

Actualisatie van fosfaatgehalten en fosfaatafvoer van landbouwgewassen

Een verkenning op basis van onderzoeksgegevens

Fosfaatgehalten en fosfaatafvoer van landbouwgewassen

P.A.I. Ehlert, J.C. van Middelkoop & P.H.M. Dekker

Alterra-Rapport 1348

Alterra, Wageningen, 2006

REFERAAT

P.A.I. Ehlert, J.C. van Middelkoop & P.H.M. Dekker, 2006. *Fosfaatafvoer en fosfaatgehalten van landbouwgewassen*. Wageningen, Alterra, Alterra-Rapport 1348. 92 blz.; 15 fig.; 12 tab.; 20 ref.

Vanaf 2006 wordt een stelsel van gebruiksnormen van kracht. Op grasland mag dan 110 kg P₂O₅ ha⁻¹ worden gebruikt en op bouwland 95 kg P₂O₅ ha⁻¹. De gebruiksnormen worden gefaseerd aangescherpt tot evenwichtsbemesting in 2015. De bemesting is dan afgestemd op de fosfaatafvoer met (oogst)producten. Het beleidsvoornemen is om met generieke afvoernormen in te voeren. Dit kan een systematisch verschil geven met fosfaatafvoer gegevens gebaseerd op veldsituaties. Gegevens van veldproeven zijn verzameld en onderzocht werd of daardoor systematische fouten worden geïntroduceerd. Vastgesteld werd dat het fosforgehalte in landbouwgewassen de laatste decennia wat daalde. Daar staat tegenover dat de drogestofopbrengsten toenamen hetgeen resulteerde in een netto toename van de fosfaatafvoer. Er zijn systematische afwijkingen van de voorgenomen gebruiksnorm bij evenwichtsbemesting. Indien echter rekening gehouden wordt met de gewasrotatie op bouwland en met het stikstofbemestingsniveau op grasland, dan zijn de verschillen beperkt. De fosfaatafvoer van gras bij een voldoende of ruim voldoende fosfaattoestand en een bij het bemestingsadvies passende stikstofbemesting is 98 kg P₂O₅ ha⁻¹; gewassen op bouwland voeren gemiddeld 50 kg P₂O₅ ha⁻¹ af. De fosfaatafvoer op gras is hoger dan tot nu toe werd aangenomen; de fosfaatafvoer op bouwland is gemiddeld lager.

Trefwoorden: Fosfaat, evenwichtsbemesting, fosfaatafvoer, fosforgehalte, fosfaattoestand, Pw-getal, PAL-getal, grasland, voedergewassen, landbouwgewassen, bloembollen, vollegrondsgroenten.

ISSN 1566-7197

Dit rapport kunt u bestellen door €25,- over te maken op banknummer 36 70 54 612 ten name van Alterra, Wageningen, onder vermelding van Alterra-Rapport 1348. Dit bedrag is inclusief BTW en verzendkosten.

© 2006 Alterra
Postbus 47; 6700 AA Wageningen; Nederland
Tel.: (0317) 474700; fax: (0317) 419000; e-mail: info.alterra@wur.nl

Niets uit deze uitgave mag worden veelevoudigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze ook zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van Alterra.

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

Inhoud

Samenvatting	7
1 Inleiding	9
1.1 Achtergrond	9
1.2 Doelstelling	12
2 Materiaal en methoden	13
2.1 Data-acquisitie	13
2.2 Databronnen	13
2.2.1 Alterra	13
2.2.2 ASG-PV	14
2.2.3 PPO-AGV	15
2.2.4 Kiezen uit gehalten	16
2.3 Bewerking van de gegevens	16
2.4 Statistische methode	18
2.4.1 Afbakening	19
3 Gehalten en afvoer	21
3.1 Overzicht van de verzamelde gegevens	21
3.2 Grasland	23
3.3 Voedergewassen	27
3.3.1 Snijmaïs	27
3.3.2 Voederbieten	30
3.4 Akkerbouwgewassen en vollegrondsgroenten	31
3.4.1 Ijssla	31
3.4.2 Aardappel	32
3.4.3 Suikerbiet	36
3.4.4 Droge erwt	37
3.4.5 Granen	38
3.4.5.1 Zomergerst	38
3.4.5.2 Rogge	39
3.4.5.3 Tarwe	40
3.4.6 Prei	42
4 Actualisatie	45
4.1 Vergelijking met Kiezen uit Gehalten	45
4.2 Bespreking van resultaten	58
4.3 Advies voor normgehalten	61
Literatuur	65

Bijlage 1	Indelingsgrenzen van de stikstofbemestingsklassen op basis van de gebruiksnorm per gewas en aantallen observationele eenheden per klas	67
Bijlage 2	Drogestof van het hoofdproduct in procent	73
Bijlage 3	Fosforgehalten van het hoofdproduct in g P kg ⁻¹ drogestof	75
Bijlage 4	Fosfaatgehalten in het verse hoofdproduct in g P ₂ O ₅ kg ⁻¹ product	77
Bijlage 5	Fosfaatafvoer met het hoofdproduct in kg P ₂ O ₅ ha ⁻¹	79
Bijlage 6	Drogestofgehalten van bijproducten (gewasresten) in procent	81
Bijlage 7	Fosforgehalte in de drogestof van bijproducten (gewasresten) in g P kg ⁻¹ drogestof	83
Bijlage 8	Fosfaatgehalte in bijproduct (gewasresten) in g P ₂ O ₅ kg ⁻¹ product	85
Bijlage 9	Fosfaatafvoer met bijproduct (gewasresten) in kg P ₂ O ₅ ha ⁻¹	87
Bijlage 10	Totale fosfaatafvoer bij afvoer van hoofdgewas en bijproduct (gewasresten) in kg P ₂ O ₅ ha ⁻¹	89
Bijlage 11	Gegevens van gras en snijmaïs	91

Samenvatting

De invoering van de gebruiksnormen voor fosfaat in 2006 en het streven om op termijn in 2015 de gebruiksnorm af te stemmen op de fosfaatafvoer met de oogstproducten heeft vragen opgeroepen over de actualiteitswaarde van huidige gegevens van fosforgehalten in het gewas en fosfaatafvoercijfers. Dit rapport behandelt die actualiteit van fosforgehalten en fosfaatafvoercijfers van landbouwgewassen. Het betreft een momentopname van de stand van zaken van 2005. De doelstelling daarbij is geweest om de actualiteitswaarde van de forfaitaire fosfaatgehalten en fosfaatafvoer met het gewas en de representativiteit voor de landbouwpraktijk te onderzoeken en waar nodig aan te passen. Systematische en niet-systematische afwijkingen werden daarbij in beeld gebracht en differentiatie naar factoren die de fosfaatafvoer bepalen werd daarbij nagestreefd. Het onderzoek werd uitgevoerd in de vorm van een deskstudie. Data van fosforgehalten en fosfaatafvoer in de praktijk zijn niet beschikbaar in algemeen toegankelijke databestanden. Daarom werd in deze deskstudie gebruik gemaakt van beschikbare databestanden van lopend onderzoek en afgesloten onderzoek te exploreren. Als databronnen zijn bestanden gebruikt van Alterra, Centrum Bodem (ALTERRA), Animal Science Group - Praktijkonderzoek (ASG-PV) en Praktijkonderzoek Plant en Omgeving, Akkerbouw, Groene ruimte en Vollegrondsgroente (PPO-AGV). De data zijn afkomstig van veldproeven en van het zogenoemde bedrijfssystemenonderzoek. Daarnaast zijn gegevens verzameld waarop de huidige normgehalten van Kiezen uit Gehalten berusten.

Data zijn samengebracht in een database. De structuur van die database is bepaald door de fosfaattoestanden en de fosfaat- en bemesting met werkzame stikstof volgens huidige bemestingsadviesbases in klassen onder te verdelen en data per klasse te condenseren tot gemiddelde, mediaan, 95^e percentielwaarde als bovengrens van de desbetreffende deelverzameling en (populatie)standaardafwijking. Indien voldoende data beschikbaar waren, werd bij een specifiek gewas multivariate regressie-analyse uitgevoerd.

Er werden 9998 observationele eenheden verzameld. Van gewassen met grote arealen waren doorgaans voldoende gegevens aanwezig om analyses in detail uit te kunnen voeren. Van gewassen met kleinere arealen niet. De bewerkingen van de data geven aan dat de spreiding in fosforgehalte en fosfaatafvoer voor de gewassen hoog is zowel binnen een gewas als tussen gewassen. Die spreiding kan voor een deel verklaard worden uit de drogestofopbrengst. Het fosforgehalte neemt af met toename van de drogestofproductie terwijl doorgaans de fosfaatafvoer toeneemt met de opbrengst aan drogestof. Er is een tijdseffect waarneembaar bij 15 gewassen. Data van recente bemonsteringen (na 1990) wijzen op een lager fosforgehalte indien vergeleken met data van voor 1990. Dit gaat gepaard met een (sterkere) toename van de drogestofproductie. De drogestofproductie neemt toe met hogere stikstofbemesting. Het fosforgehalte in de drogestof en de fosfaatafvoer werden niet of zwak beïnvloed werden door fosfaatbemesting en fosfaattoestand. Indien het tijdseffect niet in acht wordt genomen blijken fosforgehalten en fosfaatafvoercijfers in het algemeen vergelijkbaar te zijn met die welke tot nu toe worden gehanteerd

(Kiezen uit gehalten). Adviezen voor actualisering van normgehalten worden gegeven. De fosfaatafvoer kan verantwoord afgeleid worden uit de productie van drogestof. Door de grote spreiding in de data van de fosforgehalte en fosfaatafvoer vallen huidige forfaitaire normgehalten binnen het bereik van de verzamelde data. Desalniettemin kan geconstateerd worden dat de voorgenomen generieke fosfaat-afvoernorm in 2015 van $90 \text{ kg P}_2\text{O}_5 \text{ ha}^{-1}$ voor grasland lager is dan de mediaanwaarde van dit onderzoek.

Op basis van een verantwoorde fosfaat- en stikstofbemesting en een voldoende tot ruim voldoende fosfaattoestand wordt een mediaanwaarde van $98 \text{ kg P}_2\text{O}_5 \text{ ha}^{-1}$ vastgesteld. Op bouwland is de voorgenomen norm van $60 \text{ kg P}_2\text{O}_5 \text{ ha}^{-1}$ echter hoger dan de mediaanwaarde gebaseerd op alle landbouwgewassen van 50 kg ha^{-1} . Voor de belangrijkste landbouwgewassen worden de fosforgehalten en fosfaatafvoercijfers gegeven.

1 Inleiding

In 2006 wordt het stelsel van gebruiksnormen van kracht. Op grasland mag dan 110 kg P₂O₅ ha⁻¹ worden gebruikt; op bouwland 95 kg P₂O₅ ha⁻¹. De gebruiksnormen worden gefaseerd aangescherpt. Het beleidsvoornemen is om per 2015 de gebruiksnorm voor fosfaat af te stemmen op de fosfaatafvoer met (oogst)producten. Men spreekt daarbij van evenwichtsbemesting. De gebruiksnorm voor fosfaat voor grasland wordt dan mogelijk 90 kg P₂O₅ ha⁻¹ en op bouwland 60 kg P₂O₅ ha⁻¹. Dit beleidsvoornemen met generieke normen voor gebruik van fosfaat roept vragen op. Bij aanscherping van de gebruiksnormen voor fosfaat kunnen bedrijven met een hoge fosfaatonttrekking in de knel komen en blijft bij bedrijven met een lagere fosfaatonttrekking fosfaatophoping plaatsvinden. Er is voor alle landbouwgewassen meer informatie nodig over de variatie in feitelijke onttrekking in de praktijk.

1.1 Achtergrond

Het Europese Hof van Justitie heeft geoordeeld dat het stelsel van regulerende Mineralenheffingen op belangrijke onderdelen niet voldeed aan de verplichtingen opgelegd door de Europese Nitraatrichtlijn (Zaak C322/00). Het Hof en de diensten van de Commissie van de Europese Unie hebben aangegeven dat aan deze verplichting kan worden voldaan door een stelsel van gebruiksnormen. De diensten hebben te kennen gegeven dat het nieuwe Actieprogramma alleen maatregelen dient te bevatten die volledig in overeenstemming zijn met de Nitraatrichtlijn en met het Arrest van het Europese Hof van 2 oktober (Van Reenen, 2004). Dit heeft geleid tot invoering van het stelsel van gebruiksnormen. Dit stelsel omvat:

- Een gebruiksnorm voor de maximale hoeveelheid dierlijke mest, uitgedrukt in kilogrammen stikstof ha⁻¹ jaar⁻¹
- Een norm voor de werkzame stikstofbemesting
- Een gebruiksnorm voor de totale fosfaatbemesting

Met dierlijke mest mag niet meer dan 170 kg N ha⁻¹ jaar⁻¹ worden toegediend. De Nitraatrichtlijn staat toe dat hiervan wordt afgeweken mits dit gemotiveerd wordt met objectieve criteria. Een derogatieverzoek voor 250 kg N ha⁻¹ jaar⁻¹ voor bedrijven met meer dan 70% grasland is door Nederland ingediend. Het verzoek is gehonoreerd.

De gebruiksnorm voor de werkzame stikstofbemesting is gebaseerd op een balans tussen de stikstofbehoefte van het gewas en de stikstoflevering van de bodem plus bemesting.

Hoewel fosfaat niet gereguleerd wordt door de Nitraatrichtlijn, heeft de Europese Commissie naar aanleiding van het derogatieverzoek een belangrijke voorwaarde gesteld aan het gebruik van fosfaat. Het fosfaatbeleid dient gericht te zijn op evenwichtsbemesting. De Europeesrechtelijke grondslag voor fosfaat is gelegen in de

richtlijnen 75/440/EEG (Drinkwaterrichtlijn), 75/442/EEG (Kaderrichtlijn afvalstoffen) en 2000/60/EG (Kaderrichtlijn water). De gebruiksnorm voor fosfaat geldt voor de totale fosfaatbemesting met kunstmest en dierlijke mest. De definitieve hoogte van de gebruiksnorm voor fosfaat staat niet vast voor de periode 2009-2015.

Fosfaatbeleid kan langs verschillende denksporen worden ontwikkeld om invulling te geven aan evenwichtsbemesting. Het fosfaatbeleid kan gericht worden op stroomgebied-, regio-, bedrijf- of perceelsschaal. Evenwichtsbemesting wordt veelal klakkeloos gericht op perceelsschaal. De diensten van de Europese Commissie geven over het schaalniveau geen harde criteria. Echter, gelet op de systematiek van het gebruiksnormenstelsel wordt evenwichtsbemesting op perceelsschaal gericht en ten hoogste op individuele bedrijfsschaal toegepast, hogere schaalniveaus zijn niet aan de orde.

Toepassen van het principe van evenwichtsbemesting impliceert dat er een balans is tussen de aanvoer en de afvoer van fosfaat. Op perceelniveau wordt de aanvoer in hoofdzaak bepaald door de gift aan kunstmest, dierlijke mest en overige organische bodemverbeterende middelen. De afvoer wordt in hoofdzaak bepaald door de hoeveelheid fosfaat die met (oogst)producten het landbouwperceel verlaten. Overige posten (atmosferische depositie, uitspoeling) zijn klein, dit is $< 2 \text{ kg P}_2\text{O}_5 \text{ ha}^{-1} \text{ jaar}^{-1}$ (Tunney e.a., 2003).

Het stelsel van gebruiksnormen kent verschillende onnauwkeurigheden. De onnauwkeurigheid wordt in dit rapport gedefinieerd als het verschil tussen de normatief bepaalde hoeveelheid mineralen en de werkelijke hoeveelheid mineralen die samenhangt met een bepaalde productstroom. Dit rapport gaat in op de onnauwkeurigheden in de bepaling van de afvoer van fosfaat met (oogst)producten van landbouwpercelen. Met (oogst)producten worden hier de gewassen bedoeld die van het landbouwperceel worden afgevoerd. De afvoer met vlees, melk of met dierlijke mest of grond (bijvoorbeeld met kluiten bij bomenteel) van het landbouwperceel blijft hier onbesproken evenals fosfaatbalansen op bedrijfsniveau.

De onnauwkeurigheden in de afvoer kunnen berusten op systematisch en op niet-systematische afwijkingen. Bij een systematische afwijking wordt telkens onderschat of overschat. Bij niet-systematische afwijkingen wordt de afvoer wisselend te hoog of te laag geschat. Het gangbare beeld is dat niet-systematische afwijkingen gemiddeld geen effect hebben. Dit hoeft echter niet zo te zijn.

Systematische afwijkingen ten opzichte van de gebruiksnorm voor fosfaat kunnen veroorzaakt worden door verschillende factoren:

Bodem

- Een (hogere) fosfaattoestand van het landbouwperceel waardoor de fosfaatopname en fosfaatafvoer hoger is.
- Grondsoort. Grondsoort wordt hier opgevat als het geheel van biologische, fysische en chemische bodemkenmerken. Daardoor valt bijvoorbeeld de waterhuishouding van de bodem onder dit begrip.

Nutriëntenmanagement

- Hogere opbrengsten, al dan niet teweeg gebracht door hogere benutting en gebruik van stikstof (interactie tussen stikstof en fosfaat).

Cultuur

- Beheer en gebruik van grasland.
- Vruchtopvolging bij (akker)bouwland: groot aandeel gewassen met een hoge fosfaatafvoer.
- Afvoer tarra, afvoer grond (bijvoorbeeld kluiten bij boomteelt).

Er kunnen ook methodologische aspecten een rol spelen:

- Bepalingsmethode van de opbrengst (bijvoorbeeld bij uien opbrengst veldgewas of opbrengst na drogen en bewaren);
- Bepalingsmethode van het fosfaatgehalte in het (oogst)product.

Niet systematische afwijkingen worden veroorzaakt door:

- Weersinvloeden (temperatuur, neerslag overschot);
- Verliezen bij de oogst;
- Bewaarverliezen (mits ongecontroleerd).

Het onderscheid tussen een systematische en een niet systematische afwijking is daarbij niet altijd even helder aan te geven. Zo is het onderscheid tussen de bepaling van de oogst en de daarbij optredende oogstverliezen sterk gebonden aan het (cultuur)gebruik.

De gebruiksnorm voor fosfaat is één normwaarde waarin deze verschillende factoren gecondenseerd zijn tot één getalswaarde.

De landbouwpraktijk heeft behoefte aan actuele gegevens voor de afvoer met het gewas. Idealiter bepaalt de praktijk in het product dat afgevoerd wordt het fosfaatgehalte en stelt de opbrengst (volume) vast. Veelal wordt echter gewerkt met van tevoren afgesproken gehalten in het (marktbaar) gewas. In het kader van MINAS is veelal met dergelijke forfaitaire waarden gewerkt. Bij MINAS is dat een begrijpelijke keuze omdat de posten waarin de meeste mineralen zitten vooral aan meststoffen en voer kunnen worden toegerekend. Bij de gehalten in meststoffen en voer wordt veelal gewerkt met werkelijke waarde (meetgegevens). Het overschot werd vooral door de aanvoer bepaald. In het stelsel van gebruiksnormen en bij toepassing van het principe van evenwichtsbemesting krijgen aan- en afvoer eenzelfde gewicht.

Invoering van het stelsel van gebruiksnormen voedt de discussie over de actualiteitswaarde van forfaitaire waarden voor de fosfaatgehalten in het gewas. Ook de representativiteit van de databronnen voor de praktijk wordt ter discussie gesteld. De databronnen berusten veelal op onderzoeksgegevens van (veld)proeven. Opbrengst maar ook gehalten in het afgevoerde gewasdeel kunnen in de praktijk afwijken van die welke onder gunstige condities van proefuitvoering verzameld zijn. Deze afwijking wordt op grasland bijvoorbeeld toegeschreven aan schud- en maaiverliezen

bij de oogst, vertrapping door vee en verliezen die optreden in de kuil. Afwijkingen op bouwland worden toegeschreven aan tarra en oogst- en bewaarverliezen. De onnauwkeurigheden en de actualiteit van de forfaitaire fosfaatgehalte in het gewas vormen dan ook een aandachtspunt.

1.2 Doelstelling

Het onderzoek is erop gericht om actualiteitswaarde van de forfaitaire fosfaatgehalten en fosfaatafvoer in het gewas en de representativiteit voor de landbouwpraktijk te onderzoeken en waarnodig aan te passen. Systematische en niet-systematische afwijkingen worden daarbij in beeld gebracht. Differentiatie naar factoren die de fosfaatafvoer bepalen wordt daarbij nagestreefd.

Dit rapport is als volgt opgebouwd. In hoofdstuk 2 worden databronnen en de methoden van gegevensbewerking gegeven. Hoofdstuk 3 geeft de resultaten van de dataverzameling en bespreekt systematische verschillen veroorzaakt door aantoonbare factoren. In hoofdstuk 4 wordt het advies gegeven voor actualisering van fosfaatgehalten en fosfaatafvoer.

2 Materiaal en methoden

Het vaststellen van variaties in fosfaatonttrekking door gewassen in de praktijk wordt uitgevoerd via een deskstudie. Er werden geen analyses en bemonsteringen uitgevoerd.

Betrouwbare meetgegevens uit de praktijk van fosfaatgehalten en fosfaatafvoer bleken niet voor handen. Projecten als Telen met Toekomst (praktijkbedrijven), Koeien en Kansen en Praktijkcijfers bieden weliswaar een schat aan informatie maar feitelijke metingen van opbrengst en fosfaatgehalte zijn veelal niet aanwezig omdat gewerkt werd met forfaitaire gehalten en geschatte opbrengsten. Daardoor wordt in deze deskstudie aan de doelstelling beantwoord door beschikbare databestanden van lopend onderzoek en afgesloten onderzoek te exploreren op data.

2.1 Data-acquisitie

De data-acquisitie was erop gericht om zo verantwoord mogelijk de fosfaatgehalten en fosfaatafvoer vast te stellen. Bij de dataverzameling zijn factoren betrokken die invloed op deze parameters kunnen uitoefenen. Deze factoren zijn:

- fosfaattoestand
- fosfaatgift
- grondsoort
- stikstof
- oogststadium

2.2 Databronnen

Data zijn bijeengebracht uit databases van Wageningen UR van de volgende instellingen:

- Alterra, Centrum Bodem (Alterra);
- Animal Science Group, Praktijkonderzoek (ASG-PV);
- Praktijkonderzoek Plant & Omgeving, Akkerbouw, Groene ruimte en Vollegrondsgroente (PPO-AGV).

Daarnaast zijn gegevens verzameld die ten grondslag hebben gelegen aan de huidige gegevens uit 'Kiezen uit gehalten'. Deze data dienen als referentie voor de actualisatie.

2.2.1 Alterra

Data zijn afkomstig van het Technisch Archief en Grondmonster Archief TAGA. TAGA bevat de beschrijvingen, analyses en resultaten van circa 20.000 kortlopende en veeljarige landbouwkundig proeven – meest veldproeven – die verspreid over Nederland van 1879 tot heden zijn uitgevoerd. Deze gegevens zijn beschikbaar in het

Technisch Archief. Het Grondmonster Archief bevat de fysieke monsters die in het kader van die (veld)proeven (jaarlijks) zijn genomen. De monsterverzameling bevat ruim 250.000 grondmonsters, en daarnaast gewasmonsters en monsters van meststoffen en bodemverbeteraars. Één van de unieke facetten van TAGA is dat zowel data als de grond-, gewas- en meststofmonsters van (veld)proeven beschikbaar zijn voor (her-)analyses en andere onderzoeksdoeleinden. Een ander unieke facet van TAGA is dat de jaarlijkse resultaten en monsters beschikbaar zijn van veldproeven die 50 tot 80 jaar zijn voortgezet. Achtergronden van TAGA zijn gegeven door Ehlert e.a. (2002).

Uit TAGA zijn eenjarige en veeljarige veldproeven geselecteerd waarin fosfaat een factor (ingestelde behandeling) was en gegevens van zowel chemisch grond- en gewasonderzoek beschikbaar waren. Dit betreft een deel van de data die voor het doel van dit onderzoek gebruikt kunnen worden. Data van veldproeven waarin fosfaat met andere factoren (stikstof, kalium, bekalking) werden onderzocht zijn niet ontsloten. De daaraan verbonden inspanning oversteeg de mogelijkheden van dit project.

