

Aanscherping van fosfaatgebruiksnormen op bouwland bij akker- en tuinbouwgewassen

Verkenning van noodzaak en mogelijkheden tot
differentiatie

W. van Dijk, P.H.M. Dekker, H.F.M. ten Berge, A.L. Smit & J.R. van der Schoot

© 2007 Wageningen, Praktijkonderzoek Plant & Omgeving B.V.

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

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

PPO Publicatienr. 367; €

Projectnummer: 32 500 924 00

Praktijkonderzoek Plant & Omgeving B.V.

AGV

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

Inhoudsopgave

pagina

WOORD VOORAF.....	5	
SAMENVATTING.....	7	
1	INLEIDING	15
1.1	Aanleiding	15
1.2	Doel en aanpak.....	15
1.3	Leeswijzer.....	16
2	FOSFAATBEMESTINGSADVIES AKKER- EN TUINBOUW.....	17
2.1	Akkerbouw-, vollegrondsgroente-, bloembolgewassen.....	17
2.1.1	Bodemgericht advies	17
2.1.2	Gewasgericht advies.....	18
2.2	Boomkwekerij.....	20
2.3	Fruitteelt	20
2.4	Conclusie	22
3	FOSFAATAFVOER	23
3.1	Evenwichtsbemesting.....	23
3.2	Beschikbaarheid gegevens fosfaatafvoer	23
3.3	Variatie in fosfaatafvoer op gewasniveau.....	23
3.4	Variatie in fosfaatafvoer op bedrijfsniveau	25
3.4.1	Experimentele gegevens	25
3.4.2	Fosfaatafvoer op modelbedrijven akker- en tuinbouw	28
3.5	Conclusie	30
4	FOSFAATBEHOEFTE	31
4.1	Fosfaatbehoefte op gewasniveau	31
4.2	Fosfaatbehoefte op bedrijfsniveau	34
4.3	Conclusie	37
5	BEDRIJFSECONOMISCHE EFFECTEN FOSFAATGEBRUIKSNORMEN	39
5.1	Gevolgen suboptimale fosfaatvoorziening op gewasniveau	39
5.1.1	Veeljarige fosfaatproefvelden.....	39
5.1.2	Overige recente eenjarige fosfaatproeven.....	40
5.1.3	Indicatieve opbrengstreductie	41
5.2	Gevolgen aanscherping P-gebruiksnorm op bedrijfsniveau	41
5.2.1	Scenario's.....	41
5.2.2	Methodiek	42
5.2.3	Resultaten.....	46
5.3	Conclusie	50
6	TECHNISCHE OPLOSSINGSRICHTINGEN	51
6.1	Inleiding	51
6.2	Achtergrond van fosfaatplaatsing	51
6.3	Vormen van plaatsing	52
6.4	Efficiencyverbetering door plaatsing.....	52
6.4.1	Literatuurgegevens	52
6.4.2	Modelberekeningen.....	54
6.5	Plaatsing in het kader van toekomstige fosfaat-gebruiksnormen	54

6.6	Conclusie	56
7	GEVOLGEN VAN FOSFAATGEBRUIKSNORMEN VOOR DE FOSFAATTOESTAND OP TERMIJN.....	57
7.1	Beschikbare proefvelden	57
7.2	Conclusie	59
8	GEVOLGEN VAN FOSFAATNORMEN VOOR ORGANISCHE STOF IN DE BODEM	61
8.1	Beperking van de organische stofaanvoer door de fosfaatgebruiksnorm	61
8.2	Jaarlijks benodigde hoeveelheid organische stof.....	63
8.3	Conclusie	67
9	DIFFERENTIATIE VAN FOSFAATGEBRUIKSNORM ALS OPLOSSING VOOR KNELPUNTEN	69
9.1	Noodzaak voor differentiatie	69
9.2	Vormen van differentiatie	70
10	CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN	73
10.1	Conclusies	73
10.2	Aanbevelingen	74
11	REFERENTIES.....	77
	BIJLAGE 1A. BOUWPLANSAMENSTELLING (%) MODELBEDRIJVEN AKKERBOUW	81
	BIJLAGE 1B. BOUWPLANSAMENSTELLING (%) MODELBEDRIJVEN VOLLEGRONDSGROENTEN	82
	BIJLAGE 1C. BOUWPLANSAMENSTELLING (%) MODELBEDRIJVEN BLOEMBOLLEN	83
	BIJLAGE 1D. BOUWPLANSAMENSTELLING (%) MODELBEDRIJVEN BOOMKWEKERIJBEDRIJVEN OP ZANDGROND	84

Woord vooraf

In opdracht van het Ministerie van Landbouw Natuur en Voedselkwaliteit (LNV) is in 2007 een studie uitgevoerd naar de landbouwkundige en bedrijfseconomische gevolgen van de voorgenomen aanscherping van de fosfaatgebruiksnorm naar 60 kg P₂O₅ per ha per jaar in 2015 voor akker- en tuinbouwgewassen. Centraal stond de vraag of differentiatie van fosfaatgebruiksnormen vanuit landbouwkundig oogpunt nodig is en welke mogelijkheden daartoe zouden bestaan. Dit rapport beschrijft de resultaten van de studie. Vergelijkbare rapporten zijn opgesteld voor de melkveehouderij (gras en maïs) en de milieukundige effecten.

Vanaf deze plaats willen we Anne Marie van Dam (PPO), Henk van Reuler (PPO), Rien van der Maas (PPO) en Phillip Ehlert (Alterra) bedanken voor het aanleveren van gegevens en/of becommentariëren van delen van het rapport. Verder gaat een woord van dank uit naar de leden van de CDM-Werkgroep "Differentiatie fosfaatgebruiksnormen" voor de begeleiding van deze studie en het kritisch beoordelen van concepten.

De auteurs

Samenvatting

Vraagstelling

Voorliggende studie werd door de Commissie Deskundigen Meststoffenwet uitgevoerd in opdracht van het ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit (LNV), met het doel in kaart te brengen wat de landbouwkundige en bedrijfseconomische gevolgen zijn van de voorgenomen aanscherping van de fosfaatgebruiksnorm in de akker- en tuinbouw naar 60 kg P₂O₅ per ha per jaar in 2015. De vraag daarbij was tevens, aan te geven wat de noodzaak en mogelijkheden zijn voor differentiatie van fosfaatgebruiksnormen.

Naast de hier gerapporteerde studie werden tevens twee deskstudies uitgevoerd naar respectievelijk (a) de landbouwkundige gevolgen van de aanscherping en differentiatie van fosfaatgebruiksnormen voor de melkveehouderij; en (b) de milieukundige gevolgen van aanscherping en differentiatie van fosfaatgebruiksnormen in de landbouw. De resultaten daarvan worden beschreven in afzonderlijke rapporten.

Antwoord in het kort

Inventarisatie van knelpunten op gewasniveau aan de hand van de behoefte volgens de Adviesbases levert waarschijnlijk een grove overschatting van de problemen die gaan ontstaan bij verlaging van de fosfaatgebruiksnormen. Ruimte binnen het bouwplan, perspectief tot verhoogde benutting via technische verbeteringen en de vaak geringe fosfaatresponses in het traject beneden de adviesgift geven alle aanleiding om te veronderstellen dat de dervingen ten gevolge van een verlaagde fosfaatgebruiksnorm in werkelijkheid gering zullen zijn. Het areaal waar problemen kunnen optreden zal eveneens beperkt zijn, omdat de fosfaattoestand op bouwland in Nederland in het algemeen hoog is. Inkomensderving zal daarom in de meeste gevallen beperkt zijn tot reductie van mestafnamepremie en toegenomen kunstmestkosten. Derving door fosfaattekort kan optreden op bedrijven met meer dan 50% fosfaatbehoefte gewassen (groep 0 en 1 in de Adviesbasis) met bovendien een fosfaattoestand lager dan Pw=35 of Pw=40. Deze bedrijven zijn gebaat bij differentiatie. Ter compensatie (nationaal) zou een korting toegepast kunnen worden voor bedrijven met hoge fosfaattoestand (Pw>60) of een gering aandeel fosfaatbehoefte gewassen (bijvoorbeeld <25% in groep 0 en groep1) in het bouwplan.

Werkwijze: experimenten en modellen

In de voorliggende deskstudie werden zowel bestaande datasets uit experimenten gebruikt als modelberekeningen. Experimentele gegevens hebben betrekking op de respons van gewassen op fosfaat en de onderbouwing van het bemestingsadvies en tevens op het lange termijn gedrag van de fosfaattoestand van de bodem wanneer gedurende vele jaren een fosfaatoverschot wordt toegediend, dan wel fosfaat aan de bodemvoorraad wordt onttrokken. Ook voor het bepalen van de jaarlijkse fosfaatonttrekking door gewassen en bouwplannen werden gegevens uit experimenten gebruikt, evenals gegevens uit praktijknetwerken (Telen met Toekomst) en proefbedrijven. Experimenteel onderzoek aan deze onderwerpen loopt over vele jaren en wordt momenteel uitgevoerd in het LNV-onderzoeksprogramma Milieu en Mineralen (BO5).

Modelbedrijven, representatief verondersteld voor verschillende sectoren, werden gebruikt om de economische impact van aanscherping van fosfaatgebruiksnormen vast te stellen. Daarbij werden per modelbedrijf tevens vastgesteld: de fosfaatbehoefte (volgens de Adviesbasis) van het bouwplan, de fosfaatafvoer op bedrijfsniveau, de fosfaataanvoer met diverse organische mestsoorten en kunstmest, de totale aanvoer van effectieve organische stof en de eventuele opbrengstderving van gewassen ten gevolge van fosfaat- of stikstoftekort. Als referentie golden daarbij steeds de stikstof- en fosfaatgebruiksnormen 2006.

Ook voor het lange termijn gedrag (opbouw en afbraak) van organische stof in de bodem werden modelberekeningen uitgevoerd met behulp van de modellen volgens zowel 'Janssen' als 'Yang'.

Fosfaatafvoer en -behoefte in relatie tot fosfaatgebruiksnorm

Bij de landbouwkundige beoordeling van fosfaatgebruiksnormen voor de akker- en tuinbouwsectoren staan twee begrippen centraal: de jaarlijkse fosfaatonttrekking in geoogste producten (afvoer) en de fosfaatbehoefte van het gewas. De behoefte is de gift die benodigd is om economische opbrengstderving ten gevolge van fosfaattekort te voorkomen, conform de Adviesbases voor de bemesting van akker- en tuinbouwgewassen.

Het is in de discussie over fosfaatgebruiksnormen van groot belang deze twee begrippen, behoefte en afvoer, te blijven onderscheiden als aparte grootheden. Afhankelijk van gewas en fosfaattoestand van de bodem, is er een groot verschil tussen beide grootheden.

Knelpunten op korte termijn *kunnen* optreden waar de fosfaatgebruiksnorm niet toereikend is om de behoefte te dekken. Of er dan daadwerkelijk sprake is van opbrengstderving, hangt af van een eventuele marge tussen de behoefte (volgens de Adviesbasis) en de werkelijk benodigde gift. Over deze marge, die door technische ingrepen (zoals rijenbemesting) geheel of gedeeltelijk overbrugd zou kunnen worden, bestaat vooralsnog weinig kwantitatieve informatie.

Knelpunten op lange termijn *kunnen* optreden waar de fosfaatgebruiksnorm niet toereikend is om de afvoer te dekken. In het algemeen zal dan de fosfaattoestand gaan dalen. Dat leidt pas tot opbrengstderving wanneer een zodanig lage fosfaattoestand bereikt wordt dat de (dan) benodigde gift groter wordt dan de gebruiksnorm. De mogelijkheid om beneden een Pw-getal van 25 een reparatiebemesting uit te voeren, fungeert daarbij als vangnet om verdere verlaging van de fosfaattoestand te voorkomen.

Fosfaatafvoer op gewas- en bedrijfsniveau

De jaarlijkse fosfaatafvoer van grote akkerbouwgewassen als wintertarwe, aardappel (consumptie, zetmeel), snijmaïs, suikerbiet en zaaiuien ligt tussen 50 en 70 kg P₂O₅ per ha en is gemiddeld circa 60 kg P₂O₅ per ha per jaar. Hogere afvoeren worden gevonden bij peen, knolselderij en hennep. Bij veel groentegewassen, fruit en bloembolgewassen ligt de afvoer ruim beneden 50 kg P₂O₅ per ha, vaak beneden 30 kg P₂O₅ per ha. De afvoer bij eenzelfde gewas verschilt sterk tussen jaren en percelen, zowel door verschillen in opbrengst als in fosfaatgehalte. De variatie in gehalte kan vooralsnog niet goed verklaard worden. Fosfaattoestand van de grond, hoogte van de stikstof- en fosfaatbemesting, tijdstip van bemesten, rassenkeuze, teeltmaatregelen en jaarsinvloeden zijn mogelijk alle hierbij van invloed.

De afvoer op bedrijfsniveau van akkerbouwbedrijven werd vastgesteld voor 30 praktijk- en proefbedrijven (13 klei, 17 zand- en dalgrond) over een variabele reeks van jaren. Per bedrijf waren drie tot negen meetjaren beschikbaar. De gemiddelde jaarlijkse afvoer lag voor 29 van deze bedrijven tussen 45 en 60 kg P₂O₅ per ha. Slechts één bedrijf had een hogere gemiddelde afvoer (65 kg per ha). Binnen eenzelfde grondsoort (klei, zand, dalgrond) lag de gemiddelde afvoer van de 10% bedrijven met hoogste afvoer circa 15% boven het 'overall' gemiddelde (dus van alle bedrijven op die grondsoort), en de gemiddelde afvoer van de 10% bedrijven met laagste afvoer circa 15% onder het 'overall' gemiddelde. De spreiding in fosfaatafvoer op bedrijfsniveau is minder groot dan die op gewasniveau.

Tevens werden berekeningen uitgevoerd aan modelbedrijven voor akkerbouw, vollegrondsgroenten, bloembollen en boomteelt. Ook deze laten zien dat de gemiddelde fosfaatafvoer in de akkerbouw vrijwel steeds lager is dan 60 kg P₂O₅ per ha is, uitgezonderd het graanbedrijf op de noordelijke klei (circa 70 kg P₂O₅ per ha). Bij de groentebedrijven wordt de hoogste afvoer gevonden op het spruitkoolbedrijf (circa 55 kg P₂O₅ per ha); ook gespecialiseerde sluitkoolbedrijven kunnen een relatief hoge afvoer hebben. Bij de overige bedrijven bedraagt de afvoer 20 tot 45 kg P₂O₅ per ha. In de bloembollenteelt is de afvoer laag, meestal tussen 10 en 20 kg P₂O₅ per ha (op perceelsniveau kunnen hier hogere waarden voorkomen maar op bedrijfsniveau worden deze vereffend door interne verplaatsing van plantgoed). In de boomteelt loopt de afvoer uiteen van 15 tot 35 kg P₂O₅ per ha (exclusief afvoer met kluit), in de fruitteelt van 15 tot 20 kg P₂O₅ per ha (appels en peren).

Adviesbases en fosfaatbehoefte op gewas- en bedrijfsniveau

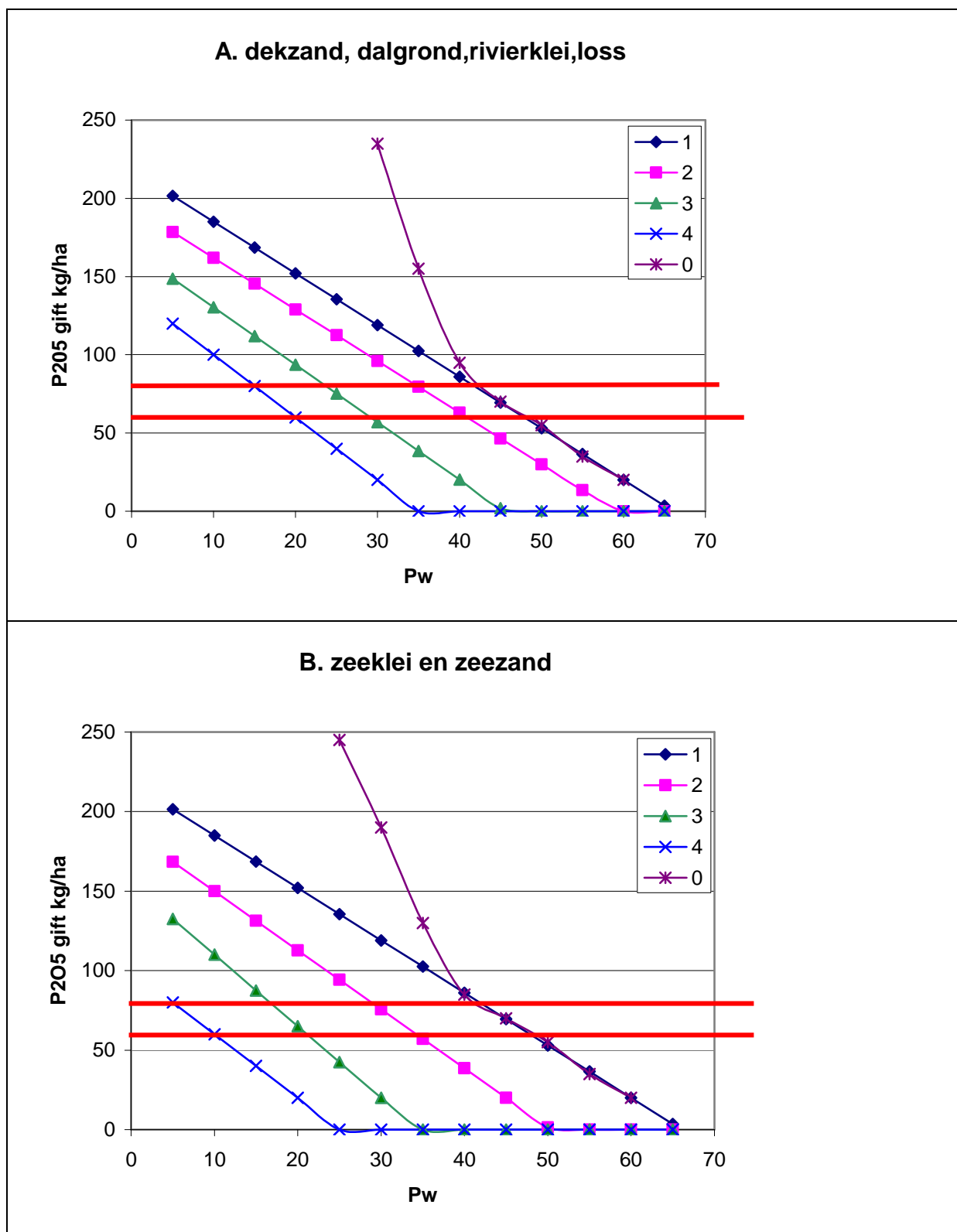
Ook de fosfaatbehoefte werd in deze studie vastgesteld op gewas- en bedrijfsniveau. Daarbij werden de Adviesbases voor de onderscheiden sectoren als uitgangspunt genomen. Het omvangrijke experimenteel onderzoek dat hieraan ten grondslag ligt, betreft een beperkt aantal gewassen. De resultaten van deze 'voorbeeldgewassen' werden geëxtrapoleerd naar vele gewassen, die zelf niet onderzocht werden. We introduceren daarom het begrip 'nominale behoefte' voor de behoefte volgens de Adviesbasis, om het normatieve karakter te benadrukken. Er staat geen andere basis ter beschikking. Er zijn Adviesbases voor verschillende sectoren. Voor akkerbouw, vollegrondsgroenten en bloembollenteelt wordt eenzelfde grondslag gevolgd. Voor de boom- en fruitteelt geldt een andere benadering. Beide systemen worden in dit rapport toegelicht, met vermelding van de experimentele onderbouwing. Deze samenvatting geeft alleen voor akkerbouw, vollegrondsgroente- en bloembollenteelt een korte uitleg over de adviesbases (hierna: 'het advies').

Het advies bestaat uit een bodemgericht en een gewasgericht advies. Aan beide moet gelijktijdig voldaan worden: er is geen sprake van een keuze tussen beide deeladviezen. Het bodemgericht advies geeft streefwaarden en streeftrajecten voor de fosfaattoestand per grondsoort en classificeert de toestand (klassen van 'zeer laag' naar 'hoog'). De fosfaattoestand wordt uitgedrukt in het Pw-getal (mg P_2O_5 per liter grond) en bepaalt de beschikbaarheid van fosfaat uit de bodem voor het gewas. Bij een toestand vanaf 'voldoende' is de levering vanuit de bodem veel belangrijker dan die uit fosfaatbemesting. Bij een opname van 60 kg P_2O_5 per ha wordt dan bijvoorbeeld 50 kg P_2O_5 per ha uit de bodem geleverd, terwijl maar 10 kg P_2O_5 per ha uit de toegediende gift (van bijvoorbeeld 50 of 100 kg P_2O_5 per ha) wordt opgenomen. Naarmate de fosfaattoestand lager is, moet een groter deel van de fosfaatopname gedekt worden door bemesting.

Het gewasgericht advies is de gift die bij zekere fosfaattoestand van de bodem nodig geacht wordt om opbrengstderving te voorkomen. Er worden vijf gewasgroepen (0 t/m 4) onderscheiden, met groep 0 als meest fosfaatbehoefte groep (zie Figuur 1). De geadviseerde gift verschilt sterk tussen gewasgroepen. Bijvoorbeeld bij Pw=30 op dekzand bedraagt het advies 235 kg P_2O_5 per ha voor groep 0 versus 20 kg P_2O_5 per ha voor groep 4. De meest fosfaatbehoefte gewassen zijn veelal vers te oogsten gewassen die in een korte tijd relatief veel fosfaat moeten opnemen (met aanvankelijk nog weinig wortels) of gewassen die ook na wat langere tijd nog een beperkt wortelstelsel hebben. De benodigde gift (om derving te voorkomen) kan veel hoger liggen dan de totale opname. Dit komt doordat de beschikbaarheid van fosfaat voor de plant beperkt is door omvang, geometrie en activiteit van het wortelstelsel. Daarnaast speelt ook concurrentie – om fosfaat - tussen wortel en het sorptiecomplex van de bodem zelf een rol. Omgekeerd kan ook de opname veel hoger zijn dan de gift. Dit is bijvoorbeeld het geval bij relatief hoge fosfaattoestand en een intensieve beworteling. Deze factoren maken het moeilijk te beoordelen of een gift volgens de Adviesbasis werkelijk nodig is, dan wel via technische ingrepen nog te verlagen is. Dit vergt nog verder onderzoek.

Op naar schatting 2/3 van het zandareaal en de helft van het klei areaal is de fosfaattoestand hoger dan Pw=45. Op dit areaal is voor vrijwel alle gewasgroepen de behoefte lager dan 60 kg P_2O_5 per ha, behalve groepen 0 en 1 die nog een behoefte van 70 kg per ha hebben. Bij een lagere Pw stijgt de behoefte tot (ver) boven 60 kg P_2O_5 per ha. Bij Pw=25 heeft alleen groep 4 (alle grondsoorten) en groep 3 (zeelei, zeezand) nog een behoefte lager dan 60 kg P_2O_5 per ha. Groep 1 heeft dan een behoefte van 135 kg P_2O_5 per ha. Al deze cijfers hebben betrekking op gewasniveau.

Gewassen worden geteeld in rotaties, waardoor bedrijven bij een generieke norm gebruik kunnen maken van verschillen in behoefte tussen gewassen. Fosfaatbemesting wordt dan van de minder behoeftige naar meer behoeftige gewassen verschoven – zoals ook nu al gebeurt. Daardoor kan een deel van de knelpunten die op gewasniveau naar voren kwamen, verdwijnen. De behoefte op bedrijfsniveau werd vastgesteld voor modelbedrijven in diverse sectoren bij een Pw oplopend van 25 naar 45. Daaruit blijkt dat er bij Pw=40 enkele bedrijven zijn (bouwplannen met meer dan 50% fosfaatbehoefte gewassen; groep 0 en 1) waar de nominale behoefte hoger is dan 60 kg P_2O_5 per ha. Bij Pw=35 en lager kunnen veel van de modelbedrijven de nominale bouwplanbehoefte niet meer dekken en worden de overschrijdingen veel groter.



Figuur 1. Fosfaatbehoefte volgens het gewasgerichte advies voor verschillende gewasgroepen (0,1,2,3,4) en voor de twee onderscheiden grondsoortgroepen (A, B), naar de Adviesbasis voor akkerbouw- en vollegrondsgroentegewassen (Van Dijk & Van Geel, 2007). Vette lijnen markeren de fosfaatgebruiksnormen van respectievelijk 60 en 80 kg P₂O₅ per ha.

Bedrijfseconomische gevolgen

De bedrijfseconomische gevolgen van verlaging van de fosfaatnorm werden vastgesteld via berekeningen aan bovengenoemde modelbedrijven. Als referentie daarbij is gehanteerd de fosfaatgebruiksnormen 2006 (95 kg P_2O_5 per ha waarvan maximaal 85 kg P_2O_5 uit dierlijke mest). De ruimte die deze norm toestaat wordt niet in alle gevallen opgevuld (LEI-BIN); dat geldt dus ook in het referentiescenario.

Doorgerekende scenario's waren een fosfaatgebruiksnorm van respectievelijk 80 en 60 kg P_2O_5 per ha, beide bij $P_w=45$ en $P_w=30$. Voor de kleibedrijven werd voor stikstof in alle scenario's de gebruiksnorm voor 2009 aangehouden die gelijk is aan het bemestingsadvies. Voor de zandgronden werden voor alle scenario's twee stikstofgebruiksnormniveaus gehanteerd: norm 2007 (=5% beneden norm 2006, dus 5% beneden advies) en norm 2006 -20% (dus 20% beneden advies). De korting van 5 en 20% geldt alleen voor de uitspoelingsgevoelige gewassen.

De fosfaatgebruiksnorm beïnvloedt het inkomen via:

- Verandering in mestafnamepremie (omdat mest een negatieve prijs heeft);
- Verandering van kunstmestkosten (vervanging stikstof, fosfaat en kali uit dierlijke mest; maar ook daling kosten door lagere gebruiksnorm);
- Derving van gewasproductie door fosfaattekort.

Bij een fosfaatgebruiksnorm van 80 kg P_2O_5 per ha en $P_w=45$ (scenario 'norm80/ P_w45 ') treden op de akkerbouw- en vollegrondsgroentebedrijven nergens dervingen ten gevolge van fosfaattekort op. Wel is er sprake van een verandering in bemestingskosten (mestafnamepremie+kunstmestkosten). Deze varieert van -30 tot +45 € per ha. De daling van de kosten op een deel van de bedrijven is deels een gevolg van lagere fosfaatkunstmestkosten. Dat dit niet direct leidt tot een fosfaattekort komt, omdat deze bemesting werd gegeven om te voldoen aan het bodemgerichte advies (handhaving fosfaattoestand). Aan het gewasgerichte advies kon wel worden voldaan. Op de kleibedrijven is het gebruiksniveau van organische mest verlaagd, waardoor de bemestingskosten wel stijgen. Benadrukt moet worden dat dit vooral een gevolg is van ontmoediging van de najaarstoediening op deze grondsoorten, maar niet noodzakelijk vanuit oogpunt van de fosfaatgebruiksnorm.

Een verlaging van de fosfaatgebruiksnorm naar 60 kg P_2O_5 per ha leidt tot een verdere stijging van de bemestingskosten (-15 tot 105 € per ha). Dit is wel direct een gevolg van de aangescherpte fosfaatgebruiksnorm. Bij een P_w van 45 is er ook bij een fosfaatgebruiksnorm van 60 kg per ha op de meeste bedrijven nog geen sprake van een fosfaattekort.

Tabel 1. **Verandering van bemestingskosten en financiële opbrengstderving door aanscherping van de fosfaatgebruiksnorm ten opzichte van referentie 2006. Gegevens op basis van modelbedrijven.**

P_w	Fosfaatgebruiksnorm (kg P_2O_5 per ha)		Akkerbouw (€ per ha)	Vollegrondsgroenten (€ per ha)
45	80	Mest/kunstmest	-30-45	-15-15
		Derving als gevolg van fosfaattekort	0	0
45	60	Mest/kunstmest	5-105	-15-35
		Derving als gevolg van fosfaattekort	0	0-10
30	80	Mest/kunstmest	-30-45	-15-40
		Derving als gevolg van fosfaattekort	0-30	0-75
30	60	Mest/kunstmest	5-105	-15-30
		Derving als gevolg van fosfaattekort	0-40	0-135

Bij een P_w van 30 zijn de verschuivingen in bemestingskosten vergelijkbaar met die bij P_w 45. Wel is er nu op een deel van de bedrijven sprake van opbrengstderving als gevolg van een fosfaattekort. Op de akkerbouwbedrijven loopt de financiële derving uiteen tussen 0 en 30 € per ha (fosfaatgebruiksnorm 80 kg per ha) en 0 en 40 € per ha (fosfaatgebruiksnorm 60 kg per ha). Op de vollegrondsgroentebedrijven is de derving groter en bedraagt 0-75 (fosfaatgebruiksnorm 80 kg per ha) en 0-135 € per ha (fosfaatgebruiksnorm 60 kg per ha).

Naar verwachting treden er op de bloembollenbedrijven vanwege de relatieve geringe fosfaatbehoefte geen opbrengstdervingen op bij de norm van 60 kg P₂O₅ per ha. Bij de fruitteelt en boomteelt is geen informatie beschikbaar over het niveau van opbrengstderving bij bemesting lager dan de Adviesbasis. Voor deze sectoren verdient de onderbouwing van het advies nog nadere aandacht.

Bovenstaande cijfers over modelbedrijven laten op hoofdlijnen de economische impact van verlaging van fosfaatnormen zien. Daaruit blijkt dat de impact door fosfaattekort vooral optreedt bij lage P_w en daarom dus beperkt zal zijn tot een klein areaal. Bovendien is nog geen rekening gehouden met mogelijkheden tot verhoging van de fosfaatbenutting door technische verbeteringen, waardoor de impact nog kleiner kan worden.

Overigens dient vermeld te worden dat de voorbeeldbedrijven nooit een compleet beeld kunnen geven van de gehele sector.

Technische oplossingsrichtingen

Er bestaan voor een aantal fosfaatbehoefte gewassen goede mogelijkheden om langs technische weg de fosfaatgiften sterk te reduceren beneden het huidige adviesniveau. Er moet dan gedacht worden aan rijenbemesting, ondiepe toediening, starteroplossingen en dergelijke. Het betreft ingrepen die er steeds op gericht zijn fosfaat aan te bieden bij de wortel in voldoende hoge concentraties (plaatsing) tijdens kritische perioden in de gewasontwikkeling. Daardoor wordt de benutting van toegediend fosfaat verhoogd. Modelberekeningen laten zien dat zo bij een aantal groentegewassen de gift met soms een factor 10 verlaagd zou kunnen worden ten opzichte van niet-geplaatste giften. Hier dient echter nog verder onderzoek plaats te vinden. Het is op dit moment nog niet goed vast te stellen welke knelpunten langs deze route daadwerkelijk (praktijkrijpe methoden) opgelost kunnen worden.

Fosfaattoestand op lange termijn

Het gedrag op lange termijn van de fosfaattoestand van de bodem bij een zeker overschot of netto onttrekking is nog onduidelijk. Daarmee is ook het 'onvermijdbaar verlies' niet goed te kwantificeren. Er is een beperkt aantal veldproeven in Nederland beschikbaar om deze aspecten te kwantificeren. De resultaten zijn niet eenduidig. Jaarlijkse fluctuaties in de orde van 10 P_w-punten bemoeilijken de interpretatie; deze treden overigens bij alle bekende bepalingsmethoden op. Bij strikte evenwichtsbemesting (aanvoer=onttrekking) lijkt er een daling van de P_w op te treden met 0 tot 2 punten per jaar. In Lelystad (jonge grond) ging bij een jaarlijks overschot van 15 kg P₂O₅ per ha het P_w-getal aanvankelijk omlaag, maar de laatste jaren weer omhoog. Het P_w-getal is over de gehele periode van 16 jaar ongeveer 10 P_w-punten toegenomen. In Westmaas bleef de toestand (P_w circa 25) ongeveer gelijk bij een jaarlijks overschot van 20 kg P₂O₅ per ha. In Nagele was er een lichte daling (31 naar 26) bij een gemiddeld overschot van 10 kg P₂O₅ per ha. In Vredepeel was de toestand gedurende circa zeven jaar stabiel (P_w circa 45) bij een overschot van 29 kg P₂O₅ per ha. In Meterik bleef gedurende ruim tien jaar de toestand stabiel op een hoog niveau (P_w circa 125) ondanks een gemiddeld overschot van -27 kg P₂O₅ per ha. In de huidige wetgeving is voorzien dat reparatiebemesting toegestaan is bij P_w<25. Bij de toegestane reparatiegiften stijgt de fosfaattoestand dan naar circa P_w=30.

Organische stof in de bodem op termijn

Uit modelberekeningen (modelbedrijven; organische stof modellen) komt het beeld naar voren dat een verlaging van de fosfaatgebruiksnorm naar 60 kg per ha nauwelijks effect heeft op het organische stofgehalte in de bodem, ook niet op langere termijn. Door het relatief grote belang van gewasresten neemt de aanvoer van effectieve organische stof (aangevoerde organische stof na humificatie gedurende één jaar) op bedrijfsniveau in de meeste modelbedrijven nauwelijks af en kan op vrijwel alle bedrijven op het niveau blijven dat in 2006 mogelijk was. In sommige gevallen vereist dit een aanpassing van de organische mestsoort. Zo bevat runderdrijfmest per kg fosfaat bijna zes maal zoveel effectieve organische stof als varkensdrijfmest. ('Effectief' is de organische stof uit mest die na één jaar na toediening nog aanwezig is.) Bovendien draagt één kg effectieve organische stof uit runderdrijfmest op termijn bijna twee maal zoveel bij aan de opbouw van het organisch stofgehalte in de bodem als één kg effectieve organische stof uit varkensdrijfmest. Dit is zo omdat niet alleen de verse organische stof uit toegediende varkensdrijfmest

sneller afbreekt dan die uit runderdrijfmest, maar óók de humus die eruit ontstaat gedurende vele jaren nog sneller afbreekt dan die uit runderdrijfmest. Daarom is, voor de opbouw van organische stof over een periode van bijvoorbeeld 25 jaar bij eenzelfde jaarlijkse fosfaataanvoer, runderdrijfmest circa 10 maal effectiever dan varkensdrijfmest en GFT compost zelfs 15 maal. Die laatste factor wordt nog verdubbeld (dus tot circa 30 maal) wanneer de 50% vrijstelling van fosfaat in compost gebruikt wordt. Echter dient vermeld te worden dat runderdrijfmest en zeker compost maar op beperkte schaal beschikbaar zijn.

