



Verbeterd mineralenbeheer op melk- veebedrijven door mestscheiding

Verkenning van de bijdrage aan de
benutting van N en P aan de hand van
resultaten van proefbedrijf 'De Marke'



November 2007

Rapport nr. 44

Plant Research International nr. 161



Colofon

Uitgever

Animal Sciences Group
Postbus 65, 8200 AB Lelystad
Telefoon 0320 – 238 238
Fax 0320 – 238 022
E-mail: info@koeienenkansen.nl
Internet <http://www.koeienenkansen.nl>

Redactie

Koeien & Kansen

Aansprakelijkheid

Animal Sciences Group aanvaardt geen aansprakelijkheid voor eventuele schade voortvloeiend uit het gebruik van de resultaten van dit onderzoek of de toepassing van de adviezen.

Bestellen

ISSN 0169-3689
Eerste druk 2007/oplage 80
Prijs € 15,-

De rapporten zijn op de website te bekijken en te downloaden.

'Koeien & Kansen'

is een samenwerkingsproject van 16 melkveehouders, Proefbedrijf De Marke, ASG Veehouderij, PRI, LEI, NMI, CLM en DLV.

Doel is het in de praktijk ontwikkelen, onderzoeken en demonstreren van duurzame melkveehouderij onder uiteenlopende omstandigheden op diverse grondsoorten.



Verbeterd mineralenbeheer op melkveebedrijven door mestscheiding

Verkenning van de bijdrage aan de benutting van N en P
aan de hand van resultaten van proefbedrijf 'De Marke'

Koos Verloop¹, Gerjan Hilhorst², Alwies Hermans²,
Jouke Oenema¹ & Frans Aarts¹

¹ Plant Research International

² Animal Sciences Group

Inhoudsopgave

pagina

Samenvatting	1
1 Inleiding	3
1.1 Dit rapport.....	3
1.2 Waarom mestscheiden.....	3
1.2.1 Hogere N werking	3
1.2.2 Afvoer van niet plaatsbare P.....	3
1.2.3 Het motief op 'De Marke': betere sturing met dierlijke mest	3
1.3 Onderzoeksvragen	4
1.4 Opbouw	4
2 Efficiënt mineralenbeheer op 'De Marke'	7
2.1 Doelstellingen en randvoorwaarden	7
2.2 Principes van mineralenbeheer toegepast op 'de Marke'.....	7
2.3 De bemestingsstrategie.....	8
2.3.1 Uitgangspunten.....	8
2.3.2 N en P voorziening bij vruchtwisseling van gras en maïs.....	9
2.3.3 De gewenste N en P voorziening in cijfers	9
3 N en P stromen in het huidige systeem <i>Evaluatie van resultaten uit 2004-2006</i>	11
3.1 Inleiding	11
3.2 Verdeling over de kavels	11
3.2.1 Resultaten uit de periode 2004-2006.....	11
3.2.2 Verbeterde verdeling van P over kavels; P per kavel in balans.....	13
3.3 Verdeling over percelen	14
3.3.1 Gevolgen van een hoge en lage P toestand op percelen.....	14
3.3.2 Verbeterde verdeling van P over percelen; P voorziening naar behoefte en Nivelleren van P verschillen.....	15
3.3.3 Gevolgen voor de N en P voorziening	16
3.4 Samenvatting	18
4 N en P voorziening met gescheiden mest	19
4.1 Inleiding	19
4.2 Verdeling over gewassen	19
4.3 Meststromen op bedrijfsniveau	21
4.3.1 P per kavel in balans	21
4.3.2 P voorziening naar behoefte.....	22
4.3.3 Nivelleren van P verschillen.....	22
4.4 Samenvatting	22
5 Discussie	25
5.1 Bedrijfsmatige uitvoering	25
5.2 Effecten van de P bemestingsstrategieën op de fosfaattoestand	25
5.3 Optimale N voorziening	26
5.4 Onderzoeksvragen	27
5.5 Bijdrage van verbeterd P management in de melkveehouderij aan lager grondstoffengebruik.....	27

pagina

6	Conclusies	29
7	Literatuur	31
Bijlage I	Pw en P gehalte van de percelen op 'De Marke' in 2006	33
Bijlage II	Bemesting per perceel in 2008 bij toepassing van de strategie 'P per kavel in balans'	35
Bijlage III	De bemesting per perceel bij uitvoering van de bemestingsstrategie 'Nivelleren van P verschillen' in 2008	37

Samenvatting

Achtergrond

Voor een efficiënt gebruik van stikstof (N) en fosfor (P) op melkveebedrijven is vereist dat zoveel mogelijk van de N en P in dierlijke mest benut wordt door gewassen. Door een hoge N en P benutting nemen verliezen naar het milieu af, kan gebruik van N en P kunstmest tot het minimum worden beperkt en wordt minder beslag gelegd op de eindige P voorraad. Op 'De Marke', proefbedrijf voor duurzame melkveehouderij, wordt gestreefd naar een zo efficiënt mogelijk gebruik van N en P bij een productieniveau van 12000 l melk ha⁻¹. De bedrijfsvoering heeft zich zo ontwikkeld dat gewasbemesting gebaseerd is op alleen drijfmest. Dat betekent dat er maar één soort mest met een vaste N:P verhouding beschikbaar is. Deze vaste verhouding maakt dat een zekere N gift met drijfmest automatisch gepaard gaat met een daarmee corresponderende P gift. Dat staat een optimale N en P voorziening van gewassen in de weg. De verhouding tussen de N behoefte van gewassen en de P behoefte is variabel. Voor een optimale N en P voorziening moeten N en P dus in een variabele verhouding kunnen worden toegediend. Dit rapport verkent de mogelijkheden om door mestscheiding een optimale N en P voorziening met alleen dierlijke mest te realiseren. Door mestscheiding ontstaan twee mestsoorten: dunne mest met een hoge N:P verhouding en dikke mest met een lage N:P verhouding.

N en P voorziening met alleen drijfmest

Analyse van de N en P stromen op 'De Marke' bracht de knelpunten, verbonden aan het gebruik van alleen drijfmest aan het licht. Uit de analyse bleek dat de gewassen op 'De Marke' in de jaren waarin alleen dierlijke mest beschikbaar was (2004, 2005 en 2006) niet de optimale hoeveelheid N en P gekregen hadden. Op 'De Marke' wordt naar P evenwichtsbemesting gestreefd, ook in de verschillende bedrijfskavels (blijvend grasland, huiskavel en veldkavel). Het bleek dat:

- De N voorziening lager was in blijvend grasland dan de behoefte.
- Het overschot van P naar blijvend grasland 8 kg ha⁻¹ bedroeg, zodat P evenwichtsbemesting niet werd gerealiseerd.
- Het P overschot op de huiskavel en de veldkavel waar wisselbouw wordt toegepast, kleiner was dan nul.

Waarnemingen op 'De Marke' leiden verder tot de conclusie dat P beter kan worden benut en dat P verliezen kunnen worden beperkt door op P rijke percelen minder P aan te voeren dan de gewasonttrekking. P verliezen zijn namelijk aanzienlijk op de P rijke percelen terwijl ze op P arme percelen verwaarloosbaar zijn. P die door lage bemesting uitgespaard wordt op P rijke percelen kan toegevoegd worden aan de bruikelijke gift op P arme percelen. Er kan ook voor gekozen worden om op P arme percelen te volstaan met P evenwichtsbemesting zoals dat nu gebeurt. Verbeterde P bemesting werd onderzocht door drie strategieën te definiëren voor verbeterde P bemesting.

Uitvoeren van de verbeterde P bemestingsstrategieën met alleen drijfmest, bleek op gespannen voet te staan met het streven naar een optimale N voorziening. De verbeterde P bemestingsstrategieën leidden tot een (veel) te lage of een te hoge N voorziening in verschillende delen van het bouwplan.

N en P voorziening met drijfmest, dunne en dikke mest

Daarentegen kon door scheiden van mest kan de optimale N voorziening worden gecombineerd met:

- P bemesting waarbij P op alle bedrijfskavels in evenwicht is met de P onttrekking van gewassen;
- P bemesting waarbij P verschillen worden genivelleerd doordat op P rijke percelen de helft van de gewasonttrekking van P wordt aangevoerd en op P arme percelen de helft bovenop de P gewasonttrekking wordt aangevoerd.

Uitmijnen van P rijke percelen en toepassing van P evenwichtsbemesting op de relatief P armere percelen gaat gepaard met afvoer van dikke mest van het bedrijf. Omdat de dikke mest ondanks de lage N:P verhouding een substantiële hoeveelheid N bevat, wordt hierdoor ook N afgevoerd. Dat lijkt bezwaarlijk omdat alle N die op 'De Marke' uitgescheiden wordt in mest nodig is om te kunnen voorzien in de gewasbehoefte.

In de verkenning werd uitgegaan van een N:P verhouding van 25 in dunne mest en van 1,8 in dikke mest. Optimale N en P voorziening is gebaat bij ver uiteen liggende verhoudingen.

1 Inleiding

1.1 Dit rapport

Wat draagt scheiden van dierlijke mest in een N rijke en een P rijke fractie bij aan de benutting van N en P in de melkveehouderij? Om deze vraag te beantwoorden is dit rapport opgesteld. De verkenning is geënt op proefbedrijf voor duurzame melkveehouderij 'De Marke'. Het doel is om *i*) te kunnen beoordelen of mestscheiden op proefbedrijf 'De Marke' wenselijk is en *ii*) om een beeld te krijgen van gewenste aanpassingen in de bedrijfsvoering, in het bijzonder de verdeling van mest over gewassen en percelen. Deze verkenning is uitgevoerd in het kader van het project 'Koeien & Kansen'. In dit project wordt in de praktijk onderzocht hoe het mineralenbeheer op melkveebedrijven verbeterd kan worden.

1.2 Waarom mestscheiden

Drijfmest kan worden gescheiden in een 'dunne' fractie met een relatief hoog watergehalte en een hoge N:P verhouding en een 'dikke' fractie met een relatief laag watergehalte en een lage N:P verhouding. Sinds enkele jaren groeit de belangstelling voor mestscheiding. Dit komt in de eerste plaats doordat gebruiksnormen zijn ingevoerd voor de hoeveelheid N (kg ha^{-1}) in dierlijke mest die op landbouwbedrijven mag worden toegepast en in de tweede plaats doordat regelgeving op termijn gericht zal zijn op evenwichtsbemesting voor P. Mestscheiding kan bijdragen aan de doelstellingen van 'De Marke' omdat door mestscheiding meer soorten mest beschikbaar komen waarmee stikstof en fosfor op maat toegevend kunnen worden. Hieronder worden de verschillende motieven voor mestscheiding toegelicht.

1.2.1 Hogere N werking

Volgens de EU nitraatrichtlijn mag maximaal 170 kg N ha^{-1} in dierlijke mest op landbouwgrond worden toegepast. Nederland heeft een derogatie verkregen van de richtlijn en mag vooralsnog een maximum van 250 kg N ha^{-1} hanteren. De mogelijkheden worden onderzocht om drijfmest zodanig te bewerken dat N na aanwending vollediger wordt opgenomen door gewassen dan nu het geval is. Daardoor gaat minder van de N verloren naar het milieu. Als meer N uit dierlijke mest op verantwoorde wijze, dus zonder hoge verliezen, kan worden toegepast, is de resterende N behoefte die gedekt moet worden door gebruik van kunstmest N lager. Een verlaging van de kunstmestbehoefte die mogelijk wordt door een goede N benutting uit mest is voordelig vanuit bedrijfseconomisch oogpunt en is beter voor het milieu. Mestscheiden wordt als een interessante mogelijkheid beschouwd omdat N (waarvan na mestscheiding een groot deel voorkomt in de dunne fractie) beter zou werken dan N in onbewerkte mest. Uit veldproeven is overigens nog niet gebleken dat de N werking in de dunne fractie daadwerkelijk hoger is (Schröder et al., 2007).

1.2.2 Afvoer van niet plaatsbare P

Een tweede aanleiding voor de belangstelling voor mestscheiding houdt verband met regelgeving ten aanzien van fosfor (P). Vanaf 2015 zal niet meer P met drijfmest aan gewassen mogen worden toegevend dan de hoeveelheid die wordt afgevoerd met de gewassen (P-evenwichtsbemesting) (Anoniem, 2005). Net als de gebruiksnorm voor N zal ook de gebruiksnorm voor P als gevolg hebben dat dierlijke mest moet worden afgevoerd, vooral op intensieve melkveebedrijven. Hiermee wordt ook N afgevoerd die vanuit het oogpunt van gewasbemesting geplaatst zou kunnen worden op het eigen bedrijf. Zoals in 1.2.1 werd uiteengezet zal de afgevoerde N voor een deel (moeten) worden gecompenseerd door aankoop van kunstmest N. Door mestscheiding toe te passen, kan een groot deel van de P uit drijfmest met vaste mest afgevoerd worden en kan N in de dunne fractie op het eigen bedrijf gebruikt worden.

1.2.3 Het motief op 'De Marke': betere sturing met dierlijke mest

Mestscheiden is op 'De Marke' niet interessant als middel om P van het bedrijf af te voeren zodat een P overschot voorkomen kan worden. Zonder afvoer van mest wordt al een evenwicht gerealiseerd tussen aanvoer naar het bedrijf en afvoer met producten.

Op 'De Marke' biedt mestscheiding mogelijkheden om te kunnen bemesten op maat van de N en P behoefte van gewassen met alleen gebruik van dierlijke mest. Op 'De Marke' wordt sinds 2003 geen kunstmest N meer gebruikt en wordt alleen nog dierlijke mest gebruikt dat geproduceerd is door het melkvee op het bedrijf (Verloop et al., 2007). De mest heeft een vaste N:P verhouding. Dat beperkt de mogelijkheden om de bemesting met N en P nauwkeurig aan te passen aan de behoefte van het gewas. Door scheiden van mest kan dit probleem worden opgelost. Er ontstaat een dunne fractie met een hoog N gehalte en een laag P gehalte en een dikke fractie waarvoor het omgekeerde geldt. Door deze bewerking kunnen N en P op maat worden toegediend aan de gewassen.

