór planten de Nmin-voorraad in de laag 0-30 cm bepaald, 10 dagen na de oogst van de 1e teelt. In de tussenliggende periode is 10% van de stikstof uit de gewasresten van de 1e teelt vrijgekomen.
- Bij bemesting volgens NBS wordt vóór planten een startgift van 30 kg N/per ha gegeven.
- Vlak vóór begin bolvorming wordt de Nmin-vooraad (0-30) cm bepaald. Dat is 35 dagen na de oogst van de 1e teelt. Op dat moment is 50% van de stikstof uit de gewasresten van de 1e teelt vrijgekomen.
- Voor de overige mineralisatie die in de grond optreedt, is gerekend met drie niveaus 0, 0,5 en 1,5 kg N/ha per dag in de laag 0-30 cm.
- Er treedt geen uitspoeling op.
- Bij begin bolvorming heeft het gewas 20 kg N/ha opgenomen (conform de opnamecurve die bij NBS wordt gehanteerd).

grond- of gewasanalyse, de extra arbeid die gemoeid is met de bemonsteringen en bijbemestingen en de gewasschade die kan optreden door de N-giften tijdens de groei. Er kan bladverbranding optreden en daardoor ook meer ziekte-aantasting met kwaliteitsverlies en een hoger uitvalpercentage tot gevolg.
Een alternatief voor grondbemonstering is de aanleg van stikstofvensters in het gewas, welke aangeven wanneer het gewas in een tekortsitutie dreigt te geraken en er moet worden bijbemest.
In proeven met consumptie-aardappelen op klei- en zavelgrond werd met bijbemesting volgens de bladsteeltjesmethode vaak een besparing behaald van 40 à 50 kg N per ha ten

opzichte van een eenmalige gift volgens het Nmin-advies. In proeven met zetmeelaardappelen op zand- en dalgrond bedroeg de besparing met bijbemesting op basis van het nitraatgehalte in de bladsteeltjes dan wel op basis van de stikstofvoorraad in de grond 25-40 kg N per ha.
Toepassing van NBS in uien kan naar verwachting (op zavel- en kleigrond) 20-30 kg N/ha besparing opleveren ten opzichte van het Nmin-advies, met name wanneer er in mei een sterke mineralisatie optreedt.

Bij de meeste koolgewassen wordt geen NBS toegepast. Kolen hebben een krachtig ontwikkeld wortelstelsel, waarmee ze in de grond aanwezige stikstof goed weten te benutten. Bij hantering van de Nmin-richtlijn en niet-bovenmatige mineralisatie laten ze weinig minerale stikstof na. Bovendien bleken ze neutraal tot licht negatief te reageren op deling van de stikstofgift. Soms liep het gewas hierdoor een achterstand op tijdens de begingroei, die niet meer werd ingehaald. Enkel bij de teelt van bloemkool en broccoli op sterk mineraliserende gronden is het zinvol een bijmestsysteem te hanteren. In broccoli bijvoorbeeld, zijn hiermee forse besparingen gehaald van soms ruim boven de 100 kg N per ha.

Toch moet NBS op de eerste plaats worden gezien als een preciezere bemestingsmethode; het leidt niet persé tot een besparing ten opzichte van het Nmin-advies. In een volgteelt ijssla bijvoorbeeld is het Nmin-advies al tamelijk laag t.o.v. de stikstofopname door het gewas. NBS geeft hier niet of nauwelijks een besparing en kan zelfs hoger uitkomen dan bemesten volgens de Nmin-richtlijn. Alleen bij sterke mineralisatie zal NBS enige besparing opleveren. In tabel 1 zijn NBS en de Nmin-richtlijn voor ijssla op zandgrond met elkaar vergeleken voor een situatie zonder uitspoeling bij verschillende mineralisatieniveaus van de grond.

In het voorbeeld van tabel 1 zou de stikstofgift in de volgteelt ijssla nog met zo'n 10-50 kg N per ha omlaag kunnen (afhankelijk van het mineralisatieniveau van de grond), als rekening wordt gehouden met de stikstof die na de laatste Nmin-meting nog beschikbaar komt aan het gewas door mineralisatie. Wanneer de sla vier weken na de 2e Nmin-meting wordt geoogst, komt nog 12 kg N per ha (30%) vrij uit de gewasresten van de voorafgaande teelt en respectievelijk 0, 14 en 42 kg N per ha door overige mineralisatie. Sowieso geeft de toe- of afname van Nmin in de grond tussen twee meettijdstippen een indicatie over de hoogte van de mineralisatie (als geen uitspoeling optreedt).
Bij prei zou met NBS een behoorlijke besparing mogen worden verwacht. Het streefniveau van de Nmin-richtlijn (270 - Nmin) is hoger dan de opname van het gewas. NBS gaat uit van een gemiddelde opname van 160 kg N per ha plus een buffer van 30 na de laatste bijbemesting. Omdat tussen de eerste en laatste Nmin-meting zo'n drie maanden verstrijken, speelt NBS in prei goed in op mineralisatie en uitspoeling. In tabel 2 is een vergelijking gemaakt.
Evenwel lopen de stikstofgiften in prei zeer sterk uiteen. Bij sterke mineralisatie gedurende de teelt kan soms meer dan 100 kg N per ha worden bespaard t.o.v. bemesting volgens de Nmin-richtlijn. Regelmatig echter, is er in herfst- en winterprei sprake van geen of een slechts geringe besparing of zelfs een overschrijding van de MINAS-norm. De belangrijkste oorzaak daarvan is verlies van stikstof door uitspoeling tijdens de teelt. Dat verlies kan gemakkelijk oplopen tot boven de 100 kg stikstof per ha. Ook de teler die volgens de Nmin-richtlijn bemest, zal in zo'n situatie ingrijpen middels een aanvullende gift aangezien het gewas anders tekort heeft.
NBS garandeert dus niet dat er geen verlies optreedt. Omdat de N-gift wordt gedeeld, zal er daarentegen minder kunnen uitspoelen dan

Tabel 2. Stikstofbemesting volgens NBS en volgens de Nmin-richtlijn van een herfsteelt prei op zandgrond in een situatie zonder stikstofuitspoeling en bij verschillende mineralisatieniveaus van de grond.

aan- en afvoerposten stikstof (kg N per ha)	mineralisatiegraad (kg N per ha per dag^{-1})		
	0	0,5 resp. 0,25	1,5 resp. 0,75
Nmin (0-30) vlak voor planten	40	40	40
Nmin (30-60) vlak voor planten	20	20	20
1e stikstofgift (85 – Nmin(0-30 cm))	45	45	45
mineralisatie tussen 1e en 2e Nmin-meting	0	21	63
gewasopname tussen 1e en 2e Nmin-meting	35	35	35
Nmin (0-30) bij 2e Nmin-meting	50	71	113
2e stikstofgift (105 – Nmin(0-30 cm))	55	34	0
mineralisatie tussen 2e en 3e Nmin-meting	0	15	45
gewasopname tussen 2e en 3e Nmin-meting	55	55	55
Nmin (0-60) bij 3e Nmin-meting	70	85	123
3e stikstofgift (100 – Nmin(0-60 cm))	30	15	0
totale stikstofgift NBS	*130*	*94*	*45*
stikstofgift volgens de Nmin-richtlijn (270 – Nmin(0-60 cm))	*210*	*210*	*210*

Uitgangspunten:

- De prei wordt eind juni geplant. Daarvoor is geen ander gewas geteeld. Er is geen dierlijk mest in het voorjaar aangewend. Er wordt uitsluitend kunstmest gebruikt.
- Vlak vóór planten bevindt zich 40 kg Nmin/ha in de laag 0-30 cm en 20 kg Nmin/ha in de laag 30-60 cm. Zes weken later wordt voor de 2e keer de Nmin-vooraad bepaald en bijbemest en drie maanden later voor de 3e keer.
- De prei wortelt tot een diepte van 60 cm.
- Voor de overige mineralisatie die in de grond optreedt, is gerekend met drie niveaus:
  juli en augustus: 0, 0,5 en 1,5 kg N/ha per dag in de laag 0-30 cm;
  september: 0, 0,25 en 0,75 kg N/ha per dag in de laag 0-30 cm;
  in de laag 30-60 treedt geen mineralisatie op.
- De stikstofopname verloopt volgens de opnamecurve die bij NBS wordt gehanteerd voor prei.
- Er treedt geen uitspoeling op.

wanneer alle stikstof ineens wordt gegeven. Overigens geeft het Nmin-advies in prei ook deling van de gift aan.

Alternatieve toedienings-methoden voor bijbemesting

Extra veel stikstof toedienen om stikstoftekort in perioden met uitspoeling te voorkomen, heeft (zeker op uitspoelingsgevoelige zandgrond) weinig zin. Bij 60-80 mm neerslag of meer spoelt daar bijna alle stikstof uit de laag 0-30 cm naar diepere lagen.

De uitspoelingsverliezen zijn te verkleinen door vaker te bemesten met kleinere hoeveelheden. Daardoor blijft de bodemvoorraad relatief laag, waardoor er nooit veel ineens kan uitspoelen. Een nauwgezetter bijmestsysteem houdt tevens in dat de teler in een later gewasstadium nog moet kunnen bijbemesten. Overigens is dat nu ook het geval als na de laatste bijbemesting veel uitspoeling optreedt.

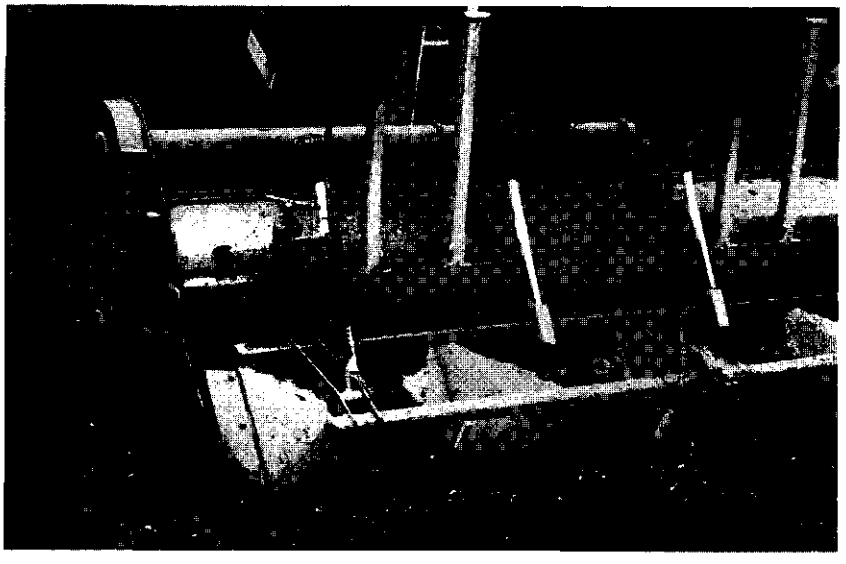
Een breedwerpige gift met een korrelmeststof geeft in een later gewasstadium te veel risico van bladverbranding.

Tussen de rijen doseren

Om verbranding te voorkomen kan de teler de meststof met bijvoorbeeld sleepslangen tussen de plantenrijen op de grond aanbrengen. Dit kan zowel met korrels als met vloeibare stikstofmeststoffen. Met een vloeistof kunnen dunnere slangen worden gebruikt en een vloeistof is uniformer te verdelen. Bovendien verspreidt de vloeistof zich bij bovengrondse toediening sneller dan korrels en de stikstof is meteen beschikbaar (bij korrels pas nadat deze oplossen).
Met deze methode kan echter niet erg veel later worden bijbemest dan het standaard-laatste bemestingsmoment in NBS, afhankelijk van het gewas en het moment van gewassluiting. In prei bijvoorbeeld, zal een dergelijke wijze van bijbemesten in een laat stadium bladbreuk met zich meebrengen.