2.2.2 ASG-PV

Grasland

De graslanddata van ASG PV zijn verzameld uit veeljarige veldproeven waarin fosfaatbemesting een proeffactor was. De data zijn verzameld in de jaren 1989 tot en met 2004. In 1989 tot en met 1993 is een veldproef op twee locaties op zandgrond uitgevoerd, met een relatief hoge en relatief lage fosfaattoestand. In deze veldproef hebben fosfaattrappen gelegen en is dierlijke mest geïnjecteerd. Er is in deze proef uitgegaan van een enkele (hoge) stikstofbemesting om de invloed van N op de fosfaatreactie uit te schakelen. (Den Boer e.a., 1995). Vanaf 1994 tot en met 2003 zijn vier veldproeven van 5 of 6 jaar uitgevoerd om effect van interactie tussen stikstof en fosfaatbemesting vast te stellen. De grondsoorten waarop deze proeven gelegen hebben zijn jonge zeeklei, zand, veen en rivierklei. Op twee van de proeven zijn objecten aangelegd waarop voorbehandelingen zijn aangelegd om verschillen in fosfaattoestand te creëren. Na enkele jaren zijn hier weer fosfaattrappen op aangelegd. Op een deel van deze proeven was, naast fosfaatbemesting, fosfaattoestand dus een proeffactor. Op twee proeven is alleen kunstmest gebruikt en op twee proeven is zowel dierlijke (rundvee) mest als kunstmest. Op een van de proeven waren klaverrijke objecten aanwezig (Schils, 2004). Deze objecten zijn buiten deze studie gehouden. De vijf beschreven veldproeven zijn steeds gemaaid, beweiding werd niet toegepast.

Vanaf 1997 wordt op vier locaties en drie grondsoorten (veen, twee op zand, jonge zeeklei) onderzoek uitgevoerd met drie fosfaatoverschotten en twee stikstofoverschotten. In dit onderzoek wordt zowel dierlijke mest als kunstmest toegediend en is afwisselend gemaaid en geweid (met pinken). De proefdata tot en met 2004 zijn voor deze studie gebruikt (van Middelkoop, 2004). De factoren in deze proeven waren: fosfaatbemesting, fosfaattoestand, stikstofbemesting, wel of geen dierlijke mest en het aantal jaren dat dezelfde behandeling is toegepast op een object.

Snijmaïs

De data voor het gewas snijmaïs zijn afkomstig 26 veldproeven die uitgevoerd zijn door ASG-PV, PPO-AGV en PRI in de jaren 1972 - 1982 en 1988 - 2003. De proeven waarbij fosfaatbemesting, fosfaattoestand en fosfaatopbrengst bekend zijn, zijn opgenomen in de database. Een groot aantal proeven heeft echter alleen stikstof als proeffactor. De beperking van de dataset is daardoor dat reacties van fosfaatbemesting of fosfaattoestand op de drogestof en fosfaatopbrengst moeilijk is te traceren door de variatie tussen jaren en proeven. Daarbij is er ook een aanzienlijk aantal gegevens aanwezig die afkomstig zijn uit proeven die zijn uitgevoerd met zeer grote hoeveelheden dierlijke mest (tot 300 m³ per ha). Dat betekent dat de hoogte van de fosfaatbemesting is verstrengd met de hoogte van de stikstofbemesting. Bovendien is op dat niveau van bemesting geen reactie van de drogestofopbrengst op de fosfaatbemesting te verwachten. Enkele proeven zijn echter wel opgezet om gewasreacties op fosfaatbemesting te toetsen. Dit zijn alle proeven waarin ook stikstof een factor is om de interactie tussen stikstof en fosfaat vast te stellen.

2.2.3 PPO-AGV

Voor dit project is gebruik gemaakt van gegevens uit de PPO-databank. In deze databank zijn gegevens verzameld van onderzoek dat vanaf ongeveer 1990 tot op heden door het toenmalige (PA(G)V nu PPO-agv is en wordt uitgevoerd. De verzamelde data zijn afkomstig van veldonderzoek, namelijk:

- N- en P-bemestingsproeven
- Het bedrijfssystemenonderzoek (BSO)
- Overige proeven waarin wel P-gehalten in het gewas en fosfaattoestanden van de bodem zijn vastgesteld

Bij de bemestingsproeven zijn ook de behandelingen met organische mest opgenomen. Voor de berekening van de werkzame hoeveelheid stikstof (N) uit dierlijke mest is gerekend met vaste werkingscoëfficiënten van 0,2 en 0,7 bij resp. najaars- en voorjaarstoepassing. De volgende gegevens zijn, voor zover achterhaald, in de PPO-databank ingevoerd:

- Algemene proefgegevens (locatie, perceel, grondsoort, soort proef (bijv. stikstoftrappen of BSO), uitvoeringsjaar, gewas, ras, zaai- of plantdatum en eventueel kg zaai- of pootgoed).
- Objecten (bemestingsniveaus N, P en K, tijdstip bemesten en type meststof, herhalingen).
- Bodemanalyses voor en na de teelt op perceels-, objectniveau en indien beschikbaar per herhaling (N-mineraal, Pw-getal, Kali-getal en - indien beschikbaar - gehalte van lutum, leem en organische stof).
- Gewasopbrengst (hoofdproduct en evt. bijproducten), oogstdatum, verse opbrengst, percentage drogestof (ds %) en drogestofopbrengst, gehalten aan N, P en K in de drogestof.

In de databank zijn de gegevens per herhaling (veldjes) ingevoerd. Gegevens per herhaling zijn niet altijd beschikbaar, bijvoorbeeld bij mengmonsters bij gewasonderzoek. Er is dan gebruik gemaakt van gegevens per behandeling (objectgemiddelde).

De data zijn grotendeels afkomstig van proefvelden. Bij veldproeven kunnen bij de meest gunstigste behandelingen de opbrengstniveaus zo'n 15% hoger liggen dan in de praktijk. Echter, de PPO-databank bevat ook gegevens afkomstig van proeven met lage opbrengstniveaus als gevolg van ziektes, weersomstandigheden, e.d. De databank omvat daardoor een ruim bereik in fosforgehalte en fosfaatafvoercijfers die beduidend lager tot veel hoger kunnen zijn dan die in de huidige landbouwpraktijk.

2.2.4 Kiezen uit gehalten

Huidige gegevens van gehalten in gewas en gewasafvoer berusten op Kiezen uit Gehalten-3 (Beukenboom, 1996). Deze brochure, die opgesteld is in het kader van de uitvoering van de Meststoffenwet 1986 onder MINAS, werd voorafgegaan door Kiezen uit gehalten-1 en Kiezen uit gehalten-2. Deze laatste twee brochures werden door het Informatie en Kenniscentrum Landbouw van het Ministerie van LNV verzorgd. De brochures zijn verantwoord in het einddocument (Notma-4) van de werkgroep normgehalten (1993). Onderliggende gegevens van deze brochures zijn welwillend beschikbaar gesteld door de heer ing. P.H. Hotsma van de Directie Kennis. Data die ten grondslag liggen aan wijzigingen in gehalten en afvoer tussen Kiezen uit gehalten-2 en Kiezen uit gehalten-3 zijn niet achterhaald.

2.3 Bewerking van de gegevens

De veldproeven zijn aangelegd met onderscheidenlijke doelstellingen. Het aantal behandelingen, de opzet en uitvoering zijn verschillend. Daardoor zijn veldproeven aanwezig waarbij in groot detail elk gewasonderdeel bepaald en geanalyseerd werd terwijl bij andere veldproeven volstaan is met het bepalen van de chemische samenstelling van een mengmonster van behandelingen. Om onevenwichtige bijdrage van veldproeven met een groot detail in meting uit te sluiten zijn per veldproef de data gecondenseerd tot objectgemiddelden (observationele eenheden). Naast veldproeven zijn data ook afkomstig van het bedrijfssystemenonderzoek dat door PPO-agv (voorheen PAGV) is uitgevoerd.

Data zijn samengebracht in een database. De structuur van die database is in onderling overleg tijdens het onderzoek bepaald. Om gegevens te kunnen samenvatten (te condenseren) werden de fosfaattoestanden van de bouwvoor of graszode volgens vigerende bemestingsadviezen gewaardeerd (Van Dam e.a., 2004, Van Dijk, 2003, CBGV, 2002). Op bouwland werd hiervoor het Pw-getal gewaardeerd, op grasland werd het PAL-getal gebruikt. Uitgaande van deze waardering van de fosfaattoestand van landbouwgronden volgens huidige bemestingsadviezen is een verdere vereenvoudiging aangebracht in de waardering. De waarderingen *zeer laag* en *laag* op bouwland en *vrij laag* en *laag* op grasland zijn ondergebracht in de klasse L. De waarderingen *voldoende* en *ruim voldoende* voor bouwland en grasland zijn samengebracht in de klasse M en de waarderingen *vrij hoog* en *hoog* voor bouwland en *hoog* voor grasland zijn samengebracht in de klasse H.

De totale fosfaatgift met kunstmest en dierlijke mest werd bepaald. Bij de bewerking werd ervan uitgegaan dat de fosfaat van diverse herkomst eenzelfde werking had. Deze aanname heeft vooral gevolgen bij ruime fosfaatgiften. In de database komen slechts twee observationele eenheden voor met een lage fosfaattoestand waarbij 68 of 70 kg P₂O₅ ha⁻¹ als runderdrijfmest werd toegediend.

De totale fosfaatgiften zijn in samenhang gebracht met de fosfaattoestand en fosfaatbestedingsadviezen volgens vigerende inzichten. Er zijn daarop drie klassen onderscheiden:

1. totale fosfaatgift was minder dan de helft van de fosfaatadviesgift;
2. de totale fosfaatgift was gelijk aan tenminste de helft van de fosfaatadviesgift en was hooguit twee maal zo hoog;
3. de totale fosfaatgift was meer dan twee maal zo hoog dan adviezen aangeven.

Analoog aan de classificering van de totale fosfaatgift werd ook de totale stikstofgift geclassificeerd. Bij de stikstof afkomstig van dierlijke mest werd de werkingscoëfficiënt toegepast. Bij dierlijke mest toegepast op grasland werd rekening gehouden met de toedieningstechniek en het tijdstip van toediening (§2.2.2). Bij dierlijke mest toegepast op bouwland in het najaar werd uitgegaan van een werkingscoëfficiënt van 20%; bij voorjaartoeassing werd 70% werking aangenomen (§2.2.3). De totale hoeveelheid werkzame stikstof is daarop in drie klassen onderscheiden:

1. minder dan de helft van het advies (< 0,5);
2. gelijk aan of meer dan de helft van het advies en maximaal anderhalf maal het advies (0,5-1,5). De maximale afwijking tussen de adviesgift en anderhalf maal het advies mag hierbij niet meer dan 70 kg N ha ha⁻¹ bedragen;
3. meer dan anderhalf maal het advies (> 1,5) of indien de maximale afwijking tussen de adviesgift en anderhalf maal het advies meer dan 70 kg N ha⁻¹ bedroeg: de adviesgift plus 70 kg N ha⁻¹.

Deze classificering is aangebracht om data van onderzoek waarbij (zeer) grote hoeveelheden dierlijke mest was gebruikt te onderscheiden van data van onderzoek die meer passen bij GLP. Deze classificering is vooraf opgelegd met name om data van gras en snijmais gerichter te kunnen analyseren. Bij overige gewassen is veelal volgens het stikstofbestedingsadvies bemest. Als stikstofbestedingsadvies is aangehouden wat in de gebruiksnormen voor 2006 is voorgeschreven.

Op basis van de aangebrachte klassen zijn de data gecondenseerd. Er werd afgezien van een integrale statistische analyse omdat de data per gewas qua aantal te ongelijk van omvang waren en analyse per gewas zou leiden tot een te zeer verschillende grondslag. De bewerking van de data verliest daardoor aan transparantie. De gevolgde bewerking geeft bovendien een betere aansluiting bij eerdere onderzoek naar het vaststellen van normgehalten (Kiezen uit Gehalten). Bovendien worden bij een aantal grote gewassen (gras en snijmais) in ander onderzoekskader samenvattende bewerkingen uitgevoerd. Voor grasland wordt op dit moment gewerkt aan een analyse over alle genoemde fosfaatproeven heen. Voor maïsland wordt eveneens gewerkt aan een analyse van de beschikbare data om het huidige fosfaatadvies te evalueren. Beide analyses zullen in de loop van 2006 of begin 2007 gerapporteerd worden als ASG-rapporten.

Analysemethoden

Deze studie rapporteert data zoals die in de genoemde databestanden zijn aangetroffen. Het betreft data van diverse herkomst. Daardoor zijn er verschillen in de monstervoorbehandeling en methoden van chemisch gewasonderzoek. Die verschillen betreffen zowel de techniek van het voorbehandelen van grond- en gewasmonsters, de bepaling van het drogestofgehalte als de methode van ontsluiting ten behoeve van de bepaling van het fosforgehalten. Deze studie gaat niet in op genoemde verschillen. Er wordt uitgegaan dat de verschillen door onderscheidenlijke methoden van voorbehandeling en chemisch gewasonderzoek van ondergeschikt belang zijn ten opzichte van de bepalingsfouten die in het veld werden gemaakt.

Dimensie

De verschillende gegevensbronnen hanteren onderscheidenlijke dimensie voor gehalten en fosfaatafvoer. In dit rapport wordt standaard gewerkt met fosfor bij gehalte in het gewas (g P kg^{-1} product of $\text{kg P per ton product}$) en met fosfaat bij fosfaatafvoer ($\text{kg P}_2\text{O}_5 \text{ ha}^{-1}$). Om van fosfor naar fosfaat te gaan dienen de data met 2,29 te worden vermenigvuldigd.

Data van chemisch gewasonderzoek bij gras en snijmais zijn in de database voornamelijk opgegeven in de drogestof. De dimensie van het fosforgehalte bij de gewassen gras en snijmais wijkt daardoor af: $\text{g P per kg drogestof}$ (of $\text{kg P per ton drogestof}$).

Proeftechniek

Data zijn afkomstig van veldproeven en van het bedrijfssystemenonderzoek. De data zijn afkomstig van onderzoek uit de periode 1930 tot en met 2004. Het type onderzoek en de periode bepalen de keuze voor een vorm van de proeftechniek (ook wel of proefveldtechniek). Een analyse van de ontwikkelingen in proefveldtechniek of proeftechniek vergt een aparte studie. In onze studie wordt de proeftechniek als factor voor systematische fouten tussen en binnen gegevensbronnen voorbijgegaan. Dit is mede ingegeven door het feit dat proeftechniek niet op eenvoudig werkbare wijze in de datastructuur als factor kan worden aangebracht. Bovendien zijn eventuele verschillen veroorzaakt door proeftechniek gedempt zijn omdat gewerkt is met objectgemiddelen.

2.4 Statistische methode

Data van fosforgehalten en fosfaatafvoer zijn gecondenseerd tot de statistische parameters populatiegemiddelde, mediaan, 95^e percentielwaarde, minimum, maximum, variantie en aantal observaties. Een 95^e percentielwaarde geeft een waarde van een parameter waarbij 95% van de data een waarde heeft die daaraan gelijk is of lager is. De 95^e percentielwaarde wordt in dit onderzoek gehanteerd als een bovengrens van de desbetreffende deelverzameling.

Populatiegemiddelde:
$$\mu = \Sigma x_i / N \quad (1)$$

Met x_i de waarde van de variabele voor waarneming i en N het aantal waarnemingen van de deelverzameling

Als maat voor de spreiding is de populatievariantie (σ^2) gebruikt (het gemiddelde van het kwadraat van de afwijkingen van μ):

$$\sigma^2 = \Sigma (x_i - \mu)^2 / N \quad (2)$$

Hieruit werd de standaardafwijking (σ) afgeleid.

Bij individuele gewassen worden resultaten gegeven van multivariate regressie-analyse. In een aantal gevallen werd multivariate regressieanalyse met factoren als groep toegepast. Deze gevallen worden specifiek benoemd bij de gewassen. Alle uitspraken berusten op een onbetrouwbaarheidsdrempel van 0,05 tenzij anders aangegeven.

Er zijn verkenningen uitgevoerd met lineaire regressie analyse met vastgelegde structuur en een niet vastgelegde structuur (lineaire gemengde modellen bij toepassing van REstricted Maximum Likelihood (REML)). Door het gebruik van deze vorm van statistische analyse kan over alle data robuustere schattingen verkregen worden voor het fosforgehalte in de drogestof en de fosfaatafvoercijfers. Echter omdat de resultaten voor individuele gewassen sterk afhankelijk zijn van de data en hun klassificering van de fosfaattoestand en fosfaat- en stikstofbemesting, kunnen door inter- en extrapolatie te grote afwijkingen voorkomen waardoor de representativiteit voor de praktijk in het geding komen. Dit is een effect veroorzaakt door onvoldoende data (bijvoorbeeld alleen gegevens van een te hoge of een te lage fosfaattoestand met een bemesting die niet conform huidige bemestingsadviezen is geweest). De resultaten van de REML-analyses worden in dit rapport niet besproken. Een meer gedetailleerde karakterisering van de resteffecten(jaareffecten) en van de bodem is nodig om systematische afwijkingen in fosforgehalten en fosfaatafvoercijfers beter te kunnen beheersen.

Detailanalyses zijn uitgevoerd met het statistisch programma Genstat 7.1.

2.4.1 Afbakening

Deze studie is gericht op de gangbare landbouw. Er zijn gegevens aanwezig van de biologische landbouw maar het aantal observationele eenheden is te gering om deze sector afzonderlijk te kunnen behandelen.

Eveneens werden interne kringlopen van fosfaat op perceels- of bedrijfsniveau worden niet bestudeerd. Gewassen kunnen voor gedurende hun ontwikkeling beduidend meer fosfaat opnemen dan met de marktbaar producten van het veld worden afgevoerd. De fosfaatbehoefte is dan hoger dan de netto fosfaatafvoer. Deze fosfaatbehoefte vormt eveneens geen onderdeel van de deskstudie. Daarvoor wordt verwezen naar vigerende bemestingsadviezen.

3 Gehalten en afvoer

3.1 Overzicht van de verzamelde gegevens

In totaal zijn 9998 observationele eenheden aanwezig in de database. Data van gewassen op dekzand en zeeklei zijn goed vertegenwoordigd. Overige grondsoorten komen minder frequent voor (Tabel 1).

De groepering naar waardering van de fosfaattoestand volgens vigerende bemestingsadviezen voor bouwland en grasland per stikstofklasse wordt gegeven in Tabel 2. De waardering van het Pw-getal op bouwland geldt voor alle grondsoorten. De waardering van het PAL-getal op grasland kent drie groepen van grondsoorten.

De data bevatten observationele eenheden in alle waarderingsklassen van de fosfaattoestand. De meeste observationele eenheden komen voor bij de waarderingsklassen voldoende en ruim voldoende. De waarderingsklassen zeer laag en hoog zijn ondervertegenwoordigd.

Met name in de deelverzameling voor bouwland komen observationele eenheden voor waarbij de fosfaattoestand niet bekend is (bedrijfssystemenonderzoek). Wel is van deze observationele eenheden bekend dat de fosfaattoestand doorgaans past bij GLP. Het ontbreken van het gegeven van de fosfaattoestand is daarom niet op voorhand reden geweest om desbetreffende observationele eenheden niet mee te nemen. Per gewas is beoordeeld of gegevens waarbij de fosfaattoestand onbekend was, toch gebruikt konden worden voor de studie. Gegevens van observationele eenheden zijn gebruikt als de data qua bereik overeenstemden met data van observationele eenheden waarbij de fosfaattoestand bekend is. In een aantal nader aan te geven gevallen zijn observationele eenheden zonder data van de fosfaattoestand gebruikt omdat het de enig beschikbare data waren.

Tabel 1. Aantal observationele eenheden per grondsoort en per databron en hun totaal aantallen.

Bron	Dalgrond	Dekzand	Duinzand	Löss	Rivierklei	Veen	Zeeklei	Totaal
ASG		435			181	194	110	920
PPO/ASG		518					121	639
PPO-agv	179	771		42			1242	2234
TAGA	355	2042	184	808	579		2237	6205
Totaal	534	3766	184	850	760	194	3710	9998

Het leeuwendeel van de observationele eenheden bij bouwland komt voor in de klasse van met een stikstofbemesting passend bij het bemestingsadvies. Dit is een logisch gevolg van de selectie van de data waarbij alleen op fosfaat als onderzoeks-factor is geselecteerd. Overige klassen zijn sterk onder vertegenwoordigd. Bij grasland komen alle drie klassen voor juist omdat ook stikstof als factor in de veldproeven is opgenomen (Tabel 2).

Tabel 2. Aantal observationele eenheden per waarderingsklasse van de fosfaattoestand en per klasse van stikstofbemesting gegroepeerd naar bouwland en grasland.

Bouwland			Grasland				
Waardering fosfaattoestand	Stikstofbemesting		Waardering fosfaattoestand	Stikstofbemesting			
	Onder advies	Advies		Onder advies	Advies	Boven advies	
Zeer laag	1	565	0	Laag	21	36	37
Laag	82	1115	8	Vrij laag	59	94	91
Voldoende	153	1389	22	Voldoende	90	107	42
Ruim voldoende	181	1153	27	Ruim voldoende	75	121	73
Vrij hoog	17	401	20	-	-	-	-
Hoog	158	598	113	Hoog	34	120	10
Onbekend	319	2562	54	Onbekend		50	
Totaal	911	7783	244	Totaal	279	528	253

Het overzicht met de totaal aantallen observationele eenheden per gewas wordt gegeven in Bijlage 1. In deze bijlage zijn per gewas (en teelt) tevens de grenzen opgenomen van de stikstofgebruiksnormen passen bij de indeling $< 0,5$, $0,5-1,5$ (aangegeven met 1) en $> 1,5$ met een maximum van 70 kg N ha^{-1} boven de adviesgift. Het soort gewas is bekend maar niet altijd wordt opgegeven om welke specifieke teelt het gaat. Zo wordt koolzaad naast winterkoolzaad opgegeven en wordt bij granen niet altijd opgegeven of het een wintergraan of een zomergraan betreft.

De gewassen aardappel (consumptie, zetmeel), gras, snijmais, haver, tarwe (zomer, winter), zomergerst, suikerbiet, rogge (winter), erwt (droge), ijssla, voederbiet en prei zijn goed vertegenwoordigd met meer dan 100 observationele eenheden.

Met 50-100 observationele eenheden zijn aanwezig aardappel (poot), bloemkool, gladiool, kropsla (vroeg), kunstweide (tijdelijk grasland op bouwland), mais (niet nader gespecificeerde teelt), peen (B-, fijne, grove), spruitkool, tulp, ui (zaai), veldboon, vlas en witlof (wortel).

Met 10-50 observationele eenheden zijn aanwezig aardbei, blauwmaanzaad, bleek- en groenselderij, broccoli, Chinese kool, crocus, doperwt, gerst (winter), graszaad (Engels raai, Westerwolds raaigras), hyacint, klaver, knolselderij, knolvenkel, kool (witte), koolraap, koolzaad (niet nader gespecificeerd), kropsla (vroeg bedekt, zomerteelt), lelie, luzerne, mais (korrel), mengteelt (van verschillende granen), prei (herfst), rode klaver, rogge (niet nader gespecificeerd), spinazie, sjalot, stamboom, stamslaboon.

Met minder dan 10 observationele eenheden zijn aanwezig cichorei, dahlia, erwt (schokker), gerst (brouw, voer), graszaad (rietzwenk, roodzwenk, veldbeemd), hennep, iris, karwijzaad, kroot, miscanthus, narcis, schorseneer, stoppelknollen, triticale, valeriaan (wortel), zaadbiet en zanthedeschia.