Mogelijke voordelen zijn:

1. het mogelijk maken van uitmijnen van P percelen met een hoge fosfaattoestand zonder dat N tekorten ontstaan;
2. een betere afstemming van N en P aanvoer op de gewasbehoefte zonder gebruik van kunstmest;
3. het voorkomen van onbedoelde structurele ophoping op sommige percelen en onbedoelde structurele uitmijning op andere percelen.

Ad 1.

Op 'De Marke' komen percelen voor met een hoge fosfaattoestand die ontstaan zijn tijdens het landgebruik in verleden (in de periode voordat 'De Marke' was geïmplementeerd (1989)) en percelen met normale tot lage fosfaattoestand. Nivelleren van deze verschillen leidt tot lagere verliezen vanuit de bouwvoor en een hogere benutting van P uit de bodem (Verloop et al., 2007). Door scheiden van mest kan P uitgemijnd worden uit de fosfaatrijke percelen. Op termijn zal op landbouwgronden, al dan niet lokaal, worden aangestuurd op het uitmijnen van P rijke percelen om milieu- en natuurdoelen te kunnen realiseren (TCB, 2007).

Ad 2.

De N:P verhouding in mest komt veelal niet overeen met de gewasbehoefte aan N en P. Door N en P onafhankelijk te kunnen aanwenden in een dunne en vaste fractie kan beter afgestemd worden op de gewasbehoefte zonder verschillen weg te moeten werken met kunstmest.

Ad 3.

Op bedrijfsniveau is er een evenwicht tussen de aanvoer en afvoer van P van en naar de bodem. Echter door verschillen tussen percelen en door verschillen in gebruik (beweiding, gewasrotatie) zijn er percelen waarop structureel P ophoping plaatsvindt en percelen waarin structureel P onttrekking optreedt. Door gericht plaatsen van P kunnen deze verschillen voorkomen worden.

1.3 Onderzoeksvragen

Dit onderzoek is bedoeld om in beeld te krijgen in welke mate het bedrijfssysteem 'de Marke' verbeterd kan worden door mest te scheiden. Onderzoeksvragen zijn:

- In welke mate wordt met gebruik van alleen drijfmest voorzien in de gewasbehoefte van N en P in alle onderdelen van het teeltplan als bemest wordt volgens een P evenwichtsstrategie?
- In welke mate wordt met gebruik van alleen drijfmest voorzien in de gewasbehoefte van N en P in alle onderdelen van het teeltplan als op fosfaatrijke percelen slechts 50% van de onttrokken P wordt aangevoerd met mest (50% P uitmijning)?
- Hoe moet de N:P verhouding zijn in de dunne en dikke fractie van mest om de gewassen bij evenwichtsbemesting en bij P uitmijnen te kunnen voorzien in de juiste hoeveelheid N en P?
- Zijn er mestscheidingstechnieken beschikbaar die dunne en dikke mest met de gewenste N:P verhoudingen opleveren?
- Hoe verlopen stromen van dunne en vaste mest bij optimale afstemming op de gewasbehoefte in een P evenwichtsstrategie en bij P dosering die is afgestemd op de P toestand van percelen?
- Wat draagt P uitmijnen bij aan de benutting van P die opgeslagen is in de bodem?

1.4 Opbouw

In hoofdstuk 2 wordt de context van het bedrijfssysteem 'De Marke' beschreven met nadruk op beheer van N en P.

In hoofdstuk 3 wordt aan de hand van de resultaten van 'De Marke' beschreven welke problemen onderzonden worden bij N en P management als alleen drijfmest beschikbaar is. Er worden drie strategieën gedefinieerd waardoor P management verbeterd kan worden, te weten *i*) 'P per kavel in balans' en *ii*) P voorziening naar behoefte en *iii*) 'Nivelleren van P verschillen'. Strategie *i*' houdt in dat de aanvoer

van P op elke bedrijfskavel in evenwicht is met de afvoer. Strategie *'ii'* houdt in dat P wordt uitgemijnd op P rijke percelen door minder P aan te voeren dan met gewassen wordt afgevoerd en dat P arme percelen meer P ontvangen dan door gewassen wordt afgevoerd. Strategie *'iii'* houdt in dat op P arme percelen evenwichtsbemesting wordt toegepast, terwijl P rijke percelen net als in strategie *'ii'* worden uitgemijnd. In hoofdstuk 4 wordt beschreven hoe deze strategieën kunnen worden uitgewerkt door verdeling van drijfmest, dunne mest en vaste mest. In de discussie in hoofdstuk 5 wordt ingegaan op bedrijfsmatige gevolgen van deze strategieën en de gevolgen voor P verliezen. Bovendien worden nog niet beantwoorde onderzoeksvragen geformuleerd. Hoofdstuk 6 geeft de conclusies weer.

2 Efficiënt mineralenbeheer op 'De Marke'

2.1 Doelstellingen en randvoorwaarden

Op proefbedrijf 'De Marke' wordt ernaar gestreefd door efficiënt gebruik van stikstof (N) en fosfor (P) een gangbare melkproductie te realiseren binnen milieukundige randvoorwaarden (Tabel 2.1). Om de milieudoelen voor N te realiseren mag het verschil tussen de N aanvoer naar het bedrijf en de afvoer met producten, het N overschot niet groter zijn dan 129 kg N ha^{-1} . Het P overschot mag niet groter zijn dan $1 \text{ kg P ha jr}^{-1}$. Dat betekent dat de aanvoer van P naar het bedrijf praktisch even groot moet zijn als de afvoer met producten en dat de aanvoer naar de bodem even groot moet zijn als de afvoer met gewassen. Als dat gerealiseerd wordt, dan wordt gesproken van evenwichtsbemesting.

De randvoorwaarden (Tabel 2.1) zijn bedoeld om te voorkomen dat 'gemakkelijke oplossingen' worden gekozen waardoor de noodzaak van goed mineralenmanagement afgewenteld wordt buiten het eigen bedrijf. Zo zou het relatief eenvoudig zijn om een hoge mineralenbenutting te realiseren door een groot deel van de dierlijke mest van het bedrijf af te voeren en vervolgens bemesting uit te voeren met kunstmest. Het gaat er echter om juist de N en P in dierlijke mest die vrijkomt op het bedrijf zelf, door goed management zo goed mogelijk te benutten.

Tabel 2.1 Doelen en randvoorwaarden van De Marke met betrekking tot mineralenverliezen (Biewinga et al., 1992)

Doelen	Maximale waarde
<i>Stikstof</i>	
Vervluchtiging ammoniak	30 kg N ha^{-1} , uit dierlijke mest
Uitspoeling nitraat	$50 \text{ mg nitraat l}^{-1}$, in het bovenste grondwater
Vervluchtiging stikstofoxiden	3 kg N ha^{-1}
Overschot op bedrijfsbalans	128 kg N ha^{-1} , inclusief depositie en binding door vlinderbloemigen
<i>Fosfor</i>	
Uitspoeling	$0,15 \text{ mg P l}^{-1}$, in het bovenste grondwater
Overschot op bedrijfsbalans	$0,45 \text{ kg P ha}^{-1}$, inclusief depositie
Randvoorwaarden	
Mest wordt op het eigen bedrijf geplaatst	
Jongvee dat nodig is voor de vervanging van het melkvee wordt op eigen bedrijf opgefokt	
De bodemkwaliteit blijft of wordt zodanig dat het ook op lange termijn mogelijk is de doelen te realiseren	
De bedrijfsopzet moet onderzoek mogelijk maken (analyseerbaar en extrapoleerbaar)	

2.2 Principes van mineralenbeheer toegepast op 'de Marke'

Als veel mineralen worden afgevoerd en daarvan weinig in producten wordt afgevoerd, blijft een groot deel achter op het bedrijf (het overschot). Een hoog overschot leidt direct of indirect tot hoge verliezen. Om hoge verliezen van mineralen naar het milieu te vermijden, moeten overschotten dus worden beperkt. Beperken van overschotten houdt in: streven naar een zo laag mogelijke aanvoer van N en P per eenheid geproduceerde melk en vlees. Om dit te bereiken worden twee algemene basisprincipes gevolgd die onderling sterk met elkaar samenhangen:

- Streven naar een zo volledig mogelijke overdracht van door vee uitgescheiden N en P in de cyclus mest, bodem, gewas, vee en producten;
- Laag houden van de intensiteit van de N en P stromen door het bedrijf.

N en P doorlopen in het bedrijf een cyclus, waarbij overdracht plaatsvindt van de bedrijfcomponenten: veestapel, mest, bodem, gewas, voer. Door de intensiteit van de N en P stromen laag te houden, wordt voorkomen dat oververzadiging optreedt in één van de bedrijfsonderdelen. Bijvoorbeeld: Vee heeft N

(eiwit) nodig om melk te produceren en voor groei en onderhoud van het lichaam. Er is een bepaald aanbod nodig om te voorzien in de behoefte van de dieren. Een aanbod, hoger dan de behoefte is in principe overtollig. Naarmate vee meer overtollig N (eiwit) krijgt, wordt een grotere hoeveelheid van de aangeboden N uitgescheiden in mest en urine. Dit wordt voorkomen door scherp naar behoefte te voeren op N. Hierdoor wordt de intensiteit van de N en P stromen in de overige bedrijfsonderdelen, mest, bodem en gewas niet te hoog en wordt ook daar oververzadiging voorkomen. De N en P cyclus door het bedrijf blijft meer gesloten en er hoeven minder mineralen aangevoerd te worden om melk te produceren. Activiteiten zoals beweiding zijn gevoelig voor verliezen. Gericht aanpakken van deze activiteiten, vermindert verliezen en draagt bij aan een volledige overdracht. Toepassing van deze principes op 'De Marke' leidt tot een aantal basiselementen in het bedrijfsontwerp (Tabel 2.2). Het is niet zo dat toepassing van deze elementen op andere bedrijven altijd gunstig is. Ook niet als dezelfde bedrijfsdoelen als op 'De Marke' zou worden nagestreefd. De uitwerking van efficiënt mineralenbeheer is daarvoor te zeer afhankelijk van bedrijfsomstandigheden.

Tabel 2.2 Elementen in het bedrijfsontwerp 'De Marke' die bijdragen aan efficiënt mineralengebruik

Vee	Mest	Bodem	Gewas
<ul style="list-style-type: none"> • Scherp voeren naar behoefte • Niet meer jongvee dan nodig voor vervanging melkvee • Een hoge productie per koe • Zoveel mogelijk voer van eigen bedrijf 	<ul style="list-style-type: none"> • Een kort bemestingsseizoen • Optimale verdeling over gewassen en percelen • Beperkt beweiden 	<ul style="list-style-type: none"> • Bemesting afstemmen op gewasbehoefte • Omweiden van vee • Vruchtwisseling gras en maïs en gerst/GPS • Een hoog aandeel maïs 	<ul style="list-style-type: none"> • Lage beweiding- en veldverliezen • Zo volledig mogelijk oogsten van gewassen en toepassen op eigen bedrijf • Vanggewassen toepassen

2.3 De bemestingsstrategie

2.3.1 Uitgangspunten

Bij een P evenwichtsstrategie mag P in dierlijke mest naar de bodem worden aangevoerd in een hoeveelheid die gelijk is aan de onttrekking met gewassen minus de atmosferische depositie ($1 \text{ kg P ha}^{-1} \text{ jr}^{-1}$). Als randvoorwaarde voor de N aanvoer naar de bodem geldt dat de aanvoer met mest (samen met de N binding met klaver en atmosferische depositie) niet groter mag zijn dan de afvoer met het gewas plus het acceptabel overschot: $79 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ jr}^{-1}$.

Om binnen deze randvoorwaarden te kunnen opereren moeten zowel N als P op zo'n manier worden toegepast dat een zo groot mogelijk deel van de aangevoerde mineralen weer kunnen worden opgenomen door de gewassen. Dit betekent:

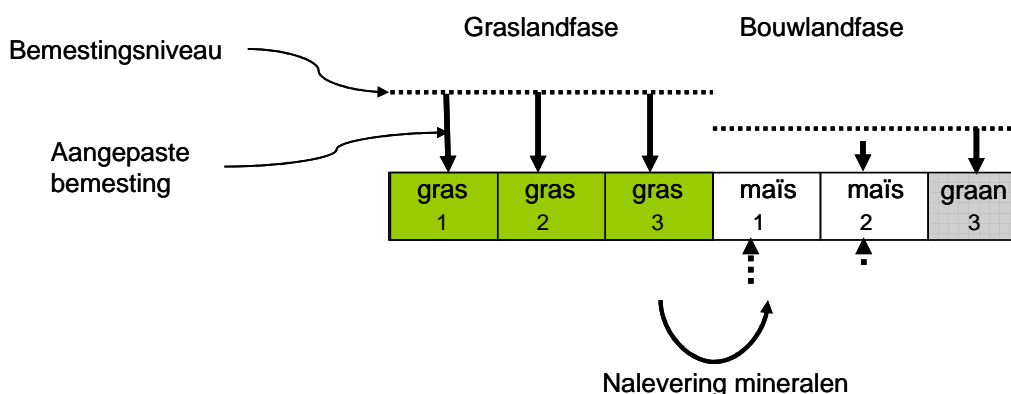
- Beperkt beweiden. Daardoor wordt een relatief groot deel van de dierlijke mest aangewend als drijfmest en een relatief klein deel als weidemest omdat mineralen in weidemest slechter benut worden dan mineralen uit drijfmest.
- Tijdige bemesting. Dat wil zeggen niet eerder bemesten dan half maart in grasland om voorjaarsuitspoeling te voorkomen en niet later dan 1 augustus om te voorkomen dat mineralen uit laat in het seizoen aangevoerde mest na het groeiseizoen vrijkomen (door mineralisatie van organische stof) en zo in najaar en winter uitspoelen.
- Bemesting op maat. Dat wil zeggen dat niet meer N en P wordt aangevoerd dan de gewassen op kunnen nemen. De N en P gift wordt zo nauwkeurig mogelijk afgestemd op de hoeveelheid die nodig is om de haalbare opbrengst te realiseren. De haalbare opbrengst wordt zo goed mogelijk geschat rekening houdend met het beperkende effect door de geringe beschikbaarheid van vocht.
- Toepassen van mestvergisting. Mestvergisting wordt uitgevoerd om ervoor te zorgen dat een zo groot mogelijk deel van de mineralen in minerale vorm voorkomen. In deze vorm zijn de mineralen snel beschikbaar.