Bladbespuiting

Een andere optie is om vloeibare stikstof over het gewas te spuiten. In verband met bladverbranding is daarbij de hoogte van de gift beperkt tot maximaal 15-20 kg N per ha per keer. Bladbespuiting is daarom in eerste instantie geschikt om snel een stikstofgebrek tijdelijk op te heffen. Wil de teler op dergelijke wijze het gewas voor een langere periode van stikstof voorzien, dan moet hij zeer frequent een bespuiting uitvoeren.
Ervaringen in het onderzoek met bladbemesting in prei waren enigszins teleurstellend. Er trad al snel verbranding op (vanaf 15 kg



Het PAV onderzocht het perspectief van druppelirrigatie en -fertigatie onder andere in aardappelen. De druppelslangen (tape) worden tijdens het frezen of aanaarden bovenin de ruggen gelegd.

N/ha) en de opbrengst en kwaliteit haalde het niet altijd bij die van NBS. Wel konden in sommige proeven enkele tientallen kilo's stikstof per ha worden bespaard ten opzichte van standaard-NBS met een vaste meststof.
In aardappelen bleek het goed mogelijk om via stikstofbespuiting in de periode na knolaanleg het gewas bij te bemesten, desgewenst in combinatie met de Phytophthora-bespuitingen.

Fertigatie

Een andere methode om de stikstof te allen tijde te kunnen aanvoeren, is via een beregenings- of een druppelirrigatiesysteem. Deze techniek staat bekend als fertigatie. Geschikte beregeningssytemen hiervoor zijn de zogenaamde sectorsproeiers of een systeem met bovengrondse buizen en sprinklers. Belangrijke voorwaarde is dat enkele millimeters kan worden nageregend, voordat het blad is gedroogd, om de meststof eraf te spoelen.
Een beregeningssysteem in een vaste opstelling dan wel een systeem met druppelslangen leent zich er prima voor om meerdere keren per week of zelfs dagelijks water te geven. Daardoor kan de teler het gewas vrijwel continu van de juiste hoeveelheid water voorzien, al naar gelang de gewasbehoefte en de vochtigheid van de grond. Door de grond continu voldoende vochtig te houden, zijn ook de aanwezige nutriënten in de grond goed voor de plant beschikbaar, waaronder stikstof en met name fosfaat.
Tevens kunnen gemakkelijk in het water opgeloste meststoffen worden toegediend. Met name via druppelslangen worden water en meststof dicht bij de wortels gebracht en zijn direct voor de plant beschikbaar. Fertigatie brengt nauwkeurige bijbemesting gedurende de teelt binnen handbereik. Het is op eenvoudige wijze mogelijk frequent kleine porties stikstof aan het gewas te geven, bijvoorbeeld wekelijks. Die porties kunnen in principe steeds worden afgestemd op de gewasbehoefte en de hoeveelheid stikstof die in de grond aanwezig is. Verliezen kunnen zo worden geminimaliseerd en de opbrengst gemaximaliseerd.
Dit vraagt wel om gedetailleerde kennis van het gewasopnamepatroon en om parameters van gewas of grond waarop men kan bijsturen. Bij druppelfertigatie zit hier nog een knelpunt. Bijsturing op basis van Nmin is lastig, omdat de stikstof niet homogeen door de grond is verdeeld. Hoe verkrijgt men dan toch een betrouwbaar monster? Resteert bijsturen op basis van stikstof- of nitraatgehalte in gewasdelen. Tot voor kort was alleen in aardappelen een methode beschikbaar om bij te bemesten op basis van bladsteeltjesanalyse. Voor spruitkool is recent eenzelfde methode ontwikkeld. Voor andere gewassen is een dergelijke methode (nog) niet beschikbaar. Bijsturen op basis van chlorofylmetingen of lichtreflectie is ook een optie, maar hier moet nog het nodige onderzoek aan worden gedaan.

Proeven die in de jaren tachtig in Nederland zijn uitgevoerd met volveldsfertigatie (via de beregening) wezen erop dat een besparing op de stikstofgift mogelijk is. Fertigeren had evenwel geen of een geringe invloed op de opbrengst, maar verbeterde in het algemeen wel de uniformiteit van het gewas.
De ervaringen die in binnen- en buitenland tot nu toe zijn opgedaan met betrekking tot water- en stikstofbesparing en opbrengstverhoging bij druppelirrigatie/-fertigatie lopen sterk uiteen. De stikstofbesparing varieerde ruwweg van niets tot de helft t.o.v. de 'traditionele' bemestingsmethoden. Ook werd een betere gewas- en productuniformiteit verkregen, zoals een meer regelmatige knolsortering bij aardappelen.

Andere voordelen van druppelirrigatie zijn dat (blad)ziekten, plagen en onkruiden die normaal in een vochtig milieu goed gedijen, zich minder goed kunnen ontwikkelen ten op-

zichte van beregening, bijvoorbeeld Phytophthora in aardappelen. Verder zou er zouter water kunnen worden gebruikt dan bij beregening.

Belangrijkste nadeel van het druppelsysteem zijn de hoge materiaalkosten: in een aardappelteelt ongeveer fl 2.500,- per ha per jaar. Dat maakt het economisch rendement twijfelachtig. Voorts stelt druppelirrigatie hoge eisen aan de waterkwaliteit. Omdat de druppelaars in de slangen gemakkelijk verstopt raken, moet het water goed worden gefilterd. Een bijzonder probleem vormt ijzerhoudend water, dat uit menige waterbron op zandgrond naar boven komt. Het ijzer kan ernstige verstopping veroorzaken. Verwijdering uit het water brengt flink wat extra kosten en/of inspanningen met zich mee. Gebruik van leidingwater is (te) duur en aan oppervlaktewater kleeft het risico van ziekteverspreiding.

Het PAV houdt zich sinds 1997 bezig met druppelirrigatie en fertigatie. Het onderzoek wordt uitgevoerd in aardappelen, asperges, prei en aardbeien. Gelet wordt op opbrengst en kwaliteit, economisch rendement, water- en stikstofbesparing en de mogelijkheid om met brak water te druppelen.

Ook bestudeert het PAV de landbouwkundige waarde en de stikstofbenutting van opgeloste stikstofmeststoffen (ureum, urean, ammoniumnitraat en kalksalpeter) ten opzichte van KAS, bij gebruik in NBS en toegediend via sleepslangetjes dan wel via beregening.

Stikstofvorm

Andere mogelijkheden om de uitspoeling in het najaar te verminderen zijn misschien gelegen in de vorm waarin men de stikstof aanwendt. In het verleden is in proeven geconstateerd dat ammoniummeststoffen, inclusief ureum, beter werkten dan nitraatmeststoffen Wanneer na toediening veel regen viel. Ammonium spoelt veel minder gemakkelijk uit dan nitraat, aangezien het in de grond wordt geadsorbeerd. In de zomermaanden wordt ammonia in enkele dagen tijd omgezet in nitraat. Bij lage (bodem)temperatuur blijft het langer aanwezig. In combinatie met een neerslagoverschot (in het najaar) zouden ammoniummeststoffen misschien in zo'n periode voordeel kunnen bieden. Ureum daarentegen, wordt bij lage temperaturen ook minder snel omgezet in ammonium en ureum spoelt gemakkelijk uit.

Verder treden bij strooien van ammoniummeststoffen op kalkrijke gronden vervluchtigingsverliezen op (ammoniak). Direct inwerken of injecteren van deze meststoffen kan de vervluchtiging beperken en de werking van de meststof verhogen. Kwantificering van een mogelijke besparing met ammoniummeststoffen in perioden met een neerslagoverschot, vraagt om nader onderzoek.

Toevoeging van een nitrificatieremmer aan de meststof of het door de bouwvoor mengen van zo'n remmer, zou de omzetting van ammonium kunnen vertragen en daarmee de uitspoelingsverliezen kunnen beperken. Echter, de huidige, beschikbare nitrificatieremmers werken te kort; ze worden na enige tijd zelf afgebroken in de grond. Wanneer er nieuwe nitrificatieremmers beschikbaar zouden komen die veel langer werkzaam blijven (gedurende het gehele najaar en eventueel de winter), is dit mogelijk een perspectiefvolle toepassing om de uitspoelingsverliezen van stikstof te verminderen.
Het perspectief van slow-release meststoffen om uitspoelingsverliezen te beperken is gering. Het vrijkomen van de stikstof is vaak niet goed afgestemd op de gewasbehoefte op dat moment. Dat maakt hun werking onzeker. Bovendien zijn ze erg duur.

Rijenbemesting

Bij rijenbemesting komen de wortels al snel tijdens de begingroei in contact met de meststof. Verder is gedurende het groeiseizoen de aanvoer van nutriënten naar de wortels hoger en zijn verliezen door denitrificatie, uitspoeling, fixatie en adsorptie geringer. Daardoor is de benutting van de toegediende meststof hoger, waardoor met een lagere gift zou moeten kunnen worden volstaan.
Rijenbemesting heeft het meeste perspectief op arme gronden, bij zwakwortelende gewassen, bij gewassen die op ruime rijenafstand staan, bij een slechte bodemstructuur, bij koude tijdens de begingroei en uiteraard bij combinaties van deze factoren.

Nadeel van rijenbemesting zijn de extra kosten voor toediening. Verder bestaat op klei- en leemgrond (vroeg in het voorjaar) de kans op versmering van de grond door de kouters waarmee de meststof wordt toegediend. Aangezien de rijenbemesting tijdens zaaien, poten of planten wordt uitgevoerd, moet er extra gewicht aan meststof worden meegenomen, hetgeen meer insporing kan geven en het zaaien bemoeilijkt. Vanwege deze risico's kan het nodig zijn wat later te zaaien, te poten of te planten dan wanneer geen rijenbemesting wordt toegepast.
Tot slot leent rijenbemesting zich er niet voor om tussentijds bij te bemesten op basis van Nmin. Omdat de stikstof niet homogeen door de grond is verdeeld, is het moeilijk een betrouwbaar grondmonster te nemen. Alleen via een zeer intensieve bemonsteringsmethode kan men een beeld krijgen van de Nmin-vooraad.

Stikstofrijenbemesting

Op de Nederlandse gronden biedt stikstofrijenbemesting lang niet altijd voordeel. Dit hangt samen met de 'grote' stikstofrijkdom: er komt relatief veel stikstof, verspreid door de bouwvoor beschikbaar door mineralisatie. Recente PAV-proeven in aardappelen toonden aan dat de in de rij toegediende stikstof weliswaar beter door het gewas werd opgenomen, maar de stikstof die door mineralisatie vrijkwam, slechter ten opzichte van breedwerpige bemesting. Proeven in witte-kool (bewaarteelt) en bloemkool (zomer- en vroege herfstteelt) lieten evenmin voordeel van rijenbemesting zien.
In broccoli (zomerteelt) pakte rijenbemesting wel gunstig uit, vermoedelijk omdat broccoli een wat hogere stikstofopnamesnelheid heeft dan wittekool en bloemkool. Met rijenbemesting zou de stikstofgift in broccoli 40 kg per ha omlaag kunnen.
In proeven met uien bood rijenbemesting geen voordeel, maar koste daarentegen veeleer opbrengst.
In mais gaf het in de meeste proeven een hogere productie en N-opname. Er kon 20-30% op de N-gift bespaard worden, met als kanttekening dat de gift in de rij niet hoger dan 120 kg N per ha mag zijn om zoutschade te voorkomen. De behaalde besparing was wat hoger wanneer de hoeveelheid neerslag gedurende het groeiseizoen groter was.
In suikerbieten gaf stikstofrijenbemesting alleen voordeel op stikstofarme percelen bij vroege zaai (vóór half april) en lage temperaturen. De rijenbemesting leidde tot een 3-5% hogere suikeropbrengst en er kon met een 30% lagere N-gift worden volstaan t.o.v. breedwerpige bemesting. Op stikstofrijke grond, bij later zaaien en hogere temperaturen na opkomst bood rijenbemesting geen voordeel.