Differentiatie

Uit bovenstaande blijkt dat knelpunten bij verlaging van de fosfaatgebruiksnorm naar 60 kg P₂O₅ per ha zich voor voordoen bij dekking van de fosfaatbehoefte. Wel is het zo dat inventarisatie van knelpunten op gewasniveau aan de hand van de behoefte volgens de verschillende Adviesbases, waarschijnlijk een grove overschatting levert van de problemen die gaan ontstaan bij verlaging van de fosfaatgebruiksnorm. Ruimte binnen het bouwplan, perspectief tot verhoogde benutting via technische verbeteringen en de vaak geringe fosfaatresponses in het traject beneden de adviesgift geven alle aanleiding om te veronderstellen dat de dervingen ten gevolge van een verlaagde fosfaatnorm in werkelijkheid gering zullen zijn. Het areaal waar problemen kunnen optreden, zal voorlopig zeer beperkt zijn omdat de fosfaattoestand op bouwland in Nederland in het algemeen nog hoog is.

Bij de huidige stand van techniek zal een gebruiksnorm van 60 kg P₂O₅ per ha waarschijnlijk alleen tot opbrengstderving leiden op bedrijven die zowel veel fosfaatbehoefte gewassen telen (50% of meer in groep 0 en 1), alsook een relatief lage fosfaattoestand hebben. Deze combinatie zal op dit moment nog zeldzaam zijn, maar kan op termijn frequenter worden bij een afvoer gelijk aan de gebruiksnorm. Dan zou op dergelijke bedrijven een toeslag van bijvoorbeeld 20 kg P₂O₅ per ha de opbrengstderving grotendeels kunnen voorkomen (een derving van enkele tientallen euro's blijft desondanks nog bestaan bij P_w=30 op de intensiefste modelbedrijven). Het is vooralsnog niet duidelijk of als drempelwaarde voor een eventuele toeslag P_w=40 of P_w=35 gehanteerd zou moeten worden. Bij een afweging dient ook de onzekerheid in de bepaling van de fosfaattoestand beschouwd te worden. Wegens de algemeen hoge fosfaattoestand in Nederland zal het voorgaande voor slechts een klein areaal relevant zijn. Voorts is nu vanaf P_w<25 reparatiebemesting toegestaan. Differentiatie in de vorm van een toeslag zou dus een traject betreffen tussen P_w=25 en P_w=35 of 40.

Ter compensatie van dergelijke toeslagen kunnen kortingen op de fosfaatgebruiksnorm van 60 kg P₂O₅ per ha overwogen worden. Om landbouwkundige knelpunten te vermijden, dienen deze dan beperkt te zijn tot situaties met een laag aandeel fosfaatbehoefte gewassen (< 25% in groep 0 en groep 1) waar bovendien de bedrijfsafvoer lager is dan 50 kg P₂O₅ per ha. Onafhankelijk van het bouwplan kunnen kortingen overwogen worden op gronden met een fosfaattoestand van P_w=60 en hoger.

1 Inleiding

1.1 Aanleiding

Het doel van de aanscherping van de fosfaatgebruiksnormen tot het niveau van 'evenwichtsbemesting' is het beperken van het risico op uitspoeling van fosfaat uit landbouwgronden naar grond- en oppervlaktewater. EU-richtlijnen en afspraken met de Europese Commissie liggen aan het genoemde doel ten grondslag. Momenteel is de bijdrage van landbouwgronden aan de fosfaatbelasting van het oppervlaktewater 50-60%. Die relatieve bijdrage is de afgelopen jaren toegenomen, vooral omdat de bijdrage van andere bronnen is afgenomen. De belangrijkste aanvoerroutes van fosfaat uit landbouwgronden naar het oppervlaktewater zijn oppervlakkige afstroming over de bodem, laterale uitspoeling door de bodem (ondiepe uitspoeling) en kwel van fosfaatrijk grondwater uit de ondergrond. Vooral de bijdragen van de eerste twee genoemde routes worden door de aanscherping van de fosfaatgebruiksnormen op termijn verminderd.

De voorgenomen generieke aanscherping van de fosfaatgebruiksnormen naar 60 kg P₂O₅ per ha per jaar voor bouwland en 90 kg P₂O₅ per ha per jaar voor grasland tussen 2006 en 2015 heeft echter mogelijke gevolgen voor:

- de opbrengst en -kwaliteit van die gewassen, waarbij de fosfaatafvoer en/of fosfaatbehoefte hoger is dan de generieke gebruiksnormen;
- de fosfaattoestand van de bodem en het organische stofgehalte van de bodem op langere termijn, en daarmee ook voor de opbrengst en kwaliteit van bepaalde gewassen;
- de afzet van dierlijke mest op de mestmarkt
 - toenemende kosten voor veehouderijbedrijven die mest moeten afvoeren;
 - veranderende inkomsten voor (akkerbouw)bedrijven die mest afnemen, afhankelijk van de mestafzetprijs

1.2 Doel en aanpak

Voorliggende studie richt zich op de akker- en tuinbouw en werd uitgevoerd in opdracht van het ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit (LNV) met het doel in kaart te brengen wat de landbouwkundige en bedrijfseconomische gevolgen zijn van de voorgenomen aanscherping van de fosfaatgebruiksnorm naar 60 kg P₂O₅ per ha per jaar in 2015.

De vraag daarbij was tevens aan te geven wat de mogelijkheden zijn voor differentiatie van de fosfaatgebruiksnorm. Differentiatie van de fosfaatgebruiksnormen naar de fosfaatafvoer en/of fosfaatbehoefte van de gewassen en/of de fosfaattoestand van de bodem kan de voornoemde landbouwkundige en bedrijfseconomische gevolgen verminderen. Het risico op uitspoeling van fosfaat naar grondwater en oppervlaktewater verandert daarbij, afhankelijk van de grondslag en mate van differentiatie. Differentiatie van gebruiksnormen leidt ook tot hogere administratieve lasten en uitvoeringslasten.

Bij deze deskstudie werden zowel bestaande datasets uit experimenten gebruikt, als modelberekeningen. Experimentele gegevens hebben betrekking op de respons van gewassen op fosfaat en de onderbouwing van het bemestingsadvies; en tevens op het lange termijn gedrag van de fosfaattoestand van de bodem wanneer gedurende vele jaren een fosfaatoverschot wordt toegediend, dan wel fosfaat aan de bodemvoorraad wordt onttrokken. Ook voor het bepalen van de jaarlijkse fosfaatonttrekking door gewassen en bouwplannen werden gegevens uit experimenten gebruikt, evenals gegevens uit praktijknetwerken (Telen met toekomst) en proefbedrijven. Voorts werd gebruik gemaakt van modelbedrijven en van modellen voor de beschrijving van de organische stof huishouding.

Naast de hier gerapporteerde studie voor de akker- en tuinbouwsectoren werden tevens deskstudies uitgevoerd naar respectievelijk (a) de landbouwkundige en economische gevolgen van de aanscherping van fosfaatsnormen voor de melkveehouderij (Aarts et al., 2007); en (b) de milieukundige gevolgen van fosfaatsnormen voor zowel akker en tuinbouw als melkveehouderij (Chardon et al., 2007). Naast deze afzonderlijke rapporten heeft een synthese plaatsgevonden (CDM-Advies “Aanscherping fosfaatgebruiksnormen”, 2007).

De drie studies werden uitgevoerd door de CDM-werkgroep “Differentiatie fosfaatgebruiksnormen”, waarin medewerkers van Animal Sciences Group, Plant Research International, Praktijkonderzoek Plant & Omgeving, Alterra en Nutriënten Management Instituut zitting hadden.

1.3 Leeswijzer

In hoofdstuk 2 wordt eerst het fosfaatbestedingsadvies voor de verschillende akker- en tuinbouwsectoren besproken. Vervolgens wordt ingegaan op de fosfaatafvoer (hoofdstuk 3) en de fosfaatbehoefte (hoofdstuk 4) op zowel gewas- als bedrijfsniveau. Daarna worden in hoofdstuk 5 de economische gevolgen van aanscherping van de fosfaatgebruiksnorm weergegeven. Hoofdstuk 6 bespreekt vervolgens de mogelijkheden om via technische oplossingen waargenomen knelpunten op te lossen. De lange termijn gevolgen komen aan de orde in hoofdstuk 7 (fosfaattoestand bodem) en hoofdstuk 8 (organische stofvoorziening). Ten slotte wordt in hoofdstuk 9 ingegaan op noodzaak en mogelijkheden van differentiatie van de fosfaatgebruiksnorm. Het rapport wordt afgesloten met de meest relevante conclusies en aanbevelingen (hoofdstuk 10).

2 Fosfaatbemestingsadvies akker- en tuinbouw

In dit hoofdstuk wordt ingegaan op het fosfaatbemestingsadvies voor akker- en tuinbouwgewassen. Deze is opgenomen in de diverse Adviesbases (Van Dijk & van Geel, 2007; Van Dam et al., 2004, Aendekerk, 2002, Kodde, 1994). Omdat er verschil is in grondslag tussen het advies van akkerbouw-, vollegrondsgroente- en bloembolgewassen enerzijds en dat van boomkwekerij- en fruitteeltgewassen anderzijds, worden deze gewasgroepen apart behandeld. Het doel van de adviezen is om de telers te informeren over de bedrijfseconomisch meest optimale fosfaatbemesting. De kosten van de bemesting zijn in de adviezen verwerkt. Milieukundige overwegingen hebben bij het opstellen van de adviezen geen rol gespeeld.

2.1 Akkerbouw-, vollegrondsgroente-, bloembolgewassen

Het fosfaat-ion is veel minder mobiel in de bodem dan nitraat. Dat betekent dat de bewortelingsintensiteit een belangrijke factor is voor de fosfaatopnamecapaciteit. Dit speelt des te meer bij lagere fosfaattoestanden van de grond. De fosfaatbehoefte (landbouwkundig optimale gift) vertoont hierdoor geen - of slechts een zwak - verband met de feitelijke fosfaatonttrekking. Als voorbeeld kunnen de gewassen genoemd worden, die in de Adviesbasis in gewasgroep 0 zijn geplaatst (o.a. sla, spinazie). Deze gewassen kennen de hoogste adviesgiften, terwijl in het algemeen de fosfaatafvoer relatief laag is. Naast de totale fosfaatopname over de gehele groeiperiode zijn ook de dagelijkse fosfaatopname, de bewortelingsdiepte en bewortelingsintensiteit van belang. Een belangrijk deel van de totale fosfaatopname wordt in de beginperiode van de groei opgenomen. In de beginperiode moet er daarom voldoende fosfaat in de nabijheid van de wortels aanwezig zijn. Op basis van deze eigenschappen is in de Adviesbasis een indeling in gewasgroepen gemaakt. De fosfaattoestand wordt aangegeven met het Pw-getal (mg P_2O_5 per liter grond). Het advies bestaat uit een gewasgericht en een bodemgericht advies voor de na te streven fosfaattoestand en eventuele reparatie daarvan. De bemesting is er op gericht om aan beide adviezen te voldoen. Fosfaat wordt uitgedrukt als P_2O_5 (fosforpentoxide)¹ om aan te sluiten bij de huidige bemestingspraktijk.

2.1.1 Bodemgericht advies

In Tabel 1 is de waardering van de fosfaattoestand van de bodem weergegeven. Het betreft de fosfaattoestand van de bouwvoor. De bemonsteringsdiepte is afhankelijk van de regio en bedraagt 25 of 30 cm. Telers worden geadviseerd om de fosfaattoestand minimaal eens in de vier jaar te laten bepalen; bij voorkeur direct voorafgaand aan het meest fosfaatbehoefstig gewas. Op veeljarige proefvelden is gevonden dat bij gewassen als aardappelen en bieten bij een lage fosfaattoestand maar met een hoge fosfaatbemesting een lagere opbrengst wordt behaald dan bij een hogere fosfaattoestand met een lagere bemesting (Prummel, 1980). Op basis van deze resultaten zijn in het advies streefwaarden aangegeven, waarboven dit effect niet meer optreedt (Tabel 2). Naast streefwaarden zijn ook Pw-trajecten genoemd, waarbinnen wordt geadviseerd de toestand te handhaven. Voor het handhaven van een bestaande toestand moet gemiddeld over het bouwplan de afvoer worden gegeven plus de onvermijdbare fosfaatverliezen. Voor de onvermijdbare verliezen wordt in de Adviesbasis uitgegaan van 20 kg P_2O_5 per ha per jaar. De genoemde streefwaarden gelden alleen voor bouwplannen met aardappelen of andere fosfaatbehoefstige gewassen. In andere gevallen (zoals een bloembollenbouwplan) kan worden uitgegaan van een streefwaarde van Pw 20.

¹ $P_2O_5=2,29 \cdot P$

Tabel 1. **Waardering van de fosfaattoestand van de bodem (1970).**

Waardering	Pw-getal (mg P ₂ O ₅ per liter)
Zeer laag	< 11
Laag	11-20
Voldoende	21-30
Ruim voldoende	31-45
Vrij hoog	46-60
Hoog	> 60

Tabel 2. **Het voor een bouwplan met aardappelen of andere fosfaatbehoefte gewassen gewenste Pw-getal (mg P₂O₅ per liter) op diverse grondsoorten en het traject waarbinnen wordt geadviseerd de toestand te handhaven (1984).**

Grondsoort	Streefgetal	Toestand handhaven
Zeeklei, zeezand	25	25-45
Dekzand, dalgrond, rivierklei, löss	30	30-45

2.1.2 Gewasgericht advies

Het gewasgerichte advies geeft aan welke fosfaatgiften nodig zijn om gegeven de fosfaattoestand de economisch optimale opbrengst te bereiken (Tabel 3). De gewassen zijn ingedeeld in vijf gewasgroepen afnemend in fosfaatbehoefte. De indeling in gewasgroepen is weergegeven in Tabel 4. De gewasgroep 0 is in 2002 toegevoegd. In dat jaar is het akkerbouw- en vollegrondsgroenteadvisie geïntegreerd. De gewasgroep 0 bevat groentegewassen met een hoge fosfaatbehoefte (o.a. bladgroenten).

Bij een aantal gewassen geldt een lager advies voor rijenbemesting. Dit is bijvoorbeeld het geval voor maïs en bonen, waarbij met 50-75% van de volvelds geadviseerde gift kan worden volstaan. Daarnaast wordt bij groentegewassen in gewasgroep 0 bij een fosfaattoestand van de grond lager dan Pw 45 geadviseerd de fosfaatgift te plaatsen (ondiep op plantdiepte, rijenbemesting). Bij andere gewassen is in onderzoek voornamelijk geen besparing op de fosfaatbemesting aangetoond bij een betere plaatsing.

Onderbouwing gewasgerichte advies

De adviezen voor de gewasgroepen zijn empirisch afgeleid uit veldonderzoek bij een beperkt aantal voorbeeldgewassen. Voor de gewasgroep 0 zijn hiervoor peen (zand) en kropsla (klei) gebruikt, voor de gewasgroepen 1, 2, 3 en 4 respectievelijk aardappelen, suikerbieten, gerst en haver. Het onderzoek voor de vaststelling van de fosfaatbehoefte van de voorbeeldgewassen voor akkerbouw is uitgevoerd in de periode 1958-1982. De resultaten zijn beschreven in diverse publicaties (o.a. Bakker & Ris, 1971; Mulder & Prummel, 1974; Henkens, 1984). Het onderzoek bij de voorbeeldgewassen voor vollegrondsgroenten en bloembollen is in 1996-1998 uitgevoerd en is beschreven in Ehlert et al. (2000/2004).

Vervolgens zijn alle andere gewassen geplaatst in één van de vijf groepen. De plaatsing van de akkerbouwgewassen is beschreven door Bakker & Ris (1971), Van der Paauw et al. (1971), Ris en Van Luit (1973) en Van der Paauw (1980). Voor de vollegrondsgroente- en bloembolgewassen is de onderbouwing van de plaatsing gegeven in respectievelijk Ehlert & Van Wijk (2002) en Ehlert et al. (2004). De grondslag voor het plaatsen in gewasgroepen wijkt bij vollegrondsgroente- en bloembolgewassen af van die van de akkerbouwgewassen. Bij akkerbouwgewassen berust de plaatsing op een geschatte opbrengstderving ten opzichte van aardappel. Bij vollegrondsgroente- en bloembolgewassen is gebruik gemaakt van een mechanistische concept van Van Noordwijk et al. (1990). Hierbij is de positie van de overige groentegewassen gerelateerd aan die van de voorbeeldgewassen. Belangrijke criteria hierbij waren de dagelijkse vraag naar fosfaat, de totale fosfaatopname, het bewortelingspatroon en de fysische -en chemische bodemeigenschappen.

Tabel 3. Geadviseerde hoeveelheden fosfaat¹ in kg P₂O₅ per ha (gewasgroep 0, 2002; overige gewasgroepen, 1992).

Pw	Dekzand, dalgrond, rivierklei, löss					Zeeklei, zeezand				
	Gewasgroepen					Gewasgroepen				
	0	1	2	3	4	0	1	2	3	4
10	-	185	160	130	100	-	185	150	110	60
15	-	170	145	110	80	-	170	130	90	40
20	-	150	125	95	60	-	150	115	65	20
25	-	135	110	75	40	245 ¹	135	95	45	0
30	235 ¹	120	90	55	20	190 ¹	120	75	20	
35	155 ¹	105	75	40	0	130 ¹	105	55	0	
40	95 ¹	85	55	20		85 ²	85	40		
45	70 ²	70	40	0		70 ²	70	20		
50	55 ²	55	20			55 ²	55	0		
55	35 ²	35	0			35 ²	35			
60	20 ²	20				20 ²	20			
65										

¹ Gift plaatsen d.w.z. ondiep in het zaaibed of op plantdiepte toedienen of als rijenbemesting toedienen.

² Wanneer de meststof wordt geplaatst (bovenin het zaaibed, op plantdiepte of als rijenbemesting) kan worden volstaan met 50-75% van de adviesgift. De besparing is groter naarmate de groeiduur korter, de rijenafstand ruimer, de beworteling ondieper, de dagelijkse vraag naar fosfaat en totale fosfaatopname hoger en de fosfaattoestand lager is.

Tabel 4. Indeling gewasgroepen bij de fosfaatadvisering (Van Dijk en Van Geel, 2007).

Gewasgroep	Gewassen
0	Andijvie (incl. krulandijvie), augurk (teelt-aan-touw), bleekselderij, Chinese kool, consumptieraap, paksoi, pastinaak op zand, peen op zand (alle teelten), peterselie (eenmalige en meermalige oogst), sla (bind-, krop-, ijs-, eikenblad, lolla rossa), snijbiet, spinazie, venkel, witlof op zand
1	Aardappel (consumptie-, zetmeel-, industriële verwerking), augurk (vlakvelds), boon (bruine, stamsla-, snij-, stok-, pronk-, tuin-, veld-) ¹ , erwten (dop-, landbouw), knoflook, koolrabi, knolselderij, maïs (snij-, korrel-, suiker-) ² , peul, rammenas, spruitkool, uien (bosui, sjalot, zilverui, plant- en zaaiui), dahlia
2	Suikerbieten, voederbieten, zaadbieten, vlas, karwij, raapsteel, radicchio, radijs
3	Klaver, wikken, gerst, witlof, 1- en 2-jarig grasland (2 sneden), peen op klei (alle teelten), pastinaak op klei, witlof op klei, gladiool, hyacint, krokus
4	granen (behalve gerst), graszaad, koolzaad, aardbei, asperge (wit en groen), bieslook, bloemkool (witte, groene, romanesco), boerenkool, broccoli, courgette, koolraap, kroot, pompoen, prei (alle teelten), rabarber (alle teelten), schorseneer, sluitkool (groene, rode, savooie, witte, spits-), bloembolgewassen (behalve dahlia, hyacint en krokus)

¹ Op zandgrond betreft het giften die als rijenbemesting worden toegediend; bij breedwerpige toediening dient 2x zoveel gegeven te worden. Op kleigrond betreft het giften die breedwerpig worden toegediend; bij rijenbemesting kan 75% van de breedwerpig geadviseerde gift worden volstaan.

² Bij rijenbemesting de halve hoeveelheid.

2.2 Boomkwekerij

De Adviesbasis voor de boomkwekerij (Aendekerk, 2000) is voor grootste deel gebaseerd op 'expert knowledge'. Waar mogelijk is gebruik gemaakt van experimentele gegevens, maar deze zijn slechts beperkt beschikbaar. Het fosfaatbestedingsadvies is boomkwekerijbreed (geen onderscheid naar gewassen) en voor alle bodemtypen. Voor de waardering van de fosfaattoestand van de grond wordt een combinatie van het Pw en P-AI getal gebruikt. Er is voor deze combinatie gekozen om zo goed mogelijk de fosfaatbeschikbaarheid in verschillende bodemtypen te kunnen waarderen. Op basis van deze twee parameters vindt een waardering plaats (Tabel 5) op basis waarvan een gift wordt geadviseerd (Tabel 6). De bemestingsadviezen voor de boomkwekerij zijn slecht onderbouwd. Daarnaast zijn er sinds de totstandkoming van de adviesbasis in de teelt van verschillende gewasgroepen belangrijke veranderingen opgetreden. Dit heeft als gevolg dat de adviezen deels verouderd zijn en dat ze op basis van nieuw onderzoek geactualiseerd dienen te worden.

Tabel 5. **Waardering fosfaattoestand boomteelt alle grondsoorten (Aendekerk, 2000).**

Pw mg P2O5/liter	P-AI (mg P2O5/100 gram)					
	≤ 15	16-25	26-35	36-45	46-60	≥ 61
≤ 15	Zeër laag	Zeër laag	laag	laag	Vrij laag	-
16-25	Zeër laag	laag	laag	Vrij laag	Goed	Goed
26-35	Laag	Laag	Vrij laag	Goed	Goed	Goed
36-45	Laag	Vrij laag	Goed	Goed	Goed	Vrij hoog
46-60	Vrij laag	Goed	Goed	Goed	Vrij hoog	Vrij hoog
≥ 61	-	Goed	Goed	Vrij hoog	Vrij hoog	Hoog

Tabel 6. **Fosfaatadvies boomteelt voor alle grondsoorten (Aendekerk, 2000).**

Waardering	Adviesgift (kg P ₂ O ₅ per ha)
Zeër laag	200
Laag	160
Vrij laag	120
Goed	80
Vrij hoog	0
Hoog	0

2.3 Fruitteelt

De adviesbasis voor fosfaatbemesting in de fruitteelt (Kodde, 1994) bestaat uit drie delen:

- A. Adviesbasis Grondonderzoek (voor groot fruit en houtig klein fruit)
Deze adviesbasis is bedoeld voor de gewassen appel, peer, kers, pruim, alle bessen, braam en framboos en is vooral van belang bij het vaststellen van de bemesting voorafgaande aan het planten. Na planten is voor appel en peer vooral de Adviesbasis Bladonderzoek en Advisering op basis van vroege bladanalyse (zie hieronder) van belang.
- B. Adviesbasis Bladonderzoek (voor appel en peer).
Bij appel gaat het om de rassen Cox's Orange Pippin, Elstar, Gloster, Golden Delicious, Jonagold, Karmijn de Sonnaville, Lombarts Calville, Schone van Boskoop en Winston, allen op onderstam M.9 en bij peer om de rassen Conference en Doyenné du Comice allen op kweekonderstammen. Deze adviesbasis is een relatieve adviesbasis: geadviseerd wordt een bepaalde hoeveelheid meer of minder te geven dan het voorgaande jaar tot een bepaalde maximale totale gift.
- C. Advisering op basis van vroege bladanalyse
Deze adviesbasis speelt in op de wens om gedurende het teeltseizoen de opname van

voedingselementen bij te sturen. In deze adviesbasis worden indicatieve bladgehaltenormen gegeven vanaf 1 juni. Aan deze normen is geen advies verbonden. Daarom wordt dit onderdeel in dit verband verder achterwege gelaten.

A. Adviesbasis Grondonderzoek.

De bemonsteringsdiepte is 0-25 cm. Voor aanleg bij een diepere mengende grondbewerking wordt bemonsterd tot bewerkingsdiepte, met een maximum van 40 cm. Het advies geldt voor alle grondsoorten. In Tabel 7 wordt het advies vóór de aanplant en in Tabel 8 het advies in bestaande aanplant gegeven. Voor blauwe bes bestaat een apart advies. Dit advies is weergegeven in Tabel 9.

Tabel 7. **Advies fosfaatbemesting fruitteelt, vóór aanplant (Kodde, 1994).**

P-AI (mg P ₂ O ₅ /100 gram)	Waardering	Advies in kg P ₂ O ₅ per ha	
		Groot fruit	Klein fruit
≤ 25	Laag	300	450
26 t/m 35	Vrij laag	180	300
36 t/m 45	Goed	90	150
46 t/m 59	Vrij hoog	0	0
≥ 60	Hoog	0	0

Tabel 8. **Advies fosfaatbemesting fruitteelt, in bestaande aanplant (exclusief blauwe bes). De geadviseerde giften gedurende een periode van drie jaar elk jaar toedienen (Kodde, 1994).**

P-AI (mg P ₂ O ₅ /100 gram)	Waardering	Advies in kg P ₂ O ₅ per ha	
		Groot fruit	Klein fruit
≤ 25	Laag	100	150
26 t/m 35	Vrij laag	60	100
36 t/m 45	Goed	30	50
46 t/m 59	Vrij hoog	0	0
≥ 60	Hoog	0	0

Tabel 9. **Advies fosfaatbemesting blauwe bes voor diluviale zandgronden en dalgronden (Kodde, 1994).**

P-AI (mg P ₂ O ₅ /100 gram)	Waardering	Advies in kg P ₂ O ₅ per ha
≤ 25	Laag	100
26 t/m 35	Vrij laag	60
36 t/m 45	Goed	30
46 t/m 59	Vrij hoog	0
≥ 60	Hoog	0

B. Adviesbasis Bladonderzoek

Bij hantering van deze adviesbasis wordt in augustus het basislanglotblad bemonsterd. Er kan vanaf het tweede groeijaar een monster genomen worden, mits de dracht goed is. Indien alleen de boomstrook wordt bemest, kan bij een verhouding boomstrook/grasstrook van 1:1 met ongeveer met 2/3 van de adviesgift worden volstaan.

In het blad wordt het fosforgehalte gemeten, uitgedrukt in percentage van de droge stof. Na analyse worden de waarden gecorrigeerd voor leeftijd van de aanplant en de dracht.

De klasse "goed" wordt beschouwd als streeftraject. Het advies is weergegeven in Tabel 10.

De bemestingsadviezen voor de fruitteelt zijn slecht onderbouwd en dienen feitelijk op basis van nieuw onderzoek geactualiseerd te worden.

Tabel 10. **Advies fosfaatbemesting op basis van bladanalyse (Kodde, 1994).**

Fosforgehalte in blad (% van de droge stof)	Waardering voedingstoestand van de boom	Aanvulling boomgaard (kg P ₂ O ₅ per ha)
≤ 0.10	Te laag ¹	100
0.11 t/m 0.15	Laag	60
0.16 t/m 0.20	Goed	30
0.21 t/m 0.25	Goed	0
0.26 t/m 0.30	Hoog	0
≥ 0.31	Te hoog ¹	-

¹ contact opnemen met de voorlichter; mogelijk zijn, naast bodemchemische, ook bodemfysische problemen aan de orde.
 - als de waardering van de fosfaattoestand van de boom "te hoog" is kan de jaarlijkse gebruikelijke fosfaatgift achterwege gelaten worden.

- de fosfaatgift (gebruikelijke gift + verhoging) mag niet meer zijn dan 200 kg P₂O₅/ha.

2.4 Conclusie

Voor alle akker- en tuinbouwsectoren is een fosfaatbemestingsadvies beschikbaar. De adviezen zijn echter gebaseerd op experimenteel onderzoek bij een beperkt aantal gewassen. De onderbouwing voor boomkwekerij- en fruitteeltgewassen is zwakker dan die voor voor de akkerbouw-, vollegrondsgroente- en bloembolgewassen.

3 Fosfaatafvoer

3.1 Evenwichtsbemesting

Toepassen van het principe van evenwichtsbemesting impliceert dat er een balans is tussen de aanvoer en de afvoer van fosfaat. De aanvoer wordt bepaald door de gift aan kunstmestfosfaat, dierlijke mest, compost, kalkmeststoffen (schuimaarde) en eventuele overige organische bodemverbeterende middelen. De afvoer wordt bepaald door de hoeveelheid fosfaat die met het geoogste hoofd- en eventuele bijproduct (bijvoorbeeld graanstro) wordt afgevoerd. Ook wordt fosfaat afgevoerd met aanhangende grondtarra, kluit (boomteelt) en in voorkomende gevallen snoeihout en gerooide bomen bij beëindigen van de teelt (fruitteelt). Atmosferische depositie en uitspoeling van fosfaat naar grond- en oppervlaktewater zijn beide kleine posten ($< 2 \text{ kg P}_2\text{O}_5$ per ha). Wanneer de aanvoer hoger is dan de afvoer wordt de grond verrijkt met fosfaat en zal afhankelijk van de verzadigingsgraad van de bodem en de hoogte van de grondwaterstand fosfaat op den duur kunnen gaan uitspoelen.

In de discussie over de hoogte van de fosfaatgebruiksnormen is informatie over de fosfaatafvoer van wezenlijk belang. Onder fosfaatafvoer wordt in dit hoofdstuk de afvoer van het perceel bedoeld. De opname van fosfaat door het gewas is hoger, maar het fosfaat dat niet met het geoogste product wordt afgevoerd, blijft in de gewasresten op het perceel achter. Deze fosfaat blijft dus buiten beschouwing in de bepaling van de fosfaatafvoer.

3.2 Beschikbaarheid gegevens fosfaatafvoer

Tussen sectoren en tussen bedrijven in dezelfde sector bestaan grote verschillen in fosfaatafvoer. Dit wordt enerzijds bepaald door de gewassen die geteeld worden, maar ook binnen een gewas is de fosfaatafvoer niet constant. Laatstgenoemde spreiding wordt veroorzaakt door verschillen in opbrengstniveau en verschillen in fosfaatgehalte in het product. Praktijkinformatie over de daadwerkelijke fosfaatafvoer op bedrijfsniveau ontbreekt. Om hier iets over te kunnen zeggen, moet gebruik worden gemaakt van gegevens van proefvelden, waarbij zowel het opbrengstniveau als het fosfaatgehalte in het product daadwerkelijk is gemeten.

Ongeveer 10 jaar geleden is belangrijke informatie over gemiddelde afvoer per gewas vastgelegd in het rapport 'Kiezen uit Gehalten' (Beukenboom, 1996). Recentelijk heeft een actualisatie plaatsgevonden (Ehlert et al., 2006). In deze studie zijn gegevens verzameld van proefvelden vanaf 1950. Het betreft proeven waarvan zowel de opbrengst als het fosfaatgehalte daadwerkelijk is gemeten. Bij een aantal gewassen is vastgesteld dat het fosfaatgehalte in het product gedurende een periode van enkele tientallen jaren iets is afgenomen. Verondersteld mag worden dat dit samenhangt met het hogere opbrengstniveau dat nu gerealiseerd wordt (verdunding van fosfaat). Voor een goede interpretatie van gegevens over de fosfaatafvoer is het belangrijk dat condities worden opgelegd ten aanzien van fosfaattoestand van de grond, stikstof- en fosfaatbemesting en opbrengstniveau. Hieraan wordt op dit moment gewerkt, maar voor onderhavig rapport kan daarvan nog geen gebruik worden gemaakt.

3.3 Variatie in fosfaatafvoer op gewasniveau

Tussen gewassen bestaan grote verschillen in fosfaatafvoer. Wintertarwe, aardappelen en snijmaïs zijn voorbeelden van grote akkerbouwgewassen met een relatief hoge fosfaatafvoer (ongeveer $60 \text{ kg P}_2\text{O}_5$ per ha of hoger); bij veel tuinbouwgewassen is daarentegen de fosfaatafvoer laag (ongeveer $30 \text{ kg P}_2\text{O}_5$ per ha). In Tabel 11 zijn de gewassen ingedeeld in klassen wat betreft fosfaatafvoer per ha. Bij de indeling is gebruik gemaakt van gegevens van Beukenboom (1996), Ehlert et al. (2006) en van recent verzamelde informatie (nog niet gepubliceerd). Het betreft een globale indeling om verschillen tussen gewassen aan te geven. Bij

bloembol- en boomkwekerijgewassen zijn er zowel gewassen die minder dan 30 kg P₂O₅ per ha en gewassen die 30 tot 50 kg P₂O₅ per ha afvoeren.

De fosfaatafvoer per gewas is geen constante. Dit komt door verschillen in opbrengstniveau en door verschillen in fosfaatgehalte in het product. Voor een gedeelte kunnen de verschillen verklaard worden door de fosfaattoestand van de grond en door het stikstof- en fosfaatbemestingsniveau. Echter lang niet alle variatie kan verklaard worden. Zo kan bij gelijk opbrengstniveau van consumptieaardappelen (60 ton per ha) de fosfaatafvoer variëren van 40 tot 80 kg P₂O₅ per ha. Door Ehlert et al. (2006) is per gewas de standaardafwijking in fosfaatafvoer berekend. Gemiddeld over alle gewassen bedraagt deze ongeveer 10 kg P₂O₅ fosfaat per ha. Dat wil zeggen dat in ongeveer 70% van de situaties de fosfaatafvoer zich bevindt in het traject van 10 kg P₂O₅ per ha beneden tot 10 kg P₂O₅ per ha boven de gemiddelde afvoer van het betreffende gewas. De spreiding tussen de uitersten (de laagste en de hoogste waarde) kan wel een factor twee maal de standaardafwijking beslaan.