De verdeling van N en P binnen deze randvoorwaarden over gewassen hangt sterk samen met de vruchtwisseling. Uitgangspunt voor de verdeling van N en P is dat binnen de hiervoor beschreven randvoorwaarden zo goed mogelijk wordt voorzien in de behoefte van gewassen.

2.3.2 N en P voorziening bij vruchtwisseling van gras en maïs

Op 'De Marke' is 11 ha van het areaal (totaal 55 ha) bestemd voor blijvend grasland. Op de overige 44 ha wordt maïs en gras in vruchtwisseling geteeld. De vruchtwisseling bestaat uit een graslandfase van drie jaar gevolgd door een bouwlandfase met maïs en graan van drie tot vijf jaar. Er is een huiskavel en een veldkavel. De huiskavel ligt relatief dicht bij de stallen en de veldkavel is verder verwijderd. Het vruchtwisselingschema op de huiskavel en de veldkavel is niet helemaal hetzelfde maar gemiddeld zijn de aandelen gras en maïs vrijwel hetzelfde.

Omdat P relatief immobiel is, is een kortdurende accumulatie van P in de bodem niet bezwaarlijk, mits de accumulatie gecompenseerd wordt door een periode met een even sterke uitmijning. Daarvan wordt gebruik gemaakt bij de bemesting van gewassen in vruchtwisseling: De randvoorwaarde van P evenwicht geldt voor een volledige vruchtwisseling. De N behoefte van gras is veel hoger dan die van maïs (zie de volgende alinea). Het gras in vruchtwisseling kan in de N behoefte voor een groot deel worden voorzien door een relatief hoge drijfmestgift (Figuur 2.1). In deze fase is de P aanvoer groter dan de P onttrekking in gras en is het P overschot duidelijk groter dan nul. Dat wordt gecompenseerd door een negatief P overschot (uitmijning dus) in de bouwlandfase. Omdat gras in blijvend grasland per definitie niet afgewisseld wordt door een ander gewas, kan een relatief hoge N en P gift met drijfmest in blijvend grasland niet gecompenseerd worden. Daarom moet op blijvend grasland steeds een P overschot van nul gerealiseerd worden en moet de P aanvoer in blijvend grasland telkens afgestemd zijn op de P onttrekking door het gras. Bij een vaste verhouding van N en P in mest betekent dit, dat de N aanvoer met drijfmest beperkt wordt. Dus de vruchtwisseling biedt ruimte voor variatie in de tijd van het P overschot en daardoor ook van de P gift met drijfmest. Deze ruimte kan gebruikt worden om met drijfmest te voorzien in de relatief hoge N behoefte van tijdelijk gras.



Figuur 2.1 Schematische voorstelling van de bemesting van gras en akkerbouwgewassen (maïs en graan) geteeld in vruchtwisseling. De genummerde blokken representeren het gewas geteeld in opeenvolgende jaren; de pijlen onder de blokken geven weer de aanvoer van mineralen uit de bodem. De pijlen boven de blokken geven weer de aanvoer van mineralen door bemesting.

2.3.3 De gewenste N en P voorziening in cijfers

De analyse in deze verkenning is onder andere gericht op de vraag in hoeverre met drijfmest waarin N en P in een vaste verhouding voorkomen op de gewenste wijze bemest kan worden. Om deze vraag te beantwoorden is een getalsmatig referentiekader nodig voor de gewenste bemesting. In Tabel 2.3 is dit referentiekader weergegeven.

De waarden geven aan welke N en P voorziening optimaal is om te voldoen aan alle randvoorwaarden en doelen. Ze zijn opgesteld op grond van kennis over de relatie tussen aangevoerde N en P en de opbrengst aan N en P bij verschillende niveaus. De waarden worden gebruikt als praktische richtlijn voor de bemesting, maar zijn ondergeschikt aan de randvoorwaarden en doelen en kunnen zonedig bijge-

steld worden. In tijdelijk grasland wordt uitgegaan van een N behoefte van 250 kg werkzame N ha⁻¹ jr⁻¹; in blijvend grasland ligt de N behoefte iets lager: 200 kg werkzame N ha⁻¹ jr⁻¹. In maïs is de N behoefte 100 kg werkzame N ha⁻¹ jr⁻¹. Bij de omrekening in de gewenste N aanvoer wordt rekening gehouden met onvolledige werking van N in mest. Voor drijfmest wordt uitgegaan van 60% werking en voor N uitgescheiden met weidemest wordt uitgegaan van 15% werking. Bovendien wordt in maïs rekening gehouden met nalevering uit de ondergeploegde graszode. Vanwege de aanzienlijke nalevering in eerstejaarsmaïs wordt op 'De Marke' in deze fase van de rotatie geen of een kleine hoeveelheid drijfmest gegeven om de kans op nitraatuitspoeling zoveel mogelijk te beperken.

Tabel 2.3 Richtlijnen voor de N en P voorziening (kg ha⁻¹ jr⁻¹) waarbij zo goed mogelijk voldaan wordt aan de doelen en randvoorwaarden op 'De Marke'

	Nwerkzaam	P ²⁾
Blijvend grasland	200	30
<i>Rotatie</i>		30
Tijdelijk grasland	250	-
Akkerbouwgewassen	100 ¹⁾	-

¹⁾ Inclusief nalevering uit de graszode in eerste en tweedejaars maïs

²⁾ Afgeleid van de waargenomen P onttrekking

Voor de verdeling van P binnen het bedrijf geldt verder:

- De P aanvoer dient ook op de afzonderlijke bedrijfskavels (blijvend grasland, huiskavel en veldkavel) in evenwicht te zijn met de afvoer.
- De P aanvoer moet lager zijn dan de gewasonttrekking op percelen waar P gehalte en beschikbaarheid hoger is dan optimaal.
- De P aanvoer mag hoger zijn dan de gewasonttrekking op percelen waar P gehalte en beschikbaarheid lager is dan optimaal.

3 N en P stromen in het huidige systeem

Evaluatie van resultaten uit 2004-2006

3.1 Inleiding

Sinds 2004 wordt op 'De Marke' geen kunstmest N meer gebruikt. Kunstmest P is op 'De Marke' nooit systematisch toegepast (Tabel 3.1). Daardoor is op 'De Marke' nog maar één soort mest beschikbaar, nl. drijfmest waarin N en P in een min of meer vaste verhouding voorkomen.

In dit hoofdstuk wordt aan de hand van de N en P stromen van en naar de bodem in 2004, 2005 en 2006 geanalyseerd in hoeverre met alleen drijfmest met N en P in een vaste verhouding op de gewenste wijze bemest kan worden. Hiertoe wordt de N en P voorziening vergeleken met de richtlijnen die zijn vermeld in Tabel 2.3, paragraaf 2.3.3. De richtlijnen met betrekking tot de P voorziening op percelen met een hogere of lagere P toestand dan optimaal zijn niet volledig ingevuld. Aangegeven is dat een P voorziening lager of hoger dan de P onttrekking door gewassen kan worden toegepast als dat nodig blijkt. Of dat het geval is, is in 2.3.3. nog niet ingevuld, maar wordt in dit hoofdstuk geëvalueerd gebruik makend van gegevens over P stromen in de bodem.

Door evaluatie van resultaten wordt dus:

- De richtlijn voor gewenste P voorziening specifieker gemaakt en
- Vastgesteld hoe de N en P voorziening in 2004, 2005, en 2006 zich verhoudt tot de gewenste N en P voorziening.

Tabel 3.1 Aanvoer van N en P in dierlijke mest en kunstmest naar de bodem op 'De Marke' (kg N ha⁻¹), gemiddeld over de periode 1993-1999 en in de jaren 2000-2006

	'93-'99	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
Stikstof								
Weidemest	48	23	16	20	19	23	30	19
Drijfmest	177	191	189	202	157	197	211	198
Kunstmest	71	60	51	35	17	2	0	0
<i>Totaal</i>	296	274	256	257	193	222	241	217
Fosfor								
Weidemest	5,7	4,6	1,9	2,3	2,2	3,0	3,7	2,1
Drijfmest	24,8	26,0	26,1	29,2	21,0	25,4	28,6	23,3
Kunstmest	0,7	0	0	0	0	0	0	0
<i>Totaal</i>	31,2	30,6	28	31,5	23,2	28,4	32,3	25,4

3.2 Verdeling over de kavels

Zoals in hoofdstuk 2 werd aangegeven is het bedrijfsareaal op 'De Marke' opgedeeld in de kavels blijvend grasland en de huis- en veldkavel. Op de huis- en veldkavel wordt gras in vruchtwisseling met maïs en graan geteeld. Op bedrijfsniveau is sprake van een P evenwicht tussen aan- en afvoer. Tussen de kavels zijn er echter verschillen.

3.2.1 Resultaten uit de periode 2004-2006

Op blijvend grasland wordt meer P aangevoerd dan afgevoerd, terwijl P uitmijning optreedt op de huiskavel- en de veldkavel (Tabel 3.2). Het P overschot is dus ongelijk verdeeld binnen het bodem/gewassysteem. Aan de P aan- en afvoer van en naar afzonderlijke gewassen (Tabel 3.3) kunnen we zien hoe deze disbalans tot stand komt. Op de huis- en veldkavel vindt gewasrotatie plaats met een graslandfase en een akkerbouwfase (zie ook hoofdstuk 2.3.2). Het P overschot in de akkerbouwfase is negatief. Het P overschot in de graslandfase wordt dus gecompenseerd (zelfs ruimschoots) door de netto onttrekking in de akkerbouwfase. Op blijvend grasland ontbreekt deze 'compensatiemogelijkheid'.

Ondanks dat blijvend grasland lager wordt bemest dan tijdelijk grasland (Tabel 3.3) ontstaat er een P overschot. Dit komt doordat *i*) de onttrekking van P in blijvend grasland duidelijk lager is dan die in tijdelijk grasland en *ii*) doordat meer P als weidemest wordt aangevoerd.

De drijfmestdosering op blijvend grasland is dus begrensd omdat gestreefd wordt naar P evenwichtsbemesting. Hierdoor is N op blijvend grasland in 2004, tot en met 2006 niet naar behoefte toegediend (Tabel 3.4). Met alleen drijfmest is een voldoende lage P aanvoer (voor P evenwichtsbemesting) en een voldoende hoge N aanvoer (voor een optimale N voorziening) dus kennelijk moeilijk te combineren. Dat deze aspecten op gespannen voet staan, leidt ertoe dat zowel de N als de P voorziening afwijken van het optimum. Een lage N bemesting kan worden opgevangen door een toename van klaverbezetting (waardoor de N binding toeneemt); de klaverbezetting bleek echter vooral in blijvend grasland moeilijk te sturen.

De N voorziening in maïs lijkt ook laag te zijn, maar dat is niet het geval. Als rekening wordt gehouden met nalevering uit de ondergeploegde zode, benadert de N voorziening de behoefte (100 kg N werkzaam per hectare).

Tabel 3.2 Het overschot van fosfor op blijvend grasland, de huiskavel en de veldkavel (gemiddelde van 2004, 2005 en 2006, kg ha⁻¹)

Kavel	P
Blijvend grasland	8
Huiskavel	-1
Veldkavel	-8
Bedrijf	-1

Tabel 3.3 Aan- en afvoer van fosfor (2004, 2005 en 2006) naar en van de gewassen op 'De Marke' (kg ha⁻¹)

	Aanvoer			Afvoer	Overschot
	Totaal	Drijfmest	Weidemest		
Bg	39	31	7	31	8
Tg1	43	40	2	36	6
Tg2	45	39	5	39	6
Tg3	41	36	5	39	3
Ab1	2	1	-	25	-23
Ab2	10	9	-	21	-11
Ab>2	21	20	-	24	-4
Rotatie					-4

Bg = blijvend gras, Tg1, Tg2, Tg3 = eerstejaars, tweedejaars en derdejaars tijdelijk gras, Ab1, Ab2 en Ab>2 = eerstejaars akkerbouw, tweedejaars akkerbouw en derdejaars of meerdere jaars akkerbouw Totale aanvoer = aanvoer inclusief atmosferische depositie

Tabel 3.4 Aanvoer van stikstof (2004, 2005 en 2006) naar de gewassen op 'De Marke' (kg ha⁻¹)

	Totaal ¹⁾	Drijfmest	Weidemest	Werkzaam	
				Totaal ²⁾	% van behoefte
Bg	349	243	65	177	89
Tg1	409	293	14	258	103
Tg2	429	296	43	257	103
Tg2	404	260	46	242	97
Ab1	39	8	-	5	100 ³⁾
Ab2	99	68	-	44	100
Ab>2	170	129	-	84	100

1) Totale aanvoer = aanvoer inclusief atmosferische depositie en N-binding met klaver

2) Berekend als:

gras: $0,65 \cdot N$ drijfmest + $0,15 \cdot N$ weidemest + N binding klaver

maïs: $0,65 \cdot N$ drijfmest (dus exclusief nalevering)

3) Inclusief nalevering

De disbalans tussen de verdeling van P binnen de bedrijfskavels leidt tot onbedoelde uitmijning op de huis- en de veldkavel en onbedoelde ophoping van P in blijvend grasland. Doordat de P uitmijning in de huidige bedrijfsvoering niet gekoppeld is aan de fosfaattoestand van percelen, maar zuiver een gevolg is van het toegepaste teeltplan, zal uitmijning ook voorkomen op de P arme percelen. Dit kan op die percelen op termijn tot P deficiëntie leiden. De P ophoping is op termijn ook problematisch omdat P na verzaaiing van de bindingscapaciteit van de bodem zal gaan uitspoelen. Al met al zal de naar de bodem aangevoerde P slechter door gewassen worden benut en zal het moeilijker worden om P evenwichtsbemesting te realiseren.