Cultan

In perioden waarin uitspoeling kan optreden (herfst- en winterteelten), mag men verwachten dat in de rij toegediende stikstof minder snel uitspoelt dan eenzelfde hoeveelheid breedwerpig toegediende stikstof, daar de

stikstof bij rijenbemesting in een kleiner grondvolume wordt geplaatst en bij neerwaartse stroming van water in de bouwvoor met minder water in contact komt.
Als ammonia in de rij wordt toegediend, komt deze minder met de grond in contact waardoor de omzetting naar nitraat langzamer verloopt. Ook de hoge zoutconcentratie kan de omzetting vertragen, aangezien nitrificerende bacteriën door de hoge zoutconcentratie sterven. Verder vertraagt de toevoeging van een nitrificatieremmer de nitrificatie nog eens extra.
Rijenbemesting met ammoniumstikstof staat onder de naam Cultan (Controlled uptake long term ammonium nutrition) sinds enkele jaren in de belangstelling. De gebruikte meststof bestaat meestal uit een ammoniumureumoplossing (400 kg zwavelzure ammoniak en 350 kg ureum in 1000 l water), die tijdens of na planten naast of tussen de plantenrijen in de grond wordt geïnjecteerd. Overigens is de grond niet in staat alle toegediende ammonium binnen een klein volume te adsorberen (de ureum, voor zover nog aanwezig, wordt sowieso niet geadsorbeerd).
Op uitspoelingsgevoelige gronden in Duitsland en soms ook in Nederland werden goede resultaten met Cultan geboekt. Maar over het geheel genomen zijn de ervaringen die sinds enkele jaren in Nederland, België en Duitsland met Cultan zijn opgedaan, wisselend, variërend van positief tot licht negatief.
Als met Cultan beduidend minder uitspoeling zou optreden, dan moet een gift van 225 kg N/ha, via deze methode toegediend, voldoende zijn voor een herfstteelt prei. (Deze gift komt overeen met de maximumaanvoernorm op bedrijfsnivau om geen heffing te hoeven betalen.) Zet men daarentegen bijvoorbeeld 150 kg N/ha in via varkensdrijfmest, dan kan met Cultan nog maar 75 kg N/ha worden toegediend en zullen de eventuele voordelen lager zijn.

Sinds 1998 onderzoekt het PAV het perspectief van de Cultan-methode voor de Nederlandse gronden in herfstteelten prei, ijsbergsla en Chinese kool. Behalve op stikstofbenutting c.q. -besparing ten opzichte van gedeelde, breedwerpige bemesting met KAS, wordt gelet wordt op gewasontwikkeling, opbrengst en kwaliteit. In het uitzonderlijk natte najaar van 1998 presteerde Cultan in de PAV-proeven slechter dan NBS. Over het algemeen bleef de gewasgroei en productie bij Cultan achter en bleek ook de in de rij aangebrachte (ammonium)stikstof bij overvloedige neerslag te verdwijnen. Aangezien 1998 bepaald geen doorsnee-jaar was, kunnen hieraan geen harde conclusies worden verbonden. De resultaten van 1999 waren bij het schrijven van dit artikel nog niet beschikbaar.
Schade door de hoge ammoniumconcentratie vlakbij de plantenwortels (zich bijvoorbeeld uitend in een slechtere begingroei) is tot nu toe in de PAV-proeven niet opgetreden.

Fosfaat

Bij fosfaat komt het effect van rijenbemesting duidelijker tot uiting dan bij stikstof. Behalve dat het gewas het gegeven fosfaat beter opneemt doordat het dicht bij de wortels wordt geplaatst (fosfaat is immobiel), is de kans op vastlegging in de grond geringer omdat de meststof veel minder met de grond wordt vermengd dan bij breedwerpige toediening. Op fosfaatarme gronden is het effect het grootst. Behalve een besparing wordt met fosfaatrijenbemesting een hogere opbrengst behaald dan met breedwerpige bemesting.
Bij een goede of hoge fosfaattoestand, zoals op de meeste Nederlandse gronden het geval is, geeft fosfaatrijenbemesting veelal geen opbrengstverhoging. Enkel bij koude in het voorjaar en/of een slechte bodemstructuur (slechte beworteling) geeft het een betere begingroei van met name fosfaatbehoeftige gewassen. Soms resulteert dat in een hogere opbrengst maar vaak ook trekken de verschillen in de loop van het groeiseizoen weer weg.

Fosfaatrijenbemesting is derhalve wel een meer bedrijfszekere bemestingsmethode.
De meest gunstige resultaten met fosfaatrijenbemesting zijn behaald in de sterk fosfaatbehoeftige gewassen mais en stamslabonen. In aardappelen en bieten bood het geen voordeel, behalve op min of meer vastleggende, fosfaatarme gronden.
De adviesbasis-bemesting beveelt bij fosfaatrijenbemesting in mais 50% van de gift aan t.o.v. breedwerpige bemesting. Bij bonen op zandgrond wordt eveneens 50% geadviseerd en op kleigrond 75%. Voor andere gewassen zijn er nog geen officiële adviezen voor fosfaatrijenbemesting (of -plantgatbemesting) beschikbaar. Toch is de verwachting dat ook in hoog-fosfaatbehoeftige groentegewassen, waaronder sla, een besparing mogelijk is. Met name voor de groenten zou het een goede zaak zijn hier nader onderzoek naar te doen, gelet op de strenge milieukundige eisen t.a.v. fosfaatuitspoeling (0,1 mg ortho-P per l in het diepe grondwater) , waardoor op zandgronden dan niet meer dan één kg P_2O_5 per ha zou mogen uitspoelen. Dergelijk onderzoek kan worden uitgevoerd met behulp van modellenstudies, ondersteund door veldproeven.

NP-startgift

Aparte aandacht verdient de toepassing van een startgift met een NP-meststof in de rij, welke soms een betere begingroei geeft dan enkelvoudige meststoffen, doordat de jonge plant snel kan beschikken over stikstof en fosfaat. Een NP-meststof in de rij toedienen bleek soms een nog beter resultaat te geven dan alleen een P-meststof. In mais wordt een NP-startgift (20 kg N en 20 kg P_2O_5 per ha) veelvuldig toegepast. In veldproeven met o.a. stamslabonen, tuinbonen, veldbonen en aardappelen bleek het effect nogal te variëren.
De gunstige resultaten die soms bij rijentoediening (onder andere in uien) of plantgattoediening (in prei) met ammoniumpolyfosfaat (APP) werden behaald, moeten ook in dit kader worden beschouwd. Een vloeibare meststof als APP heeft echter als voordeel dat een vloeistof gemakkelijker is in het gebruik en uniformer is te verdelen dan korrels, met name bij lage doseringen. Daardoor is misschien een besparing op de gift mogelijk. Verder onderzoek hiernaar is gewenst.
Evenals voor fosfaatrijenbemesting geldt ook voor NP-rijenbemesting dat het effect samenhangt met het gewas en de groeiomstandigheden.
Ook deze toepassing kan de bedrijfszekerheid verhogen. Mogelijk is een (N)P-startgift in de rij of het plantgat bij met name (zeer) vroege teelten een goed alternatief voor het nastreven van zeer hoge fosfaattoestanden dan wel het toedienen van fosfaatgiften die de gewasbehoefte veelvoudig overstijgen. Nader onderzoek hiernaar is gewenst.

Rijentoediening dierlijke organische mest

Momenteel voert het PAV onderzoek uit naar het perspectief om drijfmest in de rij toe te dienen bij mais. Eerder uitgevoerd, oriënterend onderzoek gaf aan dat hierdoor wellicht de toediening van een startgift met kunstmest overbodig is. Die gift kan dus worden uitgespaard. Het huidige onderzoek richt zich op de optimalisering van deze toepassing: hoogte van de gift en de afstand van plaatsing t.o.v. het maiszaad, in verband met gewasschade en het kwantificeren van de besparing die mogelijk is ten opzichte van breedwerpige toediening van mest.

Interactie van stikstof en fosfaat

Een belangrijke vraag tot slot bij MINAS is wat de invloed is van een lagere fosfaatbemesting op de stikstofbenutting door het gewas en vice versa. Op grasland is gevonden

dat de stikstofreactie van het gewas beter was bij hogere fosfaatbemesting. Ook in snijmais zijn aanwijzingen verkegen dat bij slechte fosfaatvoorziening de stikstofbenutting lager is. In het lopende onderzoek bekijkt het PAV deze wisselwerking tussen stikstof en fosfaat in snijmais, consumptie-aardappel en kropsla.

Tot besluit

- NBS is een methode om de stikstofgift nauwkeuriger af te stemmen op de gewasbehoefte in relatie tot de groeiomstandigheden. Dat hoeft echter niet tot een lagere stikstofbemesting te leiden. Bij sterke mineralisatie gedurende de teelt en geen uitspoelingsverlies is een forse besparing mogelijk.
- Voor een volgteelt sla verdient het (zeker bij sterke mineralisatie) aanbeveling om na te gaan of de gehanteerde streefwaarde in NBS voor de gift bij begin bolvorming kan worden verlaagd.
- Deling van de stikstofgift volgens standaard-NBS dan wel het Nmin-advies geeft, met name in een zwakwortelend gewas als prei, geen afdoende beperking van de uitspoelingsverliezen tijdens de teelt in neerslagrijke perioden. Om de uitspoelingsverliezen in deze periode te verminderen, zal de teler de stikstof frequent in kleine porties moeten toedienen. Dit kan onder andere via een vaste beregeningsinstallatie of via druppelslangen. De kosten voor dergelijke voorzieningen zijn echter hoog.
- Toediening van water en meststoffen via druppelslangen combineert de voordelen van bijbemesting, plaatsing dicht bij de wortels en optimale vochtvoorziening.
- Stikstofrijenbemesting inclusief de Cultan-methode is moeilijk te combineren met een bijmestsysteem op basis van Nmin.
- In hoeverre de Cultan-methode op Nederlandse gronden tot een besparing op de stikstofgift kan leiden ten opzichte van NBS is nog onduidelijk. Het lopend onderzoek zal daar meer helderheid over moeten geven.
- Indien de fosfaatnorm van MINAS behalve voor dierlijke mest ook voor kunstmest zou gaan gelden, wordt het zaak om voor een breed scala gewassen, met name groentegewassen, na te gaan of de fos-faatgift omlaag kan met rijen- of plantgatbemesting.

BEDRIJFSKUNDIGE EN FINANCIËLE GEVOLGEN INVOERING MINAS

ir. W.A. Dekkers Msc en ir. J. Smid, PAV-Lelystad

Inleiding

In een andere bijdrage is bij een aantal modelbedrijven aangegeven welke knelpunten er ontstaan als gevolg van de invoering van de MINAS-regelgeving voor de akkerbouw en de vollegrondsgroenteteelt. De belangrijkste knelpunten waren overschrijding van de N-verliesnorm op groentebedrijven met veel prei en bladgewassen en overschrijding van de P-verliesnorm (inclusief kunstmest-P) op bedrijven met een hoog aandeel groenten.
In deze bijdrage wordt aangegeven:

1. hoe hoog de overschrijding is van bovengenoemde bedrijven en wat de gevolgen hiervan zijn voor de MINAS-heffing;
2. in hoeverre de problemen op deze bedrijven kunnen worden opgelost door aanpassing van de bemestingsstrategie;
3. wat de bedrijfseconomische consequenties hiervan zijn.

Materiaal en methode

Werkwijze

De modelmatige bedrijfsopzetten waarbij de MINAS-normen werden overschreden zijn

Tabel 1. Aandeel van de gewassen (in %) en % dubbelteelt voor de bedrijfsopzetten in de akkerbouw.

	bedrijfsopzetten							
	klei					zand		
gewassen	centraal kleigebied		zuidwestelijk kleigebied			zuidoost Nederland		
	CZK		ZWK			ZON		
consumptieaardappelen (ca)	25		25	20	20	25	25	25
pootaardappelen (pa)		25						
suikerbieten (sb)	25	25	25	20	20	25	25	25
graan (gr)	25	25	25	30	30	25		
maïs							25	25
zaaiuien (ui)			12,5	15				
winterpeen (peen)			12,5	15				
ijssla (sla)	17	17			20			
spruitkool (spr)	8	8			10			
schorseneren (schor)						12,5	12,5	12,5
prei								12,5
erwt+stamslaboon (ce+ssb)						12,5	12,5	
groenbemester	25	50	25	30	30			
dubbelteelt	17	17			20	12,5	12,5	

Tabel 2. Aandeel van de gewassen (in %) en % dubbelteelt voor de bedrijfsopzetten in de vollegrondsgroenteteelt.

bedrijfsopzetten	gewassen					
	prei	ijssla (sla)	bospeen (peen)	Chinese kool (c.kool)	aardbei	dubbelteelt
groente 1	100					
groente 2	67	33				31
groente 3	67		33			33
groente 4	50	50				23
groente 5	33	33	16	16		60
groente 6	33	33		33		58
groente 7	33	67				49
groente 8		67	16	16		100
groente 9		50	16	33		100
groente 10			100			100
groente 11					100	
groente 12	70				30	
groente 13	50				50	
groente 14	33			33	33	33
groente 15	33		16	16	33	33

zodanig bewerkt dat de bedrijven met betrekking tot de vruchtwisseling en de arbeidsfilm de realiteit beter benaderen (zie tabel 1 en 2). Van ieder gewas zijn saldi en arbeidsfilmen opgesteld. Hiermee zijn bouwplansaldi berekend en mineralenbalansen opgesteld. Bij aanpassingen in de bemestingsstrategie zijn er, als dit economische consequenties heeft, aanpassingen in de saldi en/of arbeidsfilmen gemaakt. Op deze manier kunnen de bedrijfseconomische gevolgen (MINAS-kosten en wijzigingen in het bouwplansaldo) in kaart gebracht worden.