Tabel 11. **Globale indeling gewassen in klassen betreffende de fosfaatafvoer in kg P₂O₅ per ha per jaar.**

Afvoer < 30 kg P ₂ O ₅ per ha (ongeveer 70.000 ha)	Afvoer 30 tot 50 kg P ₂ O ₅ per ha (ongeveer 80.000 ha)	Afvoer 50 tot 70 kg P ₂ O ₅ per ha (ongeveer 700.000 ha)	Afvoer > 70 kg P ₂ O ₅ per ha (ongeveer 10.000 ha)
Appel	Spruitkool	Zetmeelaardappel	Hennep
Peer	Bloemkool	Consumptieaardappel	Peen
Aardbei	Chinees kool	(snij)maïs	knolselderij
Asperge	Cichorei	Koolzaad	
Andijvie	Pootaardappel	Luzerne	
Broccoli	Prei	Kroot	
Courgette	Schorseneer	Suikerbiet	
(dop)erwt	Sla	Zaaiui	
Stam(sla)boon	vlas	Sluitkool	
Graszaad	bloembolgewassen	Granen	
bloembolgewassen	boomkwekerijgewassen	veldboon	
boomkwekerijgewassen (excl. kluit)	(excl. kluit)		

Involed opbrengstniveau op fosfaatgehalte

Uit een analyse van proefveldgegevens uitgevoerd door Ehlert et al. (2006) blijkt dat het opbrengstniveau de afgelopen decennia flink is toegenomen, maar dat tegelijkertijd het fosforgehalte in het product bij een aantal gewassen is afgenomen. Het gemiddeld fosforgehalte in de drogestof bij snijmaïs was in 1975 gemiddeld 2,4 en in 2004 1,9 gram P per kg drogestof. Bij aardappel (2,4 en 1,9 g P per kg ds in respectievelijk 1950 en 2000) en wintertarwe (4,0 en 3,7 g P per kg ds in respectievelijk 1950 en 2000) is hetzelfde vastgesteld. Bij zomergerst is geen daling in fosforgehalte vastgesteld. Als deze trend zich ook de komende jaren voortzet, wil dit zeggen dat verhoging van het opbrengstniveau niet automatisch tot een evenredige verhoging leidt van de fosfaatafvoer. Bij een hoger opbrengstniveau is er waarschijnlijk sprake van een verdunning in de drogestof. Voor omrekening naar fosfaatgehalte moet het fosforgehalte met een factor 2,29 vermenigvuldigd worden.

Fosfaatafvoer met aanhangende grond en kluit

Bij rooigewassen, zoals aardappel, suikerbiet, peen, knolselderij, bloembol- en boomkwekerijgewassen wordt ook fosfaat met de aanhangende grond of de kluit afgevoerd. Op basis van de fosfaattoestand van de bouwvoor kan berekend worden dat de fosfaatafvoer 1 tot 1,5 kg P₂O₅ per ton droge grond bedraagt. Zo wordt bijvoorbeeld bij suikerbieten met de grondtarra circa 5 kg P₂O₅ per ha afgevoerd.

In de boomkwekerij wordt een belangrijk deel van de gewassen met kluit gerooid en afgevoerd. Hierbij wordt een deel van de organische stof houdende bovengrond afgevoerd. Ter indicatie, het gaat om circa 1 cm bouwvoor per ha per jaar. Dit betekent 100 m³ grond met een gewicht van circa 140.000 kg. Bij een fosfaatgehalte van de grond van 100 mg P₂O₅ per 100 gram grond bevindt zich hierin 140 kg P₂O₅ per ha. De Technische Commissie Bodembescherming (TCB) heeft geadviseerd dat ter compensatie producten met minder dan 10% organische stof kunnen worden toegepast overeenkomstig het besluit bodemkwaliteit. De

(van nature) in deze producten aanwezige mineralen hoeven niet te worden meegeteld in het gebruiksnormenstelsel. Indien dit advies wordt overgenomen is een belangrijk knelpunt voor de boomkwekerij opgelost.

Op veengrond is het belangrijk naast de grond die wordt afgevoerd met kluit ook grond aan te voeren ter compensatie van inklinking. Volgens Van Dijk et al. (2005) wordt er op veengronden gemiddeld jaarlijks de volgende hoeveelheden aanvulgrond toegediend:

- Percelen waar gewassen met kluit worden afgevoerd: $300 \text{ m}^3 = 180 \text{ ton}$ veenmengsel per ha
- Percelen waar gewassen zonder kluit worden afgevoerd: $50 \text{ m}^3 = 30 \text{ ton}$ veenmengsel per ha

Voor de met deze aanvulgrond aangevoerde stikstof wordt een werkingscoëfficiënt van 0 gehanteerd. Het is onduidelijk of deze fosfaat meetelt voor de gebruiksnormen.

3.4 Variatie in fosfaatafvoer op bedrijfsniveau

3.4.1 Experimentele gegevens

Er zijn geen gegevens beschikbaar van fosfaatafvoer op bedrijfsniveau, waarbij naast de opbrengst ook daadwerkelijk het fosfaatgehalte in afgevoerd product is vastgesteld. Beschikbare informatie beperkt zich doorgaans tot een meting van de fysieke opbrengst vermenigvuldigd met een forfaitaire gewasafhankelijke waarde voor het fosfaatgehalte. Verondersteld wordt dat de spreiding in werkelijke fosfaatafvoer niet groter is dan die in de fysieke opbrengst. Deze veronderstelling is gebaseerd op de gedachte dat hoge fysieke opbrengsten leiden tot een lichte verlaging van het fosfaatgehalte. Het wordt als het ware niet aannemelijk geacht dat een hoge fysieke opbrengst systematisch samen gaat met een hoog fosfaatgehalte in het geogste product.

De afvoer van fosfaat op bedrijfsniveau wordt sterk bepaald door de gewassen die geteeld worden. Bij eenzelfde bouwplan kunnen bedrijven echter nog steeds van elkaar verschillen in fosfaatafvoer. Voor een gedeelte zijn dit systematische verschillen. Om een indruk te krijgen van de spreiding in fosfaatafvoer op bedrijfsniveau is voor de sector akkerbouw gebruik gemaakt van gegevens van het project Telen met Toekomst (fase I 2000 t/m 2003, inclusief de verzamelde informatie over de periode 1997 t/m 1999 en het vervolgproject vanaf 2004) en van gegevens van het PPO-bedrijfssystemenonderzoek dat in de periode 1996 t/m 2004 op een aantal locaties is uitgevoerd (Valthermond, Nagele en Vredepeel). Voor de tuinbouwsectoren is, door het ontbreken van voldoende informatie, zo'n bewerking niet mogelijk. In geen van genoemde projecten is de werkelijke fosfaatafvoer bepaald. De kengetallen zijn gebaseerd op meting van de fysieke opbrengst per gewas die vervolgens is vermenigvuldigd met een forfaitair, gewasafhankelijk fosfaatgehalte. De gegevens zijn per grondsoort (klei-, zand- en dalgrond) geanalyseerd om een qua bouwplan zo homogeen mogelijke populatie te krijgen. Het aantal jaren per bedrijf/bedrijfssituatie waarover informatie beschikbaar is, varieerde van drie tot acht jaar. Voor de kleigrond betrof het 10 praktijkbedrijven (Zuidwestelijke klei, Centrale klei en Noordelijke klei) en drie bedrijfssystemen van het onderzoek op het PPO-proefbedrijf te Nagele (totaal 60 waarnemingen). Voor de zandgrond ging het om zes praktijkbedrijven (Zuidelijk zand en Noordoostelijk zand) en zes bedrijfssystemen van het onderzoek op het PPO-proefbedrijf te Vredepeel (totaal 56 waarnemingen). Voor de dalgrond betreft het vier praktijkbedrijven en één bedrijfssysteem van het onderzoek op PPO-proefbedrijf in Valthermond (totaal 30 waarnemingen).

In Tabel 12 is de fosfaatafvoer op bedrijfsniveau weergegeven zowel per jaar als het gemiddelde over de gehele periode waarover informatie beschikbaar was. In Tabel 13 is een karakterisering gegeven van het bouwplan van elk van deze bedrijven/bedrijfssystemen (percentage van de oppervlakte van betreffend gewas van totaal bedrijfsoppervlakte).

Tabel 12. Fosfaatafvoer met geoogst product (kg P₂O₅ per ha per jaar) op akkerbouwbedrijven op bedrijfsniveau (per jaar en gemiddeld voor de betreffende periode). De fosfaatafvoer is berekend op basis van gemeten opbrengst en forfaitaire, gewasafhankelijke fosfaatgehaltes.

Grond- soort	Bedrijf	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	Gem
Klei	bedrijf 1									59	57	57	58
	bedrijf 2									71	59	64	65
	bedrijf 3									54	45	42	47
	bedrijf 4									53	43	53	50
	bedrijf 5				45	48	43	44	48				46
	bedrijf 6				54	57	61	54	53				56
	bedrijf 7		68	58	60	55	50	47	60				57
	bedrijf 8									52	52	54	53
	bedrijf 9		51	63	63	63	51	61	57				58
	bedrijf 10		62	63	63	56	56	55	55	64	45		57
Zand	OBS-drijfmest	43	57	37	61								50
	OBS-kunstmest	47	63	42	59	61							54
	OBS-Geïntegr.	61	59	39	63								56
	bedrijf 11		47	42	49	42	41	51	43				45
	bedrijf 12		46	48	57	49	55	55	52				52
	bedrijf 13					48	56	51		50	47		50
	bedrijf 14									63	48	54	55
	bedrijf 15		52	32	49	48	38	42	44	42		57	45
	bedrijf 16		49	43	49	45	47	44	37				45
	VP analyse 1		54	48	50								51
VP analyse 2		55	43	65								54	
VP extensief		50	41	41								44	
VP intensief		47	46	47								47	
VP synthese		57	49	52								53	
VP MJPG2000		48	47	45								47	
Dal	bedrijf 17									42	46	41	43
	bedrijf 18		47	43	46	47	43	44	42				45
	bedrijf 19		39	46	48	48	41	44	40				44
	bedrijf 20		50	44	46	41	45	46	49				46
	T Kompas GI		48	34	51	49	51	47					47

Tabel 13. **Karakterisering bouwplan akkerbouwbedrijven/bedrijfssystemen in onderzochte periode (gewasaandeel in het bouwplan, %) en gemiddelde fosfaatafvoer met geoogst product van het bouwplan (kg P₂O₅ per ha, zie ook Tabel 12). De fosfaatafvoer is berekend op basis van gemeten opbrengst en forfaitaire, gewasafhankelijke fosfaatgehaltenes.**

Grond- Soort	Bedrijf	P ₂ O ₅ - afvoer bouwplan (kg per ha)	Gewasaandeel in bouwplan (%)							
			Aard- appel	Suiker- biet	Graan	Mais	Peul- vrucht	ui + peen	overig	
Klei	bedrijf 1	58	40	20	10	0	20	10		
	bedrijf 2	65	25	20	15	0	0	15	graszaad	
	bedrijf 3	47	25	20	25	0	0	5	graszaad	
	bedrijf 4	50	25	10	50	0	0	15		
	bedrijf 5	46	15	0	5	0	15	10	spruitkool	
	bedrijf 6	56	20	15	30	0	0	10	graszaad	
	bedrijf 7	57	30	25	25	0	0	0	spruitkool	
	bedrijf 8	53	40	15	15	0	0	10	graszaad	
	bedrijf 9	58	20	20	40	0	5	5	graszaad	
	bedrijf 10	57	25	25	30	0	0	20	geen	
	OBS drijfmest	50	25	25	25	0	0	25	geen	
	OBS kunstmest	54	25	25	25	0	0	25	geen	
	OBS Geïntegreerd	56	25	25	25	0	0	25	geen	
	Zand	bedrijf 11	45	30	0	10	5	25	5	schorseneer
bedrijf 12		52	25	15	10	15	15	5	schorseneer, spinazie	
bedrijf 13		50	20	20	5	30	13	12		
bedrijf 14		55	20	20	25	0	15	20		
bedrijf 15		45	50	15	10	10	0	0	graszaad	
bedrijf 16		45	40	15	10	0	0	1	graszaad	
VP analyse 1		51	25	25	15	15	10	10		
VP analyse 2		54	25	25	15	15	10	10		
VP extensief		44	17	17	17	17	16	16		
VP intensief		47	25	25	13	12	13	12		
VP synthese		53	25	25	15	13	12	10		
VP MJPG-2001		47	25	25	15	13	12	10		
Dal		bedrijf 17	43	35	15	25	0	0	10	natuur
		bedrijf 18	45	60	15	0	25	0	0	
	bedrijf 19	44	40	30	0	0	0	0	broccoli, prei	
	bedrijf 20	46	40	30	30	0	0	0		
	t Kompas GI	47	35	20	30	0	0	0	prei	

De data zijn per grondsoort geanalyseerd met een gemengd wiskundig model. De belangrijkste resultaten zijn weergegeven in Tabel 14. De gemiddelde fosfaatafvoer bedroeg 54, 49 en 45 bij de bedrijven op respectievelijk klei-, zand- en dalgrond en bleef daarmee op alle drie de grondsoorten beneden de 60 kg P₂O₅ per ha. Het gemiddelde en de mediaanwaarde verschilden nauwelijks van elkaar (< 2 kg P₂O₅ per ha). De standaardafwijking voor fosfaatafvoer bedroeg 7,9; 6,2 en 3,9 kg P₂O₅ per ha voor respectievelijk de bedrijven op klei-, zand- en dalgrond. Op dalgrond was de spreiding het laagst en op kleigrond het hoogst. Voor een gedeelte kan dit verklaard worden uit verschillen in bouwplan tussen de bedrijven. Bij de betreffende bedrijven op klei zijn deze verschillen groter. Bedrijf 5 heeft bijvoorbeeld een afwijkend bouwplan met 50% spruiten (zie ook Tabel 13).

Variatie tussen jaren is voor het doel van deze studie minder interessant, omdat dit geen of slechts een zeer beperkte invloed heeft op de bodemvruchtbaarheid van het betreffende bedrijf. Bij de groep

bedrijven/bedrijfssystemen op klei en zand maakte de berekende jaarvariatie circa 15% uit van de totale variatie en bij die op dalgrond 0%. Gecorrigeerd op jaarvariatie bedroeg de standaardafwijking op klei, zand en dalgrond respectievelijk 6,7; 5,3 en 3,9 kg P₂O₅ per ha.

In Tabel 14 is tevens de gemiddelde fosfaatafvoer weergegeven van de 10% hoogste (90-percentiel) en 10% laagste waarnemingen (<10-percentiel). Hieruit blijkt dat de groep bedrijven met de hoogste fosfaatafvoer op kleigrond 10 kg P₂O₅ per ha meer fosfaat afvoeren dan het gemiddelde van alle bedrijven op kleigrond, op zandgrond is dit 8 kg P₂O₅ per ha en op dalgrond 5 P₂O₅ per ha. Voor de groep bedrijven met de laagste fosfaatafvoer gelden dezelfde verschillen ten opzichte van de gemiddelde waarde.

Tabel 14. **Berekende gemiddelde waarde en spreiding in fosfaatafvoer op bedrijfsniveau in kg P₂O₅ per ha per jaar. Fosfaatafvoer berekend op basis van gemeten opbrengst en forfaitaire, gewasafhankelijke fosfaatgehalten in project 'Telen met toekomst' en in PPO-bedrijfssystemenonderzoek.**

Grondsoort	Gemiddelde	Mediaan	Standaard-deviatie	Standaard-deviatie na correctie jaarsvariatie	Gemiddelde waarnemingen < 10-percentiel	Gemiddelde waarnemingen > 90-percentiel
Klei	54	56	7,9	6,7	44	64
Zand	49	48	6,2	5,3	41	57
Dal	45	46	3,9	3,9	40	50

Uit bovenstaande analyse kan worden geconcludeerd dat gemiddeld over alle bedrijven de standaardafwijking in fosfaatafvoer op bedrijfsniveau circa 5 kg P₂O₅ per ha per jaar bedraagt. Verder blijkt dat de groep bedrijven met de laagste fosfaatafvoer (<10-percentiel) en de groep bedrijven met de hoogste fosfaatafvoer (> 90-percentiel) resp. een 15% lagere en een 15% hogere fosfaatafvoer heeft dan het gemiddelde van alle bedrijven.

3.4.2 Fosfaatafvoer op modelbedrijven akker- en tuinbouw

Modelbedrijven

In de vorige paragraaf is voor akkerbouwbedrijven op basis van praktijkopbrengsten een indruk verkregen van de omvang van de gemiddelde omvang en spreiding van de fosfaatafvoer op bedrijfsniveau. In aanpalende studies wordt ook vaak gebruik gemaakt van modelbedrijven. Deze bedrijven zijn representatief voor de diverse akker- en tuinbouwsectoren. In het kader van de Evaluatie Meststoffenwet 2007 is ook van deze modelbedrijven gebruik gemaakt (Van Dijk et al., 2007). In Tabel 15 is een overzicht gegeven voor de modelbedrijven. Detailgegevens (bouwplansenstelling, areaal) zijn weergegeven in Bijlage 1. Hieronder volgt een korte toelichting per sector.

Akkerbouw

Voor de akkerbouw op kleigrond zijn vijf modelbedrijven gedefinieerd. Het betreft een graanbedrijf op de noordelijke zeeklei, twee pootgoedbedrijven en een consumptieaardappelbedrijf op de centrale zeeklei en een consumptieaardappelbedrijf op de zuidwestelijke zeeklei. Bedrijf CZK2 kenmerkt zich door een hoog aandeel pootaardappelen (40%). Dit wordt gerealiseerd door land bij te huren.

Voor het Noordoostelijk zand –en dalgrondgebied is uitgegaan van een bedrijf met een 1:3 en 1:2 teelt van zetmeelaardappelen. Voor het Zuidoostelijk zandgebied is gekozen voor een intensief akkerbouwbedrijf met consumptieaardappelen, suikerbieten en groenten voor de verwerkende industrie. Daarnaast is ook een gespecialiseerd consumptieaardappelbedrijf meegenomen met circa 80% aardappelen aangevuld met suikerbieten en dubbelteelt van doperwt en stamslaboon. Om een dergelijk intensieve bedrijfsvoering te kunnen rondzetten, wordt er land gehuurd en geruild. Dit is een situatie die in dit gebied regelmatig voorkomt.

Het lössbedrijf wordt gekenmerkt door een bouwplan met consumptieaardappelen, suikerbieten en relatief veel graan.

Vollegrondsgroenten

Voor de vollegrondsgroenten zijn drie modelbedrijven gedefinieerd. Het betreft veelal gespecialiseerde bedrijven met een hoog aandeel bloemkool/broccoli, sluitkool en spruitkool. De eerste genoemde bedrijven zijn representatief voor het Noord-Hollandse kleigebied en het derde voor het Zuidwestelijke kleigebied waar spruitkool vaak wordt gecombineerd met akkerbouwgewassen. De vollegrondsgroenteteelt op zandgrond concentreert zich vooral in het zuidoostelijke zandgebied. Er zijn drie modelbedrijven gedefinieerd. Het betreft twee bladgewassenbedrijven met een hoog aandeel prei en een prei-aardbeibedrijf.

Bloembollen

Voor de bloembollen zijn totaal vier bedrijven gedefinieerd, drie op duinzand en één op dekzand. Bij twee duinzandbedrijven is hyacint een belangrijk gewas. De bedrijven BL3 en BL4 hebben een hoog aandeel lelie. Deze twee bedrijven huren relatief veel land. Ook bedrijf BL1 huurt land voor de teelt van hyacint. Het gehuurde land voor lelies betreft dekzand, voor hyacint duinzand. De modelbedrijven staan voor het traditionele kleine bedrijf in de Bollenstreek (BL1), het gemiddelde bloembollenbedrijf in het Noordelijke Zandgebied (BL2, BL3) en het gespecialiseerde leliebedrijf op dekzand (BL4).

Boomteelt

Voor de boomkwekerij zijn totaal vier bedrijven gedefinieerd, alle op zandgrond. Een bedrijf met sierheesters en coniferen (BO1, Noord-Nederland), een laanbomenbedrijf (BO2, Midden-Nederland), een rozenbedrijf (BO3, Zuid-Nederland) en een bos- en haagplantsoenbedrijf (BO4, Zuid-Nederland). Bedrijf BO3 heeft een bouwplan waarin ook akkerbouwgewassen in de rotatie zijn opgenomen.

Fruitteelt

Voor de fruitteelt zijn geen modelbedrijven beschikbaar. Daar is op basis van expertkennis een zo goed mogelijke schatting gemaakt van de fosfaatafvoer.

Fosfaatafvoer op bedrijfsniveau modelbedrijven

Voor het berekenen van de fosfaatafvoer op bedrijfsniveau is voor de akkerbouw, vollegrondsgroenten en fruit is gebruik gemaakt van de opbrengstgegevens uit KWIN (Kwantitatieve Informatie) (De Wolf & van der Klooster, 2006; Peppelman, 2004) en gewasafhankelijke fosfaatgehalten volgens Beukenboom (1996). Voor bloembollen is uitgegaan van gegevens uit Landman (1994). Voor de boomkwekerij ontbreken normatieve gegevens met betrekking tot kg-opbrengsten en gehalten en is gebruik gemaakt van schattingen op basis van expertkennis.

De fosfaatafvoer is per modelbedrijf weergegeven in Tabel 15. Op de akkerbouwbedrijven loopt deze uiteen van 50-70 kg P₂O₅ per ha. Deze cijfers komen redelijk goed overeen met die uit de vorige paragraaf. Alleen op het graanbedrijf is de afvoer duidelijk hoger dan 60 kg P₂O₅ per ha. Op de tuinbouwbedrijven is de afvoer in het algemeen duidelijk lager dan op de akkerbouwbedrijven. Voor de vollegrondsgroenten, bloembollen, boomteelt en fruitteelt (appels/peren) bedraagt de afvoer respectievelijk 20-55, 10-15, 20-35 en 15-20 kg P₂O₅ per ha. Wel zijn er specifieke situaties, waarbij de afvoer hoger is en de fosfaatgebruiksnorm van 60 kg P₂O₅ per ha kan overschrijden. Voorbeelden hiervan zijn bijvoorbeeld gespecialiseerde sluitkoolbedrijven. Bij bloembolbedrijven moet worden opgemerkt dat op perceelsniveau hogere afvoeren kunnen voorkomen, maar op bedrijfsniveau worden deze vereffend door interne verplaatsing van plantgoed. Bij de boomteelt betreft de weergegeven afvoer exclusief afvoer met kluit. Bij de fruit gaat het om afvoer met de vruchten.

Bij bedrijven die systematisch een hogere opbrengst behalen dan de in KWIN weergegeven opbrengsten zal fosfaatafvoer hoger zijn dan weergegeven in Tabel 15. Dit betekent dat bij een berekende gemiddelde fosfaatafvoer lager dan 60 kg P₂O₅ er ook bedrijven kunnen zijn met een afvoer die hoger is dan 60 kg P₂O₅ per ha per jaar. Wel kan bij hogere opbrengsten sprake zijn van een lager fosfaatgehalte in het product, waardoor de fosfaatafvoer niet evenredig toeneemt met de hogere opbrengst.

Tabel 15. **Modelbedrijven akker- en tuinbouw en berekende gemiddelde fosfaatafvoer op bedrijfsniveau (kg P₂O₅ per ha per jaar).**

Sector	Grondsoort	Bedrijf	Omschrijving	Regio	P ₂ O ₅ -afvoer (kg/ha)	
Akkerbouw	Klei	NZK	Graanbedrijf	Noordelijke klei	68	
		CZK1	Pootgoedbedrijf	Centrale klei	50	
		CZK2	Pootgoedbedrijf (met huurland)	Centrale klei	44	
		CZK3	Consumptieaardappelbedrijf	Centrale klei	60	
		ZWK	Consumptieaardappelbedrijf	Zuidwestelijke klei	57	
	Zand	NON1	Zetmeelaardappelbedrijf (1:3)	Noordoostelijk zand	53	
		NON2	Zetmeelaardappelbedrijf (1:2)	Noordoostelijk zand	52	
		ZON1	Consumptieaardappelbedrijf met groenten	Zuidoostelijk zand	50	
		ZON2	Gespecialiseerd consumptieaardappelbedrijf	Zuidoostelijk zand	52	
	Löss	Löss	Consumptieaardappelbedrijf	Zuid-Limburg	61	
	Vollegronds-groenten	Klei	Vgg1	Bloemkool	Centrale klei	25
			Vgg2	Sluitkool	Centrale klei	46
			Vgg3	Spruitkool	Zuidwestelijke klei	53
		Zand	Vgg4	Prei+ijssla	Zand, zuid	33
Vgg5			Prei + broccoli/knolvenkel/Chinese kool	Zand, zuid	30	
Vgg6			Prei + aardbei	Zand, zuid	18	
Bloembollen	Duinzand	BL1	Bollenbedrijf met hyacint (1:2)	Duinzandgebied	17	
		BL2	Gemengd bollenbedrijf met hyacint (1:4)	Duinzandgebied	15	
		BL3	Bollenbedrijf met lelie	Duinzandgebied	11	
	Dekzand	BL4	Gespecialiseerd leliebedrijf	Overig zand	11	
Boomteelt	Zand	B01	Sierheesters en coniferen	Zand, noord	20	
		B02	Laanbomen	Zand, midden	15	
		B03	Rozen + akkerbouw	Zand, zuid	35	
		B04	Bos- en haagplantsoen	Zand, zuid	35	
Fruitteelt ¹					15-20	

1 Geen modelbedrijven beschikbaar, afvoer gebaseerd op bedrijven met appel en peer

3.5 Conclusie

Bij de meeste bouwplannen is de gemiddelde fosfaatafvoer lager dan een gebruiksnorm van 60 kg P₂O₅ per ha. Dit geldt zowel voor de echte bedrijven als de modelbedrijven. Alleen op akkerbouwbedrijven met een hoog aandeel graan is de afvoer hoger. Verder is in het algemeen de fosfaatafvoer op tuinbouwbedrijven lager dan die op akkerbouwbedrijven.

Wat betreft de spreiding werd geconcludeerd dat de groep bedrijven met de laagste fosfaatafvoer (<10-percentiel) en de groep bedrijven met de hoogste fosfaatafvoer (> 90-percentiel) respectievelijk een 15% lagere en een 15% hogere fosfaatafvoer heeft dan het gemiddelde van alle bedrijven met een vergelijkbare bouwplansamenstelling. Het betreft een spreiding in fosfaatafvoer op bedrijfsniveau; op gewasniveau is de spreiding groter.

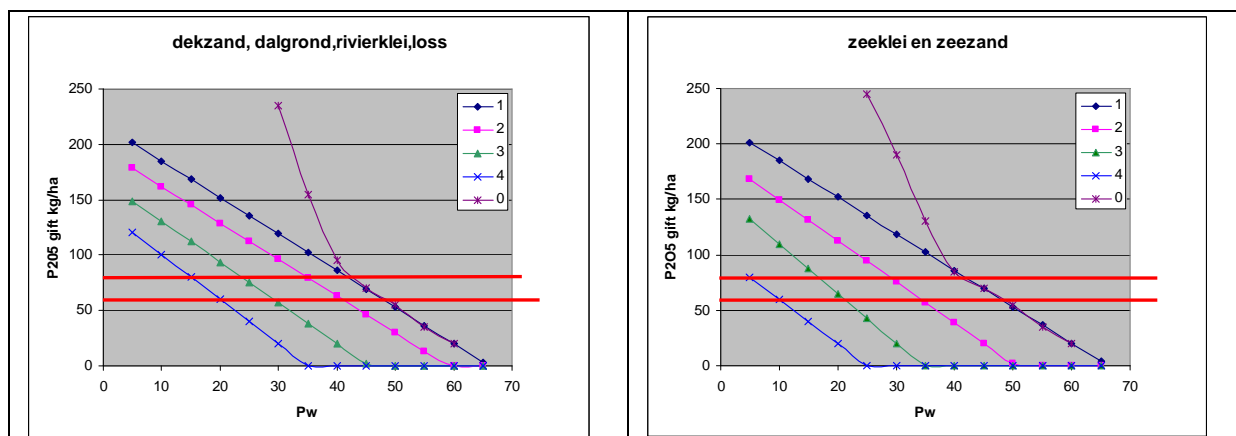
4 Fosfaatbehoefte

4.1 Fosfaatbehoefte op gewasniveau

De fosfaatbehoefte van een gewas is de gift welke volgens de Adviesbasis nodig is om een optimale productie en kwaliteit te realiseren, gegeven de destijds aangenomen prijsverhouding tussen kunstmestfosfaat en gewasproduct. Fosfaatbehoefte en -advies worden hier als synoniemen beschouwd. De adviesbasis is toegelicht in hoofdstuk 2.

Het omvangrijke experimenteel onderzoek dat aan de Adviesbasis ten grondslag ligt, betreft een beperkt aantal gewassen. De resultaten van deze 'voorbeeldgewassen' werden geëxtrapoleerd naar vele gewassen die zelf niet onderzocht werden. We introduceren daarom het begrip 'nominale behoefte' voor de behoefte volgens de Adviesbases om het normatief karakter te benadrukken. Er staat echter geen andere basis ter beschikking om te behoefte te kwantificeren.

De fosfaatbehoefte hangt af van gewasgroep (0,1,2,3,4), de fosfaattoestand van de bodem (uitgedrukt in het Pw-getal) en grondsoort. De relaties zijn grafisch weergegeven in Figuur 1. De figuur geeft tevens de gebruiksnormen van 60 en 80 kg P₂O₅ ha weer, waardoor duidelijk wordt bij welke combinaties van fosfaattoestand en gewasgroep het advies boven de voorgenoemde gebruiksnormen ligt.



Figuur 1. Grafische weergave van de fosfaatbehoefte voor verschillende gewasgroepen volgens de Adviesbasis (Van Dijk & Van Geel, 2007). Vette rode lijnen geven de gebruiksnormen van respectievelijk 60 en 80 kg P₂O₅ per ha aan (zie ook hoofdstuk 2).

De fosfaattoestand van de bodem beïnvloedt de fosfaatbehoefte van gewassen volgens de relaties in bovenstaande figuren. De grondsoortgroep dekzand, dalgrond, rivierklei en löss worden hier verder kortweg aangeduid als 'zand', zeeklei en zeezand als 'klei'.

Het valt op dat gewasgroep 0 een zeer steil verloop heeft met hoge waarden bij Pw < 40; echter dient vermeld te worden dat het areaal van deze groep voor beide grondsoortgroepen minder dan 0,5% van het bouwlandareaal omvat. Voorts blijkt dat geen enkele gewasgroep nog fosfaatbemesting behoeft vanaf Pw = 65. Bij dubbelteelten wordt bij de tweede teelt geadviseerd om de helft van het advies van de eerste teelt te geven. Daaraan is in de Figuur 1 geen aandacht geschonken.

Naast de respons van het gewas op de fosfaatgift is er ook een respons op de fosfaattoestand. Bij een fosfaattoestand lager dan de streefwaarde (Pw = 25 voor klei en Pw = 30 voor zand) wordt ook bij een hoge fosfaatbemesting niet het opbrengstniveau behaald als bij een hogere Pw en een lagere bemesting (zie ook hoofdstuk 2). Bij lagere waarden wordt daarom geadviseerd de fosfaattoestand te verhogen tot de

streefwaarde. De adviesbasis stelt voor de fosfaattoestand te handhaven indien deze in het traject 25-45 (zeeklei, zeezand) en 30-45 (dekzand, dalgrond, rivierklei, löss) ligt. Dit zijn ook de respectievelijke trajecten voor goede landbouwpraktijk (GLP).

Dezelfde informatie als in Figuur 1 is weergegeven in Tabel 16 en 17, waarin tevens de geschatte arealen zijn vermeld welke door de verschillende gewasgroepen worden ingenomen. De gearceerde velden geven aan waar de nominale behoefte niet gedekt kan worden door de gebruiksnorm van respectievelijk 60 en 80 kg P_2O_5 per ha. Die situatie wordt hierna 'knelpunt' genoemd. Bij dit overzicht op gewasniveau valt op dat het aantal situaties waarbij de gebruiksnorm van 60 kg P_2O_5 per ha knelpunten oplevert, weinig verschilt van het aantal situaties waarbij een norm van 80 kg P_2O_5 per ha knelpunten oplevert. Het verschil bedraagt een Pw-stap van 5 eenheden.

Bij een gebruiksnorm van 80 kg P_2O_5 per ha kan bij de gewasgroepen 3 en 4 bij alle fosfaattoestanden worden voldaan aan de gewasbehoefte. Op zand nemen deze gewasgroepen circa 40% van het areaal in beslag, op klei bijna 30%. Bij deze groepen wordt de behoefte ook nog gedekt bij de gebruiksnorm van 60 kg P_2O_5 per ha, behalve wanneer de Pw lager is dan 25 (en dan nog alleen op zand). Voor de meer fosfaatbehoefte gewasgroepen (groep 0 en groep 1) dekt een gebruiksnorm van 80 kg P_2O_5 per ha de behoefte bij Pw=45 of hoger. Bij een gebruiksnorm van 60 kg P_2O_5 per ha is dit bij Pw=50 en hoger het geval. Samen vertegenwoordigen deze gewasgroepen ongeveer de helft van het bouwlandareaal (het areaal van groep 0 is hierin verwaarloosbaar). Aardappel en snijmaïs zijn hierin de belangrijkste gewassen. Snijmaïs wordt voor een belangrijk deel op melkveehouderijbedrijven geteeld. Het aandeel van groep 1 in het akker- en tuinbouwareaal is daarom kleiner (circa 30 en 45% op respectievelijk zand en klei, zie Tabel 16 en 17). Dat is echter niet het areaal met knelpunten op gewasniveau. Om dat areaal te schatten is informatie over de fosfaattoestand nodig.