3.2.2 Verbeterde verdeling van P over kavels; P per kavel in balans

De verdeling van P zou dus verbeterd worden door opheffen van de P disbalans tussen bedrijfskavels. De bemestingstrategie waarbij deze verbetering wordt gerealiseerd, duiden we aan als '**P per kavel in balans**'. Deze strategie vergt aanpassing van P aanvoer. De P aanvoer naar blijvend grasland moet beperkt worden tot een niveau waarbij het P overschot op blijvend grasland afneemt tot nul. Naar de huis- en veldkavel wordt dan meer P aangevoerd zodat het P overschot op rotatieniveau toeneemt tot nul. De behandeling van gewassen in deze strategie duiden we aan als '100PO' wat verwijst naar een P aanvoer gelijk aan **100%** van de **P Onttrekking**.

De P aanvoer naar blijvend grasland zou verder verlaagd kunnen worden door de P aanvoer met weidemest te verlagen. Dat zou betekenen dat de beweiding moet worden verplaatst naar de kavels die verder van de stal liggen. Dit is bedrijfsmatig lastig uitvoerbaar. De enige andere mogelijkheid is het verlagen van de drijfmestgift. Echter, bij een vaste N:P verhouding, gaat een lagere P aanvoer met drijfmest gepaard met een nog lagere aanvoer van N (zie Tabel 3.5). Hierdoor zou de N voorziening meer tekortschieten ten opzichte van de behoefte in blijvend grasland dan nu het geval is (Tabel 3.4). Waarschijnlijk zou hierdoor de gewasopbrengst dalen en daarmee ook weer de P opbrengst, zodat het steeds moeilijker wordt om een P evenwichtsbemesting te realiseren. Dit effect is niet in de berekeningen meegenomen.

Tabel 3.5 Aanvoer van stikstof (kg ha^{-1}) bij een drijfmestgift in de bemestingstrategie 'P per kavel in balans'

	Totaal ¹⁾	Drijfmest	Weidemest	Werkzaam	
				Totaal	% van behoefte
Bg	264	158	65	122	61
Tg1	452	337	14	286	114
Tg2	469	336	43	283	113
Tg2	477	334	46	290	116
Ab1	39	8	-	5	100
Ab2	99	68	-	44	100
Ab>2	165	129	-	84	100
Rotatie					40

¹⁾ Totale aanvoer = aanvoer inclusief atmosferische depositie en N-binding met klaver

3.3 Verdeling over percelen

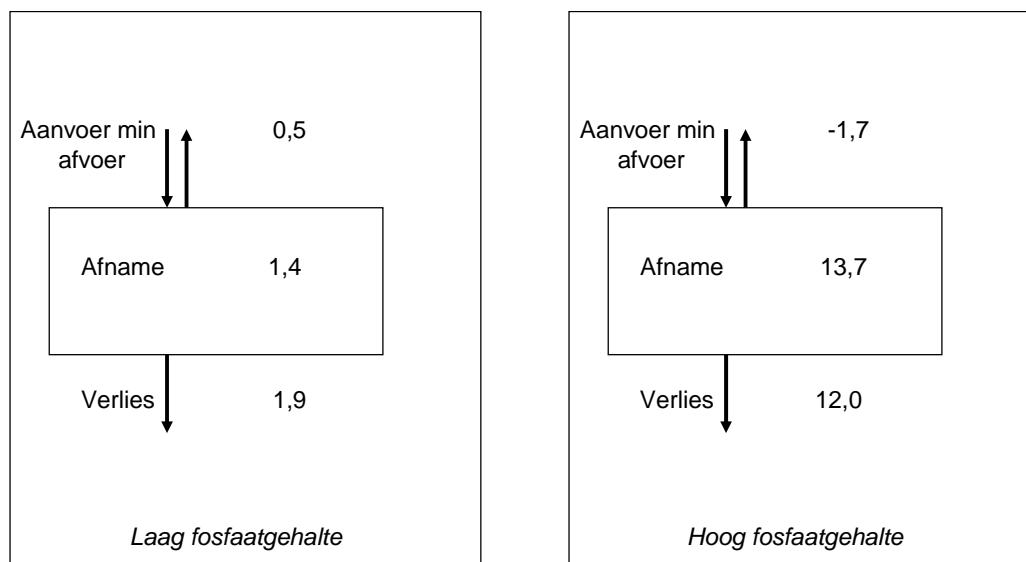
3.3.1 Gevolgen van een hoge en lage P toestand op percelen

De fosfaattoestand¹ varieert sterk op percelen van 'De Marke' (Verloop et al., 2007). De Pw waarde varieert van 20 tot 100. Het P gehalte varieert van 109 tot 232 mg P_2O_5 per 100 gram grond (zie Bijlage I voor een overzicht). Deze verschillen zijn ontstaan door het bodemgebruik in het verleden, voordat de grond in beheer werd genomen door 'De Marke'.

Het gemiddelde P gehalte van alle percelen op 'De Marke' is afgenomen sinds de strategie van evenwichtsbemesting op bedrijfsniveau wordt uitgevoerd (Aarts, 2003; Verloop et al., 2007). Omdat de P aanvoer naar de bodem gelijk is aan de P afvoer door gewasonttrekking moet de afname van het P gehalte veroorzaakt zijn door verliezen uit de bouwvoor.

Het P gehalte heeft zich op percelen met een hoge fosfaattoestand anders ontwikkeld dan op percelen met een relatief lage fosfaattoestand. Het P gehalte nam het sterkst af op de percelen met een hoog initieel P gehalte. Het P gehalte op percelen met een laag P gehalte verandert niet waarneembaar. De P onttrekking is op de P rijke percelen nauwelijks hoger dan op de P arme percelen. De afname van het P gehalte op de P rijke percelen is dan ook maar voor een zeer klein deel veroorzaakt door een hogere onttrekking. De belangrijkste oorzaak voor de afname is verlies van P uit de toplaag (0-20 cm) naar diepere bodemlagen door onderploegen en uitspoeling (Figuur 3.1). Dit verlies werd op de relatief P arme percelen niet waargenomen. P verliezen treden dus alleen op P rijke percelen.

¹ Een maat voor de totale en de beschikbare hoeveelheid P in de bodem die wordt uitgedrukt door het Pw getal, het P AL getal en het P gehalte. In de analyse die in dit rapport is beschreven geldt: een relatief hoge fosfaattoestand gaat samen met een relatief hoog P gehalte en een relatief lage fosfaattoestand gaat samen met een laag P gehalte.



Figuur 3.1 P stromen (kg P ha⁻¹jr⁻¹) op percelen met een initieel gehalte lager dan gemiddeld en een gehalte hoger dan gemiddelde van alle percelen. Het gemiddelde gehalte in de groep met een laag initieel gehalte was 134 mg P₂O₅ per 100 gram grond; het gemiddelde gehalte in de groep met een hoog initieel gehalte was 202 mg P₂O₅ per 100 gram grond

De P verliezen uit P rijke percelen vormen een probleem voor de lange termijn. P kan na uitspoeling naar diepere bodemlagen niet meer benut worden door gewassen. Door P te laten weglekken wordt een deel van de P die nu nog als beschikbare voorraad aanwezig is, onbereikbaar. Uitspoeling kan bovendien ten koste gaan van de grondwaterkwaliteit. Ook al is het onzeker op welke termijn de verliezen daadwerkelijk in het grondwater terechtkomen. Veel P zal nog gebonden worden in het bodemprofiel tussen de bouwvoor en het grondwater.

3.3.2 Verbeterde verdeling van P over percelen; P voorziening naar behoefte en Nivelleren van P verschillen

Voor het benutten van beschikbare P voorraden en voor het verkleinen van de kans op uitspoeling is P onttrekking uit P rijke percelen dus wenselijk. De aanvoer van P naar deze percelen moet daarom beperkt worden. Om de P onttrekking zoveel mogelijk te bevorderen dient de toediening van N op hetzelfde niveau gehandhaafd te blijven. Bemestingsstrategieën waarbij P onttrokken wordt op P rijke percelen zijn:

1. P voorziening naar behoefte

De P aanvoer kan zo goed mogelijk worden afgestemd op de gewasbehoefte. Op percelen met een relatief lage fosfaattoestand kan P evenwichtsbemesting worden toegepast. Hier moet de P aanvoer dus gelijk zijn aan de gewasonttrekking (behandeling 100PO). Dat dit een goede invulling is van 'P voorziening naar behoefte' blijkt uit resultaten op 'De Marke'. Op relatief P arme percelen was gewasopbrengst en -kwaliteit bij evenwichtsbemesting niet lager dan op P rijke percelen (Verloop et al., 2007).

Op de percelen met een hoge fosfaattoestand kan P worden onttrokken. Een veldproef op een perceel met een hoge fosfaattoestand 'De Marke' wees uit dat zelfs bij een nul gift geen P tekorten ontstaan (Reijneveld et al., 2003). Kennelijk treedt op deze percelen dus geen P deficiëntie op. We gaan in deze verkenning uit van een behandeling waarbij 50% van de P onttrekking met gewassen wordt toegediend (behandeling 50PO).

Deze benadering heeft tot gevolg dat de totale P aanvoer naar de bodem lager is dan de afvoer. Immers op de percelen met lage fosfaattoestand wordt evenveel P naar de bodem aangevoerd dan wordt afgevoerd met gewassen, maar op de percelen met hoge fosfaattoestand wordt meer onttrokken dan wordt aangevoerd. Bij het bestaande productieniveau van melk is de mest P productie van de veestapel constant. Deze productie zal dus niet meer in het geheel naar de bodem gebracht kunnen worden en zal derhalve moeten worden afgevoerd.

2. Nivelleren van P verschillen

Als op de bedrijfsgemiddelde bodembalans een evenwicht tussen P aan- afvoer gehandhaafd wordt, dient de P in mest die bespaard wordt op fosfaatrijke percelen extra toegediend te worden op de fosfaatarmere percelen. In deze bemestingsstrategie worden verschillen tussen de P toestand verkleind. Op P rijke percelen wordt behandeling '50PO' toegepast; op P arme percelen wordt 150% van de P onttrekking aangevoerd (behandeling '150PO'. Er zijn geen aanwijzingen dat reparatiebemesting op P arme percelen daadwerkelijk nodig is voor een gewenste bodemvruchtbaarheid op de langere termijn, maar door deze benadering wordt afvoer van P houdende mest van het bedrijf voorkomen. Het voordeel ten opzichte van het huidige systeem blijft dat de fosfaattoestand op de P rijke percelen versneld wordt afgebouwd door onttrekking. Dit systeem sluit aan bij het door de TCB voorgestelde 'zelfregulerende systeem van P giften', waarbij evenwichtsbemesting wordt toegepast in een gebied van voldoende fosfaattoestand, waarbij P onttrokken wordt op percelen met een fosfaattoestand hoog en waarbij meer P wordt gedoseerd dan door gewassen wordt onttrokken op percelen met een lage fosfaattoestand (TCB, 2007).

Tabel 3.6 geeft een overzicht van de P bemestingsstrategieën en de bijbehorende behandelingen. Om onderscheid te maken tussen relatief P arme en relatief P rijke percelen is uitgegaan van de volgende criteria. Percelen waarin zowel het P gehalte als de Pw waarde hoger zijn dan het gemiddelde op alle percelen zijn aangeduid als relatief P rijk. De overige percelen zijn aangeduid als relatief P arm. In Bijlage I zijn Pw en P gehalte voor alle percelen weergegeven. Het gemiddelde P gehalte is 158 mg P₂O₅ per 100 gram grond en het gemiddelde Pw getal is 46 mg P₂O₅ per l grond. Het moge duidelijk zijn dat de hier gehanteerde afbakening van relatief P rijke en relatief P arme percelen buiten de context van deze verkenning geen betekenis hebben.

Tabel 3.6 De P bemestingsstrategieën en de behandeling van kavels en percelen met P

Strategie	Behandeling	Aanduiding
P voorziening naar behoefte		
P rijke percelen	Aanvoer = 50% P gewasonttrekking	50PO
P arme percelen	Aanvoer = 100% P gewasonttrekking	100PO
Nivelleren van P verschillen		
P rijke percelen	Aanvoer = 50% P gewasonttrekking	50PO
P arme percelen	Aanvoer = 150% P gewasonttrekking	150PO

3.3.3 Gevolgen voor de N en P voorziening

In de strategieën 'P voorziening naar behoefte' en 'Nivelleren van P verschillen' wordt op P rijke percelen de behandeling 50PO toegepast. Tabel 3.7 geeft de P stromen weer van en naar gewassen bij toepassing van deze behandeling. Tabel 3.8 geeft de N stromen weer. We zien dat samen met de P aanvoer met drijfmest ook de N aanvoer in gras sterk beperkt wordt. De aanvoer van werkzame N is veel lager dan de behoefte. Bij de lage N voorziening is aanzienlijke opbrengstderving te verwachten. Het N tekort zou wel stimulerend kunnen zijn voor de ontwikkeling van klaver.