Gewassen met meer dan 100 observationele eenheden zijn in meer detail geanalyseerd op bronnen van variatie (zie volgende paragrafen). De rationale hiervan is dat

per klasse van fosfaattoestand, fosfaatbemesting en stikstofbemesting (dit betreft 6 of 7 waarderingsklassen, 3 klassen voor fosfaatbemesting en 3 klassen voor stikstofbemesting, bij elkaar 54 à 63 deelverzamelingen) bij evenwichtige verdeling tenminste enkele observationele eenheden beschikbaar zijn. Daardoor wordt in principe een basis gelegd voor een analyse van opgelegde factoren mits elke klasse data bevat. In de volgende paragrafen worden de gewassen met meer dan 100 observationele eenheden besproken.

3.2 Grasland

Er zijn 1060 observationele eenheden beschikbaar. De data zijn in hoofdzaak afkomstig van het veeljarige veldproefonderzoek van ASG (Middelkoop e.a., 2004). De verdeling van de observationele eenheden over de klassen voor fosfaattoestand, fosfaatgift en stikstofgift wordt gegeven in Tabel 3. De overige combinaties van fosfaattoestand en bemesting met fosfaat en stikstof zijn vertegenwoordigd. De deelpopulatie met een passende fosfaat- en stikstofbemesting is ca. twee maal groter dan daaropvolgende deelverzamelingen. Alle deelverzamelingen komen voor, te zwaar met fosfaat- en stikstofbemeste situaties komen weinig voor.

Tabel 3. Verdeling van het aantal observationele eenheden over de klassen voor de fosfaattoestand en stikstof- en fosfaatgiften volgens advies bij gras.

Waardering fosfaat- toestand	Stikstofgift lager dan advies			Stikstofgift volgens advies				Stikstofgift hoger dan advies		
	Fosfaatbemesting			Fosfaatbemesting				Fosfaatbemesting		
	< 0,5 advies	0,5 - 2 advies	>2 advies	< 0,5 advies	0,5 - 2 advies	>2 advies	Niet bekend	< 0,5 advies	0,5 - 2 advies	>2 advies
L ¹	54	26		78	448	4		65	63	
V ²	54	104	7	34	181	13		31	82	2
H ³		3	31	8	35	77		1	5	4
Onbekend				7	13	12	18			
Totaal	108	133	38	127	277	106	18	97	150	6

¹ L: waarderingsklassen laag en vrij laag

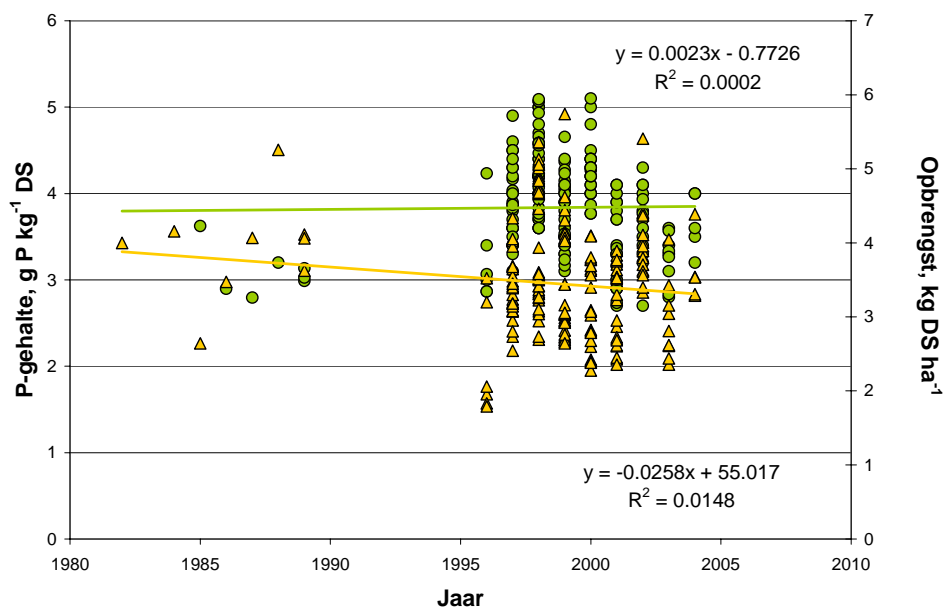
² V: waarderingsklassen voldoende en ruim voldoende

³ H: waarderingsklasse hoog

De eerste snede van grasland reageert op fosfaatbemesting en fosfaattoestand. Bij volgende sneden is een effect fosfaatbemesting en fosfaattoestand niet of nauwelijks waarneembaar (Van der Paauw e.a., 1951, Agterberg & Henkens, 1995). Er is bij de dataverzameling dan ook onderscheid gemaakt tussen fosforgehalten en fosfaatafvoer van de eerste snede en die van volgende sneden.

In de deelverzameling van een bij het bemestingsadvies passende fosfaat- en stikstofbemesting bij een voldoende tot ruim voldoende fosfaattoestand blijkt er geen relatie te zijn tussen het fosforgehalte (g P kg⁻¹ DS) en het oogstjaar (Figuur 1). Er is geen aanwijzing dat het fosforgehalte onder GLP in de laatste decennia gewijzigd is.

Het fosforgehalte van gras wordt sterk bepaald door de leeftijd van het gewas en de bemesting met stikstof. Hoe jonger het gewas en hoe hoger het stikstofaanbod, hoe hoger het stikstofgehalte in het gras zal zijn. Een hoger stikstofgehalte in het gras leidt tot een hoger ruweiwitgehalte en daardoor tot een hogere fosforgehalte. Prummel (1973) heeft hiervoor een empirisch verband afgeleid. De huidige database is niet opgezet om het door Prummel vastgestelde verband te verifiëren.



Figuur 1. Het verloop van het fosforgehalte in de drogestof (o) en de drogestofproductie (Δ) van de eerste snede gras in de periode 1982-2004 bij voldoende tot ruim voldoende fosfaattoestand en bij bemestingsadviezen passende fosfaat- en stikstofgiften.

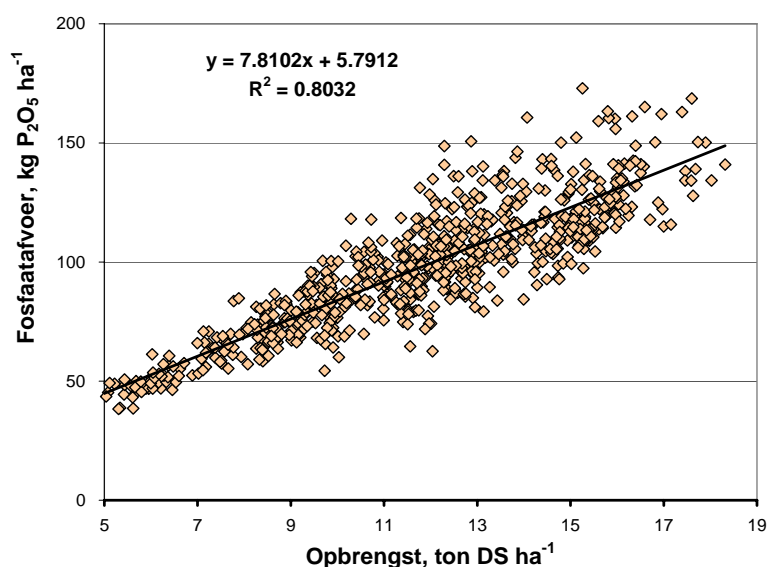
Naarmate de stikstofbemesting hoger is, wordt een hoger fosforgehalte in de drogestof vastgesteld (Tabel 4). Bij een voldoende tot ruim voldoende fosfaattoestand van de graszode bevat de 1^e snede gras 3,8 g P kg⁻¹ DS (mediaanwaarde).

De data laten geen duidelijk effect zien van de zwaarte van snede op het fosforgehalte van de eerste snede bij verschillende fosfaattoestanden en fosfaat- en stikstofgiften die passen bij het bemestingsadvies. Er is veel variatie in de data. De fosfaatvoer neemt doorgaans toe met toename van de zwaarte van de snede gras (Tabel 5).

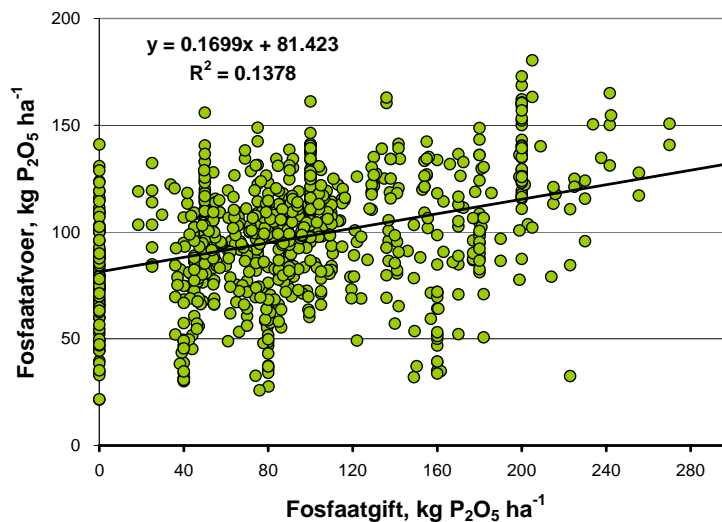
De totale fosfaatafvoer blijkt meer door de drogestofopbrengst bepaald te worden dan door de fosfaatbemestingsgift of fosfaattoestand (Figuren 2 en 3). Mits beperkt wordt naar voldoende en ruim voldoende fosfaattoestand en een stikstofgift volgens advies kan een robuuste relatie vastgesteld worden tussen opbrengst en fosfaatafvoer. Er wordt dan geen effect van de fosfaatgift op de fosfaatafvoer vastgesteld of van de fosfaattoestand (data niet gegeven). Bij multivariate regressieanalyse met PAL-getal, totale fosfaatgift en werkzame stikstofgift op basis van de totale verzameling worden echter significante effecten vastgesteld indien niet de klassen maar de individuele waarden worden gebruikt. Vergelijking (3) geeft deze relatie.

Tabel 5. Fosforgehalte en de fosfaatafvoer van de 1e snede gras als functie van de zwaarte van de snede en fosfaattoestand bij fosfaat- en stikstofgiften passend bij het bemestingsadvies.

Klassen van waarderingen van de fosfaattoestand	Parameter	Grootheid	Zwaarte snede, ton DS ha ⁻¹			
			1,5-2,5	2,5-3,5	3,5-4,5	≥ 4,5
L	P-gehalte, g P kg ⁻¹ DS	Mediaan	3,0	3,6	3,2	3,5
		Std.afw.	0,43	0,57	0,42	0,44
	Fosfaatafvoer, kg P ₂ O ₅ ha ⁻¹	Mediaan	82	94	89	100
		Std.afw.	12,0	21,8	14,8	19,7
		Aantal	15	80	18	8
V	P-gehalte, g P kg ⁻¹ DS	Mediaan	3,0	3,9	3,9	3,7
		Std.afw.	0,75	0,60	0,48	0,47
	Fosfaatafvoer, kg P ₂ O ₅ ha ⁻¹	Mediaan	83	98	100	115
		Std.afw.	9,6	21,6	17,6	20,0
		Aantal	14	110	69	19
H	P-gehalte, g P kg ⁻¹ DS	Mediaan	*	4,6	3,9	3,8
		Std.afw.	*	0,45	0,65	0,73
	Fosfaatafvoer, kg P ₂ O ₅ ha ⁻¹	Mediaan	*	120	106	131
		Std.afw.	*	22,4	13,6	33,9
		Aantal	*	27	21	7



Figuur 2. Verband tussen totale opbrengst aan gras in ton drogestof per jaar en de totale fosfaatafvoer per jaar bij een voldoende of ruim voldoende fosfaattoestand en bij een bemesting met stikstof variërend van de helft tot maximaal 70 kg N ha⁻¹ boven het bemestingsadvies.



Figuur 3. Verband tussen de fosfaatgift en de totale fosfaatvoer, beiden in $\text{kg P}_2\text{O}_5 \text{ ha}^{-1}$ bij een voldoende of ruim voldoende fosfaattoestand en bij een bemesting met stikstof variërend van de helft tot maximaal 70 kg N ha^{-1} boven het bemestingsadvies.

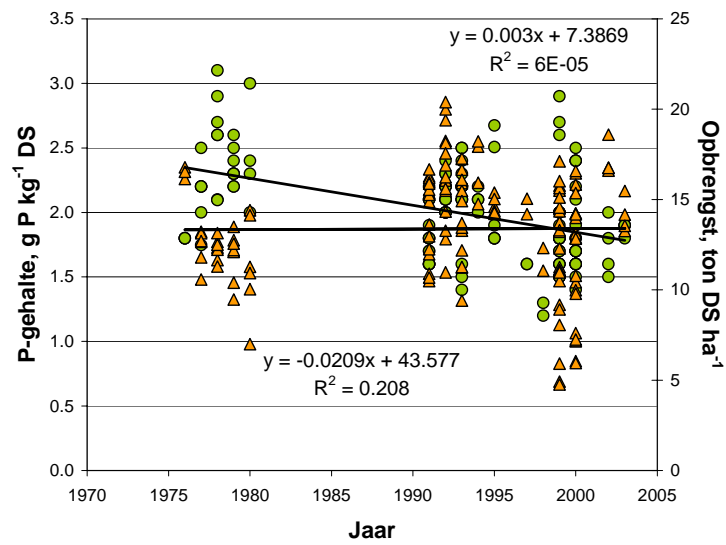
3.3 Voedergewassen

3.3.1 Snijmaïs

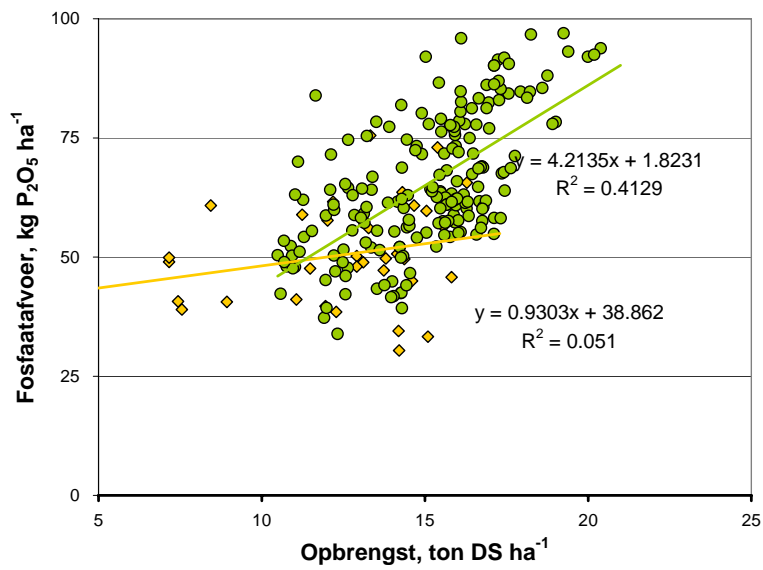
Er zijn 949 observationele eenheden bij snijmaïs verzameld uit databestanden van ASG, PPO-agv en TAGA. De fosfaattoestand is van 224 eenheden niet bekend maar wel bekend is dat de fosfaattoestand ten minste voldoende geweest zal zijn. Veel data zijn namelijk afkomstig van stikstofonderzoek, een lage fosfaattoestand wordt bij de proefopzet en proefaanleg uitgesloten. Omdat het vochtgehalte van snijmaïs sterk afhankelijk is van de weerscondities, terwijl de opbrengst aan drogestof niet of nauwelijks daardoor wordt bepaald, en stadium waaronder geoogst wordt, zal in deze studie de opbrengst alleen op basis van de drogestof worden gegeven. Een variatiebron wordt daardoor uitgesloten. Het fosforgehalte in het gewas wordt ook alleen in de drogestof gegeven.

Er is een aanwijzing dat het fosforgehalte in de drogestof in de periode 1976-2003 bij voldoende tot ruim voldoende fosfaattoestand en bij bemestingsadviezen passende fosfaat- en stikstofgiften licht daalde (Figuur 4). Het fosforgehalte in de drogestof neemt af met toename van de fosfaattoestand (Pw-getal) en stikstofbemesting, het gehalte neemt toe met fosfaatbemesting indien de data vereffend worden op deze factoren. Het effect is niet groot en wordt hier niet verder uitgewerkt (verschil tussen extremen $0,1 \text{ mg P kg}^{-1} \text{ DS}$).

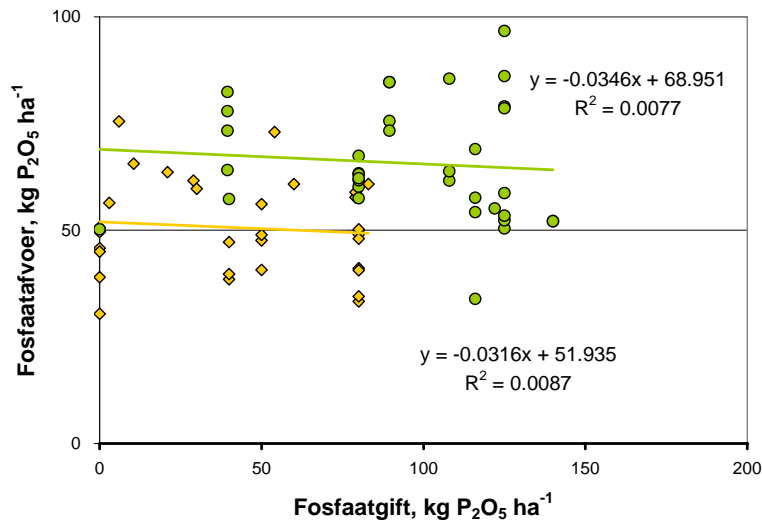
De fosfaatvoer wordt mede bepaald door de stikstofgift. Hoe hoger de stikstofgift hoe hoger de fosfaatvoer (Tabel 6). Het is vooral de drogestofopbrengst die de fosfaatvoer bepaalt (Figuur 5). De data tonen namelijk geen duidelijk verband tussen fosfaatvoer en de fosfaattoestand (data niet gegeven). Er is geen relatie tussen de totale fosfaatvoer en fosfaatbemesting (Figuur 6).



Figuur 4. Het verloop van het fosforgehalte in de drogestof (o) en de drogestofproductie (Δ) van snijmaïs in de periode 1976-2003 bij voldoende tot ruim voldoende fosfaattoestand en bij bemestingsadviezen passende fosfaat- en stikstofgiften.



Figuur 5. Totale fosfaatafvoer als functie van de drogestofproduct bij te lage stikstofgiften (◇) en bij bemestingsadvies passende stikstofgiften (o) en bij een voldoende of ruim voldoende fosfaattoestand.



Figuur 6. Fosfaatafvoer als functie van de fosfaatgift bij stikstofgiften die minder dan de helft zijn van het bemestingsadvies (\diamond) en passende stikstofgiften(\circ) en bij een voldoende of ruim voldoende fosfaattoestand.

De data fosfaatafvoer van snijmaïs vertonen veel variatie die niet met de fosfaattoestand en nauwelijks met de fosfaatgift verklaard blijkt te kunnen worden. Er zijn andere bronnen van variatie aanwezig. Een detailanalyse waarbij de proefopzet, het ras, de bodemfysische en bodemchemische eigenschappen van de locaties mee worden genomen is nodig om grip te krijgen op variatiebepalende bronnen. Deze analyse valt buiten deze deskstudie.

Bij een voldoende of ruim voldoende fosfaattoestand en een stikstofbemesting die niet lager dan de helft van het bemestingsadvies is en niet hoger dan 70 kg N ha^{-1} boven het huidige bemestingsadvies bevat snijmaïs 2 g P kg^{-1} drogestof en wordt $64 \text{ kg P}_2\text{O}_5 \text{ ha}^{-1}$ afgevoerd. Dit betreffen mediaanwaarden.

3.3.2 Voederbieten

Er zijn 237 observationele eenheden van voederbieten welke dateren van de periode 1938-1974. De eenheden met een voldoende of ruim voldoende fosfaattoestand en fosfaat- en stikstofgiften die passen bij het bemestingsadvies zijn in hoofdzaak afkomstig van de periode 1947-1956. Uitspraken over een trend in het verloop van het P-gehalte kunnen niet worden gedaan.

De fosfaatafvoer met de biet is met name gerelateerd aan de drogestofproductie ($R^2=0,73$). De relatie wordt beschreven met:

$$\text{Fosfaatafvoer} = a * \text{Opbrengst} + c \quad (5)$$

Met:

$$a = 3,94 (0,364) \text{ kg P}_2\text{O}_5 (\text{ton drogestof})^{-1}$$

$$c = 9,23 (3,47) \text{ kg P}_2\text{O}_5 \text{ ha}^{-1}$$

De fosfaatafvoer is in $\text{kg P}_2\text{O}_5 \text{ ha}^{-1}$, tussen haakjes wordt de standaardafwijking gegeven. Het percentage verklaarde variantie bedraagt 73%.

Er is een zwakke relatie van de fosfaatafvoer met de fosfaattoestand. De fosfaatgift heeft geen duidelijke relatie met de fosfaatafvoer.

De biet van voederbieten bevat $2,3 \text{ g P kg}^{-1}$ drogestof en met de oogst bij een voldoende tot ruim voldoende fosfaattoestand en een bij het bemestingsadvies passende stikstofbemesting wordt $47 \text{ kg P}_2\text{O}_5 \text{ ha}^{-1}$ afgevoerd (mediaanwaarden). De mediaanwaarde voor de totale afvoer van fosfaat met voederbiet bedraagt $51 \text{ kg P}_2\text{O}_5 \text{ ha}^{-1}$. Deze waarden zijn gebaseerd op lage drogestofproducties ($10 \text{ à } 11 \text{ ton ha}^{-1}$).

3.4 Akkerbouwgewassen en vollegrondsgroenten

Van een tiental akkerbouwgewassen zijn meer dan 100 observationele eenheden beschikbaar (§ 3.1). Bij deze gewassen is onderzocht welk effect fosfaattoestand (Pw-getal), fosfaatgift en werkbare stikstofgift hebben uitgeoefend op het fosforgehalte in het gewas (vers) en de fosfaatafvoer.

Let op! Bij deze landbouwgewassen betreft het veldgewas (veelal akkerbouwgewassen of bloembollen) of marktbaar product (veelal vollegrondsgroenten). Dit wordt gespecificeerd bij het desbetreffende gewas.

De gewassen worden behandeld volgens hun plaatsing in de gewasgroepen van de huidige bemestingsadviezen.

3.4.1 IJssla

Er zijn 171 observationele eenheden waarvan echter 144 zonder een meetgegeven van de fosfaattoestand. De gegevens worden gedomineerd door gegevens van het bedrijfssystemenonderzoek. De fosfaattoestand bij dit onderzoek zal echter minimaal een waardering voldoende hebben gehad. De gegevens zijn afkomstig van de periode 1985-1998. Omdat de fosfaattoestand ontbreekt kan geen verantwoorde analyse van de trend in de ontwikkeling van het fosfaatgehalte in de drogestof uitgevoerd worden. Evenmin kan vastgesteld worden welke effecten fosfaatbemesting en fosfaattoestand op de fosfaatafvoer van het marktbaar product hebben uitgeoefend. De totale verzameling geeft een goed verband tussen de fosfaatafvoer van het marktbaar product en de drogestofproductie van het marktbaar product:

$$\text{Fosfaatafvoer} = a * \text{Opbrengst} + c \quad (6)$$

Met:

$$a = 14,24 (0,985) \text{ kg P}_2\text{O}_5 (\text{ton drogestof})^{-1}$$

$$c = -1,53 (0,537) \text{ kg P}_2\text{O}_5 \text{ ha}^{-1}$$

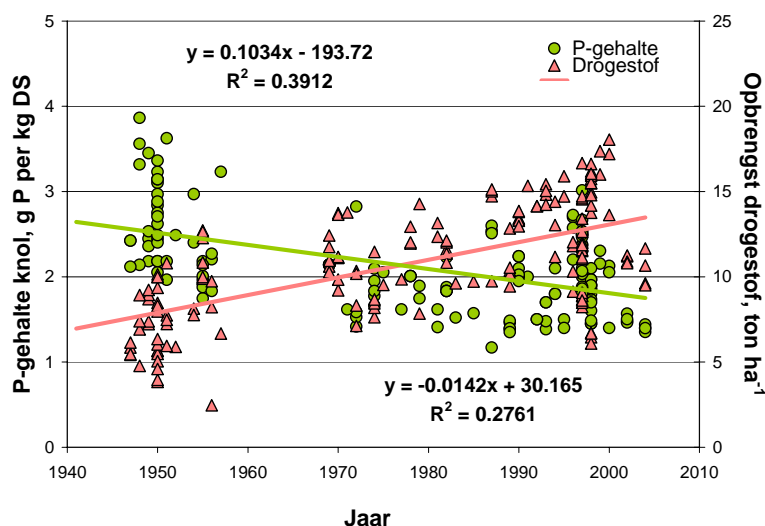
De fosfaatafvoer is in $\text{kg P}_2\text{O}_5 \text{ ha}^{-1}$. Tussen haakjes wordt de standaardfout gegeven; het percentage verklaarde variantie bedraagt 80,5.