Hiertoe wordt gebruik gemaakt van een inventarisatie door Schoumans (2007) van de fosfaattoestand in Nederland. Het betreft analyses door het Bgg van grondmonsters ingestuurd door landbouwers in 2003. Telers laten meestal een bodemanalyse uitvoeren wanneer zij onzeker zijn of de fosfaattoestand nog voldoende is. De werkelijke fosfaattoestand van de gronden in Nederland zal daarom naar verwachting hoger liggen. Analyses door andere meest regionaal opererende laboratoria voor grondonderzoek zijn niet betrokken bij het onderzoek. Ook om die reden betreft het dus geen aselechte steekproef voor Nederland. De resultaten zijn weergegeven in Tabel 18. Ten behoeve van de inventarisatie van knelpunten is aangenomen dat de Pw-klassenverdeling geldt voor het gehele zand- en klei-areaal en dat verdeling gewas-onafhankelijk is. Gezien alle kanttekeningen moeten de resultaten als schattingen worden gezien. Op bijna de helft van de zandgronden en een kwart van de kleigronden is de toestand 'hoog'. Hier is voor geen enkele gewasgroep fosfaatbemesting nodig. Op 2/3 van het zandareaal en de helft van het klei areaal is de fosfaattoestand hoger dan Pw 45 ('vrij hoog' en 'hoog'). Op dit areaal wordt bij een gebruiksnorm van 80 kg P_2O_5 per ha voor alle gewasgroepen de behoefte gedekt. Bij een gebruiksnorm van 60 kg P_2O_5 per ha is dat net niet meer het geval (behoefte is 70 kg P_2O_5 per ha). Wel geeft de Adviesbasis aan dat bij gewasgroep 0 met 50-75% van de adviesgift kan worden volstaan indien deze wordt geplaatst. Dit vereist wel een technische aanpassing (zie ook hoofdstuk 6).

Als op 35% van het zandareaal Pw=45 of lager is, zou volgens bovengenoemde aannames hiervan 42.000 ha in groep 1 vallen (exclusief maïs). Dat is 11% van het totale akker- en tuinbouwareaal (exclusief maïs). Op vergelijkbare wijze kan worden berekend dat voor de kleigronden het areaal met Pw=45 of lager 61.000 ha bedraagt (exclusief maïs) of 21% van het totale akker- en tuinbouwareaal op klei areaal. Dus op maximaal 11% en 21% van het akker- en tuinbouwareaal op respectievelijk zand en klei (exclusief maïs) leveren de gebruiksnormen van 80 en 60 kg P_2O_5 per ha mogelijk knelpunten op gewasniveau, zonder gebruikmaking van de ruimte die rotaties bieden (paragraaf 4.2) en zonder technische ingrepen (hoofdstuk 6).

Op grond van het voorgaande is duidelijk dat de arealen waarop eventueel knelpunten bij aanscherping van de fosfaatgebruiksnorm naar 80 en ook bij 60 kg P_2O_5 per ha klein zijn. Of er bij bemesting beneden de nominale behoefte (de hier gekozen definitie van 'knelpunt') ook inderdaad een derving van economisch resultaat zal optreden is onduidelijk. Waarschijnlijk is er in veel gevallen een marge tussen de nominale

behoefte en de gift die werkelijk nodig is om derving te voorkomen. Over deze marge, die door technische ingrepen (zoals plaatsing, zie hoofdstuk 6) nog vergroot zou kunnen worden, bestaat vooralsnog weinig kwantitatieve informatie.

Tabel 16. **Fosfaatbehoefte volgens adviesbasis voor diverse gewasgroepen in relatie tot de fosfaattoestand van de bodem op dekzand, dalgrond, rivierklei, löss. Donkergrijs de knelpunten op gewasniveau bij een fosfaatgebruiksnorm van 80 kg P₂O₅ per ha (en dus ook bij 60 kg P₂O₅ per ha), lichtgrijs de bijkomende knelpunten voor een fosfaatgebruiksnorm van 60 kg P₂O₅ per ha.**

	Gewasgroepen					Totaal
	0	1	2	3	4	
Areaal (ha)	2298	265000 120000 ⁴	52000	40000	163000	522000 378000 ⁴
% van totaal areaal	0,4	51 32 ⁴	9,9	7,6	31,3	100
Advies bij Pw=						
25	245 ^{1,3}	135	110	75	40	
30	235 ¹	120	90	55	20	
35	155 ¹	105	75	40	0	
40	95 ¹	85	55	20	0	
45	70 ²	70	40	0	0	
50	55 ²	55	20	0	0	
55	35 ²	35	0	0	0	
60	20 ²	20	0	0	0	

¹ gift plaatsen d.w.z. ondiep in zaaibed op plantdiepte of als rijenbemesting toedienen

² wanneer geplaatst (bovenin zaaibed, op plantdiepte, of in rij) kan worden volstaan met 50-75% van de adviesgift.

³ advies genomen van zeeklei-zeezand.

⁴ exclusief snijmais

Tabel 17. **Fosfaatbehoefte volgens adviesbasis voor diverse gewasgroepen in relatie tot de fosfaattoestand van de bodem op zeeklei, zeezand. Donkergrijs de knelpunten op gewasniveau bij een fosfaatgebruiksnorm van 80 kg P₂O₅ per ha (en dus ook bij 60 kg P₂O₅ per ha), lichtgrijs de bijkomende knelpunten voor een fosfaatgebruiksnorm van 60 kg P₂O₅ per ha.**

	gewasgroepen					Totaal
	0	1	2	3	4	
Areaal (ha)	454	196000 123000 ⁴	61000	34000	71000	362000 290000 ⁴
% van totaal areaal	0,1	54 43 ⁴	16,9	9,3	1,6	100
Advies bij Pw=						
25	245 ¹	135	95	45	0	
30	190 ¹	120	75	20	0	
35	130 ¹	105	55	0	0	
40	85 ²	85	40	0	0	
45	70 ²	70	20	0	0	
50	55 ²	55	0	0	0	
55	35 ²	35	0	0	0	
60	20 ²	0	0	0	0	

¹ gift plaatsen d.w.z. ondiep in zaaibed op plantdiepte of als rijenbemesting toedienen

² wanneer geplaatst (bovenin zaaibed, op plantdiepte, of in rij) kan worden volstaan met 50-75% van de adviesgift.

⁴ exclusief snijmais

Tabel 18. **Percentage bouwlandmonsters in diverse Pw-klassen op basis van Blgg-analyses uit 2003 (naar Schoumans (2007)) en globale schatting van areaal bouwland in Pw-klassen op basis van deze Blgg-data (op basis van aannames vermeld in tekst). De indeling naar zand en klei volgt de Adviesbasis voor bemesting van akkerbouwgewassen en vollegrondsgroenten en die voor bloembolgewassen¹.**

Grondsoort	Zeer laag	Laag	Voldoende	Ruim voldoende	Vrij hoog	Hoog
Pw	<11	11-20	21-30	31-45	46-60	>60
'middenwaarde'	10	15	25	37	52	60
	Percentage van monsters (data)					
Zand (n=6750)	0,52	3,87	8,90	20,25	20,92	45,08
Klei (n=8850)	1,36	4,97	14,50	30,34	24,69	24,10
	Globale schatting areaal (ha)					
Zand (ha)	2700	20200	46500	105700	109200	235300
Klei (ha)	500	17900	53300	109400	89200	87000

1 zand= dekzand, rivierklei, dalgrond en löss; klei = zeeklei, zeezand (bij bloembollen wordt zeezand tot zand gerekend, bij overige gewassen tot klei)

4.2 Fosfaatbehoefte op bedrijfsniveau

Hieronder wordt verkend welke knelpunten nog blijven bestaan zodra gebruik gemaakt wordt van de ruimte die het bouwplan biedt. De fosfaatbehoefte van een bedrijf is de som van de behoefte van de afzonderlijke gewassen. Knelpunten op gewasniveau kunnen verdwijnen op bedrijfsniveau, indien het aandeel minder fosfaatbehoefte gewassen voldoende groot is.

Om vast te stellen bij welke bedrijfstypen er zich, na deze vereffening, nog problemen voordoen bij de gebruiksnormen van respectievelijk 60 en 80 kg P₂O₅ per ha, wordt in deze paragraaf gebruik gemaakt van de modelbedrijven, zoals beschreven in hoofdstuk 3.4.2.

In Tabel 19 is een overzicht gegeven van de fosfaatbehoefte op bedrijfsniveau van de modelbedrijven vanaf een Pw van 25. Bij dubbelteelten is volgens de Adviesbasis uitgegaan van de helft van de geadviseerde fosfaatgift voor een eerste teelt. Hieronder volgt een toelichting.

Gebruiksnorm 80 kg P₂O₅ per ha

Klei

Op de meeste akkerbouwbedrijven kan bij een gebruiksnorm van 80 kg P₂O₅ per ha worden voldaan aan de behoefte. Alleen op de bedrijven op de centrale zeeklei kan bij Pw=25 net niet meer volgens advies worden bemest. Bij de vollegrondsgroentebedrijven op klei ontstaat op het spruitkoolbedrijf (80% areaal in groepen 0 en 1) een knelpunt bij Pw=35 en lager.

Löss

Op het lössbedrijf kan alleen bij Pw=25 niet meer volgens advies worden bemest.

Zand

Op de zandbedrijven komen meer knelpunten voor. Zowel bij de akkerbouw- als vollegrondsgroentebedrijven is de fosfaatbehoefte bij Pw=25 30 tot 80 kg P₂O₅ per ha hoger dan de gebruiksnorm van 80 kg P₂O₅ per ha. Deze 'overschrijdingen' nemen geleidelijk af met stijgende Pw en bij Pw=40 zijn ze alle verdwenen, behalve op de bedrijven ZON1 en ZON2, waar de behoefte net niet meer gedekt wordt. Dit zijn bedrijven met een hoog aandeel fosfaatbehoefte gewassen. Bedrijf ZON1 is een akkerbouwbedrijf met 25% aardappel (groep 1) maar daarnaast ook nog peen en spinazie (40% in groep 0). Bedrijf ZON2 is een gespecialiseerd aardappelbedrijf met circa 80% aardappel en daarnaast nog een dubbelteelt van

doperwt+stamslaboon (totaal 90% in groep 1). Laatstgenoemd bedrijf huurt wel veel land, waardoor het selectief kan zijn met de keuze van de percelen (geen percelen met lage Pw kiezen).

Op de bloembollenbedrijven doen zich geen knelpunten voor, op de boomteeltbedrijven wel.

Conclusies

- De gebruiksnorm van 80 kg P₂O₅ per ha dekt op alle doorgerekende kleibedrijven de fosfaatbehoefte op bedrijfsniveau, met uitzondering van Pw=25 waar een klein tekort ontstaat op bedrijven met een hoog aandeel gewassen in groep 1.
- Op de zandgronden dekt de gebruiksnorm van 80 kg P₂O₅ per ha op de meeste bedrijven de behoefte zodra Pw=40. Bij een lagere Pw (25 tot 35) ligt de nominale behoefte op vrijwel alle zandbedrijven (voor akkerbouw, vollegrondsgroenten en boomteelt) fors boven de gebruiksnorm. Bij alle bedrijven die bij Pw=30 de gebruiksnorm nog met meer dan 10 kg P₂O₅ per ha overschrijden, bedraagt het aandeel gewassen uit groep 0 en 1 tenminste 40%.

Gebruiksnorm 60 kg P₂O₅ ha

Klei

Op twee van de vijf akkerbouwbedrijven ontstaan bij Pw=35 kleine tekorten. Bij Pw=25 is dat bij drie van de vijf bedrijven het geval (tekort van 15 tot 30 kg P₂O₅ per ha. Bij deze bedrijven bedraagt het bouwplanaandeel van gewassen in groep 1 25 tot 40%.

Van de drie vollegrondsgroentebedrijven is er alleen op het spuitkoolbedrijf sprake van een tekort (circa 10 en 55 kg P₂O₅ per ha bij respectievelijk Pw=25 en Pw=40).

Löss

Op het lössbedrijf kan alleen bij een Pw van 25 en 30 niet meer volgens advies worden bemest.

Zand

Op de intensiefste akkerbouwbedrijven (ZON1, ZON2) ontstaan bij Pw=45 beperkte tekorten (circa 5-10 kg P₂O₅ per ha). Bij Pw=40 en 25 lopen deze tekorten op naar respectievelijk 25 en 80-125 kg P₂O₅ per ha. Bij deze bedrijven bedraagt het bouwplanaandeel van gewassen in groep 0 en 1 meer dan 2/3. Op de veenkoloniale bedrijven ontstaat bij Pw=35 een tekort van 15-20 kg P₂O₅ per ha, dat oploopt naar circa 50 kg P₂O₅ per ha bij Pw=25.

Op één van de vollegrondsgroentebedrijven ontstaat bij Pw=40 een fosfaattekort van circa 10 kg P₂O₅ per ha. Bij een lagere Pw is er bij twee van de drie bedrijven sprake van een tekorten die bij Pw=25 oplopen naar 35-135 kg P₂O₅ per ha.

Op de boomteeltbedrijven is de behoefte bij alle Pw's aanzienlijk hoger dan de gebruiksnorm van 60 kg P₂O₅ per ha. Op geen van de bloembolbedrijven is er sprake van een tekort.

Conclusies

- Op de kleibedrijven met meer dan 25% gewassen in groep 0 en 1 kan in de range Pw=25-35 de behoefte niet meer worden gedekt.
- Op zandgrond treden op bedrijven met een aandeel gewassen in groep 0 en 1 hoger dan 50% knelpunten op bij Pw=45 en lager.

Bij bovenstaande analyse met worden benadrukt dat de praktijk een bredere variatie in bouwplannen kent, die vooral in de tuinbouwsectoren niet volledig wordt gedekt door de modelbedrijven. Zo komen in de bloembollensector ook bedrijven voor met een hoog aandeel dahlia en hyacint. Bij een verhouding van 50:50 is bij een Pw lager dan 35 de behoefte hoger dan de gebruiksnorm van 60 kg P₂O₅ per ha en bij een Pw van 30 ook hoger dan een gebruiksnorm van 80 kg P₂O₅ per ha.

In hoeverre de in dit hoofdstuk aangewezen knelpunten ook werkelijk tot financiële derving leiden, wordt verkend in Hoofdstuk 5. In Hoofdstuk 6 wordt nagegaan in welke gewassen en bedrijfstypen efficiëntere toedieningstechnieken soelaas kunnen bieden voor het oplossen van knelpunten.

Tabel 18. **Modelbedrijven akker- en tuinbouw, met daarbij behorende fosfaatbehoefte volgens Adviesbasis. Donkergrijs de knelpunten bij fosfaatgebruiksnorm van 80 kg/ha (en dus ook bij 60 kg/ha), lichtgrijs de bijkomende knelpunten voor fosfaatgebruiksnorm van 60 kg/ha. Kolom 5 geeft de fractie van het bedrijfsareaal ingenomen door gewassen in gewasgroep 0 en 1 (GG 0&1).**

Sector	Gronds oort	Bedrijf	Omschrijving	% GG	Regio	P-behoefte (kg P ₂ O ₅ per ha) bij Pw:				
						0&1	25	30	35	40
Akkerbouw	Klei	NZK	Graanbedrijf	0	Noordelijke klei	20	14	8	6	3
		CZK1	Pootgoedbedrijf	25	Centrale klei	81	65	50	40	32
		CZK2	Pootgoed (met huurland)	40	Centrale klei	87	74	61	49	39
		CZK3	Consumptieaardappelbedrijf	25	Centrale klei	91	79	66	53	40
		ZWK	Consumptieaardappelbedrijf	25	Zuidwestelijke klei	67	57	47	37	28
	Zand	NON1	Zetmeelaardappelbedrijf (1:3)	43	Noordoostelijk zand	112	93	74	54	38
		NON2	Zetmeelaardappelbedrijf (1:2)	50	Noordoostelijk zand	108	92	78	59	43
		ZON1	Cons.aardappel met groenten	70	Zuidoostelijk zand	184	174	124	84	64
		ZON2	Gespecial. cons.aardappel	89	Zuidoostelijk zand	140	123	108	86	71
	Löss	Löss	Consumptieaardappelbedrijf	25	Zuid-Limburg	92	75	59	44	31
Vollegronds-Groenten	Klei	Vgg1	Bloemkool	15	Centrale klei	25	20	16	13	11
		Vgg2	Sluitkool	35	Centrale klei	63	52	39	32	26
		Vgg3	Spruitkool	80	Zuidwestelijke klei	113	100	87	70	57
	Zand	Vgg4	Prei+ijsla	50	Zand, zuid	197	187	117	72	53
		Vgg5	Prei	25	Zand, zuid	97	82	44	27	20
		Vgg6	Prei + aardbei	0	Zand, zuid	40	20	0	0	0
Bloembollen	Duinzd	BL1	Bollenbedrijf met hyacint (1:2)	0	Duinzandgebied	58	38	20	10	0
		BL2	Gemengd bollen/hyacint (1:4)	0	Duinzandgebied	40	29	10	5	0
		BL3	Bollenbedrijf met lelie	0	Duinzandgebied	40	20	0	0	0
	Dekzd	BL4	Gespecialiseerd leliebedrijf	0	Overig zand	40	20	0	0	0
Boomteelt	Zand	B01	Sierheesters en coniferen		Zand, noord	160	120	120	80	80
		B02	Laanbomen		Zand, midden	160	120	120	80	80
		B03	Rozen + akkerbouw		Zand, zuid	93	72	65	46	40
		B04	Bos- en haagplantsoen		Zand, zuid	160	120	120	80	80

4.3 Conclusie

Op naar schatting 2/3 van het zandareaal en de helft van het klei areaal is de fosfaattoestand hoger dan $P_w=45$. Op dit areaal is voor vrijwel alle gewasgroepen de behoefte lager dan 60 kg P_2O_5 per ha, behalve groepen 0 en 1 die nog een behoefte van 70 kg per ha hebben. Bij een lagere P_w stijgt de behoefte tot (ver) boven 60 kg P_2O_5 per ha. Bij $P_w=25$ heeft alleen groep 4 (alle grondsoorten) en groep 3 (zeeklei, zeezand) nog een behoefte lager dan 60 kg P_2O_5 per ha. Groep 1 heeft dan een behoefte van 135 kg P_2O_5 per ha. Al deze cijfers hebben betrekking op gewasniveau.

Gewassen worden geteeld in rotaties, waardoor bedrijven bij een generieke norm gebruik kunnen maken van verschillen in behoefte tussen gewassen. Fosfaatbemesting wordt dan van de minder behoeftige naar meer behoeftige gewassen verschoven – zoals ook nu al gebeurt. Daardoor kan een deel van de knelpunten die op gewasniveau naar voren kwam, verdwijnen. Daaruit blijkt dat er bij $P_w=40$ enkele bedrijven zijn (bouwplannen met meer dan 50% fosfaatbehoefte gewassen; groep 0 en groep 1) waar de nominale behoefte hoger is dan 60 kg P_2O_5 per ha. Bij $P_w=35$ en lager kunnen veel van de modelbedrijven de nominale bouwplanbehoefte niet meer dekken en worden de overschrijdingen veel groter.

5 Bedrijfseconomische effecten fosfaatgebruiksnormen

In dit hoofdstuk wordt ingegaan op de economische gevolgen van een verlaagde fosfaatgebruiksnorm. Eerst worden de effecten op gewasniveau in kaart gebracht (paragraaf 5.1). Vervolgens worden de consequenties op bedrijfsniveau beschreven (paragraaf 5.2).

5.1 Gevolgen suboptimale fosfaatvoorziening op gewasniveau

Om de gevolgen van een suboptimale fosfaatvoorziening op gewasniveau weer te geven is gebruik gemaakt van de resultaten van zowel veeljarige als eenjarige fosfaatbemestingsproeven. Deze worden hieronder besproken.

5.1.1 Veeljarige fosfaatproefvelden

In Nederland liggen voor de akkerbouw en vollegrondsgroenteteelt slechts een zeer beperkt aantal veeljarige fosfaatproefvelden. Het betreft proefvelden van Alterra (Wijster en Marknesse) en PPO (Lelystad). De resultaten tot en met 2001 zijn beschreven in Ehlert et al. (2003).

Lelystad

In de veldproef PPO-1801 zijn in de periode 1986-1989 vier fosfaattoestanden gecreëerd en zijn vanaf 1990 opbrengstbepalingen uitgevoerd. Jaarlijks is een bemesting van respectievelijk 0, 70, 140 en 280 kg P_2O_5 per ha gegeven (op jaarbasis zijn deze giften wel eens verschillend). Als gevolg hiervan zijn de vier toestanden in de tijd uiteen gaan lopen. Feitelijk geven de resultaten van dit proefveld een 'worst case' situatie. Bemesting en fosfaattoestand van de grond zijn met elkaar verstrengeld, waarbij enerzijds een lage fosfaattoestand samen gaat met het achterwege blijven van de fosfaatbemesting en anderzijds een hoge fosfaattoestand samen gaat met een jaarlijks hoge bemesting.

Tabel 20 geeft de relatieve drogestofopbrengst van het hoofdproduct van de geteelde gewassen per jaar en per combinatie van fosfaatgift en fosfaattoestand. De drogestofopbrengst bij het object met fosfaattoestand 'ruim voldoende' en een jaarlijkse gift van 70 kg P_2O_5 per ha is daarbij op 100% gesteld. In jaren dat meerdere gewassen per jaar op het proefveld zijn geteeld, is per object een gemiddelde van de betreffende gewassen weergegeven. Het vergelijken van de gewassen onderling is moeilijk, omdat ze in verschillende jaren geteeld zijn en het opbrengsteffect mede wordt bepaald door verschillen in groeiomstandigheden tussen de jaren.

Gemiddeld over de gehele periode is de opbrengst bij het object 'geen fosfaatbemesting/toestand laag' 9% lager dan bij het object '70 kg P_2O_5 per ha/toestand ruim voldoende'. Opvallend is dat er geen sprake is van een cumulatief effect. Dit stemt overeen met het gemeten Pw-getal (Pw-verloop is weergegeven in hoofdstuk 7, lange termijn-effecten). Ondanks het achterwege blijven van de fosfaatbemesting is het Pw-getal van het object 'geen fosfaatbemesting/toestand laag' nauwelijks gedaald. Verhoging van de jaarlijkse fosfaatgift van 70 naar respectievelijk 140 en 280 kg P_2O_5 per ha heeft, gemiddeld over de gewassen, op dit proefveld geen hogere opbrengst tot gevolg gehad.

Bij de vollegrondsgroenten is tevens gekeken naar de kwaliteit. Bij een Pw-getal hoger dan de landbouwkundige streefwaarde (Pw 25/30) was er geen effect van fosfaatbemesting op de kwaliteit. Bij een Pw onder de streefwaarde was dit bij sla wel het geval. Er was in dat geval sprake van onvoldoende kropvorming.

Marknesse

In Marknesse liggen twee veeljarige fosfaatbemestingsproeven. Proefveld IB 0013 is te karakteriseren als een hoeveelhedenproefveld en IB 0016 als een toestanden-hoeveelhedenproefveld. In IB 0013 zijn o.a. jaarlijkse giften van 0, 80, 160 en 240 kg P_2O_5 per ha met elkaar vergeleken. Evenals in de proef in Lelystad zijn daardoor de fosfaattoestanden uiteen gaan lopen. Wanneer de droge stofopbrengst bij het object met een jaarlijkse gift van 80 kg P_2O_5 per ha op 100% wordt gesteld dan bedroeg de relatieve gemiddelde droge stofopbrengst van het object zonder fosfaatbemesting in de periode 1972 t/m 2001

94% en die van de bemestingsniveaus 160 en 240 kg P₂O₅ per ha respectievelijk 101% en 102%.

Bij het proefveld IB 0016 reageerden de gewassen prei, graszaad, suikerbiet en spruitkool niet significant op een fosfaatbemesting. Met uitzondering van het gewas spruitkool zijn deze gewassen in de Adviesbasis ook niet in gewasgroep 0 en 1 geplaatst.

In beide proeven in Marknesse is geen effect vastgesteld van de fosfaattoestand en de fosfaatbemesting op de kwaliteit van de gewassen.

Wijster

Proefveld IB 1920 in Wijster is te omschrijven als een hoeveelhedenproef. De gemiddelde opbrengst van de aardappelen van het object zonder fosfaatbemesting was 10% lager dan die van het object met jaarlijkse bemesting van 90 kg P₂O₅ per ha. In de loop van de tijd is op dit proefveld het verschil in opbrengst tussen het onbemeste object en de bemeste objecten toegenomen. De opbrengst van het object met een jaarlijkse bemesting van 240 kg P₂O₅ per ha was 2% hoger dan die van de jaarlijkse bemesting met 90 kg P₂O₅ per ha.

Tabel 20. **Relatieve droge stofopbrengst (%) per fosfaattoestand/gift-combinatie per jaar op het veeljarige fosfaattrappenproefveld PPO-1801 in Lelystad in de periode 1990 t/m 2006 (drogestofopbrengst bij object toestand 'ruim voldoende' en jaarlijkse gift van 70 kg P₂O₅ per ha is op 100% gesteld).**

Jaar	Gewas	Toestand laag	Toestand ruim voldoende	Toestand vrij hoog	Toestand hoog
		0 kg P ₂ O ₅ /ha	70 kg P ₂ O ₅ /ha	140 kg P ₂ O ₅ /ha	280 kg P ₂ O ₅ /ha
1990	witlof	91	100	105	105
1991	spruiten	82	100	96	106
1992	slaboon	96	100	74	93
1993	suikerbiet	100	100	94	94
1994	erwt	95	100	93	100
1995	gerst	100	100	101	100
1996	5 gewassen ¹	94	100	105	107
1997	5 gewassen ¹	101	100	97	101
1998	gerst	89	100	98	101
1999	2 gewassen ²	91	100	101	101
2000	2 gewassen ²	89	100	104	108
2001	suikerbiet	89	100	101	99
2002	doperwt	79	100	95	76
2003	gerst	94	100	97	104
2004	zaaiui	80	100	104	103
2005	aardappel	81	100	122	116
2006	suikerbiet	97	100	98	100
gemiddeld		91	100	99	101

1 De 5 gewassen zijn: aardappel, kropsla, prei, bloemkool en peen

2 De 2 gewassen zijn: aardappel en kropsla

5.1.2 Overige recente eenjarige fosfaatproeven

In 2004 (kropsla, spinazie, aardbei en knolselderij) en 2005 (knolselderij, poot- en consumptieaardappel en aardbei) is op bedrijven van deelnemers aan het project 'Telen met Toekomst' onderzocht of de fosfaatbemesting op een verantwoorde manier verlaagd kan worden. Enerzijds betrof dit een bemesting op het niveau volgens de landelijke adviesbasis en anderzijds een verdere verlaging door aanpassingen in de bemestingswijze.

De resultaten van het onderzoek in 2004 hebben de sla- en spinazietelers binnen 'Telen met Toekomst' zodanig overtuigd dat ze nieuwe demo's in 2005 overbodig vonden en aangaven voortaan af te zien van fosfaatbemesting bij hoge Pw-getallen en ook af te zien van de standaardgift van 50 kg P₂O₅ per ha voorafgaand aan vroege teelten. In 2005 kon deze conclusie ook bij aardbei getrokken worden. De resultaten van de proeven bij knolselderij (2004 en 2005) en die bij poot- en consumptieaardappelen (2005)

laten zien dat in die jaren op deze percelen geen fosfaatbemesting nodig was geweest, terwijl er volgens de adviesbasis een gift van ongeveer 120 kg P₂O₅ per ha werd geadviseerd. Daar fosfaat in deze proeven niet beperkend was voor de opbrengst, konden geen verschillen tussen de objecten (o.a. toedieningsmethode) worden vastgesteld (Dekker & van Wijk, 2005).

5.1.3 Indicatieve opbrengstreductie

In Tabel 21 is een indicatie gegeven van de opbrengstreductie bij een aantal akkerbouw- en vollegrondsgroentegewassen die als voorbeeldgewas zijn gebruikt voor de afleiding van het gewasgerichte advies voor gewasgroep 0 (peen op zandgrond), gewasgroep 1 (aardappel) en gewasgroep 2 (suikerbiet). De weergegeven respons is gebaseerd op het gemiddelde van de veldproeven die ten grondslag hebben gelegen aan het advies. De opbrengst bij bemesting volgens advies bij het betreffende Pw-getal is daarbij op 100% gesteld.

Het blijkt dat de opbrengstreductie ten gevolge van een suboptimale fosfaatbemesting bij fosfaatbehoefte gewassen vaak beperkt blijft tot enkele procenten. De opbrengstreductie in de situatie dat geen fosfaatbemesting wordt gegeven, is kleiner dan die waargenomen in de hiervoor genoemde veeljarige fosfaatbemestingsproeven. Hierbij moet worden benadrukt dat in de laatstgenoemde proeven het Pw-getal bij de objecten zonder fosfaatbemesting echter steeds lager was dan de in Tabel 21 gehanteerde Pw van 30.

Tabel 21. **Indicatieve opbrengstreductie (in procenten) bij gereduceerde fosfaatbemesting (Ehlert et al., 2000, Bakker & Ris, 1971, Henkens, 1984).**

Gewas	Fosfaattoestand	Fosfaatbemesting in kg P ₂ O ₅ ha				
		0	60	90	120	240
Peen (zand)	Pw 30	4	3	2	2	0
	Pw 45	1	1	1	1	0
Aardappel	Pw 30	4	1	0	0	0
	Pw 45	2	0	0	0	0
Suikerbiet	Pw 30	4	0	1	0	0
	Pw 45	2	0	0	0	0

Bij boom- en fruitteeltgewassen is vrijwel geen informatie beschikbaar om een schatting te maken van opbrengst- en kwaliteitseffecten bij een suboptimale fosfaatbemesting.

Geconcludeerd kan dat de beschikbare experimentele gegevens aangeven dat de respons op fosfaatbemesting bij Pw=30 en hoger zwak is. Alleen bij lage toestanden (Pw < 25) kan er, afhankelijk van het geteelde gewas, sprake zijn van substantiële opbrengstderingen (5-10%).

5.2 Gevolgen aanscherping P-gebruiksnorm op bedrijfsniveau

In deze paragraaf worden de bedrijfseconomische effecten van aanscherping van de fosfaatgebruiksnormen in kaart gebracht. Er wordt gebruik gemaakt van de reeds eerder genoemde modelbedrijven (3.4.2), die representatief zijn voor de betreffende sectoren. Eerst worden de doorgerekende scenario's beschreven (5.2.1). Vervolgens wordt de gehanteerde methodiek en uitgangspunten uiteengezet (5.2.2). Ten slotte worden in paragraaf 5.2.3 de resultaten weergegeven.

5.2.1 Scenario's

In Tabel 22 zijn de beschouwde scenario's weergegeven. Wat betreft de fosfaatgebruiksnorm zijn twee niveaus doorgerekend, 80 en 60 kg P₂O₅ per ha. Dit betreft de voorgenomen gebruiksnormen voor respectievelijk 2009 en 2015. Beide gebruiksnormen zijn geëvalueerd bij twee niveaus van fosfaattoestand van bodem, Pw30 en Pw45. Dit betreft respectievelijk de onder- en bovenkant van het landbouwkundig streeftraject.

Als referentie is uitgegaan van de gebruiksnormen van 2006 (zowel stikstof als fosfaat) bij een gemiddelde Pw van 45. Dit is gedaan omdat uit onderzoek is gebleken dat de gemiddelde fosfaattoestand in de meeste regio's gelijk is aan 45 of hoger (Schoomans, 2007). Wat betreft de stikstofgebruiksnorm is voor *klei* bij de fosfaatgebruiksnorm van zowel 80 als 60 kg P₂O₅ per ha uitgegaan van het niveau van 2009. De stikstofgebruiksnorm is in dat jaar 10% lager dan in 2006 en bevindt zich dan op het niveau van het bemestingsadvies. Voor zand- en lössgrond waren (bij het opstellen van dit rapport) voor de periode na 2007 nog geen stikstofgebruiksnormen vastgesteld. Daarom zijn de berekeningen uitgevoerd bij twee niveaus: niveau 2007 (5% lager dan in 2006) en een korting van 20% t.o.v. 2006. De korting geldt alleen voor uitspoelingsgevoelige gewassen. Dit betreft al die gewassen, waarbij de stikstofgebruiksnorm in 2007 met 5% is verlaagd.

Tabel 22. **Beschouwde scenario's economische berekeningen voor de akker- en tuinbouw.**

Scenario	Fosfaatgebruiksnorm (kg P ₂ O ₅ per ha)	Pw	stikstofgebruiksnorm	
			Zand/löss	Klei
Referentie	95/85 ¹	45	2006	2009
1	80	30	2007 en 2006-20% ²	2009
2	80	45	2007 en 2006-20% ²	2009
3	60	30	2007 en 2006-20% ²	2009
4	60	45	2007 en 2006-20% ²	2009

1 respectievelijk totale aanvoer en aanvoer met dierlijke mest

2 korting van 20% geldt alleen voor uitspoelingsgevoelige gewassen

5.2.2 Methodiek

De effecten van een verlaagde fosfaatgebruiksnorm zijn op bedrijfsniveau geëvalueerd. Hiertoe wordt dezelfde methodiek gehanteerd als bij de studie naar de bedrijfseconomische effecten die in het kader van de Evaluatie Meststoffenwet 2007 is uitgevoerd (Van Dijk et al., 2007). Hierin zijn per sector de gevolgen van aanscherping van de gebruiksnormen in kaart gebracht met behulp van modelbedrijven die representatief zijn voor de diverse sectoren. Hieronder worden de uitgangspunten toegelicht.

Modelbedrijven

In hoofdstuk 3.4 werd een overzicht gegeven van de modelbedrijven, met typering van de belangrijkste bedrijfstypes. Detailgegevens (bouwplansenstelling, areaal) zijn weergegeven in Bijlage 1.

In onderstaande paragrafen wordt bij de bedrijven nog aanvullende informatie gegeven, welke nodig is om de economische effecten van gebruiksnormen te kunnen kwantificeren.

Organische bemesting

Tabel 23 geeft het gebruik van organische mest (in kg P₂O₅ per ha) op de modelbedrijven. De gehanteerde niveaus zijn gebaseerd op BIN-registraties, resultaten van workshops die in het kader van EMW2007 zijn georganiseerd en ervaringen uit bedrijvenproject zoals Telen met Toekomst.