In de berekeningen is uitgegaan van een optimale verdeling van drijfmest over de fases van de gewasrotatie. De gewenste netto onttrekking van P moet immers gerealiseerd worden op rotatieniveau. Het ligt niet voor de hand om de lage mestgiften in de akkerbouwfase verder te beperken. Daarom is de drijfmestgift alleen in de graslandfase aangepast. Evenals in de eerdere berekeningen is uitgegaan van behoud van de beweiding. De P en N aanvoer door weidemest is dus niet veranderd.

In de strategie 'Nivelleren van P verschillen' wordt op P arme percelen de behandeling 150PO toegepast. In Tabel 3.9 zijn de P stromen in gewassen weergegeven. Tabel 3.10 geeft de N stromen weer. Bij deze behandeling is de N gift duidelijk hoger dan de behoefte. Niet weergegeven is de te verwachten afvoer en overschotten van N. Echter, de overschotten zouden vermoedelijk veel hoger zijn dan bij op de N behoefte afgestemde N voorziening met als gevolg dat risico's op nitraatuitspoeling ook in een niet voor uitspoeling gevoelig onderdeel van de teelt als gras, sterk zouden toenemen.

Tabel 3.7 Aan- en afvoer van fosfor (kg ha^{-1}) bij toepassing van de behandeling 50PO (P rijke percelen in de strategie 'P voorziening naar behoefte' en 'Nivelleren van P verschillen')

	Aanvoer			Afvoer	Overschot
	Totaal	Drijfmest	Weidemest		
Bg	15	7	7	31	-15
Tg1	20	40	2	36	-16
Tg2	20	39	5	39	-19
Tg3	20	36	5	39	-19
Ab1	2	1	-	25	-23
Ab2	10	9	-	21	-11
Ab>2	21	20	-	24	-4
Rotatie	15			31	-15

Tabel 3.8 Aan- en afvoer van stikstof (kg ha^{-1}) bij toepassing van de behandeling 50PO (P rijke percelen in de strategie 'P voorziening naar behoefte' en 'Nivelleren van P verschillen')

	Totaal ¹⁾	Drijfmest	Weidemest	Werkzaam	
				Totaal	% van behoefte
Bg	158	52	65	53	27
Tg1	240	125	14	148	59
Tg2	236	103	43	132	53
Tg2	248	105	46	141	56
Ab	Gelijk aan de waarden vermeld in Tabel 3.5				
Rotatie					40

¹⁾ Totale aanvoer = aanvoer inclusief atmosferische depositie en N-binding met klaver

Tabel 3.9 Aan- en afvoer van fosfor (kg ha^{-1}) bij toepassing van de behandeling 150PO (P arme percelen in de strategie 'Nivelleren van P verschillen')

	Aanvoer			Afvoer	Overschot
	Totaal	Drijfmest	Weidemest		
Bg	46	38	7	31	15
Tg1	81	79	2	36	45
Tg2	81	76	5	39	42
Tg3	81	76	5	39	23
Ab	Gelijk aan de waarden vermeld in Tabel 3.7				
Rotatie	46			31	15

Tabel 3.10 Aan- en afvoer van stikstof (kg ha^{-1}) bij toepassing van de behandeling 150PO (P arme percelen in de strategie 'Nivelleren van P verschillen')

	Totaal ¹⁾	Drijfmest	Weidemest	Werkzaam	
				Totaal	% van behoefte
Bg	383	278	65	200	100
Tg1	689	574	14	440	176
Tg2	685	552	43	424	170
Tg2	697	554	46	433	173
Ab	Gelijk aan de waarden vermeld in Tabel 3.5				
Rotatie					

¹⁾ Totale aanvoer = aanvoer inclusief atmosferische depositie en N-binding met klaver

3.4 Samenvatting

In 2004-2006 was de P aanvoer op de bedrijfskavels niet in evenwicht met de aanvoer. P hoopt zich op in blijvend grasland en wordt uitgemijnd op de huis- en veldkavel. De N voorziening in blijvend grasland was lager dan de behoefte (Tabel 3.11). Bij de N en P voorziening op blijvend grasland wordt een compromis gezocht tussen de gewenst (hogere) N voorziening en de gewenst (lagere) P aanvoer. De optimale N en P voorziening wordt dus op blijvend grasland niet gerealiseerd met drijfmest met N en P in een vaste verhouding. De ophoping van P in blijvend grasland zal op termijn tot hogere risico's op P verliezen leiden en de structurele uitmijning van P op de huis- en veldkavel zal op termijn leiden tot P tekorten. P beheer kan verbeterd worden door deze onbedoelde ophoping en uitmijning te voorkomen en de P aanvoer per kavel in balans te brengen met de afvoer. Toepassing van de bemestingsstrategie 'P per kavel in balans' met alleen drijfmest waarvan de N:P verhouding vastligt (behandeling 100PO, Tabel 3.11), zou op blijvend grasland echter leiden tot een N voorziening die veel lager is dan de behoefte. Op tijdelijk grasland zou de N voorziening iets hoger uitkomen dan de behoefte.

De percelen met een hoge P toestand vormen een probleem omdat ze leiden tot hoge verliezen vanuit de bouwvoor. Daarom zou P onttrokken moeten worden op P rijke percelen (behandeling '50PO'). Op relatief P arme percelen kan P evenwichtsbemesting uitgevoerd worden (behandeling '100PO'). Bij de aangepaste bemestingsstrategie waarbij deze werkwijze wordt gevolgd, zou de op P rijke percelen uitgespaarde P van het bedrijf afgevoerd moeten worden.

Een andere mogelijkheid is om de P die uitgespaard wordt op P rijke percelen extra aan te voeren op de P arme percelen (behandeling '150PO'). Zo wordt afvoer van het bedrijf voorkomen. De strategie duiden we aan als 'Nivelleren van P verschillen'.

Bij toepassing van behandeling 50PO (Tabel 3.11) zou de drijfmest P aanvoer sterk moeten worden gereduceerd. Dit zou leiden tot een N voorziening die op de uit te mijnen percelen veel lager is dan de behoefte. Bij toepassing van de behandeling 150PO zou de N voorziening op blijvend grasland juist overeenkomen met de behoefte. Op tijdelijk grasland zou echter sprake zijn van een duidelijke overmaat. Zowel het tekort als de overmaat is bezwaarlijk omdat dit ten koste gaat van een goede benutting van de beschikbare N uit dierlijke mest.

Verbeterd P management is met alleen drijfmest waarin N en P in een vaste verhouding voorkomen, dus moeilijk in overeenstemming te brengen met een optimale N voorziening. Dit probleem zou kunnen worden opgelost door over meststromen te beschikken met variabel verhouding van N en P.

Tabel 3.11 De N voorziening in grasland op 'De Marke' bij de uitvoering van drie bemestingsstrategieën met alleen drijfmest

Variant	Fosfaattoestand percelen	Behandeling	% ten opzichte van de behoefte	
			Blijvend gras	Tijdelijk gras
Huidig systeem (2004-2006)		Streven naar aanvoer gelijk aan onttrekking	89	97-103
'P per kavel in balans'		100PO	61	113-116
'P voorziening naar behoefte'	Hoog	50PO	27	53-59
	Laag	100PO	61	113-116
'Nivelleren van P verschillen'	Hoog	50PO	27	53-59
	Laag	150PO	100	170-176

4 N en P voorziening met gescheiden mest

4.1 Inleiding

Uit hoofdstuk 3 bleek dat de verdeling van N en P op 'De Marke' op onderdelen voor verbetering vatbaar is. Optimale N en P voorziening bleek niet goed te combineren met alleen drijfmest waarin N en P in een vaste verhouding voorkomen. Kunnen N en P beter verdeeld worden door mestscheiding?

Voordat we op deze vraag ingaan is het goed om vast te stellen of het totale aanbod van N en P in dierlijke mest eigenlijk wel overeenkomt met de totale N en P behoefte van het teeltplan. Alleen als dat het geval is, kan optimale N en P voorziening als een verdelingsvraagstuk beschouwd worden en is er geen sprake van absolute tekorten of overschotten aan N of P.²

Het antwoord op deze vraag is afhankelijk van de toegepaste bemestingsstrategie. In de strategie 'P per kavel in balans' en 'Nivelleren van P verschillen' is de gemiddelde P aanvoer naar percelen gelijk aan die onder het regiem van P evenwichtsbemesting op bedrijfsniveau zoals dat tot nog toe is toegepast. We kunnen de P behoefte in dat geval afleiden van de resultaten van 2004, 2005 en 2006 (op bedrijfsniveau werd in die jaren immers een P evenwicht gerealiseerd). Om de N behoefte te bepalen, worden de waarden voor optimale N voorziening (Tabel 2.3) omgerekend naar de behoefte van het hele bouwplan. De N behoefte in het teeltplan was in de jaren 2004, 2005 en 2006 respectievelijk 7,2, 7,2 en 7,3 maal zo groot als de P behoefte. Dat komt goed overeen met de verhouding van N en P in drijfmest. De absolute hoeveelheid drijfmest is tijdens het ontwerp goed afgestemd op de gewasbehoefte (Biewinga et al., 1992). Daarmee kan bemesten op maat op 'de Marke' volgens de strategie 'P per kavel in balans' en 'Nivelleren van P verschillen' inderdaad als een verdelingsvraagstuk worden beschouwd.

In de bemestingsstrategie 'P voorziening naar behoefte' is echter aangegeven dat op P rijke percelen een lage P aanvoer nodig is (conform behandeling 50PO) en op P arme percelen niet meer dan P evenwichtsbemesting (conform behandeling 100PO). De gemiddelde P behoefte van het gehele bouwplan is dan lager dan bij evenwichtsbemesting. De verhouding tussen de N:P behoefte is 12, hoger dan in de andere P bemestingsstrategieën. Een deel van de P die geproduceerd wordt in mest kan dus niet aangevoerd worden naar de bodem. In paragraaf 4.3.2 wordt dit aspect verder besproken.

In de verkenningen in dit hoofdstuk is een aantal uitgangspunten gehanteerd:

- Met bemesting op maat wordt bedoeld: *i)* dat P wordt aangevoerd in een hoeveelheid conform de behandelingen die nodig zijn voor uitvoering van de strategieën 'P per kavel in balans', 'P voorziening naar behoefte' en 'Nivelleren van P verschillen' en *ii)* dat N wordt aangevoerd naar behoefte zoals aangegeven in hoofdstuk 2.
- De beweidingintensiteit blijft op hetzelfde niveau. Dat wil zeggen er wordt extensief beweid van half maart tot eind september.
- De N binding met klaver blijft op het hetzelfde niveau als in 2004 t/m 2006.
- De N en P behoefte wordt zoveel mogelijk ingevuld met drijfmest. Vaste en dunne mest wordt ingezet als aanvulling om op maat te kunnen bemesten.

4.2 Verdeling over gewassen

Mestscheiding kan een oplossing bieden voor de in hoofdstuk 3 aangegeven problemen als de mestscheiding mestsoorten oplevert met een geschikte verhouding van N en P in dunne en vaste mest. Om dat vast te stellen is in Tabel 4.1 weergegeven in welke verhouding N en P met mest aangevoerd moet worden door mest. Eerst is de behoefte aan N en P in de verschillende gewassen en gewasonderdelen bepaald. Vervolgens is de aanvoer van N en P uit weidemest ingerekend en de aanvoer van N door binding met klaver. In de resterende behoefte zal voorzien moeten worden door drijfmest, dunne mest met een relatief hoog N gehalte en vaste mest met een relatief hoog P gehalte. Tabel 4.2 geeft de samenstelling weer van de verschillende mestfracties. De gehalten in drijfmest zijn bepaald op 'De Marke'. De waarden in de dunne en dikke fractie zijn hieruit berekend met behulp van verhoudingsgetallen volgens Schröder et al., (2007).

² In Neetesson et al. (2006) werd beschreven dat de N: P verhouding in mest in Nederland veelal e laag is om de N behoefte te van de meeste teeltsystemen te kunnen dekken zonder dat een P overschot ontstaat. In dat opzicht kijkt 'De Marke' dus af.

De gewenste verhouding van N en P in aangevoerde mest wijkt in de behandeling '100PO' vrij weinig af van de N:P verhouding in drijfmest. Eigenlijk kan drijfmest alleen in blijvend gras niet in de N en P behoefte voorzien. Voor '50PO' is een veel hogere N:P verhouding nodig, waarbij de meest extreme verhouding in blijvend grasland voorkomt. In deze situaties zou de dunne mestfractie ingezet moeten worden. Bij de behandeling '150PO' in blijvend grasland is de N:P verhouding in drijfmest precies geschikt. Op tijdelijk gras is een lagere N:P verhouding om de strategie uit te voeren zonder dat N in overmatige hoeveelheid aangevoerd wordt.

Tabel 4.1 Aanvoer van N en P met mest in verschillende behandelingen

	100PO			50PO			150PO		
	P	N	N/P	P	N	N/P	P	N	N/P
Bg	22	278	12,9	7	278	38,7	38	278	7,3
Tg1	46	282	6,1	17	282	16,4	79	282	3,6
Tg2	46	285	6,2	14	285	20,2	76	285	3,8
Tg3	46	272	6,0	14	272	19,0	76	272	3,6
Ab1	1	8	6,6	1	8	6,6	1	8	6,6
Ab2	9	68	7,7	9	68	7,7	9	68	7,7
Ab>2	20	129	6,6	20	129	6,6	20	129	6,6

Tabel 4.2 De samenstelling van N en P in verschillende soorten mest

Mestsoort	N gehalte	P gehalte	Verhouding
Drijfmest	3,6	0,5	7,3
Dunne fractie	2,9	0,1	25
Dikke fractie	0,7	0,4	1,8

Tabel 4.3 geeft voor de behandeling '100PO' het gebruik van drijfmest, dunne mest en dikke mest weer. In Tabel 4.4 is weergegeven hoeveel van elke mestsoort wordt aangevoerd in behandeling '50PO' en in Tabel 4.5 is weergegeven hoeveel van elke mestsoort wordt aangevoerd in behandeling '150PO'. In de berekeningen is ervan uitgegaan dat de bemesting bij 'P uitmijnen' en 'P verrijken' alleen wordt aangepast in blijvend gras en tijdelijk gras. De bemesting van de bouwlandfase blijft onveranderd. Deze keuze kan gemaakt worden omdat P balansen op rotatieniveau moeten worden gerealiseerd wat vrijheid geeft bij de verdeling van P in de rotatie. P uitmijnen in de akkerbouwphase zou tot zeer kleine verschuivingen leiden in mestgebruik omdat de P opname daar laag is. Andere verdelingen van P over de graslandfase en de akkerbouwphase kunnen zinvol zijn. In hoofdstuk 5 worden deze mogelijkheden besproken.