Bedrijfsopzetten

De verschillende bedrijfsopzetten zijn beschreven in tabel 1 voor de akkerbouwbedrijven (8 bedrijfsopzetten) op klei- en zandgronden en in tabel 2 voor de groentebedrijven (15 bedrijfsopzetten) op zandgronden in Zuidoost-Nederland. Dubbelteelten zijn mogelijk bij ijssla, bospeen en Chinese kool.

Bemestingsstrategieën

Stapsgewijs zijn aanpassingen gedaan in de bemestingsstrategieën om inzicht te krijgen in de gevolgen van deze aanpassingen voor de MINAS-overschotten en de bedrijfseconomische consequenties ervan.

Bij deze strategieën wordt de opbrengst en kwaliteit van het gewas niet beïnvloed, althans volgens de laatste inzichten.

In tabel 3 zijn de bemestingsstrategieën weergegeven waarvoor de berekeningen zijn uitgevoerd.
Voor de akkerbouw en vollegrondsgroenteteelt is uitgegaan van een bedrijfsgrootte van respectievelijk 40 ha en 20 ha.

Voor de 8 bedrijfsopzetten voor de akkerbouw zijn de strategieën A2, B2 en C doorgerekend, voor de 15 bedrijfsopzetten voor de groenteteelt de strategieën A1, A2, B1, B2 en C.

Tabel 3. Bemestingsstrategieën.

strategie	omschrijving
A1	• bedrijfsopzet zonder vanggewas en bemesting volgens advies
A2	• gebruik van vanggewas en bemesting volgens advies
B1	• vanggewas
	• NBS bij prei, ijssla en aardbeien
B2	• vanggewas
	• NBS bij prei, ijssla en aardbeien
	• P-advies voor de minder fosfaatbehoeftige gewassen (prei, spruitkool en graan) op nul gezet
C	• vanggewas
	• NBS bij prei, ijssla en aardbeien
	• P-advies voor de minder fosfaatbehoeftige gewassen (prei, spruitkool en graan) op nul gezet
	• P-bemesting in de rij bij zaaiuien, winterpeen, maïs, schorseneren, stamslabonen, ijssla, bospeen, Chinese kool en aardbei

Uitgangspunten

Bodemvruchtbaarheid

De bemesting wordt uitgevoerd volgens de bemestingsadviezen bij een bodemvruchtbaarheid (toestand voldoende) zoals vermeld in tabel 4.

Voor de fosfaatbemesting zijn de groentegewassen, met uitzondering van prei en spruitkool, gekarakteriseerd als fosfaatbehoeftige akkerbouwgewassen (gewasgroep 1). Er is aangenomen dat op deze manier bemesten zonder verlies van de opbrengst of kwaliteit mogelijk is. In geval van een dubbelteelt is voor de tweede teelt de fosfaatadviesgift gehalveerd.

Tabel 4. Uitgangspunten voor de bodemvruchtbaarheid met een toestand voldoende.

	voorjaar	zomer
N-min 0-30 cm	20	40
N-min 0-60 cm	30	60
N-min 0-90 cm	40	90
Pw klei	25	25
Pw zand	30	30

Verlaging P-advies voor minder fosfaatbehoeftige gewassen

Voor de gewassen met lagere fosfaatbehoefte (prei, spruitkool, wintertarwe, zomergerst en graszaad) is de fosfaatgift weggelaten. Bedrijfseconomisch gezien levert dit een besparing op voor de bemestingskosten.

Vanggewassen

Een vanggewas ofwel groenbemester kan worden ingezet als het land voor 1 september vrij is. Op zandgrond is inzaai voor 1 oktober ook mogelijk. Alleen na een graangewas wordt een groenbemester bemest met 60 kg stikstof uit kunstmest. Dit is uiteraard niet het geval wanneer er op kleigrond in het najaar dierlijke mest wordt toegediend. De nalevering op klei bij onderwerken in het najaar bedraagt 25 kg N. Op zand is de nalevering bij onderwerken in het voorjaar 40 kg stikstof per ha indien voor 1 september ingezaaid is en 20 kg stikstof per ha indien tussen 1 september en 1 oktober is ingezaaid. De teelt van vanggewassen brengt extra kosten met zich mee. Op kleigrond bedragen de toegerekende kosten ongeveer *f* 115 per ha, op zandgronden *f* 150 per ha. Daarnaast moeten extra bewerkingen uitgevoerd worden.

N-bijmestsysteem
NBS wordt alleen toegepast in die gewassen die een NBS advies hebben, namelijk prei, ijssla en aardbei. De besparing ten opzichte van een vaste gift volgens het Nmin-advies bedraagt 40, 20 en 20 kg N voor respectievelijk prei, ijssla en aardbei. Toepassing van NBS houdt in dat er extra N-monsters genomen moeten worden. De kosten hiervan bedragen voor elke bemonstering *f* 35 per ha. Toepassing van NBS heeft ook als gevolg dat er in de gewassen prei en ijssla minder dierlijke mest gebruikt kan worden.

P-rijenbemesting
Bij rijenbemesting met fosfaat wordt het fosfaatadvies gehalveerd en is ervan uitgegaan dat de volledige fosfaatbemesting in de rij zal plaatsvinden. Het is toegepast bij de gewassen ijssla, bospeen, Chinese kool, aardbei, zaaiuien, winterpeen, snijmaïs, schorseneren en stamslabonen. Het toepassen van rijenbemesting vindt tegelijk met het planten/zaaien plaats. De extra kosten voor de toediening van rijenbemesting zijn geschat op *f* 20 per ha.

Gebruik dierlijke mest
Naast een variant waarin alleen kunstmest gebruikt wordt, zijn ook varianten doorgerekend bij een combinatie van kunstmest en dierlijke mest. Op de klei wordt de mest (vleeskuikenmest) in het najaar toegediend na graan in combinatie met een groenbemester, waarbij de gift wordt beperkt tot die omvang waarbij de minerale N uit mest nog door een groenbemester kan worden opgenomen (90 kg N per ha). Op deze manier kan een werkingscoëfficiënt worden behaald van 30%.
Op zand wordt de mest (vleesvarkensdrijfmest) in het voorjaar toegediend voor aardappelen, suikerbieten, snijmaïs, prei, ijssla en Chinese kool. Er is gerekend met een N-werkingscoëfficiënt van 70%. Bij ijssla en Chinese kool wordt alleen in de eerste teelt mest toegediend. De maximale hoeveelheid

Tabel 5. Kosten (in gulden per ton of m³) van dierlijke mest voor de akkerbouwer/groenteteler.

	vleeskuiken-mest		varkensdrijf-mest
	ZWK	CZK	ZON
mest	2	2	-9
transport	3	6	-
toediening	10	10	4
totale kosten	15	18	-5

dierlijke mest is bij aardappelen, bieten, ijssla en Chinese kool beperkt tot maximaal 2/3 van de N-gift. Voor prei bedraagt de maximale N-gift uit dierlijke mest 120 – Nmin. Voor snijmaïs wordt de totale N-behoefte minus een startgift van 20 kg per ha gedekt door dierlijke mest. Naast de genoemde maximale giften m.b.t. N kan de hoeveelheid dierlijke mest ook beperkt worden door de fosfaatbehoefte van het gewas waarin de dierlijke mest wordt toegediend.
De kosten van dierlijke mest bestaan uit de mest zelf, transport- en toedieningskosten. De transportkosten hangen af van de regio waarin de afnemer zich bevindt: overschotgebieden (ZON), overgangsgebieden (ZWK) of tekortgebieden (CZK). Alle kosten komen voor rekening van de afnemer. In tabel 5 is een overzicht weergegeven van de totale kosten voor de akkerbouwer / groenteteler bij gebruik van dierlijke mest, gebaseerd op informatie van het LEI-DLO en het PAV.

In de berekeningen is geen rekening gehouden met een verschillend aantal bewerkingen bij kunstmest en dierlijke mest.

MINAS-kosten
Bij het bepalen van de MINAS-heffing wordt uitgegaan van de eindnormen die vanaf 2003 gelden. Dit houdt in een stikstofverliesnorm van 100 en 60 kg stikstof per ha op resp. kleigrond en droge zandgrond en een fosfaatver-

liesnorm van 20 kg fosfaat per ha. De heffing bij overschrijding van de verliesnorm bedraagt *f* 5 per kg stikstof en *f* 20 per kg fosfaat.

Resultaten

De resultaten worden afzonderlijk voor de akkerbouw en de vollegrondsgroente besproken. Dit vindt plaats aan de hand van de volgende kengetallen:

- het N-overschot. Het N-overschot wordt bepaald op basis van de werkelijke aanvoer van N verminderd met de forfaitaire afvoer van 165 kg N per ha;
- het organisch P_2O_5-overschot. Dit kengetal wordt berekend op basis van de aanvoer van organisch P_2O_5 verminderd met de forfaitaire afvoer van 65 kg P_2O_5 per ha;
- het totaal P_2O_5 -overschot. Dit is de aanvoer van zowel organisch als anorganisch fosfaat verminderd met de forfaitaire afvoer van 65 kg P_2O_5 per ha.

Door nu op deze overschotten de verliesnormen in mindering te brengen wordt duidelijk in hoeverre de MINAS-eindnormen worden overschreden en welke financiële consequenties dit heeft.

Akkerbouw

In tabel 6 is aangegeven wat het overschot aan stikstof, fosfaat uit dierlijke mest en totaal fosfaat is. Een positief overschot houdt in dat de aanvoer groter is dan de forfaitaire afvoer; een negatief overschot (zoals bij organisch P_2O_5) houdt in dat er helemaal geen overschot is. Het stikstof- en fosfaatoverschot hangen duidelijk samen met de bedrijfsopzet. Zoals eerder al aangegeven, is voor deze akkerbouwbedrijven het stikstofoverschot geen probleem, zelfs niet als volgens goede landbouwpraktijk dierlijke mest wordt toegediend. De verliesnorm van 100 kg N per ha op kleigrond en 60 kg N per ha op zandgrond wordt bij lange na niet overschreden. Dit geldt helemaal voor organisch fosfaat op zowel de klei- als zandgronden. Hier is helemaal geen overschot. Indien ook kunstmestfosfaat onder MINAS valt blijkt er een overschot aan P_2O_5 te ontstaan dat groter is dan de verliesnorm van 20 kg per ha. Door aanpassing van de bemestingsstrategie kan het overschot gereduceerd worden en kan, met uitzondering van de bedrijfsopzet in Zuidoost-Nederland met maïs en dubbelteelt van conservenerwten en stamslabonen, voldaan worden aan de normen. Bij gebruik van dierlijke mest leidt dit gedeeltelijk tot een vervanging van dierlijke mest door kunstmest. Met name toepassing van rijenbemesting van fosfaat leidt tot een aanzienlijke verlaging van het fosfaatoverschot.