Met het marktbaare product wordt bij een voldoende tot ruim voldoende fosfaattoestand en een stikstofgift niet lager dan de helft en niet hoger dan 70 kg N ha⁻¹ boven het huidige stikstofbestedingsadvies 21 kg P₂O₅ ha⁻¹ afgevoerd. Met het omblad wordt 15 kg P₂O₅ ha⁻¹ afgevoerd. De fosforgehalte van marktbaar product en omblad bij deze condities bedragen respectievelijk 5,4 g P kg⁻¹ drogestof en 3,6 g P kg⁻¹ drogestof. Deze waarden zijn gebaseerd op data die afkomstig zijn van proefvelden waarvan de fosfaattoestand doorgaans onbekend was. Gelet op de huidige fosfaattoestanden van intensieve groentebedrijven, wordt verondersteld dat de gegeven waarden gelden voor veldsituaties met hoge fosfaattoestanden. Hoeveel lager de fosfaatafvoercijfers bij een voldoende tot ruim voldoende fosfaattoestand zijn, dat kan met de beschikbare data niet worden aangegeven.

3.4.2 Aardappel

Consumptieaardappel

Er 1577 observationele eenheden beschikbaar. De stikstofbesteding is doorgaans passend bij het advies geweest. Observationele eenheden met een te lage of een te hoge stikstofbesteding zijn schaars aanwezig (resp. 90 en 27 eenheden). Bij consumptieaardappel neemt in de periode 1940-2004 bij een voldoende of ruim voldoende fosfaattoestand bij fosfaat- en stikstofbesteding volgens het bestedingsadvies het fosforgehalte in de drogestof licht af. Dit gaat gepaard met een - sterkere - toename van de drogestofproductie. Een verdunning van het fosforgehalte door hogere drogestofproductie is daardoor waarneembaar (Figuur 7).



Figuur 7. Fosforgehalte (o) in de drogestof van consumptieaardappelen in de tijd en de drogestofproductie (Δ) bij voldoende en ruim voldoende fosfaattoestand en bemesting met fosfaat en stikstof volgens bestedingsadvies.

De data van het fosforgehalte in de knol en de totale fosfaatafvoer laten een grote variatie zien. Die variatie doet het onderscheid tussen de opgelegde klassen voor fosfaattoestand en fosfaat- en stikstofbemesting vervagen (Tabel 7). Bij consumptie-aardappel wordt de fosfaatafvoer in hoofdzaak bepaald door de drogestofopbrengst (Figuur 8). De fosfaatafvoer blijkt niet gerelateerd te zijn aan de fosfaatgift (Figuur 9) of aan de fosfaattoestand (data niet gegeven). Detailanalyses wijzen echter uit dat er een interactie tussen de fosfaattoestand en de fosfaatbemesting aanwezig die mede afhankelijk is van locatie en proefjaar. Het detail van deze analyse valt buiten het bestek van dit observationele onderzoek en wordt daarom niet expliciet gerapporteerd.

Bij een voldoende of ruim voldoende fosfaattoestand bij passende fosfaat- en stikstofbemesting wordt 50 kg P₂O₅ ha⁻¹ afgevoerd.

Zetmeelaardappel

Het aantal observationele eenheden bij zetmeelaardappel bedraagt 236. Hiervan zijn 61 eenheden bruikbaar voor databewerking. Bij overige eenheden mist teveel informatie om een verantwoorde klassificering aan te brengen.

Ook bij zetmeelaardappel wordt een dalende trend waargenomen bij het fosforgehalte in de drogestof in de tijd bij een voldoende of ruim voldoende fosfaattoestand en bemesting volgens het bemestingsadvies (data niet gegeven). Echter het aantal data is beperkt en de verdeling over de periode 1942-1998 is niet evenwichtig waardoor over een eventuele trend in de tijd niets geconcludeerd kan worden.

Ook bij zetmeelaardappel wordt de totale fosfaatafvoer vooral bepaald door de opbrengst. De totale fosfaatafvoer wordt mede bepaald door de fosfaattoestand en de fosfaatbemesting (Tabel 8). Er is echter variatie aanwezig, die ook indien deelverzamelingen onderzocht worden, niet uitsluitend door fosfaatvoorziening uit bodem en bemesting verklaard wordt.

De fosfaatafvoer is gerelateerd aan de drogestofopbrengst. Bij voldoende en ruim voldoende fosfaattoestanden en een stikstofgift die niet hoger is dan anderhalf maal het bemestingsadvies kan verband (6) worden afgeleid.

$$\text{Fosfaatafvoer} = a * \text{Opbrengst} + c \quad (7)$$

Met:

$$a = 3,41 \text{ (1,25) kg P}_2\text{O}_5 \text{ (ton drogestof)}^{-1}$$

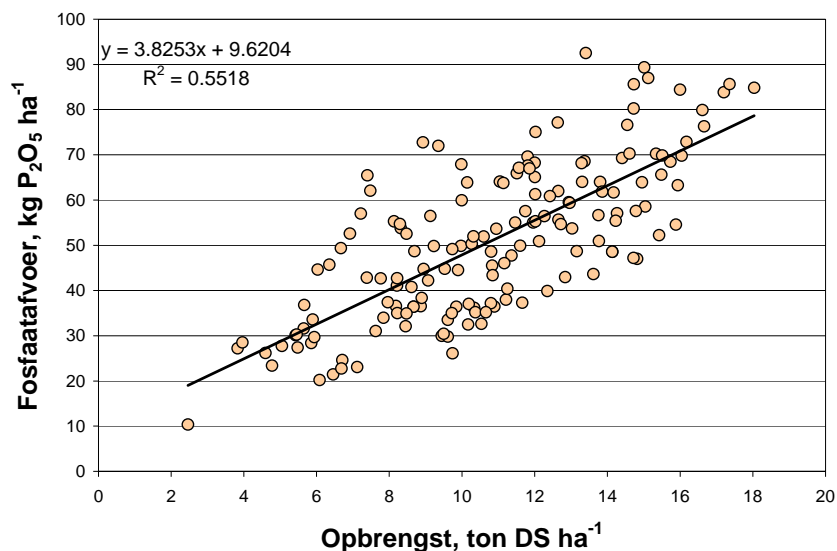
$$c = 16,4 \text{ (14,8) kg P}_2\text{O}_5 \text{ ha}^{-1}$$

Tussen haakjes worden de standaardafwijkingen gegeven. Het verband en parameterschattingen zijn significant evenals de parameterschatters. Met vergelijking (7) wordt 33,0% van de variantie verklaard.

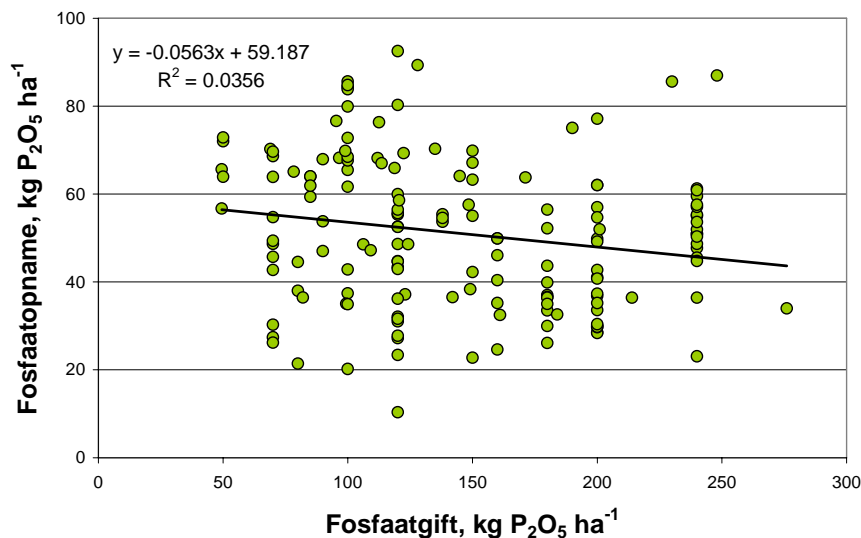
De fosfaatafvoer met zetmeelaardappel bij een voldoende tot ruim voldoende fosfaattoestand en fosfaat- en stikstofbemestingsgiften die passen bij het huidige bemestingsadvies bedraagt 52 kg P₂O₅ ha⁻¹.

Tabel 7. Fosforgehalten in de drogestof van consumptieaardappelen (veldgewas) en de fosfaatafvoer (kg P₂O₅ ha⁻¹) bij verschillende klassen van waarderingen van de fosfaattoestand en bemestingsniveaus voor fosfaat en bij een stikstofbemesting niet lager dan de helft en niet hoger dan 70 kg N ha⁻¹ van het bemestingsadvies.

Klasse waardering fosfaattoestand	Parameter	Grootheid	Fosfaatbemesting		
			Lager dan de helft van advies	Advies	Meer dan twee maal het advies
L	P-gehalte, g P kg ⁻¹ DS	Mediaan	1,9	1,8	*
		Std.afw.	0,45	0,38	*
		Aantal	133	88	*
	Fosfaatafvoer, kg P ₂ O ₅ ha ⁻¹	Mediaan	36	42	*
		Std.afw.	13,3	12,8	*
		Aantal	133	88	*
V	P-gehalte, g P kg ⁻¹ DS	Mediaan	2,2	2,0	1,8
		Std.afw.	0,48	0,53	0,45
		Aantal	65	157	26
	Fosfaatafvoer, kg P ₂ O ₅ ha ⁻¹	Mediaan	45	50	42
		Std.afw.	16,1	16,9	22,3
		Aantal	65	157	26
H	P-gehalte, g P kg ⁻¹ DS	Mediaan	1,9	2,1	2,4
		Std.afw.	0,70	0,62	0,61
		Aantal	6	9	45
	Fosfaatafvoer, kg P ₂ O ₅ ha ⁻¹	Mediaan	39	45	53
		Std.afw.	19,9	29,6	32,5
		Aantal	6	9	45



Figuur 8. Relatie tussen totale fosfaatopname in kg P₂O₅ ha⁻¹ van veldgewas consumptieaardappel met drogestofopbrengst bij voldoende en ruim voldoende fosfaattoestand en fosfaat- en stikstofbemesting volgens bemestingsadvies.



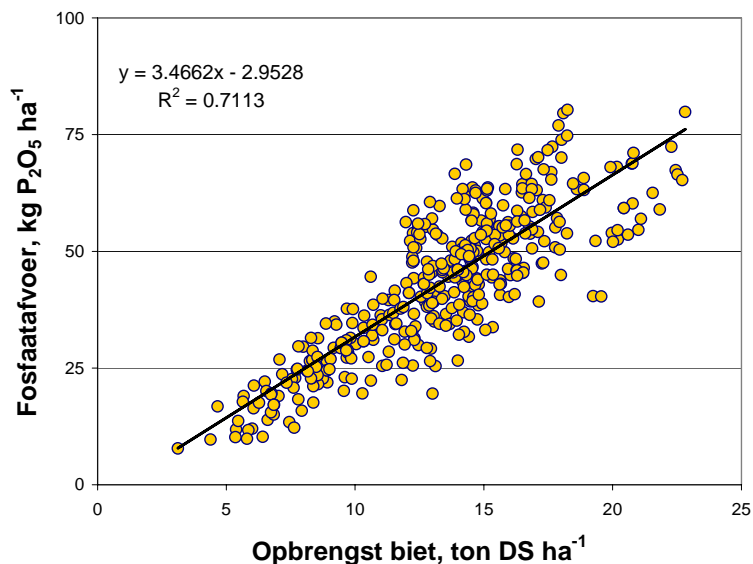
Figuur 9. Relatie tussen de fosfaatgift met de totale fosfaatopname in kg P₂O₅ ha⁻¹ van veldgewas consumptieaardappel bij voldoende en ruim voldoende fosfaattoestand en fosfaat- en stikstofbemesting volgens bemestingsadvies.

Tabel 8. Gemiddelde fosforgehalten in g P kg⁻¹ drogestof van zetmeelaardappel en de gemiddelde totale fosfaatafvoer in kg P₂O₅ ha⁻¹ bij verschillende waarderingen van de fosfaattoestand en fosfaatgiften bij stikstofbemesting volgens advies met standaardafwijking en aantal observaties.

Klasse waardering fosfaattoestand	Parameter	Grootheid	Fosfaatbemesting		
			Lager dan de helft van advies	Advies	Meer dan 1,5 maal het advies (met max +70)
L	P-gehalte, g P kg ⁻¹ DS	Mediaan	1,2	*	*
		Std. afw.	0,31	*	*
		Aantal	6	*	*
	Fosfaatafvoer, kg P ₂ O ₅ ha ⁻¹	Mediaan	18	*	*
		Std. afw.	9,41	*	*
		Aantal	6	*	*
V	P-gehalte, g P kg ⁻¹ DS	Mediaan	2,1	1,9	2,3
		Std. afw.	0,81	0,83	0,11
		Aantal	12	16	3
	Fosfaatafvoer, kg P ₂ O ₅ ha ⁻¹	Mediaan	41	52	78
		Std. afw.	24,4	21,26	20,2
		Aantal	10	14	3
H	P-gehalte, g P kg ⁻¹ DS	Mediaan	2,2	2,7	3,1
		Std. afw.	0,20	0,24	0,57
		Aantal	5	6	13
	Fosfaatafvoer, kg P ₂ O ₅ ha ⁻¹	Mediaan	51	56	65
		Std. afw.	3,0	5,4	11,1
		Aantal	2	5	11

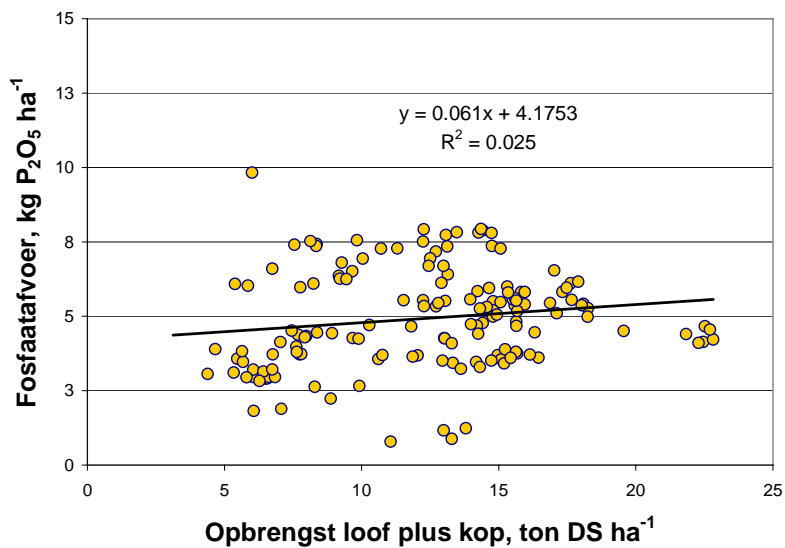
3.4.3 Suikerbiet

Er zijn 407 observationele eenheden beschikbaar betreffende de fosfaatafvoer met de biet en 149 eenheden die tevens informatie bieden over de afvoer met bietenloof plus kop. De data zijn van de periode 1937 tot en met 2004. Hiervan zijn 320 voorzien van een Pw-getal. De verdeling van de data met een voldoende of ruim voldoende fosfaattoestand met een fosfaat- en stikstofbemesting die past bij het bemestingsadvies is onevenwichtig. Data rond de periode 1950 zijn sterk vertegenwoordigd. Daardoor kan in deze deelverzameling een trend in wijziging van het fosforgehalte in de drogestof of in de drogestofopbrengst niet verantwoord worden vastgesteld. Alle data bijeen tonen geen wijziging in het fosforgehalte in de drogestof aan terwijl over de periode 1937-2004 de drogestofopbrengst met circa 6 ton ha⁻¹ toeneemt; deze relatie is significant maar veel variatie blijft onverklaard (R²=0,12). De relatie tussen fosfaatafvoer met de biet en de drogestofopbrengst gebaseerd op alle eenheden wijkt niet af van de deelverzameling met een voldoende of ruim voldoende fosfaattoestand en fosfaat- en stikstofbemesting volgens bemestingsadvies. De relatie wordt in Figuur 10 gegeven.



Figuur 10. Fosfaatafvoer door bieten als functie van de drogestofopbrengst op basis van alle observationele eenheden.

De relatie tussen totale fosfaatafvoer van biet en bietenblad plus kop en fosfaatbemesting en fosfaattoestand is zwak.



Figuur 11. Fosfaatafvoer met suikerbietenloof plus kop als functie van de drogestofopbrengst (alle observationele eenheden).

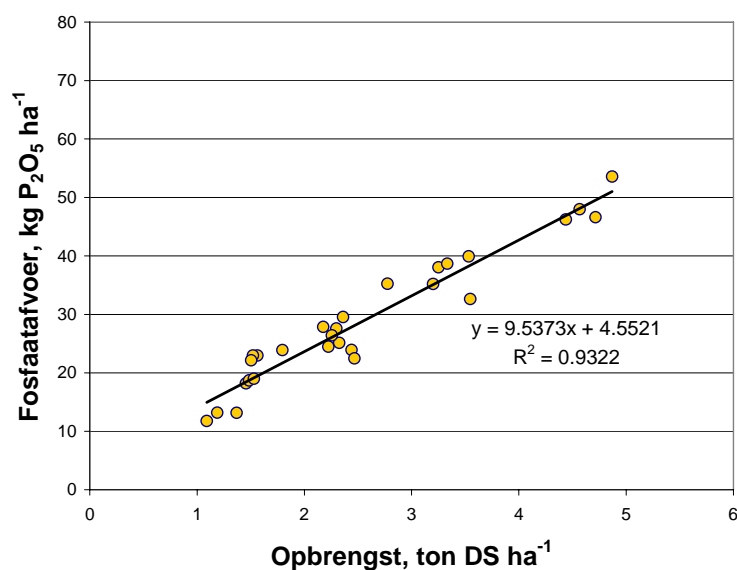
De drogestofopbrengst van het bietenloof plus kop nam af in de periode 1951-2004. Het fosforgehalte wijzigde zich niet in die periode (data niet gegeven). De fosfaatafvoer is niet aantoonbaar gerelateerd aan drogestofproductie (Figuur 11). Fosfaatbemesting en fosfaattoestand waren niet gecorreleerd met de fosfaatafvoer.

Bij een voldoende tot en met ruim voldoende fosfaattoestand en bij het huidige bemestingsadvies passende fosfaat- en stikstofgiften wordt met de biet 54 kg P_2O_5 ha^{-1} afgevoerd en indien bietenloof plus kop worden afgevoerd dan wordt daarmee 13 kg P_2O_5 ha^{-1} afgevoerd. In totaal wordt 60 kg P_2O_5 ha^{-1} afgevoerd. Dit betreft mediaanwaarden. Omdat het aantal gegevens van bieten (68) hoger is dan van bietenloof en kop (20), is er een gering verschil tussen de som van de medianen en werkelijke mediaan.

De verzamelde data bevatten geen gegevens over het gehalte aan tarra en daardoor kan de hoeveelheid fosfaat die met tarra wordt afgevoerd kan niet worden gekwantificeerd.

3.4.4 Droge erwten

Er zijn 102 observationele eenheden beschikbaar waarvan 91 voorzien zijn van een fosfaattoestand. De data omspannen de periode 1938-1994. De meeste waarnemingen dateren van de periode 1942-1956. Er zijn geen waarnemingen in de periode 1957-1987. Trends van fosforgehalte of drogestofproductie in de tijd kunnen door deze onevenwichtige verdeling niet verantwoord gegeven worden. De fosfaatafvoer met het zaad blijkt goed gerelateerd te zijn met de drogestofproductie (Figuur 12). De fosfaatafvoer wordt niet uit de fosfaatgift of de fosfaattoestand verklaard. Er zijn te weinig data ($n = 8$) beschikbaar om verantwoord trends te kunnen onderzoeken bij erwtenstro.



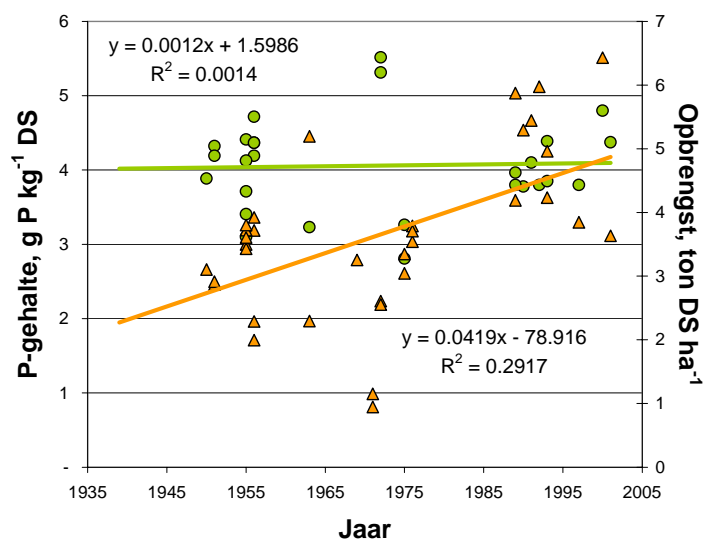
Figuur 12. Fosfaatafvoer als functie van de drogestofproductie zaad van erwt (landbouwerwt) bij een voldoende of ruim voldoende fosfaattoestand en een fosfaat- en stikstofbemesting passend bij het bemestingsadvies.

3.4.5 Granen

De granen worden als groep gepresenteerd. Gerst behoort volgens het bemestingsadvies voor akkerbouwgewassen tot gewasgroep 3 terwijl de overige granen tot gewasgroep 4 behoren. Bij gerst kan een gewasreactie worden vastgesteld op fosfaattoestand en fosfaatbemesting, bij gewassen uit gewasgroep 4 wordt zelden of nooit een gewasreactie vastgesteld. Een kenmerk van alle verzameling van gegevens van granen is dat vrijwel altijd bemest werd volgens het bemestingsadvies voor stikstof. Te veel stikstof werd nooit gegeven. Te weinig stikstof komt incidenteel voor.

3.4.5.1 Zomergerst

Er zijn 265 observationele eenheden verzameld waarvan 236 eenheden beschikken over data van de fosfaattoestand. De data zijn van de periode 1939-2003. Data van eenheden met een voldoende of ruim voldoende fosfaattoestand en fosfaat- en stikstofgiften die passen bij het bemestingsadvies zijn van de periode 1939-2001. Er zijn geen aanwijzingen dat het fosforgehalte in de drogestof in deze periode wijzigde terwijl de korrelopbrengst in deze periode met 42 kg jaar⁻¹ toenam. Er is echter veel ruis in de data (Figuur 13).



Figuur 13. Fosforgehalte in g P kg^{-1} drogestof (o) en korrelopbrengst van zomergerst in $\text{ton drogestof ha}^{-1}$ (Δ) in de periode 1939-2001 bij een voldoende of ruim voldoende fosfaattoestand en bij het bemestingsadvies passende fosfaat- en stikstofbemesting.

