

Wageningen UR Livestock Research

Partner in livestock innovations



Rapport 574

Fosforbehoefte van melkvee, vleesvee, varkens en pluimvee: een literatuurstudie

Januari 2012



LIVESTOCK RESEARCH
WAGENINGEN UR

Colofon

Uitgever

Wageningen UR Livestock Research
Postbus 65, 8200 AB Lelystad
Telefoon 0320 - 238238
Fax 0320 - 238050
E-mail info.livestockresearch@wur.nl
Internet <http://www.livestockresearch.wur.nl>

Redactie

Communication Services

Copyright

© Wageningen UR Livestock Research, onderdeel van Stichting Dienst Landbouwkundig Onderzoek, 2012

Overname van de inhoud is toegestaan, mits met duidelijke bronvermelding.

Aansprakelijkheid

Wageningen UR Livestock Research aanvaardt geen aansprakelijkheid voor eventuele schade voortvloeiend uit het gebruik van de resultaten van dit onderzoek of de toepassing van de adviezen.

Wageningen UR Livestock Research en Central Veterinary Institute, beiden onderdeel van Stichting Dienst Landbouwkundig Onderzoek vormen samen met het Departement Dierwetenschappen van Wageningen University de Animal Sciences Group van Wageningen UR (University & Research centre).

Losse nummers zijn te verkrijgen via de website.



De certificering volgens ISO 9001 door DNV onderstreept ons kwaliteitsniveau. Op al onze onderzoeksopdrachten zijn de Algemene Voorwaarden van de Animal Sciences Group van toepassing. Deze zijn gedeponeerd bij de Arrondissementsrechtbank Zwolle.

Abstract

Literature was reviewed to update phosphorus requirements of dairy cattle, beef cattle, pigs and poultry. It has been shown that the dietary P-content in most species can be safely reduced, compared to the P-levels applied in 2010, without negatively affecting animal performance and health status of the animals. Because of lack on recent information, no estimation of possible percentage of P reduction in poultry is provided.

Keywords

Beef cattle, dairy cattle, pigs, phosphorus requirements, poultry

Referaat

ISSN 1570 - 8616

Auteurs

M.M. van Krimpen
R.M.A. Goselink
J. Heeres
A.W. Jongbloed

Titel

Fosforbehoefte van melkvee, vleesvee, varkens en pluimvee: een literatuurstudie

Rapport 574

Samenvatting

Deze literatuurstudie naar de fosforbehoefte van melkvee, vleesvee, varkens en pluimvee toont aan dat het P-gehalte van het voer bij de meeste diercategorieën veilig verlaagd kan worden, zonder de dierprestaties en diergezondheid negatief te beïnvloeden. Vanwege het ontbreken van actuele informatie bij pluimvee, is voor deze diercategorie geen inschatting gemaakt voor het mogelijke percentage P reductie in het voer.

Trefwoorden

Fosforbehoefte, melkvee, pluimvee, varkens, vleesvee



LIVESTOCK RESEARCH
WAGENINGEN UR

Rapport 574

Fosforbehoefte van melkvee, vleesvee, varkens en pluimvee: een literatuurstudie

Phosphorus requirements of dairy cattle, beef cattle, pigs and poultry: a review

M.M. van Krimpen
R.M.A. Goselink
J. Heeres
A.W. Jongbloed

Januari 2012



Ministerie van Economische Zaken,
Landbouw en Innovatie

Dit onderzoek is uitgevoerd binnen het Beleidsondersteunend Onderzoek in het kader van het EL&I programma Mestinnovaties, projectnummer BO-12.02-006-003

Samenvatting

De komende jaren dalen de fosfaatgebruiksnormen tot het niveau van evenwichtsbemesting. Als gevolg hiervan kan minder fosfaat uit mest per hectare land geplaatst worden, leidend tot fosfaatoverschot. Eén van de oplossingsrichtingen voor dit overschot is het verantwoord verlagen van het fosforgehalte van het voer. Hiermee kan de fosfaatuitscheiding op melkveebedrijven met ca. 20% en op varkensbedrijven met ca. 25% gereduceerd worden.

Melkvee- en varkenshouders, maar ook sommige dierenartsen, zijn echter niet volledig overtuigd dat de huidige inzichten ten aanzien van de behoeftenormen garant staan voor handhaving van de productiviteit en gezondheid van de moderne melkkoe en/of het varken. Daarom is in opdracht van het ministerie van EL&I een literatuurstudie uitgevoerd naar de fosforbehoefte van melkvee, vleesvee, varkens en pluimvee. Het doel van deze studie was na te gaan tot welk niveau het totaal (bij melkvee en vleesvee), verteerbaar (bij varkens) of opneembaar (bij pluimvee) fosforgehalte van het voer verlaagd kan worden, zonder negatieve gevolgen voor diergezondheid en dierprestaties. Er is rekening gehouden met leeftijd (bijv. big, vleesvarken, zeug) en productiestadium (bijv. dracht, lactatie) van de dieren. Tot slot is aangegeven welke kennis ontbreekt met betrekking tot het verantwoord kunnen verlagen van het fosforniveau in voer.

De belangrijkste conclusies zijn als volgt:

Melkvee

- In de praktijk is het P-gehalte in melkveerantsoenen nog altijd ruim boven de berekende behoefte. Door op basis van de huidige P-behoeftenormen te gaan voeren kan al een flinke slag gemaakt worden om de P-excretie in de melkveehouderij te beperken.
- Er zijn geen redenen om aan te nemen dat “op de behoeftenorm voeren” problemen geeft op het gebied van productie, gezondheid of vruchtbaarheid, ondanks een eventuele negatieve P-balans gedurende een korte periode.
- Rantsoenberekeningen dienen zich daarom te richten naar de huidige P-behoeftenormen.
- In uitzonderingsgevallen met een hoog aandeel bestendig eiwit en veel fytaat in het rantsoen, dient rekening te worden gehouden met een mogelijk krapper P-aanbod dan berekend; fytaat-P in het bestendig eiwit kan ontsnappen aan afbraak in de pens en komt vervolgens in de dunne darm niet meer beschikbaar.
- Er is relatief weinig onderzoek uitgevoerd waarbij *onder* de huidige behoeftenorm is gevoerd. Mogelijk kan de behoeftenorm zelfs nog aangescherpt worden, door een betere onderbouwing van de norm met meer onderzoeksresultaten op het gebied van:
 - de variatie in speekselproductie en de variatie in het P-gehalte van speeksel;
 - het effect van pens bestendig fytaat en het toevoegen van fytase;
 - de variatie in het P-absorptiepercentage in de darm;
 - langetermijneffecten van rantsoenen met een P-gehalte *onder de huidige Nederlandse norm*, op melkproductie, vruchtbaarheid en gezondheid.

Vleesvee

- Bij vleesstieren is een ondergrens van 2,5 g P/kg droge stof (ds) noodzakelijk voor het goed kunnen functioneren van de pens microben. Lagere P-gehalten dan 2,5 g P/kg ds kunnen in het gewichtstraject van 200 – 350 kg leiden tot verlaging van de voeropname en groei. Geadviseerd wordt in het gewichtstraject van ca. 200-400 kg een P-niveau van 3,0 g/kg ds te hanteren. Daarboven kan het P-gehalte zonder enig risico worden teruggebracht tot 2,5 g P/kg ds.
- Met een gerichte keus in bijproducten van voedermiddelen en het beperken van het P-gehalte in het mengvoer kan de P-opname van vleesstieren zodanig verlaagd worden dat het P-gehalte van het rantsoen goed aansluit bij de P-behoefte.
- Bij rosékalveren wordt de P-behoefte gedekt met een P-gehalte van 4,5 g/kg ds in het traject van 14-22 weken leeftijd en met een P-gehalte van 3,5 g/kg ds in het traject van 22-34 weken. Wil men echt scherp op de norm voeren, dan kan het advies nog met 0,25 g/kg ds worden verlaagd.
- Het gebruik van P-arme bijproducten maakt het mogelijk om het P-gehalte van het rantsoen van rosékalveren op eenvoudige wijze met 25-30% te verlagen.
- Voor blanke vleeskalveren zijn geen P-behoeftecijfers bekend en er staan ook geen normen beschreven in de Handleiding Mineralenvoorziening van het CVB (2005).

Varkens

- Het vaststellen van de P-verteerbaarheid van voedermiddelen voor varkens gebeurt in Nederland en België volgens een uniform protocol. Het Duitse en Franse protocol vertoont hiermee veel overeenkomsten.
- In Nederland wordt de factoriële benadering gebruikt om de vP-behoefte van varkens vast te stellen. Voor deze benadering is het P-gehalte in het dier een belangrijk onderdeel. Er is behoefte aan een update van dit gehalte bij biggen, fokzeugen en vleesbeertjes en vleeszeugjes in verband met respectievelijk de sterke stijging in performance en de discussie over het niet meer castreren van mannelijke vleesvarkens.
- Door invoering van de gestandaardiseerde P-verteerbaarheid en de Ca-verteerbaarheid kan de P-benutting verder geoptimaliseerd worden.
- Op basis van het gemiddelde (verteerbaar) P-gehalte in varkensvoerders (CBS) en het gemiddelde performance niveau (Agrovison) is vastgesteld dat ca. 40% van de opgenomen hoeveelheid P door varkens wordt vastgelegd in het varken. De bijbehorende P-uitscheiding bedraagt 5,7 kg per fokzeug met biggen tot ca. 25 kg per jaar en 0,73 kg per vleesvarken.
- Door diverse voerstrategieën toe te passen, kan de P-uitscheiding met 10-20% gereduceerd worden, zonder dat er tekorten in de vP-voorziening ontstaan. Onderbouwing hiervan door middel van dierexperimenteel onderzoek is een vereiste.

Pluimvee

- Op dit moment bestaat er (zowel binnen Nederland als wereldwijd) geen uniform protocol voor het vaststellen van de P-opneembaarheid van voedermiddelen voor pluimvee. Wel zijn er enkele internationale initiatieven opgestart om tot uniformering te komen.
- In Nederland wordt de factoriële benadering gebruikt om de oP-behoefte van vleeskuikens en leghennen vast te stellen. Voor deze benadering is het P-gehalte in het dier in de loop van de groei een belangrijk onderdeel. Als gevolg van het ontbreken van actuele gegevens, wordt in deze benadering nog steeds uitgegaan van gehalten die in 1997 zijn gepubliceerd.
- Vanwege de onzekerheden met betrekking tot waardering van voedermiddelen en vastlegging in pluimvee, is het op dit moment niet verantwoord om uitspraken te doen over het perspectief tot verdere verlaging van het P-gehalte in pluimveevoeders. Er zal, mede door het gebruik van microbieel fytase in het voer, meer aandacht geschonken moeten worden aan optimalisering van het Ca-gehalte in het voer op basis van opneembaar Ca.

In de tabellen hieronder is per diercategorie ingeschat welk P-reductiepercentage ten opzichte van 2010 haalbaar is. Omdat melkvee en vleesvee in staat zijn om fytaat-P in de pens af te breken, is het totaal P-gehalte bij deze diercategorieën een redelijke maat voor de fosforbehoefte. Aangenomen wordt dat varkens en pluimvee niet beschikken over enzymen die fytaat-P afbreken. Bij deze diersoorten wordt alleen het niet aan fytaat gebonden P in de dunne darm geabsorbeerd. Bij varkens wordt de behoefte daarom uitgedrukt in verteerbaar fosfor (vP) en bij pluimvee in opneembaar fosfor (oP).

Tabel S-1 Overzicht van het gemiddeld P-gehalte in kg droge stof (ds) in het rantsoen, de behoefte bij jongvee en melkvee en de mogelijke reductie van het P-gehalte

	Huidig P-gehalte rantsoen (gemiddelde, g/kg ds) (Van Krimpen et al., 2010)	Behoeftenorm (g/kg ds) (COMV, 2005)	Reductie mogelijk van huidig P-gehalte t.o.v. behoeftenorm
<i>Jongvee</i>			
ca. 4 maand	4,3	3,4	-21%
ca. 9 maand	4,3	2,3	-47%
ca. 16 maand	4,2	1,8	-57%
<i>Melkvee</i>			
Droogstaand	4,2	2,0	-54%
Productie 20 kg melk/dag	4,2	2,5	-40%
Productie 50 kg melk/dag	4,2	3,5	-17%

Tabel S-2 Overzicht gemiddeld P-gehalte rantsoen in kg droge stof (ds) t.o.v. behoefte bij vleesvee

	Huidig P-gehalte rantsoen (gemiddelde, g/kg ds)	Behoeftenorm (g/kg ds)	Reductie mogelijk van huidig P-gehalte t.o.v. behoeftenorm
<i>Vleesstieren</i>			
240 – 400 kg	3,6 – 4,0	3,0 – 3,2	-20%
400 – 640 kg	3,6 – 4,0	2,2 – 2,5	-35%
<i>Rosé kalveren</i>			
Ca. 11 – 17 wk	4,5	4,5	0%
Ca. 18 – 27 wk	3,9 – 4,5	4,0	0/-10%
Ca. 28 – 34 wk	3,4 – 4,3	3,3	0/-20%
<i>Blanke vleeskalveren¹</i>			
0 – 2 maanden	6,9 ¹	10,2 ¹	0%
2 – 6 maanden	15,8 ¹	18,8 ¹	0%

¹ P-opname in g/dag**Tabel S-3** Overzicht gemiddeld totaal P-gehalte in het voer, de vP-behoefte en de reductiemogelijkheid van het totaal P-gehalte bij varkens

	Huidig P-gehalte rantsoen (gemiddelde, g/kg) (Van Krimpen et al., 2010)	Behoeftenorm (g vP/EW ¹) (CVB, 2010)	Reductie mogelijk van huidig P-gehalte t.o.v. behoeftenorm
Zeugen Dracht	5,0	2,1	-30%
Zeugen Lactatie	5,5	3,1	-10%
Big na spenen	5,4	3,2 – 3,4	- 5%
Vleesv. 25 – 45 kg	4,8	2,4	-15%
Vleesv. 45 – 70 kg	4,5	2,1	-20%
Vleesv. 70 kg – slacht	4,3	1,9	-25%
Vleesv. 45 kg – slacht	4,7	2,0	-20%

¹ vP = verteerbaar P; EW = maat voor energiewaarde bij varkens**Tabel S-4** Overzicht gemiddeld totaal P-gehalte in het voer, de oP-behoefte en de reductiemogelijkheid van het totaal P-gehalte bij pluimvee

	Huidig P-gehalte rantsoen (gemiddelde, g/kg) (CBS, 2009)	Behoeftenorm (g oP/kg voer) ¹ (CVB, 2010)	Reductie mogelijk van huidig P-gehalte t.o.v. behoeftenorm
<i>Vleeskuikens</i>			
0-10 d	5,3	4,0	?
10-30 d		3,1	?
30-40 d		2,8	?
40-50d		2,7	?
<i>Leghennen</i>			
20-28 weken	4,9	3,2	?
28-35 weken		3,0	?
35-55 weken		3,0	?
V.a. 55 weken		2,8	?

¹ oP = opneembaar P

Uit bovenstaande tabellen blijkt dat het P-gehalte in voeders bij rantsoenen voor jongvee, melkvee en varkens aanzienlijk gereduceerd kan worden, zonder dat dit ten koste gaat van de P-voorziening. Voor pluimvee is het op dit moment niet mogelijk om een betrouwbare inschatting te maken van een verantwoord P-reductiepercentage. Dit hangt samen met het feit dat de behoeftenormen gebaseerd zijn op gedateerd onderzoek, terwijl de dierprestaties sindsdien aanzienlijk gestegen zijn. Op dit moment voert Wageningen UR Livestock Research experimenten uit bij vleesvarkens en vleeskuikens, waarmee nieuwe kennis verkregen wordt over de P-behoefte (vleesvarkens) en de P-efficiëntie (vleeskuikens). Dit rapport gaat overigens niet in op de mogelijke effecten van P-verlaging op de kostprijs van het voer.

Summary

Application standards for the use of phosphate from animal manure per hectare of farmland will be gradually tightened. In 2015, the application standard for phosphate should be balanced with the phosphate uptake of crops from the soil. Consequently, space for the application of manure to land will decrease in the coming years, resulting in a phosphate surplus. One of the solutions for this surplus is a safe reduction of the dietary P-content. By this, phosphate excretion of dairy and pig farms can be reduced by 20% and 25%, respectively.

Dairy and pig farmers, however, as well as veterinarians, are not always fully convinced that the current view regarding phosphorus (P) requirements will maintain performance and health of the modern cows and pigs. Therefore, on request of the Dutch Ministry of Agriculture (EL&I), phosphorus requirements of dairy cattle, veal cattle, pigs and poultry are reviewed. The aim of this study was to investigate the minimal dietary total (cattle) or absorbable (pigs and poultry) P content for maintaining performance and health of the animals. P-requirements are distinguished by age (e.g. piglet, growing – finisher pig, adult sows), and stage of the production cycle (gestation, lactation). Finally, an investigation has been made of the knowledge lacking for a safe reduction of the dietary P-content.

The most important conclusions of this study are:

Dairy cattle

- The dietary P-content in rations of dairy cattle in practice is still far above the calculated requirement. By feeding according to the current Dutch recommendations, the phosphate excretion in the dairy husbandry can be significantly reduced.
- No proof was found for reduced performance, health or fertility if dairy cattle is fed according to their P-requirements, even under conditions of a negative P-balance during a short period.
- Therefore, calculation of the P-content in dairy cattle ratios should be adjusted to the P-requirements.
- In exceptional cases of rations with a high fraction of rumen undegradable protein with high concentrations of phytate, the amount of P offered may be lower than calculated; phytate P present in rumen undegradable protein can escape degradation in the rumen, leaving P unavailable for absorption in the small intestine.
- A relatively low number of experiments were available in which the P-requirement was tested in conditions *below* the present requirement. Probably, the underpinning of the P-requirement could be improved by performing more studies with respect to:
 - variation in amount of saliva production and in P-content of saliva;
 - the effect of microbial phytase addition on the degradation of rumen resistant phytate;
 - factors that affect the variation in the P-absorbability in the small intestine;
 - long term effects of supplementing ratios with a P-content below the present Dutch requirement on milk production, fertility and health status.