In de behandeling '100PO' wordt in een groot deel van de N behoefte voorzien uit dunne mest. Verder wordt nergens dunne mest ingezet. Dikke mest wordt alleen toegepast op tijdelijk gras. In '50PO' wordt geen dikke mest gebruikt; dunne mest wordt ingezet op al het grasland. Opvallend is dat zelfs met dunne mest niet voorzien kan worden in de N behoefte op blijvend grasland (Tabel 4.4). De N gift die nog mogelijk is (178 kg N ha^{-1}) bedraagt 65% van de behoefte. In '150PO' voldoet drijfmest bij de huidige samenstelling exact voor een optimale N voorziening. In tijdelijk gras is een relatief lage N:P verhouding gewenst en zal dus gebruik van de vaste fractie voor de hand liggen. In '150PO' worden aanzienlijke hoeveelheden vaste mest toegepast. Ongeveer een derde van de N behoefte in gras wordt gedekt uit vaste mest.

Tabel 4.3 Aanvoer van N en P met drijfmest en dunne en dikke mest in de behandeling '100PO' (kg ha⁻¹)

Teelt	Drijfmest		Dunne mest		Dikke mest	
	N	P	N	P	N	P
Bg	106	15	172	7	-	-
Tg1	264	37	-	-	17	9
Tg2	269	37	-	-	16	9
Tg3	253	35	-	-	19	11
Ab1	8	1	-	-	-	-
Ab2	68	9	-	-	-	-
Ab>2	129	29	-	-	-	-

Tabel 4.4 Aanvoer van N en P met drijfmest en dunne en dikke mest in de behandeling '50PO' (kg ha⁻¹)

Teelt	Drijfmest		Dunne mest		Dikke mest	
	N	P	N	P	N	P
Bg	-	-	178	7	-	-
Tg1	59	8	222	9	-	-
Tg2	27	4	257	10	-	-
Tg3	35	5	237	9	-	-
Ab	zie Tabel 4.3		zie Tabel 4.3		zie Tabel 4.3	

Tabel 4.5 Aanvoer van N en P met drijfmest en dunne en dikke mest in de behandeling '150PO' (kg ha⁻¹)

Teelt	Drijfmest		Dunne mest		Dikke mest	
	N	P	N	P	N	P
Bg	278	39	-	-	-	-
Tg1	185	26	-	-	96	53
Tg2	197	27	-	-	88	48
Tg3	179	25	-	-	93	51
Ab	zie Tabel 4.3		zie Tabel 4.3		zie Tabel 4.3	

4.3 Meststromen op bedrijfsniveau

In deze paragraaf wordt de verdeling van de verschillende mestsoorten over percelen berekend voor de strategieën:

1. 'P per kavel in balans'
2. 'P voorziening naar behoefte' en
3. 'Nivellering van P verschillen'.

4.3.1 P per kavel in balans

Bij deze strategie wordt dunne mest alleen toegepast in blijvend grasland (Tabel 4.6). Het totale volume mest dat gescheiden wordt is 22 m³, 34% van de hoeveelheid drijfmest die jaarlijks geproduceerd wordt. Twee derde van de geproduceerde drijfmest kan dus onbewerkt worden aangewend. De hoeveelheid N die in dikke mest wordt aangevoerd blijft beperkt tot 7 kg ha⁻¹. In paragraaf 4.2 werd al getoond dat de dunne mest naar blijvend grasland gaat en de dikke mest naar tijdelijk grasland. De toepassing van drijfmest en dunne en dikke mest per perceel is in Bijlage II weergegeven.

Tabel 4.6 Aanvoer van N en P met drijfmest en dunne en dikke mest bij toepassing van de strategie 'P per kavel in balans' en een optimale N voorziening (kg ha^{-1})

	N (%)	P (%)	Volume (%)	kg N ha^{-1}	kg P ha^{-1}	Volume (m^3)
Drijfmest	78	80	66	149	21	41
Dunne mest	18	5	19	35	1	12
Dikke mest	3	14	15	7	4	10
<i>Totaal</i>	<i>100</i>	<i>100</i>	<i>100</i>	<i>190</i>	<i>26</i>	<i>63</i>

4.3.2 P voorziening naar behoefte

Bij deze strategie wordt op P rijke percelen de behandeling '50PO' toegepast en op de P arme percelen '100PO'. Omdat de P die uitgespaard is op P rijke percelen niet terugkomt als extra aangevoerde P naar P arme percelen, wordt P van het bedrijf afgevoerd. Met de vaste mest wordt echter ook N van het bedrijf afgevoerd. Omdat er juist genoeg N op het bedrijf beschikbaar is in mest om te voldoen aan de totale N behoefte van de gewassen ontstaat door afvoer van P dan ook een N tekort dat niet door een andere verdeling van mest kan worden opgelost. De gemiddelde P aanvoer met mest naar de bodem zou in deze strategie uitkomen op ongeveer $16 \text{ kg ha}^{-1}\text{jr}^{-1}$ (zie Tabel 4.6). De P afvoer van het bedrijf zou ongeveer $10 \text{ kg ha}^{-1}\text{jr}^{-1}$ bedragen. De afvoer zou bestaan uit dikke mest met een N:P verhouding van 1,8. De N afvoer zou dus ongeveer $30 \text{ kg ha}^{-1}\text{jr}^{-1}$ zijn. Dat geeft aan dat op 'De Marke' een optimale N voorziening alleen te combineren is met P afvoer van het bedrijf als de N aanvoer wordt gecompenseerd door een extra N aanvoer. Zonder gebruik van kunstmest N, kan de aanvoer van N verhoogd worden door N binding met klaver. Daarnaast zou door een nog lagere beweidingsintensiteit (praktisch komt dat neer op afzien van beweiding) het aandeel werkzame N van de totaal beschikbare N nog verhoogd kunnen worden. Als deze aanpassingen niet gerealiseerd worden, is afvoer van P dus niet goed te combineren met optimale N voorziening. De N tekorten die ontstaan door toepassing van deze bemestingsstrategie zijn kleiner naarmate de N:P verhouding in dikke mest lager is.

4.3.3 Nivelleren van P verschillen

In Tabel 4.7 is weergegeven hoe drijfmest, dunne mest en vaste mest verdeeld wordt over de percelen indien gestreefd wordt naar een lagere P toestand op percelen met een hoge uitgangswaarde. Bij deze strategie wordt veel meer drijfmest gescheiden. Minder dan de helft van de drijfmest wordt onbewerkte aangewend. De hoeveelheid N die wordt aangevoerd met dikke mest is nu substantieel: 13 kg ha^{-1} . In Bijlage III is weergegeven op welke percelen P wordt uitgemijnd en op welke percelen P wordt verrijkt. Tevens is de N en P aanvoer met mest per perceel weergegeven.

Tabel 4.7 Aanvoer van N en P met drijfmest en dunne en dikke mest bij de bemestingsstrategie 'Nivelleren van P verschillen' en een optimale N voorziening (kg ha^{-1})

	N (%)	P (%)	Volume (%)	N (kg ha^{-1})	P (kg ha^{-1})	Volume (m^3)
Drijfmest	56	59	40	104	14	29
Dunne mest	37	11	33	69	3	24
Dikke mest	7	30	26	13	7	19
<i>Totaal</i>	<i>100</i>	<i>100</i>	<i>100</i>	<i>186</i>	<i>24</i>	<i>72</i>

4.4 Samenvatting

Bij de in deze verkenning gehanteerde N:P verhoudingen in drijfmest (7,2), dunne mest (25) en dikke mest (1,8) ontstaan meststromen waarmee de strategie 'P per kavel in balans' kan worden gerealiseerd bij een optimale N voorziening. Ongeveer een derde van de drijfmest die beschikbaar komt moet gescheiden worden. Twee derde van de drijfmest kan dus onbewerkt worden toegediend. Dunne mest wordt alleen toegepast op blijvend grasland en dikke mest op tijdelijk grasland. De N giften met dikke mest in tijdelijk grasland zijn lager dan 20 kg ha^{-1} .

De bemestingsstrategie 'Nivelleren van P verschillen' houdt in de uitgevoerde verkenning in dat de P aanvoer op fosfaatrijke percelen slechts de helft is van de P die door het gewas wordt onttrokken en dat op relatief fosfaatarme percelen 1,5 maal de P onttrekking met het gewas wordt aangevoerd. Deze strategie kan met de mestsoorten waarvan in de berekeningen is uitgegaan niet volledig worden uitgevoerd bij een optimale N voorziening. Uitmijnen van percelen op blijvend grasland kan door alleen dunne mest te gebruiken. Maar daarmee kan slechts 65% van de N behoefte gedekt worden. Volledig voorzien in de N behoefte zou tot een P aanvoer leiden hoger is dan de helft van de P onttrekking. Bij de strategie 'Nivelleren van P verschillen' wordt een aanzienlijk deel (60% van het volume) van de drijfmest bewerkt. De N aanvoer met vaste mest blijft op bedrijfsniveau relatief laag, maar dat komt doordat de enkele graslandpercelen waarop P wordt verrijkt niet zwaar doortellen in het bedrijfsgemiddelde. De betreffende percelen ontvangen een substantiële hoeveelheid N in vaste mest (tot bijna 100 kg ha⁻¹).

De strategie 'P voorziening naar behoefte' kan bij de huidige N:P verhoudingen in geproduceerde mest alleen uitgevoerd worden door dikke mest af te voeren. Hierdoor zou echter ook N worden afgevoerd, wat tot N tekorten leidt. Opheffen van de tekorten vergt aanpassingen in andere onderdelen van de bedrijfsvoering. Een aanpassing waarbij geen extra N hoeft te worden aangevoerd is stoppen met beweiden. Een andere mogelijkheid is verhogen van de N binding met klaver of andere N bindende planten. De N tekorten die ontstaan door toepassing van deze bemestingsstrategie zijn kleiner naarmate de N:P verhouding in dikke mest lager is.

5 Discussie

5.1 Bedrijfsmatige uitvoering

In het vorige hoofdstuk werd duidelijk dat door mestscheiding verfijnde sturing van N en P stromen mogelijk is op basis van alleen dierlijke mest. De hoeveelheid mest die gescheiden moet worden is sterk afhankelijk van de uit te voeren strategie. Bij de strategie 'P per kavel in balans' hoeft een beperkt deel van de mest gescheiden te worden, maar bij de strategie 'Nivelleren van P verschillen' moet ongeveer de helft van de geproduceerde drijfmest gescheiden worden. De strategie 'P voorziening naar behoefte' vergt diverse aanpassingen in de bedrijfsvoering om te voorkomen dat N tekorten ontstaan.

In alle strategieën is naast de drijfmestopslag een geschikte opslag met voldoende inhoud nodig is voor de dunne mest en voor de vaste mest. Verder zal iets vaker mest uitgereden moeten worden om de verschillende mestsoorten op het land te brengen. Hoeveel vaker is pas exact aan te geven als een strategie is vertaald in een bemestingsschema per snede.

In de strategie 'P per kavel in balans' wordt in blijvend grasland bijvoorbeeld drijfmest en dunne mest in vergelijkbare hoeveelheden toegepast. Dat kan bij vier bemestingen in principe gerealiseerd worden door bijvoorbeeld in de eerste twee snedes drijfmest toe te dienen en vervolgens twee keer dunne mest. Dan neemt de bemestingsfrequentie niet toe. In tijdelijk grasland wordt echter drijfmest en dikke mest toegediend. Doordat N in dikke mest waarschijnlijk langzaam vrijkomt, kan het gunstig zijn om de dikke mest vroeger in het voorjaar aan te wenden dan normaal. Deze gift zal dan niet de N behoefte in de eerste snede kunnen dekken omdat de hoeveelheid N die wordt toegediend met dikke mest laag is. Vermoedelijk zal dus een tweede keer uitgereden moeten worden om drijfmest te geven. Dat betekent een keer extra uitrijden op tijdelijk gras. Tijdens de praktische uitwerking van bemestingsplannen kunnen vereenvoudigingen toegepast worden. Zo kan de dikke mest die moet worden toegediend op tijdelijk gras mogelijk op verantwoorde wijze in één keer in het laatste bouwlandjaar, dus juist voor de grasland-fase gegeven worden. Dat spaart een keer mestuitrijden uit in het tweede en derde graslandjaar. Een ander voordeel van deze aanpak is dat de dikke mest tijdens de grondbewerking voorafgaand aan de inzaai van graan, het laatste bouwlandgewas kan worden ondergewerkt. In de graan wordt het eerstejaarsgras al ondergezaaid. Dus na de oogst van graan is er geen mogelijkheid meer om de mest onder te werken. De N gift met vaste mest mag echter niet hoger zijn dan de N behoefte van graan. Een goed uitgewerkt bemestingsplan is dus gewenst om de gekozen bemestingsstrategie goed en zonder overbodige handelingen uit te voeren.