De fosfaatafvoer is gerelateerd aan de drogestofopbrengst. Bij een voldoende en ruim voldoende fosfaattoestand en fosfaat- en stikstofbemestingen volgens het bemestingsadvies wordt deze relatie beschreven met:

$$\text{Fosfaatafvoer} = a \times \text{Opbrengst korrel} + c \quad (8)$$

$$\text{Met } a = 9,39 \text{ (0,78) kg P}_2\text{O}_5 \text{ (ton korrel DS)}^{-1}$$

$$c = 0,41 \text{ (3,10) kg P}_2\text{O}_5 \text{ ha}^{-1}$$

Met het verband (8) wordt 84% van de variantie verklaard, tussen haakjes wordt de standaardfout gegeven. Een relatie met de fosfaattoestand en fosfaatbemesting wordt niet vastgesteld.

Bij een voldoende tot en met ruim voldoende fosfaattoestand wordt met een bij het bemestingsadvies passende fosfaat- en stikstofgift $34 \text{ kg P}_2\text{O}_5 \text{ ha}^{-1}$ afgevoerd en met het stro $7 \text{ kg P}_2\text{O}_5 \text{ ha}^{-1}$ (mediaanwaarde).

3.4.5.2 Rogge

Er zijn 213 observationele eenheden verzameld waarvan 176 ook gegevens van de fosfaattoestand omvatten. Het betreft winterrogge. De gegevens omspannen de periode 1931-1998, de meeste zijn echter afkomstig van de periode 1940-1958. Omdat van de meeste recente gegevens vaak de fosfaattoestand of fosfaatgift ontbreekt, kunnen trends in de ontwikkeling van het fosforgehalte in de drogestof (korrel) of drogestofproductie slechts indicatief worden vastgesteld. Er zijn dan geen aanwijzingen dat het fosforgehalte in de drogestof in de tijd veranderde terwijl de korrelopbrengst steeg met gemiddeld $35 \text{ kg ha}^{-1} \text{ jaar}^{-1}$ indien te lage fosfaatbemestingsgiften uitgesloten worden (Figuur 14).

De fosfaatafvoer met korrel is gecorreleerd met de drogestofopbrengst volgens:

$$\text{Fosfaatafvoer} = a * \text{Opbrengst} + c \quad (9)$$

Met:

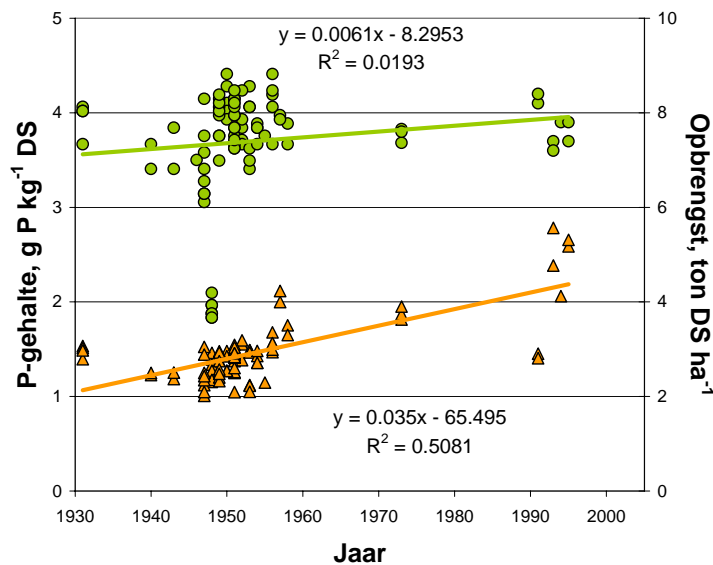
$$a = 11,69 \text{ (1,81) kg P}_2\text{O}_5 \text{ (ton drogestof)}^{-1}$$

$$c = 8,80 \text{ (4,90) kg P}_2\text{O}_5 \text{ ha}^{-1}$$

Met het verband wordt 60,2% van de variantie verklaard, tussen haakjes wordt de standaardfout gegeven. De fosfaatafvoer met de korrel blijkt niet gecorreleerd te zijn aan de fosfaatgift of de fosfaattoestand.

De fosforgehalte van roggestro en de drogestofopbrengsten dateren van 1930-1960. In deze periode is geen tijdseffect vast te stellen. Evenmin blijken fosfaatgift of fosfaattoestand de fosfaatafvoer te hebben bepaald (data niet gegeven).

Bij een voldoende tot en met ruim voldoende fosfaattoestand wordt met een bij het bemestingsadvies passende fosfaat- en stikstofgift met de korrel 23 kg P₂O₅ ha⁻¹ afgevoerd (mediaanwaarde) en met het stro 10 kg P₂O₅ ha⁻¹.



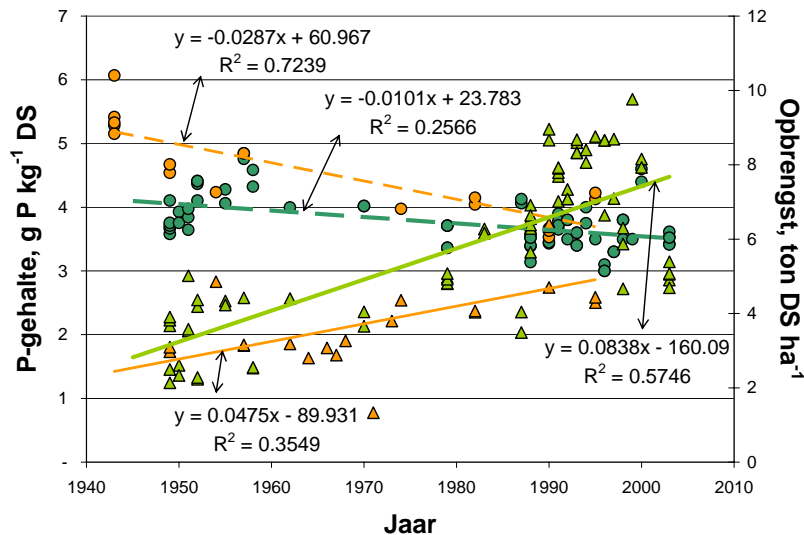
Figuur 14. Fosforgehalte in g P kg⁻¹ drogestof (o) en korrelopbrengst van winterrogge in ton drogestof ha⁻¹ (Δ) in de periode 1939-1998 bij voldoende en ruim voldoende fosfaattoestand en uitsluiting van een onvoldoende fosfaatbemesting.

3.4.5.3 Tarwe

Tarwe omvat 1007 observationele waarnemingen waarvan 759 voor wintertarwe en 248 voor zomertarwe. Er is in hoofdzaak met stikstof bemest volgens advies (n=989). De drie klassen voor fosfaatbemesting zijn bij wintertarwe van eenzelfde

orde van grootte (lager dan advies, advies en hoger dan advies resp. 160, 149 en 248). Bij zomertarwe zijn de aantallen ongelijk (respectievelijk 19, 28 en 65). Van 190 eenheden bij wintertarwe is de fosfaattoestand niet bekend; bij zomertarwe betreft dit 130 eenheden. De data omspannen de periode 1933-2003. De toename van korrelopbrengst in die periode is groot. Dit gaat gepaard met een verlaging van het fosforgehalte in de korrel (Figuur 15). De korrelopbrengst neemt sterker toe bij wintertarwe dan bij zomertarwe. De opbrengst stijgt sneller dan het fosforgehalte in de drogestof afneemt. De condities bij deze waarnemingen zijn een voldoende of ruim voldoende fosfaattoestand en stikstofbemesting volgens huidig advies.

Het fosforgehalte in de drogestof van de korrel van zomertarwe is bij hogere fosfaattoestanden doorgaans wat hoger dan dat van wintertarwe; bij ruim voldoende en lagere fosfaattoestanden is er geen verschil (Tabel 9). De fosfaatafvoer wordt in hoofdzaak bepaald door de korrelopbrengst. Zowel fosfaattoestand als fosfaatbemesting oefenen geen effect uit op de fosfaatafvoer (van zowel winter- als zomertarwe).



Figuur 15. Het verloop in de tijd van het fosforgehalte (o) in de drogestof (Δ) van winter- en zomertarwe en de drogestofproductie bij voldoende en ruim voldoende fosfaattoestand en bemesting met fosfaat en stikstof volgens bemestingsadvies. Wintertarwe wordt met groene symbolen gegeven, zomertarwe met oranje symbolen.

Wintertarwe

$$\text{Fosfaatafvoer} = a * \text{Opbrengst} + c \quad (10)$$

Met:

$$a = 7,52 \text{ (0,33) kg P}_2\text{O}_5 \text{ (ton korrel DS)}^{-1}$$

$$c = -3,85 \text{ (4,75) kg P}_2\text{O}_5 \text{ ha}^{-1}$$

Met dit verband wordt 91,6% van de variantie verklaard, tussen haakjes wordt de standaardfout gegeven bij de desbetreffende parameter.

Zomertarwe

$$\text{Fosfaatafvoer} = a * \text{Opbrengst} + c \quad (11)$$

Met:

$$a = 6,13 (0,54) \text{ kg P}_2\text{O}_5 (\text{ton korrel DS})^{-1}$$

$$c = 13,9(2,4) \text{ kg P}_2\text{O}_5 \text{ ha}^{-1}$$

Met dit verband wordt 91,5% van de variantie verklaard, tussen haakjes wordt de standaardfout gegeven bij de desbetreffende parameter.

Bij een voldoende en ruim voldoende fosfaattoestand is de afvoer met de korrel bij wintertarwe 64 kg P₂O₅ ha⁻¹, bij zomertarwe 53 kg P₂O₅ ha⁻¹ (mediaanwaarden). De fosfaatafvoer met stro kan binnen deze deelverzameling voor zomer- en wintertarwe niet afdoende bepaald worden. Bij hogere fosfaattoestanden wordt 13 kg P₂O₅ ha⁻¹ afgevoerd (mediaanwaarde).

3.4.6 Prei

Er zijn 136 observationele eenheden verzameld waarvan 77 beschikken over een gegeven van de fosfaattoestand. Het zijn recente data van de periode 1989-1998. Deze periode is te kort voor een afdoende trendanalyse bij de parameters fosforgehalte in de drogestof en drogestofopbrengst voor zowel het marktbaar product als de oogstrest.

De fosfaatafvoer van het marktbaar is in hoofdzaak afhankelijk van de drogestofopbrengst:

Marktbaar product

$$\text{Fosfaatafvoer} = a * \text{Opbrengst} + c \quad (12)$$

Met:

$$a = 5,96 (0,45) \text{ kg P}_2\text{O}_5 (\text{ton prei DS})^{-1}$$

$$c = 8,56 (1,95) \text{ kg P}_2\text{O}_5 \text{ ha}^{-1}$$

Met dit verband wordt 71,5% van de variantie verklaard; tussen haakjes wordt de standaardfout gegeven.

Preirest (niet marktbaar)

$$\text{Fosfaatafvoer} = a * \text{Opbrengst} + c \quad (13)$$

Met:

$$a = 3,61 (1,18) \text{ kg P}_2\text{O}_5 (\text{ton preirest DS})^{-1}$$

$$c = 8,68 (2,97) \text{ kg P}_2\text{O}_5 \text{ ha}^{-1}$$

Met dit verband wordt 22,3% van de variantie verklaard; tussen haakjes wordt de standaardfout gegeven.

De fosfaatafvoer van het marktbaar product of de oogstrest blijkt niet gecorreleerd te zijn aan de fosfaatgift of aan de fosfaattoestand.

Bij een voldoende of ruim voldoende fosfaattoestand en bij een fosfaat- en stikstofbemesting die past bij het huidige bemestingsadvies wordt 39 kg P₂O₅ ha⁻¹ met het marktbaar product afgevoerd, met de preirest kan dan 18 kg P₂O₅ worden afgevoerd.

Tabel 9. Fosforgehalten in g P kg⁻¹ DS en fosfaatafvoer in kg P₂O₅ ha⁻¹ van wintertarwe (WT) en zomertarwe (ZT), korrel, bij verschillende klassen van fosfaattoestand en fosfaatbemesting bij stikstofbemesting volgens huidige bemestingsadvies.

Klasse waardering fosfaat- toestand	Parameter	Grootheid	Fosfaatbemesting					
			Lager dan de helft van advies		Advies		Hoger dan tweemaal het advies	
			WT	ZT	WT	ZT	WT	ZT
L	Fosforgehalte, g P kg ⁻¹ DS	Mediaan	3,7	3,9	3,9	4,1	3,9	4,2
		Std. afw.	1,93	1,97	0,41	0,30	0,35	0,25
		Aantal	26	10	23	13	22	13
	Fosfaatafvoer, kg P ₂ O ₅ ha ⁻¹	Mediaan	35	36	36	38	38	39
		Std. afw.	5,9	6,7	6,7	3,9	8,5	5,5
		Aantal	26	10	23	13	2	13
V	Fosforgehalte, g P kg ⁻¹ DS	Mediaan	3,7	*	3,6	3,7	3,8	4,6
		Std. afw.	1,83	*	0,34	0,90	0,37	0,61
		Aantal	6	*	18	4	44	14
	Fosfaatafvoer, kg P ₂ O ₅ ha ⁻¹	Mediaan	63	*	64	53	41	38
		Std. afw.	7,9	*	18,6	8,8	13,6	4,8
		Aantal	6	*	18	3	44	10

4 Actualisatie

Bij de actualisatie van gegevens van fosforgehalten in het gewas en fosfaat-afvoercijfers is een vergelijking gemaakt van de gegevens die in deze deskstudie zijn gemaakt met die welke gepubliceerd zijn in de brochure Kiezen uit Gehalten 3 (IKC-Landbouw, 1996). Daarbij is onderzocht op welke data de brochure is gebaseerd en daarbij is een vergelijking gemaakt met de data van ons onderzoek. Daarnaast is onderzocht of trends in de tijd aanleiding geven tot wijzingen van cijfers voor fosforgehalten in het gewas en afvoercijfers. De vergelijking wordt besproken in § 4.1. Een bespreking van de variatie en systematische fouten en beperkingen van ons onderzoek wordt uitgevoerd in § 4.2.

4.1 Vergelijking met Kiezen uit Gehalten

Fosforgehalten in het gewas en fosfaatafvoercijfers zijn gepubliceerd in de brochure Kiezen uit Gehalten 3 (IKC-Landbouw, 1996). Aan Kiezen uit Gehalte 3 (KuG-3) zijn twee brochures voorafgegaan. In 1993 is Kiezen uit Gehalten 1 (KuG-1) uitgegeven, een jaar later verscheen Kiezen uit Gehalten 2 (KuG-2). KuG-1 is gebaseerd op het werkdocument Notma-4 van de werkgroep Normgehalten opgesteld door IKC Akker- en Tuinbouw en IKC Veehouderij. In het algemeen zijn de gehalten in het gewas in deze drie brochures gelijk gebleven. Slechts bij enkele gewassen zijn aanpassingen gedaan. In Notma-4 is een rubricering opgenomen over de betrouwbaarheid van de beschikbare analysecijfers en er is een zeer summiere bronvermelding opgenomen. De werkgroep heeft als uitgangspunt genomen dat een normgehalte ten minste gebaseerd diende te zijn op een gemiddelde van meerdere Nederlandse gegevens (code 2). Indien voldoende Nederlandse gegevens beschikbaar waren en daardoor een betrouwbare standaardafwijking berekend

Let op! In Kiezen uit Gehalten zijn de normgehalten uitgedrukt in de dimensie ***kg P per ton vers product***. Om onderlinge vergelijking mogelijk te maken zijn de gegevens van Notma-4 en van deze deskstudie omgerekend naar dezelfde dimensie. Daardoor wordt afgeweken van de dimensie die in de vorige paragrafen is gehanteerd.

vermelding opgenomen. De werkgroep heeft als uitgangspunt genomen dat een normgehalte ten minste gebaseerd diende te zijn op een gemiddelde van meerdere Nederlandse gegevens (code 2). Indien voldoende Nederlandse gegevens beschikbaar waren en daardoor een betrouwbare standaardafwijking berekend

kon worden, werd code 3 gevoerd. Gegevens gelabeld met codes 2 en 3 zijn als normgehalte gehanteerd; gegevens met code 0 (geen gegevens bekend of beschikbaar) en met code 1 (gemiddelde van enkele Nederlandse of van buitenlandse gegevens) zijn niet gehanteerd als normwaarde.

In Tabel 10 wordt een overzicht gegeven van de gegevens van Notma-4 en van de drie brochures Kiezen uit Gehalten. Het resultaat van deze deskstudie is daaraan toegevoegd.

De bewerking van alle gegevens, die verzameld zijn in het kader van deze deskstudie, zijn samengevat tot gemiddelde, mediaan, 95° percentielwaarde, minimum, maximum, variantie en aantal waarnemingen. De waarden van deze statistische grootheden voor de verzameling zijn gebaseerd op een voldoende of ruim voldoende fosfaattoestand, en een stikstofbemesting, die past bij het huidige bemestingsadvies, worden gegeven in Bijlage 2 tot en met 11. Daarbij is het onderscheid gehandhaafd tussen een te lage, een bij het huidige bemestingsadvies passende en een te hoge fosfaatgift. De mediaanwaarden zijn overgenomen in Tabel 10. Mediaanwaarden zijn gebruikt als een robuust kengetal voor de data ter vermindering van locatie-effecten (zie ook bespreking van systematische afwijkingen in § 4.2). De 95° percentielwaarde wordt per gewas en per gewasonderdeel gegeven als een waarde voor de bovengrens van de deelverzameling. Met deze waarde wordt een bovengrens gegeven voor de deelverzameling die door selectie van klassen werd verkregen. Doorgaans is het onderscheid tussen gemiddelde en mediaanwaarde klein of ontbreekt. Gemiddelden van KuG kunnen daardoor vergeleken worden. De tabellen van de bewerking van de data worden gegeven in de Bijlagen 2 en 7 voor de drogestofgehalten van respectievelijk hoofdproduct en bijproduct. De fosforgehalte in het product en bijproduct worden gegeven respectievelijk de Bijlagen 4 en 9. Voor achtergronden bij de condensatie van de data wordt verwezen naar hoofdstuk 2.

In Notma-4 zijn cijfers gebaseerd op fosfaat (P_2O_5), in de brochure KuG-1 zijn gehalten gebaseerd op fosfor (P). Cijfers zijn bij deze overgang in declaratie afgerond. Bij KuG zijn in 1994 en 1998 ook enige wijzigingen aangebracht (Tabel 10). Zo is bijvoorbeeld bij KuG-3 t.o.v. KuG-2 een wijziging in het fosforgehalte aangebracht bij snijmaïs en wintertarwe. De achtergronden voor dergelijke wijzigingen zijn niet bekend. Op basis van documentatie van ing. P.H. Hotsma van het Ministerie van LNV - DK is vastgesteld dat voor de gewassen met de grootste arealen (gras, snijmaïs, suikerbieten, tarwe, gerst, consumptie- en zetmeelaardappelen, graszaad, ui) het aantal observationele eenheden in onze studie (beduidend) groter is dan de verzameling waarop Notma-4 is gebaseerd. Daarbij is wel sprake van een gedeeltelijke overlap. Data waarop Notma-4 is gebaseerd (bijv. snijmaïs en aardappel) waren namelijk ook afkomstig van praktijkonderzoek en instituten. Destijds zijn de data in bewerkte vorm aangeleverd aan het IKC-Landbouw waardoor het nu niet meer te achter halen is welke gegevens ten grondslag liggen aan de getalswaarde.

In de tabel ontbreken gegevens van gras. Dat komt omdat in de door ons verzamelde data het gegeven van het drogestofgehalte ontbreekt. Data zijn ingevoerd op basis van de drogestof. De productie aan vers materiaal ontbreekt in het gemeenschappelijke databestand. Dat geldt ook voor een deel van de observaties voor snijmaïs (zie ook § 3.3.1). Data worden daarom gegeven in Bijlage 13. Bij gras is een mediaanwaarde van $3,9 \text{ g P kg}^{-1}$ drogestof vastgesteld, bij snijmaïs $1,7 \text{ g P kg}^{-1}$ drogestof.

In het algemeen hebben de mediaanwaarden van dit onderzoek grote overeenkomst met de gegevens van KuG. Echt schokkende verschillen worden niet aangetroffen. Afwijkende getalswaarden komen voor bij gewassen of gewasonderdelen waarbij teeltspecifieke kenmerken bij onze bewerking zijn aangebracht. Daarnaast zijn nieuwe gewassen opgenomen waarbij ook afwijkingen kunnen voorkomen t.o.v. de

categorie ‘overige gewassen’ uit KuG. Bij deze condensatie van data is geen rekening gehouden met een dalende trend in het fosforgehalte in de drogestof. Slechts van een beperkt aantal gewassen zijn voldoende gegevens van verschillende tijdsperioden beschikbaar van de fosfaattoestanden met waardering voldoende of ruim voldoende en met een stikstofgift die past bij het bemestingsadvies. In Tabel 11 worden mediaanwaarden gegeven voor deze gewassen gebaseerd op de periode tot 1990 en vanaf 1990. Hierbij wordt 1990 als grens opgelegd als kenmerk voor actualisatie. Het betreft een arbitraire grens.

De data laten zien dat recentere gegevens van fosforgehalte in het gewas (g P kg^{-1} product) doorgaans lagere waarden hebben voor de mediaan dan gegevens van oudere datum. Deze trend is niet eenduidig te interpreteren. Verstrengeling met locatie-effecten (grondsoort) en fosfaatbemestingsgiften zijn aanwezig. Daarnaast kunnen ook wijzigingen in de proeftechniek (inclusief de voorbehandeling van de gewasmonsters) en in de analysetechniek een mede bepalende rol hebben gespeeld. Als de data van het fosforgehalte van voor 1990 vergeleken worden met die vanaf 1990, dan blijkt er sprake te zijn van een significant lager fosforgehalte. De verschillen per gewas zijn echter in het algemeen niet significant (LSD $0,2 \text{ g kg}^{-1}$). De gegevens van Tabel 12 zijn slechts een aanwijzing voor het optreden van een tendens naar verlaging van de fosforgehalten in gewas. Nader onderzoek moet vaststellen of dat ook inderdaad het geval is (zie ook § 4.2).

De fosfaatafvoercijfers zijn berekend voor het hoofdproduct (marktbaar of veldgewas) en voor het bijproduct (gewasrest). Bijlagen 5, 9 en 11 (gras en snijmaïs) geven respectievelijk de fosfaatafvoer in $\text{kg P}_2\text{O}_5 \text{ ha}^{-1}$ voor het hoofdproduct en het bijproduct. De totale afvoer met het gewas indien hoofdproduct en bijproduct worden afgevoerd worden gegeven in Bijlagen 10 of 11 (gras en snijmaïs). De condities bij deze bijlagen zijn: fosfaattoestanden met een waardering voldoende of ruim voldoende en een stikstofbemesting die past bij het huidige bemestingsadvies. Data voor drogestofpercentages en fosfaatgehalten in het product worden in overige bijlagen gegeven.

Een samenvatting ervan is in Tabel 13 gegeven voor een aantal gewassen met grote arealen voor diverse sectoren. Het aantal observationele eenheden bij een voldoende of ruim voldoende fosfaattoestand en een bij het bemestingsadvies passende stikstofbemesting is beduidend lager dan de totale populatie. Dit is inherent aan de herkomst van de data. Omdat bij een aantal gewassen (het betreft met name de gewassen met kleinere arealen) de fosfaattoestand hoger dan *ruim voldoende* was of niet bekend maar het zeer plausibel was dat de fosfaattoestand ten minste *voldoende* moet zijn geweest (bijv. bij het bedrijfssystemenonderzoek) en dito de stikstofbemesting, is in Tabel 13 ook de bewerking van de fosfaatafvoercijfers gegeven met uitsluiting van suboptimale fosfaattoestanden en fosfaat- en stikstofbemesting. Daarnaast wordt een vergelijking gegeven met de fosfaatafvoercijfers gebaseerd op KWIN-opbrengsten en KuG-3 fosforgehalten. KWIN-opbrengsten kunnen opgevat worden als de praktijk realiseerbare opbrengsten. KWIN-cijfers hebben betrekking op akkerbouw- en vollegrondsgroentegewassen. Bij eenzelfde gewas worden in KWIN verschillende teelten onderscheiden die ieder een specifieke opbrengstdoelstelling kennen. Het detail dat in KWIN voorkomt ontbreekt in deze deskstudie. Daarenboven komen in deze

deskstudie gewassen voor waarvoor KWIN geen specifieke informatie geeft. Het onderscheid in teelten bij KWIN is niet overgenomen in Tabel 13. De gegeven KWIN-cijfers berusten op een gemiddelde van de diverse teelten.