Uit bovenstaande blijkt dat zolang kunstmestfosfaat niet onder de MINAS-regelgeving valt, de overschotten aan N en P_2O_5 de verliesnormen niet overschrijden en er dus geen heffing betaald hoeft te worden. Wanneer kunstmestfosfaat wel onder MINAS valt leidt dit, afhankelijk van het bouwplan, tot een duidelijk P_2O_5 -overschot dat hoger is dan de verliesnorm van 20 kg P_2O_5 per ha. Dit resulteert in aanzienlijke heffingen (tabel 7). Door het toepassen van andere bemestingsstrategieën is het voor de meeste bedrijfsopzetten mogelijk een MINAS-heffing te voorkomen.

De kostenontwikkeling door de verschillende bemestingsstrategieën is weergegeven in tabel 8. Een positief getal wil zeggen dat de kosten bij verandering van strategie A2 naar bijbehorende strategie gepaard gaat met extra kosten; een negatief getal geeft aan dat een kostenbesparing plaatsvindt. De kosten worden veroorzaakt door de monstername, de rijenbemesting en het verbouwen van een groenbemester. Daartegenover levert een verminde-

Tabel 6. Mineralenoverschot bij MINAS-eindnormen voor akkerbouwbedrijven met groente met verschillende bemestingsstrategieën (kg per ha).

	kunstmest			kunstmesten dierlijke mest		
	N-overschot					
Bemestingsstrategie [1]	A2	B2	C	A2	B2	C
CZK 25% ca, 25% sb, 25% gr, 8% spr, 17% sla [2]	33	30	30	59	59	59
CZK 25% pa, 25% sb, 25% gr, 8%spr, 17% sla	9	6	6	49	45	45
ZWK 25% ca, 25% sb, 25% gr, 13% ui, 13% peen	1	1	1	26	26	26
ZWK 20% ca, 20% sb, 30% gr, 15% ui, 15% peen	-9	-9	-9	12	12	12
ZWK 20% ca, 20% sb, 30% gr, 10% spr, 20% sla	30	26	26	51	47	47
ZON 25% ca, 25% sb, 25% gr, 13% schor, 13% ce+ssb	-14	-14	-14	10	10	10
ZON 25% ca, 25% sb, 25% maïs, 13% schor, 13% ce+ssb	2	2	2	40	40	26
ZON 25% ca, 25% sb, 25% maïs, 13% schor, 13% prei	11	6	6	53	44	30
	organisch P_2O_5-overschot					
Bemestingsstrategie	A2	B2	C	A2	B2	C
CZK 25% ca, 25% sb, 25% gr, 8% spr, 17% sla	- 65	- 65	- 65	- 31	- 31	- 31
CZK 25% pa, 25% sb, 25% gr, 8%spr, 17% sla	- 65	- 65	- 65	- 8	- 8	- 8
ZWK 25% ca, 25% sb, 25% gr, 13% ui, 13% peen	- 65	- 65	- 65	- 31	- 31	- 31
ZWK 20% ca, 20% sb, 30% gr, 15% ui, 15% peen	- 65	- 65	- 65	-38	-38	-38
ZWK 20% ca, 20% sb, 30% gr, 10% spr, 20% sla	- 65	- 65	- 65	- 38	- 38	- 38
ZON 25% ca, 25% sb, 25% gr, 13% schor, 13% ce+ssb	- 65	- 65	- 65	- 18	- 18	- 18
ZON 25% ca, 25% sb, 25% maïs, 13% schor, 13% ce+ssb	- 65	- 65	- 65	9	9	- 18
ZON 25% ca, 25% sb, 25% maïs, 13% schor, 13% prei	- 65	- 65	- 65	15	9	- 18
	totaal P_2O_5-overschot					
Bemestingsstrategie	A2	B2	C	A2	B2	C
CZK 25% ca, 25% sb, 25% gr, 8% spr, 17% sla	33	27	10	33	27	10
CZK 25% pa, 25% sb, 25% gr, 8%spr, 17% sla	33	27	10	33	27	10
ZWK 25% ca, 25% sb, 25% gr, 13% ui, 13% peen	28	26	9	28	26	9
ZWK 20% ca, 20% sb, 30% gr, 15% ui, 15% peen	25	21	1	25	21	1
ZWK 20% ca, 20% sb, 30% gr, 10% spr, 20% sla	29	21	1	29	21	1
ZON 25% ca, 25% sb, 25% gr, 13% schor, 13% ce+ssb	34	25	13	34	25	13
ZON 25% ca, 25% sb, 25% maïs, 13% schor, 13% ce+ssb	55	55	29	55	55	29
ZON 25% ca, 25% sb, 25% maïs, 13% schor, 13% prei	39	32	10	39	32	10

1. voor de codering van de bemestingsstrategieën: zie tabel 3
2. voor de gebruikte afkorting van gewassen: zie tabel 1 en 2

ring van de kunstmestgift een besparing op. Indien gebruik gemaakt wordt van dierlijke mest is het effect op de kosten gecompliceerder. Het weghalen van de P_2O_5 bemesting bij de minder fosfaatbehoeftige gewassen (prei, spruitkool en graan) en het toepassen van rijenbemesting (strategie C) leidt op zandgronden (ZON) tot vervanging van dierlijke mest

Tabel 7. Kosten per akkerbouwbedrijf als gevolg van de MINAS-heffing, verbonden aan het overschrijden van de MINAS-eindnormen indien ook kunstmestfosfaat wordt meegerekend.

	kunstmest			kunstmest en dierlijke mest		
bemestingsstrategie [1]	A2	B2	C	A2	B2	C
CZK 25% ca, 25% sb, 25% gr, 8% spr, 17% sla [2]	10.100	5.400	-	10.100	5.400	-
CZK 25% pa, 25% sb, 25% gr, 8%spr, 17% sla	10.100	5.400	-	10.100	5.400	-
ZWK 25% ca, 25% sb, 25% gr, 13% ui, 13% peen	6.700	4.900	-	6.700	4.900	-
ZWK 20% ca, 20% sb, 30% gr, 15% ui, 15% peen	3.800	1.100	-	3.800	1.100	-
ZWK 20% ca, 20% sb, 30% gr, 10% spr, 20% sla	7.400	1.100	-	7.400	1.100	-
ZON 25% ca, 25% sb, 25% gr, 13% schor, 13% ce+ssb	11.200	3.800	-	11.200	3.800	-
ZON 25% ca, 25% sb, 25% maïs, 13% schor, 13% ce+ssb	27.600	27.600	6.900	27.600	27.600	6.900
ZON 25% ca, 25% sb, 25% maïs, 13% schor, 13% prei	15.000	9.600	-	15.000	9.600	-

[1] voor de codering van de bemestingsstrategieën: zie tabel 3

[2] voor de gebruikte afkorting van gewassen: zie tabel 1 en 2

door kunstmest. De bemestingskosten nemen dan toe omdat de akkerbouwer geld toe krijgt voor het gebruik van dierlijke mest (tabel 5). Een positief getal geeft een verhoging van de kosten; een negatief getal leidt tot een kostenverlaging. Dit is geïllustreerd voor één bouwplan uit het Zuidoosten (ZON 25% ca, 25% sb, 25% maïs 13% schor, 13% prei) waar dierlijke mest wordt gebruikt (zie figuur 1).

In deze figuur wordt de kostenontwikkeling getoond door het toepassen van bemestingsstrategie C ten opzichte van strategie A2.
Zoals hierboven is aangegeven kan het gebruik van dierlijke mest afnemen door gebruik te maken van andere bemestingsstrategieën. In tabel 9 is voor de bemestingsstrategieën aangegeven hoeveel kg P_2O_5 per ha wordt aangevoerd met dierlijke mest. Vooral

Tabel 8. De kostenontwikkeling (meststoffen, loonwerk, toediening en analyse kosten) door het aanpassen van de bemestingsstrategie (*f* per bedrijf).

	kunstmest		kunstmest en dierlijke mest	
aanpassen van strategie A2 naar [1]	B2	C	B2	C
CZK 25% ca, 25% sb, 25% gr, 8% spr, 17% sla [2]	80	- 280	80	- 280
CZK 25% pa, 25% sb, 25% gr, 8%spr, 17% sla	80	- 280	80	- 280
ZWK 25% ca, 25% sb, 25% gr, 13% ui, 13% peen	- 80	- 510	- 80	- 510
ZWK 20% ca, 20% sb, 30% gr, 15% ui, 15% peen	- 120	- 630	- 120	- 630
ZWK 20% ca, 20% sb, 30% gr, 10% spr, 20% sla	60	- 370	60	- 370
ZON 25% ca, 25% sb, 25% gr, 13% schor, 13% ce+ssb	- 340	- 660	- 340	- 660
ZON 25% ca, 25% sb, 25% maïs, 13% schor, 13% ce+ssb	0	- 660	0	3.870
ZON 25% ca, 25% sb, 25% maïs, 13% schor, 13% prei	- 330	- 950	820	4.730

[1] voor de codering van de bemestingsstrategieën: zie tabel 3

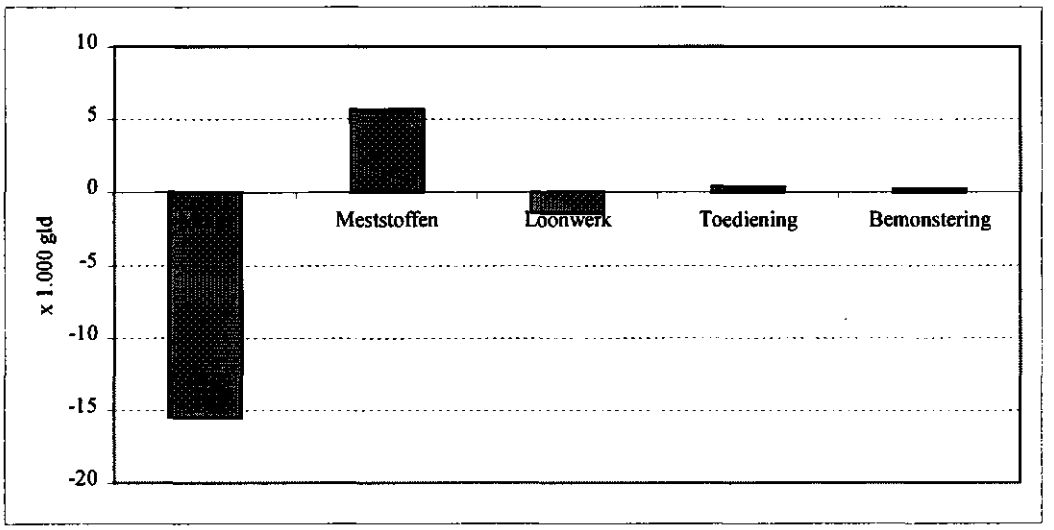
[2] voor de gebruikte afkorting van gewassen: zie tabel 1 en 2

Tabel 9. De hoeveelheid kg P_2O_5 per ha die met dierlijke mest wordt aangevoerd bij verschillende strategieën.

	kunstmest en dierlijke mest		
bemestingsstrategie [1]	A2	B2	C
CZK 25% ca, 25% sb, 25% gr, 8% spr, 17% sla [2]	34	34	34
CZK 25% pa, 25% sb, 25% gr, 8%spr, 17% sla	57	57	57
ZWK 25% ca, 25% sb, 25% gr, 13% ui, 13% peen	34	34	34
ZWK 20% ca, 20% sb, 30% gr, 15% ui, 15% peen	27	27	27
ZWK 20% ca, 20% sb, 30% gr, 10% spr, 20% sla	27	27	27
ZON 25% ca, 25% sb, 25% gr, 13% schor, 13% ce+ssb	47	47	47
ZON 25% ca, 25% sb, 25% maïs, 13% schor, 13% ce+ssb	74	74	47
ZON 25% ca, 25% sb, 25% maïs, 13% schor, 13% prei	80	74	47

[1] voor de codering van de bemestingsstrategieën: zie tabel 3

[2] voor de gebruikte afkorting van gewassen: zie tabel 1 en 2



Figuur 1. Kostenontwikkeling (* 1.000 gld) door verandering van bemestingsstrategie A2 naar C bij een bouwplan uit ZON (25% ca, 25% sb, 25% maïs, 13% schor, 13% prei) met inzet van dierlijke mest en kunstmest.

op zandgronden neemt het gebruik van dierlijke mest af door de keuze van andere bemestingsstrategieën.