Beef cattle

- For appropriate functioning of rumen microbes, beef bulls need a minimal dietary P-requirement of 2.5 g/kg dm. Feeding a ratio with less than 2.5 g P/kg dm to beef bulls in the weight range of 200 – 350 kg could reduce feed intake and daily gain. Therefore, a dietary P-content of 3.0 g/kg dm is recommended for beef bulls in the weight range of 200 – 400 kg. For heavier beef bulls, dietary P-content can be safely reduced to 2.5 g/kg dm.
- By selecting co-products with a low P-content, and by reducing the P-content of the concentrate, P intake of beef bulls can be adjusted to their P-requirement.
- For pink calves, dietary P-contents of 4.5 g/kg dm in the range of 14 – 22 wk of age, and 3.5 g/kg dm in the range of 22 – 34 wk of age are recommended. These recommendations can be safely reduced by 0.25 g/kg dm for further approaching P-requirements.
- The use of P-low co-products enables the pink calves husbandry to easily reduce the P-content of a ratio by 25 – 30%.
- For veal calves, no P-requirements were found in literature, whereas no values were provided in the Dutch manual for mineral supply (CVB, 2005).

Pigs

- Determination of the P-absorbability of dietary ingredients for pigs occurs in the Netherlands and Belgium according to an uniform protocol, whereas the German and French protocols show a lot of similarities.
- In the Netherlands, a factorial approach will be used to determine the absorbable P-requirement in pigs. The P-content of the animal is a sensitive value in this approach. It is recommended to update the P-content values of piglets, breeding sows, intact male and female growing – finishing pigs, because performance levels largely increased during the last decade, and because of the possible ban on castration of male pigs.
- The use of a system for standardised digestibility of P and Ca might further improve the P-efficacy of pigs.
- Based on average values of the absorbable P-content in pig diets (provided by CBS) and on average performance levels (Agrovision), it is estimated that 40% of the consumed P is deposited in the animal. The accompanying P-excretion amounts 5.7 kg/year for a breeding sow including piglets up to 25 kg, and 0.73 kg/year for a growing finishing pig.
- By applying different feeding strategies, a reduction in P-excretion of 10-20% seemed to be realisable, without creating a deficiency in the absorbable P-supply. Further research (animal experiments) is necessary to underpin this assumption.

Poultry

- Currently, no national or international uniform protocol is available for determining the P-absorbability of dietary ingredients in poultry. Recently, however, some international initiatives are started to develop such a uniform system.
- In the Netherlands, a factorial approach will be used to determine the absorbable P-requirement in broilers and laying hens. The P-content of the animal is a sensitive value in this approach. Recently, no studies were performed to update the P-content in broilers. Therefore, values published in 1997 are still used to calculate the P-requirement in broilers.
- Because of uncertainties regarding P-absorbability of dietary ingredients and P-deposition in poultry meat/eggs, no responsible considerations with respect to possible reductions of the P-content of poultry diets can be made. The use of microbial phytase in the diet stresses the need to optimize the dietary Ca-content, based on absorbable Ca.

In the Tables below, an estimation per animal category is provided regarding possible reductions of the dietary P-content. Dairy and veal cattle are able to degrade phytate P in the rumen. For these categories, the total dietary P-content is a reasonable measure for the P-requirement. It is assumed that monogastrics do not have the enzymes to degrade phytate P. These animals are only able to absorb non-phytate P in the small intestine. Therefore, P-requirements in monogastrics will be expressed on the basis of absorbable P.

Table S-1 Overview of the average P-content per kg dm, the P-requirement, and the possible reduction percentage of the P-content in the ratio of young stock and dairy cattle

	Current P-content ratio (average, g/kg dm) (Van Krimpen et al., 2010)	P-requirement (g/kg dm) (COMV, 2005)	Possible reduction % in P-content
<i>Young stock</i>			
About 4 month	4.3	3.4	-21%
About 9 month	4.3	2.3	-47%
About 16 month	4.2	1.8	-57%
<i>Dairy cattle</i>			
Dry period	4.2	2.0	-54%
Production periode 20 kg yield/d	4.2	2.5	-40%
Production period 50 kg yield/d	4.2	3.5	-17%

Table S-2 Overview of the average P-content per kg dm, the P-requirement, and the possible reduction percentage of the P-content in the ratio of beef cattle

	Current P-content ratio (average, g/kg dm)	P-requirement (g/kg dm)	Possible reduction % in P-content
<i>Beef bulls</i>			
240 – 400 kg	3.6 – 4.0	3.0 – 3.2	-20%
400 – 640 kg	3.6 – 4.0	2.2 – 2.5	-35%
<i>Pink calves</i>			
Ca. 11 – 17 wk	4.5	4.5	0%
Ca. 18 – 27 wk	3.9 – 4.5	4.0	0/-10%
Ca. 28 – 34 wk	3.4 – 4.3	3.3	0/-20%
<i>Veal calves¹</i>			
0 – 2 month	6.9 ¹		0%
2 – 6 month	15.8 ¹		0%

¹ P-intake in g/d

Table S-3 Overview of the average P-content (g/kg), the absorbable P-requirement, and the possible reduction percentage of the P-content in pig diets

	Current dietary P-content (average, g/kg) (Van Krimpen et al., 2010)	P-requirement (g absorbable P/EW ¹) (CVB, 2010)	Possible reduction % in P-content
Gestating sows	5.0	2.1	-30%
Lactating sows	5.5	3.1	-10%
Weanling pig	5.4	3.2 – 3.4	- 5%
GF pig 25 – 45 kg	4.8	2.4	-15%
GF pig 45 – 70 kg	4.5	2.1	-20%
GF pig 70 kg – slaughter	4.3	1.9	-25%
GF pig 45 kg – slaughter	4.7	2.0	-20%

¹ EW = Net energy value for pigs; 1 EW = 8.79 MJ NE

Table S-4 Overview of the average P-content (g/kg), the absorbable P-requirement, and the possible reduction percentage of the P-content in poultry diets

	Current dietary P-content (average, g/kg) (CBS, 2009)	P-requirement (g absorbable P/kg) (CVB, 2010)	Possible reduction % in P-content
<i>Broilers</i>			
0 – 10 d	5.3 } }	4.0	?
10 – 30 d		3.1	?
30 – 40 d		2.8	?
40 – 50d		2.7	?
<i>Laying hens</i>			
20 – 28 wk	4.9 } }	3.2	?
28 – 35 wk		3.0	?
35 – 55 wk		3.0	?
> 55 wk		2.8	?

From these tables, it can be concluded that the P-content in diets of young stock, dairy cattle, beef cattle and pigs significantly can be reduced, thereby maintaining P-supply. P-requirements in poultry are based on outdated research, while performance levels since that time increased significantly. Therefore, it is not possible to estimate a safe P-reduction percentage for poultry diets. Currently, Wageningen UR Livestock Research is performing animal experiments in pigs and broilers to create new data regarding P-requirements (growing finishing pigs) and P-efficacy (broilers).

Finally, it is mentioned here that the possible effects of dietary P-reduction on the cost price of the ratios/feeds are not described in the present report.

Inhoudsopgave

Samenvatting

Summary

1	Inleiding	1
2	Onderbouwing P-behoefte van melkvee.....	2
2.1	P-metabolisme bij herkauwers	2
2.2	Netto P-behoefte melkvee.....	3
2.3	Bruto P-behoefte melkvee.....	5
2.4	Huidige situatie P-gehalte melkveerantsoenen.....	5
2.5	Effect P-gehalte op pensflora.....	7
2.6	P-behoefte tijdens de droogstand	8
2.7	P-behoefte tijdens lactatie.....	8
2.8	Overzicht uitgevoerd onderzoek P-behoefte.....	8
3	Onderbouwing P-behoefte van vleesstieren en rosékalveren	10
3.1	P-behoefte vleesstieren	10
3.2	P-behoefte rosékalveren	11
3.3	P-behoefte blanke vleeskalveren.....	12
4	Onderbouwing P-behoefte van varkens	14
4.1	De verteerbaarheid van P in voeders voor varkens.....	14
4.1.1	Voedermiddelen van plantaardige herkomst in Nederland	14
4.1.2	Voedermiddelen van plantaardige herkomst in het buitenland	14
4.1.3	Voedermiddelen van dierlijke en minerale herkomst in Nederland	15
4.2	P-behoeftenormen voor varkens.....	17
4.2.1	P-behoefte van biggen en vleesvarkens.....	17
4.2.2	P-behoefte van drachtige zeugen.....	18
4.2.3	P-behoefte van lacterende zeugen.....	19
4.3	Discussie P-behoefte varkens.....	20
4.4	Perspectief op vermindering van de P-uitscheiding bij vleesvarkens en fokzeugen	21
5	Onderbouwing P-behoefte van pluimvee	22
5.1	De opneembaarheid van P in voeders voor pluimvee	22
5.1.1	Waardering voedermiddelen in de pluimveevoeding.....	22
5.1.2	Benadering P-opneembaarheid voor pluimvee in het buitenland.....	23
5.2	P-behoeftenormen voor pluimvee	24
5.3	Discussie P-behoefte pluimvee.....	25
5.4	Perspectief op vermindering van de P-uitscheiding bij vleeskuikens en leghennen	26
6	Conclusies	27
	Literatuur	29
	Bijlagen	33
	Bijlage 1 Effecten P-gehalte rantsoen op gezondheid, vruchtbaarheid en productie melkvee	33

1 Inleiding

De komende jaren dalen de fosfaatgebruiksnormen tot het niveau van evenwichtsbemesting. Als gevolg hiervan kan minder fosfaat uit mest per hectare land geplaatst worden. In 2009 is via het programma 'mestinnovaties' nagegaan hoe voorkomen kan worden dat de aanpassing van de gebruiksnormen leidt tot een fosfaatoverschot. Eén van de oplossingsrichtingen is het verantwoord verlagen van het fosforgehalte van het voer. Hiermee kan de fosfaatuitscheiding op melkveebedrijven met ca. 20% en op varkensbedrijven met ca. 25% gereduceerd worden (Van Krimpen et al., 2010). Tijdens een workshop, waarin alle schakels van de melkvee- en varkenshouderijketen vertegenwoordigd waren, bleek dat het gebruik van fosforarm voer geremd wordt door:

- twijfels over de juistheid van de behoeftenormen voor melkvee en varkens;
- het ontbreken van overtuigende demonstratieprojecten;
- het ontbreken van positieve prikkels voor de veehouders om fosfaatexcretie te verminderen.

Melkvee- en varkenshouders, maar ook sommige dierenartsen, zijn niet volledig overtuigd dat de huidige inzichten ten aanzien van de P-behoeftenormen garant staan voor handhaving van de productiviteit en gezondheid van de moderne melkkoe en het varken. Naast deze discussie over behoeftenormen leven er in de varkens- en pluimveehouderij vragen over het verschil tussen het totale P-gehalte en het verteerbare P-gehalte van een voer. Door toepassing van innovatieve technieken of toevoeging van enzymen kan namelijk het totale P-gehalte van een voer verlaagd worden, zonder dat dit invloed heeft op het verteerbaar (varkens) of opneembaar (pluimvee) P-gehalte. Uit de eerder genoemde workshop bleek dat sommige varkenshouders meer vertrouwen hebben in voer met een hoog dan met een laag totaal P-gehalte, ook al bevatten beide voeders een gelijke hoeveelheid *verteerbaar P/kg* voer.

Voorwaarde voor het succesvol introduceren van P-arm voer is dat deze twijfels over inschatting van P-behoeftenormen en P-verteerbaarheid van grondstoffen weggenomen worden. Dit rapport heeft tot doel om de fysiologische P-behoefte van melkvee, vleesvee, varkens en pluimvee vanuit de beschikbare literatuur te onderbouwen. Tevens wordt de betrouwbaarheid van de P-verteerbaarheid van grondstoffen nagegaan. Deze literatuurstudie maakt duidelijk tot welk niveau het (verteerbaar) P-gehalte van het voer verlaagd kan worden, zonder negatieve gevolgen voor diergezondheid en dierprestaties. Er wordt rekening gehouden met leeftijd (bijv. big, vleesvarken, zeug) en productiestadium (bijv. dracht, lactatie) van de dieren. Tot slot wordt aangegeven welke kennis ontbreekt met betrekking tot het verantwoord kunnen verlagen van P-niveaus in voer.

2 Onderbouwing P-behoefte van melkvee

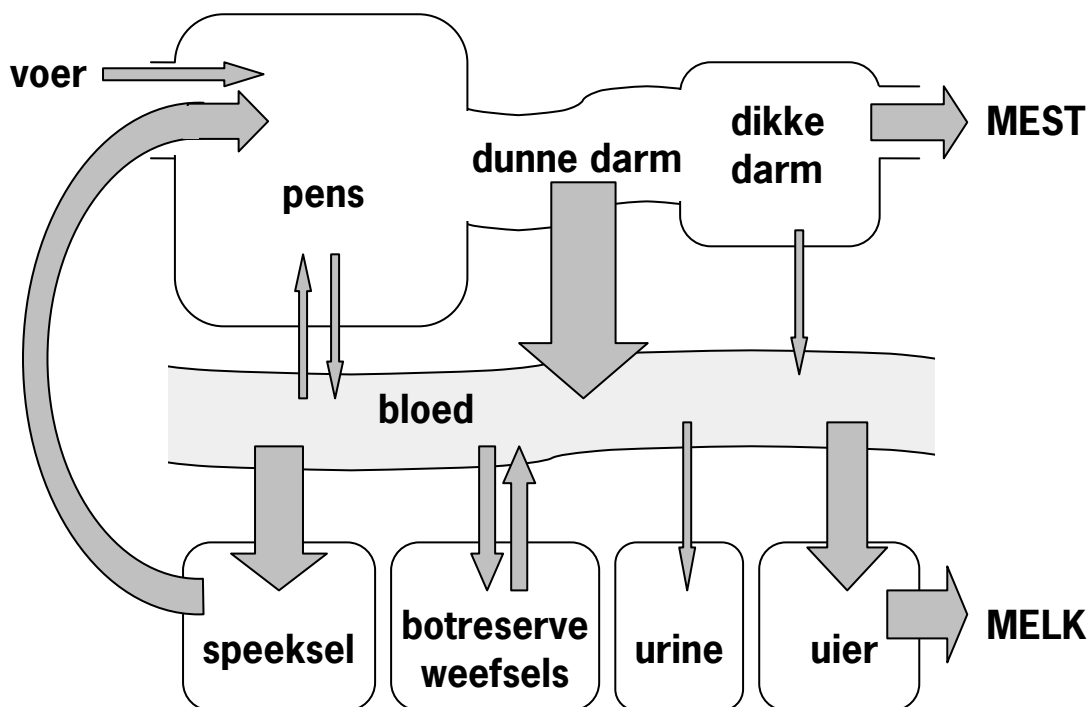
2.1 P-metabolisme bij herkauwers

Met het voedsel komt fosfor (P) bij herkauwers allereerst in de pens terecht, maar daarnaast levert speeksel een groot aandeel aan het P-gehalte in de pens dankzij de actieve uitscheiding van P in de speekselklieren (Figuur 1). In de pens wordt P benut voor de groei van de pensflora en wordt daarbij ingebouwd in eiwit, DNA, fosfolipiden, etc. Deze nutriënten worden door de koe in de dunne darm opgenomen in het bloed. Via het bloed worden de verschillende weefsels in hun P-behoefte voorzien. Ook de speekselklieren nemen actief P op uit het bloed voor de speekselsecretie. De concentratie P in speeksel is afhankelijk van de plasma concentratie en de speekselsecretie per tijdseenheid (Breves en Schröder, 1991). De uitscheiding via urine wordt bij herkauwers meestal verwaarloosd, maar kan toenemen wanneer de P-concentratie in plasma stijgt bijvoorbeeld door een overmaat aan P in het rantsoen of een sterk verminderde speekselexcretie (Bravo et al., 2003).

Bij lacterende dieren is er ten slotte sprake van een aanzienlijke uitscheiding in melk (gemiddeld 1,0 g P/kg melk). Het aandeel P dat uiteindelijk in de mest terecht komt bestaat uit drie onderdelen:

- een deel "metabool verlies" van darmcellen en dergelijke;
- een deel "niet benutbaar P" (bijvoorbeeld in fytaat dat aan de pensfermentatie is ontsnapt);
- en een deel "niet opgenomen P", omdat de P-opname op darmniveau wordt gereguleerd: bij een positieve P-balans wordt *relatief* minder P geabsorbeerd dan bij een negatieve P-balans.

In geval van een negatieve P-balans kunnen de P-reserves in bot worden aangesproken, zelfs tot 15-25% van de dagelijkse opgenomen hoeveelheid P (Valk et al., 2002; Taylor et al., 2009).



Figuur 1 Schematisch overzicht van de P-stromen in herkauwers

P wordt opgenomen via het voer in organische vorm (in eiwitten, fytaat etc.) of in anorganische vorm (zouten). Wanneer krachtvoerders met een anorganische dan wel verschillende organische P-bronnen vergeleken worden, blijkt de vorm waarin P wordt opgenomen door herkauwers nauwelijks van belang voor de totale absorptie (Ekelund et al., 2003; Knowlton et al., 2001). De absorptie blijkt bij herkauwers met name afhankelijk te zijn van de totale hoeveelheid opgenomen P, in tegenstelling tot de situatie bij eenmagige dieren (Ekelund et al., 2005; Van Straalen et al., 2009a). Het voor varkens en pluimvee

slecht beschikbare P in fytaat wordt bij herkauwers beschikbaar gemaakt voor absorptie dankzij de pensflora die beschikt over het enzym fytase. In Nederland gaan we er vanuit dat alle P-bronnen een gelijk absorptiepercentage hebben van 75% (COMV, 2005). Binnen het Amerikaanse NRC systeem voor behoeftenormen van melkvee (NRC, 2001) is er echter een onderscheid gemaakt in het absorptiepercentage voor ruwvoerders, krachtvoerders en anorganische P-bronnen, terwijl in het Franse voederwaarderingssysteem aan individuele voedermiddelen een eigen waarde is toegekend voor het werkelijk absorptiepercentage van P (Meschy en Ramirez-Perez, 2005).