Opbrengsten van KWIN komen niet altijd overeen met de opbrengsten (mediaanwaarden) die in deze deskstudie zijn vastgesteld. Soms is er een goede overeenkomst maar soms ook niet. Er is geen systematisch verschil tussen opbrengsten van KWIN t.o.v. die van onze deskstudie. Het voert te ver om in het kader van deze deskstudie een analyse uit te voeren van de verschillen in opbrengst per gewas.

De fosfaatafvoercijfers op basis van KWIN-cijfers voor opbrengsten en fosforgehalten uit KuG-3 komen qua orde van grootte overeen met fosfaatafvoercijfers van onze deskstudie. Er is echter altijd sprake van een afwijking en bij granen wijzen de data op een systematische overschatting van de fosfaatafvoercijfers op basis van KWIN-cijfers en KuG-3 ten opzichte van de data van deze deskstudie.

Tabel 10. Vergelijking van de fosforgehalte in het gewas van gegevensbronnen van het Ministerie van LNV, de brochures Kiezen uit Gehalten en data verzameld uit bestanden van ASG, PPO en Alterra (TAGA). Gegevens van onderzoek betreffen mediaanwaarden bij fosfaat- en stikstofbemesting volgens de bemestingsadviezen.

Gewas	Gewas-deel	Norm-gehalten Fosfor-gehalte g P kg ⁻¹	Code	KuG-1	KuG-2	KuG-3	Onderzoek	
				g P kg ⁻¹	g P kg ⁻¹	g P kg ⁻¹	g P kg ⁻¹	DS,%
Aardappel, Consumptie-	knollen	0,5	3	0,5	0,5	0,5	0,44	21,5
Aardappel, Poot-	knollen	0,5	1	0,5	0,5	0,5	0,38	18,8
Aardappel, Vroege consumptie	knollen	0,4	1	0,4	0,4	0,4	*	*
Aardappel, Zetmeel-	knollen	0,3	2	0,4	0,4	0,4	0,54	25,1
Aardbei	vrucht	0,2	2	0,3	0,3	0,3	(0,20)	(7,7)
Andijvie	blad	0,3	1	0,3	0,3	0,3	*	*
Andijvie	oogstrest	0,2	1	0,2	0,2	0,2	*	*
Asperge	asperges	0,6	1	0,6	0,4	0,4	*	*
Augurk	loof	1,5	1	1,5	1,5	1,5	*	*
Augurk	vrucht	0,4	2	0,4	0,4	0,4	*	*
Bietenstaartjes	staartjes	*	0	0	0	0,2	*	*
Bladkool	plant	0,2	1	0,2	0,2	0,2	*	*
Bladrammenas	plant	*	*	0	0	0,2	*	*
Blauwmaanzaad	stro	3,5	2	3,5	3,5	3,5	*	*
Blauwmaanzaad	zaad	8,7	2	8,7	8,7	8,7	*	*
Bloemkool	kool	0,4	3	0,4	0,4	0,4	0,43	6,9
Bloemkool	oogstrest	0,5	1	0,5	0,5	0,5	*	*
Boerenkool	oogstrest	0,6	1	0,6	0,4	0,4	*	*
Boerenkool	plant	0,7	1	0,7	0,7	0,7	*	*
Bonen, bruine	bonen	*	0	3,5 ¹	3,5	3,5	*	*
Bonen, bruine	stro	*	0	0,4	0,4	0,4	*	*
Boon, tuin-	bonen	4,1	1	4,2	4,2	4,2	*	*
Boon, veld-	plant	0,6	1	0,6	0,6	0,6	*	*
Boon, veld-	stro	1,2	2	1,2	1,2	1,2	0,41	83,5
Boon, veld-	zaad	5,7	2	5,7	5,7	5,7	5,52	85,0
Broccoli	kool	0,7	2	0,7	0,7	0,7	(0,77)	(9,3)
Broccoli	oogstrest	0,7	1	0,7	0,7	0,7	*	*
Cichorei	loof	*	0	0,5	0,5	0,3	0,58	20,6
Cichorei	wortel	*	0	*	*	0,3	*	*
Erwt, dop-	loof	*	*	0,6	0,6	0,6	0,50	14,4
Erwt, dop-	zaad	0,7	1	0,7	0,7	0,7	0,81	21,7
Erwt, Ronde groene	stro	2,0	2	2	2	2	1,23	80,2
Erwt, Ronde groene	zaad	4,2	2	4,2	4,2	4,1	4,06	81,9
Erwt, Schokker	stro	*	0	0,4	0,4	0,4	*	*
Erwt, Schokker	zaad	*	0	3,5	3,5	3,5	4,56	85,0

() Waarden gelden voor fosfaatgiften hoger dan twee maal het advies.

[] Waarden gelden voor fosfaatgiften die lager dan de helft van het advies zijn.

¹ Cursief gegeven data zijn afkomstig van de groep 'overige gewassen'.

Tabel 10. Vervolg

Gewas	Gewas- deel	Norm- gehalten Fosfor- gehalte	Code	KuG-1	KuG-2	KuG-3	Onderzoek	
				g P kg ⁻¹	g P kg ⁻¹	g P kg ⁻¹	g P kg ⁻¹	DS, %
Gerst, brouw-	stro	*	*	*	*	*	*	*
Gerst, brouw-	zaad	*	*	*	*	*	3,39	86,4
Gerst, snij-	plant	0,4	1	0,5	0,5	0,5	*	*
Gerst, voeder-	stro	*	*	*	*	*	0,43	85,1
Gerst, voeder-	zaad	*	*	*	*	*	3,82	85,1
Gerst, winter-	stro	0,9	1	0,9	0,9	0,9	*	*
Gerst, winter-	zaad	3,5	1	3,5	3,5	3,5	3,15	(82,5)
Gerst, zomer-	stro	1,5	1	0,9	0,9	0,9	0,65	86,7
Gerst, zomer-	zaad	3,5	1	3,5	3,5	3,5	3,27	84,0
Gladiool	bol	*	*	*	*	*	0,54	26,3
Gladiool	loof	*	*	*	*	*	*	*
Graszaad	stro	1,3	2	1,3	1,3	1,6	*	*
Graszaad	zaad	3,5	2	3,5	3,5	4,4	*	*
Graszaad, Engels raai	stro	*	*	1,3	1,3	1,6	(1,87)	(90,0)
Graszaad, Engels raai	zaad	*	*	3,5	3,5	4,4	4,44	(91,0)
Graszaad, rietzwenk	stro	*	*	1,3	1,3	1,6	*	*
Graszaad, rietzwenk	zaad	*	*	3,5	3,5	4,4	*	*
Graszaad, roodzwenk	stro	*	*	1,3	1,3	1,6	*	*
Graszaad, roodzwenk	zaad	*	*	3,5	3,5	4,4	4,13	*
Graszaad, veldbeemd	stro	*	*	1,3	1,3	1,6	*	*
Graszaad, veldbeemd	zaad	*	*	3,5	3,5	4,4	*	*
Graszaad, Westerwolds	stro	*	*	1,3	1,3	1,6	*	*
Graszaad, Westerwolds	zaad	*	*	3,5	3,5	4,4	*	*
Haver	stro	1,3	2	1,3	0,9	0,9	1,02	81,6
Haver	zaad	3,5	2	3,5	3,5	3,3	3,69	83,9
Haver, snij-	plant	0,5	1	0,5	0,5	0,5	*	*
Hyacint	bol	*	*	*	*	*	0,58	26,1
Hycint	loof	*	*	*	*	*	1,90	5,4
Iris	bol	*	*	*	*	*	(0,66)	(35,0)
Karwij	stro	1,3	2	1,3	1,3	1,3	*	*
Karwij	zaad	6,6	2	6,6	6,6	6,6	*	*
Klaver	hoofd	*	*	0,5	0,5	0,5	0,60	14,4
Klaver	snede	*	*	0,5	0,5	0,5	0,60	14,9
Klaver, Alexandrijnse	plant	0,6	1	0,6	0,6	0,6	*	*
Klaver, Rode	hooi	*	*	3,4	2,5	2,5	*	*
Klaver, Rode	vers	*	*	0,5	0,5	0,5	[0,36]	[16,7]
Klaver, Witte	hooi	*	*	3,4	2,5	2,5	*	*
Klaver, Witte	vers	0,5	1	0,5	0,5	0,5	*	*
Knolvenkel	blad	*	*	0,5	0,5	0,5	(0,30)	(9,0)
Knolvenkel	knollen	0,2	2	0,2	0,2	0,2	(0,31)	(5,9)
Kool, Chinese	krop	0,4	2	0,4	0,4	0,4	(0,42)	(5,3)
Kool, Chinese	oogstrest	0,3	1	0,3	0,3	0,3	(0,28)	(5,0)
Kool, witte	kool	0,3	2	0,3	0,3	0,3	(0,31)	(10,1)
Kool, witte	oogstrest	0,3	1	0,4	0,4	0,3	*	*
Koolraap, Consumptie	knollen	0,4	1	0,4	0,4	0,4	0,32	9,5
Koolraap, Consumptie	loof	*	*	0,5	0,5	0,5	0,68	16,8
Koolrabi	knollen	0,4	1	0,4	0,4	0,4	*	*
Koolzaad	stro	1,3	*	1,3	1,3	1,3	1,14	84,6

Gewas	Gewas- deel	Norm- gehalten Fosfor- gehalte g P kg ⁻¹	Code	KuG-1	KuG-2	KuG-3	Onderzoek	
				g P kg ⁻¹	g P kg ⁻¹	g P kg ⁻¹	g P kg ⁻¹	DS, %
Koolzaad	zaad	6,6	*	6,6	6,6	6,6	7,24	91,0
Lelie	loof	*	*	*	*	*	0,10	24,5
Lelie	schub	*	*	*	*	*	0,65	30,3
Lupinen	plant	0,4	1	0,4	0,4	0,4	*	*
Luzerne	plant	0,6	2	0,6	0,6	0,6	0,61	19,4
Luzerne	snede	*	*	0,6	0,6	0,6	0,61	19,4
Mais	gewas	0,7	3	*	*	*	2,33	74,2
Mais, Corn Cob	kolf	2,2	2	2,2	1,9	1,9	*	*
Mais, Corn Cob	stro	0,4	2	0,4	0,4	0,4	*	*
Mais, korrel-	korrels	2,4	2	2,4	2,9	2,9	(2,82)	(84,0)
Mais, korrel-	stro	0,3	2	0,4	0,4	0,4	(0,84)	(84,0)
Mais, snij-	plant	0,7	3	0,7	0,7	0,5	0,63	31,4
Mais, snij-	spil	*	*	2,2	*	*	*	*
Mengteelt	stro	*	*	*	*	*	1,10	81,4
Mengteelt	zaad	*	*	*	*	*	3,37	85,1
Miscanthus	gewas	*	*	*	*	*	(0,29)	(70,0)
Peen	loof	*	*	*	*	*	0,28	16,7
Peen, B-	wortel	*	*	0,3	0,3	0,3	0,28	16,7
Peen, Bos-	plant	0,3	3	0,3	0,3	0,3	*	*
Peen, Fijne	wortel	0,3	3	0,3	0,3	0,3	0,48	(10,7)
Peen, Grove (Winter-)	wortel	0,3	2	0,3	0,4	0,3	0,30	10,4
Peterselie	blad	0,7	1	0,7	0,7	0,7	*	*
Plantui		*	0	0,3	0,3	0,3	*	*
Prei	oogstrest	*	*	*	0,3	0,3	0,36	10,0
Prei	plant	0,4	3	0,4	0,4	0,4	0,33	10,1
Prei, herfst	oogstrest	*	*	*	0,3	0,3	*	*
Prei, herfst	plant	*	*	0,4	0,4	0,4	0,30	9,4
Radijs	plant	0,2	1	0,2	0,2	0,2	*	*
Rode biet	loof	*	*	0,5	0,5	0,5	0,20	9,5
Rode biet	wortel	0,4	1	0,4	0,4	0,4	0,32	13,4
Rode kool	kool	0,3	1	0,4	0,4	0,3	*	*
Rode kool	oogstrest	0,3	1	0,4	0,4	0,4	*	*
Rogge, snij-	plant	0,9	1	0,9	0,9	0,9	*	*
Rogge, winter	stro	*	*	0,7	0,8	0,8	0,65	85,0
Rogge, winter	zaad	*	*	3,1	3,1	3,2	3,12	82,8
Savooiekool	kool	0,4	1	0,4	0,4	0,3	*	*
Savooiekool	oogstrest	0,5	1	0,5	0,5	0,5	*	*
Schorseneren	wortel	0,7	1	0,7	0,7	0,7	0,62	23,9
Selderij, Blad/Snij	plant	0,4	1	0,4	0,4	0,4	*	*
Selderij, Bleek-	plant	0,3	1	0,4	0,4	0,4	(0,28)	(6,1)
Selderij, Groen-	plant	0,2	3	0,2	0,2	0,2	(0,28)	(6,1)
Selderij, Knol-	knol	0,7	2	0,7	0,7	0,7	0,61	9,4
Selderij, Knol-	oogstrest	0,3	1	0,4	0,4	0,4	*	*
Serradelle	plant	0,5	1	0,5	0,5	0,5	*	*
Serradelle	stro	2,5	1	2,5	2,5	2,5	*	*
Sla, Batavia-	krop	0,3	1	0,3	0,3	0,3	*	*
Sla, Eikenblad-	krop	0,3	1	0,3	0,3	0,3	*	*
Sla, Ijs-	krop	0,2	3	0,2	0,2	0,2	0,25	(3,9)
Sla, Ijs-	omblad	*	*	0,5	0,5	0,5	(0,22)	(6,0)

Gewas	Gewas-deel	Norm-gehal-ten Fosfor-gehalte	Code	KuG-1	KuG-2	KuG-3	Onderzoek	
				g P kg ⁻¹	g P kg ⁻¹	g P kg ⁻¹	g P kg ⁻¹	DS, %
Sla, Krop-	krop	0,3	3	0,3	0,3	0,3	0,31	5,2
Sla, Krop-	omblad	*	*	0,5	0,5	0,5	0,18	6,6
Sla, Krop-, vroeg	krop	*	*	0,3	0,3	0,3	0,29	4,9
Sla, Krop-, vroeg	omblad	*	*	0,5	0,5	0,5	*	*
Sla, Krop-, vroeg bedekt	krop	*	*	0,3	0,3	0,3	0,23	4,5
Sla, Krop-, vroeg bedekt	omblad	*	*	0,5	0,5	0,5	*	*
Sla, Krop-, zomer	krop	*	*	0,3	0,3	0,3	0,24	4,0
Sla, Krop-, zomer	omblad	*	*	0,5	*	*	*	*
Sla, Radiochio rosso	krop	0,4	1	0,4	0,4	0,4	*	*
Spinazie	blad	0,6	2	0,6	0,4	0,4	0,28	(6,5)
Spinazie	oogstrest	0,5	1	0,5	0,5	0,5	*	*
Spitskool	kool	0,4	1	0,4	0,4	0,4	*	*
Spruitkool	spruiten	0,9	3	0,9	0,9	0,9	0,90	25,1
Spruitkool	stammen	1,0	2	1	0,7	0,7	0,71	25,1
Stam-, sperzie/slaboon	oogstrest	0,5	1	0,5	0,5	0,5	0,50	18,0
Stam-, sperzie/slaboon	peulen	0,3	1	0,4	0,4	0,4	0,45	9,7
Stoppelknol	blad+knol	0,5	1	0,5	0,5	0,5	0,36	6,9
Stoppelknol	loof	*	*	0,5	0,5	0,5	0,48	12,2
Suikerbiet	loof	0,3	2	0,3	0,3	0,3	0,40	13,2
Suikerbiet	wortel	0,4	3	0,4	0,4	0,4	0,35	23,0
Tarwe, winter-	stro	0,7	2	0,7	0,7	0,7	0,50	84,0
Tarwe, winter-	zaad	3,7	2	3,7	3,7	3,4	2,95	84,0
Tarwe, zomer-	stro	0,7	1	0,7	0,7	0,7	(0,57)	(85,9)
Tarwe, zomer-	zaad	3,7	1	3,7	3,7	3,4	3,07	84,0
Theunisbloem	stro	1,3	1	1,3	1,3	1,3	*	*
Theunisbloem	zaad	7,2	1	7,2	7,2	7,2	*	*
Triticale	stro	2,0	1	2	2	2	1,00	84,8
Triticale	zaad	*	0	3,3	3,3	3,3	(3,69)	(84,0)
Tulp	bol	*	*	*	*	*	0,50	33,1
Tulp	loof	*	*	*	*	*	*	*
Ui	loof	*	*	0,3	0,3	0,3	0,34	16,6
Ui	ui	0,4	*	0,3	0,3	0,3	0,37	11,6
Ui, zaai	loof	*	*	*	*	*	0,34	83,5
Ui, zaai	ui	0,4	2	0,4	0,3	0,3	0,38	11,4
Vlas	stro	1,7	2	1,8	1,8	1,8	1,00	88,8
Vlas	zaad	6,6	2	6,6	6,6	6,6	7,08	89,6
Voederbiet	loof	*	*	0,5	0,5	0,5	0,39	16,0
Voederbiet	plant	0,3	2	0,3	0,2	0,2	0,31	14,4
Wikke, voeder-	plant	0,7	1	0,7	0,7	0,7	*	*
Witlof	krop	0,3	2	0,3	0,3	0,3	*	*
Witlof	loof	*	*	0,5	0,5	0,5	(0,47)	(0,28)
Witlofwortelen	na trek	0,3	2	0,2	0,3	0,3	*	*
Witlofwortelen	voor trek	0,5	2	0,5	0,4	0,6	(0,46)	(0,28)
Zaai (incl. Picklers)	ui	*	*	0,4	0,3	0,3	*	*
Zonnebloem	plant	0,3	1	0,4	0,4	0,4	*	*

Tabel 11. Mediaanwaarden voor fosforgehalten in het gewas (marktbaar product of veldgewas) in de periode tot 1990 en na 1990 bij ten minste een voldoende fosfaattoestand en een stikstofbemesting volgens advies.

Gewas	< 1990		≥ 1990	
	Mediaan	Aantal	Mediaan	Aantal
Aardappel, consumptie	0,50	258	0,41	87
Aardappel, zetmeel	0,60	36	0,49	39
Erwt	4,14	34	3,94	2
Gerst, zomer	3,37	89	3,61	23
Gladiool	0,67	4	0,50	17
Ijssla	0,24	35	0,22	38
Knolvenkel	0,30	10	0,34	3
Koolzaad	6,95	13	6,79	4
Rogge, winter	3,04	150	3,26	8
Spruitkool	0,90	8	0,90	2
Suikerbiet	0,38	205	0,34	56
Tarwe, winter	3,21	200	3,11	28
Tarwe, zomer	3,90	46	3,25	5
Tulp	0,43	6	0,64	26
Ui	0,35	11	0,36	41

De mediaanwaarden voor de fosfaatafvoercijfers voor de deelverzameling gebaseerd op een voldoende of ruim voldoende fosfaattoestand en een fosfaat- en stikstofgiften die niet te laag of te hoog zijn en de mediaanwaarden voor de fosfaatafvoercijfers die gebaseerd zijn op uitsluiting van een suboptimale fosfaattoestand en fosfaat- en stikstofbemesting komen doorgaans goed overeen. De getalswaarden zijn niet altijd gelijk maar wel van eenzelfde orde van grootte. Bij een aantal gewassen (bospeen, fijne en grove peen) zijn de fosfaatafvoercijfers gebaseerd op uitsluiting van de suboptimale fosfaattoestand en fosfaat- en stikstofbemesting systematisch hoger dan die gebaseerd op de beperking tot voldoende of ruim voldoende fosfaattoestand en bij het bemestingsadvies passende fosfaat- en stikstofbemesting. Dit is een gevolg van een hoger fosforgehalte vastgesteld in deze deskstudie en/of een beduidend hogere opbrengst verkregen op veldproeven t.o.v. de streefwaarde voor de praktijk.

Tabel 12. Opbrengsten van deze deskstudie vergeleken met opbrengsten uit KWIN, en fosfaatgehalten en fosfaatafvoercijfers bepaald met KWIN-gegevens en KuG-3 en gegevens (mediaanwaarden) van deze deskstudie passend bij huidige bemestingsadvies voor N en P en op basis van gegevens met uitsluiting van suboptimale fosfaatvoorziening.

Gewas	Fosforgehalte, kg P ton ⁻¹ vers			Opbrengst, kg ha ⁻¹		Fosfaatafvoer, kg P ₂ O ₅ ha ⁻¹		
	Deskstudie	KuG-3	KWIN	Deskstudie, passend bij bemestingsadvies voor N en P	Deskstudie, suboptimaal fosfaat uitgesloten	Gehalten van KuG-3 en opbrengsten van KWIN	Deskstudie, passend bij bemestingsadvies voor N en P	Deskstudie, suboptimaal fosfaat uitgesloten
Aardbei	0,2	0,3	17000		21950	12		12
Andijvie		0,3	42500			29		
Andijvie, krul		0,3	40700			28		
Asperge, groen		0,4	4160			4		
Asperge, wit		0,4	5815			5		
Bloemkool	0,43	0,4	30240	36110	32970	28	35	33
Boerenkool		0,7	18000			29		
Broccoli	0,77	0,7	10000		7660	16	11	14
Bruine bonen		3,5	3100		3200	25		
Cichorei	0,58	0,3	46000		36300	32		48
Chinese kool	0,42	0,4	41625		36070	38	35	35
Consumptieaardappel	0,44	0,5	51167	46300	42500	59	50	53
Consumptieaardappel, vroeg		0,4						
Corn Cob Mix		1,9			9770			64
Courgette		0,5	6300			7		

Tabel 12. Vervolg

Gewas	Fosforgehalte, kg P ton ⁻¹ vers			Opbrengst, kg ha ⁻¹		Fosfaatafvoer, kg P ₂ O ₅ ha ⁻¹		
	Deskstudie	KuG-3	KWIN	Deskstudie, passend bij bemestingsadvies voor N en P	Deskstudie, suboptimaal fosfaat uitgesloten	Gehalten van KuG-3 en opbrengsten van KWIN	Deskstudie, passend bij bemestingsadvies voor N en P	Deskstudie, suboptimaal fosfaat uitgesloten
Doperwt	0,81	0,7	5800	6550	5890	9	12	16
Graszaad, Engels raaigras	4,44	4,4	1500		1480	15	13	12
Groene erwt	4,06	4,1	4900	3600	3590	46	26	27
Haver	3,69	3,3	5400	3800	3900	41	34	34
Hennep		7	8000			128		80
Kapucijners		3,5	4200			34		
Knolvenkel	0,31	0,2	20000		28550	9		23
Koolzaad	7,24	6,6	3600	2900	2900	54	48	48
Korrelmaïs	2,82	2,9	8750			58		
Krotten	0,32	0,4	54833			50		
Luzerne	0,61	0,6	14750	33400	33400	20	51	41
Peen, bos		0,3	42000			29		
Peen, fijn	0,48	0,3	65750	68800	107360	45	76	95
Peen, grove	0,3	3	81000	86660	103260	56	58	72
Peterselie		0,7	20000			32		
Pootaardappel	0,38	0,5	34000	33160	37520	39	31	31

Tabel 12. Vervolg

Gewas	Fosforgehalte, kg P ton ⁻¹ vers			Opbrengst, kg ha ⁻¹		Fosfaatafvoer, kg P ₂ O ₅ ha ⁻¹		
	Deskstudie	KuG-3	KWIN	Deskstudie, passend bij bemestings- advies voor N en P	Deskstudie, suboptimaal fosfaat uitgesloten	Gehalten van KuG-3 en opbrengsten van KWIN	Deskstudie, passend bij bemestings- advies voor N en P	Deskstudie, suboptimaal fosfaat uitgesloten
Prei	0,33	0,3	34400	52040	36230	24	39	35
Rabarber		0,5	29381			34		
Radicchio		0,4	13833			13		
Rode kool		0,3	69500			48		
Savooie kool		0,3	46200			32		
Schorseneer	0,62	0,7	22000		30420	35		47
Selderij, blad	0,28	0,4						
Selderij, groen	0,28	0,4	53387		49270	49		33
Selderij, knol	0,61	0,7	50425			81		
Sla, Ijs-	0,25	0,2	35369	35610	47830	16	21	28
Sla, krop-	0,31	0,3	49573	53120	54780	34	36	38
Snijmaïs	0,63	0,5	14000	15030	14350	16	64	62
Spinazie	0,28	0,4	23400	15900	22000	21	10	14
Spitskool		0,4	34333			31		
Spruitkool		0,9	19400	19560	19130	40	41	48
Stamslaboon	0,9	0,4	12500	18700	11400	11	19	13
Suikerbiet	0,35	0,4	58667	58550	55500	54	54	46
Triticale	3,69	3,3	5600		6660	42		52

Tabel 12. Vervolg

Gewas	Fosforgehalte, kg P ton ⁻¹ vers			Opbrengst, kg ha ⁻¹		Fosfaatafvoer, kg P ₂ O ₅ ha ⁻¹		
	Deskstudie	KuG-3	KWIN	Deskstudie, passend bij bemestingsadvies voor N en P	Deskstudie, suboptimaal fosfaat uitgesloten	Gehalten van KuG-3 en opbrengsten van KWIN	Deskstudie, passend bij bemestingsadvies voor N en P	Deskstudie, suboptimaal fosfaat uitgesloten
Tuinboon		4,2	6500			63		
Ui, plantui	0,37	0,3	50000			34		36
Ui, zaaiui	0,38	0,3	59725	89970	70490	41	79	55
Veldboon	5,52	5,7	5900	5450	5000	77	72	56
Vlas, dauwroot	1	1,8	7000	10300	8700	29		56
Wintergerst	3,15	3,5	6200		2800	50		36
Winterrogge	3,12	3,2	5500		3400	40	23	25
Wintertarwe	2,95	3,4	8400	4800	5300	65	64	41
Witlof	0,47	0,3	15040		37070	10		43
Witte kool	0,31	0,3	83333		86550	57		58
Zetmeelaardappel	0,54	0,4	38100	42200	39340	35	52	51
Zomergerst	3,27	3,5	6300	4300	4400	50	33	33
Zomertarwe	3,07	3,4	7100	4850	4400	55	35	35

4.2 Bespreking van resultaten

De bewerkingen van de data geven aan dat doorgaans:

1. De spreiding in fosforgehalte en fosfaatafvoer voor de gewassen hoog is.
2. De drogestofopbrengst toeneemt in de tijd.
3. De fosfaatafvoer toeneemt met toename van de drogestofopbrengst.
4. De drogestofopbrengst toeneemt met een hogere stikstofbemesting
5. Een dalende trend waarneembaar is bij de fosforgehalte in het gewas in de drogestof.
6. Het fosforgehalte in de drogestof en de fosfaatafvoer (zeer) zwak beïnvloed worden door fosfaatbemesting en fosfaattoestand.