5.2 Effecten van de P bemestingsstrategieën op de fosfaattoestand

Door toepassing van de strategie 'Nivelleren van P verschillen' zullen de gehalten van de fosfaattoestand naar een gemiddelde toekruipen dat hoger is dan het gemiddelde dat ontstaat bij voortzetting van de evenwichtsbemesting door toepassing van 'P per kavel in balans'. Berekend is dat de P voorraad in de bouwvoor kan afnemen met 24% tot een P getal van 128 is bereikt. Door dit te verwachten P verlies zou naar verwachting ruim 400 kg P ha⁻¹ verloren gaan (Verloop et al., 2007). Wat zal het P verlies zijn bij de strategie P verliezen nivelleren? Dat kan beantwoord worden door P gedrag in de bodem te schatten met behulp van modellen zoals ontwikkeld door van der Zee en van Riemsdijk (1988) en toegepast door bijvoorbeeld Schoumans en Groenendijk (2000). Koopmans (2004) schrijft veel effect toe aan uitmijnen van P rijke percelen op de P uitspoeling. De P ontwikkeling op 'De Marke' geeft een indicatie. Op percelen hoger dan het gemiddelde gaat gemiddeld 12 kg P ha⁻¹ jr⁻¹ verloren. Op fosfaatarme percelen was dit bedrag 1,9. Na 10 jaar uitmijnen van de fosfaatrijke percelen zou een kwart van de percelen overgegaan zijn van de categorie percelen met een hoog fosfaatgehalte naar de categorie percelen met een laag fosfaatgehalte. Na 20 jaar zou dit 60% zijn. Dat geeft aan dat het uitmijnen een substantieel effect heeft op de P gehalten.

Op grond van een eenvoudige tijdreeksberekening is de ontwikkeling van het P gehalte berekend. Hierbij is jaarlijks het effect van P onttrekking per perceel doorgerekend in het P gehalte. Op basis van de hiervoor genoemde waarden voor verliezen in fosfaatrijke en fosfaatarme percelen zijn jaarlijks verliezen berekend en per perceel doorgerekend in het P gehalte (Vergelijking 5.1). De resultaten zijn weergegeven in Figuur 5.1. 'Nivelleren van P verschillen' beperkt het verlies duidelijk ten opzichte van 'P per kavel in balans' wat direct af te lezen valt uit de ontwikkeling van het P getal omdat de totale P onttrekking in beide strategieën gelijk is (Figuur 5.1). Op grond van de hier weergegeven globale verkenning ligt de beperking van het P verlies in de grootte orde van 50 tot 100 kg P. Op grond van de ontwikkelingen

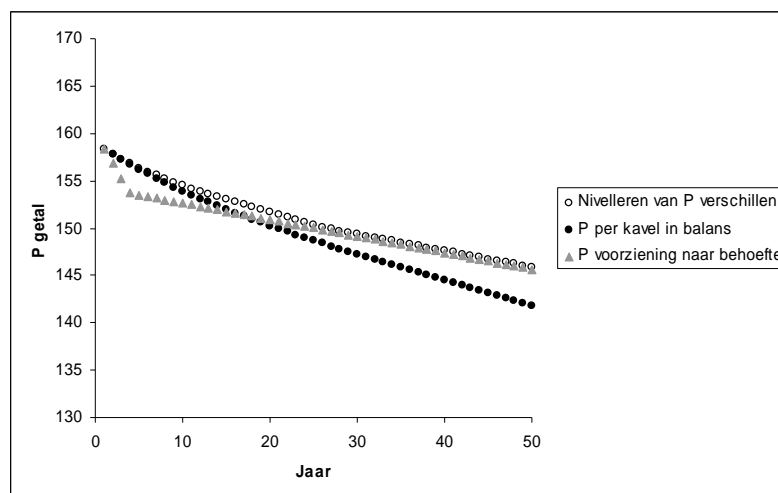
van het P getal lijkt het alsof bij de strategie 'P voorziening naar behoefte' in de eerste 30 jaar hogere verliezen optreden dan in de overige twee strategieën (Figuur 5.1). De snelle daling van het gemiddelde P getal in de eerste jaren wordt veroorzaakt door netto onttrekking die bij de andere strategieën niet plaatsvindt. Daardoor gaan de P rijke percelen sneller over in de categorie 'relatief P arm' met lagere P verliezen.

De belangrijkste verbetering in de berekening zou bestaan uit het verfijnen van de relatie tussen het P verlies en de P toestand. Deze relatie is hier afgeleid van de historische ontwikkeling en vertaald in twee verliesnelheden voor twee categorieën van fosfaattoestand. Hierdoor worden effecten pas doorberekend als een perceel overgaat van de ene categorie naar de andere. In werkelijk zal het effect op het P verlies in een perceel dat zich ontwikkelt van bovenin de categorie hoge P toestand naar onderin deze categorie dat nu niet wordt meegerekend waarschijnlijk sterk meetellen. Eén en ander zou later in aanvullend onderzoek uitgewerkt kunnen worden.

$$\text{Vergelijking 5.1: } P_t = P_0 - P v_{t,h} - P o_{t,h,l}$$

Waarbij:

- P_t = P gehalte op tijdstip t
- P_0 = P gehalte op tijdstip 0
- $P v_{t,h}$ = P verlies percelen met hoge fosfaattoestand: $12 \text{ kg P ha}^{-1} \text{ jr}^{-1}$
- $P v_{t,l}$ = P verlies percelen met lage fosfaattoestand: $1,9 \text{ kg P ha}^{-1} \text{ jr}^{-1}$
- $P o_{t,h}$ = P onttrekking percelen met hoge fosfaattoestand op tijdstip t ,
- $P o_{t,l}$ = P onttrekking percelen met een lage fosfaattoestand op tijdstip t



Figuur 5.1 De ontwikkeling van het P gehalte in de bouwvoor van 'De Marke' bij de strategie 'P per kavel in balans', 'Nivelleren van P verschillen' en 'P voorziening naar behoefte'

5.3 Optimale N voorziening

In deze verkenning is de wenselijkheid en de mogelijkheid van optimalisatie van P verdeling met meststoffen bekeken uitgaande van een gegeven optimale verdeling van N. Als referentiepunt is de N verdeling gehanteerd die op 'De Marke' tot nog toe is gehanteerd. Deze verdeling, voor gras uitgedrukt in niveaus van werkzame N, is afgeleid van het ontwerp voor het productiesysteem dat voldoet aan de milieukundige randvoorwaarden zoals in hoofdstuk 2 is beschreven. Er zijn ook andere benaderingen mogelijk om een optimale N voorziening te bepalen. Zo zou op basis van de recente gegevens, bijvoorbeeld die van de jaren met een verbeterd management en lagere beweiding (2000-2006) of de jaren waarin geen kunstmest meer werd gebruikt opnieuw kunnen worden berekend welke N overschotten gerealiseerd worden. Deze zouden vergeleken kunnen worden met de norm voor het te realiseren overschot $79 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ jr}^{-1}$. Op grond daarvan zou beoordeeld kunnen worden of de verdeling van N wezenlijk verschilt van de norm voor het bedrijfsontwerp en of er aanleiding om de referentieniveaus voor optimale N voorziening aan te passen. In deze studie is hier niet voor gekozen, omdat alles overziende het beeld is dat de referentieniveaus voor optimale N verdeling op onderdelen weliswaar verfijnd kunnen worden, maar op grond van de huidige inzichten goed zijn. Herijking van de optimale N voorziening zou

wel een logische volgende stap zijn in het denken over mestscheiding, maar zou pas uitgevoerd kunnen worden als de mestscheiding al is toegepast. De eerste slag is dan optimalisatie van P management en een mogelijke tweede stap verdere optimalisatie van N management.

5.4 Onderzoeksvragen

De verkenning brengt de gevolgen voor meststromen in beeld bij scheiden van mest. Er blijven echter vragen over die in vooronderzoek en tijdens implementatie beantwoord moeten worden:

- Een eerste vereiste is de keuze van een geschikte techniek. De scheidingstechniek zou de geschikte N:P verhoudingen op moeten leveren. De in deze verkenning gehanteerde verhoudingen (ontleend aan Schröder et al., 2007) lijken geschikt om verschillende bemestingsstrategieën uit te voeren. Het is echter ook de vraag of een techniek constant de gewenste N:P verhouding in dunne en dikke mest oplevert en in hoeverre de verhouding geregeld kan worden. Vervolgens kan gekozen worden voor de techniek die bedrijfsmatig eenvoudig toepasbaar en voordelig is.
- In deze verkenning is niet ingegaan op de verdeling van kalium (K). Om een beeld te krijgen van de gevolgen van mestscheiding voor de verdeling van K dienen de gehalten in de verschillende mestsoorten bepaald te worden.
- N uit dikke mest zou doordat het gebonden is aan organische stof trager beschikbaar kunnen komen dan N uit drijfmest. Het is wenselijk vast te stellen of dat inderdaad zo is en hoe hier het best op in kan worden gespeeld, bijvoorbeeld door de timing van de toediening of door de mest eerst, tijdens opslag te laten vergisten.
- Door scheiding worden zware metalen in de dikke mest geconcentreerd. Als de dikke mest ongelijk wordt verdeeld over de bodem, leidt dit in theorie tot een verhoogde aanvoer naar een beperkt deel van het landbouwareaal. In de strategie 'P per kavel in balans' zal de aanvoer nauwelijks ongelijkmatiger worden omdat de vaste mest in de rotatie wordt toegepast, waardoor het verdeeld wordt over 80% van het areaal (het volledige areaal behalve blijvend grasland). In de strategie 'P verschillen nivelleren' zal de verdeling ongelijkmatiger zijn met een hogere aanvoer op de te verrijken percelen en een lagere aanvoer op de uit te mijnen percelen. Om dit aspect beter in beeld te krijgen is het gewenst niet alleen P, N en K gehalten te bepalen maar ook de gehalten van zware metalen in de verschillende mestsoorten.
- N emissie wordt bij gebruik van drijfmest sterk beperkt door mestinjectie. Van de N in dikke mest kan een aanzienlijk deel vervluchtigen bij oppervlakkige toediening (Huisman, 2007). Vermeden moet worden dat de emissie van N uit mest op het bedrijf toeneemt door dikke mest oppervlakkig aan te brengen. Een schatting van de emissie is gewenst bij toepassing van de verschillende bemestingsstrategieën. Bovendien moet worden nagegaan of, zoals hiervoor werd aangegeven, de dikke mest volledig kan worden toegepast op momenten waarop het ondergewerkt kan worden. Het belang van dit aspect hangt af van de grootte van de N aanvoer met vaste mest. Bij een bemestingsstrategie 'Nivelleren van P verschillen' komen op sommige percelen hoge doseringen van vaste mest voor (zie Bijlage III). Op die percelen is ook de aanvoer van N en de totale volumes hoog. Uitgezocht zal moeten worden hoe deze aanwending verantwoord uitgevoerd kan worden.
- Op het proefbedrijf van ASG 'lage kosten bedrijf' is geëvalueerd wat de kosten zijn van mestscheiding op bedrijfsniveau en werd vastgesteld dat mestscheiden op dit moment niet profijtelijk is tenzij transport van mest van het bedrijf door mestscheiding voorkomen kan worden (De Haan et al., 2003). De techniek, motieven en omstandigheden waarop het onderzoek van 'De Marke' is gericht zijn volledig anders dan in het lage kosten bedrijf. Technieken worden mede getest, vooruitlopend op te verwachten ontwikkelingen. Zo kan mestscheiden profijtelijker worden naarmate kunstmest duurder wordt. Dat zou ook het geval zijn als uitmijnen van fosfaatrijke percelen verplicht wordt, zoals door de TCB is geadviseerd. Binnen de context van het 'Koeien & Kansen' onderzoek zal de economische balans dus anders opgemaakt worden. Niettemin is het gewenst de kosten van toepassing van de techniek en de mogelijkheden deze te beperken, in beeld te brengen.

5.5 Bijdrage van verbeterd P management in de melkveehouderij aan lager grondstoffen-gebruik

Op een melkveebedrijf wordt fosfaat gewoonlijk aangevoerd door gebruik van kunstmestfosfaat en door aanvoer van veevoer van buiten het bedrijf. De afvoer bestaat uit P die afgevoerd wordt met melk en vlees.

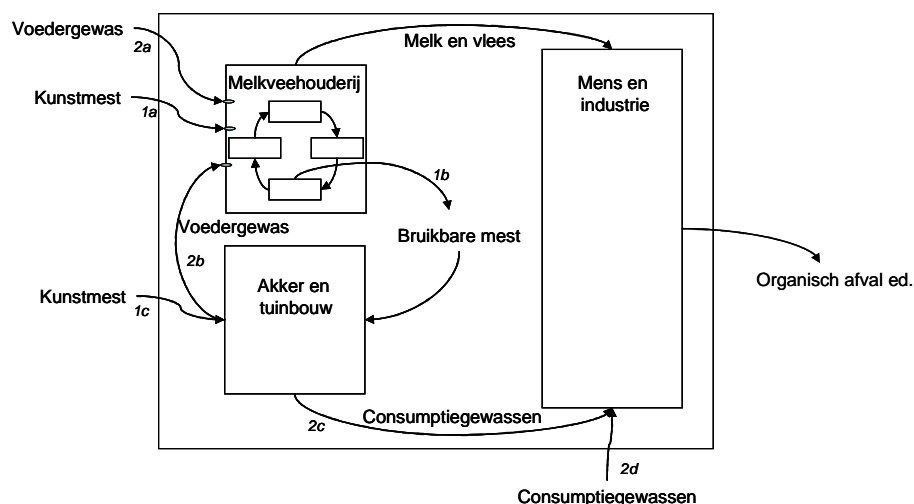
Inefficiënt gebruik van P op een bedrijf vormt een milieuprobleem doordat P overschotten in de bodem achterblijven, waardoor P kan uitspoelen als het in te grote hoeveelheden is geaccumuleerd met als

gevolg een verslechtering van waterkwaliteit. Maar een ander probleem dat verbonden is met inefficiënt gebruik van P is dat de eindige P voorraad sneller wordt opgebruikt dan nodig. Volgens schattingen zal binnen honderd jaar sprake zijn van een verminderde beschikbaarheid van P als meststof (Heffer et al., 2006).