Akkerbouw

Op kleigrond is bij een fosfaatgebruiksnorm van 80 kg P₂O₅ per ha uitgegaan van een verlaagd gebruik van dierlijke mest ten opzichte van de referentie vanwege aanscherping van de wettelijke N-werkingscoëfficiënt bij herfsttoediening (niveau 2009). Op grond van de fosfaatgebruiksnorm is geen aanpassing nodig. Op zandgrond is het gebruik van dierlijke mest niet verlaagd. Bij een fosfaatgebruiksnorm van 60 kg P₂O₅ per ha moet het gebruiksniveau van dierlijke mest op veel bedrijven (verder) worden verlaagd. Dit is wel direct een gevolg van de aanscherping van de P-gebruiksnorm.

Op een aantal bedrijven wordt in het referentiescenario (deels) kippenmest gebruikt. In de andere scenario's is deze vervangen door varkensdrijfmest, omdat naar verwachting kippenmest dan voor een belangrijk deel zal worden verwerkt buiten de Nederlandse landbouw (o.a. export naar buitenland, verbranding).

Vollegrondsgroenten

Het gebruik van soort en hoeveelheid organische mest wisselt sterk tussen de regio's. Op de koolbedrijven in Noord-Holland wordt in het algemeen weinig organische mest gebruikt. Op de zandbedrijven is gekozen voor een mix van varkensdrijfmest, chompost en compost (1:1:1 o.b.v. stikstofaanvoer). Dit is gebaseerd op ervaringen uit praktijkprojecten en sluit aan bij de praktijk waar veel waarde wordt gehecht aan aanvoer van voldoende organische stof.

Bloembollen

Voor de duinzandgronden is uitgegaan van een aanvoer van 6500 kg effectieve organische stof per ha per jaar op eigen land om het organische stofgehalte te handhaven (Ten Berge et al., 2007). Op de bedrijven BL1 en BL2 is uitgegaan van een combinatie van vaste rundermest en GFT-compost. Hierbij wordt de vaste rundermest zoveel mogelijk voor de teelt van hyacint gegeven. Bij aanscherping van de fosfaat-gebruiksnorm is de vaste rundermest steeds meer vervangen door compost. Bedrijf BL3 gebruikt compost en runderdrijfmest. Laatstgenoemde mestsoort wordt vooral ingezet op het huurland. Op bedrijf BL4 ten slotte, wordt alleen varkensdrijfmest gebruikt.

Boomteelt

Op bedrijf B01, B02 en B04 worden vaste rundermest en/of compost gebruikt. Op bedrijf B03 wordt alleen runderdrijfmest gebruikt. Op alle bedrijven wordt de organische mest in het voorjaar toegediend.

Overige uitgangspunten

Prijzen organische mest

Voor de prijzen van dierlijke mest is uitgegaan van dezelfde niveaus als gehanteerd de Evaluatie Meststoffenwet 2007 (Tabel 24). Benadrukt moet worden dat het om grove indicaties gaat gebaseerd op interviews met de mestdistributeurs (persoonlijke mededeling LEI). Het betreft in de meeste gevallen negatieve prijzen (de teler ontvangt geld).

Voor compost is uitgegaan van een regio-specifieke prijs, die afhangt van de prijs van dierlijke mest in de verschillende regio's. Voor die regio's waar compost wordt gebruikt op de modelbedrijven, het zuidelijk zandgebied en het duinzandgebied, is een prijs gehanteerd van respectievelijk 0 en 5 € per m³. Voor chompost (alleen gebruikt op de groentebedrijven in het zuidelijk zandgebied) en vaste rundermest (boomteeltbedrijven en bloembollenbedrijven) is uitgegaan van een prijs van respectievelijk 0 en 30 € per m³.

Voor zowel 2007, 2009 als 2015 zijn dezelfde prijzen gehanteerd. De verwachting is dat voor dierlijke mest in 2009 en 2015 de prijzen eerder meer dan minder negatief zullen zijn door een toenemende druk op de mestmarkt.

De prijzen zijn exclusief toediening. Voor drijfmest is hiervoor een tarief gehanteerd van €2,75 per m³. Voor vaste mest is onderscheid gemaakt tussen soorten waarbij doorgaans wat hogere giften worden toegediend (vaste rundermest en chompost) en soorten waarbij de giften lager zijn (compost en kippenmest). De gehanteerde tarieven zijn respectievelijk 4 en 6,25 € per m³.

Tabel 24. **Gehanteerde prijzen voor dierlijke mest (€/ton, levering op kopakker).**

Mestsoort	Regio					
	Klei/noord	Klei/centraal	Klei/zuidwest	Zand/noord	Zand/zuid	Löss
Varkensdrijfmest	-5	-10	-10	-10	-15	-15
Runderdrijfmest	0	-5	-5	-5	-10	-10
Kippenmest	-15	-20	-20	-20	-25	-25

Overige uitgangspunten basisbemestingsstrategie

- Bij de stikstofwerking van de organische mest wordt uitgegaan van de huidige adviesrichtlijnen.
- Bij de stikstof, fosfaat en kalibemesting is uitgegaan van de adviezen zoals vermeld in de diverse Adviesbases. Het fosfaat- en kalibemestingsadvies hangt af van de bodemtoestand (Pw en kaligetal). Bij het kaligetal is in alle scenario's uitgegaan van de landbouwkundige streefwaarde (11 op zand en 18 op klei). Bij fosfaat en kali is ook het bodemgerichte advies van belang. Dit richt zich vooral op handhaving van de bodemtoestand. Op bouwplanniveau dient de onttrekking te worden gecompenseerd plus het onvermijdbaar verlies. Hierbij is uitgegaan van 20 kg P_2O_5 per ha voor alle grondsoorten en 0, 25 en 50 kg K_2O per ha voor respectievelijk klei-, löss- en zandgrond. Bij stikstof en fosfaat gelden de gebruiksnormen als maximum.
- Bij de stikstofnawerking van gewasresten en groenbemesters is uitgegaan van de richtlijnen zoals vermeld in de Adviesbasis. Wat betreft gewasresten is alleen voor bietenblad een nawerking ingerekend (30 kg N per ha). Voor goed ontwikkelde groenbemesters is uitgegaan van een stikstofnawerking van 30 en 40 kg per ha voor respectievelijk klei- en zandgrond, voor een matig ontwikkelde groenbemesters van 15 en 20 kg per ha.

Tabel 23. **Gehanteerde gebruiksniveaus organische mest op de modelbedrijven akker- en tuinbouw.**

Sector	Grondsoort	Bedrijf	Omschrijving	Regio	P-aanvoer organische mest (kg P ₂ O ₅ per ha)			Mestsoorten ¹
					P95/85	P80	P60	
Akkerbouw	Klei	NZK	Graanbedrijf	Noordelijke klei	46	29	29	VDM, VKM
		CZK1	Pootgoedbedrijf	Centrale klei	48	38	38	VDM, VKM
		CZK2	Pootgoedbedrijf (met huurland)	Centrale klei	48	38	38	VDM, VKM
		CZK3	Consumptieaardappelbedrijf	Centrale klei	60	47	47	VDM, VKM
		ZWK	Consumptieaardappelbedrijf	Zuidwestelijke klei	70	58	50	VDM
	Zand	NON1	Zetmeelaardappelbedrijf (1:3)	Noordoostelijk zand	73	70	55	VDM, VKM
		NON2	Zetmeelaardappelbedrijf (1:2)	Noordoostelijk zand	73	70	55	VDM, VKM
		ZON1	Consumptieaardappelbedrijf met groenten	Zuidoostelijk zand	75	75	55	VDM, RDM
		ZON2	Gespecialiseerd consumptieaardappelbedrijf	Zuidoostelijk zand	75	75	55	VDM, RDM
	Löss	Löss	Consumptieaardappelbedrijf	Zuid-Limburg	53	41	41	VDM
Vollegronds- Groenten	Klei	Vgg1	Bloemkool	Centrale klei	20	17	17	VDM, VKM
		Vgg2	Sluitkool	Centrale klei	20	17	17	VDM, VKM
		Vgg3	Spruitkool	Zuidwestelijke klei	70	58	52	VDM
	Zand	Vgg4	Prei+ijsla	Zand, zuid	55 ²	55 ²	55 ²	VDM, CHAM, COMP
		Vgg5	Prei+broccoli/knolvenkel/Chinese kool	Zand, zuid	58 ²	58 ²	53 ²	VDM, CHAM, COMP
		Vgg6	Prei + aardbei	Zand, zuid	65 ²	65 ²	62 ²	VDM, CHAM, COMP
Bloembollen	Duinzand	BL1	Bollenbedrijf met hyacint (1:2)	Duinzandgebied	112	101	86	VRM, COMP
		BL2	Gemengd bollenbedrijf met hyacint (1:4)	Duinzandgebied	111	111	96	VRM, COMP
		BL3	Bollenbedrijf met lelie	Duinzandgebied	61	73		RDM COMP
	Dekzand	BL4	Gespecialiseerd leliebedrijf	Overig zand	42	42	42	VDM
Boomteelt	Zand	BO1	Sierheesters en coniferen	Zand, noord	59	59	59	VRM, COMP
		BO2	Laanbomen	Zand, midden	55	55	55	VRM
		BO3	Rozen + akkerbouw	Zand, zuid	48	48	48	RDM
		BO4	Bos- en haagplantsoen	Zand, zuid	35	35	35	VRM, COMP

1 VDM = varkensdrijfmest, RDM = runderdrijfmest, VKM = vaste kippenmest, VRM = vaste rundermest, CHAM = champost, COMP = compost

2 Inclusief alle fosfaat uit compost

5.2.3 Resultaten

Inkomenseffecten bestaan uit drie componenten:

- verandering van inkomsten uit inzet van dierlijke mest (die een negatieve prijs heeft);
- verandering van kunstmestkosten (vervanging stikstof, fosfaat en kali uit dierlijke mest, maar ook daling kosten lagere gebruiksnormen);
- derving van gewasproductie door fosfaattekort.

Opbrengstderving kan een gevolg zijn van een tekort aan stikstof en/of fosfaat. Het economisch effect van fosfaattekort in strikte zin (dus via productiederving ten gevolge van suboptimale fosfaatbemesting) wordt vastgesteld door in elk scenario de derving in gewasopbrengst (€ per ha) te verminderen met de derving die reeds bestond in het scenario 'norm80/Pw45'. Deze laatste ontstond alléén ten gevolge van een stikstoftekort.

Resultaten in het kort

Bij een fosfaatgebruiksnorm van 80 kg P₂O₅ per ha en Pw=45 (scenario 'norm80/Pw45') treden op de akkerbouw- en vollegrondsgroentebedrijven nergens dervingen ten gevolge van fosfaattekort op. Wel is er sprake van een verandering in bemestingskosten (mestafnamepremie+kunstmestkosten). De stijging oplopen tot € 45 per ha. Dit is vooral een gevolg is van verlaging van de mestgebruiksniveaus vanwege de ontmoediging van de najaarstoediening op kleigrond. Verlaging was niet noodzakelijk vanuit oogpunt van de fosfaatgebruiksnorm. Een verlaging van de fosfaatgebruiksnorm naar 60 kg P₂O₅ per ha leidt tot een verdere stijging van de bemestingskosten (oplopend tot 105 € per ha). Dit is wel direct een gevolg van de aangescherpte fosfaatgebruiksnorm (minder dierlijke mest). Bij een Pw van 45 is er ook bij een fosfaatgebruiksnorm van 60 kg P₂O₅ per ha op de meeste bedrijven nog geen sprake van een fosfaattekort.

Bij een Pw van 30 zijn de verschuivingen in bemestingskosten vergelijkbaar met die bij Pw 45. Wel is er nu op een deel van de bedrijven sprake van opbrengstderving als gevolg van een fosfaattekort. Op de akkerbouwbedrijven loopt de financiële derving uiteen tussen 0 en 30 € per ha (fosfaatgebruiksnorm 80 kg P₂O₅ per ha) en 0 en 40 € per ha (fosfaatgebruiksnorm 60 kg P₂O₅ per ha). Op de vollegrondsgroentebedrijven is de derving groter en bedraagt 0-75 (fosfaatgebruiksnorm 80 kg P₂O₅ per ha) en 0-135 € per ha (fosfaatgebruiksnorm 60 kg P₂O₅ per ha).

Hieronder een verdere toelichting per sector.

Akkerbouw

In tabel 25 zijn de resultaten van de bedrijfsberekeningen weergegeven. Het resultaat is uitgedrukt als een daling van het economisch resultaat (€ per ha) ten opzichte van de referentie. Bij de referentie is uitgegaan van het gebruiksnormniveau van 2006 bij een Pw van 45.

Vanwege het korte tijdsbestek, waarin de studie moest worden uitgevoerd zijn niet alle modelbedrijven doorgerekend. Gekozen is voor die bedrijven die het belangrijkste deel van de akkerbouw representeren. De resultaten bij de zand- en lössbedrijven betreffen die bij de stikstofgebruiksnorm van 2007. De uitkomsten bij een gebruiksnorm die 20% lager is dan in 2006 waren vergelijkbaar en zijn niet apart weergegeven.

Pw 45

Bij een Pw van 45 kan in alle gevallen volgens het fosfaatbemestingsadvies worden bemest. Dat betekent dat het economisch effect van aanscherping van de fosfaatgebruiksnorm vooral wordt bepaald door vermindering van gebruik van organische mest en veranderingen in kunstmestgebruik. De geringe opbrengstderving op een aantal bedrijven (CZK1/3, ZWK) is een gevolg van een stikstoftekort. De verandering in bemestingskosten varieert van -30 tot +45 € per ha. De daling van de kosten op een deel van de bedrijven is deels een gevolg van lagere fosfaatkunstmestkosten. Dat dit niet direct leidt tot een fosfaattekort komt, omdat deze bemesting werd gegeven om te voldoen aan het bodemgerichte advies (handhaving fosfaattoestand). Aan het gewasgerichte advies kon wel worden voldaan. De daling van de kosten vloeit deels ook voort uit de vervanging van de kippenmest door varkensdrijfmest. De vergoeding per m³ is lager voor laatstgenoemde mestsoort, maar door het grotere aangevoerde volume stijgt de totale

vergoeding op bedrijfsniveau. Op bedrijf NON1 stijgt hierdoor bijvoorbeeld het inkomen. Zoals reeds eerder aangegeven is deze aanpassing in mestgebruik gebaseerd op de verwachting dat vanaf 2009 een groot deel van de kippenmest grotendeels buiten de landbouw zal worden afgezet. Op de kleibedrijven is het gebruiksniveau van organische mest verlaagd, waardoor de bemestingskosten wel stijgen (15-45 € per ha). Benadrukt moet worden dat dit vooral een gevolg is van ontmoediging van de najaarstoediening op deze grondsoorten (verhoging wettelijke stikstofwerkingscoëfficiënt dierlijke mest), maar niet noodzakelijk vanuit oogpunt van de fosfaatgebruiksnorm.

Bij een fosfaatgebruiksnorm van 60 kg P₂O₅ per ha hoeft op bedrijven NZK, CZK1, CZK3 en Löss het gebruik van dierlijke mest niet verder te worden verlaagd. Door de lagere gebruiksnorm dalen ten opzichte van een gebruiksnorm van 80 kg P₂O₅ per ha wel de kunstmestkosten (voor fosfaat). Op de andere bedrijven moet de hoeveelheid dierlijke mest verder worden teruggebracht en dalen de inkomsten uit gebruik van dierlijke mest. Op bedrijf ZON1 is dit effect het sterkst (€105 per ha) door de relatief hoge vergoeding die wordt ontvangen voor dierlijke mest.

Pw 30

Bij Pw 30 is met uitzondering van de bedrijven NZK en Löss, bij een gebruiksnorm van zowel 80 als 60 kg P₂O₅ per ha op alle bedrijven sprake van een tekort aan fosfaat. Bij bedrijf CZK1 en ZWK bedraagt de bouwplanbehoefte circa 60 kg P₂O₅ per ha. Dat hier toch een tekort ontstaat, is een gevolg van een niet optimale verdeling van fosfaat, doordat dierlijke mest (en dus fosfaat) wordt toegediend aan winter tarwe. Hierdoor resteert er te weinig fosfaat voor de fosfaatbehoefte gewassen. Het knelpunt kan worden opgelost door minder mest te gebruiken waardoor er meer ruimte is voor kunstmestfosfaat voor de fosfaatbehoefte gewassen. Dit is door de gunstige mestprijzen een dure maatregel. Een andere optie is de dierlijke mest niet aan tarwe te geven maar aan gewassen met een hogere fosfaatbehoefte. In dat geval zou er in het voorjaar mest aan gewassen moeten worden toegediend, die zich daar minder goed voor lenen (suikerbieten, uien).

Op de zandbedrijven (NON1 en ZON1) is de verdeling van fosfaat uit mest over de gewassen geen probleem. Aan alle fosfaatbehoefte gewassen kan dierlijke mest worden toegediend. Vooral op bedrijf ZON1 (hoog aandeel fosfaatbehoefte gewassen) loopt de opbrengstderving bij een gebruiksnorm van 80 en 60 kg P₂O₅ per ha op tot respectievelijk 30 en 40 € per ha.

Tabel 25. **Daling economisch resultaat (€ per ha) ten opzichte van de referentie bij modelbedrijven akkerbouw.**

Pw	Fosfaat- gebruiksnorm (kg P ₂ O ₅ per ha)	Economisch effect (€ per ha)	Bedrijf						
			NZK	CZK1	CZK3	ZWK	NON1	ZON1	Löss
45	80	Kosten mest	7	5	8	20	-21	0	34
		Kosten kunstmest	7	11	12	12	-10	0	9
		Opbrengstderving	0	3	1	4	0	0	0
		Daling resultaat	14	19	21	36	-31	0	43
45	60	Kosten mest	7	5	8	34	5	65	34
		Kosten kunstmest	-4	8	2	18	7	41	-1
		Opbrengstderving	0	3	1	3	0	0	0
		Daling resultaat	2	16	12	55	12	106	33
30	80	Kosten mest		5	8	20	-21	0	
		Kosten kunstmest		19	14	15	-7	2	
		Opbrengstderving		5	12	7	0	29	
		Daling resultaat		30	34	42	-29	31	
30	60	Kosten mest		5	8	34	5	65	
		Kosten kunstmest		8	2	18	7	41	
		Opbrengstderving		15	27	13	5	38	
		Daling resultaat		28	37	66	17	144	

In de bovenstaande berekeningen is uitgegaan van een regio-specifiek gebruik en prijs van dierlijke mest. De fosfaatgebruiksnorm was daarbij niet volledig opgevuld met dierlijke mest. Omdat de economische effecten van aanscherping van de fosfaatgebruiksnorm sterk worden bepaald door inkomsten uit dierlijke mest, is in Tabel 26 weergegeven hoe de bemestingskosten (vergoeding voor mest, kunstmestkosten) stijgen bij aanscherping van de fosfaatgebruiksnorm, indien deze maximaal zou zijn opgevuld met dierlijke mest. Dit is gedaan voor een mestprijs van variërend van -15 tot 5 € per ha bij zowel varkensdrijfmest als runderdrijfmest. Door het relatief hoge fosfaatgehalte heeft verlaging van de fosfaatgebruiksnorm vooral effect bij gebruik van varkensdrijfmest. De effecten bij een fosfaatgebruiksnorm van 80 kg P₂O₅ per ha zijn nog relatief gering vanwege de geringe aanscherping ten opzichte van 2006 (5 kg P₂O₅ per ha). Een verlaging tot 60 kg P₂O₅ per ha leidt bij sterk negatieve prijzen tot een toename van de bemestingskosten van meer dan 100 € per ha.

Benadrukt moet worden dat er geen rekening is gehouden met prijs- en markteffecten van de aanscherping van de gebruiksnormen. Het ligt in de lijn van de verwachting dat de mestafzetprijzen hoger worden naarmate de gebruiksnormen lager worden en dat de akkerbouwer dan een hogere vergoeding krijgt per kuub drijfmest. Afhankelijk van de prijsstijging, kan dit het negatieve inkomenseffect van verlaging van de gebruikruimte voor dierlijke mest compenseren.

Tabel 26. **Effecten van verlaging van de fosfaatgebruiksnorm naar 80 en 60 kg P₂O₅ per ha op de bemestingskosten (vergoeding voor mest, kunstmestkosten; positief getal betekent stijging van kosten) bij maximale opvulling van de fosfaatgebruiksnorm met dierlijke mest (€ per ha, verschil ten opzichte van referentie 2006).**

Mest- Soort	Toedienings- tijdsp	Bemestende waarde ¹ (€ per ton)	Fosfaatgebruiksnorm (kg P ₂ O ₅ per ha)	Mestprijs				
				-15	-10	-5	0	5
VDM ²	Voorjaar	6.5	80	26	20	14	8	2
			60	128	98	68	39	9
	Najaar	4	80	23	17	11	5	-1
			60	113	83	54	24	-6
RDM ²	Voorjaar	4.5	80					
			60	22	17	11	5	-1
	Najaar	3	80					
			60	21	15	9	3	-2

1 vervanging van kunstmest stoffen en kali

2 VDM = varkensdrijfmest, RDM = runderdrijfmest

Vollegrondsgroenten

In Tabel 27 zijn de resultaten voor de vollegrondsgroenten weergegeven. De resultaten van de zandbedrijven Vgg4, Vgg5 en Vgg6 zijn weergegeven bij zowel de N-gebruiksnorm van 2007 als bij een variant, waarbij het niveau (voor uitspoelingsgevoelige gewassen) 20% lager was dan in 2006.

Pw 45

Op de kleibedrijven Vgg1 en Vgg2 is de fosfaatbehoefte laag, waardoor er geen sprake is van opbrengstderving als gevolg van een fosfaattekort. Dat het inkomen stijgt met circa €15 per ha komt, doordat kippenmest is vervangen door varkensdrijfmest (vanwege de verwachting dat kippenmest vanaf 2009 grotendeels buiten de landbouw zal worden verwerkt), waardoor de vergoeding voor mestgebruik stijgt. Het staat los van de aanscherping van de fosfaatgebruiksnorm. Op bedrijf Vgg3 daalt het inkomen met circa €15 per ha bij aanscherping van de fosfaatgebruiksnorm naar 80 kg P₂O₅ per ha. Dit komt doordat het mestgebruik is verlaagd vanwege de aanscherping van de stikstofwerkingscoëfficiënt. Bij een fosfaatgebruiksnorm van 60 P₂O₅ per ha is het mestgebruik verder verlaagd. Daarnaast ontstaat er fosfaattekort. Totaal leidt dit tot een inkomensdaling van circa €50 per ha.

Op het zandbedrijf Vgg4 leidt aanscherping van de fosfaatgebruiksnorm bij stikstofgebruiksnorm 2007 niet tot verschuivingen in het economisch resultaat. Dit komt omdat de fosfaataanvoer uit meststoffen bij de

referentie al lager is dan 60 kg P₂O₅ per ha. Bij een stikstofgebruiksnorm die met 20% is gekort is dat wel het geval. Het inkomen daalt met circa €85 per ha vooral veroorzaakt door opbrengstderving als gevolg van een suboptimale stikstofvoorziening. Bij bedrijf Vgg5 leidt aanscherping van de fosfaatgebruiksnorm bij stikstofgebruiksnorm 2007 tot een daling van het economisch resultaat van circa 10 en 35 € per ha. Dit is vooral een gevolg van een suboptimale stikstofvoorziening en verlaging van het mestgebruik. Bij een korting van N-gebruiksnorm met 20% zijn de inkomenseffecten veel sterker vooral als gevolg van opbrengstderving door een suboptimale stikstofvoorziening.

Pw 30

Op bedrijven Vgg1 en Vgg2 is de fosfaatbehoefte laag waardoor de aanscherping van de fosfaatgebruiksnorm bij een lagere Pw geen effect heeft op het inkomen. Op bedrijf Vgg3 leidt aanscherping van de fosfaatgebruiksnorm naar 80 en 60 kg P₂O₅ per ha tot een daling van het economisch resultaat van 65 en 85 € per ha. Dit is een gevolg van verlaging van het gebruik van dierlijke mest en opbrengstderving.

Op de zandbedrijven Vgg4 en Vgg5 leidt aanscherping van de P-gebruiksnorm bij stikstofgebruiksnorm 2007 tot een daling van het economisch resultaat met 85 en 25 € per ha (80 kg P₂O₅ per ha) en 135 en 75 € per ha (60 P₂O₅ per ha). Dit is vooral een gevolg van opbrengstderving door suboptimale fosfaatbemesting. Bij een N-gebruiksnorm die 20% lager is dan in 2006 zijn de effecten forser door extra opbrengstderving als gevolg van een suboptimale stikstofvoorziening.

Het bedrijf Vgg6 (prei-aardbei) is niet doorgerekend. Door de lage fosfaatbehoefte op dit bedrijf leidt aanscherping van de gebruiksnorm niet tot een fosfaattekort. Ook de verschuivingen in bemestingskosten zijn gering, omdat de fosfaataanvoer met organische mest en kunstmest in de referentie, evenals bij bedrijven Vgg4 en Vgg5, al rond de 60 kg P₂O₅ per ha ligt.

Tabel 27. **Daling economisch resultaat (€ per ha) ten opzichte van referentie bij modelbedrijven vollegrondsgroenten.**

Pw	Fosfaat-gebruiksnorm (kg P ₂ O ₅ per ha)	Economisch effect (€ per ha)	Bedrijf						
			Vgg1	Vgg2	Vgg3	Vgg4 GN2007 ¹	Vgg4 GN2007 -20%	Vgg5 GN2007	Vgg5 GN2007 -20%
45	80	Kosten mest	-15	-15	20	0	0	3	3
		Kosten kunstmest	-2	-2	-5	0	-13	-1	-32
		Opbrengstderving	0	4	4	0	99	7	230
		Daling resultaat	-17	-13	19	0	86	9	201
45	60	Kosten mest	-15	-15	34	0	0	18	18
		Kosten kunstmest	-2	-2	-1	0	-13	9	-23
		Opbrengstderving	0	4	16	0	99	7	230
		Daling resultaat	-17	-13	49	0	86	34	226
30	80	Kosten mest			34	0	0	3	3
		Kosten kunstmest			6	12	-1	14	-18
		Opbrengstderving			26	74	174	7	230
		Daling resultaat			66	87	173	24	216
30	60	Kosten mest			34	0	0	18	18
		Kosten kunstmest			-5	1	-12	14	-17
		Opbrengstderving			56	133	232	44	268
		Daling resultaat			85	134	220	77	269

1 GN2007 = stikstofgebruiksnorm 2007

Bloembollen

Zoals reeds eerder aangegeven dient bij de bloembolbedrijven op duinzandgrond vaste rundermest verder te worden vervangen door compost om binnen een fosfaatgebruiksnorm van 60 kg P₂O₅ per ha nog voldoende organische stof te kunnen aanvoeren. Wanneer geen hyacint wordt geteeld heeft dit naar verwachting geen gevolgen voor de opbrengst en kwaliteit en zal deze maatregel het inkomen doen stijgen omdat de compost goedkoper is dan de vaste rundermest. Indien wel hyacinten worden geteeld zijn de effecten lastiger te voorspellen. Er zijn aanwijzingen dat bij dit gewas gebruik van vaste rundermest in plaats van compost tot een hogere opbrengst en kwaliteit leidt (Ten Berge et al., 2007). In dat geval zal het inkomen dalen. Waarschijnlijk wordt er de komende jaren nieuw onderzoek gestart om dit aspect nader te onderzoeken en tevens om na te gaan of met een aangepast bemesting (o.a. verdeling kunstmeststikstof) ook met compost een vergelijkbaar teeltresultaat kan worden bereikt.

Boomteelt en fruitteelt

Met de gebruiksniveaus van organische mest, zoals gehanteerd bij de modelbedrijven, hoeven er bij een fosfaatgebruiksnorm van 60 kg P₂O₅ per ha in principe geen aanpassingen plaats te vinden ten opzichte van een fosfaatgebruiksnorm van 80 kg P₂O₅. Dit wel onder de voorwaarde dat fosfaat in aanvulgrond, om de afvoer met de kluit bij de boomteelt te compenseren, buiten de mestwetgeving wordt gehouden. Bij beide sectoren is niet bekend wat de gevolgen van suboptimaal bemesten zijn (bemesten beneden de normen aangegeven in de Adviesbasis).

5.3 Conclusie

Bij een Pw van 45 vloeien inkomenseffecten van aanscherping van de fosfaatgebruiksnorm vooral voort uit veranderingen in bemestingskosten (vergoeding voor mestafname, kunstmestkosten). De vermindering van inkomsten uit gebruik van dierlijke mest bepaalt relatief sterk het resultaat (vooral bij een fosfaatgebruiksnorm van 60 kg P₂O₅ per ha).

Bij een Pw van 30 treden, uitgaande van de nominale behoefte volgens de Adviesbasis, vooral op bedrijven met een relatief hoog aandeel fosfaatbehoefte gewassen tevens financiële opbrengstderving op als gevolg van een fosfaattekort. Deze lopen uiteen van 0-75 en 5-135 € per ha bij een gebruiksnorm van respectievelijk 80 en 60 kg P₂O₅ per ha.

6 Technische oplossingsrichtingen

6.1 Inleiding

Naarmate er een groter gat zit tussen de gemiddelde fosfaatbehoefte (adviesbasis) en de fosfaatgebruiksnorm zal efficiënter gebruik van fosfaatmeststoffen noodzakelijk zijn. De benutting op korte termijn is nu niet erg hoog. Dit blijkt al uit het feit dat er nauwelijks een relatie gevonden wordt tussen onttrekking en behoefte. In de toekomst is het ook om een andere reden nodig om de benutting van fosfaatmeststoffen te verbeteren: het feit dat de economisch winbare fosfaathoeveelheden in de wereld eindig zijn.

Naast de oplossingsmogelijkheden waarmee reeds rekening is gehouden in de economische evaluatie (besparen op fosfaatbemesting bij volgteelten, compensatie binnen bouwplan) zijn naar verwachting ook (forse) besparingen mogelijk met het plaatsen van fosfaatmeststoffen. Hieronder wordt ingegaan op de perspectieven.

Onder *plaatsen* wordt verstaan: het niet volvelds toedienen van fosfaatmeststoffen, maar het op beperkte gedeelten concentreren van de meststof, in de nabijheid van de plant in het horizontale vlak (rijen of plantgattoediening) of in het verticale vlak (ondiep).

Ook in de huidige adviesbasis wordt plaatsing vermeld. Op basis van Ehlert et al. (2002) wordt bij gewassen uit groep 0 bij $P_w < 45$ (dekzand, dalgrond, rivierklei en loss) en bij $P_w < 40$ (zeeklei, zeezand) al uitgegaan van plaatsing, dat wil zeggen in de adviesgift is de besparing al verwerkt. Bij hogere P_w 's vermeldt de adviesbasis dat ingeval van plaatsing kan worden volstaan met 50-75% van de volveldsgift. Ook bij mais en bonen wordt aangegeven dat een besparing mogelijk is van 25-50% indien de fosfaat als rijenbemesting wordt toegediend.

6.2 Achtergrond van fosfaatplaatsing

Het fosfaat-ion is veel minder mobiel in de bodem dan nitraat. Dat betekent dat de bewortelingsintensiteit een belangrijke factor is: naarmate er meer wortels zijn zal de transportafstand naar de wortel toe korter zijn en zal meer fosfaat opgenomen kunnen worden. Dit speelt des te meer bij lagere fosfaattoestanden van de grond en verklaart mogelijk het slechte verband tussen de fosfaatbehoefte volgens de adviesbasis en de feitelijke opname. Er lijkt zelfs een negatief verband te bestaan: gewassen met een relatief lage opname (o.a. groentegewassen met een korte groeiduur) hebben vaak een hoge behoefte. Dit heeft waarschijnlijk te maken met de bewortelingsintensiteit, de snelheid van wortelontwikkeling en de duur van de groeiperiode van het gewas (voor meer informatie zie Smit et al. (2008)).

Vooraf in de beginfase van de groei is de wortellengte de beperkende factor voor de fosfaatopname. Een eerste aanwijzing hiervoor is dat fosfaatgebrek voornamelijk zichtbaar wordt in de eerste groeifasen. Frans onderzoek (Plénet *et al.*, 2000) bij mais toonde aan dat groeiverschillen veroorzaakt door fosfaattoestand/bemesting voornamelijk tot stand komen in de eerste (exponentiële) fase van de groei. In de lineaire fase (met een veel hogere fosfaatopnamesnelheid) was er bijvoorbeeld geen verschil in de snelheid van ontwikkeling van het bladoppervlak.

Door fosfaat dicht bij het jonge plantje te concentreren (plaatsen) zal de benodigde fosfaat makkelijker opgenomen kunnen worden. Omdat in de eerste fasen van de groei ook relatief weinig fosfaat nodig is, kunnen de geplaatste hoeveelheden beperkt blijven (ten opzichte van de totale opname). In latere fasen van de groei zal de benodigde fosfaat gemakkelijker opgenomen kunnen worden, omdat de bewortelingsintensiteit dan aanzienlijk is toegenomen; ondanks het feit dat de opnamesnelheid in kg fosfaat per ha per dag dan veel hoger ligt. De vraag die in dit verband gesteld kan worden, is of voor de fosfaatbehoefte gewassen een hoge fosfaattoestand voornamelijk nodig is om de plant de eerste fasen van de groei door te laten komen. Dit is een cruciale vraag als het gaat om efficiëntieverbetering van

fosfaatbemesting in de Nederlandse landbouw.