Vollegrondsgroente

In tabel 10 is aangegeven welke overschotten er ontstaan aan N en P_2O_5 op groentebedrijven. Deze zijn afhankelijk van de bedrijfsopzet, de bemestingsstrategie en het gebruik van dierlijke mest. De overschotten zijn groter met dierlijke mest dan met kunstmest. Op preibedrijven wordt zelfs zonder dierlijke mest de N-verliesnorm van 60 kg N per ha op zandgrond al overschreden. Bij toepassing van NBS en een vanggewas wordt in alle gevallen de N-verliesnorm gehaald. Het effect van NBS is een gevolg van besparing op N-meststof en verlaging van het mestgebruik bij de gewassen ijssla en prei. Het effect van een vanggewas is veel geringer dan dat van NBS. Dit komt omdat de ruimte voor inzaai van een vanggewas op de meeste groentebedrijven beperkt is.
Indien ook kunstmestfosfaat zou worden meegenomen ontstaat een overschot aan totaal fosfaat. Door toepassing van rijenbemesting met fosfaat kan in de meeste gevallen de fosfaatverliesnorm van 20 kg P_2O_5 per ha gehaald worden. Alleen bij bedrijfsopzetten met volledige dubbelteelten van peen, sla en Chinese kool is er nog sprake van een lichte overschrijding van de verliesnorm.

De MINAS-kosten die bovenstaande overschotten met zich meebrengen op basis van stikstof en organisch fosfaat staan in tabel 11. Duidelijk is dat veel bedrijfsopzetten geen MINAS-heffing hoeven te betalen. In de overige bedrijfsplannen kan met een aangepaste bemestingsstrategie de heffing vermeden worden.
Wordt kunstmest-fosfaat meegerekend dan is de MINAS-heffing beduidend hoger (zie tabel 12). Ook hier kunnen door meststofbesparende bemestingsstrategieën (met name rijenbemesting van fosfaat) de meeste bedrijven voldoen aan de MINAS-eindnormen.

De ontwikkeling in kosten door een veranderde bemestingsstrategie staat beschreven in tabel 13. In een aantal gewassen en bij bepaalde bemestingsstrategieën is de gift van dierlijke mest beperkt of niet mogelijk bij goede landbouwpraktijk. Aangezien dierlijke mest geld oplevert zal vervanging van dierlijke mest door kunstmest de kosten van de meststoffen verhogen. Benadrukt moet worden dat bij alle bouwplannen alle bemestingsstrategieën zijn doorgerekend terwijl dit MINAS-technisch niet altijd nodig was. Wanneer bijvoorbeeld al in strategie A2 of B1 voldaan wordt aan de verliesnorm (bijvoorbeeld bij 100% prei) is verdere aanscherping via strategie B2 en C uiteraard niet meer nodig.

Vervanging van dierlijke mest door kunstmest als gevolg van andere bemestingsstrategieën heeft een duidelijke invloed op het gebruik van dierlijke mest. In tabel 14 is voor de bemestingsstrategieën aangegeven hoeveel kg P_2O_5 per ha wordt aangevoerd met dierlijke mest. Ook hier blijkt dat met name het aanpassen van de fosfaatbemesting (strategie B1) en het toepassen van NBS (strategie B2) leiden tot een afname van het gebruik van dierlijke mest. Bij het toepassen van rijenbemesting (strategie C) wordt helemaal geen dierlijke mest meer gebruikt. Maar zoals hierboven al is aangegeven, is strategie C niet altijd noodzakelijk om aan MINAS te kunnen voldoen.

Lagere bodemvruchtbaarheid

Uitgangspunt bij de berekeningen is een goede bodemvruchtbaarheid. Wanneer de bodemvruchtbaarheid lager is, zal de bemesting hoger uitvallen. Ook de weersomstandighe-

Tabel 10. Mineralenoverschot bij MINAS-eindnormen voor groentebedrijven bij verschillende bemestingsstrategieën (kg per ha).

	kunstmest					kunstmest en dierlijke mest				
	N-overschot									
bemestingsstrategie [1]	A1	A2	B1	B2	C	A1	A2	B1	B2	C
100% prei [2]	75	67	35	35	35	103	95	59	35	35
66% prei 33%sla	68	66	33	33	33	102	100	62	47	33
50% prei 50%sla	33	31	1	1	1	58	56	23	11	1
33% prei 33%sla 16% peen 16% c.kool	43	39	18	18	18	74	70	47	39	18
33% prei 33%sla 33% c.kool	61	58	37	37	37	98	95	73	65	37
33% prei 67%sla	45	42	15	15	15	81	78	45	37	15
67% sla 16% peen 16% c.kool	27	20	3	3	3	60	53	31	31	3
50% sla 16% peen 33% c.kool	29	31	21	21	21	74	67	57	57	21
100% peen	- 95	- 95	- 95	- 95	- 95	- 95	- 95	- 95	- 95	- 95
100% aardbei	- 65	- 65	- 89	- 89	- 89	- 65	- 65	- 89	- 89	- 89
70% prei 30% aardbei	29	29	- 6	- 6	- 6	48	48	9	- 6	- 6
50% prei 50% aardbei	5	5	- 27	- 27	- 27	19	19	- 16	- 27	- 27
33% prei 33% aardbei 33% c.kool	24	21	0	0	0	46	43	20	12	0
33% prei 33% aardbei 16% c.kool 16 % peen	- 2	- 4	- 26	- 26	- 26	14	12	- 12	- 19	- 26
67% prei 33% peen	18	18	- 9	- 9	- 9	37	37	16	- 9	- 9
	organisch P_2O_5-overschot									
strategie	A1	A2	B1	B2	C	A1	A2	B1	B2	C
100% prei	- 65	- 65	- 65	- 65	- 65	-11	-11	- 17	- 65	- 65
66% prei 33%sla	- 65	- 65	- 65	- 65	- 65	1	1	- 7	- 38	- 65
50% prei 50%sla	- 65	- 65	- 65	- 65	- 65	- 17	- 17	- 21	- 44	- 65
33% prei 33%sla 16% peen 16% c.kool	- 65	- 65	- 65	- 65	- 65	- 4	- 4	- 8	- 24	- 65
33% prei 33%sla 33% c.kool	- 65	- 65	- 65	- 65	- 65	7	7	4	- 11	- 65
33% prei 67%sla	- 65	- 65	- 65	- 65	- 65	6	6	- 6	- 21	- 65
67% sla 16% peen 16% c.kool	- 65	- 65	- 65	- 65	- 65	0	0	- 9	- 9	- 65
50% sla 16% peen 33% c.kool	- 65	- 65	- 65	- 65	- 65	4	4	4	4	- 65
100% peen	- 65	- 65	- 65	- 65	- 65	- 65	- 65	- 65	- 65	- 65
100% aardbei	- 65	- 65	- 65	- 65	- 65	- 65	- 65	- 65	- 65	- 65
70% prei 30% aardbei	- 65	- 65	- 65	- 65	- 65	- 28	- 28	- 34	- 65	- 65
50% prei 50% aardbei	- 65	- 65	- 65	- 65	- 65	- 38	- 38	- 42	- 65	- 65
33% prei 33% aardbei 33% c.kool	- 65	- 65	- 65	- 65	- 65	- 23	- 23	- 26	- 41	- 65
33% prei 33% aardbei 16% c.kool 16 % peen	- 65	- 65	- 65	- 65	- 65	- 35	- 35	- 38	- 53	- 65
67% prei 33% peen	- 65	- 65	- 65	- 65	- 65	- 28	- 28	- 35	- 65	- 65

den kunnen een oorzaak van ruimer bemesten zijn. Als een lagere bodemvruchtbaarheid vertaald wordt in een lager Pw-getal zal dit geen problemen opleveren. Een aanvulling met kunstmestfosfaat is altijd mogelijk zonder gevolgen voor MINAS, aangezien kunst-

Tabel 10. (Vervolg) Mineralenoverschot bij MINAS-eindnormen voor groentebedrijven bij verschillende bemestingsstrategieën (kg per ha).

	kunstmest					kunstmest en dierlijke mest				
	totaal P_2O_5-overschot									
strategie	A1	A2	B1	B2	C	A1	A2	B1	B2	C
100% prei	- 11	- 11	- 11	- 65	- 65	- 11	- 11	- 11	- 65	- 65
66% prei 33%sla	29	29	29	- 7	- 36	29	29	29	- 7	- 36
50% prei 50%sla	36	36	36	9	- 28	36	36	36	9	- 28
33% prei 33%sla 16% peen 16% c.kool	68	68	68	49	- 8	68	68	68	49	- 8
33% prei 33%sla 33% c.kool	68	68	68	50	- 8	68	68	68	50	- 8
33% prei 67%sla	62	62	62	44	- 10	62	62	62	44	- 10
67% sla 16% peen 16% c.kool	115	115	115	115	25	115	115	115	115	25
50% sla 16% peen 33% c.kool	115	115	115	115	25	115	115	115	115	25
100% peen	115	115	115	115	25	115	115	115	115	25
100% aardbei	54	54	54	54	- 4	54	54	54	54	- 4
70% prei 30% aardbei	11	11	11	- 26	- 45	11	11	11	- 26	- 45
50% prei 50% aardbei	22	22	22	- 5	- 35	22	22	22	- 5	- 35
33% prei 33% aardbei 33% c.kool	52	52	52	34	- 15	52	52	52	34	- 15
33% prei 33% aardbei 16% c.kool 16 % peen	52	52	52	34	- 15	52	52	52	34	- 15
67% prei 33% peen	30	30	30	- 6	- 35	30	30	30	- 6	- 35

[1] voor de codering van de bemestingsstrategieën: zie tabel 3

[2] voor de gebruikte afkorting van gewassen: zie tabel 1 en 2

mestfosfaat niet meetelt. Wordt kunstmestfosfaat ook meegenomen dan is er voor de akkerbouw beperkte ruimte om extra fosfaat toe te dienen. Voor de groenteteelt is met name op preibedrijven meer ruimte beschikbaar om extra fosfaat toe te dienen. Daar waar een beperkte ruimte is voor extra fosfaat zal bij een lager Pw-getal dan suboptimaal bemest moeten worden om aan de norm te voldoen, of er moet binnen de regelgeving ruimte zijn voor een reparatiebemesting om de fosfaattoestand op te krikken.
Als een lagere bodemvruchtbaarheid zich vertaalt in N-arme gronden, zal de stikstofbemesting verhoogd moeten worden.
Voor de akkerbouw is er echter in de meeste gevallen nog voldoende ruimte om extra N te geven.

Voor groentebedrijven is de kans groot dat op een aantal bedrijven de verliesnormen ruimschoots worden overschreden (bedrijven met prei en bladgewassen), waardoor op deze bedrijven dan suboptimaal bemest moet worden om aan de normen te voldoen en te ontkomen aan een heffing.