Veel onderzoek naar de beschikbaarheid van P is uitgevoerd bij een voldoende P-voorziening. Indien onder of op de P-behoefte wordt gevoerd, zou de aangeboden vorm mogelijk wel een rol kunnen gaan spelen. De bestendigheid van P is goed te voorspellen uit de eiwitbestendigheid van een voedermiddel (Van Straalen et al., 2009a). Met name als er een groot aandeel pensbestendig eiwit wordt gevoerd, zou ook bestendig fytaat de pens ongeschonden kunnen passeren, waardoor het fytaat-P niet opneembaar is in de dunne darm (Bravo et al., 2002). Het verhogen van de pensbestendigheid van bijvoorbeeld rijstzemelen door behandeling met 5000 ppm formaldehyde, deed de pensbestendigheid van de droge stof (ds) stijgen van 37% naar 60%, waarbij de pensbestendigheid van fytaat steeg van 8% tot 32% (Martín-Tereso, 2009). In gevallen samen met een krap P-gehalte in het rantsoen en een hoog aandeel pensbestendig fytaat, kan het relevant worden de "onbestendige P balans" te berekenen om de beschikbaarheid van P voor de pensflora inzichtelijk te krijgen (Van Straalen et al., 2009a).

2.2 Netto P-behoefte melkvee

De P-behoefte is bij melkvee te onderscheiden in vier onderdelen, afhankelijk van de leeftijd en het productiestadium (COMV, 2005):

- onderhoud / endogene verliezen
- melkproductie
- dracht
- groei (vaarzen, 2^e kalfskoeien)

De onderhoudsbehoefte omvat het onvermijdelijk verlies aan een nutriënt via mest, urine, huid, haar en zweet. Voor P is het verlies via urine in melkvee onder reguliere omstandigheden vrijwel verwaarloosbaar, evenals het verlies via huidcellen, haren en zweet. De onderhoudsbehoefte is daarom berekend op basis van de volgende aannames:

- onvermijdelijk P-verlies zit vrijwel volledig in de mest;
- de grootste bijdrage aan P in het maagdarmkanaal wordt geleverd door het speeksel;
- speeksel bevat gemiddeld 8 mmol/l (Valk et al., 2002);
- voor lacterende dieren is de speekselproductie 13 liter per kg opgenomen ds en het verlies 25% P in het darmkanaal; voor droogstaande koeien is de speekselproductie 15 liter/kg opgenomen ds en het verlies 28% in het darmkanaal (Valk en Beynen, 2003).

Dit brengt de onderhoudsbehoefte voor een koe in lactatie op 0,81 g/kg ds en voor een koe in de droogstand op 1,04 g/kg ds.

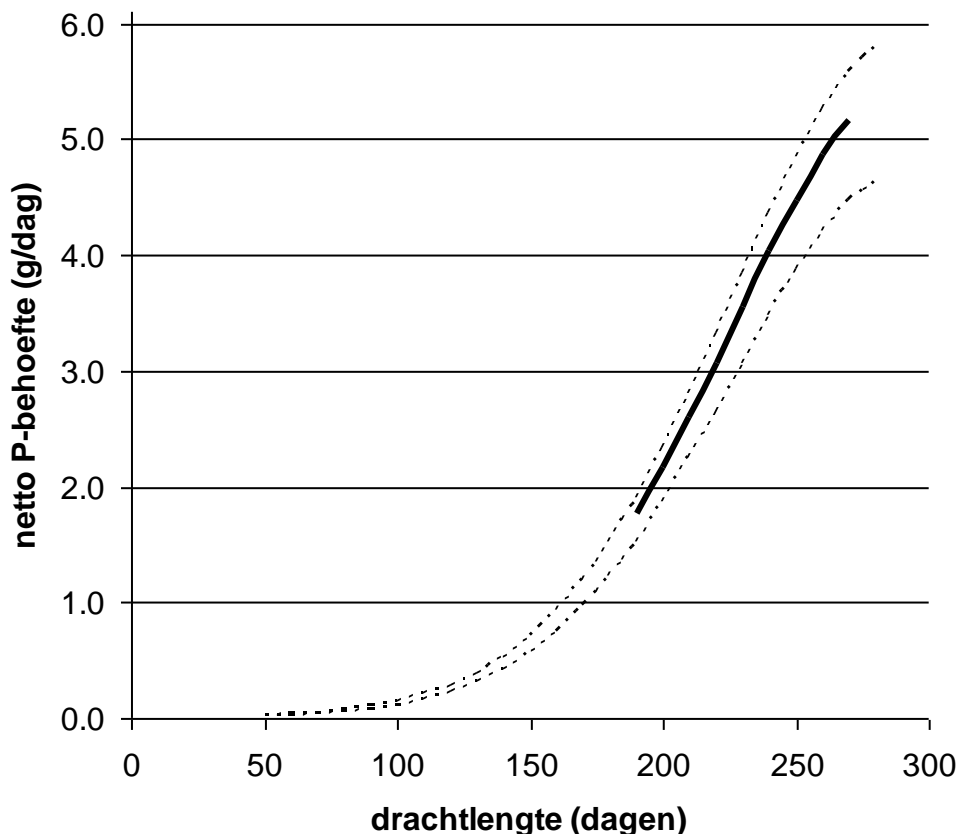
In de Amerikaanse NRC normen wordt in de behoefte wel een verlies via urineproductie meegenomen: 0,002 g/kg levend gewicht per dag, ofwel 1,3 g/dag voor een koe van 650 kg.

De behoefte voor melkproductie is gebaseerd op de output aan P via de melkgift. Het P-gehalte van melk is gemiddeld 1,0 g/kg met een standaarddeviatie van 0,1 g/kg. Deze spreiding kan deels verklaard worden door het eiwitgehalte: bij een hoog eiwitgehalte zal ook het P-gehalte van de melk wat hoger zijn. Daarnaast spelen mogelijk de genetische aanleg van de koe en andere factoren in het rantsoen een rol.

Voor de behoefte tijdens de dracht worden de resultaten van het onderzoek van House en Bell (1993) gebruikt. Zij onderzochten bij Holstein koeien de minerale samenstelling van de foetussen bij een dracht lengte variërend van 190 tot 270 dagen. Op basis van dit onderzoek is de netto P-behoefte voor de dracht (nP_{dracht}) bij Holstein koeien vanaf een dracht lengte (d) vanaf 190 dagen te berekenen met de formule (NRC, 2001):

$$nP_{dracht} = 0,02743 \times e^{((0,05527 - 0,000075 \times d) \times d)} - 0,02743 \times e^{((0,05527 - 0,000075 \times (d-1)) \times (d-1))}$$

De periode van 0 tot 190 dagen dracht viel buiten het onderzoek van House en Bell (1993) en voor deze periode wordt de extra P-behoefte voor dracht verwaarloosbaar geacht (NRC, 2001). Als de gegevens van House en Bell geëxtrapoleerd worden, zou het geboortegewicht van het kalf op 280 dagen ca. 46 kg zijn geweest. In Figuur 2 is de berekende netto P-behoefte voor de dracht volgens de bovenstaande formule binnen de periode 190 tot 270 dagen weergegeven, evenals de geëxtrapoleerde behoefte voor een kalf met een geboortegewicht van 40 of 50 kg. Hierbij valt op dat de behoefte einde dracht mogelijk kan variëren tussen de 4,6 en 5,8 g/dag, afhankelijk van het geboortegewicht van het kalf. Bij een tweelingdracht met 2 kalveren van 40 kg zou de geschatte behoefte op basis van deze gegevens op kunnen lopen tot 9 g/dag.



Figuur 2 Berekende netto P-behoefte van melkvee tijdens de dracht (NRC, 2001)

De doorgetrokken lijn van 190 tot 270 dagen drachtlengte is gebaseerd op de NRC-formule voor netto P-behoefte tijdens de dracht (NRC, 2001), waarbij het geboortegewicht van het kalf op 280 dagen ca. 46 kg zou zijn. Deze formule voor de P-behoefte is geëxtrapoleerd naar een kalf met een geboortegewicht van 50 kg op 280 dagen (bovenste onderbroken lijn) en een kalf met een geboortegewicht van 40 kg op 280 dagen (onderste onderbroken lijn).

De netto behoefte voor groei (nP_{groei}) bij melkvee is gebaseerd op de verwachte lichaamsaanzet en het percentage P dat daarbij wordt vastgelegd. De berekening is als volgt:

$$nP_{\text{groei}} = 1,2 + (4,635 \times VLG^{0,22} \times LG^{-0,22})$$

waarbij VLG het verwachte volwassen gewicht (kg) is, en LG het actuele lichaamsgewicht (kg) (AFRC, 1991).

2.3 Bruto P-behoefte melkvee

Met behulp van tabel 1 kan de netto P-behoefte voor verschillende categorieën rundvee berekend worden, door de P-behoefte van de verschillende factoren bij elkaar op te tellen. Om de bruto P-behoefte in het rantsoen te berekenen is een gemiddeld werkelijk absorptiepercentage van 75% aangenomen (COMV, 2005). Het werkelijke absorptiepercentage zal bij een laag P-gehalte van het rantsoen echter hoger zijn (Van Straalen et al., 2009b), zelfs tot ca. 90% (Valk en Beynen, 2003). Een hoger of lager aanbod van P in het rantsoen wordt in de darm gereguleerd met respectievelijk een lager of hoger absorptiepercentage.

In de adviezen van het NRC (2001) wordt gerekend met een werkelijk absorptiepercentage van 64% voor P uit ruwvoerders en 70% voor P uit krachtvoerders.

Tabel 1 Overzicht netto P-behoefte van melkvee volgens Nederlandse (COMV, 2005) en Amerikaanse standaard (NRC, 2001)

	COMV (2005)		NRC (2001)
	Droogstand	Lactatie	
Onderhoud			
Verlies in mest (g/kg ds- opname)	1,04	0,81	1,00
Verlies in urine (g/kg LG)	0	0	0,002
Dracht (g/dag)			
8 tot 3 weken voor afkalven	4,1	4,1	4,1
3 weken voor tot aan afkalven	5,1	5,1	5,1
Melk (g/kg)	-	1,0	0,9
Groei (g/kg groei)	$1,2 + (4,635 \times VLG^{0,22} \times LG^{-0,22})$		$1,2 + (4,635 \times VLG^{0,22} \times LG^{-0,22})$

ds = droge stof; VLG = verwacht volwassen lichaamsgewicht; LG = actueel lichaamsgewicht

In tabel 2 is weergegeven wat de P-normen voor rantsoenen van verschillende typen rundvee zijn, gebaseerd op de factoriële methode uit tabel 1.

Tabel 2 Geschatte droge stofopname en daarbij behorende bruto P-normen voor verschillende categorieën rundvee, op basis van de dagelijkse netto behoefte. Bij COMV (2005) wordt gerekend met een werkelijk absorptiepercentage van 75%; bij NRC (2001) met een werkelijk absorptiepercentage van 64% voor P uit ruwvoer en 70% voor P uit krachtvoer

	Voer- opname (kg ds)	P-norm			
		(g/dier/dag)		(g/kg ds)	
		COMV	NRC	COMV	NRC
<i>Melkvee (650 kg LG)</i>					
Droogstaand, wk -8-3, 800 VEM/kg	11,5	21	26	1,9	2,3
Droogstaand, wk -3-0, 920 VEM/kg	11,0	22	26	2,0	2,3
Melkgevend, 20 kg/dag, 920 VEM/kg	18,5	47	56	2,5	3,0
Melkgevend, 40 kg/dag, 970 VEM/kg	23,5	79	87	3,3	3,7
Melkgevend, 50 kg/dag, 990 VEM/kg	27,5	96	106	3,5	3,9

ds = droge stof

2.4 Huidige situatie P-gehalte melkveerantsoenen

De gemiddelde Nederlandse melkkoe krijgt een rantsoen met 4,2 g P/kg ds (Van Krimpen et al., 2010). Dat is ruim boven de genoemde Nederlandse normen (Tabel 3), waarbij er dus nog vrij veel ruimte is om het P-gehalte in het rantsoen te verlagen, zonder daarbij onder de behoeftenorm te hoeven voeren (Van der Drift et al., 2007; Van Krimpen et al., 2010).

Tabel 3 Overzicht gemiddeld P-gehalte rantsoen t.o.v. behoefte

	Huidig P-gehalte rantsoen (gemiddelde, g/kg ds) (Van Krimpen et al., 2010)	Behoeftenorm (g/kg ds) (COMV, 2005)	Reductie mogelijk van huidig P-gehalte t.o.v. behoeftenorm
<i>Jongvee</i>			
ca. 4 maand	4,3	3,4	-21%
ca. 9 maand	4,3	2,3	-47%
ca. 16 maand	4,2	1,8	-57%
<i>Melkvee</i>			
Droogstaand	4,2	2,0	-54%
Productie 20 kg/dag	4,2	2,5	-40%
Productie 50 kg/dag	4,2	3,5	-17%

ds = droge stof

Bovendien geeft een overmaat aan P in het rantsoen ook een hoog P-gehalte van de mest, waardoor er vanwege de P-gebruiksnormen in de Nederlandse veehouderij meer mest afgevoerd zal moeten worden. Het kan daarmee ook economisch aantrekkelijk zijn om het P-overschot te beperken. Ook in de Verenigde Staten wordt ruim boven de P-behoefte gevoerd, waardoor er veel ruimte is om de P-excretie te verlagen (Cerosaletti, 2004).

Verlaging van het P-gehalte in het rantsoen kan op verschillende manieren (Van Krimpen et al., 2010; Cerosaletti, 2004):

- 1) door het eigen ruwvoer minder fosfaatrijk te bemesten;
- 2) door een verschuiving in het rantsoen van P-rijke naar P-arme voedermiddelen (bijv. meer snijmaïs, P-arme bijproducten);
- 3) door aankoop van P-arme ruw- en krachtvoerders.

Ad 1): Uit de analyse van maaiproeven en beweidingsproeven bij P-evenwichtsbemesting op verschillende grondsoorten (klei, zand, veen) bleek dat het P-gehalte in de droge stof van de graskuil ca. 10% kan dalen ten opzichte van een bemestingsoverschot van 40 g P/ha (Van Krimpen et al., 2010).

Ad 2): Het voeren van een groter aandeel snijmaïs is op bedrijven met derogatie niet mogelijk zonder aankoop van snijmaïs; derogatie betekent dat 70% van de grond uit grasland moet bestaan. Het kan echter toch economisch aantrekkelijk zijn om snijmaïs aan te kopen, wanneer een groter aandeel snijmaïs in het rantsoen tevens een productiestijging met zich meebrengt.

Ad 3): In een analyse binnen het project Koeien & Kansen is berekend dat het in de praktijk mogelijk is het P-gehalte van krachtvoer bij een gelijke kostprijs van 5,5 naar 3,5 g P/kg voer terug te brengen (Van Krimpen et al., 2010). In tegenstelling tot varkens- en pluimveevoeders wordt in rundveevoer geen minimumeis voor verteerbaar fosfor gehanteerd, wat verklaart waarom de kostprijs als gevolg van de P-verlaging niet toeneemt.

In rapport 324 van Van Krimpen et al. (2010) zijn enkele scenario's doorgerekend om het P-gehalte van melkveerantsoenen te verlagen. Door het aandeel gras terug te dringen, en een deel van het krachtvoer te vervangen door P-arme bijproducten zoals perspulpilage, kan in principe een P-gehalte van het rantsoen van 2,8 g/kg ds bereikt worden. Tot op heden heeft het P-gehalte van rantsoenen echter geen rol gespeeld bij de keuze voor verschillende voedermiddelen. Indien echter op basis van de huidige Nederlandse mestwetgeving door een P-overmaat mestafvoer noodzakelijk wordt, kan het economisch aantrekkelijk worden om rekening te houden met het P-gehalte bij de rantsoenkeuze.

Kader: Heeft een lager aandeel gras in het rantsoen consequenties voor welzijn en gezondheid van de koe? Moeten koeien meer binnen gehouden worden?

[aanvullende vragen van het Ministerie van EL&I, januari 2012]

Een mogelijke maatregel om de P-excretie in de melkveesector te verminderen, is het verlagen van het aandeel (vers) gras in het rantsoen ten opzichte van snijmaïs. Zolang voldaan wordt aan de nutriëntenbehoefte (voorziening van eiwit, energie, vitaminen, mineralen) en de herkauwbehoefte (structuur), is het welzijn en de gezondheid van de melkkoe ook met een groter snijmaïsaandeel goed te waarborgen. Voor sommige bedrijven zou een verlaging van het grasaandeel kunnen betekenen dat koeien minder uren weidegang krijgen, met de bijbehorende voor- en nadelen.

Enkele nadelen van minder weidegang:

- ongunstig voor dierenwelzijn, met name voor de klauwgezondheid;
- meer ammoniakemissie bij opstallen t.o.v. weidegang, omdat bij weidegang mest en urine niet in één put wordt opgevangen maar “gescheiden” op het land komt, waardoor minder ammoniak gevormd wordt;
- hogere loonwerkkosten

Enkele voordelen van minder weidegang:

- een betere controle op de opname van nutriënten, waardoor er minder onnodige uitstoot is van ammoniak en P;
- de mogelijkheid om nauwkeuriger te bemesten, waardoor:
 - het P-gehalte in gras daalt;
 - de uitspoeling van P en nitraat (en de emissie van lachgas) uit de bodem vermindert;
 - een hogere grasopbrengst per ha gehaald kan worden en minder voer aangekocht hoeft te worden;
- de mogelijkheid om rantsoen en klimaat voor de koeien constanter te houden, met als mogelijk gevolg een hogere productie en een betere diergezondheid.

Op verzoek van het ministerie van EL&I wordt hier ingegaan op de vraag of een lager aandeel gras in het rantsoen consequenties heeft voor welzijn/gezondheid van de koe en of dit ook betekent dat koeien meer binnen gehouden moeten worden?

Zolang voldaan wordt aan de nutriëntenbehoefte (voorziening van eiwit, energie, vitaminen, mineralen) en herkauwbehoefte (structuur) is welzijn en gezondheid van een melkkoe ook met een groter maïsaandeel goed te waarborgen. Het zou voor sommige bedrijven inderdaad wel kunnen betekenen dat koeien minder uren weidegang krijgen. Dat heeft enkele voordelen:

- Betere controle op opname van nutriënten en daardoor minder onnodige uitstoot van mineralen (minder P-verlies, minder nitraatuitspoeling / lachgas);
- Mogelijkheid om nauwkeuriger te bemesten;
 - Lager P-gehalte in gras;
 - Minder uitspoeling van mineralen;
 - Hogere grasopbrengst per ha, minder voeraankoop;
- Mogelijkheid om rantsoen en klimaat voor de koeien op stal constanter te houden, met als mogelijk gevolg een hogere productie en betere diergezondheid.