6.3 Vormen van plaatsing

Plaatsing kan in verschillende vormen plaatsvinden:

- Het in verticale of horizontale vlak toedienen van fosfaatmeststoffen (plantgatbemesting, bandbemesting, rijenbemesting, ondiep toedienen), vaak ook gecombineerd met stikstof- of kalimeststoffen. Plaatsing kan worden uitgevoerd met zowel vaste meststoffen, maar ook met behulp van oplossingen (zogenaamde starter solutions, zie hieronder). Daarnaast kan ook dierlijke mest wordt geplaatst bijvoorbeeld door deze ondiep of als rijenbemesting toe te dienen. Wat betreft het laatste zijn hierbij bij maïs positieve resultaten gevonden (Schröder et al., 1995; Van der Schoot & van Dijk, 2001). Vooralsnog is dit geen breed toepasbare techniek vanwege de logistieke problemen die dit met zich meebrengt.
- Het bij geplante gewassen meegeven van fosfaatmeststoffen in kluit of perspotjes. Het is de vraag in hoeverre dit op dit moment al gebruikelijk is. Bovendien ontbreekt het zicht op de fosfaatstatus van de perspotjes op het moment van planten. Dit zal geanalyseerd moeten worden om daarmee ook de verdere perspectieven van plaatsing bij geplante gewassen te kunnen beoordelen.
- Fosfaatcoating van zaden. Recent heeft Kemira maïszaad met een fosfaatcoating op de markt gebracht ter vervanging van de fosfaatrijenbemesting die normaal in dit gewas wordt toegepast (het Kemira Grow How I-seed, het maïs ras Adenzo). Op deze manier wordt een relatief kleine hoeveelheid fosfaat (circa 10 kg P₂O₅ per ha) in de onmiddellijke nabijheid van het jonge plantje gebracht. Ook voor fosfaatbehoeftige groentegewassen biedt dit wellicht een oplossing. Ontwikkeling van een goed procedé voor andere gewassen dan maïs vergt echter onderzoek en tijd en is niet altijd mogelijk vanwege negatieve effecten op de kieming (pers. med. Kemira).
- Fertigatie kan ook als een vorm van plaatsing gezien worden. Vanwege de hoge kosten wordt het in de praktijk alleen toegepast bij hoog renderende teelten, voornamelijk om water en stikstof toe te dienen. Denkbaar is dat ook hiermee de fosfaatbenutting verbeterd kan worden ook, vooral bij lagere Pw's.

6.4 Efficiencyverbetering door plaatsing

6.4.1 Literatuurgegevens

In het kader van het opstellen van het huidige fosfaatbemestingsadvies voor vollegrondsgroenten is een literatuuronderzoek uitgevoerd naar het effect van plaatsen van fosfaat bij verschillende groentegewassen (Ehlert et al., 2002). Als factoren die het effect van plaatsing positief kunnen beïnvloeden worden in dit rapport genoemd:

- lage fosfaattoestand bodem
- lage vochttoestand bodem, lage (bodem)temperatuur
- ruime plantafstand
- sterke fosfaatvastlegging in bodem
- lage giften
- combinatie van korte groeiduur en een hoge fosfaatbehoefte

In het uitgevoerde literatuuronderzoek bleken de volgende gewassen positief te reageren op plaatsing: augurk, kool, koolraap, kropsla, stamslaboon, suikermaïs (bij lage fosfaattoestand), peen, ijssla en zaaiui. Geen of een gering effect werd gevonden bij: bloemkool, suikermaïs (bij een hoge fosfaattoestand)

In aanvulling op bovenstaand rapport is gekeken naar eventueel beschikbare andere en recentere literatuurgegevens.

Plaatsing van stikstof; al dan niet in combinatie met fosfaat en kali

Stone (1998) deed onderzoek naar injectie van vloeibare NPK-“starterbemesting” geplaatst onder het zaad van verschillende groentegewassen. Dit bleek de groei in de beginfase te stimuleren en vaak werden bij de oogst meeropbrengsten gerealiseerd, zelfs op gronden met een hoge fosfaat- en kali-toestand. Bij een lagere bodemvruchtbaarheid bleken geringe hoeveelheden van deze meststoffen de groei zodanig positief te kunnen beïnvloeden dat het verschil met bodems met een hoge bodemvruchtbaarheid gering of nihil was. De auteurs stellen zelfs dat het alleen met plaatsing mogelijk is om op gronden met lage bodemvruchtbaarheid het productieniveau te realiseren van gronden met een hoge bodemvruchtbaarheid.

Meer recent hebben Ma (1999-2004; 2006) in Taiwan onderzoek uitgevoerd omtrent vloeibare starters in de groenteteelt (o.a. kool, tomaat, peper). Toediening van slechts 7 kg N, 6 kg P en 6 kg K per ha in de vorm vloeibare starters was voldoende om 30-50% van de anorganische bemesting en 50% van de organische meststof te vervangen. De starteroplossing werd onmiddellijk na planten of op verschillende tijdstippen na planten (tot maximaal 72 dagen) toegediend. Er werd geconcludeerd dat een bemestingsstrategie gebaseerd op starteroplossingen in combinatie met organische en/of anorganische bronnen een verhoging teweeg brengt van de nutriëntenbenutting en een positief effect heeft op de financiële opbrengst, terwijl het risico op milieuproblemen vermindert.

Stone (2000a) vermeldt dat breedwerpig gestrooide kunstmestgiften vooral inefficiënt zijn bij gewassen met een zeer ruime rijenafstand. Onderzoek met vloeibare starters die vlak bij het zaad werden aangebracht, maakten duidelijk dat stikstof in combinatie met fosfaat (in de vorm van ammoniumfosfaat) de vroege groei en de uiteindelijke opbrengst bij de gewassen sla en ui duidelijk verbeterde (bij uien kon op deze manier dezelfde opbrengst bij een 50% lagere input aan stikstof gerealiseerd worden). Zonder de fosfaat werd echter geen verbetering geconstateerd, een aanwijzing dat het gunstige effect van starters voornamelijk aan fosfaat toegeschreven moet worden. De starters verhoogden in het algemeen de stikstofrecovery, waardoor bij een lagere stikstofinput eenzelfde opbrengst en kwaliteit wordt gerealiseerd.

Stone (2000b) vervolgde met alleen ammoniumfosfaat-starters het onderzoek in ui, sla, maïs en suikerbiet. Ook in dit onderzoek verhoogde een vloeibare startbemesting bij of onder het zaad de jeugdgroei. Om een bepaald opbrengstniveau te realiseren kon worden volstaan met een gereduceerde gift. Een uitzondering was echter suikerbieten. Bij toepassing van starters kon tevens bespaard worden op de stikstofbemesting, niet zozeer via de hoeveelheid N die met starters wordt meegegeven, maar doordat de fosfaat in de starters voor een betere begingroei zou zorgen waardoor een betere exploitatie van de bodem N bewerkstelligd wordt.

In Nederland is in 1996-2000 geëxperimenteerd met polyfosfaat bij diverse gewassen (Van Geel, 2000). Polyfosfaat betreft een vloeibare ammoniumhoudende meststof. Slechts in enkele proeven zijn positieve resultaten waargenomen. Hierbij moet worden opgemerkt dat in de meeste proeven (aardappelen, stamslabonen, peen, witlof, knolvenkel en valeriaan) bij de referentie de fosfaat ook in de rij was toegediend. Er kan derhalve geen uitspraak worden gedaan over plaatsingseffecten. Daarnaast speelt mee dat er bij gebruik van polyfosfaat ook sprake was van plaatsing van stikstof.

Hoewel bij de eindoogst vaak geen betrouwbaar effect van plaatsing op de opbrengst werd vastgesteld bleek plaatsing bij prei zelfs bij hoge Pw (80-120) wel een positief effect te hebben op de begingroei. In paragraaf 6.3 zijn reeds de positieve effecten van rijenbemesting met dierlijke mest (o.a. stikstof en fosfaat) bij maïs genoemd.

Alleen fosfaat

Prummel en Barnau Sijthoff (1975) hebben in een iets verder verleden onderzoek gedaan naar rijenbemesting met fosfaat bij stamslabonen en tuinbonen. Dit zijn gewassen die in het algemeen vrij sterk op een fosfaatbemesting reageren. De fosfaatmeststof werd in 1 of 2 banden circa 5 cm naast en 2 à 3 cm dieper dan het zaad in de grond gebracht. De proeven werden bij een vrij lage Pw uitgevoerd waarbij het gewas sterk reageerde op de fosfaatbemesting. Bij alle bemestingsniveaus, zelfs bij een gift van 200 kg P₂O₅ per ha, werd bij rijenbemesting een duidelijk hogere opbrengst vastgesteld dan bij een breedwerpige toediening. Om eenzelfde opbrengstniveau te realiseren kon de gift met 85% worden verlaagd ten opzichte van een breedwerpige bemesting. Hierbij maken de auteurs de kanttekening, waarschijnlijk op basis van eerder onderzoek, dat bij granen en aardappelen de besparing ongeveer de helft zou zijn. Overigens bleek

in dit onderzoek dat een rijenbemesting met 200 kg P_2O_5 per ha ook nog een aanzienlijke opbrengstverhoging (40%) ten opzichte van een volvelds toepassing van 200 kg P_2O_5 per ha. Bij een hogere Pw getal echter (Pw=46) reageerde het gewas niet op fosfaat en ook niet op rijenbemesting. Prummel vond in later (Nederlands) onderzoek bij aardappelen geen positieve effecten van rijenbemesting met fosfaat (Prummel, 1981). Hierbij moet worden opgemerkt dat bij de rugopbouw de breedwerpig toegediende meststoffen naar de rug toe worden gewerkt en als het ware ook worden geplaatst. Ook kan het uitmaken dat bij aardappelen zich in het pootgoed al een zekere hoeveelheid fosfaat bevindt, waarmee wellicht in ieder geval de beginopname gedekt wordt.

Gunstige effecten van rijenbemesting met kunstmestfosfaat zijn ook waargenomen bij maïs (Arnold & Ten Hag, 1982).

Op fosfaatfixerende gronden in Kenia vonden van der Eijk et al. (2006) dat het alleen met plaatsing mogelijk was om de bemesting ongeveer in evenwicht te brengen met de opname. Elk jaar een relatief geringe hoeveelheid fosfaat plaatsen bleek op deze gronden aanzienlijk efficiënter te zijn dan een volveldstoepassing met grotere hoeveelheden.

Een klimaatkamerexperiment op Plant Research International in het najaar van 2007 liet zien dat onder andere bij suikerbieten plaatsing van fosfaat de groei van de jonge plant sterk positief beïnvloedde, vooral bij relatief lage Pw (28) en lage temperatuur (10°C). Ook spinazie en peen reageerden positief op P-plaatsing, bij uien was dit minder duidelijk.

In de praktijk wordt bij aardappelen wel waarde toegekend aan het toedienen van verse fosfaat, waarbij de fosfaat gegeven wordt tussen het poten en de rugopbouw. Het is echter moeilijk vast te stellen of dit nu effect van timing is of van plaatsing. Immers tijdens de rugopbouw wordt de (verse) fosfaat in de nabijheid van de knol gebracht. In het meerjarige fosfaatbemestingsproefveld te Marknesse (Ehlert et al., 2003) is echter gemeten dat een fosfaatbemesting in het voorjaar tijdelijk een hoger Pw-getal gaf dan bemesting in de herfst.

6.4.2 Modelberekeningen

Er is een eerste analyse met een dynamisch fosfaatopnamemodel uitgevoerd bij een aantal modelgewassen die verschillen in totale fosfaatopname en beworteling. Onder de aangenomen omstandigheden bleek dat bij een relatief lage fosfaatbehoefte (opname van circa 25 kg P_2O_5 per ha) en een goede beworteling de planten bij Pw 35 vrijwel alle fosfaat kunnen opnemen die nodig is. Bij een matige beworteling is een bemesting nodig (al dan niet geplaatst).

Een hogere fosfaatopname (45 en 70 kg P_2O_5 per ha) kon zonder bemesting bij Pw 35 niet gerealiseerd worden. Hierbij bleek dat plaatsing (lokale verhoging tot Pw 300-500 in circa 1% van het bouwvoorvolume) in vrijwel alle gevallen voldoende was om de gewenste opname te realiseren. Daarmee was in totaal 15-25 kg P_2O_5 per ha gemoeid, een hoeveelheid die ruimschoots lager ligt dan de opname.

Het is hierbij overigens de vraag of het in dit verband juist is om een *procentuele* verlaging van de adviesgift bij plaatsing te adviseren. Het is ook denkbaar (gezien de theorie achter plaatsing) dat een bepaalde absolute hoeveelheid geplaatste fosfaat, voldoende is om de jeugdfase door te komen. Immers bij voldoende beworteling kan in een later groeistadium mogelijk voldoende fosfaat worden opgenomen. Ook hier is nader onderzoek naar gewenst, omdat dan wellicht grotere besparingen mogelijk zijn.

6.5 Plaatsing in het kader van toekomstige fosfaatgebruiksnormen

Zoals ook al door Ehlert et al. (2002) werd geconstateerd, is de efficiëntiewinst bij plaatsing van fosfaatmeststoffen niet eenduidig. De besparingsmogelijkheden hangen af de reeds genoemde plantkarakteristieken (bewortelingsintensiteit en -snelheid, plantafstand, fosfaatopnamesnelheid, groeiduur en startvoorraad in plantmateriaal) en van bodemeigenschappen. Bij de laatste speelt met name het vochtgehalte (dat in grote mate de diffusie van fosfaat naar de wortels bepaalt), de fosfaattoestand en de mate van fosfaatfixatie spelen een belangrijke rol. Het feit dat de balans tussen fosfaatopnamebehoefte en fosfaatbeschikbaarheid door al deze factoren wordt beïnvloed, kan verklaren waarom resultaten van plaatsing (en van fosfaatbemesting in het algemeen) nogal wisselend zijn.

Uit veel onderzoek blijkt dat een positief effect van plaatsing vooral zal optreden naarmate de fosfaattoestand lager is. De huidige fosfaattoestand van landbouwgrond in Nederland is gemiddeld hoog (Schoumans, 2007). Dat betekent dat op dit moment de efficiencywinst van plaatsing op veel gronden laag zal zijn, maar dat deze op termijn naar verwachting kan toenemen als de fosfaattoestand gaat dalen.

Bij welke gewassen dan de grootste effecten verwacht mogen worden hangt af van de hierboven genoemde gewaseigenschappen. Grosso modo kan onderscheid gemaakt worden tussen:

- (a) Gewassen met een langere groeiduur en een lage fosfaatbehoefte. Plaatsing van fosfaat zou zich in eerste instantie niet op deze gewassen moeten richten (uitzondering zijn wellicht gewassen met een trage jeugdgroei en beperkte beworteling, zoals prei);
- (b) Gewassen met een langere groeiduur en een hoge fosfaatbehoefte. Plaatsing is bij deze gewassen vooral interessant bij een lagere fosfaatbodemvruchtbaarheid en dan vooral onder omstandigheden van lage fosfaatbeschikbaarheid (o.a. veroorzaakt door beperkte wortelontwikkeling en lage vochttoestand bodem). Voorbeelden zijn maïs en ui.
- (c) Gewassen met een korte groeiduur en een hoge fosfaatbehoefte. Bij deze gewassen (veel bladgroenten) de meeste groentegewassen) zal met plaatsing waarschijnlijk de grootste besparing ten opzicht van het advies gerealiseerd kunnen worden.

In alle drie groepen zal de snelheid van wortelontwikkeling een factor zijn die de gewenste fosfaatopname kan beperken, maar de gevolgen van een minder optimale fosfaatopname zijn het grootst voor gewassen met een korte groeiduur. Dit gegeven kan mede verklaren waarom er zo'n slecht verband is tussen fosfaatopname en het fosfaatadvies. Bij gewassen met een langere groeiduur zal een enigszins geremde ontwikkeling in de beginfase soms in de loop van het seizoen weer goed gemaakt kunnen worden (bijvoorbeeld door een later afsterven of het gegeven dat de uiteindelijke opbrengst door een andere productiefactor (zoals hoeveelheid beschikbaar vocht) bepaald wordt). Bij kort groeiende gewassen zijn de mogelijkheden voor compensatie veel beperkter. Vooral bij deze gewassen kan plaatsing dan effectief zijn.

Plaatsing van (kunstmest)fosfaat als oplossingsrichting bij aangescherpte normen

In hoofdstuk 5 zijn een aantal (economische) knelpunten gesignaleerd bij de doorgerekende modelbedrijven die direct of indirect zijn ontstaan door de aangescherpte fosfaatgebruiksnormen. Een belangrijk knelpunt was een fosfaattekort bij een lagere fosfaattoestand (Pw 25-40). In Tabel 28 zijn voor de akkerbouw- en vollegrondsgroentebedrijven met een fosfaattekort de gewassen weergegeven in gewasgroep 0, 1 en 2 en hun aandeel in het bouwplan.

De grootste tekorten traden op bij bedrijven ZON1 en Vgg4. Deze bedrijven worden gekenmerkt door een hoog aandeel gewassen in gewasgroep 0. De Adviesbasis vermeldt echter dat bij de vermelde adviesgiften reeds uitgegaan is van plaatsing. Dit zou betekenen dat bij deze gewassen geen winst is te behalen door plaatsing. Hierbij moet de volgende kanttekening worden gemaakt. Bij het opstellen van het advies is uitgegaan van een besparing van 50% ten opzichte van een volvelds bemesting. Dit is niet gebaseerd op experimenteel onderzoek. Nagegaan zou moeten worden of wellicht grotere besparingen mogelijk zijn. Belangrijke gewassen uit gewasgroep 1 zijn aardappelen, maïs, uien, doperwtten, stamslabonen en knolselderij. Op grond van bovenstaand literatuuronderzoek is voor aardappelen, hoewel een fosfaatbehoefte gewas, aangenomen dat plaatsing geen winst op zal leveren. Bij maïs en stamslabonen kan een besparing worden ingerekend (25-50%) wanneer de fosfaat in de rij wordt toegediend. Mogelijk dat dit ook bij de gewassen spruitkool, uien, knolselderij en doperwtten het geval is. Zoals reeds eerder aangegeven waren de onderzoeksresultaten bij uien echter wisselend. Voor de andere genoemde gewassen is geen onderzoeksinformatie beschikbaar. Ook bij suikerbieten zou plaatsing mogelijk uitkomst kunnen bieden, maar ook hier ontbreekt informatie over de mogelijke efficiencywinst onder veldomstandigheden.

Hoewel niet weergegeven in Tabel 28 is er ook op boomteeltbedrijven sprake van een fosfaattekort. Zoals reeds eerder aangegeven is de onderbouwing van de fosfaatbemestingsadviezen bij deze gewassen slecht. Veel van deze gewassen worden echter op ruimere plantafstand geteeld, waardoor plaatsing mogelijk ook perspectief kan bieden.

Op dit moment is niet duidelijk aan te geven in hoeverre via plaatsing knelpunten kunnen worden opgelost. Hierbij spelen naast onzekerheden over plaatsingseffecten ook nog de volgende aspecten een rol:

- Plaatsing heeft mogelijk ook gevolgen voor de hoeveelheid en verdeling van organische mest, omdat vooral kunstmest goed geplaatst kan worden. Als dit ertoe leidt dat er minder organische mest gebruikt kan worden kan het eventueel positieve (economische) effect van plaatsing (deels) teniet worden gedaan door hogere kunstmestkosten.
- Bij geplante gewassen is de vraag belangrijk hoe hoog de Pw is in de perspotjes/kluit. Als deze hoog is zal plaatsing naar verwachting weinig effect hebben met name vanuit de theorie dat plaatsing vooral nodig is om de plant de eerste fase door te laten komen.
- Mogelijk dat nieuwe methodieken (zoals een zaadcoating) de perspectieven verder kunnen verbeteren.

Tabel 28. **Geteelde gewassen uit gewasgroep 0, 1 en 2 op de akkerbouw- en vollegrondsgroente-bedrijven (tussen haakjes is het aandeel in het bouwplan weergegeven, %).**

Bedrijf	Gewassen in gewasgroep		
	0	1	2
Akkerbouw			
CZK1		Pootaardappelen (25) Uien (17)	Suikerbieten (12,5)
CZK2		Pootaardappelen (40) Uien (12,5)	Suikerbieten (10)
CZK3		Consumptieaardappelen (25) Uien (12,5) Doperwt (12,5)	Suikerbieten (25)
ZWK		Consumptieaardappelen (20) Uien (2,5)	Suikerbieten (20)
NON1	Waspeen (6)	Doperwten + stamslabonen (12,5) Zetmeelaardappelen (33) Mais (4)	Suikerbieten (20)
NON2		Zetmeelaardappelen (50)	Suikerbieten (20)
ZON1	Waspeen (20) Spinazie (20)	Consumptieaardappelen (25) Mais (5)	Suikerbieten (20)
ZON2		Doperwten + stamslabonen (12,5) Consumptieaardappelen (78) Doperwten + stamslabonen (11)	Suikerbieten (11)
Vollegrondsgroenten			
Vgg3		Spruitkool (55) Consumptieaardappelen (15) Knolselderij (5) Uien 5)	Suikerbieten (5)
Vgg4	IJssla (50)		
Vgg5	Knolvenkel (12,5) Chinese kool (12,5)		

6.6 Conclusie

Resultaten van experimenteel onderzoek en modelberekeningen gegeven aan dat er perspectieven zijn om via technische oplossingen (plaatsing) de fosfaatbemesting te verlagen met behoud van opbrengst en kwaliteit. Op dit moment kan echter nog niet goed vastgesteld worden welke knelpunten langs deze route daadwerkelijk (via praktijkrijpe methoden) kunnen worden opgelost. Plaatsing zal vooral bij een op termijn te verwachten lagere fosfaattoestand een perspectiefvolle techniek zijn. Daarom is het verstandig om qua methodiekontwikkeling hierin te investeren.

7 Gevolgen van fosfaatgebruiksnormen voor de fosfaattoestand op termijn

Verlaging van de fosfaatbemesting heeft gevolgen voor de fosfaattoestand van de grond. De praktijk maakt zich zorgen of de toestand van de grond op lange termijn wel voldoende hoog blijft voor een optimale productie (opbrengst en kwaliteit van het geoogste product). In dit hoofdstuk wordt hier nader op ingegaan.

De hoeveelheid gewasbeschikbaar fosfaat bij toestand 'voldoende' is veel groter dan de hoeveelheid fosfaat die het gewas in een groeiseizoen opneemt. Bij onttrekking van fosfaat levert de bodem direct weer fosfaat aan de bodemoplossing. Op korte termijn (één of enkele jaren) heeft verlaging van de fosfaatbemesting daardoor maar een beperkt effect op de hoogte van de fosfaattoestand; op langere termijn is dit effect groter.

De totale opslag aan fosfaat in de bodem wordt bepaald door de pH, minerale samenstelling en de hoeveelheid organische stof. De totale hoeveelheid fosfaat die uitwisselbaar kan worden opgeslagen, hangt af van de pH en de voorraad aan aluminium- en ijzerverbindingen. Ook de aan kalk geadsorbeerde fosfaat is uitwisselbaar en blijft potentieel voor het gewas beschikbaar. Verlaging van het overschot leidt tot een wijziging in de evenwichtsinstelling. Een laag overschot leidt bij hoge fosfaattoestanden sneller tot een daling van het Pw-getal dan bij lagere toestanden.

Op lange termijn wordt bij gelijke bodemchemische eigenschappen eenzelfde eindtoestand bereikt. Door Ehlert & van der Bok (2005) is in beeld gebracht dat bij een fosfaatoverschot van 20 kg P₂O₅ per ha in een periode van ongeveer 50 jaar de fosfaattoestand gemiddeld over alle grondsoorten tendeert naar een toestand van Pw 20 tot Pw 25. Dit is het resultaat van een modelberekening. Over de betrouwbaarheid van de gehanteerde uitgangspunten bestaat echter nog veel onduidelijkheid. Hieronder wordt ingegaan op metingen in veeljarige veldproeven.

7.1 Beschikbare proefvelden

In Nederland beschikken we slechts over een beperkt aantal veeljarige proefvelden die een indicatie kunnen geven van te verwachten lange termijn-effecten. Het betreft vier veeljarige proefvelden in respectievelijk Lelystad, Wijster en Marknesse (2x). Deze proefvelden zijn beschreven in Ehlert et al. (2003). Daarnaast is er informatie uit het PPO-bedrijfssystemenonderzoek waar gedurende een aantal jaren op vaste percelen de fosfaattoestand is gevolgd. De hierbij gehanteerde bemestingsstrategieën zijn veelal gebaseerd op het realiseren van een bepaald fosfaatoverschot. De resultaten van de veeljarige veldproef in Lelystad en die van het PPO-bedrijfssystemenonderzoek zijn weergegeven in Tabel 29. Het betreft de ontwikkeling van het Pw-getal in de laag 0-30 cm of in de laag 0-25 cm. Van iedere proefplaats is de Pw weergegeven in het startjaar en vervolgens de ontwikkeling in de daaropvolgende jaren. Volstaan is om steeds de gemiddelde Pw-waarde van een driejarige periode te geven. De bespreking van de resultaten van de locaties met een projectduur van minder dan zes jaar blijft hier achterwege.

Uit de resultaten van veeljarige veldproeven blijkt dat wanneer een strikte evenwichtsbemesting wordt toegepast (bemesting is gelijk aan afvoer) het Pw-getal langzaam daalt. Deze daling varieert gemiddeld over een langere periode van 0 tot 2 Pw-punt per jaar. Door jaarlijkse schommelingen in het Pw-getal kan soms een grotere daling worden vastgesteld, maar ook is het mogelijk dat bij een negatief fosfaatoverschot zelfs een stijging van het Pw-getal wordt gemeten (bijvoorbeeld proefveld PPO-1801). Er is in dat geval mogelijk sprake van een netto fosfaatmineralisatie. Door afbraak van organische stof en/of vrij komen van gebonden fosfaat komt dan meer fosfaat vrij dan met het geoogste product wordt afgevoerd.

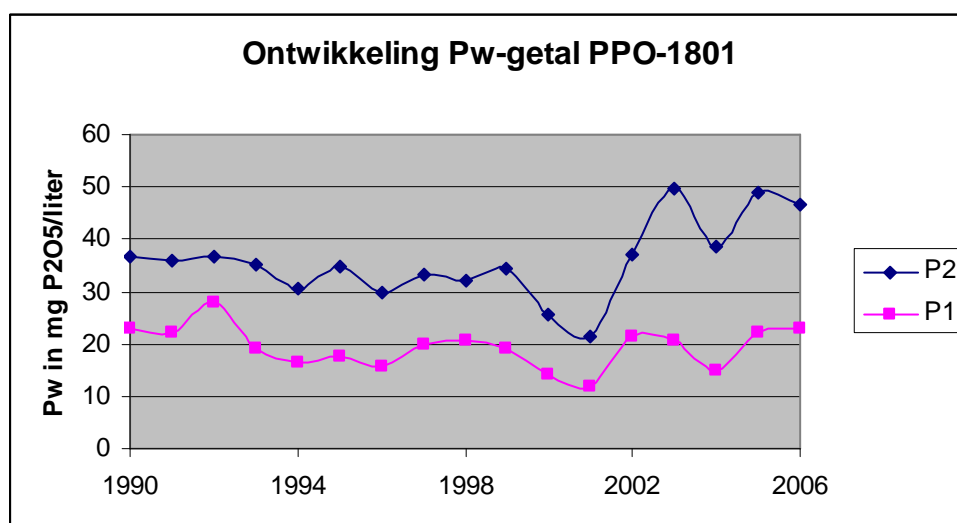
Lelystad; proefveld PPO-1801

In Figuur 2 is de ontwikkeling van het Pw-getal weergegeven van proefveld PPO-1801 in Lelystad. Weergegeven is het Pw-verloop van het object met een gemiddeld overschot van -30 en dat van +40 kg P₂O₅ per ha per jaar. Bij het object met een gemiddeld fosfaatoverschot van -30 kg per ha is alleen in 1995

en 1996 een bemesting gegeven van 60 kg per ha en vond in de overige jaren geen fosfaatbemesting plaats. Het object met een overschot van + 40 kg P₂O₅ per ha per jaar heeft jaarlijks een bemesting gehad van 70 kg P₂O₅ per ha per jaar. Er zijn vanaf 1990 tot heden meerdere akkerbouw- en groentegewassen geteeld. De fosfaattoestand kende een grillig verloop. In 1996 en nog sterker in 2000 en 2001 werd in beide objecten een opvallend laag Pw-getal gemeten; in de laatste twee jaar is daarentegen een opvallend hoge waarde gemeten (zie Figuur 2). Opgemerkt moet worden dat de proef in Lelystad wordt uitgevoerd op een nog jonge poldergrond waarbij mogelijk sprake is van extra fosfaatmineralisatie. Het grillige verloop in Pw-getal is ook terug te lezen in Tabel 29.

Tabel 29. **Ontwikkeling van het Pw-getal (mg P₂O₅ per liter grond, gemiddeld Pw-getal van steeds een driejarige periode) van enkele veeljarige PPO-proeven met een laag fosfaatbemestingsoverschot.**

Eigenschap	Locatie					
	Lelystad	Lelystad	Vredepeel	Nagele	Meterik	Westmaas
gem. fosfaatoverschot per jaar (kg P ₂ O ₅ per ha)	-30	+40	+15	+10	-27	+30
Startjaar	1990	1990	1988	1990	1990	1990
Pw-getal	jaar 1 t/m 3	24	37	62	31	122
	jaar 4 t/m 6	18	34	57	22	117
	jaar 7 t/m 9	19	32	47	28	126
	jaar 10 t/m 12	15	28	47	26	133
	jaar 13 t/m 15	19	42	43		
	jaar 16 t/m 18	22	48	45		



Figuur 2. **Ontwikkeling van het Pw-getal (mg P₂O₅/liter) in de laag 0-30 cm -mv van het fosfaattrappenproefveld PPO-1801 in Lelystad bij een gemiddeld fosfaatoverschot in de periode 1990 t/m 2006 van + 40 kg (P2) en van -30 kg P₂O₅ per ha per jaar (P1).**

Bedrijfssystemenonderzoek

In Tabel 28 is ook het verloop van het Pw-getal weergegeven in het bedrijfssystemenonderzoek dat op PPO-proefboerderij Vredepeel (zandgrond) wordt uitgevoerd. Het onderzoek is gestart in 1988. In de periode tot 1996 was het fosfaatoverschot 0 kg per ha. Het Pw-getal liep toen duidelijk terug. Vanaf 1996 bedroeg het gerealiseerde fosfaatoverschot 29 kg per ha per jaar. De laatste twee jaar is het overschot weer teruggebracht naar 0 kg P₂O₅ per ha per jaar. Vanaf 1996 is het Pw-getal vrij stabiel gebleven. Gemiddeld over de gehele periode bedroeg het fosfaatoverschot +15 kg per ha per jaar.

In het bedrijfssystemenonderzoek op de OBS in Nagele was het fosfaatoverschot in de periode 1992 t/m

1995 0 kg per ha per jaar. Vanwege het teruglopen van de Pw is van 1996 t/m 1999 uitgegaan van een fosfaatoverschot van 20 kg per ha. De Pw liep toen weer op. In 2000 en 2001 is daarom het overschot verlaagd naar 10 kg per ha. Gemiddeld over de gehele periode bedroeg het fosfaatoverschot 10 kg per ha per jaar.

De fosfaattoestand van het proefveld in Meterik was zeer hoog (gemiddeld Pw-getal van 125). Het meerjarig gemiddelde fosfaatoverschot was -27 kg per ha per jaar. De toestand is op hetzelfde hoge niveau gebleven. In het bedrijfssystemenonderzoek op PPO-proefbedrijf Westmaas (zavelgrond) was het fosfaatoverschot in de periode 1990-1994 0 kg per ha per jaar. In 1994 is een reparatiebemesting uitgevoerd met 280 kg per ha en sindsdien is gewerkt met een fosfaatoverschot van 20 kg per ha per jaar en veranderde de Pw weinig. Het gemiddelde fosfaatoverschot over de gehele periode bedroeg 30 kg per ha per jaar.

Marknesse; proefveld IB 0013

De proef is in najaar 1971 aangelegd op de dr.H.J.Lovinkhoeve in Marknesse in de Noordoostpolder. De fosfaattoestand was bij de start zeer laag: Pw 5 in de bodemlaag 0-25 cm. De proef kent meerdere objecten. Een gedeelte van de proef heeft objecten die jaarlijks 0, 80, 160, 240 kg P₂O₅ per ha in de vorm van superfosfaat krijgen. In 2006 was het Pw-getal respectievelijk 5, 27, 38 en 50.

In 1986 zijn de objecten met de meststof Rhenaniafosfaat beëindigd. Vanaf 1989 zijn deze veldjes bemest volgens het principe van evenwichtsbemesting. Op één object ontvangen de veldjes de hoeveelheid fosfaat die met de oogst in het voorafgaande jaar is afgevoerd, op een tweede object is dit de dubbele hoeveelheid en op een derde object het drievoudige hiervan. Bij de start in 1989 was het Pw-getal 8, ruim 10 jaar later bedraagt het Pw-getal respectievelijk 17, 21 en 28.

Wijster; veldproef IB 1920

De proef is in 1972 aangelegd op een diluviale zandgrond op een praktijkbedrijf in Wijster. Het betreft een heideontginninggrond. Bij aanvang bedroeg het Pw-getal 16. Vanaf 1971 zijn de behandelingen gelijk gebleven. Er zijn meerdere fosfaatmeststoffen met elkaar vergeleken bij giften van 90 en 180 kg P₂O₅ per ha. Ook is er een nulobject in de proefopzet opgenomen. Superfosfaat is ook in de trappen 45 en 240 kg P₂O₅ per ha opgenomen. Vanaf 1988 zijn de veldjes met Rhenaniafosfaat (een gloeifosfaat) onbemest gebleven. Jaarlijks is het Pw-getal bepaald. Na 25 jaar was het Pw-getal van het onbemeste object 18 en van het object met jaarlijks een bemesting met 180 kg P₂O₅ per ha gestegen tot 36.

Bij de proeven in Marknesse en Wijster moet worden benadrukt dat in tegenstelling tot het proefveld in Lelystad en het bedrijfssystemenonderzoek de aanvangs-Pw zeer laag was. Het betreft hier dus een verhoging van de Pw bij een bepaald overschot. Dit is een wezenlijk andere situatie dan in de praktijk waarbij de fosfaattoestand vaak hoog is en als gevolg van aanscherping van fosfaatgebruiksnormen zal gaan dalen.

In de proefvelden te Marknesse en Wijster zijn ook objecten opgenomen waar na een aantal jaren van een positief fosfaatoverschot geen fosfaatbemesting wordt gegeven. Het blijkt dat de afbouw van de fosfaattoestand door een negatief fosfaatoverschot een andere route volgt dan de opbouw van de fosfaattoestand door een positief fosfaatoverschot (hysterese-effect). In het proefveld te Lelystad zijn sinds 2005 ook velden opgenomen waarbij geen fosfaatbemesting wordt gegeven. Het is nog onduidelijk of dit hysterese-effect ook hier optreedt.