Spreiding

De spreiding in fosforgehalte en fosfaatafvoercijfers voor de gewassen is hoog ook als de verzameling observationele eenheden opgedeeld wordt in klassen voor fosfaattoestanden en fosfaat- en stikstofbemesting. Factoren die systematische de fosforgehalten en fosfaatafvoer bepalen zijn aanwijsbaar (punten 2 tot en met 6). Maar deze factoren bepalen niet uitsluitend het fosforgehalte en de fosfaatafvoer. Over deze systematische en niet-systematische factoren kan het volgende worden opgemerkt.

Stijging van de drogestofopbrengst

De stijging van de drogestofopbrengst is een gevolg van de intensivering van en toepassing van innovatie bij rassen, teelttechniek, nutriëntenmanagement en gewasbescherming. De database biedt voorsnog geen mogelijkheden om de effecten van deze innovatie-aspecten te kwantificeren. In principe bestaat daartoe wel de mogelijkheid maar daarvoor dienen deze aspecten opgenomen te worden in de database. De tijd daarvoor ontbrak in het kader van deze deskstudie.

Relatie drogestofopbrengst en fosfaatafvoer

De data geven een robuuste relatie tussen drogestofopbrengst en fosfaatafvoer. Deze relatie wordt vrijwel altijd teruggevonden in de data. Alleen bij oogstresten (bijv. roggestro) wordt geen relatie gevonden.

Ook een relatie tussen de verse opbrengst en de fosfaatafvoer wordt gevonden. Echter omdat het drogestofgehalte een extra bron van variatie is wordt meer variatie in het verband aangebracht en is er sprake van een minder robuuste relatie (data niet gegeven).

Stikstof

In deze deskstudie is rekening gehouden met stikstof als factor die mede het fosforgehalte in het gewas en de fosfaatafvoer bepaalt. Bij gras werd een effect van de stikstofbemesting op het fosforgehalte in het gewas gevonden. Bij gras en bij snijmaïs is er een duidelijk effect van stikstofbemesting op de fosfaatafvoer. Ook bij akkerbouwgewassen werd een verhogend effect van een hogere stikstofbemesting wel vastgesteld indien de observationele eenheden een voldoende groot bereik in stikstofgiften hadden. In dit rapport zijn de gegevens in drie stikstofklassen (te lage giften, bemesting volgens advies en te hoge stikstofgiften) gegeven. Bij enkele gewassen (gras, snijmaïs en aardappel) zijn ook statistische bewerkingen met

multivariate regressievergelijkingen uitgevoerd. De resultaten ervan wijzen op locatie-effecten. Bij deze statistische analyses is als variabele de totale werkzame stikstofgift gehanteerd.

Er zit meer in de data dan nu gerapporteerd wordt. Deze terughoudendheid is gebaseerd op de overweging dat het indelen van de stikstofbemestingsniveaus in drie klassen een ruwe aanpak is. Zo zijn stikstofgiftten in het bereik van 0,5-1,5 maal het bemestingsadvies met een maximum van 70 kg N ha⁻¹ boven het advies geplaatst in de klasse 'bemest volgens advies'. Het bereik in stikstofgiftten is groot. Daarnaast is bij aanwending van dierlijke mest gewerkt met een werkingscoëfficiënt voor najaars- en voorjaarstoepassing. Het betreft hier eveneens een ruwe aanpak. Het verdient aanbeveling om een nadere analyse uit te voeren naar het effect van stikstofbemesting op de opbrengst aan drogestof om daarmee de effecten op fosfaatafvoer concreter aan te geven. Daardoor kan de interactie tussen stikstof en fosfaat concreter gekwantificeerd worden.

Dalende trend fosforgehalte

De dalende trend bij het fosforgehalte in de drogestof is bij een aantal gewassen gevonden (Tabel 12). Die trend gaat gepaard met een – doorgaans sterkere – toename van de drogestofproductie. Innovatie bij teelttechnieken, verbeterde rassen, verbeterde nutriëntenmanagement hebben bijgedragen aan de toename in de drogestofproductie. Wat precies de oorzaak is voor het dalen van het fosforgehalte kan met ons onderzoek niet concreet gemaakt worden. Er zijn een aantal oorzaken denkbaar.

1. Er heeft verdunning van het fosforgehalte plaats gevonden door een verhoogde drogestofproductie.
2. Het betreft een gewaseigenschap verbonden aan een ras of cultivar. Moderne rassen of cultivars kunnen mogelijk met minder fosfaat toe dan oudere rassen of cultivars. Gerealiseerd moet worden dat bijv. de aardappelrassen of tarwerassen vlak na WOII anders zijn dan die welke nu gangbaar zijn.
3. Er is sprake van een systematische afwijking veroorzaakt door een verschil in analysemethode. De analysemethode (destructie en fosforbepaling) die veertig jaar geleden gebruikt werden, zijn al lang vervangen door andere meer efficiëntere methoden. In het kader van deze deskstudie deed helaas niet de mogelijkheid voor om hier nadere aandacht aan te geven.
4. Er is sprake van een systematische afwijking veroorzaakt door een verschil in verzameling (oogsten) en voorbehandeling van het gewas. Het gaat hierbij om diverse onderling op elkaar ingrijpende aspecten. Zo kan afgevraagd worden of de oogsttechniek (onderdeel van de proeftechniek) in de tijd zodanig is gewijzigd dat dit leidt tot een systematisch verschil in maai- en oogstverliezen. Daarnaast is de techniek van voorbehandeling van gewassen in de loop der tijd gewijzigd. Het is daardoor niet duidelijk of een efficiëntere verwijdering van grondresten (tarra) van marktbaar gewasdelen of veldgewas mede verantwoordelijk is voor een verlaging van het fosforgehalte.

De dalende trend in het fosforgehalte is waargenomen en daarom gerapporteerd. Nadere analyse is nodig om de oorzaken van de dalende trend te kunnen benoemen.

Fosfaatbemesting en fosfaattoestand

Data zijn verzameld van veldproeven of bedrijfsystemenonderzoek van landbouwkundige onderzoeksinstellingen. De veldproeven en het bedrijfsystemenonderzoek hadden verschillende onderzoeksdoelen. De data zijn slechts gedeeltelijk afkomstig van veldproeven die wijzigingen in het fosfaatbemestingsadvies hebben onderbouwd (vollegrondsgroenten en bloembollen). Bij de bewerking van de data zijn objectgemiddelden per veldproef opgenomen in een observationele eenheid. Per veldproef zijn daardoor maar enkele observationele eenheden toegevoegd aan het databestand. De opzet van de veldproeven en het bedrijfsystemenonderzoek verschilt onderling sterk. Ook de samenhang van veldproeven, die in series zijn uitgevoerd, werd niet in de bewerking meegenomen. De onderlinge (statistische) samenhang die in een veldproef en in series van veldproeven aanwezig zijn, werd daardoor verbroken. Er is een nieuwe structuur aan de data gegeven door een indeling op te leggen die gebaseerd is op de waardering van de fosfaattoestand op bouwland en grasland en een klassering van de fosfaat- en stikstofbemesting. De aanname bij deze structuur is dat deze factoren (toestand, bemesting) dominant het fosforgehalte in de drogestof en de fosfaatafvoer bepalen. Deze aanname blijkt niet geverifieerd te kunnen worden met de data. Er zijn andere variatiebronnen aanwezig die mede het resultaat bepalen. In het kader van deze deskstudie is aandacht geschonken aan andere variantiebronnen. Hierover kan het volgende worden gerapporteerd.

1. Bodem

Voor een aantal grote deelverzamelingen is onderzocht in welke grondsoort naast fosfaattoestand, fosfaatgift en stikstofgift variatie in fosforgehalte en fosfaatafvoer kon verklaren. Voor de gewassen met grote aantallen observationele waarnemingen is met multivariate regressieanalyse onderzocht of bijdrage van grondsoort als verklarende variabele leidde tot een betere verklaring van de aanwezige variatie. Dat leverde per gewas een onderscheidenlijk beeld op. Soms werd wel vastgesteld van grondsoort effect uitoefende op het fosforgehalte of fosfaatafvoer maar het percentage verklaarde variantie werd er niet drastisch door verhoogd. Er is daarop besloten om de effecten van grondsoort bij de condensatie van de gegevens niet als detail verder uit te werken.

Overigens bieden de data slechts beperkt de mogelijkheid om effecten van grondsoort te onderzoeken. Bij een aantal gewassen bijvoorbeeld bloembollen is de grondsoort verbonden met het gewas. Bollenteelt heeft in hoofdzaak plaatsgevonden op duinzand. De teelt van zetmeelaardappel heeft in hoofdzaak plaatsgevonden op dalgrond. Er is daardoor een verstrengeling aanwezig met grondsoort en deze gewassen.

2. Nutriëntenmanagement

Effecten van de omvang van de fosfaatbemesting of de hoogte van de fosfaattoestand zijn in deze deskstudie niet robuust vastgesteld. Dit lijkt een opmerkelijke bevinding te zijn omdat data onder meer afkomstig zijn van veldproeven met fosfaatbemesting als factor. Er zijn weinig veldproeven aanwezig waarbij ook de fosfaattoestand een factor is (de data van gras omvatten enkele veldproeven). Wel zijn observationele eenheden aanwezig die gebaseerd zijn op veeljarige veldproeven waarbij fosfaatgift en fosfaattoestand met elkaar verstrengeld zijn. Bij de bewerking van de data in klassen is de oorspronkelijk proefopzet van iedere veldproef

genegeerd evenals verschillen in fosfaatvorm. Louter de fosfaattoestand en de fosfaatgift zijn in ogenschouw genomen. Daardoor is variatie aangebracht in de data die juist bij analyse per veldproef wordt uitgesloten. Resteffecten blijken een veel grotere bron van variatie bij het fosforgehalte en met name bij de drogestofopbrengst te zijn dan die veroorzaakt door fosfaattoestand en fosfaatbemesting. De onderverdeling in klassen is vrij globaal.

Indien echter met specifieke kenmerken rekening gehouden wordt (locatie, teelt) kan met multivariate regressieanalyse in een aantal gevallen wel significantie gegeven worden aan de fosfaattoestand en bemesting. De grondslag van de afleiding van normgehalten voor fosforgehalte en fosfaatafvoer wordt per gewas anders. Een verschil in grondslag in afleiding van normgehalte is echter niet gewenst.

4.3 Advies voor normgehalten

De data die verzameld zijn in het kader van deze deskstudie wijzen uit dat:

1. De variatie in fosforgehalten en fosfaatafvoercijfers van landbouwgewassen groot is zelfs binnen verzamelingen van data die een afgebakende fosfaattoestand en fosfaat- en stikstofbemesting hebben. Fosfaattoestand en fosfaatbemesting zijn niet de enige factoren die de fosforgehalten en fosfaatafvoer bepalen. Diverse andere factoren oefenen mede een invloed uit op deze parameters. Deze andere factoren zijn via de hier uitgevoerde observationele benadering niet te kwantificeren. Kenmerken ervan ontbreken vooralsnog in de database. Door andere kenmerken te verzamelen, kunnen andere factoren (mogelijk) qua effect worden geïnterpreteerd en zo mogelijk worden gekwantificeerd. Deze andere kenmerken zijn onder meer ras (binnen een gewas zijn grote rasverschillen aanwezig die o.a. tot uitdrukking komen in de bewortelingsintensiteit), bodemkenmerken (bufferend vermogen) en jaareffecten (droogteperiode in relevante periode van de groei). Het verdient dan aanbeveling om de statistisch observationele methode te vervangen door een gerichtere multivariate (regressie)analyse en/of REML. Een dergelijke analyse reikt handvatten aan om te beoordelen of grondsoort een significante factor is om onderscheid in fosforgehalten en fosfaatafvoercijfers aan te brengen tussen teelten van hetzelfde gewas.
2. Voor de gewassen met grote arealen (grasland, snijmaïs, aardappel, suikerbiet, granen) en van een aantal vollegrondsgroentegewassen (ijssla, kropsla, peen, prei, bloemkool) en bloembollen (lelie, tulp, gladiool) is voldoende informatie beschikbaar indien (voorzover mogelijk) geen rekening gehouden wordt met een mogelijk effect van een verloop in het fosforgehalte in de tijd. Fosforgehalten en fosfaatafvoercijfers kunnen vastgesteld worden met de gegevens die verzameld werden in het kader van deze deskstudie. Bij granen dient wel een actueel beeld van de korrelopbrengst te worden vastgesteld.
3. Met de huidige gegevens kan geen verantwoord afvoercijfer bepaald worden voor de hoeveelheid fosfaat die met tarra van het veld wordt afgevoerd. Tarra is een onvermijdelijk maar niet gewenst bijproduct bij de oogst van hakvruchten. De uitbetaling vindt plaats op basis van het gehalte aan tarra, hoe lager het gehalte is, hoe beter de prijs (bij aardappelen voor de friet bijv. minder dan 2%). De

hoeveelheid fosfaat die met tarra wordt afgevoerd is bij relevante gewassen (aardappel, suikerbiet, cichorei) wel bij benadering te geven. De hoeveelheid fosfaat in grond van landbouwpercelen onder GLP bedraagt $2,3 \text{ g P}_2\text{O}_5 \text{ kg}^{-1}$ in de mineralen delen (Ehlert, 2005). Uitgaande van een bodem met 3% organische stof wordt per ton tarra met 25% vocht $1,7 \text{ kg P}_2\text{O}_5$ afgevoerd. Bij de oogst van suikerbieten wordt 6 tot 10 ton tarra van het veld afgevoerd. Hiermee wordt $10\text{--}17 \text{ kg P}_2\text{O}_5 \text{ ha}^{-1}$ afgevoerd. Bij ui, cichorei en aardappel wordt bij GLP minder grondtarra afgevoerd.

4. Gewassen met kleine arealen zijn minder goed voorzien van noodzakelijke basisgegevens. Bij een aantal gewassen domineert een te hoge fosfaattoestand en/of een te hoge fosfaat- of stikstofbemesting. Voor deze gewassen wordt geadviseerd om daar aanvullende bepalingen van opbrengst, drogestof en fosforgehalte uit te voeren.
5. De dalende trend in het fosforgehalte kan significant de omvang fosfaatafvoer beïnvloeden.

De resultaten van deze deskstudie vormen de basis voor het volgende advies voor actualisatie van de normgehalten.

1. De normgehalten voor de fosforgehalten in het gewas kunnen geactualiseerd worden met de data van Tabel 11 en 12 van ons onderzoek. Gras heeft een normgehalte van $3,8 \text{ g P kg}^{-1}$ drogestof en snijmaïs een normgehalte van $2,0 \text{ g P kg}^{-1}$ drogestof. Het betreft dan slechts een geringe aanpassing van de normgehalten van de brochure Kiezen uit Gehalten-3.
2. De fosfaatafvoer kan verantwoord afgeleid worden uit de productie van drogestof. Een alternatief is om de fosfaatafvoer af te leiden uit de productie veldgewas of marktbaar product.
3. De spreiding in de data van de fosforgehalte en fosfaatafvoer is groot. Daardoor vallen normgehalten binnen het bereik van de verzamelde data. Desalniettemin kan geconstateerd worden dat de voorgenomen generieke fosfaatafvoernorm in 2015 van $90 \text{ kg P}_2\text{O}_5 \text{ ha}^{-1}$ voor grasland lager is dan de mediaanwaarde van ons onderzoek. Op basis van een verantwoorde fosfaat- en stikstofbemesting en een voldoende tot ruim voldoende fosfaattoestand wordt een mediaanwaarde van $98 \text{ kg P}_2\text{O}_5 \text{ ha}^{-1}$ vastgesteld. Op bouwland is de voorgenomen norm van $60 \text{ kg P}_2\text{O}_5 \text{ ha}^{-1}$ hoger dan de mediaanwaarde van alle landbouwgewassen van 50 kg ha^{-1} .
4. Voor gewassen of teelten die niet vermeld staan in Kiezen uit Gehalten-3 kunnen de normgehalten kunnen gebaseerd worden op de condities voor een voldoende en ruim voldoende fosfaattoestand en een bij het bemestingsadvies passende fosfaat- en stikstofbemesting.
5. Indien gegevens die voldoen aan deze condities ontbreken, dan wordt geadviseerd om de normgehalte te baseren op waarden afgeleid bij hogere fosfaattoestanden en/of hogere fosfaatbemestingen. De getalswaarden worden gegeven in Bijlagen 2 tot en met 11.

Dit rapport geeft een overzicht van de data die op eenvoudige en vooral snelle wijze verzameld kon worden uit databestanden van ASG-PV, PPO-agv en ALTERRA-Centrum Bodem. Het betreft daardoor landbouwgewassen. Gegevens van boomkwekerijgewassen, fruit en buitenbloemeteelten zijn niet verzameld. De databestanden van ASG-PV, PPO-agv en ALTERRA-Centrum Bodem zijn voor andere doeleinden opgezet en hebben daardoor een onderscheidenlijke structuur. Er is meer mogelijk dan met de observationele statistische methode is bereikt mits een aantal gegevens nog worden toegevoegd. Het verdient aanbeveling om in het vervolgonderzoek hier aandacht aan te geven in samenhang met onderzoek in de praktijk door:

- Opbrengstgegevens te actualiseren.
- Een meer gedetailleerde karakterisering van de resteffecten en van de bodem uit te voeren om systematische afwijkingen in fosforgehalten en fosfaatafvoercijfers beter te kunnen beheersen. Daarvoor dienen aanvullend gegevens verzameld te worden en gericht met een statistische methode (multivariate regressieanalyse, REML) te analyseren.
- Het onderzoek in de praktijk in 2006 en 2007 te integreren met de gedetailleerde karakterisering van de resteffecten door combinaties van gewassen, grondsoorten, fosfaattoestanden en fosfaat- en stikstofbemestingsregiems te selecteren die bijdragen aan een verbetering van de kwaliteit van de gegevens over fosforgehalten en fosfaatafvoercijfers. Hierbij dient betrokken te worden het gegeven dat landbouwgewassen op bouwland in rotaties geteeld worden. Een samenhangend beeld fosfaatafvoercijfers in het kader van gewasrotaties verhoogt het inzicht in de consequenties van het differentiëren van een generieke fosfaatafvoernorm.
- Fosforgehalten en fosfaatafvoercijfers voor bloembollen, boomkwekerijgewassen, fruit en buitenbloemen te verzamelen. Dit vergt een combinatie van deskstudie en aanvullende analyses.

Literatuur

- Agterberg, G.C. & Henkens, P.L.M.C., 1995. Achtergrond van het fosfaatbestedingsadvies op grasland. Meststoffen, 1995: 12-23.
- Beukenboom, J.A., 1996. Kiezen uit gehalten 3. forfaitaire gehalten voor de mineralenboekhouding. Ministerie van LNV, IKC-L, Ede.
- CBGV, 2002. Commissie Bemesting Grasland en Voedergewassen. PV praktijkboek 22. Lelystad.
- Dam, A.M. van, Kater, L.J.M. & Wees, N.S., 2004. Adviesbasis voor de bemesting van bloembolgewassen. Praktijkonderzoek Plant & Omgeving B.V. Sector Bloembollen. PPO 708.
- Den Boer, D.J., Middelkoop, J.C. van, André, G., Wouters, A.P. & Everts, H. Fosfaatwerking van dunne rundermest op grasland bij jaarlijkse injectie en bij zodebemesting. Meststoffen 1995, 24-31.
- Den Boer, D.J., Middelkoop, J.C. van, André, G., Wouters, A.P. & Everts, H. Effecten fosfaattoestand en fosfaatbemesting op graslandopbrengst en P-gehalte. Meststoffen 1995, 32-37.
- Dijk, W. van (ed.) 2003. Adviesbasis voor de bemesting van akkerbouw- en vollegrondsgroentegewassen. PPO Publicatie nr. 305. Praktijkonderzoek Plant & Omgeving, Lelystad.
- Ehlert, P., Leeters, E. & Olsthoorn, A., 2002. Integratie en operationalisatie van strategische archieven binnen Alterra, TAGA-, BIS- en Dorschkamparchieef : een definitiestudie Alterra, Research Instituut voor de Groene Ruimte, Alterra-rapport, ISSN 1566-7197, 485.
- Informatie en KennisCentrum Landbouw en Informatie en KennisCentrum Veehouderij, 1993. Kiezen uit gehalten. Forfaitaire gehalten voor de Mineralenboekhouding 1994. Project Mineralenboekhouding.
- Informatie en KennisCentrum Landbouw en Informatie en KennisCentrum Veehouderij, 1993. Kiezen uit gehalten 2. Forfaitaire gehalten voor de Mineralenboekhouding 1994. Project Mineralenboekhouding.
- Middelkoop, J.C. van, Salm, C. van der, Den Boer, D.J., Horst, M. ter, Chardon, W.J., Bakker, R.F., Schils, R.L.M., Ehlert, P.A.I. & Schoumans, O.F. Effecten van fosfaat- en stikstofoverschotten op grasland. Praktijkrapport Rundvee 48, Animal Sciences Group (WUR), Lelystad.