Minder weidegang heeft als nadelen:

- Ongunstig voor dierwelzijn, m.n. voor de klauwen;
- Meer ammoniakemissie bij opstallen t.o.v. weidegang (bij weidegang wordt mest en urine niet in één put opgevangen maar komt het “gescheiden” op het land, waardoor minder ammoniak gevormd wordt);
- Hogere loonwerkkosten.

2.5 Effect P-gehalte op pensflora

Het P-gehalte in de pens moet voldoende hoog zijn om te voorzien in de behoefte van de pensflora, zodat de pensfermentatie niet beperkt wordt. De fermentatie wordt *in vitro* pas beperkt bij concentraties onder de 0,5 mmol P/l (Komisarczuk-Bony and Durand, 1991). Onder praktijkomstandigheden zal een laag P-gehalte in het rantsoen dan ook zelden beperkend zijn voor de pensfermentatie. Bannink et al. (2010) geven hiervoor drie argumenten. Ten eerste is de bijdrage van speeksel aan pensvocht driemaal zo groot als de bijdrage van drinkwater. De P-concentratie in de pens zal dus dicht bij de P-concentratie van speeksel liggen. Het P-gehalte in speeksel is afhankelijk van de plasmaconcentratie, maar ook bij een relatief laag P-gehalte in het rantsoen van 2,4 g/kg ds is de speekselconcentratie nog steeds 5 mmol/l (Valk et al., 2002). Ten tweede is voor microbiële groei maximaal 70 g P/dag nodig, waarin met voeropname en speekselproductie ruim voorzien wordt. Tenslotte zijn lagere concentraties dan 2,4 g P/kg ds in het rantsoen in de praktijk niet te verwachten, door de relatief hoge P-gehalten in ruwvoer, tenzij vrijwel uitsluitend snijmaïs (ca. 2,0 g P/kg ds) gevoerd zou worden.

Onder de normale omstandigheden waarbij voldoende herkauwd wordt, zijn er dan ook geen aanwijzingen dat de pensflora beperkt zal worden door een P-tekort (Meschy en Ramirez-Perez, 2005; Van Straalen en Bruinenberg, 2007).

2.6 P-behoefte tijdens de droogstand

In de droogstand is de P-behoefte relatief laag, omdat er geen P uitgescheiden wordt via de melk. Daardoor is de droogstand de aangewezen periode om indien nodig de P-reserves in het bot weer aan te vullen. Aan het einde van de droogstand is de P-behoefte met ca. 2,0 g/kg ds relatief het hoogst door de groeiende foetus, ds (COMV, 2005; Peterson et al., 2005). In paragraaf 2.2 is de netto behoefte geëxtrapoleerd naar een kalf met een hoger geboortegewicht en een tweelingdracht. Een relatief zwaarder kalf van ca. 50 kg zal de bruto behoefte iets verhogen (tot ca. 2,1 g/kg ds), en bij een tweelingdracht met twee kalveren van 40 kg zou de bruto behoefte zelfs ca. 2,5 g/kg ds kunnen zijn (berekend met een netto absorptie van 75% en een ds opname van 11 kg/dag).

2.7 P-behoefte tijdens lactatie

Na afkalven stijgt de behoefte aan P snel, vanwege de uitscheiding van P via de melk. Daarnaast stijgt ook de calcium (Ca) behoefte sterk met het op gang komen van de melkproductie. De voeropname is rond afkalven echter vaak te laag om direct aan de vraag te kunnen voldoen, waardoor het P-gehalte en met name het Ca-gehalte in het bloed dalen. Het lage Ca-gehalte zorgt voor een stijging van het hormoon PTH. PTH stimuleert de resorptie van Ca en P uit de botreserves, om de Ca- en P-concentratie in het bloed op peil te houden. Jonge dieren kunnen gemakkelijker Ca en P vrijmaken uit botreserves vanwege een hogere activiteit van het botmetabolisme. Oudere dieren zijn daar minder goed toe in staat, waardoor zij aan het begin van de lactatie baat zouden kunnen hebben bij een hoger Ca- en P-aanbod in het rantsoen.

Een neveneffect van PTH is dat de uitscheiding van P via speeksel en urine stijgt, waarmee het P-verlies tijdelijk nog groter is. Hierdoor kan de P-concentratie in het bloed in de eerste week van de lactatie toch laag zijn, ondanks het aanspreken van de botreserves. Het is daarom erg belangrijk dat een te laag Ca-gehalte in het bloed voorkomen wordt, zodat de PTH-concentratie niet sterk zal stijgen (en de koe bovendien geen melkziekte krijgt). Bij voldoende Ca en voldoende voeropname, zal de P-concentratie in het bloed dan eveneens gehandhaafd blijven (Goff, 2006).

2.8 Overzicht uitgevoerd onderzoek P-behoefte

De P-opname in het dier moet zo goed mogelijk afgestemd worden op het P-verbruik (streven naar P-balans = 0) om de excretie van overtollig P via de mest te beperken. Een korte periode met een negatieve P-balans (met name begin lactatie) kan gecompenseerd worden door P te mobiliseren vanuit de botreserves. Deze reserves zijn niet onuitputtelijk, zodat een chronisch negatieve P-balans uiteindelijk zal leiden tot een absoluut P-tekort. Een langdurige te lage P-voorziening moet daarom voorkomen worden.

In Bijlage 1 is een overzicht te zien van verschillende studies in de periode 1999-2010 naar het effect van een hoog of laag P-gehalte in het rantsoen, zowel op de korte als de lange termijn (tot 4 lactaties achtereen). In deze tabel is ook weergegeven wat de gemiddelde P-behoefte zou zijn, gebaseerd op de productieresultaten en voeropname gemeten in de betreffende experimenten en berekend met de Nederlandse behoeftenormen van de COMV (2005).

In Bijlage 1 is te zien dat bij de meeste studies de groep met het laagste P-gehalte in het rantsoen gemiddeld op de berekende behoefte is gevoerd (met een maximale afwijking van 0,1 g P/kg ds; Wu et al., 2000a,b; Wu et al., 2001; Tallam et al., 2005; Ekelund et al., 2006; Moreira et al., 2009; Mullarky et al., 2009). Het betreft hier steeds de *gemiddelde* P-behoefte, waardoor dieren op specifieke momenten tijdens de lactatie (bijv. door een lagere voeropname) tijdelijk een negatieve P-balans kunnen hebben doorgemaakt. In geen van deze experimenten is echter een negatief effect gevonden van een laag P-gehalte in het rantsoen op productie, gezondheid of vruchtbaarheid. In één studie was de persistentie van de melkproductie aan het einde van de lactatie bij een laag P-gehalte wat minder

(Wu et al. 2000a), terwijl in een andere studie de melkproductie juist hoger was bij een laag P-gehalte en vergelijkbare rantsoenen (Wu et al., 2001).

In een aantal studies is ook de laagste behandelingsgroep ruim boven de P-behoeftenorm gevoerd, waarbij geen effect werd gevonden van een hogere P-opname op vruchtbaarheid of gezondheid (Lopez et al., 2004; Peterson et al., 2005; Odongo et al., 2007; Ferris et al. 2010a,b).

Bij drie studies werd de groep met het laagste P-gehalte in het rantsoen meer dan 0,1 g P/kg ds onder de behoefte gevoerd (Valk et al., 1999a,b; Knowlton et al., 2002; Shore et al., 2005). In de studie van Valk et al. (1999a,b) ontstonden problemen bij de groep die continu 2,4 g P/kg ds werd gevoerd bij een gemiddelde P-behoefte van 2,7 g P/kg ds. Aan het einde van de eerste lactatie zakte de melkgift harder dan bij de overige proefgroepen en aan het begin van de tweede lactatie ontstond bij één koe zelfs een klinische P-deficiëntie met hemolyse (het stuk gaan van rode bloedcellen door een P-tekort) (Valk et al., 1999b). In de experimenten van Knowlton et al. (2002) en Shore et al. (2005) werden de dieren slechts 10 weken blootgesteld aan een P-tekort in de vroege lactatie. Hierbij werd in alle behandelingen een negatieve P-balans gevonden, maar was er geen effect van het P-tekort in het rantsoen op de melkproductie of voeropname.

3 Onderbouwing P-behoefte van vleesstieren en rosékalveren

3.1 P-behoefte vleesstieren

Om meer inzicht te krijgen in de behoeftenormen voor vleesstieren is in de periode 1995-1996 op de Waiboerhoeve (het Proefbedrijf Vleesvee, van het toenmalige PR), hiernaar onderzoek uitgevoerd. In dit onderzoek zijn behandelingen met verschillende P-niveaus verstrekt variërend van 2,5 tot 4,0 g/kg ds rantsoen. Uit dit onderzoek bleek dat het P-gehalte geen effect had op de technische prestaties, groei, voederconversie, voeropname en slachtkwaliteit.

Naast de dierprestaties is ook gekeken naar fysiologische parameters in urine, bloed en botweefsel. Ook deze resultaten gaven geen aanwijzing voor een P-tekort. Duits onderzoek (Klosch et al., 1993) had in een vergelijkbaar experiment een lager P-niveau van 2,0 g P/kg ds onderzocht. Bij dit niveau lieten de kruislingstieren (vleesras x HF) een significant lagere voeropname en groei zien in het gewichtstraject van 200 – 350 kg gewicht dan de stieren die een rantsoen met 3 of 4 g P/kg ds kregen. De conclusie was, onderbouwd met een verteringsstudie, dat bij dit P-niveau van 2 g P/kg ds het P-aanbod mogelijk te laag was voor de pensmicroben om hun functie goed uit te kunnen oefenen. Een ondergrens van 2,5 g P/kg ds (er zijn geen niveaus onderzocht tussen 2,0 en 2,5 g P/kg ds) is dan feitelijk nodig om de pensmicroben van voldoende P te voorzien. Dit suggereert dat de situatie anders is dan bij melkvee (paragraaf 2.5), mogelijk vanwege verschillen in type rantsoen, voeropname niveau, pensfermentatie en speekselproductie.

Uit het Duitse verteringsonderzoek bleek dat de rc-verteerbaarheid afnam na 12 weken voeren van een rantsoen met 2,5 g P/kg ds, vergeleken met de voorgaande periode van 12 weken waarin minimaal 4 g P/kg ds is gevoerd. Op basis van deze verteringsstudie zou het minimale P-gehalte 2,5-3 g/kg ds moeten zijn voor stieren van 240-400 kg. Echter in dit onderzoek is niet gekeken naar effecten van het lage P-gehalte op de langere termijn. In het onderzoek uitgevoerd op de Waiboerhoeve waren er over de groeiperiode van 240-400 kg geen negatieve effecten op voeropname en groei bij een gehalte van 2,5 g P/kg ds.

Mogelijk zou het negatieve effect zijn opgeheven als de dieren wat langer de tijd hadden gekregen om zich aan dit lage P-niveau aan te passen.

In de proef op de Waiboerhoeve bleek ook dat gedurende de eerste 4 weken van de proefperiode de stieren met het lage P-niveau (2,5 g P/kg ds) een lagere groei en voeropname hadden. Deze stieren kregen in de voorafgaande periode een rantsoen van 4,0 g P/kg ds. Echter over de periode van 240 tot 400 kg (16 weken) was er geen wezenlijk verschil in dierprestaties.

Recent onderzoek van Geister et al. (2010) laat zien dat vrouwelijk vleesvee in het gewichtstraject van 280 – 530 kg voldoende heeft aan een rantsoen met 1,7 g P/kg ds. De groeisnelheid was bij een voldoende P-aanbod 1,5 kg/dag. Bij een P-niveau van 1,0 g P/kg ds was er duidelijke sprake van een P-tekort. Dit benadrukt nogmaals dat de P-behoefte van groeiend vleesvee gering is. De behoefte was ook duidelijk lager dan de toen geldende normen (zie verderop).

Op basis van Duits onderzoek en eigen proefresultaten wordt geadviseerd in het gewichtstraject van ca. 200-400 kg een P-niveau van 3,0 g/kg ds te hanteren, met inbegrip van een zekere veiligheidsmarge. Boven 400 kg lichaamsgewicht kan het P-gehalte zonder enig risico worden teruggebracht tot 2,5 g P/kg ds.

In de huidige praktijk is de omvang van de vleesstierenhouderij in Nederland beperkt. Stieren die gemest worden zijn voornamelijk afkomstig uit de zoogkoeienhouderij, waar met name de luxere vleesrassen als Limousin en Charolais gebruikt worden. Voor deze stieren is het advies het P-niveau gedurende het mesttraject te handhaven op 3 g/kg ds, omdat deze stieren in het traject van 400-600 kg hoge groeisnelheden kunnen realiseren (deels als gevolg van compensatiegroei). Eventueel kan na 600 kg lichaamsgewicht het P-gehalte tot 2,5 g P/kg ds worden teruggebracht.

Bij de verslaglegging van de PR-proef is destijds ook gekeken naar de praktische mogelijkheden om het P-gehalte in het rantsoen van de toen geldende P-norm te verlagen. Uitgaande van een rantsoen met 30% mengvoer en 70% snijmaïs op ds-basis betekent voor een rantsoen met resp. 2,5 en 3 g P/kg ds een P-gehalte in het mengvoer van resp. 5 en 3,5 g P/kg ds. Het verlagen van het P-gehalte in deze range hoeft geen gevolgen te hebben voor de prijs van het mengvoer. Extreem lage P-gehalten in het mengvoer kunnen de prijs echter wel verhogen doordat bepaalde grondstoffen niet opgenomen kunnen worden.

De toen geldende normen waren afkomstig van de Handleiding mineralenonderzoek bij rundvee in de praktijk (CVB, 1990). In 2005 is er een herziene uitgave verschenen, waarin de P-normen duidelijk naar beneden zijn bijgesteld (tabel 4). In tabel 4 zijn de resultaten uit het aangehaalde PR-onderzoek vergeleken met de huidige P-normen. De P-behoefte is berekend aan de hand van de huidige behoefteformules, waarbij de dierprestaties uit de PR-proef als uitgangspunt zijn genomen. Hieruit blijkt dat deze goed op elkaar aansluiten. We kunnen constateren dat de berekende P-norm (omgerekend 2,3 g P/kg ds) na 400 kg LG zelfs iets lager is dan de geadviseerde 2,5 g P/kg ds. Literatuur en eigen onderzoek geven aan dat een P-gehalte van 2,5 g/kg ds voldoende is voor het mesttraject van 400-640 kg. Een veiligheidsmarge in beschouwing nemend komt het advies uit op 2,5 g P/kg ds voor kruislingstieren zwaarder dan 400 kg. .

Tabel 4 Huidige P-normen en adviezen op basis van onderzoek

Gewichtstraject (kg)	P-behoeftenormen (g/kg ds) ¹	Advies (kruislingstieren) ²	Advies (vleesrasstieren) ²
240-400	3,2 (3,21)	3	3
400-640	2,2 (2,27)	2,5	3

¹ De P-behoeftenormen volgens Handleiding Mineralenvoorziening Rundvee, Schapen en Geiten (CVB, 2005). Tussen haakjes de berekende normen op basis van PR-onderzoek, publicatie 137. Deze normen gelden ook voor vleesrasstieren.

² Advies afgeleid van PR-onderzoek vleesstieren, publicatie 137

De praktijk

Zoals aangegeven is de vleesstierenhouderij in Nederland gereduceerd tot een afgeleide van de zoogkoeienhouderij, die voornamelijk wordt ingezet voor natuurbeheer, zoals het beweiden van extensieve terreinen. Op jaarbasis worden naar schatting ca. 80.000 vleesstieren geslacht. Deze vleesstieren worden in het eerste jaar extensief geweid. Overall is het krachtvoeraandeel in het rantsoen voor vleesstieren gering. De bijdrage aan het P-overschot veroorzaakt door deze categorie rundvee is dan ook gering. Een praktijkrantsoen voor luxe vleesstieren laat zien dat het P-gehalte varieert van 3,6-4,0 g/kg ds. Dit is ruim boven de norm. De rantsoenen worden niet op dit kengetal geoptimaliseerd. Vanwege de lage P-behoefte wordt standaard boven de norm gevoerd. Alleen snijmaïs, bekend als P-arm ruwvoer, bevat al ca. 2,0 g/kg ds. Enkelvoudige producten en mengvoer zitten daar veelal boven. Echter met een gerichte keus in bijproducten en het beperken van het P-gehalte in het mengvoer kan de P-opname zeker worden verlaagd wat beter aansluit bij de P-behoefte.

3.2 P-behoefte rosékalveren

In de periode 1996-1997 zijn op het Proefbedrijf Vleesvee (PR) twee proeven uitgevoerd naar de P-behoefte van rosékalveren. Het P-gehalte van het rantsoen varieerde in deze proef van 2,5 tot 7,0 g P/kg ds. Bij deze relatief jonge dieren (in vergelijking met vleesstieren) was het P-gehalte duidelijk van invloed op de technische prestaties en de fysiologische parameters.

Uit het onderzoek is voor de praktijk destijds het volgende advies afgeleid. De P-behoefte na de opfok (vanaf 14 weken leeftijd) voor een maximale dierprestatie (karkasgewicht) bedraagt 4,0 g P/kg ds. Als men de mogelijkheid heeft het rantsoen te variëren in de loop van het mesttraject kan het advies worden verfijnd tot een P-gehalte van 4,5 g/kg ds in het traject van 14-22 weken leeftijd naar een P-gehalte van 3,5 g /kg ds in het traject van 22-34 weken. Wil men echt scherp op de norm voeren dan kan het advies nog met 0,25 g P/kg ds naar beneden worden bijgesteld.