7.2 Conclusie

Er bestaat nog onduidelijkheid over de te verwachte ontwikkeling van de Pw-toestand bij strikt volgen van de evenwichtsbemesting (bemesting is gelijk aan de afvoer met het geogoste product). Uit een modelberekening blijkt dat gemiddeld over meerdere grondsoorten bij het hanteren van een fosfaatoverschot van 20 kg P₂O₅ per ha per jaar de Pw-toestand over een periode van 50 jaar tendeert naar het traject Pw-20 tot Pw-25. Bij strikte evenwichtsbemesting is deze eindwaarde uiteraard nog lager. Dit resultaat kan overigens nog niet worden gestaafd worden met resultaten uit veldonderzoek. De beschikbare informatie is daarvoor nog te beperkt en de resultaten zijn ook niet altijd eenduidig.

Na een reparatiebemesting stijgt de waarde van het Pw-getal weer. Verwacht mag worden dat als gevolg

van de huidige en de toekomstige normstelling de fosfaattoestand van de gronden op lange termijn (tientallen jaren en soms nog langer) zich zal stabiliseren tussen Pw 25 en 30.

8 Gevolgen van fosfaatnormen voor organische stof in de bodem

8.1 Beperking van de organische stofaanvoer door de fosfaatgebruiksnorm

Een verlaging van de fosfaatgebruiksnorm legt beperkingen op aan de hoeveelheid organische stof die aangevoerd kan worden in de vorm van organische mest. De aanvoer van organische stof wordt meestal uitgedrukt in 'effectieve organische stof' (e.o.s.). Dit is de hoeveelheid die een jaar na toediening nog resteert. Dit wordt gedaan, omdat de na een jaar resterende fractie (humificatiecoëfficiënt) tussen producten zeer verschilt.

Tabel 30 laat zien hoeveel e.o.s. er in diverse mestsoorten wordt aangevoerd. Tevens is aangegeven hoeveel er maximaal met organische mest kan worden aangevoerd bij een gebruiksnorm voor dierlijke mest van 170 kg N per ha en bij een fosfaatgebruiksnorm van 60 kg P₂O₅ per ha, wanneer deze normen volledig met mest zouden worden ingevuld. Daaruit blijkt dat voor vrijwel alle mestsoorten de fosfaatgebruiksnorm beperkend is.

Tabel 30. **Effectieve organische stof in diverse producten en aanvoer per eenheid stikstof en fosfaat in de Vproducten gebaseerd op een standaard mestsamenstelling (volgens Van Dijk & van Geel, 2007).**

Mestsoort	Effectieve organische stof (e.o.s.) kg per...				
	per ton product	per kg N	per kg P ₂ O ₅	Per 60 kg P ₂ O ₅	per 170 kg Ntotaal
Vaste mest, rund	105	16.4	25.6	1537	2789
Vaste mest, varkens	53	7.1	5.9	356	1209
Vaste mest, leghennen	123	5.1	6.6	394	871
Vaste mest, vleeskuikens	183	6.0	10.8	645	1019
Vaste mest, kippenstrooiselmest	140	7.3	5.8	346	1242
Drijfmest, rund	45	10.2	28.0	1680	1731
Drijfmest, varkens	20	2.8	4.8	286	472
Drijfmest, pluimvee	31	3.0	3.9	236	512
Gier, rund	7	1.8	35.0	2100	298
Gier, varkens	2	0.3	1.9	111	44
Champost	110	19.0	30.6	1833	3224
GFT-compost	143	16.8	38.5	2311 ¹	n.v.t.

1 Zonder gebruikmaking van fosfaatvrijstelling voor compost

De impact van aanscherping van de normen op de e.o.s.-aanvoer is relatief beperkt, doordat (a) ook nu de normen vaak niet volledig ingevuld worden met organische mest, omdat een deel van de beschikbare stikstof- en fosfaatbemestingsruimte voor kunstmest wordt benut; (b) een groot deel van de e.o.s.-aanvoer plaats vindt via de eigen productie van gewasresten.

Voor de modelbedrijven (hoofdstuk 3) werd berekend welke hoeveelheden er van de diverse mestsoorten aangevoerd zullen worden bij toekomstige normen, rekening houdend met diverse factoren die in de praktijk bepalend zijn voor het organische mestgebruik. Tabel 31 laat zien welke doseringen van de diverse mestsoorten dan verwacht worden, hoeveel e.o.s. ermee aangevoerd wordt en hoeveel de totale jaarlijkse e.o.s.-input naar de bodem bedraagt. Daaruit blijkt dat op akkerbouwbedrijven een groot deel van de jaarlijkse e.o.s.-input plaats heeft via de eigen productie van plantaardig materiaal (gewasresten, inclusief wortels). Op vollegrondsgroentebedrijven op zand en bloembolbedrijven op duinzand is het aandeel van

organische mest veel hoger (40-55%). Voor boomteeltbedrijven (hier niet weergegeven) zal dit naar verwachting van de dezelfde grootte orde zijn dan bij groente- en bloembolbedrijven op zand.

Tabel 31. **Berekende totale aanvoer van effectieve organische stof (e.o.s.) op eigen land op de modelbedrijven (gewasresten + organische mest), en de bijdrage daarin van organische mest, bij drie fosfaatgebruiksnormen (95/85¹, 80 en 60 kg P₂O₅ per ha). Tevens is de aanvoer van fosfaat in organische mest weergegeven.**

Bedrijf	Totale e.o.s.-aanvoer (kg/ha)			E.o.s.-aanvoer met organische mest (% van totale aanvoer)			Fosfaataanvoer met organische mest (kg P ₂ O ₅ per ha)		
	P95/85 ¹	P80	P60	P95/85 ¹	P80	P60	P95/85 ¹	P80	P60
Akkerbouw									
<i>Klei</i>									
NZK	2020	1750	1750	20	8	8	46	29	29
CZK1	1300	1190	1185	22	15	15	48	38	38
CZK3	1590	1460	1450	22	15	15	60	47	47
ZWK	1765	1700	1660	19	16	14	70	58	50
<i>Zand</i>									
NON1	1630	1505	1435	28	22	18	73	70	55
ZON1	1505	1500	1325	40	40	33	75	75	55
Loss	1610	1555	1555	16	13	13	53	41	41
Vollegrondsgroenten									
<i>Klei</i>									
Vgg1	2200	2105	2105	8	4	4	20	17	17
Vgg2	1700	1610	1610	10	5	5	20	17	17
Vgg3	2240	2135	2095	25	22	21	70	58	52
<i>Zand</i>									
Vgg4	3225	3225	3225	38	38	38	55 ²	55 ²	55 ²
Vgg5	3040	3040	3020	51	51	51	58 ²	58 ²	53 ²
Vgg6	2970	2970	2945	48	48	48	65 ²	65 ²	62 ²
Bloembollen									
<i>Duinzand</i>									
BL1	6500	6500	6500	44	44	44	112	101	86
BL2	6500	6500	6500	54	54	54	111	111	96

1 respectievelijk totale aanvoer en aanvoer met dierlijke mest

2 inclusief alle fosfaat uit compost

De afname van de e.o.s.-aanvoer ten gevolge van aanscherping van de fosfaatgebruiksnorm tot 60 kg P₂O₅ per ha (ten opzichte van referentie P95/85) loopt op de akkerbouwbedrijven uiteen van 50-300 kg per ha. Op de kleibedrijven is de verlaging vooral een gevolg van een lager mestgebruik door de aanscherping van de stikstofwerkingscoëfficiënt van de dierlijke mest bij toediening in de nazomer en herfst. De aanscherping van de fosfaatgebruiksnorm heeft veel minder invloed (zie ook gering verschil tussen 80 en 60 kg P₂O₅ per ha). Daarnaast is op deel van de bedrijven (NZK, CZK1/3, NON1) de kippenmest vervangen door varkensdrijfmest (omdat verwacht wordt dat een groot deel van de kippenmest dan buiten de landbouw wordt verwerkt). Bij eenzelfde fosfaataanvoer wordt er dan minder e.o.s. aangevoerd (zie Tabel 30).

Op bloembolbedrijven op duinzand kan de hoge aanvoer van 6500 kg e.o.s. per ha alleen worden gehandhaafd door de veel gebruikte vaste rundermest (deels) te vervangen door compost. Op de vollegrondsgroente- en boomteeltbedrijven op zand blijft de e.o.s.-aanvoer vrijwel ten opzichte van de referentie. Dat komt omdat ook in de referentie de fosfaataanvoer met organische mest al rond de 60 kg P₂O₅ per ha of lager ligt.

8.2 Jaarlijks benodigde hoeveelheid organische stof

Hoewel er in de advisering richtgetallen gebruikt worden voor de jaarlijks aan te voeren hoeveelheid (effectieve) organische stof, is er geen stevige onderbouwing voor het gewenste of benodigde organisch stofgehalte in de bouwvoor. Wel is het algemeen geaccepteerd dat organische stof in de bodem (BOS) op lichte gronden een belangrijke rol speelt in:

- Vochthoudend vermogen
- Adsorptie en nalevering van nutriënten
- Samenhang bodemdeeltjes (structuur) i.v.m. stuifgevoeligheid/verslumping en gevoeligheid voor verdichting (bewortelbaarheid)
- Bewerkbaarheid (mogelijk niet op zand)
- Bodembioologische processen (voeding en substraat voor o.a. microben)

Verder zijn er aanwijzingen dat BOS een rol kan spelen bij ziektevering in de bodem, al zijn relaties complex en mogelijk soortspecifiek. Mogelijk verbetert BOS ook de efficiëntie van stikstofmeststoffen. Ook kan BOS herbiciden adsorberen en zo de uitspoeling ervan naar de wortels van gewassen verminderen of voorkómen. Deze processen zijn moeilijk te kwantificeren en waargenomen effecten zijn sterk afhankelijk van omstandigheden (aard en hoeveelheid van aangevoerd organisch materiaal, gewas/cultivar, rotatie, bodemtype, weer, dosering en andere factoren). Het is daarom niet mogelijk om op grond van kennis over deze processen een onderbouwing te geven voor een streefwaarde voor BOS en daarmee voor de jaarlijks benodigde verse organische-stof input. Dit neemt niet weg dat een analyse van het effect van gebruiksnormen op de aanvoer van organische stof en BOS relevant is, gegeven de voornoemde wèl met zekerheid bekende effecten van BOS.

Wanneer organische stof aan de bodem wordt toegediend, breekt deze aanvankelijk snel af, waarbij het moeilijker afbreekbare restant achterblijft. De afbraakcoëfficiënt (fractie die jaarlijks afbreekt van de aanwezige BOS) wordt daardoor met de jaren steeds kleiner. De veelgenoemde jaarlijkse afbraak van 2% (eigenlijk 1,8%) afgeleid uit Kortleven (1963) is een gemiddelde over ruim twintig jaren, nadat de aanvoer van verse organische stof gestopt was. Percelen in landbouwkundig gebruik kennen een jaarlijkse aanvoer van verse organische stof in de vorm van wortels en andere gewasresten en organische mest. Voor dergelijke percelen ligt de afbraakcoëfficiënt hoger. Toch vindt ook daar, bij gelijkblijvend bemestingsregime, een geleidelijke daling van de jaarlijkse afbraakcoëfficiënt plaats, doordat de jaarlijks aangevoerde verse stof een steeds kleiner deel uitmaakt van de totale hoeveelheid BOS.

Door genoemde factoren hangt de werkelijke jaarlijkse afbraakcoëfficiënt in een teeltsysteem af van het klimaat, van de bemestingshistorie (mestsoorten, doseringen, tijdsduur waarover een bepaald beheer plaats had) en van de initiële toestand voordat het beheer werd opgelegd. De initiële toestand kan gekenmerkt worden door het gehalte aan organische stof en de afbreekbaarheid daarvan. De afbreekbaarheid wordt uitgedrukt in de initiële leeftijd van de oorspronkelijke organische stof. Het gehalte oorspronkelijke BOS wordt hieronder aangeduid als OBOS.

Omdat er binnen de akker- en tuinbouw sprake is van een veelheid aan teeltsystemen en er bij bedrijfsspecifieke berekeningen veel aannames gedaan moeten worden over de bemestingshistorie, is in onderstaande analyse een normalisatie toegepast. Daardoor wordt het mogelijk de gepresenteerde resultaten als bouwstenen te gebruiken bij de beantwoording van specifieke vragen. De berekeningen zijn uitgevoerd met zowel het model Janssen (Janssen, 1984) als het model Yang (Yang, 1996; Yang & Janssen, 1997/2000/2002), omdat beide modellen in recente jaren gebruikt werden in

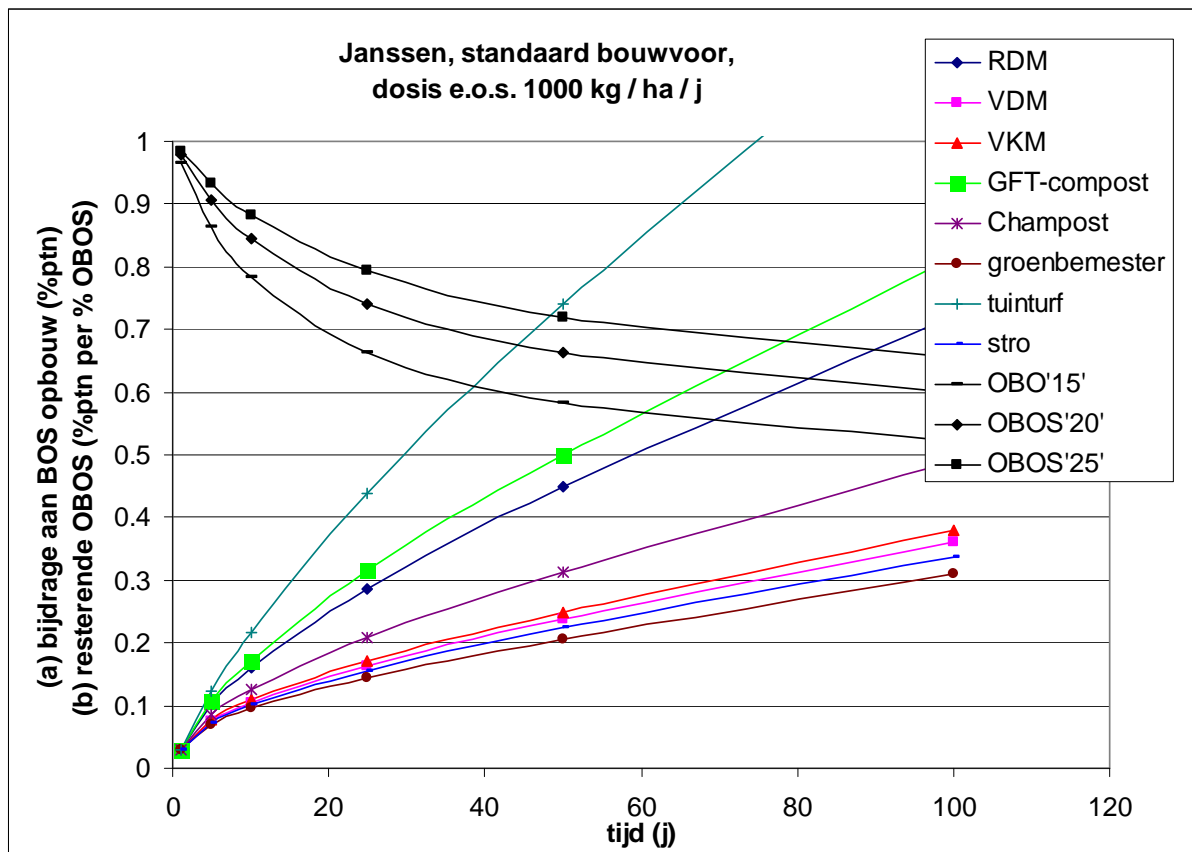
beleidsondersteunende studies en een vergelijking met eerdere resultaten zo mogelijk blijft. De resultaten zijn weergegeven in Figuur 3 en 4. Bij de berekeningen voor deze figuren is aangenomen dat de bouwvoor een dichtheid heeft van 1400 kg per m³ en 25 cm dik is (hier aangeduid als 'standaard bouwvoor'). Kengetallen van mestsoorten zijn gegeven in Tabel 30. Vergelijking tussen beide figuren laat zien dat op termijn de opbouw van BOS verschilt tussen beide modellen. Het model Janssen (Figuur 3) geeft op langere termijn (hier >50 jaar) een grotere opbouw van BOS dan het model Yang (Figuur 4). Janssen zelf meent dat dit een overschatting van de werkelijkheid is en geeft om die reden de voorkeur aan de Yang-formulering.

De dalende lijnen in Figuur 3 en 4 laten het verloop zien van de hoeveelheid organische stof die na zekere tijd nog resteert uit de oorspronkelijk aanwezige organische stof (OBOS) indien er gedurende dat tijdsverloop geen nieuwe organische stof zou worden toegediend. Er zijn drie waarden gekozen voor de initiële leeftijd van de OBOS, waarmee impliciet drie trajecten voor de afbraaksnelheid zijn gedefinieerd (er worden drie waarden gebruikt omdat er onzekerheid bestaat over de initiële leeftijd). De stijgende lijnen laten zien hoeveel BOS wordt opgebouwd bij een jaarlijkse dosering van 1000 kg e.o.s. per ha, bij gebruik van verschillende mestsoorten. Deze figuur geeft de mogelijkheid om voor uiteenlopende situaties schattingen te doen van doseringen die nodig zijn om de afbraak van organische stof te compenseren. Hieronder volgen enige voorbeelden.

Figuur 4 laat zien dat een bouwvoor met een aanvankelijk organische stofgehalte (OBOS) van 1%, na 25 jaar nog een BOS van 0,7% heeft ingeval de initiële leeftijd van die organische stof bij aanvang 20 jaar bedroeg. Er is dan 0,3%-punt van de OBOS verloren gegaan. De aanvoer van organisch materiaal die nodig is om dit verlies te compenseren, hangt af van de aard van het aangevoerde materiaal. Wordt bijvoorbeeld alleen vaste vleeskuikenmest gebruikt (gewasresten niet meegerekend), dan wordt hiermee bij een jaarlijkse aanvoer van 1000 kg e.o.s. per ha in die mest gedurende 25 jaar gecumuleerd een bijdrage van 0,17%-punt (aflezen uit Fig 4) aan BOS opgebouwd. Om de gevraagde bijdrage van 0,3%-punt op te bouwen is jaarlijks dus $(0,30 / 0,17) * 1000$ kg e.o.s. ofwel circa 1760 kg e.o.s. per ha nodig. Dit komt overeen (zie Tabel 30) met een jaarlijkse aanvoer van circa 10 ton per ha gedurende die 25 jaar. Van varkensdrijfmest zou jaarlijks ongeveer dezelfde aanvoer nodig zijn (1850 kg e.o.s. per ha), hetgeen dan echter neerkomt op circa 95 ton mest per ha per jaar! Indien de compensatie met GFT-compost of runderdrijfmest wordt uitgevoerd, dan is in beide gevallen respectievelijk circa 1110 en 1035 kg e.o.s. per jaar nodig. Dat is circa 7,5 ton GFT-compost of 25 ton runderdrijfmest per ha per jaar.

Uit deze voorbeelden blijkt dat verschillende mestsoorten op termijn een zeer uiteenlopende bijdrage aan de opbouw van BOS leveren. Zowel de e.o.s.-gehalten zelf, alsóók de bijdrage per eenheid e.o.s. aan de opbouw van BOS variëren zeer sterk tussen mestsoorten. Waar zorg bestaat over de handhaving van het organisch stofgehalte in de bodem onder verlaagde fosfaatgebruiksnormen, wordt een juiste keuze van mestsoort dus belangrijk.

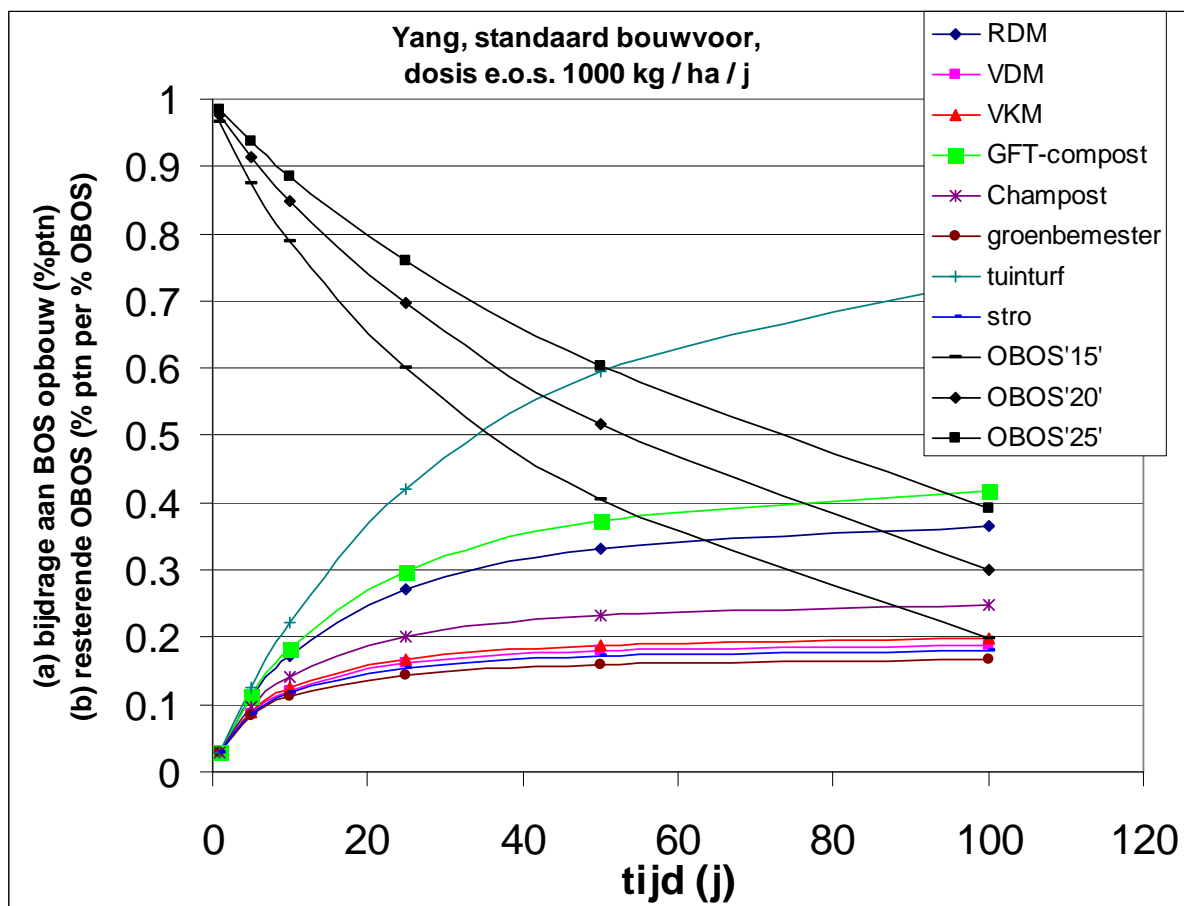
Tot slot een raming van het effect van een dalende fosfaatgebruiksnorm op BOS. Zoals aangegeven in Tabel 31, zal de afname van eos-aanvoer voor veel bedrijfstypen in de orde van tientallen kg per ha of minder zijn. Een afname van circa 250 kg e.o.s. in de jaarlijkse aanvoer per ha (bedrijf NZK) kan daarom als hoog beschouwd worden. Stel dat deze korting ook nog een relatief 'efficiënte' mestsoort betreft, zoals runderdrijfmest. Uit Figuur 4 kan worden afgelezen dat een jaarlijkse gift van 1000 kg e.o.s. uit runderdrijfmest na 40 jaar circa 0,32%-punten BOS oplevert. Een 'korting' van 250 kg e.o.s. op de jaarlijkse dosis leidt dan tot een reductie van BOS met 0,08%-punt ten opzichte van beleid zonder die korting. Dus bijvoorbeeld een daling van 1,50% naar 1,42% organische stof in de bouwvoor. Dit kan als een geringe afname beschouwd worden.



Figuur 3. **Stijgende curven (a): bijdrage aan opbouw van organische stof in de bodem (BOS) volgens model Janssen bij jaarlijkse toediening van 1000 kg effectieve organische stof (e.o.s.) per ha in de vorm van diverse producten, uitgedrukt in %-punten organische stof voor een standaard bouwvoor (zie tekst). Dalende curven (b): resterende fractie organische stof uit oorspronkelijke organische stof in de bodem (OBOS) bij drie veronderstelde waarden voor initiële leeftijd (a, jaar). RDM: runderdrijfmest, VDM: varkensdrijfmest, VKM: vaste kippenmest. Bedrijfseigen e.o.s.-productie (gewasresten) niet meegeteld.**

Waarnemingen met betrekking tot organische stofgehalte

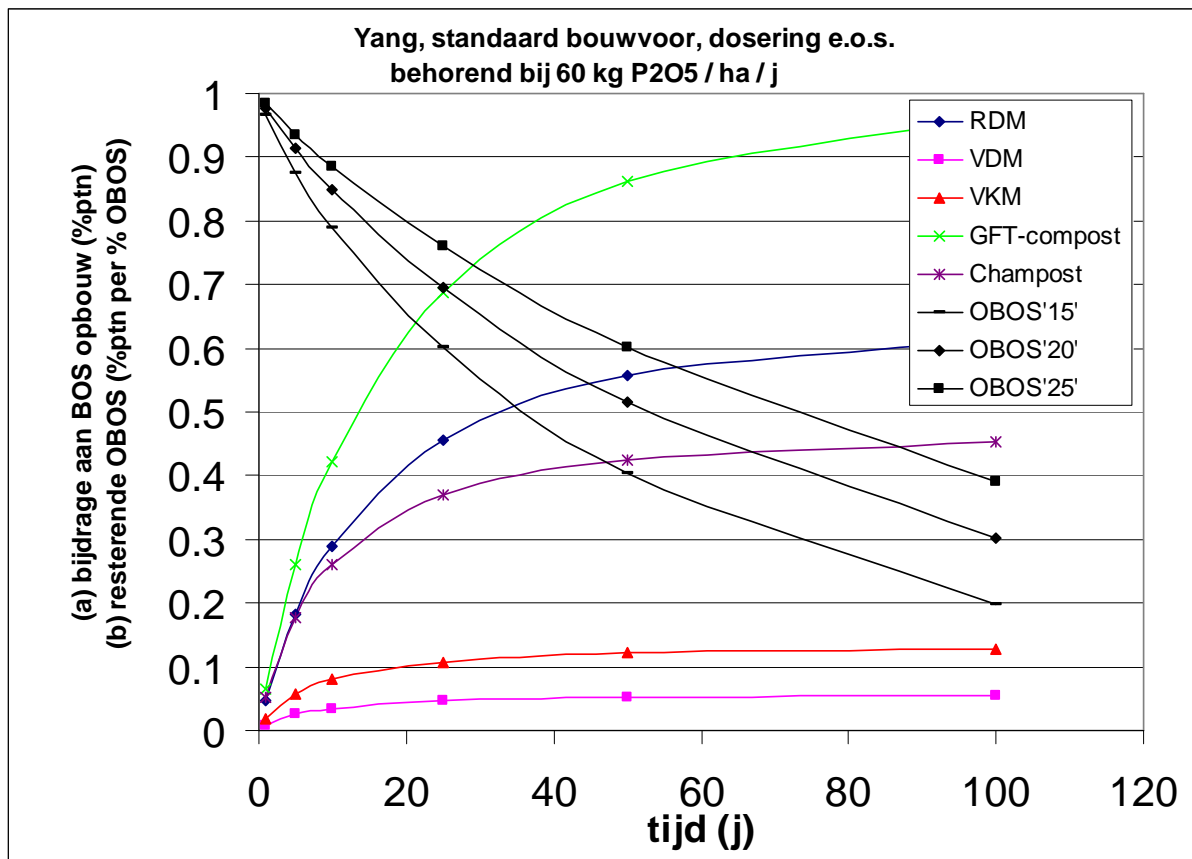
Alle hierboven gepresenteerde resultaten moeten als indicatief beschouwd worden. Ze geven slechts een orde van grootte aan van te verwachten ontwikkelingen, en maken het mogelijk diverse producten ten opzichte van elkaar te rangschikken. Het verdient aanbeveling om ook aan de hand van experimentele gegevens, voor zover beschikbaar, na te gaan welk effect een verandering in de dosering van organische mest op termijn heeft op het organisch stofgehalte van de bouwvoor.



Figuur 4. **Stijgende curven (a): bijdrage aan opbouw van organische stof in de bodem (BOS) volgens model Yang bij jaarlijkse toediening van 1000 kg effectieve organische stof (e.o.s.) per ha in de vorm van diverse producten, uitgedrukt in %-punten organische stof voor een standaard bouwvoor (zie tekst). Dalende curven (b): resterende fractie organische stof uit oorspronkelijke organische stof in de bodem (OBOS) bij drie veronderstelde waarden voor initiële leeftijd (a, jaar). RDM: runderdrijfmest, VDM: varkensdrijfmest, VKM: vaste kippenmest. Bedrijfseigen e.o.s. productie (gewasresten) niet meegeteld.**

Organische stof bij een fosfaatgebruiksnorm van 60 kg P₂O₅ per ha

Figuur 5 geeft een indicatie van de organische stofopbouw bij een fosfaatgebruiksnorm van 60 kg P₂O₅ per ha. Een organisch stof gehalte van 1% wordt op een gekozen termijn gehandhaafd indien de verloren OBOS (daling ten opzichte van de startwaarde 1%) gecompenseerd wordt door de opbouw van nieuwe BOS via de gekozen mestsoort. Kiezen we als voorbeeld weer een OBOS verlies van 0,3%-punten in 25 jaar dat via varkensdrijfmest gecompenseerd moet worden, dan blijkt uit de figuur dat hiertoe ongeveer zesmaal zoveel mest moet worden aangevoerd als mogelijk is bij 60 kg P₂O₅ per ha. Ingeval van vaste kippenmest is dat ongeveer driemaal zoveel. Met champost, GFT-compost en ook met runderdrijfmest wordt wel voldoende aangevoerd om de afbraak van oude organische stof te compenseren, althans gedurende enkele decennia. Dit alles bij een veronderstelde startwaarde van OBOS=1%, en een a-waarde van 20 j voor OBOS. Op de langere termijn (>40 jaar) lukt dit alleen nog met runderdrijfmest. Bij al deze voorbeelden moet bedacht worden dat de bedrijfseigen e.o.s.-productie (gewasresten) hier op nul gesteld is. Deze is in werkelijkheid op veel bedrijven veel belangrijker dan de externe aanvoer in de vorm van mest.



Figuur 5. **Stijgende curven (a): bijdrage aan opbouw van organische stof in de bodem (BOS) volgens model Yang bij jaarlijkse toediening van effectieve organische stof (e.o.s.) behorend bij 60 kg fosfaat per ha in diverse producten, uitgedrukt in %-punten organische stof voor een standaard bouwvoor (zie tekst). Dalende curven (b): resterende fractie organische stof uit oorspronkelijke organische stof in de bodem (OBOS) bij drie veronderstelde waarden voor initiële leeftijd (a, jaar). RDM: runderdrijfmest, VDM: varkensdrijfmest, VKM: vaste kippenmest. Bedrijfseigen e.o.s.-productie (gewasresten) niet meegeteld.**

8.3 Conclusie

Uit modelberekeningen (modelbedrijven; organische stof modellen) komt het beeld naar voren dat een verlaging van de fosfaatgebruiksnorm naar 60 kg per ha nauwelijks effect heeft op het organische stofgehalte in de bodem, ook niet op langere termijn. Door het relatief grote belang van gewasresten neemt de aanvoer van effectieve organische stof (aangevoerde organische stof na humificatie gedurende één jaar) op bedrijfsniveau in de meeste modelbedrijven nauwelijks af, en kan op vrijwel alle bedrijven op het niveau blijven dat in 2006 mogelijk was. In sommige gevallen vereist dit een aanpassing van de organische mestsoort. Zo bevat runderdrijfmest per kg fosfaat bijna zes maal zoveel effectieve organische stof als varkensdrijfmest. ('Effectief' is de organische stof uit mest die na één jaar na toediening nog aanwezig is.) Bovendien draagt één kg effectieve organische stof uit runderdrijfmest op termijn bijna twee maal zoveel bij aan de opbouw van het organisch stofgehalte in de bodem als één kg effectieve organische stof uit varkensdrijfmest. Dit is zo omdat niet alleen de verse organische stof uit toegediende varkensdrijfmest sneller afbreekt dan die uit runderdrijfmest, maar óók de humus die eruit ontstaat gedurende vele jaren nog sneller afbreekt dan die uit runderdrijfmest. Daarom is, voor de opbouw van organische stof over een periode van bijvoorbeeld 25 jaar bij eenzelfde jaarlijkse fosfaataanvoer, runderdrijfmest circa 10 maal effectiever dan varkensdrijfmest, en GFT compost zelfs 15 maal. Die laatste factor wordt nog verdubbeld (dus tot circa 30 maal) wanneer de 50% vrijstelling van fosfaat in compost gebruikt wordt. Echter dient vermeld te worden dat runderdrijfmest en zeker compost maar op beperkte schaal beschikbaar zijn.

9 Differentiatie van fosfaatgebruiksnorm als oplossing voor knelpunten

9.1 Noodzaak voor differentiatie

In voorgaande hoofdstukken werd uiteengezet welke landbouwkundige knelpunten er nog resteren bij fosfaatgebruiksnormen van 80 en 60 kg P_2O_5 per ha, nadat gebruik gemaakt is van de ruimte die er is binnen het bouwplan met minder fosfaatbehoefte gewassen. Daarnaast werden de kosten van de aanscherping van fosfaatgebruiksnormen berekend en werd een inventarisatie gemaakt van de fosfaatafvoer op bedrijfsniveau. Al deze verkenningen werden voor een uiteenlopende reeks bedrijfstypen gemaakt. Ook is gekeken naar de lange termijn effecten. Uit de analyse komt het volgende beeld naar voren.

Fosfaatafvoer

Een fosfaatafvoer van meer dan 60 kg P_2O_5 per ha op bedrijfsniveau komt zelden voor. Van alle modelbedrijven gaf alleen het graanbedrijf op de noordelijke zeeklei (NZK) en het lössbedrijf een afvoer van meer dan 60 kg per ha te zien (respectievelijk 68 en 61 kg P_2O_5 ha).