Tabel 11. Kosten per groentebedrijf t.g.v. MINAS-heffing, verbonden aan overschrijden MINAS-eindnormen.

	kunstmest					kunstmest en dierlijke mest				
bemestingsstrategie [1]	A1	A2	B1	B2	C	A1	A2	B1	B2	C
100% prei [2]	1.530	730	-	-	-	4.340	3.540	-	-	-
66% prei 33%sla	830	630	-	-	-	4.190	3.990	210	-	-
50% prei 50%sla	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
33% prei 33%sla 16% peen 16%c.kool	-	-	-	-	-	1.370	1.000	-	-	-
33% prei 33%sla 33% c.kool	50	-	-	-	-	3.780	3.480	1.290	510	-
33% prei 67%sla	-	-	-	-	-	2.130	1.830	-	-	-
67% sla 16% peen 16%c.kool	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
50% sla 16% peen 33%c.kool	-	-	-	-	-	1.430	700	-	-	-
100% peen	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
100% aardbei	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
70% prei 30% aardbei	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
50% prei 50% aardbei	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
33% prei 33% aardbei 33%c.kool	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
33% prei 33% aardbei 16%c.kool 16 % peen	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
67% prei 33% peen	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Tabel 12. Kosten verbonden aan het overschrijden van de MINAS-normen in de vollegrondsgroente (x 1000 gulden per bedrijf) indien ook kunstmest-fosfaat wordt meegerekend.

	kunstmest					kunstmest en dierlijke mest				
bemestingsstrategie [1]	A1	A2	B1	B2	C	A1	A2	B1	B2	C
100% prei [2]	1.530	730	-	-	-	4.340	3.540	-	-	-
66% prei 33%sla	4.590	4.390	3.760	-	-	8.220	8.020	4.190	-	-
50% prei 50%sla	6.240	6.240	6.240	-	-	6.240	6.240	6.240	-	-
33% prei 33%sla 16% peen 16% c.kool	19.020	19.020	19.020	11.460	-	20.390	20.020	19.020	11.460	-
33% prei 33%sla 33% c.kool	19.100	19.050	19.050	11.820	-	22.880	22.530	20.340	12.320	-
33% prei 67%sla	16.980	16.980	16.980	9.750	-	19.110	18.810	16.980	9.750	-
67% sla 16% peen 16%c.kool	38.000	38.000	38.000	38.000	2.000	38.000	38.000	38.000	38.000	2.000
50% sla 16% peen 33%c.kool	38.000	38.000	38.000	38.000	2.000	39.430	38.700	38.000	38.000	2.000
100% peen	38.000	38.000	38.000	38.000	2.000	38.000	38.000	38.000	38.000	2.000
100% aardbei	6.850	6.850	6.850	6.850	-	6.850	6.850	6.850	6.850	-
70% prei 30% aardbei	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
50% prei 50% aardbei	650	650	650	-	-	650	650	650	-	-
33% prei 33% a.bei 33% c.kool	12.740	12.740	12.740	5.500	-	12.740	12.740	12.740	5.500	-
33% prei 33% a.bei 16% c.kool 16 % peen	12.740	12.740	12.740	5.500	-	12.740	12.740	12.740	5.500	-
67% prei 33% peen	4.120	4.120	4.120	-	-	4.120	4.120	4.120	-	-

[1] voor de codering van de bemestingsstrategieën: zie tabel 3

[2] voor de gebruikte afkorting van gewassen: zie tabel 1 en 2

Tabel 13. Kostenontwikkeling (meststoffen, loonwerk, toediening en analyse kosten) door het aanpassen van bemestingsstrategieën in de vollegrondsgroente (*f* per bedrijf).

	kunstmest				kunstmest en dierlijke mest			
aanpassing van strategie A1 naar [1]	A2	B1	B2	C	A2	B1	B2	C
100% prei [2]	860	1.440	440	440	860	2.140	5.740	5.740
66% prei 33%sla	440	970	300	10	440	1.690	3.990	6.260
50% prei 50%sla	480	920	420	30	480	1.360	3.090	4.640
33% prei 33%sla 16% peen 16% c.kool	840	1.270	920	360	840	1.580	2.830	6.120
33% prei 33%sla 33% c.kool	710	1.130	800	230	710	1.430	2.620	7.070
33% prei 67%sla	710	1.310	970	420	710	2.460	3.630	7.140
67% sla 16% peen 16% c.kool	1.560	2.060	2.060	1.180	1.560	2.920	2.920	7.220
50% sla 16% peen 33% c.kool	1.710	2.160	2.160	1.280	1.710	2.160	2.160	7.690
100% peen	-	-	-	- 870	-	-	-	- 870
100% aardbei	-	- 80	-80	- 430	-	- 80	- 80	- 430
70% prei 30% aardbei	-	200	- 460	- 690	-	790	3.090	2.870
50% prei 50% aardbei	-	100	- 390	- 730	-	540	2.280	1.930
33% prei 33% aardbei 33% c.kool	710	790	460	- 50	710	1.090	2.250	3.950
33% prei 33% a.bei 16% c.kool 16 % peen	440	520	180	- 330	440	810	1.970	2.570
67% prei 33% peen	-	250	- 410	- 700	-	830	3.140	2.850

Tabel 14. De hoeveelheid kg P_2O_5 per ha die met dierlijke mest wordt aangevoerd bij verschillende bemestingsstrategieën.

	kunstmest en dierlijke mest				
bemestingsstrategie [1]	A1	A2	B1	B2	C
100% prei [2]	55	55	48	0	0
66% prei 33%sla	66	66	58	27	0
50% prei 50%sla	48	48	44	21	0
33% prei 33%sla 16% peen 16% c.kool	61	61	57	41	0
33% prei 33%sla 33% c.kool	72	72	69	54	0
33% prei 67%sla	71	71	59	44	0
67% sla 16% peen 16% c.kool	65	65	56	56	0
50% sla 16% peen 33% c.kool	69	69	69	69	0
100% peen	0	0	0	0	0
100% aardbei	0	0	0	0	0
70% prei 30% aardbei	37	37	31	0	0
50% prei 50% aardbei	27	27	23	0	0
33% prei 33% aardbei 33% c.kool	42	42	39	24	0
33% prei 33% aardbei 16% c.kool 16 % peen	30	30	27	12	0
67% prei 33% peen	37	37	30	0	0

[1] voor de codering van de bemestingsstrategieën: zie tabel 3

[2] voor de gebruikte afkorting van gewassen: zie tabel 1 en 2

Conclusies

Akkerbouw

- Bij een bemesting volgens advies kunnen akkerbouwbedrijven bij een goede bodemvruchtbaarheid voldoen aan de MINAS-eindnormen.
- Bij een lagere bodemvruchtbaarheid (lagere N-mineralisatie dan gemiddeld en/of een lager Pw getal) kunnen de meeste bedrijven voldoen aan de stikstofnormen. De kans op overschrijding is groter, met name op zandgronden. Fosfaatbemesting geeft bij de huidige MINAS-normen geen probleem.

Vollegrondsgroenteteelt

- Bedrijven met een groot aandeel stikstofbehoeftige gewassen (zoals prei en dubbelteelten van bladgewassen) kunnen niet altijd aan de MINAS-eindnorm voldoen.
- Door zoveel mogelijk gebruik te maken van vanggewassen en bijmestsystemen is het ook voor bedrijven met een groot aandeel stikstofbehoeftige gewassen mogelijk om te voldoen aan de MINAS-eindnormen en is er zelfs ruimte voor dierlijke mest.
- Bij een lagere bodemvruchtbaarheid kunnen de bedrijven met prei en bladgewassen niet voldoen aan de MINAS-eindnorm voor stikstof en zal of een heffing betaald moeten worden of suboptimaal bemest moeten worden.

Algemeen

- De extra kosten van bijmestsystemen en rijenbemesting om efficiënter te bemesten, zijn maar een fractie van de kosten van de MINAS-heffing. Vooral de prijs van dierlijke mest heeft een duidelijke invloed op het totale kosten, doordat bij aanpassing van de bemestingsstrategie dierlijke mest vervangen wordt door kunstmest. Dit is bijvoorbeeld het geval bij de groenteteelt in mestoverschotgebieden, waar de teler geld toe krijgt voor dierlijke mest. Bij akkerbouwers in tekortgebieden is dit effect veel geringer.
- Het toepassen van bijmestsystemen en rijenbemesting biedt minder mogelijkheden voor het gebruik van dierlijke mest.
- Als ook kunstmestfosfaat in de regeling wordt opgenomen, levert dit voor de akkerbouw alleen in het zuidoostelijk zandgebied problemen op in bouwplannen met maïs en groente. Op vollegrondsgroentebedrijven zijn de overschrijdingen van de verliesnormen dan veel forser. Deze overschrijdingen kunnen in de meeste gevallen echter worden voorkomen door met name rijenbemesting van fosfaat.

Nog verkrijgbare uitgaven [1]

Verslagen

228. Effecten intensieve bouwplannen op lichte zavelgronden in de Noordoostpolder (WG 140). A. Rops, december 1996 ..... ƒ 15,-
227. Verbetering van de opbrengst en trekrijpheid van roodlofwortels. Ing. C.A.Ph. van Wijk en P. Bleeker, december 1996 ..... ƒ 15,-
226. Effecten van grondbewerking en organische stof op de structuur van de bouwvoor. Ing. V.P.H.M. de Kok en ing. J. Alblas, december 1996 ..... ƒ 15,-
225. De gebruikswaarde van GFT-compost voor de akkerbouw en de groenteteelt in de volle grond. Ing. V.P.H.M. de Kok, december 1996 ..... ƒ 15,-
224. Meerjarig rendement van beregenen op noordelijke zand- en dalgronden. Ir. W.A. Dekkers M.Sc. en ir. J. Smid, december 1996 ..... ƒ 15,-
223. Bedrijfssystemen-onderzoek Meterik; evaluatie 1991-1993. Ing. B.M.A. Kroonen-Backbier, M.H.J.P. van der Burgt en ing. M. van der Ham, december 1996 ..... ƒ 20,-
222. Cichorei. Verslag van vier jaar teeltonderzoek. Ir. C.E. Westerdijk, oktober 1996 .... ƒ 15,-
221. Natmaken, drogen en helen van peen en witlofwortels. Ing. J.A. Schoneveld en ing. H.P. Versluis, oktober 1996 ..... ƒ 15,-
220. Toepassing van het stikstofbijmestsysteem in zaaiuien. Ir. C.L.M. de Visser, oktober 1996 ..... ƒ 15,-
219. Teeltonderzoek wortelgewaskruiden Angelica, levisticum en valeriaan 1987-1993. Ing. H.J. van der Mheen, oktober 1996 ..... ƒ 15,-
218. Teeltonderzoek *Digitalis lanata* 1987-1994. Ing. H.J. van der Mheen, oktober 1996 ..... ƒ 15,-
217. Effecten van maïs-gras vruchtwisseling. Ir. W. van Dijk, oktober 1996 ..... ƒ 15,-
216. Stikstofbemesting en nutriëntenopname van broccoli. Dr. ir. A.P. Everaarts, C.P. de Moel en dr. ir. P. de Willigen, oktober 1996 ..... ƒ 15,-
215. Invloed van N-rijenbemesting op drogestofproductie en N-benutting bij snijmaïs. Ir. W. van Dijk, juli 1996 ..... ƒ 15,-
214. Effect van rijenafstand, plantdichtheid en stikstofbemesting op de opbrengst, kwaliteit en gevoeligheid voor *Botrytis cinerea* bij stamslaboon (*Phaseolus vulgaris*). Ing. J.J. Neuvel, ing. H.P. Versluis en ir. K.J. Osinga, september 1996 ..... ƒ 15,-
213. BEA, LP-model en Orspel; een beschrijving en vergelijking van hulpmiddelen in het bedrijfseconomische onderzoek. Ir. J. Smid, drs. A.T. Krikke en ir. H.B. Schoorlemmer, maart 1996 ..... ƒ 15,-
212. Effecten van bodembedekking op de opbrengst en kwaliteit van groentegewassen. J.T.K. Poll en ing. C.G.M. Geven, september 1996 ..... ƒ 15,-
211. Optimalisatie van erosieremmende teeltsystemen van maïs en suikerbieten op lössgrond. Ing. P.M.T.M. Geelen, drs. F.J.P.M. Kwaad, drs. E.J. van Mulligen, drs. A.G. Wansink, drs. M. van der Zijp en ir. W. van den Berg, mei 1996 ..... ƒ 15,-