Destijds waren de Nederlandse P-normen voor rosékalveren (Handleiding mineralenonderzoek, 1990) 5,3 g P/kg ds bij een gewicht van 100 kg, afnemend tot 3,8 g P/kg ds bij een gewicht van 325 kg. In de praktijk werd veelal een P-gehalte van 5 g/kg ds gehanteerd gedurende de gehele mestperiode (na de opfok). Om het effect van een lager P-aanbod op de P-reductie in te schatten zijn berekeningen uitgevoerd waarbij (1) het P-gehalte in het mengvoer is aangepast tot het niveau van 4,0 g P/kg ds en (2) het P-gehalte in het rantsoen is verlaagd door middel van opname van bijproducten. Hiermee kan het P-gehalte gedurende het mesttraject worden verlaagd van 4,5 naar 3,5 g P/kg ds. De conclusie was destijds (1999) dat het verlagen van het P-gehalte in het mengvoer geen gevolgen hoeft te hebben voor de voerprijs, zeker als men naast het fosfor ook het eiwitgehalte (DVE) kan verlagen. De verwachting is dat dit nog steeds geldt. Met een gerichte keuze in de bijproducten is het eenvoudig mogelijk het P-gehalte te verlagen. Met deze verlaging is een P-besparing mogelijk van 25-30%. Volgens de handleiding mineralenvoorziening (2005) is de P-behoefte voor rosékalveren uitgaande

van een gewicht van 150 kg en een groei van 1150 g/dag 4,4 g P/kg ds. Voor een gewicht van 275 kg en een groei van 1400 g/dag is dit 3,3 g/kg ds. Als we de P-behoefte volgens de formules uit de handleiding berekenen op basis van de groeiprestaties uit de PR-proeven dan is de P-behoefte resp. 4,4 en 3,4 g/kg ds.

Wat betreft de huidige P-normen kunnen we op basis van tabel 5 concluderen dat deze voor rosékalveren goed aansluiten bij de destijds uitgebrachte voeradviezen aan de hand van het praktijkonderzoek.

Tabel 5 Huidige P-normen en adviezen op basis van onderzoek

Gewichtstraject (kg)	P-behoeftenormen (g/kg ds) ¹	Advies (rosékalveren) ²
130-210	4,4 (4,4)	4 (4,5)
210-330	3,3 (3,4)	4 (3,5)

¹ De P-behoeftenormen volgens Handleiding Mineralenvoorziening Rundvee, Schapen en Geiten (CVB, 2005). Tussen haakjes de berekende normen op basis van PR-onderzoek, publicatie 139.

² Advies afgeleid van PR-onderzoek rosé vleeskalveren, publicatie 139

De praktijk

Bij een mengvoerbedrijf dat actief is in de rosésektor zijn enkele rantsoenen opgevraagd om na te gaan of het P-aanbod in de praktijk aansluit bij de huidige normen. In tabel 6 zijn enkele rantsoenoptimalisaties weergegeven. De ondergrens voor P-gehalten per kg ds is in de optimalisatie resp. 4,5; 4,0 en 3,5 g/kg ds. Daarmee liggen deze ondergrenzen in lijn met de advisering en huidige P-normen (zie tabel 6). Het eerste praktijkrantsoen, bestaande uit mengvoer en snijmaïs (in een verhouding 60/40 op ds-basis), zoals veelal op de wat kleinere bedrijven (met 50-150 rosékalveren) wordt verstrekt, heeft een P-gehalte dat boven de norm ligt. Feitelijk zou men bij deze rantsoenen in het tweede deel van het mesttraject het P-gehalte van het mengvoer kunnen verlagen van 4,8 naar 4,0 g P/kg product.

Het tweede rantsoen met tarwe laat zien dat er nog steeds ruimschoots boven de P-norm wordt gevoerd. In het laatste traject wordt er zelfs ruim 20% boven de norm gevoerd (vgl. 4,3 t.o.v. 3,5 g/kg ds). Het derde, bijproductenrijke rantsoen sluit veel beter aan bij de normen. Dit betekent dat het praktisch wel mogelijk is volgens de norm te voeren.

Tabel 6 P-aanbod rosékalveren van enkele rantsoenvoorbeelden uit de praktijk, de daarbij berekende behoeftenorm en de geadviseerde hoeveelheid P

Rantsoen	Leeftijdstraject (ca. 11-17 wk)	Leeftijdstraject (ca. 18-27 wk)	Leeftijdstraject (ca. 28-34 wk)
Rantsoenvoorbeelden			
<i>Mengvoer/snijmaïs</i>	4,5	4,1	4,1
<i>Mengvoer/tarwe/snijmaïs</i>	4,7	4,5	4,3
<i>Krachtvoerdeel vnl. uit bijproducten</i>	4,5	3,9	3,4
Berekende P-norm (g/kg ds)	4,5	3,6	2,9 ¹
Advies (g P/kg ds)	4,5	4,0 (4,5 -> 3,5)	3,5

¹ Een P-gehalte onder de 3 g/kg ds is wellicht aan de lage kant. Eigen onderzoek heeft gemodelleerd dat voor een maximaal karkasgewicht een P-gehalte van 3 g/kg ds in de tweede periode (na 22 weken leeftijd) alleen acceptabel is als in de voorgaande periode een rantsoen met minimaal 5 g P/kg ds wordt verstrekt

3.3 P-behoefte blanke vleeskalveren

Voor blanke vleeskalveren zijn geen normen beschreven in de Handleiding Mineralenvoorziening van het CVB (2005). Navraag bij Leerstoelgroep Diervoeding van het Departement Dierwetenschappen levert eveneens geen informatie op over de P-behoefte van blanke vleeskalveren.

Informatie uit de kalversector m.b.t. P-gehalten in de voedermiddelen en opname aan voedermiddelen zijn hieronder weergegeven.

- 0-2 maanden (60 dagen): 40 kg startmelk (6,5 g P/kg), 22 kg groeimelk (6 g P/kg) en 10 kg ds snijmaïs (2 g P/kg ds)
- 2-6 maanden (112 dagen): 278 kg groeimelk en 50 kg ds snijmaïs

De berekende P-opname bedraagt dan resp. 6,9 en 15,8 g/dag.

Informatie uit de kalversector geeft aan dat op basis van eigen proeven is vastgesteld wat de gewenste hoeveelheden P in de kalvermelkpoeder moeten zijn bij het huidige grondstoffenpakket. Als grondstoffen worden gebruikt met meer fytinezuur ligt de norm hoger, omdat fytase bij deze categorie dieren niet is toegestaan. Ook is bekend dat te lage P-gehalten kunnen leiden tot groeidepressie en soms gepaard gaan met lagere P-gehalten in het bloed van de vleeskalveren.

4 Onderbouwing P-behoefte van varkens

4.1 De verteerbaarheid van P in voeders voor varkens

In 1988 werd op basis van onderzoek uitgevoerd op het toenmalige IVVO-DLO de eerste voorlopige tabel verteerbaar P in varkensvoerders door het CVB uitgegeven (Jongbloed et al., 1988), waarna in 1990 de herziene tabel verteerbaar P werd gepubliceerd (Blok, 1990). Hieronder wordt de techniek beschreven om de verteerbaarheid van P bij varkens vast te stellen, waarbij onderscheid gemaakt wordt tussen voedermiddelen van plantaardige herkomst en die van dierlijke herkomst en voederfosfaten. De grote variatie in (verteerbaar) P-gehalte tussen de te onderzoeken voedermiddelen maakt het noodzakelijk verschillende onderzoeksmethodieken te gebruiken. Voor plantaardige voedermiddelen met een verteerbaar P-gehalte (vP) tussen de 0,4 en 5,0 g/kg wordt de klassieke verteringsproef met vleesvarkens toegepast. Voor voederfosfaten en dierlijke producten wordt een aangepaste slope-ratio-techniek bij biggen gebruikt. In de volgende paragrafen worden de methodieken nader toegelicht.

4.1.1 Voedermiddelen van plantaardige herkomst in Nederland

Voor het vaststellen van de P-verteerbaarheid van plantaardige voedermiddelen zijn vleesvarkens met een lichaamsgewicht van ca. 40 tot ca. 110 kg gebruikt. Iedere grondstof is getest met vier dieren in stofwisselingskooien, meestal volgens het principe van een Latijns vierkant. De faeces werd kwantitatief verzameld. Naast het te onderzoeken voedermiddel diende in de eerste 30 proeven gerst en daarna maïs, aangevuld met mineralen en vitamines, als basisvoer. De meeste verteringsproeven werden in de periode van 1980 tot 1995 uitgevoerd. In totaal zijn er momenteel ca. 150 verteringsproeven met plantaardige voedermiddelen uitgevoerd. De uitgangspunten voor dit type onderzoek zijn als volgt: het geschatte vP-gehalte in het rantsoen mag maximaal 1,6 g/kg bedragen, omdat bij hogere vP-gehalten bij deze categorie dieren geen betrouwbare meting verkregen kan worden (Jongbloed en Kemme, 1990). Tot 1988 bedroeg de Ca/P-verhouding van het rantsoen 1,25:1 met een minimum Ca-gehalte van 5,0 g/kg. Vanaf 1988 werd het Ca-gehalte, onafhankelijk van het P-gehalte, vastgesteld op 6,0 g/kg. Tenslotte wordt, als gevolg van een beter inzicht in de relatie tussen Ca en vP, sinds 1993 een Ca-gehalte aangehouden van 5,0 g/kg. Een te hoge Ca/vP-verhouding in het voer heeft nl. een negatief effect op de P-verteerbaarheid (Jongbloed, 1987). De proeven worden uitgevoerd op een voerniveau van 2,3 maal onderhoud. Het onderhoudsniveau is hierbij gesteld op $293 \text{ kJ NE}_v \text{ W}^{-0,75}$. Het voer wordt niet voorgeweekt. Nadere details staan vermeld in het verteringsprotocol van het CVB (1996). De belangrijkste wijziging in het CVB-verteringsprotocol met voorgaande methodieken is dat het voerniveau sinds 1996 verhoogd is van 2,3 naar 2,8 maal onderhoud en dat het basisvoer samengesteld wordt uit diverse P-arme voedermiddelen die alle noodzakelijke nutriënten bevatten (energie, eiwit en mineralen) behalve het gehalte aan vP, wat onder de vP-behoefte is. Verder worden de voeders zonder stoom gepelleteerd. Sinds 1995 zijn er sporadisch nog P-verteringsproeven met plantaardige voedermiddelen in Nederland uitgevoerd, behalve in 2007 en 2008 waar enkele biologisch geteelde plantaardige voedermiddelen ook op P-verteerbaarheid zijn onderzocht. In 2010 is een grote serie verteringsproeven bij Wageningen UR Livestock Research van start gegaan in opdracht van het CVB, waarbij ook de P-verteerbaarheid wordt vastgesteld. Resultaten hiervan zijn nog niet gepubliceerd. De standaardafwijking van de P-verteerbaarheid van voedermiddelen van plantaardige herkomst is gemiddeld 3 tot 5 procent-eenheden.

4.1.2 Voedermiddelen van plantaardige herkomst in het buitenland

In de ons omringende landen is op veel kleinere schaal de P-verteerbaarheid van plantaardige voedermiddelen onderzocht; veelal gebruikt men de waarden zoals vermeld in de Nederlandse Veevoedertabel (CVB, 2008). Van diverse contacten is informatie gevraagd omtrent protocollen die gehanteerd worden voor het vaststellen van de P-verteerbaarheid bij varkens. Een overzicht hiervan is gegeven in Tabel 7. Onderzoekers in België hanteren hetzelfde protocol als in Nederland.

Tabel 7 Vergelijking van protocollen voor meting P-verteerbaarheid bij varkens

	Nederland	Duitsland	Frankrijk
Referentie	CVB, 2005	Anonymus, 1994	Létourneau et al., 2010
Gewicht varken, kg	40-100	>30	?
Geslacht	Voorkeur borg[??]	borg	Borg, zeug
Aantal dieren	≥4	4-6	6
Huisvesting	grondhok	kooi/grondhok	kooi
Overgangperiode, d	5	7	?
Voorperiode, d	5 - 10	10	?
Hoofdperiode, d	3 - 5	7	7
Feces verzameling	kwalitatief	kwantitatief/ kwalitatief	kwantitatief
Urine verzameling	niet	wel	wel
Voerniveau, x M	2,8	2,5	3,5% x levend gewicht
Maaltijden/dag	2	2	2
Voervorm	pellets	meel/ pellets	meel
Water, l/kg ds	min. 2,5	?	vrij
Analyses	duplo	duplo	duplo

Tabel 7 laat zien dat er veel overeenkomst is in de gevolgde procedure voor het vaststellen van de P-verteerbaarheid in de voeders. De samenstelling van de basisvoeders staat in tabel 8.

Tabel 8 Grondstofsamenstelling basisvoer (g/kg)

	Nederland Compleet mengvoer	Duitsland
Aardappelzetmeel	-	643
Bietenpulp	-	148
Aardappeleiwit	-	85
Melkpoeder (Sprüheiwiss)	-	65
Cellulose	-	22
Sojaolie	-	17
L-Lysine HCl	-	1,5
L-Tryptofaan	-	0,5
Premix vit. + min.	ca. 2,0	10
CaCO ₃	-	8
Max. vP, g/kg	1,6	1,8
NE, MJ/kg	9,3	11,3
RE, g/kg	110 – 250	-
Lysine, g/kg	≥ 80% beh.	12,2
Tryptofaan	≥ 80% beh.	-
RVET, g/kg	20 – 100	-
NSP, g/kg	50 – 300	-
Ca, g/kg	4,0 – 6,0	5,0 - 6,0
Na, g/kg	1,2 – 3,0	-
Fytase activiteit	geen	geen

Uit Tabel 8 blijkt dat er grote verschillen zijn tussen de gebruikte basisvoeders. In Nederland wordt sinds 1996 min of meer een volledig mengvoeder gebruikt, terwijl in Duitsland een semisynthetisch voer wordt gebruikt. Het voordeel van een semisynthetisch voer is dat het vP-gehalte erg laag is, maar door de specifieke grondstoffensamenstelling zijn er minder interacties tussen de nutriënten waardoor de toepasbaarheid in de praktijk een belangrijk discussiepunt is.

4.1.3 Voedermiddelen van dierlijke en minerale herkomst in Nederland

Het P-gehalte in voedermiddelgrondstoffen van dierlijke en minerale herkomst is vaak erg hoog. Een betrouwbare schatting van de P-verteerbaarheid van die voedermiddelgrondstoffen is echter alleen mogelijk, wanneer de toegevoegde hoeveelheid P uit die producten relatief groot is. Er wordt immers maar weinig van het te onderzoeken voedermiddel aan het basisvoer toegevoegd, zodat de relatieve analysefout groot kan zijn, waardoor een minder betrouwbare uitkomst wordt verkregen.

Daarom werd het onderzoek naar de P-verteerbaarheid van dierlijke en minerale voedermiddelen met behulp van de 'slope-ratio-technique' bij biggen van 10 tot 30 kg uitgevoerd. Deze diercategorie heeft een veel hogere vP-behoefte dan vleesvarkens, zodat er meer van het te onderzoeken voedermiddel, en daarmee dus ook P, kon worden toegevoegd. Het principe van de 'slope-ratio-technique' is dat voor elk te onderzoeken voedermiddel een helling berekend wordt tussen de hoeveelheid P afkomstig van het voedermiddel en een respons-variabele (in dit geval de hoeveelheid verteerbaar P). De verhouding van de berekende hellingen, uitgaande van een rechtlijnig verband, van de diverse voedermiddelen ten opzichte van elkaar geeft de waarde voor de P-verteerbaarheid aan (Dellaert et al., 1990). Recent werd door Wageningen UR Livestock Research één dosering van het te onderzoeken voedermiddel naast het P-arme basisvoer toegepast. In wezen is zo'n proef geen slope-ratio meer. Daarnaast werd er tevens één dosering van een voederfosfaat van bekende en constante P-verteerbaarheid (chemisch zuiver mononatriumfosfaat) aan het basisvoer toegevoegd. De hoeveelheden voederfosfaat werden uitgewisseld tegen maïszetmeel. De hoeveelheid P afkomstig van het te onderzoeken voedermiddel kwam veelal overeen met die aan toegevoegd mononatriumfosfaat. Het maximale vP-gehalte van het voer bedroeg 3,0 g/kg en het Ca-gehalte in de voeders werd gestandaardiseerd op 7,5 g/kg. De voeders werden vijf of zes weken onbepaald verstrekt aan biggen vanaf ca. 10 kg lichaamsgewicht, waarbij de experimentele eenheid een hok met zes of meer biggen was. In de meeste proeven werd de verteerbaarheid van P vastgesteld in de (derde), vierde en vijfde week na het verstrekken van het proefvoer. Aangezien de mest niet kwantitatief werd verzameld, is de P-verteerbaarheid geschat met chroom als indicator. Sinds 1995 zijn er in opdracht van voederfosfaatfabrikanten nog maar enkele series verteringsproeven bij varkens met voederfosfaten bij Wageningen UR Livestock Research uitgevoerd. Daarbij is gebleken dat er grote verschillen bestonden in P-verteerbaarheid van voederfosfaten. De P-verteerbaarheid van monocalciumfosfaten bedroeg gemiddeld 80%, terwijl die van waterrij dicalciumfosfaat slechts 64 % bedroeg. Calcium-natriumfosfaat en de meeste grondstoffen van dierlijke oorsprong hadden een P-verteerbaarheid die ligt tussen die van mono- en dicalciumfosfaten. Een overzicht van de P-verteerbaarheid van enkele voederfosfaten en dierlijke producten is weergegeven in tabel 9 (CVB, 2008).