Verbeterd P management kan als volgt bijdragen aan het verminderen van dit probleem:

- Het P gebruik als kunstmest kan worden verminderd of worden gestopt. Dit heeft een direct effect op het verbruik van P uit eindige voorraden (zie Figuur 5.2; stroom 1a neemt af). Op 'de Marke' is deze mogelijkheid al benut doordat geen kunstmestfosfaat wordt gebruikt.
- Het P gebruik met aangekocht voer kan worden verminderd (stromen 2a en 2b nemen af). Dit heeft een indirect effect op P gebruik op grotere schaal doordat het voer voor andere doeleinden kan worden gebruikt waar de P wel in een behoefte voorziet (stroom 2c neemt toe en 2d neemt af). Op 'De Marke' is deze mogelijkheid voor een deel benut omdat de aankoop van voer en vooral de aanvoer van P in voer beperkt wordt. Omdat het aanbod van P in de veestapel niet beperkend is voor diergezondheid en voor de productie, zouden mogelijkheden gezocht kunnen worden om de aanvoer verder te verlagen.
- Het beschikbaar maken van P die is opgeslagen in de bodem. Een groot deel van de in het verleden aangevoerde P is nog beschikbaar in de bodem. In de in dit rapport uitgewerkte bemestingsstrategieën is steeds sprake van een P evenwicht op de bodem op bedrijfsschaal. Uitmijnen op P rijke percelen komt in de strategieën immers ten goede van de fosfaatarmere percelen. Een andere optie is om de vaste P rijke fractie te beschouwen als een nuttig af te voeren product. Feitelijk produceert het melkveebedrijf dan niet alleen melk en vlees maar ook een meststof die vooral in de akkerbouw gebruikt kan worden (stroom 1b neemt toe). Dit verlaagt de P behoefte van de sectoren (akker- en tuinbouw) die de P in dikke mest toepassen (stroom 1c neemt af). De P afvoer gaat echter ook gepaard met afvoer van N. De hoeveelheid is afhankelijk van het scheidingsrendement dat gerealiseerd wordt. Omdat de N behoefte van het bouwplan op melkveebedrijven in het algemeen groot is, zal afvoer van N vaak gecompenseerd worden door een extra aanvoer. Vanuit het oogpunt van het kortsluiten van mineralenkringlopen lijkt het voordeel van het benutbaar maken van P voorraden beperkt als daar vervolgens weer extra N voor aangevoerd moet worden. Deze wisselwerking tussen N en P zou in beschouwing moeten worden genomen bij het verkennen van de perspectieven van het benutten van P uit landbouwgrond door dikke mest af te voeren.

Deze bijdrage is in principe eindig omdat de P voorraad in de bodem bij deze aanpak eens op zal raken, ook al is het na zeer lange tijd. Het voordeel is dat de P voorraad in de bodem in elk geval benut is in plaats van dat het langzaam maar zeker verloren is gegaan naar diepere lagen, grondwater en oppervlaktewater. Uiteindelijk zal het organisch en mineraalrijk afval dat vrijkomt na consumptie in de maatschappij weer teruggevoerd moeten worden op de landbouw.



Figuur 5.2 De stromen van P in de melkveehouderij, akkerbouw en de afnemende partijen in de maatschappij. Stromen met nummer 1 hebben betrekking op (kunst)mest; stromen met nummer 2 hebben betrekking op geproduceerde gewassen

6 Conclusies

Doordat op 'De Marke' sinds 2003 geen kunstmest meer wordt gebruikt is maar één soort mest met een vaste N:P verhouding beschikbaar. Hierdoor is het lastiger om nauwkeurig en zonder overdosering tegelijk in de N behoefte en in de P behoefte van gewassen te voorzien.

In de periode waarin geen kunstmest meer werd gebruikt (2004, 2005 en 2006) was het overschot van P naar blijvend grasland 8 kg ha^{-1} hoger dan de streefwaarde: een nul overschot. Het P overschot op de huiskavel en de veldkavel waar wisselbouw wordt toegepast, was kleiner dan nul. P verliezen uit de bovenste laag van de bouwvoor zijn hoger op de percelen met een hoge P toestand; P verliezen op percelen met een lage P toestand zijn verwaarloosbaar laag.

P zou dus anders moeten worden verdeeld over blijvend grasland enerzijds en de huis- en veldkavel anderzijds om een einde te maken aan de ongelijke verdeling van P tussen kavels. Bovendien zou het P management verbeterd worden door op P rijke percelen minder P aan te voeren dan door gewas onttrokken wordt. Het is met het oog op de gewasopbrengst niet nodig om P reparatiebemesting toe te passen op P arme percelen. Echter, door P die uitgespaard wordt op P rijke percelen extra aan te voeren op P arme percelen wordt voorkomen dat N en P in dikke mest wordt afgevoerd van het bedrijf.

Bij een vaste N:P verhouding gaat de differentiatie van de P aanvoer in de strategieën voor verbeterde P verdeling gepaard met een N toediening die ofwel veel hoger is dan de behoefte ofwel veel lager is dan de behoefte.

Door scheiden van mest in een dunne fractie met een hoge N:P verhouding en een dikke fractie met een lage N:P verhouding kan een P balans op alle bedrijfskavels worden gerealiseerd bij een optimale N voorziening. Ongeveer een derde van de drijfmest die beschikbaar komt, moet gescheiden worden. Twee derde van de drijfmest kan dan onbewerkt worden toegediend.

Door scheiden van mest kunnen verschillen in de P toestand op percelen worden genivelleerd. Een bemestingsstrategie waarbij de P aanvoer op P rijke percelen slechts de helft is van de P die door het gewas wordt onttrokken en waarbij de P aanvoer op relatief fosfaatarme percelen 1,5 maal de P onttrekking was, kon grotendeels worden uitgevoerd bij optimale N giften. Alleen in blijvend grasland leidde uitmijnen in de berekeningen tot een N tekort. Nivelleren van P verschillen beperkt de verliezen van P uit de bouwvoor en draagt daardoor bij aan de P beschikbaarheid in de bodem op de lange termijn.

Om een substantiële P nivellering te kunnen uitvoeren, moeten de N:P verhoudingen in dunne en dikke mest minimaal zover uit elkaar liggen als waar vanuit gegaan is in de berekeningen. Dat wil zeggen: een N:P verhouding van 25 in dunne mest en een N:P verhouding van 1,8 in dikke mest.

7 Literatuur

- Aarts, H.F.M., 2003. Resource management in a 'De Marke' dairy farming systeem, Proefschrift Wageningen Universiteit.
- Anoniem, 2005. Derde Nederlandse Actie Programma (2004-2009) betreft de Nitraatrichtlijn; 91/676/EEC. Annex 5 bij het Nederlandse derogatieverzoek.
- Biewinga, E.E., H.F.M. Aarts & R.A. Donker, 1992. Melkveehouderij bij stringente milieunormen. Bedrijfs- en onderzoeksplan van het proefbedrijf voor Melkveehouderij en Milieu De Marke. De Marke rapport nr. 1.
- De Haan, M.H.A., A.G. Evers, G. Holshor & K. Blanken, 2003. Vier jaar primaire mestscheiding op het lagekostenbedrijf. PraktijkRapport Rundvee 29.
- Heffer, P., M.P.R. Prud'homme, B. Muirheid & K.F. Isherwood, 2006. Phosphorus fertilisation: issues and outlook. International Fertiliser Society Proceedings 586, 32 pp. York, UK.
- Koopmans, G.F., 2004. Characterization, desorption, and mining of phosphorous in noncalcareous sandy soils. Proefschrift. Wageningen Universiteit.
- Mosquera, J. & J.F.M. Huismans (in druk). Ammoniakemissie bij het uitrijden van verwerkte mest; deskstudie.
- Neetesson, J.J., J.J. Schröder, A.L. Smit, J.F.F. P. Bos & J. Verloop, 2006. Need and opportunities to reduce phosphorous inputs, soil supply and loss from agriculture in the Netherlands. The International Fertiliser Society, Proceedings 595.
- Reijneveld J.A., J. Verloop & G.J. Hilhorst, 2003. Sanering van zandgrond met een hoge fosfaat-toestand: Resultaten van een veldexperiment op proefbedrijf 'De Marke'. Rapport 43, PRI Rapport 34.
- Schoumans, O.F., & P. Groenendijk, 200. Modelling soil phosphorous levels and phosphorus leaching from Agricultural land in the Netherlands. J. Environ. Qual. 29:111-116.
- Schröder, J.J., D. Uenk & J.C. van Middelkoop, 2007. Bemestingswaarde van mestscheidingsproducten: theorie en praktijk. Plant Research International Wageningen, PRI rapport 137.
- TCB, 2007. Advies fosfaatverzadiging in landbouwbodems, S35(2007).
- Van der Zee, S.E.A.T.M. & W.H. van Riemsdijk, 1988. Model for long-term phosphate reaction kinetics in soil. J. Environ. Qual. 17:35-41.
- Verloop, J., J. Oenema & L.B.J. Sebek, 2007. Mineralen beter geregeld; verslag themadag Melkveehouderij 2006. Koeien & Kansen rapport 40, PRI rapport nr. 153.

Bijlage I Pw en P gehalte van de percelen op 'De Marke' in 2006

Kavel	Perceel	Pw	P	
Blijvend grasland	8	63	172	
	9	22	128	
	14	25	141	
	15	37	156	
	17_2	20	121	
	k3	47	169	
Huiskavel	1	68	228	
	2	74	198	
	3	66	174	
	4	29	133	
	5	31	123	
	6	55	190	
	7	54	178	
	10	21	127	
	11	26	129	
	12	30	119	
	13	39	154	
	Veldkavel	16	67	185
		17_1	49	180
18		40	162	
19		20	119	
20		26	109	
21		28	124	
22		60	176	
23		97	232	
24		95	227	
k1		43	136	
k2	49	148		
Gemiddeld		46	158	

Bijlage II Bemesting per perceel in 2008 bij toepassing van de strategie 'P per kavel in balans'

De aanwending van drijfmest (Drijf), dunne mest (Dun) en vaste mest (Vast) per perceel uitgedrukt in kg N per hectare, kg P per hectare en het mestvolume ($\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$)

Perceel	N			P			Volume		
	Drijf	Dun	Dik	Drijf	Dun	Dik	Drijf	Dun	Dik
1	269	0	16	37	0	9	75	0	4
2	8	0	0	1	0	0	2	0	0
3	269	0	16	37	0	9	75	0	4
4	269	0	16	37	0	9	75	0	4
5	8	0	0	1	0	0	2	0	0
6	129	0	0	18	0	0	36	0	0
7	129	0	0	18	0	0	36	0	0
8	106	172	0	15	7	0	29	48	0
9	106	172	0	15	7	0	29	48	0
10	264	0	17	37	0	9	73	0	5
11	264	0	17	37	0	9	73	0	5
12	8	0	0	1	0	0	2	0	0
13	8	0	0	1	0	0	2	0	0
14	106	172	0	15	7	0	29	48	0
15	106	172	0	15	7	0	29	48	0
16	253	0	19	35	0	11	70	0	5
17_1	253	0	19	35	0	11	70	0	5
17_2	106	172	0	15	7	0	29	48	0
18	129	0	0	18	0	0	36	0	0
19	68	0	0	9	0	0	19	0	0
20	129	0	0	18	0	0	36	0	0
21	253	0	19	35	0	11	70	0	5
22	253	0	19	35	0	11	70	0	5
23	264	0	17	37	0	9	73	0	5
k1	68	0	0	9	0	0	19	0	0
k2	68	0	0	9	0	0	19	0	0
k3	106	172	0	15	7	0	29	48	0

Bijlage III De bemesting per perceel bij uitvoering van de bemestingsstrategie 'Nivelleren van P verschillen' in 2008

De aanwending van drijfmest (Drijf), dunne mest (Dun) en vaste mest (Vast) per perceel uitgedrukt in kg N per hectare, kg P per hectare en het mestvolume ($\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$). Vetgedrukte percelen worden uitgemijnd

Perceel	N			P			Volume		
	Drijf	Dun	Dik	Drijf	Dun	Dik	Drijf	Dun	Dik
1	27	257	0	4	35	0	8	89	0
2	8	0	0	1	0	0	2	0	0
3	27	257	0	4	35	0	8	89	0
4	197	0	88	27	0	12	55	0	126
5	8	0	0	1	0	0	2	0	0
6	129	0	0	18	0	0	36	0	0
7	129	0	0	18	0	0	36	0	0
8	0	178	0	0	24	0	0	61	0
9	278	0	0	38	0	0	77	0	0
10	185	0	96	25	0	13	51	0	138
11	185	0	96	25	0	13	51	0	138
12	8	0	0	1	0	0	2	0	0
13	8	0	0	1	0	0	2	0	0
14	278	0	0	38	0	0	77	0	0
15	278	0	0	38	0	0	77	0	0
16	35	237	0	5	32	0	10	82	0
17_1	35	237	0	5	32	0	10	82	0
17_2	278	0	0	38	0	0	77	0	0
18	129	0	0	18	0	0	36	0	0
19	68	0	0	9	0	0	19	0	0
20	129	0	0	18	0	0	36	0	0
21	272	0	93	37	0	13	76	0	133
22	35	237	0	5	32	0	10	82	0
23	59	222	0	8	30	0	16	77	0
k1	68	0	0	9	0	0	19	0	0
k2	68	0	0	9	0	0	19	0	0
k3	0	178	0	0	24	0	0	61	0