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

210. Optimalisering van de biologisch-dynamische en ecologische pootgoedteelt; eindrapport over de onderzoeksjaren 1992 tot en met 1995. Ir. M. Hospers, februari 1996 ..... f 15,-
209. Bedrijfssystemen-onderzoek vollegrondsgroente/bloembollen, proeftuin Zwaagdijk; evaluatie 1991-1993. Ing. M.H. Zwart-Roodzant, F.C.G. Kreuk en ing. M. van der Ham, februari 1996 ..... f 20,-
208. Perspectieven voor korrelmaïs als zetmeelbron voor het noordelijke veenkoloniale- en zandgebied. Ir. W. van Dijk, dr. A.C. van Swaaij, ing. K.H. Wijnholds en ing. G. Veninga, januari 1996 ..... f 15,-
207. Waarnemingsmethoden voor bepaling van verschillen in onvolledige resistentie bij vollegrondsgroenterassen. Ir. J. Hoek, ing. I.P.M. Commandeur, ir. W. Sukkel en ing. H.J. Hylkema, november 1995 ..... f 15,-
206. Vruchtwisselingsproef AGM 600 proefboerderij A.G. Mulderhoeve Emmer-compascuum 1981-1989. Ing. K.H. Wijnholds en ir. W. van den Berg, november 1995 ..... f 20,-
205. Aanbod en opname van stikstof bij hoge produktieniveaus van wintertarwe op klei- en zavelgrond. Dr. ir. A. Darwinkel, oktober 1995 ..... f 15,-
204. Bedrijfssystemen-onderzoek Borgerswold 1986-1990. Ir. Y. Hofmeester, ing. A. Bos ir. F.G. Wijnands, drs. A.T. Krikke en drs. ing. B.J.M. Meijer, augustus 1995... f 25,-
203. Resultaten van onderzoek naar geïntegreerde bestrijding van onkruiden in zaaiuien. Ir. C.L.M. de Visser en ing. L. Hoekstra, juli 1995 ..... f 15,-
202. Stikstofbemesting en nutriëntenopname van witte kool. Dr. ir. A.P. Everaarts, augustus 1995 ..... f 15,-
201. Effecten van wintergewassen op verliezen en benutting van stikstof bij de teelt van snijmaïs. Ir. W. van Dijk, ir. J.J. Schröder, L. ten Holte en ing. W.J.H. de Groot, augustus 1995 ..... f 15,-
200. Interactie tussen rassen en proefplaatsen bij witlof. Ing. A.R. Biesheuvel en ir. G. van Kruistum, juni 1995 ..... f 15,-
199. Ontwikkeling van een gewasgroeimodel voor peen op basis van SUCROS 87. Ir. C.L.M. de Visser, ing. J.A. Schoneveld en ing. M.H. Zwart-Roodzant, juni 1995 ..... f 20,-
198. Stikstofbemesting en nutriëntenopname van bloemkool. Dr. ir. A.P. Everaarts en C.P. de Moel, maart 1995 ..... f 15,-
197. Toediening dierlijke mest op löss, dal- en lichte zavelgrond. Ing. S. Postma, maart 1995 ..... f 20,-
196. Innovatiebedrijven geïntegreerde akkerbouw; beknopt overzicht technische en economische resultaten. Ir. F.G. Wijnands, ing. P. van Asperen, ing. G.J.M. van Dongen, ing. S.R.M. Janssens, ir. J.J. Schröder en ing. K.B. van Bon, maart 1995 ..... f 20,-
195. Inventarisatie naar de mogelijkheden van een waarschuwingssysteem voor *Phytophthora infestans* in aardappelen. Dr. ir. H.T.A.M. Schepers, ing. E. Bouma, ir. C. Bus en ir. W.A. Dekkers, maart 1995 ..... f 15,-
194. Beheersing van lage-temperatuurbederf bij witlof. Ir. G. van Kruistum, ing. A.R. Biesheuvel, ir. R.C.F.M. van den Broek, ing. P.M.T.M. Geelen en ing. J.G.M. Jeurissen, maart 1995 ..... f 15,-
193. Het forceren van asperges in een geconditioneerde ruimte. J.T.K. Poll, ir. W. van

den Berg en ir. C.F.G. Kramer, maart 1995 ..... f 15,-

192. Optimalisering van de N-voeding van zetmeelaardappelen. Ir. C.D. van Loon, ing. K.H. Wijnholds en ir. A.H.M.C. Baltissen, maart 1995 ..... f 15,-

191. De invloed van plantveredeling, zaaitijdstip en koude-tolerantie op de stikstof benutting door maïs tijdens de jeugdgroei. Ing. D.A. van der Schans, ir. W. van Dijk en dr. ir. O. Dolstra, juni 1995 ..... f 15,-

190. Teelt van crambe. Ing. N. van Dijk en ir. G.E.L. Borm, april 1995 ..... f 15,-

189. Maatregelen tegen verbruiningsziekte ter vergroting van de opbrengstzekerheid van karwij. Resultaten van onderzoek 1990-1994. Ir. A. Evenhuis en ing. B. Verdam, maart 1995 ..... f 25,-

188. Stikstofbemesting, zaaidichtheid en groeiregulatie bij haver. Dr. ir. A. Darwinkel, A.H.J. Rops en ing. K.H. Wijnholds, maart 1995 ..... f 15,-

187. Reactie van graszaad op fosfaatbemesting. Ing. J.W. Steenhuizen, ing. J.G.N. Wander, ir. P.A.I. Ehlert en S. Vreeke, februari 1995 ..... f 15,-

186. Resultaten bedrijfssystemen-onderzoek intensieve vollegrondsgroenten 1991-1993. Ing. M. van der Ham, februari 1995 ..... f 15,-

Publicaties

97. Zorg voor kwaliteit en voedselveiligheid. Ir. H.B. Schoorlemmer en ing. A. Jukema, oktober 1999 ..... f 25,-

96. Wildschade in Nederland. Ing. M.H. Zwart-Roodzant en ir. R. Stokkers, augustus 1999 ..... f 25,-

95. Adviesbasis voor de bemesting van akkerbouw- en vollegrondsgroentegewassen. Ir. W. van Dijk, maart 1999 ..... f 20,-

94. Werkplan 1999, februari 1999 ..... f 25,-

93. Perspectieven voor akkerbouwbedrijven in het zetmeelaardappeltelend gebied. Ir. J. Smid, februari 1999 ..... f 25,-

92. Bedrijfssystemen-onderzoek vollegrondsgroenten Meterik Ing. B.M.A. Kroonen-Backbier, november 1998 ..... f 25,-

91. Bedrijfssystemen-onderzoek vollegrondsgroenten ROC Westmaas. Ing. J. Rovers, september 1998 ..... f 25,-

90. Bedrijfssystemen-onderzoek vollegrondsgroenten proeftuin Noord-Brabant. Ing. M.H. Zwart-Roodzant, juni 1998 ..... f 25,-

89. Bedrijfssystemen-onderzoek vollegrondsgroenten/bloembollen proeftuin Zwaagdijk. Ing. M.H. Zwart-Roodzant, mei 1998 ..... f 25,-

88. Werkplan 1998, februari 1998 ..... f 25,-

87. Perspectieven geïntegreerde akkerbouw in Noordoost-Nederland, februari 1998 f 25,-

86. Perspectieven voor de akkerbouw in het Zuidwestelijk kleigebied. Ir. J. Smid, december 1997 ..... f 15,-

85. Kwantitatieve Informatie 1997/1998, december 1997 ..... f 60,-

84. Bedrijfsbegroten in de akkerbouw en de vollegrondsgroenteteelt. Ir. H.B. Schoorlemmer en drs. A.T. Krikke, september 1997 ..... f 15,-

83. Werkplan 1997, maart 1997 ..... f 25,-

82. Geagrificeerd ABC. Ir. H.B. Schoorlemmer, drs. J.P.P.J. Welten en drs. A.T. Krikke, maart 1997 ..... f 25,-

81a.	Jaarboek 1995/1996 akkerbouw, december 1996	ƒ 35,-
81b.	Jaarboek 1995/1996 vollegrondsgroenteteelt, december 1996	ƒ 30,-
80.	Jaarverslag 1995, juli 1996	ƒ 20,-
79.	Werkplan 1996, februari 1996	ƒ 20,-
78a.	Jaarboek 1994/1995 akkerbouw, november 1995	ƒ 30,-
78b.	Jaarboek 1994/1995 vollegrondsgroenteteelt, november 1995	ƒ 30,-
77.	Jaarverslag 1994, juni 1995	ƒ 20,-
76.	Werkplan 1995, januari 1995	ƒ 20,-

Themaboekjes

22.	Naar maatwerk in de bemesting, december 1999	ƒ 25,-
21.	Ruwvoederproductie bij droogte, mei 1998	ƒ 20,-
20.	Vollegrondsgroente telen met perspectief, januari 1998	ƒ 15,-
19.	Themadag maïs, november 1995	ƒ 15,-
18.	Stikstofstromen in de vollegrondsgroenteteelt, december 1994	ƒ 15,-

Teelthandleidingen

88.	Teelt van zetmeelaardappelen, december 1999	ƒ 35,-
87.	Teelt van zomergerst, mei 1999	ƒ 25,-
86.	Teelt van radicchio, mei 1999	ƒ 25,-
85.	Teelt van vezelvlas, februari 1999	ƒ 25,-
84.	Teelt van luzerne, december 1998	ƒ 25,-
83.	Teelt van sjalotten, september 1998	ƒ 25,-
82.	Teelt van rabarber, juni 1998	ƒ 25,-
81.	Teelt van plantuien, april 1998	ƒ 25,-
80.	Teelt van witte asperges, januari 1998	ƒ 30,-
79.	Teelt van witlof en roodlof, januari 1998	ƒ 50,-
78.	Teelt van kruidenwortelgewassen Angelica, Levisticum en Valeriana, oktober 1997	ƒ 25,-
77.	Teelt van spruitkool, september 1997	ƒ 25,-
76.	Teelt van wintertarwe, maart 1997	ƒ 25,-
75.	Teelt van knoflook, januari 1997	ƒ 15,-
74.	Teelt van bosui, januari 1997	ƒ 15,-
73.	Teelt van sluitkool, oktober 1996	ƒ 35,-
72.	Teelt van pootaardappelen, augustus 1996	ƒ 35,-
71.	Teelt van kroten, juli 1996	ƒ 35,-
70.	Teelt van Chinese kool, februari 1996	ƒ 20,-
69.	Teelt van graszaad, oktober 1995	ƒ 25,-
68.	Teelt van peulen en doperwten voor de verse markt, juli 1995	ƒ 25,-
67.	Teelt van courgette en pompoen, april 1995	ƒ 25,-
66.	Teelt van stamslabonen, december 1994	ƒ 40,-
65.	Teelt van andijvie, december 1994	ƒ 30,-
64.	Teelt van suikerbieten, september 1994	ƒ 30,-
63.	Teelt van sla, augustus 1994	ƒ 40,-
62.	Teelt van bleekselderij, maart 1994	ƒ 25,-
61.	Teelt van haver, februari 1994	ƒ 20,-

60. Teelt van karwij, januari 1994 ..... ƒ 15,-
59. Teelt van dille, januari 1994 ..... ƒ 15,-
58. Teelt van maïs, december 1993 ..... ƒ 25,-
57. Teelt van consumptie-aardappelen, november 1993 ..... ƒ 30,-
56. Teelt van prei, oktober 1993 ..... ƒ 30,-
55. Teelt van knolvenkel, augustus 1993 ..... ƒ 25,-
54. Teelt van broccoli, juli 1993 ..... ƒ 30,-
53. Teelt van suikermaïs, juli 1993 ..... ƒ 25,-
52. Teelt van zaaiuien, juni 1993 ..... ƒ 30,-
51. Teelt van bloemkool, april 1993 ..... ƒ 35,-
50. Teelt van Digitalis lanata, februari 1993 ..... ƒ 10,-
49. Teelt van thijm, februari 1993 ..... ƒ 10,-

WORDT ABONNEE VAN HET PAV

De uitgaven van het PAV zijn los te bestellen, maar ook via een abonnement. Wat zijn de mogelijkheden?

Pakket-abonnementen:

PAV-uitgaven	Akkerbouw	Vollegrondsgroente	Totaal
Werkplan			+
Jaarverslag	+	+	+
PAV-bulletin Akkerbouw	+		+
PAV-bulletin Voll. groente		+	+
Kwantitatieve Informatie	+	+	+
Teelth. Akkerbouw	+		+
Teelth. Voll. groente		+	+
Publicaties Akkerbouw	+		+
Publicaties Voll. groente		+	+
Publicaties Algemeen	+	+	+
prijs per jaar (ƒ)	125,-	125,-	225,-

Deel-abonnementen
Deel-abonnementen zijn mogelijk op:

PAV-bulletin Akkerbouw (ƒ 75,- per jaar)
PAV-bulletin Vollegrondsgroente (ƒ 75,- per jaar)
Bestelabonnement voor losse PAV-uitgaven (ƒ 25,- per jaar).

U kunt zich schriftelijk, telefonisch of per fax opgeven voor een pakket-abonnement of een deel-abonnement. Zie voor de benodigde gegevens onder colofon (binnenkant omslag).

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