Tabel 9 Verteerbaarheid (VC) van P in enkele voederfosfaten en dierlijke producten (CVB, 2008)

Voedermiddel	Samenstelling, g/kg				VC-P, % Gemiddeld
	Na	Ca	Mg	P	
Mononatriumfosfaat, anhydraat	190	-	-	239	87
Dinatriumfosfaat	250	-	-	174	90
Monocalciumfosfaat, herkomst België en Scandinavië	-	160	-	226	83
Dicalciumfosfaat, anhydraat	-	250	-	200	65
Dicalciumfosfaat, dihydraat	-	240	-	182	71
Natrium-calciumfosfaat	60	311	-	181	(83)
Calcium-magnesiumfosfaat	-	100	100	200	84
Natrium-magnesiumfosfaat	131	78	41	173	81
Beendermeel	-	179	-	82.8	75
Diermeel, NL	-	45.7	-	23.1	74
Vismeel, re 630-680	-	35.9	-	24.0	77
Vleesbeendermeel, ruw vet<100	-	146	-	69.7	81
Weipoeder, msa ¹ , as<210	-	16.7	-	15.0	82

¹ msa = melksuikerarm

Bij Wageningen UR Livestock Research is in het verleden vrij veel aandacht besteed aan het ontwikkelen van een *in vitro* methode om de P-verteerbaarheid van voederfosfaten te schatten. Hierbij werden zowel de water- als de citroenzuuroplosbaarheid gebruikt. De wateroplosbaarheid gaf geen goede weerspiegeling van de te verwachten P-verteerbaarheid. De citroenzuuroplosbaarheid overschatte de P-verteerbaarheid van alle voederfosfaten en toonde evenmin verschillen daartussen aan. De wateroplosbaarheid en zeker de citroenzuuroplosbaarheid zijn dus geen bruikbare parameters om de P-verteerbaarheid van voederfosfaten in te schatten (Kempe et al., 1990).

Verteringsproeven bij fokzeugen voor het vaststellen van de P-verteerbaarheid in mengvoedergrondstoffen zijn vrijwel niet uitgevoerd. Dit wordt vooral veroorzaakt vanwege de lage P-behoefte bij drachtige zeugen, waardoor er een onbetrouwbare waarde verkregen wordt. Bij toepassing van

voeders met veel niet-zetmeel koolhydraten aan (drachtige) fokzeugen verdient de verteerbaarheid van P nadere aandacht. Uit literatuur en eigen onderzoek bij vleesvarkens zijn er aanwijzingen dat de mineralenverteerbaarheid en ook die van P vermindert bij hogere gehalten aan niet-zetmeel koolhydraten (Bakker et al., 1997). Tot nu toe wordt hiermee geen rekening gehouden. Zeer recent is er internationaal een tendens om in plaats van de schijnbare P-verteerbaarheid de gestandaardiseerde verteerbaarheid (STTD) in te gaan voeren. Bij deze benadering wordt er rekening gehouden met de onvermijdelijke endogene P verliezen (Almeida and Stein, 2010). Deze worden niet langer aan de grondstof toegerekend, maar gezien als onderdeel van de onderhoudsbehoefte van het dier. De berekende gestandaardiseerde P-verteerbaarheid is hierdoor voor alle voedermiddelen hoger dan de schijnbare verteerbaarheid. Met name bij grondstoffen die weinig P bevatten, dragen de endogene verliezen bij aan een relatief sterk bij aan de lage schijnbare verteerbaarheid. Deze worden nu aanzienlijk gecorrigeerd, zodat een duidelijk hogere gestandaardiseerde P-verteerbaarheid wordt bereikt. Er wordt gerekend met een endogeen P-verlies van 200 mg/kg droge stofopname (Stein, 2011). Voor tapioca betekent dit dat de P-verteerbaarheid toeneemt van 10% op schijnbare basis naar ca. 25% gestandaardiseerd en voor mais van 24 naar 30%.

4.2 P-behoefthenormen voor varkens

De schatting van de P-behoefthenormen wordt gedaan op basis van de factoriële benadering. Hierin wordt onderscheid gemaakt in de behoefte voor onderhoud en voor productie. De benadering van de P-behoefte is uitvoerig beschreven door Jongbloed et al. (2003), zodat hier alleen wordt ingegaan op enkele belangrijke aspecten.

4.2.1 P-behoefte van biggen en vleesvarkens

P-behoefte voor onderhoud

Op basis van literatuur kan geconcludeerd worden dat de fecale endogene uitscheiding evenals de onvermijdbare verliezen in de urine samenhangen met het aanbod aan P met het voer (Jongbloed en Everts, 1992) en met de droge stofopname (Almeida en Stein, 2010). Omdat de behoefte tot nu toe werd uitgedrukt in schijnbaar verteerbaar P, is de bijdrage van de endogeen fecale uitscheiding feitelijk al verrekend in de verteringscoëfficiënten. De uitscheiding van P met de urine is bij een laag voorzieningsniveau aan vP en een normale Ca/vP-verhouding in het voer ook laag. Hiervoor wordt 1 mg P/kg levend gewicht (LG)/d aangenomen.

Om te corrigeren van een suboptimale naar een voldoende P-voorziening wordt 6 mg P/kg LG/dag aangehouden als endogeen fecale verliezen. Samen met de onvermijdbare verliezen in de urine wordt daarom met een totaal endogeen verlies gerekend van 7 mg/kg LG/dag. Internationaal worden vaak iets hogere endogene verliezen aangehouden. Zo wordt in Duitsland gerekend met een endogeen verlies van 10 mg P/kg/dag (GfE, 2008), evenals in Frankrijk (Jondreville en Dourmad, 2005). Relatief zijn de endogene P-verliezen klein bij biggen en vleesvarkens, maar bij fokzeugen die veel zwaarder zijn en vooral bij drachtige zeugen is het relatief veel.

P-behoefte voor productie

Voor biggen en vleesvarkens bestaat de productie voornamelijk uit aanzet in de vorm van water, eiwit, vet en botweefsel. De grootste hoeveelheid P wordt vastgelegd in het botweefsel (75 - 80 %). De rest wordt vastgelegd in eiwit (spierweefsel en organen); vet bevat nauwelijks P. In fokzeugen bestaat de productie uit maternale aanzet en groei van de foeten en melkproductie voor zogende biggen. Gedetailleerde informatie over de achtergronden van de behoefteschattingen voor biggen, vleesvarkens en fokzeugen is beschreven door Jongbloed et al. (2003). In de volgende paragrafen worden de methoden voor het berekenen van de P-behoefte voor varkens, zoals die in de ons omringende landen worden gebruikt, met elkaar vergeleken.

Formules voor het schatten van de P-behoefte voor biggen en vleesvarkens

De volgende schattingsformules voor het schatten van de P-behoefte worden door de diverse landen gehanteerd (Tabel 10). Hierbij is voor Frankrijk en Nederland de eerste afgeleide van de schatting van de totale hoeveelheid P in het dier genomen.

Tabel 10 Formules en voorbeeldberekeningen voor schatting van de P-behoefte voor biggen en vleesvarkens (LG = levend gewicht, kg; EBW = leeg gewicht, kg).

Land	Formules		Voorbeeldberekeningen bij 80 kg LG	
	Onderhoud (mg/dag)	Productie (g P/kg groei)	Onderhoud (g/dag)	Productie (g P/kg groei)
Duitsland	10 x LG	Tot 80 kg LG: 5,0 g/kg Vanaf 80 kg LG: 4,5 g/kg	0,8	Tot 80 kg LG: 5,0 g/kg Vanaf 80 kg LG: 4,5 g/kg
Frankrijk	10 x LG	$5,4199 - 2 \times 0,002857 \times LG$	0,8	5,41
Nederland	7 x LG	$\ln P = 1,678 + 1,0037 \ln EBW$	0,7	5,32

In het Duitse systeem wordt uitgegaan van een efficiency van 95% van de hoeveelheid nodig voor groei en onderhoud, terwijl dat de andere landen uitgaan van 100% benutting van vP. Voor de omrekening van EBW naar W wordt in Nederland de volgende formule gebruikt: $EBW \text{ (kg)} = 0,012 + 0,923 \times LG + 0,00026 \times LG^2$.

4.2.2 P-behoefte van drachtige zeugen

Bij fokzeugen zijn de laatste 10 jaar grote veranderingen opgetreden. Het aantal biggen tijdens de dracht en lactatie is vrij fors toegenomen. Tevens is het gewicht bij dekken van eerste worpszeugen toegenomen van 120 naar ca.130 kg.

De zeer beperkte literatuur geeft geen aanleiding om voor de onderhoudsbehoefte aan P van fokzeugen andere waarden aan te houden dan voor biggen en vleesvarkens. Daarom is in Nederland voor fokzeugen voor onderhoud met 7 mg P/kg LG/dag gerekend. In Duitsland en Frankrijk wordt 10 mg P/kg LG aangehouden.

P-behoefte voor maternaal weefsel, annexa en foetale groei

De aanzet van maternaal weefsel wordt sterk beïnvloed door het voer en het voerregime (o.a. voerniveau en de verdeling van de hoeveelheid voer over de dracht). Dit bemoeilijkt het geven van een eenduidig advies. In de eerste twee maanden van de dracht is, behalve voor eerste worpszeugen die een hoge maternale aanzet van eiwit en beenweefsel hebben, de P-behoefte laag. Voor de ontwikkeling van de maternale groei en uterusinhoud (foeten, placenta's en intra-uteriene vloeistof) is gebruik gemaakt van het CVB-documentatierapport van Everts et al. (1994) over normen voor drachtige zeugen. In deze publicatie wordt uitgegaan van een constante maternale eiwitaanzet per dag gedurende de gehele dracht (exclusief uierontwikkeling).

De ontwikkeling van de P-aanzet in foeten is geschat mede in afhankelijkheid van het aantal foeten. De schattingsformule is als volgt:

$$\ln P_f = 4,591 - 6,389 \cdot \exp^{-0,02398 \cdot (t-45)} + 0,0897 \cdot n, \quad (F1)$$

waar P_f de hoeveelheid P (g) in de foeten is, t het aantal dagen dracht en n het aantal foeten. In onze berekeningen is ervan uitgegaan dat het gehalte aan P en Ca in pasgeboren biggen 6,18 g respectievelijk 11,07 g/kg bedraagt. Het gemiddelde geboortegewicht van levend + doodgeboren biggen kwam uit op 1435 g. Voor onze berekeningen zijn wij uitgegaan van 1450 g. Verder is aangenomen dat het totaal aantal geboren biggen bij de eerste en oudere worpszeugen resp. 11,6 en 12,8 is. Op grond hiervan, kan F1 voorzien worden van een correctiefactor voor zowel een hoger geboortegewicht als een hoger P-gehalte in de pasgeboren big. Noblet et al. (1985) hebben formules gegeven voor het schatten van de hoeveelheid eiwit in placenta's, in de intra-uteriene vloeistof en in het uier. Er zijn echter geen gegevens bekend over P-gehalten in de placenta's, de intra-uterine vloeistof en het uier. Die van de placenta's en het uier zijn door ons afgeleid van het P-gehalte in spiereiwit, welke volgens Jongbloed (1987) $60 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1} \text{ N}$ (= 9,6 mg P/g eiwit) is. Op basis van bovenstaande informatie is in Tabel 11 een overzicht gegeven van de vP- en Ca-behoefte voor guste en drachtige zeugen. In dit voorbeeld is uitgegaan van een tweede worpszeug met een worpgrootte van 12,8 biggen (levend en dood).

Tabel 11 Behoefte aan Ca en verteerbaar P voor drachtige en lacterende zeugen (CVB, 2010)

Zeugencategorie	Ca, g/EW	vP, g/EW
Dracht	6,9	2,1
Lactatie	8,8	3,1

Als we echter kijken naar het verloop van de vP-behoefte gedurende de dracht dan ontstaat een ander beeld (Tabel 12). Het blijkt namelijk dat de vP-behoefte gedurende de eerste helft van de dracht nauwelijks toeneemt en veel lager is vergeleken met de laatste drie weken van de dracht.

Tabel 12 vP-behoefte (g/dag) voor een drachtige tweedeworps zeug met 13 foeten

	Aantal dagen dracht						
	0 (=gust)	28	56	84	98	105	115
Gewicht zeug (kg)	150	166	184	206	214	219	228
vP-behoefte voor:							
Onderhoud (7 mg/kg)	1,09	1,16	1,28	1,44	1,50	1,53	1,59
vP-behoefte voor productie:							
Maternale groei (55 g eiwit/d) en 9,6 mg P/g eiwit)	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53
Aanzet in botweefsel (0,8 g/d)	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
Aanzet in placenta + uier en 9,6 mg P/g eiwit)	-	-	0,06	0,07	0,12	0,17	0,35
Aanzet in 13 foeten (F.1)	-	-	0,24	1,64	2,55	2,91	3,30
Totale vP-behoefte	2,41	2,50	2,92	4,49	5,50	5,95	6,58

4.2.3 P-behoefte van lacterende zeugen

Op basis van de onderhoudsbehoefte en de aanzet van P in biggen kan de behoefte aan vP voor melkproductie van zeugen geschat worden. In zogende biggen is de P-aanzet/kg EBW-toename 5,40 g. Op basis van de resultaten bij biggen van 14 en 26 dagen oud blijkt het EBW gemiddeld 97% van het W te zijn (Jongbloed et al., 2002a). Er wordt dan $5,40 \times 0,97 = 5,25 \text{ g P.kg}^{-1}$ groei aangezet. Rekening houdend met de onderhoudsbehoefte van een big (gemiddeld lichaamsgewicht 5 kg) en de P-verteerbaarheid van melk (91%) is er bij een groei van de biggen van 250 g/d per big 1,48 g vP per dag nodig in de vorm van melk. Voor melk is een P-verteerbaarheid van 91% aangehouden. De gegevens kunnen vervolgens omgerekend worden tot de volgende vergelijking, waarin zowel de hoeveelheid P nodig voor onderhoud en groei verwerkt is:

$$\begin{aligned} & ((DG * 5,25) + (28 * DG + 1,45 + 1,45)/2 * 0,007)/0,91 = \\ & (DG * 5,25 + (14 * DG + 1,45) * 0,007)/0,91 = \\ & (DG * 5,25 + 14 * DG * 0,007 + 1,45 * 0,007)/0,91 = \\ & (DG * 5,348 + 0,0102)/0,91 = \end{aligned}$$

$$P_{\text{in melk}} = (5,877 * DG + 0,0112) * n \quad (F2)$$

waarbij: DG = dagelijkse groei van de biggen (kg) en n = aantal zogende biggen.

Tijdens de lactatie vindt enige afbraak van lichaamseiwit van de zeug plaats en komt er daardoor ook een kleine hoeveelheid P beschikbaar. In CVB (2003) wordt ervan uitgegaan dat een tweedeworps zeug 2,50 kg eiwit gedurende de hele lactatieperiode van 28 dagen mobiliseert, wat bij een gehalte van 9,6 mg P/g eiwit en bij een lactatieduur van 28 dagen 0,86 g P per dag oplevert (= $2,50 \times 9,6 / 28$). Een lacterende eerste worpszeug zou volgens Everts et al. (1994) per lactatieperiode 3,0 kg eiwit mobiliseren. In de schattingen naar de vP-behoefte is er echter door Jongbloed et al. (2003) geen rekening gehouden met demineralisatie van het botweefsel omdat hiervan geen gegevens voorhanden zijn.

De totale vP-behoefte van een lacterende tweede worpszeug is weergegeven in Tabel 13. In deze berekeningen is uitgegaan van een gemiddelde groei van de zogende biggen van zowel 250 als 225 g/big/d. Uit deze tabel blijkt de behoefte 1,66 g vP/dag lager te zijn wanneer de groei van een big 25 g/big/d lager is.

Tabel 13 Geschatte vP-behoefte (g vP/dag) voor een lacterende tweede worpszeug (194 kg gewicht; 11,25 biggen met een gemiddelde groei van 250 en 225 g/big/d)

Groei big (g/dag)	vP-behoefte (g vP/dag)			
	250		225	
Onderhoud zeug	$194 \times 0,007 =$	1,36	$194 \times 0,007 =$	1,36
Afbraak lichaamseiwit	$2,50 \times 9,6/28 =$	-0,86	$2,50 \times 9,6/28 =$	-0,86
Biggen	$11,25 \times 1,48 =$	<u>16,66</u>	$11,25 \times 1,33 =$	<u>15,00</u>
Totale behoefte		17,16		15,50

4.3 Discussie P-behoefte varkens

Dit document beschrijft beschikbare kennis met betrekking tot de vP-behoefte van varkens en de mogelijkheden om de P-excretie te verminderen. Hierbij moeten de volgende kanttekeningen gemaakt worden.

1. De laatste 15 jaar is er weinig onderzoek gedaan naar het vaststellen van de P-verteerbaarheid van voedermiddelen voor varkens. Mede door verandering van de grondstoffsamenstelling en een ander verteringsprotocol voor varkens is het gewenst nieuwe data te genereren. In verband met de discussie over de STTD bij varkens dient in Nederland dit systeem ook serieus overwogen te worden. Dit zou kunnen inhouden dat alle oude verteringsproeven opnieuw berekend moeten worden. Bij Wageningen UR Livestock Research zijn de meeste originele data nog beschikbaar. Verder dient de hoeveelheid onvermijdelijke endogeen P verlies gekwantificeerd te worden, wat mogelijk op basis van resultaten van proeven met voederfosfaten bij Wageningen UR Livestock Research geschat kan worden. Ook zou nagegaan dienen te worden wat de oorzaken zijn van de spreiding in zowel het P-gehalte als de P-verteerbaarheid in voedermiddelen.
2. Op basis van enkele proeven met vrijwel identieke mengvoeders bij zowel biggen, vleesvarkens als lacterende fokzeugen was de P-verteerbaarheid 23 vs. 26 vs. 19%. Indien 500 FTU microbieel fytase aan de voeders was toegevoegd was de P-verteerbaarheid resp. 37 vs. 43 vs. 41 % (Kempe et al., 1997). Er zijn dus vrij grote verschillen in P-verteerbaarheid tussen varkenscategorieën waarmee in de normstelling voor zover bekend geen rekening wordt gehouden.
3. Omdat drachtige zeugen voeders met een hoog gehalte aan niet-zetmeel koolhydraten (NSP) verstrekt krijgen zou de P-verteerbaarheid van deze voeders bij drachtige zeugen wel eens duidelijk lager kunnen zijn dan de waarden vermeld in de Veevoedertabel (Bakker et al., 1997). Een deel hiervan zou verklaard kunnen worden door een hogere fecale endogene P-uitscheiding. Dit aspect verdient nadere studie.
4. Momenteel wordt op grote schaal microbieel fytase in varkensvoeders toegepast. Recent is naar voren gekomen dat het Ca-gehalte in het voer een groot effect zou hebben op de effectiviteit van fytase. Momenteel wordt de verhouding van Ca tot vP in het voer uitgedrukt als totaal Ca / vP, terwijl fysiologisch een verhouding van vCa/vP gewenst is. Gegevens over de Ca-verteerbaarheid bij varkens van belangrijke Ca-bronnen zoals kriet ontbreken echter. Daarom is het gewenst de Ca-verteerbaarheid vast te stellen om de P-verteerbaarheid van voeders verder te optimaliseren.
5. Het is bijna 10 jaar geleden dat de P-behoefthenormen voor varkens zijn vastgesteld. Voor het vaststellen hiervan dient het P-gehalte in varkens op verschillende leeftijden bekend te zijn evenals de mate van botmineralisatie. Bovendien is, gegeven de discussie om vleesbeertjes niet meer te castreren, het wenselijk na te gaan of het P-gehalte in vleesbeertjes afwijkt van borgen. Ook dienen de P-gehalten in biggen en vleesvarkens geactualiseerd te worden, omdat de dieren een hoger vleespercentage bevatten dan voor 2000, o.a. mede door betere voeding en kruisingen met het Piétrain varken. Ook is het aflevergewicht duidelijk toegenomen. Met deze nieuwe kennis kan de P-gift beter worden afgestemd op de behoefte en daarmee de P-efficiëntie worden verbeterd.
6. De schatting van de P-behoefte voor fokzeugen, met name lacterende fokzeugen dient opnieuw vastgesteld te worden. Er dient weer aandacht te worden geschonken aan het verloop van de maternale en foetale groei. De productie van een fokzeug is de laatste 10 jaar nl. fors toegenomen, wat ongetwijfeld gevolgen heeft voor de P-behoefte. Ook dient het P-gehalte in fokzeugen opnieuw geactualiseerd te worden.