Landbouwkundig leidt dit, ook bij een norm van 60 kg P_2O_5 per ha, niet tot problemen op korte termijn (geen risico's van opbrengstderving). Bij voortdurend hogere afvoer dan aanvoer zal de fosfaattoestand geleidelijk dalen. Dit neemt vele jaren in beslag. Naar verwachting levert dit ook op langere termijn geen problemen op. De fosfaattoestand daalt weliswaar uiteindelijk naar $P_w=25$, maar de fosfaatbehoefte van dit graanbouwplan bedraagt zelfs bij deze P_w (onderzijde van het streeftraject) slechts 20 kg P_2O_5 per ha. Bij verdere daling is reparatiebemesting toegestaan.

Geconcludeerd kan worden dat het landbouwkundig gezien niet zinvol is een eventuele differentiatie van de fosfaatgebruiksnorm te baseren op de fosfaatafvoer.

Fosfaatbehoefte

De fosfaatbehoefte daarentegen is, vanuit landbouwkundig oogpunt, wel een goede grondslag voor differentiatie. De behoefte op grond van de adviesbasis kan vrijwel overal bij $P_w=45$ bij een gebruiksnorm van 80 kg P_2O_5 per ha gedekt worden. Bij verlaging van de P_w naar $P_w=40$ en lager treden, afgemeten aan de adviesbasis, wel knelpunten op maar het financieel effect blijft beperkt. Bij $P_w=30$ werd berekend dat de derving ten gevolge van fosfaatekort bij de norm 80 kg P_2O_5 per ha circa €20 per ha bedraagt op het intensieve spruitkoolbedrijf op klei (Vgg3), en circa €75 per ha op het intensieve bladgroentebedrijf met sla op zand (Vgg4). Genoemde opbrengsteffecten zijn exclusief effecten van verhoogde bemestingskosten. In de akkerbouw blijven deze dervingen beperkt tot circa €10 per ha, behalve op het gespecialiseerde aardappelbedrijf (ZON1, €30 per ha). Deze dervingen zullen nog wat groter zijn bij $P_w=25$, maar of ze voldoende groot zijn om een differentiatie bij een generieke basisnorm van 80 kg P_2O_5 per ha te rechtvaardigen is geen wetenschappelijke vraag, en deze kan daarom hier niet beantwoord worden.

Bij een gebruiksnorm van 60 kg P_2O_5 per ha worden de dervingen als gevolg van een fosfaatekort groter. Ook hier geldt dat er bij $P_w=45$ nog geen opbrengstverlies verwacht wordt, behalve wederom op het spruitkoolbedrijf op klei (Vgg3, circa €10 per ha).

Bij lagere P_w kan de derving als gevolg van fosfaatekort bij een norm 60 kg P_2O_5 per ha echter oplopen. Bij $P_w=30$ werden op de akkerbouwbedrijven dervingen berekend tot circa 40 € per ha (ZON1), en in de groenteteelt tot €50 en €135 per ha (Vgg3, Vgg4). Bij $P_w=25$ zal de derving verder stijgen.

Bij de norm van 60 kg P_2O_5 per ha kan differentiatie bij bepaalde bedrijfstypen verlichting brengen. De eenvoudigste vormen van differentiatie gaan uit van een generieke basisnorm van bijvoorbeeld 60 kg P_2O_5 per ha die voor het overgrote deel van het akker- en tuinbouwareaal van toepassing is, aangevuld met een

vaste toeslag waar grote knelpunten optreden. Het areaal waar zo'n toeslag landbouwkundig nodig is, is zeer beperkt omdat de fosfaattoestand in het algemeen hoog is. Op grond van de arealen van de gewasgroepen en de veronderstelde Pw-verdeling op akker- en tuinbouwbedrijven, werd in hoofdstuk 4 geschat dat het om maximaal circa 40.000 ha op zand en 60.000 ha op klei gaat. Bij deze schattingen moet worden opgemerkt dat de gebruikte Pw-verdeling waarschijnlijk de werkelijke fosfaattoestand onderschat, zoals aangegeven door Schoumans (2007). Daarnaast gaat het bij bovengenoemde arealen om een Pw-klasse-traject 31-45, terwijl knelpunten vooral pas gaan optreden bij $Pw < 40$. Daar staat tegenover dat de aangegeven grens van $Pw = 40$ voor bedrijven/bouwplannen was afgeleid, en dat dus het gehele bedrijfsareaal is meegenomen in plaats van alleen het areaal in groepen 0 en 1.

De genoemde arealen zijn niet groot maar ook niet verwaarloosbaar. Vanuit landbouwkundig oogpunt lijkt het daarom gerechtvaardigd om in bepaalde situaties een toeslag te bepleiten. Daartoe wordt hierna een aanzet gegeven. Echter dient opnieuw vermeld te worden dat een aantal van de vermeende knelpunten mogelijk op termijn langs technische weg opgelost kan worden, door een verhoogde benutting van de toegediende fosfaatmeststoffen. Dit vergt echter nog experimenteel onderzoek en vertaling naar praktisch toepasbare methoden.

Bedrijfsinkomen

Bij de fosfaatbehoefte was het economische motief voor differentiatie het voorkómen van opbrengstderving bij de teelt van de gewassen. Economische effecten van verlaging van de fosfaatgebruiksnorm vloeien echter ook voort uit een verlaagd gebruik van dierlijke mest (lagere vergoeding voor mestgebruik, hogere kunstmestkosten). Vanuit dat oogpunt bezien zou een differentiatie naar fosfaatafvoer (hogere fosfaatgebruiksnorm bij hogere afvoer dan 60 kg P_2O_5 per ha en daardoor lagere bemestingskosten) wel weer in beeld kunnen komen.

Organische stofgehalte

Uit de uitgevoerde modelmatige analyse wordt verwacht dat het effect van de aanscherping van de fosfaatgebruiksnorm op het organische stofgehalte van de bodem zeer gering zal zijn. Een differentiatie op basis van organische stofbehoefte lijkt derhalve niet nodig. Bij deze conclusie is er wel van uitgegaan dat de fosfaatvrije voet in compost blijft gehandhaafd en dat er een wettelijke oplossing komt voor de aanvulgrond op boomteeltbedrijven.

9.2 Vormen van differentiatie

Uit bovenstaande blijkt dat vooral de fosfaatbehoefte een logisch criterium is voor differentiatie. De volgende vormen van differentiatie dienen zich aan.

D1. Differentiatie naar gewasgroep

Uitgangspunt is een generieke basisnorm met een toeslag voor alle bedrijven met areaal in gewasgroepen 0 en 1 groter dan een zeker percentage (bijvoorbeeld > 50%). De volgende uitwerkingen zijn mogelijk:

- In de simpelste vorm betreft het een vaste toeslag (bijvoorbeeld 20 kg P_2O_5 per ha) voor het gehele bedrijf (dus ook voor de gewassen uit gewasgroepen 2 t/m 4).
- Een variant op deze optie kan zijn dat het areaal met groep 0 dubbel telt. Immers, volgens de Adviesbasis is de fosfaatbehoefte voor groep 0 ongeveer tweemaal zo hoog als die voor groep 1.
- Een volgende variant kan zijn dat de fosfaatbehoefte van het gehele bouwplan in beschouwing wordt genomen, dus aan elk areaal in een bepaalde gewasgroep een gewicht wordt toegekend. De omvang van de toeslag hangt dan af van de fosfaatbehoefte van het bouwplan.

Bij deze variant moet het bouwplan kunnen worden gecontroleerd. Dit gebeurt echter ook al bij de stikstofgebruiksnormen welke gewasspecifiek zijn. Het levert derhalve geen extra administratieve lasten op. Bij toeslagen voor gewassen in groep 1 ligt het voor de hand om rekening te houden met de fosfaattoestand (zie hieronder), teneinde onnodige toeslagen op grote arealen te voorkomen.

D2. Differentiatie naar gewasgroep en fosfaattoestand

Als D1, maar onder voorwaarde dat de Pw beneden een zekere grens ligt. Dit kan bijvoorbeeld Pw=35 of 40 zijn. De onderzijde van het traject kan op Pw=25 gehouden worden, omdat daaronder reparatiebemesting is toegelaten. Er kunnen dan drie situaties worden onderscheiden:

- Pw<25 reparatie
- Pw 25-35/40 toeslag (bijvoorbeeld 20 kg P₂O₅ per ha)
- Pw>35/40 de generieke norm 60 kg P₂O₅ per ha.

Bij deze variant is dus documentatie van de fosfaattoestand (Pw) nodig. Gegeven onzekerheden / onnauwkeurigheden in metingen van de fosfaattoestand (ook bij andere bepalingen dan Pw) moet dat als een groot nadeel beschouwd worden. Hier staat het (milieukundig) voordeel tegenover dat geen onnodige verruiming wordt gegeven. Een vereenvoudiging is mogelijk door geen voorwaarden aan gewasarealen te stellen en de toeslag alleen op de fosfaattoestand te baseren.

D3. Beperkte gestaffelde differentiatie naar gewasgroep en fosfaattoestand

Als D2, maar met een variabele toeslag tussen 0 en een bepaalde bovengrens (bijvoorbeeld 20 kg P₂O₅ per ha), afhankelijk van de fosfaattoestand. Ook hier zijn varianten mogelijk met of zonder voorwaarden aan de vertegenwoordiging van de verschillende gewasgroepen in het bouwplan.

D4. Uitgebreide gestaffelde differentiatie naar gewasgroep en fosfaattoestand

Als meest complexe maar ook meest flexibele benadering kan gedacht worden aan een puntensysteem, waarin gewichten worden toegekend aan gewasgroepen en klassen van fosfaattoestand. Er wordt dan een grotere toeslag toegekend naarmate meer fosfaatbehoefte gewassen en een groter areaal hiervan worden geteeld, en naarmate de fosfaattoestand lager is.

Opmerkingen

- de genoemde omvang van de toeslag (20 kg P₂O₅ per ha) is slechts bedoeld als indicatie. Bij een eventuele differentiatie heeft dit verdere onderbouwing. Dit geldt ook voor de Pw-grens waaronder een toeslag zou kunnen worden toegestaan.
- Bovengenoemde vormen van differentiatie leiden tot een hogere fosfaatgebruiksnorm op een deel van het areaal. Ter compensatie van deze toeslagen kunnen kortingen op de fosfaatgebruiksnorm van 60 kg P₂O₅ per ha overwogen worden. Om landbouwkundige knelpunten te vermijden dienen deze dan beperkt te zijn tot situaties met een laag aandeel fosfaatbehoefte gewassen (< 25% in groep 0 en 1) waar bovendien de bedrijfsafvoer lager is dan 50 kg P₂O₅ per ha. Onafhankelijk van het bouwplan kunnen kortingen overwogen worden op gronden met een fosfaattoestand van Pw=60 en hoger.

10 Conclusies en aanbevelingen

In dit hoofdstuk worden de belangrijkste conclusies en aanbevelingen weergegeven. Voor een algemene synthese waarbij ook de resultaten van de melkveehouderij en milieueffecten zijn betrokken, wordt verwezen naar het CDM-Advies “Aanscherping fosfaatgebruiksnormen” (2007).

10.1 Conclusies

- Inventarisatie van knelpunten op gewasniveau aan de hand van de fosfaatbehoefte volgens de verschillende Adviesbases levert waarschijnlijk een grove overschatting van de problemen die gaan ontstaan bij verlaging van de fosfaatsnormen. Ruimte binnen het bouwplan, perspectief tot verhoogde benutting via technische verbeteringen en de vaak geringe fosfaatresponses in het traject beneden de adviesgift geven alle aanleiding om te veronderstellen dat de opbrengstdervingen ten gevolge van fosfaattekort in werkelijkheid gering zullen zijn. Het areaal waar problemen kunnen optreden, zal eveneens beperkt zijn omdat de fosfaattoestand op bouwland in Nederland in het algemeen hoog is.
- Aanscherping van de fosfaatgebruiksnorm naar 80 kg P_2O_5 per ha levert bij $P_w=45$ geen knelpunten door fosfaattekort op. Opbrengstderving door fosfaattekort kan optreden bij $P_w=30$ of lager op bedrijven met groot aandeel fosfaatbehoefte gewassen (>50% in groep 0 en groep 1) en belooft dan enkele tientallen € per ha. De gevoeligste modelbedrijven laten dervingen zien van 20 tot 75 € per ha.
- Aanscherping van de fosfaatgebruiksnorm naar 60 kg P_2O_5 per ha levert voor dezelfde bedrijfstypen bij $P_w=30$ dervingen tussen 50 en 135 € per ha ten gevolge van fosfaattekort. Hierbij is nog geen gebruik gemaakt van verbeterde bemestingstechnieken.
- De totale inkomensderving door een aanscherping van de fosfaatgebruiksnorm naar 60 kg P_2O_5 per ha ligt voor de akkerbouw tussen 0 en 105 € per ha ($P_w=45$) en 0 en 145 € per ha ($P_w=30$). Op de groentebedrijven varieert de derving van het bedrijfsresultaat van 0 tot 45 € per ha ($P_w=45$) en van 80 tot 135 € per ha ($P_w=30$). Deze bedragen zijn inclusief derving van mestafnamepremie en kosten door veranderd kunstmestgebruik en exclusief derving door aanscherping van N-gebruiksnormen. In specifieke situaties kunnen de kosten anders liggen. In het algemeen is daling van het inkomen het sterkst op de zuidoostelijke zandbedrijven door het hoge mestgebruiksniveau en hoge premie voor mestafname.
- De fosfaatbehoefte volgens de Adviesbasis ligt voor een aantal sectoren en gewassen binnen sectoren (veel) hoger dan 80 kg P_2O_5 per ha, zodra de fosfaattoestand beneden $P_w=45$ daalt. Aan de fosfaatbehoefte volgens de adviesbases liggen veel experimenten ten grondslag, echter met een beperkt aantal gewassen (toetsgewas); de resultaten worden als maatgevend beschouwd voor alle gewassen die samen met het toetsgewas in een ‘gewasgroep’ werden ondergebracht. De cijfers volgens de Adviesbases moeten daarom beschouwd worden als nominale behoefte. De onderbouwing van de adviesbasis is voor de boomteelt en fruitteelt zwakker dan die voor de akkerbouw, vollegrondsgroenten en bloembollen. Mogelijk kan de werkelijk benodigde fosfaatgift in een aantal gevallen sterk verlaagd worden door verbeterde bemestingstechnieken.
- Bij de huidige stand der techniek moeten bedrijven met veel (>50%) fosfaatbehoefte gewassen er bij een fosfaatgebruiksnorm van 60 kg P_2O_5 per ha voor zorgen dat de fosfaattoestand niet ver beneden $P_w=40$ daalt. Dergelijke bedrijven zijn gebaat bij een toeslag op de fosfaatsnorm wanneer het P_w -getal daalt beneden 40 of 35. Deze grens is niet goed vast te stellen.

- De gemiddelde jaarlijkse fosfaatafvoer ligt op de meeste akkerbouwbedrijven tussen 50 en 60 kg P₂O₅ per ha. Een gemiddelde afvoer hoger dan 60 kg P₂O₅ per ha komt alleen voor in het Noordelijk kleigebied (gespecialiseerde graanbedrijven). Wel komen tussen jaren fluctuaties in de afvoer voor, waardoor in afzonderlijke jaren de afvoer ruim boven 60 kg P₂O₅ per ha kan liggen. In de overige sectoren (vollegrondsgroenten, bloembollen, boomteelt en fruitteelt) ligt de gemiddelde jaarlijkse afvoer beneden of ruim beneden 60 kg P₂O₅ per ha. Bij de boomteelt verdient de compensatie van de fosfaatafvoer met de kluit nog aandacht.
- Differentiatie van de fosfaatnorm op basis van fosfaatafvoer is landbouwkundig gezien in het algemeen niet zinvol voor de akker- en tuinbouwsectoren. Wel kan bij een generieke norm van 60 kg P₂O₅ per ha op bedrijven met hoge fosfaatonttrekking (noordelijke graanbedrijven) de fosfaattoestand op den duur dalen totdat reparatiebemesting is toegestaan (P_w<25); er is dan landbouwkundig nog geen knelpunt voor dat bedrijfstype (nominale behoefte < 60 kg P₂O₅ per ha).
- De spreiding in fosfaatafvoer op bedrijfsniveau is kleiner dan die op gewasniveau. Spreiding in fosfaatafvoer wordt veroorzaakt door verschillen in opbrengst en in fosfaatgehalte. Het is niet goed bekend hoe het fosfaatgehalte in het product bepaald wordt door ras, fosfaattoestand van de grond, bemesting, en andere omgevingsfactoren.
- Er bestaat nog steeds onduidelijkheid over de ontwikkeling van de fosfaattoestand op lange termijn bij een jaarlijks overschot van nul (evenwichtsbemesting). Het is mogelijk dat de fosfaattoestand geleidelijk daalt bij een licht positief overschot tot uiteindelijk P_w=25. Door het toepassen van reparatiebemesting beneden P_w=25 zou dan op termijn de fosfaattoestand zich stabiliseren in het traject tussen P_w=25 en P_w=30.
- Aanscherping van de fosfaatgebruiksnorm naar 60 kg P₂O₅ per ha heeft voor de modelbedrijven geen belangrijke gevolgen voor de organische stof aanvoer, ten opzichte van de huidige praktijk volgens LEI-BIN (die daarbij gehanteerd is en die geen volledige opvulling van de fosfaatruimte laat zien). Voorts laten organische stof modellen zien dat op termijn van 40 jaar in uitzonderlijke gevallen het organisch stofgehalte met (max) ca 0,1% (procentpunten) daalt ten opzichte van praktijk bij 2006-normen. Om de daling te beperken is op sommige bedrijven wel een aanpassing van mestsoort nodig. Meer experimenteel materiaal dient nog geïnterpreteerd te worden om deze model-gebaseerde schattingen te bevestigen.

10.2 Aanbevelingen

- Hoewel de fosfaattoestand in Nederland in het algemeen hoog is, komen er ook situaties voor met P_w lager dan 40 of 35; in de toekomst zullen deze frequenter worden. Voor bedrijven met veel fosfaatbehoefte gewassen (groepen 0 en 1) kan bij deze fosfaattoestand derving van gewasproductie ontstaan bij een basisnorm van 60 kg P₂O₅ per ha. Het is vooralsnog niet duidelijk of dergelijke knelpunten opgelost kunnen worden door verbeterde bemestingstechnieken. Daarom wordt aanbevolen voor dergelijke situaties een toeslag op de basisnorm toe te staan.
- Bij de toekenning van toeslagen kan gedacht worden aan:
 - (a) differentiatie naar alleen gewasgroep, waarbij fosfaatbehoefte centraal staat; het ligt voor de hand een toeslag dan tot groep 0 te beperken, omdat dit is een zeer klein areaal betreft; en
 - (b) diverse vormen van differentiatie waarbij ook de fosfaattoestand wordt betrokken. Bij toeslagen voor gewassen in groep 1 ligt het voor de hand om rekening te houden met de fosfaattoestand, teneinde onnodige toeslagen op grote arealen te voorkomen.

- Verbeterde bemestingstechnieken kunnen ertoe bijdragen de benutting van fosfaat te verhogen en zo de (landbouwkundige) noodzaak tot differentiatie van fosfaatsnormen te beperken. Aanbevolen wordt om bestaande perspectieven te ontwikkelen naar praktijkrijpe technieken en om te kwantificeren hoeveel fosfaat daarmee daadwerkelijk bespaard kan worden.
- Het verdient aanbeveling de Adviesbases voor fosfaatbemesting in akker- en tuinbouwsectoren te blijven onderhouden, gezien verwachte technische ontwikkelingen en reeds bestaande kennis.

11 Referenties

- Aendekerk, Th.G.L., 2000. Adviesbasis voor de bemesting van boomkwekerijgewassen. Praktijkonderzoek Plant & Omgeving, Boskoop, 74 pp.
- Arnold, G.H. & B.A. ten Hag, 1982. Rijenbemesting met fosfaat bij snijmaïs. *Bedrijfsontwikkeling* 13, p. 403-408.
- Berge, ten H.F.M., A.M. van Dam, B.H. Janssen & G.L. Velthof, 2007. Mestbeleid en bodemvruchtbaarheid in de Duin- en Bollenstreek. Werkdocument 47, Wettelijke Onderzoekstaken Natuur en Milieu, Wageningen UR (in druk).
- Beukeboom, J.A., 1996. Kiezen uit Gehalten 3. Forfaitaire gehalten voor de Mineralenboekhouding. Publicatie IKC-Landbouw, 22 pp.
- Bakker, Y. & J. Ris, 1971. Het fosfaatadvies op basis van het Pw-getal voor alle landbouwgronden. *Bedrijfsontwikkeling* 2(2), p.29-33.
- CDM-advies, 2007. Aanscherping fosfaatgebruiksnormen. Synthese en samenvatting. Brief nr. 07/N&M0060, 1 oktober 2007.
- Dam, A.M. van, L. Kater & N.S. van Wees, 2004. Adviesbasis voor de bemesting van bloembolgewassen. Praktijkonderzoek Plant & Omgeving, Lisse.
- Dekker P.H.M. en C. van Wijk. Informatieblad mestenmineralen 398.99, december 2005.
- Dijk, W. van & W.C.A. van Geel, 2007. Adviesbasis Bemesting Akkerbouw- en Vollegrondsgroentegewassen, Praktijkonderzoek Plant en Omgeving, Lelystad. Alleen digitale versie beschikbaar op internet (www.kennisakker.nl).
- Dijk, W. van J.R. van der Schoot, A.M. van Dam, L.J.M. Kater, F.J. de Ruijter, H. van Reuler, A.A. Pronk, Th.G.L. Aendekerk & M.P. van der Maas, 2005. Onderbouwing N-gebruiksnormen akker- en tuinbouw. N-gebruiksnormen 'kleine gewassen'. PPO-rapport nr. 347, 74 p.
- Dijk, W. van, H. Prins, M.H.A. de Haan, A.G. Evers, A.L. Smit, J.F.F.P. Bos, J.R. van der Schoot, R. Schreuder, J.W. van der Wekken, A.M. van Dam, H. van Reuler & R. van der Maas, 2007. Economische consequenties op bedrijfsniveau van het gebruiksnormstelsel 2006-2009 voor de melkveehouderij en akker- en tuinbouw. Studie i.k.v. Evaluatie Meststoffenwet 2007. Praktijkonderzoek Plant en Omgeving, PPO-publicatie (in voorbereiding).
- Eijk, D. van der, B. H. Janssen and O. Oenema (2006). Initial and residual effects of fertilizer phosphorus on soil phosphorus and maize yields on phosphorus fixing soils. *Agriculture ecosystems and environment* 116(1-2): 104-120.
- Ehlert, P.A.I. & N. van der Bok, 2005. Mest en mineralenkennis voor de praktijk: zorg voor de fosfaattoestand op de lange termijn. Informatieblad 12 uit de serie Plantaardig, Programma's DWK 398-I, II en III.
- Ehlert, P.A.I. & C.A.Ph van Wijk, 2002. Fosfaatbehoefte van vollegrondsgroentegewassen. 2. Plaatsing in gewasgroepen. Praktijkonderzoek Plant en Omgeving. projectrapport nr. 11.25.2.32, 45 pp 51 pp.

- Ehlert, P.A.I., C.A.P. van Wijk en P. de Willigen (2002). Fosfaatbehoefte van vollegrondsgroentegewassen 3. Precisiebemesting. PPO-Projectrapport nr. 1125232: 27pp.
- Ehlert, P.A.I., C.A.Ph van Wijk & W. van den Berg, 2000. Fosfaatbehoefte van vollegrondsgroentegewassen 1. Bemesting en rendement. Praktijkonderzoek voor de Akkerbouw en de Vollegrondsgroenteteelt, projectrapport nr. 25.2.32, 45 pp.
- Ehlert P.A.I., C.A.Ph. van Wijk en P.H.M. Dekker, 2003. Fosfaatbalansen op perceelsniveau. Scan van de resultaten van vier veeljarige veldproeven bouwland. PPO 305.
- Ehlert, P.A.I., H.P. Pasterkamp & G. Brouwer, 2004. Fosfaatbehoefte van bloembollen; onderbouwing van de fosfaatbemestingsadviezen. Alterra, rapport nr. 990, 112 pp.
- Ehlert, P.A.I., J.C. van Middelkoop & P.H.M. Dekker, 2006. Fosfaatafvoer en fosfaatgehalten van landbouwgewassen. Alterra, rapport nr. 1348, 92 pp.
- Geel W. van (2000). Geen meerwaarde polyfosfaat. PAV-bulletin akkerbouw, april 2000, p.38-41
- Henkens, P.C.L.M., 1984. Bemestingsadvies voor het verkrijgen of behouden van de gewenste fosfaat- en kalitoestand van de bodem. Bedrijfsontwikkeling 15(11).
- Kodde, J., 1994. Adviesbasis voor de bemesting van fruitteeltgewassen in de vollegrond, Informatie en Kenniscentrum Akker- en Tuinbouw, afdeling fruitteelt.
- Kortleven, J., 1963. Kwantitatieve aspecten van humusopbouw en humusafbraak. Proefschrift Landbouwhogeschool. Centrum voor landbouwpublicaties en landbouwdocumentatie, Wageningen; Verslagen van Landbouwkundige onderzoekingen nr 69.1, 109 pp.
- Janssen, B.H., 1984. A simple method for calculating decomposition and accumulation of "young" soil organic matter. Plant and Soil 76: 297-304.
- Landman, A. 1994. Opname en afvoer van nutriënten door bolgewassen. Rapport bloembollenonderzoek nr. 94. Laboratorium voor Bloembollenonderzoek, Lisse.
- Ma, C.-H. (1999-2004). Starter solutions technology. Progress Reports 1998-2003. Asian Vegetable Research and Development Center (AVRDC), Shanhua, Taiwan.
- Ma, C.H. en T. Kalb (2006). Development of Starter Solution Technology as a Balanced Fertilization Practice in Vegetable Production. Acta Horticultura 700: 167-172 (Proc. ISHS Towards Ecologically Sound Fertilisation Strategies for Field Vegetable Production. Perugia 2005. Eds. F. Tei, P. Benincasa and M. Guiducci).
- Mulder C. en J. Prummel, 1974. Fosfaataanwendingsstijden bij aardappelen en suikerbieten. Verslag van de proeven over 1971 t/m 1974. Proefstation voor de akkerbouw. Rapport nr. 26.
- Noordwijk, P. de Willigen, P.A.I. Ehlert & W.J. Chardon. 1990. A simple model voor P uptake by crops as a basis for fertiliser recommendations. Netherlands Journal of Agricultural Science. 38, p. 317-332.
- Paauw F. van der, H.A. Sissingh & J. Ris, 1971. Een verbeterde extractie van grond met water.: het Pw-getal. Verslagen van landbouwkundige onderzoekingen nr. 749.
- Paauw F. van der, 1980. Some basic principles of the evaluation and calibration of soil testing method. FAO Soils bulletin 38/1, p. 180-192.

- Peppelman, G. & M.J. Groot, 2004. Kwantitatieve Informatie Fruitteelt 2003/2004. Praktijkonderzoek Plant & Omgeving, publicatie nr. 611.
- Plénet, D., S. Etchebest, A. Mollier en S. Pellerin (2000). Growth analysis of maize field crops under phosphorus deficiency: I. Leaf Growth. *Plant and Soil* 223(1-2): 117-130.
- Prummel J., 1980. Bemestingsbeleid voor fosfaat en kali op bouwland. Fosfaat. Stikstof nr. 98.
- Prummel, J. (1981). Rijenbemesting met fosfaat bij bonen en aardappelen. *Bedrijfsontwikkeling* 12(12): 1091-1094.
- Prummel, J. en P.A.v. Barnau Sijthoff (1975). Rijenbemesting met fosfaat bij stamslabonen en tuinbonen. *Bedrijfsontwikkeling* 6: 173-175.
- Ris J. & B. J.van Luit, 1973. The establishment of fertiliser recommendations on the basis of soil tests. Instituut voor Bodemvruchtbaarheid. Rapport.
- Schoot, J.R. van der & W. van Dijk, 2001. Rijenbemesting met dierlijke mest in maïs maakt kunstmest overbodig. *PPO-bulletin Akkerbouw* (2001-2), p. 13-17.
- Schoumans, O.F., 2007. Trend in het verloop van de fosfaattoestand van landbouwgronden in Nederland in de periode 1998-2003. Wageningen, Alterra, Alterra-rapport (in voorbereiding).
- Schröder, J.J., L. ten Holte & G. Brouwer, 1995. Rijenbemesting met drijfmest. AB-DLO, rapport nr. 44, Wageningen, 46 pp.
- Smit, A.L., P. de Willigen en A.A. Pronk (2008). Het effect van plaatsing van fosfaat en stikstof bij vollegrondsgroenten. PRI-rapport (in voorbereiding)
- Stone, D.A. (1998). The effects of "starter" fertilizer injection on the growth and yield of drilled vegetable crops in relation to soil nutrient status. *Journal of Horticultural Science and Biotechnology* 73(4): 441-451.
- Stone, D.A. (2000a). The effects of starter fertilizers on the growth and nitrogen use efficiency of onion and lettuce. *Soil Use and Management* 16(1): 42-48.
- Stone, D.A. (2000b). Nitrogen requirement of wide-spaced row crops in the presence of starter fertilizer. *Soil Use and Management* 16(4): 285-292.
- Wolf, de M. & A. van der Klooster, 2006. Kwantitatieve Informatie Akkerbouw en Vollegrondsgroenteteelt 2006. Praktijkonderzoek Plant en Omgeving, PPO-publicatie nr. 354, 286 pp.
- Yang, H.S., 1996. Modelling organic matter mineralization and exploring options for organic matter management in arable farming in northern China. Proefschrift Landbouwuniversiteit Wageningen. 159 p.
- Yang, H.S. and B.H. Janssen, 1997. Analysis of impact of farming practices on dynamics of soil organic matter in northern China. *European Journal of Agronomy* 7: 211-219.
- Yang H.S. and B.H. Janssen, 2000. A mono-component model of carbon mineralization with a dynamic rate constant. *European Journal of Soil Science* 51:517-529
- Yang, H.S. and B.H. Janssen, 2002. Relationship between substrate initial reactivity and residues ageing speed in carbon mineralization. *Plant and Soil* 239: 215-224.

Bijlage 1A. Bouwplansamenstelling (%) modelbedrijven akkerbouw

Gewas	Klei					Zand				Löss
	NZK	CZK1	CZK2	CZK3	ZWK	NON1	NON2	ZON1	ZON2	
Aardappel										
- Consumptieaardappel				25	20			25	78	25
- Zetmeelaardappel						30	45			
- Pootaardappel		25	40			3	5			
Suikerbiet	14	12,5	10	25	20	20	20	20	11	25
Graan+maïs										
- Wintertarwe	63	17	14	25	30		5			23
- Zomertarwe						6				
- Zomergerst					5	27	25			22
- Wintergerst	14									
- Korrelmaïs						4		5		
Zaadgewassen										
- Graszaad					10					
- Koolzaad	9					3				
Uien										
- Zaaiui		16,5		12,5	3					5
- Plantui			13		3					
Groenten										
- Waspeen						6		20		
- Winterpeen		16,5								
- Witlofwortel			13							
- Schorseneer				12,5				10		
- Doperwt										
- Erwt+stamslaboon					5				11	
- Spinazie (dubbelteelt)								20		
Bloembolgewassen										
- Tulp		12,5	10							
Braak										
- Groene braak					4					
Groenbemester	14	20	14	20	20	4 ¹		5 ¹		23
<i>Bedrijfsareaal (ha)</i>	110	40	125	60	60	90	80	36	90	40

1 verplicht vanggewas na maïs

Bijlage 1B. Bouwplansamenstelling (%) modelbedrijven vollegrondsgroenten

Gewas	Klei			Zand		
	Vgg1	Vgg2	Vgg3	Vgg4	Vgg5	Vgg6
Groenten						
- Prei				50	62,5 ¹	43
- IJssla		5		50		
- Aardbei						43
- Broccoli	35				12,5	
- Bloemkool	35					
- Sluitkool		50				
- Spruitkool			55 ¹			
- Asperge						14
- Knolvenkel					12,5	
- Chinese kool					12,5	
- Boerenkool	5					
- Knolselderij			5			
Aardappel						
- Cons aardappel			15			
- Pootaardappel	15	25				
Suikerbiet			5			
Graan+maïs						
- Wintertarwe		5	15			
Uien						
- Zaaiui		5	5			
Bloembolgewassen						
- Tulp	10	10				
Groenbemesters	10	10	15			
<i>Bedrijfsareaal (ha)</i>	35	35	50	30	22	14

1 spruitkool: 40% huurland, prei: 25% huurland

Bijlage 1C. Bouwplansamenstelling (%) modelbedrijven bloembollen

Gewas	Zand			
	BL1	BL2	BL3	BL4
Bloembolgewassen				
- Tulp	25	25	16	
- Hyacint	25	25		
- Hyacint (huur)	25			
- Lelie			16	24
- Lelie (huur)			52	76
- Narcis	25	25	16	
- Krokus		25		
Groenbemester	75	50	16	0
<i>Bedrijfsareaal (ha)</i>	6	12	38,75	26,20

Bijlage 1D. Bouwplansamenstelling (%) modelbedrijven boomkwekerijbedrijven op zandgrond

Gewas	B01	B02	B03	B04
Boomkwekeij				
- Sierheesters (3-jarig)	13			
- Sierconiferen (3-jarig)	13			
- Bos- en Haagplantsoen (2-jarig)	39			
- Opzetters (2 jarig)	22			
- Onderstammen (1 jarig)		10		
- Spillenteelt (2 jarig)		20		
- Opzetters (3 jarig)		60		
- Rozen zaailingen			12,5	
- Struikrozen (2-jarig)			25	
- Eenjarig verplant				11
- Zaailingen				11
- Bos- en haagplantsoen (2-jarig)				66
Akkerbouw				
- Suikerbieten			25	
- Wintertarwe			12,5	
- Zomergerst			12,5	
Groenbemester				
- Tagetes	13		12,5	
- Bladrammenas		10		11
<i>Bedrijfsareaal (ha)</i>	23	10	24	9