- Paauw, F. van der, Lande Cremer, L.C.M. de la & Ris, J., 1951. Toetsing van grondonderzoek naar de fosfaattoestand van Nederlands grasland. Verslagen van Landbouwkundig onderzoek 57.15.
- Prummel, J., 1973. Factoren van invloed op het calcium- en fosforgehalte van gras. Rapport 3. Instituut voor Bodemvruchtbaarheid, Haren.
- Reenen, P. van, 2004. Ex ante analyse van het stelsel van gebruiksnormen voor mest en mineralen in de landbouw. Rapport, Van Reene-Russel Consultancy, Zetten (http://www9.minlnv.nl/servlet/page?_pageid=112&_dad=portal30&_schema=PORTAL30&p_item_id=81507).
- Richtlijn 91/676/EEG (Nitraatrichtlijn) van de Raad van 12 december 1991 inzake de bescherming van water tegen verontreiniging door nitraten uit agrarische bronnen PbEG L 375/1.
- Richtlijn 2000/60/EG (Kaderrichtlijn Water) van de Raad van 23 oktober 2000 tot vaststellen van een kader voor communautaire maatregelen betreffende het water beleid, PbEG L 327/1.
- Richtlijn 75/440/EEG (Drinkwaterrichtlijn) van de Raad van 16 juni 1975 betreffende de vereiste kwaliteit van het oppervlaktewater dat is bestemd voor de productie van drinkwater in de Lid-staten.
- Richtlijn 75/442/EEG (Kaderrichtlijn afvalstoffen) Richtlijn van de Raad van 15 juli 1975 betreffende afvalstoffen.
- Schils, R. & Snijders, P. 2004. The combined effect of fertiliser nitrogen and phosphorus on herbage yield and changes in soil nutrients of a grass/clover and grass-only sward. *Nutrient-Cycling-in-Agroecosystems* , 68(2): 165-179.
- Tunney, H., Csathó, P. & Ehlert, P.A.I. 2003. Approaches to calculating P balance at the field scale in Europe, *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 166 (4). 438-444.

Bijlage 1 Indelingsgrenzen van de stikstofbemestingsklassen op basis van de gebruiksnorm per gewas en aantallen observationele eenheden per klas'

Gewas	Indelingsgrens stikstofgebruiksnorm			Aantal bij stikstofgebruiksnorm			Totaal
	0,5	1 ¹	>1,5	0,5	1	>1,5	
Aardappel, consumptie	129	258	328	90	1460	27	1577
Aardappel, poot	60	120	180	9	42	2	53
Aardappel, zetmeel	120	240	310	23	213		236
Aardbei	85	170	240	9	13		22
Blauwmaanzaad	55	110	165		10		10
Bleek-/groenselderij	100	200	270	3	7		10
Bloemkool	115	230	300	23	54		77
Broccoli	135	270	340	8	6	1	15
Cichorei	35	70	105		5		5
Chinese kool	90	180	250	7	5		12
Crocus, grote gele	88	175	245		3		3
Crocus, overig	45	90	135		11		11
Dahlia	55	110	165		6		6
Doperwt	15	30	45	3	17	7	27
Droge erwt	15	30	45		4	1	5
Erwt	15	30	45		200		200
Erwtten, schokker	15	30	45		5		5
Gerst, brouw	40	80	120		5		5
Gerst, voer	40	80	120		5		5
Gerst, winter	70	140	210		28		28
Gerst, zomer	40	80	120	7	541		548
Gladiool	95	190	260	5	62		67

Gebruiksnorm = 1

Gewas	Indelingsgrens stikstofgebruiksnorm			Aantal bij stikstofgebruiksnorm			Totaal
	0,5	1 ¹	>1,5	0,5	1	>1,5	
Gras	170	340	410	279	528	253	1060
Graszaad, Engels raai	83	165	235	5	22		27
Graszaad, Rietzwenk	70	140	210	1			1
Graszaad, Roodzwenk	43	85	128		5		5
Graszaad, Veldbeemd	55	110	165			5	5
Graszaad, Westerwolds	55	110	165		13		13
Haver	50	100	150	4	563		567
Hennep	60	120	180	1	5		6
Hyacint	110	220	290		10		10
Ijssla	90	180	250	75	84	12	171
Iris	78	155	225		7		7
Karwijzaad	75	150	220		5		5
Klaver	15	30	45		10		10
Knolselderij	100	200	270	10			10
Knolvenkel	90	180	250	16	14	2	32
Kool, witte	160	320	390	9	11	2	22
Koolraap	85	170	240		10		10
Koolzaad	103	205	275		40		40
Kropsla	90	180	250	13	78		91
Kropsla, vroeg	90	180	250	24	32		56
Kropsla, vroeg bedekt	90	180	250		16		16
Kropsla, zomer	53	105	158		16		16
Krotten	93	185	255		1		1

Gewas	Indelingsgrens stikstofgebruiksnorm			Aantal bij stikstofgebruiksnorm			Totaal
	0,5	1 ¹	>1,5	0,5	1	>1,5	
Kunstweide	30	60	90		68		68
Lelie	78	155	225		48		48
Luzerne	20	40	60		27		27
Mais	87	173	243		50		50
Mais, korrel	87	173	243	15	12		27
Mais, snij	87	173	243	326	489	154	969
Mengteelt	70	140	210		45		45
Miscanthus	50	100	150	2	2		4
Narcis	73	145	215		5		5
Peen, B-peen	55	110	165		16		16
Peen, fijne	55	110	165	24	27		51
Peen, grove	55	110	165	21	33		54
Prei	123	245	315	30	90		120
Prei, herfst	123	245	315		16		16
Rode-klaver	15	30	45		10		10
Rogge	70	140	210		18		18
Rogge, winter	70	140	210	3	562		565
Schorseneer	85	170	240	5		1	6
Sjalot	85	170	240		20		20
Spinazie	118	235	305	2	9		11
Spruitkool	145	290	360		53		53
Stamboon	68	135	203		30		30
Stamslaboon	60	120	180	17	26	1	44

Gewas	Indelingsgrens stikstofgebruiksnorm			Aantal bij stikstofgebruiksnorm			Totaal
	0,5	1 ¹	>1,5	0,5	1	>1,5	
Stoppelknollen	83	165	235		5		5
Suikerbiet	75	150	220	35	890	11	936
Tarwe, winter	95	190	260	20	737	2	759
Tarwe, zomer	70	140	210	6	242		248
Triticale	80	160	230		7		7
Tulp	100	200	270	3	60		63
Ui	60	120	180		64		64
Ui, zaai	60	120	180	21	61	4	86
Valeriaan, wortel	100	200	270	7			7
Veldboon	25	50	75	3	51		54
Vlas	35	70	105		79		79
Voederbiet	83	165	235		237		237
Witlof	50	100	150		4		4
Witlof, wortel	50	100	150	26	17	12	55
Zaadbiet	82	163	233		5		5
Zantheschia	55	110	165		3		3

Bijlage 5 Fosfaatafvoer met het hoofdproduct in kg P₂O₅ ha⁻¹

Fosfaatbestemming	Fosfaat dan afvoer			Advies			Hoger dan advies			Omskeiden			Minimum			Maximum		
	Gemiddeld	Min	Max	Gemiddeld	Min	Max	Gemiddeld	Min	Max	Gemiddeld	Min	Max	Gemiddeld	Min	Max	Gemiddeld	Min	Max
Groen	47	44	47	51	50	51	48	42	48	97	98	101	22	23	26	22	23	26
Aardappel, consumptie	47	44	47	51	50	51	48	42	48	97	98	101	22	23	26	22	23	26
Aardappel, poot	46	41	46	51	46	46	46	42	46	85	85	84	20	21	23	17	17	23
Aardappel, zaaier	46	41	46	51	46	46	46	42	46	85	85	84	20	21	23	17	17	23
Aardbei	46	41	46	51	46	46	46	42	46	85	85	84	20	21	23	17	17	23
Blaauwmanzanet	36	35	36	35	35	35	35	35	35	40	40	40	31	32	33	36	36	36
Bleek / groenblijver	32	32	32	32	32	32	32	32	32	40	40	40	31	32	33	36	36	36
Bloembol	32	32	32	32	32	32	32	32	32	40	40	40	31	32	33	36	36	36
Broccoli	32	32	32	32	32	32	32	32	32	40	40	40	31	32	33	36	36	36
Chinees loof	32	32	32	32	32	32	32	32	32	40	40	40	31	32	33	36	36	36
Cress	32	32	32	32	32	32	32	32	32	40	40	40	31	32	33	36	36	36
Dahlia	32	32	32	32	32	32	32	32	32	40	40	40	31	32	33	36	36	36
Dopwiel	32	32	32	32	32	32	32	32	32	40	40	40	31	32	33	36	36	36
Droeg erw	26	23	26	23	23	23	23	23	23	28	28	28	18	18	20	26	26	28
Erv	26	23	26	23	23	23	23	23	23	28	28	28	18	18	20	26	26	28
Gest	31	29	31	29	29	29	29	29	29	32	32	32	25	25	27	31	31	32
Gest, brauw	31	29	31	29	29	29	29	29	29	32	32	32	25	25	27	31	31	32
Gest, voer	31	29	31	29	29	29	29	29	29	32	32	32	25	25	27	31	31	32
Gest, winter	31	29	31	29	29	29	29	29	29	32	32	32	25	25	27	31	31	32
Gest, zomer	31	29	31	29	29	29	29	29	29	32	32	32	25	25	27	31	31	32
Gladool	40	37	40	37	37	37	37	37	37	43	43	43	32	32	34	40	40	43
Groenland, Engels ran	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16
Groenland, Roedwiel	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16
Groenland, Westerdwiel	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16
Haver	31	29	31	29	29	29	29	29	29	32	32	32	25	25	27	31	31	32
Henep	31	29	31	29	29	29	29	29	29	32	32	32	25	25	27	31	31	32
Ish	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13
Kaas	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21
Kaas, wit	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21
Kaas, zwart	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21
Kool	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36
Kool, wit	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36
Kool, zwart	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36
Korps	31	32	31	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32
Korps, vrog	31	32	31	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32
Korps, vrog, beelde	23	20	23	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
Korps, zomer	30	29	30	29	29	29	29	29	29	30	30	30	29	29	30	30	30	30
Korps, winter	30	29	30	29	29	29	29	29	29	30	30	30	29	29	30	30	30	30
Kuifwiel	30	29	30	29	29	29	29	29	29	30	30	30	29	29	30	30	30	30
Lelie	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57
Luzerne	40	35	40	35	35	35	35	35	35	40	40	40	35	35	37	40	40	40
Mais	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33
Mais, korrel	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33
Mengsel	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33
Miscanthus	74	74	74	74	74	74	74	74	74	74	74	74	74	74	74	74	74	74
Peen, B-peen	51	51	51	51	51	51	51	51	51	51	51	51	51	51	51	51	51	51
Peen, lijn	68	68	68	68	68	68	68	68	68	68	68	68	68	68	68	68	68	68
Peen, grove	65	68	65	68	68	68	68	68	68	68	68	68	68	68	68	68	68	68
Peen, herfst	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31
Rode-laver	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31
Rogge	21	22	21	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22
Rogge, winter	21	22	21	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22
Silof	61	61	61	61	61	61	61	61	61	61	61	61	61	61	61	61	61	61
Spinazie	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
Spinatoor	38	37	38	37	37	37	37	37	37	37	37	37	37	37	37	37	37	37
Sunboon	19	20	19	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
Sunboon	19	20	19	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
Stoppel	41	44	41	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44
Sukkerbiet	58	62	58	62	62	62	62	62	62	62	62	62	62	62	62	62	62	62
Tarwe, winter	71	71	71	71	71	71	71	71	71	71	71	71	71	71	71	71	71	71
Tarwe, zomer	52	52	52	52	52	52	52	52	52	52	52	52	52	52	52	52	52	52
Tritiaal	35	39	35	39	39	39	39	39	39	39	39	39	39	39	39	39	39	39
Tulp	30	31	30	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31
U, zaai	45	44	45	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44
Veelboon	65	69	65	69	69	69	69	69	69	69	69	69	69	69	69	69	69	69
Vlas	43	40	43	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
Vosdier	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33
Witlof, wored	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33
Zandbeschie	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33

Bijlage 6 Drogestofgehalten van bijproducten (gewasresten) in procent

Profielbepaling	Lager dan advies				Advies				Hoger dan advies				Obstakel									
	Gemiddeld	Median	95c percentiel	Aantal	Gemiddeld	Median	95c percentiel	Aantal	Gemiddeld	Median	95c percentiel	Aantal	Gemiddeld	Median	95c percentiel	Aantal						
Bijproduct																						
Bluwanaandere																						
Bruinwergesto																						
Chines koolomblad																						
Doperwiboo	14,8	14,8	14,8	1	14,7	14,7	14,7	1	14,7	14,7	14,7	1	14,7	14,7	14,7	1						
Droeg erwesto																						
Ervenbloe	71,5	71,5	71,5	1	71,5	71,5	71,5	1	71,5	71,5	71,5	1	71,5	71,5	71,5	1						
Grasnesten	17,9	16,8	23,8	14,8	22,0	3,72	3	17,7	17,1	21,0	14,3	20,9	7,60	4	20,1	18,5	34,4	14,3	32,3	6,570	6	
Graszaadhoopslak	90,0	90,0	91,5	89,1	90,8	1,20	2															
Havestro	80,8	82,0	86,9	70,4	86,9	4,98	11	82,7	81,6	87,8	79,2	87,9	3,08	14	82,5	82,2	88,0	60,2	88,2	5,468	20	
Jishoornblad																						
Knoelknolblad																						
Koolplantbloe																						
Koolzaandere																						
Korrelmasstro	6,6	6,3	8,8	5,3	9,0	1,02	18	6,6	6,6	6,6	8,3	5,2	8,5	1,11	10	6,7	6,6	7,2	6,4	7,1	0,285	4
Kropshoornblad	30,3	33,8	35,2	23,4	35,1	5,31	5	28,7	24,5	36,7	22,8	36,6	7,09	5	24,0	24,1	24,6	23,3	24,5	0,411	4	
Lelbloe																						
Luernesade																						
Mengstestoe	87,5	87,5	87,5	87,5	87,5	87,5	1	81,4	81,4	81,4	81,4	81,4	1	86,1	86,1	90,6	83,5	88,6	3,606	2		
Pembloe	15,4	15,4	17,4	13,8	16,9	1,53	3	20,0	16,7	35,2	15,5	31,0	7,39	4	15,6	15,5	17,1	12,9	17,1	1,205	11	
Preibloe																						
Roggestoe																						
Spruitkoolblad-stam	24,9	25,0	25,0	24,4	25,0	0,21	7	25,1	25,1	25,1	25,1	25,1	1	25,1	25,1	25,1	25,1	25,1	25,1	25,1	25,1	1
Spruitkoolgestro																						
Stamboomloe																						
Stamboomloe	16,7	18,0	18,9	12,2	18,7	3,10	4	17,6	18,0	18,4	11,7	18,4	2,60	6	11,6	11,6	12,0	11,3	11,8	0,354	2	
Stoppelkoolbloe																						
Sukchietbloe	14,5	13,7	20,4	12,7	19,5	2,35	6	14,3	13,2	19,4	11,1	19,7	2,70	20	13,9	13,3	17,8	10,8	18,2	2,130	23	
Triticario																						
Uloofrest	16,8	16,8	16,8	16,7	16,8	0,07	2	16,6	16,6	16,8	16,5	16,7	0,14	2	16,6	16,6	16,8	16,5	16,7	0,14	2	
Veldboomloe																						
Vlasvezelstoe																						
Voelchietbloe	14,6	12,8	23,5	9,5	23,9	4,48	15	15,5	16,0	23,0	9,9	23,0	5,06	11	17,0	16,8	23,3	12,5	21,9	3,852	4	
Voeggestoe																						
Westerwoldhoon																						
Wintergestoe	85,9	85,0	88,4	83,3	88,3	2,18	5	84,8	85,0	88,2	81,7	88,2	2,00	11	86,1	85,0	89,7	83,2	89,7	2,095	16	
Wintergestoe	83,9	84,0	83,7	84,0	0,15	4	85,0	84,0	92,0	81,3	92,9	3,66	13	83,7	84,0	92,3	70,7	92,4	6,580	16		
Widfloer	9,6	9,6	9,6	9,6	9,6	9,6	1	77,8	77,8	77,8	77,8	77,8	1	77,8	77,8	77,8	77,8	77,8	77,8	77,8	77,8	1
Zaunbloe	50,0	50,0	50,0	50,0	50,0	50,0	1	50,0	50,0	50,0	50,0	50,0	1	50,0	50,0	50,0	50,0	50,0	50,0	50,0	50,0	1
Zonergestoe	85,5	84,0	92,7	80,5	92,7	4,18	9	86,6	86,7	94,6	75,4	94,6	6,15	10	82,9	82,4	94,6	42,4	94,6	12,535	22	
Zontrawestoe																						

Bijlage 9 Fosfaatvoer met bijproduct (gewasresten) in kg P_2O_5 ha⁻¹

	Fosfaatvoering				Lager dan advies				Advies				Lager dan advies				Onbekend				
	Gemiddeld	Maximum	Minimum	95% percentiel	Gemiddeld	Maximum	Minimum	95% percentiel	Gemiddeld	Maximum	Minimum	95% percentiel	Gemiddeld	Maximum	Minimum	95% percentiel	Gemiddeld	Maximum	Minimum	95% percentiel	
Bijproduct																					
Blauwmaanzandstro																					
Bruinmaanzandstro																					
Chineesloombol	50,6	50,6	50,6	50,6	6,2	6,2	6,2	6,2	6,2	6,2	6,2	6,2	6,2	6,2	6,2	6,2	6,2	6,2	6,2		
Doperwstof					55,2	55,2	55,2	55,2	35,2	35,2	35,2	35,2	35,2	35,2	35,2	35,2	35,2	35,2	35,2		
Droge.zwerstro					9,5	9,5	9,5	9,5	9,5	9,5	9,5	9,5	9,5	9,5	9,5	9,5	9,5	9,5	9,5		
Erveerwstof					11,1	5,4	26,6	26,3	26,3	26,3	26,3	26,3	26,3	26,3	26,3	26,3	26,3	26,3	26,3		
Grassnedd	22,6	22,6	22,6	22,6	27,3	24,8	47,9	20,3	43,5	9,30	5	30,4	31,3	48,5	18,2	45,1	9,81	5	42,7	6,88	
Graszaaiherwstof	17,7	17,7	17,7	17,7	31,4	19,42	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
Haverstro	12,4	12,4	12,4	12,4	14,4	14,8	22,2	6,9	22,2	5,97	11	16,1	15	25,9	7,3	26,2	6,23	15	27,4	7,6	
Ijshoombol																					
Koekenkubid																					
Koelmaaf					3,4	3,4	3,4	3,4	3,4	3,4	3,4	3,4	3,4	3,4	3,4	3,4	3,4	3,4	3,4	3,4	
Koelmaafstro																					
Korelmaafstro	5,1	4,8	7	3,6	7,5	1,01	18	5,3	5,4	7,6	2,4	7,6	1,49	10	5,4	5,4	5,4	5,4	5,4	5,4	
Kroplhoombol	0,7	0,8	1	0,5	1	0,21	5	0,8	0,5	1,5	0,3	1,5	0,51	5	0,4	0,4	0,5	0,3	0,5	0,08	
Leibwof																					
Lucernesude					26,6	26,6	26,6	26,6	26,6	26,6	26,6	26,6	26,6	26,6	26,6	26,6	26,6	26,6	26,6	26,6	
Mengteerstro	11,9	11,9	11,9	11,9	14,8	14,8	14,8	14,8	14,8	14,8	14,8	14,8	14,8	14,8	14,8	14,8	14,8	14,8	14,8	14,8	
Pentwof	14,1	11,5	23,4	10,3	20,4	5,49	3	14,7	14,8	19	10,4	18,8	4,32	4	15,7	16,6	21,1	8,9	21,1	4,27	
Prebwof					17,6	17,9	22,2	12,1	22	3,77	7	19,7	18,6	27,8	13,7	28	4,54	11	14,6	12,7	
Reggerstro																					
Spruitkoolblad-stum	41,4	41,2	61,3	15,2	39,5	13,70	7	16,4	16,4	16,4	16,4	16,4	16,4	16,4	16,4	16,4	16,4	16,4	16,4	16,4	
Spruitkoolgroest																					
Stamhoombol																					
Stamhoombwof	16,6	13,3	31,5	12,6	27,4	7,20	4	17,7	17,1	27,9	12,8	26,5	5,00	6							
Stoppelkoolbwof																					
Suikerbwof	40,1	41,4	55,3	20,9	35,8	10,99	6	36,8	36,2	66,2	9,9	72,9	15,91	20	38,1	42,3	60,8	8	71,8	15,16	
Triticastro																					
Uilwof	3,4	3,4	3,4	3,4	3,4	3,4	3,4	3,4	3,4	3,4	3,4	3,4	3,4	3,4	3,4	3,4	3,4	3,4	3,4	3,4	
Veldhoombol																					
Vlaezelstro																					
Voeskerbwof	11,1	9,9	16,5	6,5	16,5	3,24	12	11,4	11,8	15,8	6,9	15,7	3,32	7	22,4	22,4	42,7	11,2	33,7	15,94	
Voegerastro																					
Westerwoldhoob																					
Wintergerastro	5,8	5,5	10	3,3	9,2	2,12	5	9,9	9,6	16,2	4,9	16,4	3,97	11	9,9	7,9	20,3	3,4	21,9	5,34	
Wintergerastro	12,1	13,6	19,5	3,1	18,2	6,37	4	6,8	3,3	22,6	19	25,5	6,54	13	14,3	13,4	29	27,7	8,24	16	
Wintergerastro	17,3	17,3	17,3	17,3	17,3	17,3	17,3	17,3	17,3	17,3	17,3	17,3	17,3	17,3	17,3	17,3	17,3	17,3	17,3	17,3	17,3
Witwof	12,1	12,1	12,1	12,1	12,1	12,1	12,1	12,1	12,1	12,1	12,1	12,1	12,1	12,1	12,1	12,1	12,1	12,1	12,1	12,1	12,1
Zaaiwof																					
Zomergerastro	8,6	6	16,2	2,6	16,2	5,90	8	10,4	6,9	33	2,5	32,4	9,81	9	10,6	7,2	35	3,4	37,8	9,31	
Zomerwvstro																					

Bijlage 11 Gegevens van gras en snijmaïs

Parameter	Gewas	Fosfaatbemesting		Lager dan advies		Advies		95e percentiel		Minimum		Maximum		Hoger dan advies		95e percentiel		Minimum		Maximum		Std.afw.		Aantal	
		Mediaan	95e percentiel	Minimum	Maximum	Std.afw.	Aantal	Gemiddeld	Aantal	95e percentiel	Minimum	Maximum	Std.afw.	Aantal	Gemiddeld	Aantal	95e percentiel	Minimum	Maximum	Std.afw.	Aantal				
P-gehalte, g P kg ⁻¹ DS	Gras	3.4	4.3	2.3	4.9	0.53	124	3.8	3.8	4.8	2.6	5.2	0.60	267	4.0	4.0	5.1	2.9	5.3	0.62	97				
	Snijmaïs	1.8	2.5	1.5	2.5	0.33	12	2.0	2.0	2.6	1.2	3.1	0.35	66	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8	*	1				
Fosfaatvoer, kg P ₂ O ₅ ha ⁻¹	Gras, 1e sneede	25.1	40.5	10	46.5	7.52	124	29.9	30	41.4	11.8	56.2	7.48	267	34.9	33.3	50.7	19.8	57.6	8.15	97				
	Gras, totaal	88.3	120.3	22.9	138.2	24.04	124	93.7	94.7	139.4	33.2	165.1	27.27	267	92	90.6	154.1	38.9	180.4	32.60	97				
	Snijmaïs	63.4	82	49.9	82.4	11.60	12	68.1	63.9	92.2	33.9	96.7	14.00	66	70	70	70	70	70	*	1				