4.4 Perspectief op vermindering van de P-uitscheiding bij vleesvarkens en fokzeugen

Ingeschat wordt dat door voeraanpassingen de P-excretie bij de meeste varkenscategorieën ten opzichte van het gemiddelde niveau in 2009 met ca. 20% verlaagd kan worden (Kortstee et al., 2011). Bij varkens kan verlaging van het P-gehalte in het voer een wezenlijk effect hebben op de kostprijs. Dit komt omdat verlaging van het verschil tussen het totale P-gehalte en het verteerbaar P-gehalte van het rantsoen, resulteert in het opnemen van (vaak dure) grondstoffen met een hoge P-verteerbaarheid in het voer. Dit rapport focust zich echter op de technische aspecten, terwijl de economisch effecten door Kortstee et al. (2011) beschreven zijn. Een inschatting van de technisch maximaal haalbare reductieniveaus van totaal P in het voer per categorie is weergegeven in Tabel 14.

Tabel 14 Overzicht gemiddeld P-gehalte voer t.o.v. behoefte bij varkens

	Huidig totaal P-gehalte rantsoen (gemiddelde, g/kg) (Van Krimpen et al., 2010)	Behoeftenorm (g vP/EW ¹) (CVB, 2010)	Reductie mogelijk van huidig totaal P- gehalte t.o.v. behoefte
<i>Varkens</i>			
Zeugen Dracht	5,0	2,1	-30%
Zeugen Lactatie	5,5	3,1	-10%
Big na spenen	5,4	3,2 – 3,4	- 5%
Vleesv. 25 – 45 kg	4,8	2,4	-15%
Vleesv. 45 – 70 kg	4,5	2,1	-20%
Vleesv. 70 kg – slacht	4,3	1,9	-25%
Vleesv. 45 kg – slacht	4,7	2,0	-20%

¹ vP = verteerbaar fosfor; EW = een maat voor de voederwaarde bij varkens

5 Onderbouwing P-behoefte van pluimvee

5.1 De opneembaarheid van P in voeders voor pluimvee

In 1994 werd op basis van onderzoek uitgevoerd op het toenmalige ID-DLO de eerste voorlopige tabel opneembaar P in pluimveevoeders door het CVB uitgegeven (CVB, 1994). In 1997 is in Nederland het systeem 'Opneembaar Fosfor Pluimvee' officieel van kracht geworden (CVB, 1997).

Er is geen officieel CVB-protocol voor het vaststellen van de opneembaarheid bij zowel vleeskuikens als leghennen, van zowel voedermiddelen van plantaardige herkomst als die van dierlijke herkomst en voederfosfaten. Wel is duidelijk dat gezien de grote variatie in (opneembaar) P-gehalte tussen de te onderzoeken voedermiddelen het noodzakelijk is verschillende methodieken te gebruiken. Voor plantaardige voedermiddelen met een opneembaar P-gehalte (oP) tussen de 0,4 en 5,0 g/kg wordt de klassieke verteringsproef met vleeskuikens toegepast. Voor voederfosfaten en dierlijke producten wordt een aangepaste slope ratio-techniek bij Wageningen UR Livestock Research (WLR) gebruikt. In de volgende paragrafen worden de methodieken nader toegelicht.

5.1.1 Waardering voedermiddelen in de pluimveevoeding

Methodiek voor voedermiddelen van plantaardige herkomst Nederland

Voor het vaststellen van de P-opneembaarheid van plantaardige voedermiddelen werden vleeskuikens op een leeftijd van 12 tot 14 dagen opgelegd op kooien met minimaal 8 dieren. Er werden minimaal 4 herhalingen per voeder uitgevoerd. De mest werd meestal kwantitatief verzameld, alhoewel de laatste jaren ook meer en meer de ileum-inhoud na dissectie van de dieren is bemonsterd, waarbij dan een indicator aan het voer wordt toegevoegd. De behoefte aan mineralen en vitamines werd gedekt via het toevoegen van een premix aan het voer. Tot ca. 2000 werden de meeste verteringsproeven uitgevoerd met een totale verzameling van excreta, waarbij een geschat oP-gehalte van het totale rantsoen op 1,8 à 2,0 g/kg werd aangehouden. Bij P-verteringsproeven waarbij ileale verzameling van de chymus plaatsvond werd een oP-gehalte van het rantsoen van ca. 2,8 g/kg aangehouden. Er werd gestreefd naar een Ca/oP-verhouding van 2,2 à 2,3 in het voer. De proeven zijn uitgevoerd onder ad libitum voeding, waarbij het voer niet voorgeweekt werd. Er zijn volgens dit protocol naar schatting in Nederland totaal ca. 60 verteringsproeven met vleeskuikens uitgevoerd waarin de P-opneembaarheid is gemeten. De meeste verteringsproeven naar de P-opneembaarheid werden in de periode van 1986 tot 1995 uitgevoerd. Sinds 1995 zijn er bij pluimvee sporadisch nog P-verteringsproeven met plantaardige voedermiddelen in Nederland uitgevoerd. In 2010 is een grote serie verteringsproeven bij Wageningen UR Livestock Research van start gegaan in opdracht van het CVB, waarbij ook de P-opneembaarheid is vastgesteld. In deze serie is de P-opneembaarheid op ileaal niveau vastgesteld bij vleeskuikens, en voor enkele voeders eveneens bij leghennen. Resultaten hiervan zijn nog niet gepubliceerd.

Methodiek voor voedermiddelen van plantaardige herkomst in het buitenland

In de ons omringende landen is op veel kleinere schaal dan in Nederland de P-opneembaarheid van plantaardige voedermiddelen onderzocht; veelal gebruikt men de waarden zoals vermeld in de Nederlandse Veevoedertabel. Van diverse contacten is informatie gevraagd omtrent protocollen die gehanteerd worden voor het vaststellen van de P-opneembaarheid in voedermiddelen bij pluimvee. Het blijkt dat in geen van de benaderde landen een protocol voor het vaststellen van de P-opneembaarheid bij pluimvee voorhanden is.

Methodiek voor voedermiddelen van dierlijke en minerale herkomst in Nederland

Het P-gehalte in voedermiddelen van dierlijke en minerale herkomst is vaak erg hoog. Een betrouwbare schatting van de P-opneembaarheid van die voedermiddelen is echter alleen mogelijk, wanneer de toegevoegde hoeveelheid P uit die producten relatief groot is. Er wordt immers maar weinig van het te onderzoeken voedermiddel aan het basisvoer toegevoegd, zodat de relatieve analysefout groot kan zijn, waardoor een minder betrouwbare uitkomst wordt verkregen. Daarom werd het onderzoek naar de P-opneembaarheid van dierlijke en minerale voedermiddelen met behulp van de 'slope-ratio-technique' bij vleeskuikens van ca. 12 à 14 dagen tot ca. 25 dagen leeftijd uitgevoerd. Het principe van de 'slope-ratio-technique' is dat voor elk te onderzoeken voedermiddel een helling berekend wordt tussen de hoeveelheid P afkomstig van het voedermiddel en een respons-variabele (in dit geval de hoeveelheid opneembaar P). De verhouding van de berekende hellingen, uitgaande

van een rechtlijnig verband, van de diverse voedermiddelen ten opzichte van elkaar geeft de waarde voor de P-opneembaarheid aan (Simons en Versteegh, 1989). Momenteel wordt op basis van de opgedane ervaring door Wageningen UR Livestock Research één dosering van het te onderzoeken voedermiddel toegepast. Daarnaast wordt er tevens één dosering van een voederfosfaat van bekende en constante P-opneembaarheid (chemisch zuiver mononatriumfosfaat) aan het basisvoer toegevoegd. Het basisvoer is een semi-synthetisch voer zodat het P-gehalte en vooral het fytaatgehalte in dit voer erg laag is. Het fytaatgehalte dient erg laag te zijn omdat jonge vleeskuikens het vermogen bezitten om een diereigen fytaase aan te maken, waardoor de P-opneembaarheid toeneemt. De hoeveelheid voederfosfaat wordt uitgewisseld tegen maïszetmeel. De hoeveelheid P afkomstig van het te onderzoeken voedermiddel komt veelal overeen met de hoeveelheid toegevoegd mononatriumfosfaat. Het maximale oP-gehalte van het voer bedraagt ongeveer 3,0 g/kg. Het Ca-gehalte in de voeders wordt op ca. 6,0 g/kg gehouden. De P-opneembaarheid wordt geschat met chroom als indicator.

Sinds 1995 zijn er in opdracht van voederfosfaatfabrikanten nog enkele series verteringsproeven met voederfosfaten bij vleeskuikens bij Wageningen UR Livestock Research uitgevoerd. Hieruit is gebleken dat er bij vleeskuikens grote verschillen bestaan in P-opneembaarheid van voederfosfaten. De P-opneembaarheid van monocalciumfosfaten bedraagt gemiddeld 85%, terwijl die van watervrij dicalciumfosfaat slechts 55% bedraagt. Uit het laatste onderzoek uitgevoerd bij Wageningen UR Livestock Research is gebleken dat als gevolg van technologische veranderingen de P-opneembaarheid van de voorheen minder goede voederfosfaten veel hoger kan zijn vergeleken met waarden die tussen 1990 en 2000 werden verkregen met voederfosfaten met dezelfde naam. Het is momenteel niet duidelijk of deze technieken nu in de praktijk bij de fosfaatindustrie worden toegepast en of deze fosfaten worden vermarkt. Desgevraagd blijkt dat de hogere waarden nog niet in de CVB-tabel zijn opgenomen.

De P-opneembaarheid van monocalciumfosfaten bedraagt gemiddeld 85%, terwijl die van watervrij dicalciumfosfaat slechts 55 % bedraagt. Calcium-natriumfosfaat en de meeste voedermiddelen van dierlijke oorsprong hebben een P-opneembaarheid die ligt tussen die van mono- en dicalciumfosfaten. Voor een overzicht wordt verwezen naar tabel 15 (CVB, 2008).

Tabel 15 Opneembaarheid (VC) van P in enkele voederfosfaten en dierlijke voedermiddelen voor pluimvee (CVB, 2008)

Voedermiddel	Samenstelling, g/kg			VC-P, % Gemiddeld
	Na	Ca	P	
Mononatriumfosfaat, monohydraat	167	-	225	91
Monocalciumfosfaat, herkomst België en Scandinavië	-	160	226	85
Dicalciumfosfaat, anhydraat	-	250	200	55
Dicalciumfosfaat, dihydraat	-	240	182	78
Natrium-calciumfosfaat	60	311	181	60
Diermeel, NL	-	45,7	23,1	62
Vismeel, re 630-680	-	35,9	24,0	74
Vleesbeendermeel, ruw vet<100	-	146	69,7	61
Weipoeder, msa ¹ , as<210	-	16,7	15,0	80

¹ = melksuikerarm

5.1.2 Benadering P-opneembaarheid voor pluimvee in het buitenland

In vrijwel alle landen wordt nog steeds het klassieke systeem gebruikt van 'available P' wat niets anders is dan 'totaal P minus fytaat-P'. De Duitse DLG (1999) drukt de waarde voor P in het voer uit in termen van niet-fytine P. Fysiologisch is dit geheel onjuist, omdat uit onderzoek blijkt dat pluimvee wel degelijk een deel van het fytaat-P kan absorberen als gevolg van de aanwezigheid van fytine-splitsende enzymen in het maagdarkanaal. In 2010 is in Washington DC tijdens een internationale conferentie met allerlei specialisten de sterke wens geuit, om bij pluimvee over te gaan naar een systeem van ileaal opneembaar P, hetgeen dus overeenkomt met wat in Nederland nu al wordt gedaan op basis van schijnbare fecale P-verteerbaarheid. Ook binnen Europa is in 2010 een werkgroep gestart (Working group 2: Nutrition) of the European Branches of WPSA) om zich over de P-waardering in voedermiddelengrondstoffen voor pluimvee te beraden.

In Frankrijk (Sauvant et al., 2004) hanteert men voor enkele voedermiddelenmengvoedergrondstoffen een waarde voor P-opneembaarheid voor vleeskuikens, maar het is niet duidelijk hoe deze waarden

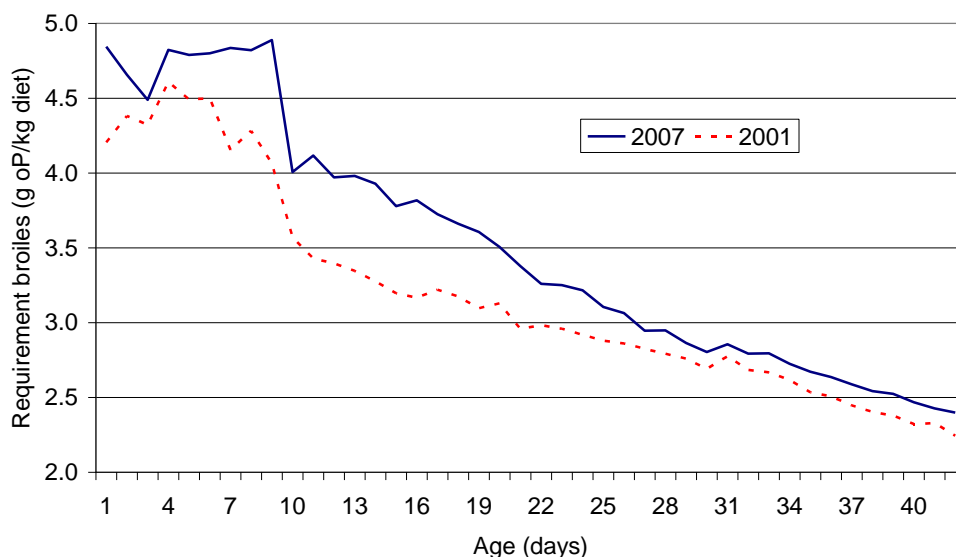
tot stand zijn gekomen. Van de enkele voedermiddelengrondstoffen die vermeld worden, blijkt dat de P-opneembaarheid meestal duidelijk lager is dan volgens CVB (2008). De dierlijke voedermiddelenproducten hebben in het Franse systeem alle een P-opneembaarheid van 85%. Vermoedelijk is dit een aangenomen waarde voor dit soort producten.

5.2 P-behoefthenormen voor pluimvee

Internationaal is de P-behoefthenorm voor pluimvee veelal gebaseerd op de hoeveelheid niet-fytine P. Hiermee kan men redelijk uit de voeten wanneer de voeders uitsluitend bestaan uit maïs en sojaschroot. In Nederland is dat niet het geval omdat de pluimveevoeders uit een grote variatie aan voedermiddelen bestaan.

Evenals bij varkens wordt de schatting van de P-behoefthenormen gedaan op basis van de factoriële benadering. Hierin wordt onderscheid gemaakt in de behoefte voor onderhoud en voor productie. De benadering van de P-behoefte is uitvoerig beschreven door Blok (1994). Hierbij is er een groot verschil in benadering van vleeskuikens en leghennen, waarbij hier alleen wordt ingegaan op enkele algemene aspecten.

Voor de schatting van de oP-behoefte voor groei wordt nog steeds uitgegaan van een P-gehalte in een vleeskuiken van 4,8 tot 4,9 g/kg dier. Deze waarde is afkomstig van de WPSA (1985) en is dus zeer verouderd, mede gegeven het feit dat het vleeskuiken van nu een heel andere lichaamssamenstelling heeft dan die van 25 jaar geleden. Kwakernaak en Jongbloed (1999) onderzochten gehalten aan o.a. stikstof (N) en P in karkassen van vier vleeskuikenlijnen op een leeftijd van vijf en zes weken. De gewichten op vijf weken van de vier lijnen waren tussen de 1430 en 1940 g en op zes weken tussen de 1930 en 2700 g. De N-gehalten in deze vleeskuikens waren overeenkomstig de verwachting (26,6 tot 28,6 g/kg), maar de P-gehalten waren veel lager dan volgens WPSA (1985). Op vijf weken leeftijd varieerden de P-gehalten in de vleeskuikens van 3,85 tot 4,17 g/kg en op zes weken leeftijd van 4,15 tot 4,41 g/kg. Voor drie van de vier lijnen was er een duidelijke toename van het P-gehalte van vijf naar zes weken leeftijd. Mogelijk treedt er compensatie op van een mogelijk tekort aan de oP-opname met het voer op jongere leeftijd. Opvallend is wel dat Dienst Regelingen (2009) uitgaat van een P-gehalte in vleeskuikens van 4,41 g/kg, terwijl de behoefteschattingen van het CVB (Blok, 1998) uitgaan van 4,8 tot 4,9 g P/kg lichaamsgewicht. Uit recente proeven (Angel et al., 2007; Coto et al., 2007) blijkt dat het Ca-gehalte in het voer vooral bij vleeskuikens een belangrijke rol speelt bij de vertering en benutting van P. Bij gebruik van fytase luistert het nog nauwer. Hierdoor is het van belang naast de opneembaarheid van P ook de opneembaarheid van Ca te weten, zowel met als zonder fytase in het voer. Ook is sinds 1985 de groeisnelheid van vleeskuikens sterk verhoogd met een betere voederconversie, wat gevolgen kan hebben voor de oP-behoefte. Als voorbeeld kan een vergelijking van het groeischema van Ross 308 in 2001 en 2007 dienen, waarbij een veiligheidsmarge van 7,5% is aangehouden (Figuur 3).



Figuur 3 Vergelijking van de oP-behoefte van Ross 308 vleeskuikens in 2001 en 2007

Uit figuur 3 blijkt dat vooral tot 28 dagen leeftijd er vrij grote verschillen zijn in de berekende oP-behoefte van Ross 308 vleeskuikens van 2001 en 2007. Het geadviseerde oP-gehalte in voeders voor vleeskuikens volgens CVB (2010) staat vermeld in Tabel 16.

Tabel 16 Geadviseerd oP- en Ca-gehalte in voeders voor vleeskuikens (CVB, 2010)

Leeftijdperiode	Gemiddelde groei, g/periode	Voeropname, g/periode	oP, g/kg voer	Ca, g/kg voer
0 – 10 dagen	195	255	4,0	8,8 - 9,2
10 – 30 dagen	1065	1715	3,1	6,8 - 7,1
30 – 40 dagen	730	1455	2,8	6,2 - 6,4
40 – 50 dagen	840	1850	2,7	5,9 - 6,2

Uit tabel 16 is af te leiden dat de adviesnormen gedurende de eerste 10 dagen duidelijk lager zijn dan in figuur 3 is aangegeven.

Voor leghennen wordt uitgegaan van een P-gehalte van 6,0 g/kg lichaamsgewicht en gelden de volgende adviesnormen voor witte leghennen (Tabel 17).

Tabel 17 Geadviseerd oP-gehalte in voeders voor witte leghennen (CVB, 2010)

Leeftijdperiode	Gemiddelde groei, g	Voeropname, g/dag	Eigewicht, g	oP, g/kg voer
20 – 28 weken	280	105	57	3,2
28 – 35 weken	50	110	60	3,0
35 – 55 weken	50	115	64	3,0
Vanaf 50 weken	40	115	66	2,8

De P-behoefte van leghennen wordt dus gedekt met een oP-gehalte van 3,2 g/kg gedurende de eerste twee maanden van de leg en neemt geleidelijk af tot 2,8 g/kg op het eind van de leg. DLG (1999) gaat uit van een P-gehalte in een vleeskuiken van 5,0 g/kg dier. De P-behoefte wordt door DLG (1999) uitgedrukt in de hoeveelheid niet-fytine-P, waarbij er wordt uitgegaan van een opneembaarheid van 70%.

5.3 Discussie P-behoefte pluimvee

Uit het voorgaande blijkt dat de onderzoeksmethodiek voor het vaststellen van de P-opneembaarheid in voedermiddelen voor pluimvee nog heel weinig is gestandaardiseerd. Wel is er internationaal bij wetenschappers een voorkeur voor het vaststellen van de P-opneembaarheid op ileaal niveau, maar deze methode wordt in de praktijk nog weinig uitgevoerd voor het vaststellen van de P-opneembaarheid van voedermiddelen. Er zijn waarschijnlijk nog te weinig gegevens om overgang naar een systeem van gestandaardiseerde P-opneembaarheid door te voeren.

Het jonge vleeskuiken heeft het vermogen om onder bepaalde omstandigheden fytaat af te breken in het maagdarmkanaal. Dit treedt vooral op bij een suboptimale voorziening van P. Wanneer de dieren onder de oP-behoefte worden gevoerd wordt meer fytaat afgebroken dan bij een normale P-voorziening. In deze situatie wordt dus een overschatting van de P-opneembaarheid verkregen, ten opzichte van condities met een gangbare P-voorziening. Er zal dan ook opnieuw onderzocht moeten worden hoe het protocol voor het vaststellen van het oP-gehalte in diverse voedermiddelen moet zijn. Bij leghennen is weinig bekend over de P-opneembaarheid van voedermiddelen. Ten opzichte van de situatie bij vleeskuikens zouden vooral het grote verschil in Ca-gehalte van het voer, de groeisnelheid en de langere levensduur van leghennen tot verschillen in P-opneembaarheid zouden kunnen leiden. Als gevolg van het toepassen van microbieel fytase in pluimveevoeders is het van groot belang het juiste Ca-gehalte te hanteren. Een te hoog Ca-gehalte vermindert de P-opneembaarheid van het voer en zou bovendien de effectiviteit van microbieel fytase benadelen. Bovendien zijn er verschillen in Ca-opneembaarheid van diverse Ca-bronnen, zodat het aan te bevelen is om naast een systeem van P-opneembaarheid ook een systeem van Ca-opneembaarheid te introduceren. Op grond hiervan kan de verhouding oCa/oP leiden tot een verbetering van de P-efficiëntie.

In Nederland is het gebruikelijk om grote hoeveelheden tarwe (tot wel 50%) in vleeskuikenrantsoenen op te nemen. Het zou interessant zijn om na te gaan wat hiervan het effect is op de P-opneembaarheid. Tarwe bevat namelijk veel planteigen fytase dat de P-opneembaarheid van het totale rantsoen sterk kan verhogen. Het is de vraag of de praktijk hier ook rekening mee houdt.

Wat betreft het schatten van de oP-behoefte van de huidige snelgroeiende vleeskuikens ontbreekt het aan betrouwbare gegevens van het P-gehalte in die dieren. Er zijn dan ook nieuwe proeven nodig waarbij een dosis-respons relatie wordt onderzocht tussen de hoeveelheid P in het voer en het P-gehalte in het dier. De discrepantie in P-gehalte bij vleeskuikens tussen Blok (1998) en Dienst Regelingen (2009) is opvallend en dient dan ook nader onderzocht te worden. Er is behoefte aan recente gegevens omtrent het gehalte aan mineralen in de huidige vleeskuikens. Ook is het van belang na te gaan hoe het verloop van het P-gehalte in het vleeskuiken is in de loop van de groeiperiode en zou het P-gehalte in leghennen op verschillende tijdstippen in de legperiode opnieuw moeten worden vastgesteld.

Bij de P-waardering van pluimvee gaan we er tot nu toe van uit dat de P-opneembaarheid van voedermiddelen bij vleeskuikens gelijk is aan die van leghennen. Ook wordt er uit gegaan van dezelfde P-opneembaarheid van voeders voor jonge en oude leghennen. Of dat zo is, moet nader geïnventariseerd worden.

5.4 Perspectief op vermindering van de P-uitscheiding bij vleeskuikens en leghennen

Uit het voorgaande hoofdstuk moge het duidelijk zijn dat het lastig is aan te geven hoeveel de P-uitscheiding bij vleeskuikens en leghennen nog verder kan worden verminderd, omdat zowel aan de opneembaarheid van P uit voedermiddelen als aan de behoefte van P nogal wat onzekerheden kleven. Op basis van de huidige gegevens van P-gehalten in de vleeskuikenvoeders en de verouderde P-gehalten in de huidige vleeskuikens kan slechts zeer onnauwkeurig geschat worden wat de mogelijkheden zijn voor verdere vermindering van de P-uitscheiding.

De P-uitscheiding van een vleeskuiken in 2009 is in tabel 18 weergegeven. Uitgangspunten voor de groeiprestaties zijn volgens KWIN-V 2010/2011. De gehalten in de voeders zijn afkomstig van Van Bruggen (CBS, 2010) en bewerkt naar de onderscheiden voeders in de praktijk, terwijl de gehalten in vleeskuikens volgens Dienst Regelingen (2009) zijn. Daarnaast is geschat wat de P-uitscheiding zou zijn wanneer een hogere dosis aan microbieel fytase aan het voer wordt toegevoegd. Andere opties, zoals een voer met andere voedermiddelen zodat een lager P-gehalte wordt bereikt, zijn achterwege gelaten. Op basis van deze schatting zou de P-excretie van vleeskuikens met ca. 7% gereduceerd kunnen worden.

Tabel 18 P-opname en P-uitscheiding (g) door een gemiddeld vleeskuiken met een eindgewicht van 2150 g in 2009 en bij gebruik van een hogere dosis aan microbieel fytase dan nu

Opname	In 2009			Bij meer fytase in het voer		
	g voer	g P/kg voer	g P	g voer	g P/kg	g P
Startvoer	300	6,3	1,89	300	6,1	1,83
Groeivoer	1491	5,6	8,35	1491	5,4	8,05
Afmestvoer	<u>1864</u>	4,9	<u>9,13</u>	<u>1864</u>	4,7	<u>8,76</u>
Totaal	3655		19,37	3655		18,64
Vastlegging			9,32			9,32
Uitscheiding			10,05			9,32

6 Conclusies

Melkvee

- In de praktijk is het P-gehalte in melkveerantsoenen nog altijd ruim boven de berekende behoefte. Door op basis van de huidige P-behoefthenormen te gaan voeren kan al een flinke slag gemaakt worden om de P-excretie in de melkveehouderij te beperken.
- Er zijn geen redenen om aan te nemen dat “op de behoeftenorm voeren” problemen geeft op het gebied van productie, gezondheid of vruchtbaarheid, ondanks een eventuele negatieve P-balans gedurende een korte periode.
- Rantsoenberekeningen dienen zich daarom te richten naar de huidige P-behoefthenormen.
- In uitzonderingsgevallen met een hoog aandeel bestendig eiwit en veel fytaat in het rantsoen, dient rekening te worden gehouden met een mogelijk krappere P-aanbod dan berekend; fytaat-P in het bestendig eiwit kan ontsnappen aan afbraak in de pens en komt vervolgens in de dunne darm niet meer beschikbaar.
- Er is relatief weinig onderzoek uitgevoerd waarbij *onder* de huidige behoeftenorm is gevoerd. Mogelijk kan de behoeftenorm zelfs nog aangescherpt worden, door een betere onderbouwing van de norm met meer onderzoeksresultaten op het gebied van:
 - de variatie in speekselproductie en de variatie in het P-gehalte van speeksel;
 - het effect van pens bestendig fytaat en het toevoegen van fytase;
 - de variatie in het P-absorptiepercentage in de darm;
 - langetermijneffecten van rantsoenen met een P-gehalte *onder de huidige Nederlandse norm*, op melkproductie, vruchtbaarheid en gezondheid.

Vleesvee

- Bij vleesstieren is een ondergrens van 2,5 g P/kg droge stof (ds) noodzakelijk voor het goed kunnen functioneren van de pens microben. Lagere P-gehalten dan 2,5 g P/kg ds kunnen in het gewichtstraject van 200 – 350 kg leiden tot verlaging van de voeropname en groei. Geadviseerd wordt in het gewichtstraject van ca. 200-400 kg een P-niveau van 3,0 g/kg ds te hanteren. Daarboven kan het P-gehalte zonder enig risico worden teruggebracht tot 2,5 g P/kg ds.
- Met een gerichte keus in bijproducten van voedermiddelen en het beperken van het P-gehalte in het mengvoer kan de P-opname van vleesstieren zodanig verlaagd worden dat het P-gehalte van het rantsoen goed aansluit bij de P-behoefte.
- Bij rosékalveren wordt de P-behoefte gedekt met een P-gehalte van 4,5 g/kg ds in het traject van 14-22 weken leeftijd en met een P-gehalte van 3,5 g/kg ds in het traject van 22-34 weken. Wil men echt scherp op de norm voeren, dan kan het advies nog met 0,25 g/kg ds worden verlaagd.
- Het gebruik van P-arme bijproducten maakt het mogelijk om het P-gehalte van het rantsoen van rosékalveren op eenvoudige wijze met 25-30% te verlagen.
- Voor blanke vleeskalveren zijn geen P-behoeftecijfers bekend en er staan ook geen normen beschreven in de Handleiding Mineralenvoorziening van het CVB (2005).

Varkens

- Het vaststellen van de P-verteerbaarheid van voedermiddelen voor varkens gebeurt in Nederland en België volgens een uniform protocol. Het Duitse en Franse protocol vertoont hiermee veel overeenkomsten.
- In Nederland wordt de factoriële benadering gebruikt om de vP-behoefte van varkens vast te stellen. Voor deze benadering is het P-gehalte in het dier een belangrijk onderdeel. Er is behoefte aan een update van dit gehalte bij biggen, fokzeugen en vleesbeertjes en vleeszeugjes in verband met respectievelijk de sterke stijging in performance en de discussie over het niet meer castreren van mannelijke vleesvarkens.
- Door invoering van de gestandaardiseerde P-verteerbaarheid en de Ca-verteerbaarheid kan de P-benutting verder geoptimaliseerd worden.
- Op basis van het gemiddelde (verteerbaar) P-gehalte in varkensvoerders (CBS) en het gemiddelde performance niveau (Agrovison) is vastgesteld dat ca. 40% van de opgenomen hoeveelheid P door varkens wordt vastgelegd in het varken. De bijbehorende P-uitscheiding bedraagt 5,7 kg per fokzeug met biggen tot ca. 25 kg per jaar en 0,73 kg per vleesvarken.
- Door diverse voerstrategieën toe te passen, kan de P-uitscheiding met 10-20% gereduceerd worden, zonder dat er tekorten in de vP-voorziening ontstaan. Onderbouwing hiervan door middel van dierexperimenteel onderzoek is een vereiste.

Pluimvee

- Op dit moment bestaat er (zowel binnen Nederland als wereldwijd) geen uniform protocol voor het vaststellen van de P-opneembaarheid van voedermiddelen voor pluimvee. Wel zijn er enkele internationale initiatieven opgestart om tot uniformering te komen.
- In Nederland wordt de factoriële benadering gebruikt om de oP-behoefte van vleeskuikens en leghennen vast te stellen. Voor deze benadering is het P-gehalte in het dier in de loop van de groei een belangrijk onderdeel. Als gevolg van het ontbreken van actuele gegevens, wordt in deze benadering nog steeds uitgegaan van gehalten die in 1997 zijn gepubliceerd.
- Vanwege de onzekerheden met betrekking tot waardering van voedermiddelen en vastlegging in pluimvee, is het op dit moment niet verantwoord om uitspraken te doen over het perspectief tot verdere verlaging van het P-gehalte in pluimveevoeders. Er zal, mede door het gebruik van microbiële fytase in het voer, meer aandacht geschonken moeten worden aan optimalisering van het Ca-gehalte in het voer op basis van opneembaar Ca.

Literatuur

Literatuur Hoofdstuk 2

- AFRC, Agricultural and Food Research Council - Technical Committee on Responses to Nutrients. 1991. A reappraisal of the calcium and phosphorus requirements of sheep and cattle, report 6. *Nutrition Abstracts and Reviews (Series B)* 61: 573-608.
- Bannink, A., L. Sebek and J. Dijkstra. 2010. Efficiency of phosphorus and calcium utilization in dairy cattle and implications to the environment. In: *Phosphorus and calcium utilization and requirements in farm animals*, Vitti, D.M.S.S. and E. Kebreab (ed). CAB International, Wallingford UK, pp.151-172.
- Bravo, D., F. Meschy, C. Bogaert and D. Sauvant. 2002. Effects of fungal phytase addition, formaldehyde treatment and dietary concentrate content on ruminal phosphorus availability. *Animal Feed Science and Technology* 99:73-95.
- Bravo, D., D. Sauvant, C. Bogaert and F. Meschy. 2003. III. Quantitative aspects of phosphorus excretion in ruminants. *Reproduction Nutrition Development* 43: 285-300.
- Breves G. and B. Schröder. 1991. Comparative aspects of gastrointestinal phosphorus metabolism. Cerosaletti, P.E., D.G. Fox and L.E. Chase. 2004. Phosphorus reduction through precision feeding of dairy cattle. *Journal of Dairy Science* 87: 2314-2323.
- COMV. 2005. Handleiding mineralenvoorziening rundvee, schapen en geiten. CVB, Lelystad, pp. 51-59.
- Ekelund, A., R. Spörndly, H. Valk and M. Murphy. 2003. Influence of feeding various phosphorus sources on apparent digestibility of phosphorus in dairy cows. *Animal Feed Science and Technology* 109: 95-104.
- Ekelund, A., R. Spörndly, H. Valk and M. Murphy. 2005. Effects of varying monosodium phosphate intake on phosphorus excretion in dairy cows. *Livestock Production Science* 96: 301-306.
- Ekelund, A., R. Spörndly and K. Holtenius. 2006. Influence of low phosphorus intake during early lactation on apparent digestibility of phosphorus and bone metabolism in dairy cows. *Livestock Science* 99: 227-236.
- Ferris, C.P., D.C. Patterson, M.A. McCoy and D.J. Kilpatrick. 2010a. Effect of offering dairy cows diets differing in phosphorus concentration over four successive lactations: 1. Food intake, milk production, tissue changes and blood metabolites. *Animal* 4: 545-559.
- Ferris, C.P., M.A. McCoy, D.C. Patterson and D.J. Kilpatrick. 2010b. Effect of offering dairy cows diets differing in phosphorus concentration over four successive lactations: 2. Health, fertility, bone phosphorus reserves and nutrient utilisation. *Animal* 4: 560-571.
- Goff, J.P. 2006. Macromineral physiology and application to the feeding of the dairy cow for prevention of milk fever and other periparturient mineral disorders. *Animal Feed Science and Technology* 126: 237-257.
- Hill, S.R., K.F. Knowlton, E. Kebreab, J. France and M.D. Hanigan. 2008. A model of phosphorus digestion and metabolism in the lactating dairy cow. *Journal of Dairy Science* 91: 2021-2032.
- Knowlton, K.F., J.H. Herbein, M.A. Meister-Weisbarth and W.A. Wark. 2001. Nitrogen and phosphorus partitioning in lactating Holstein cows fed different sources of dietary protein and phosphorus. *Journal of Dairy Science* 84: 1210-1217.
- Knowlton, K.F. and J.H. Herbein 2002. Phosphorus partitioning during early lactation in dairy cows fed diets varying in phosphorus content. *Journal of Dairy Science* 85: 1227-1236.
- Komisarczuk-Bony, S. and M. Durand. 1991. Effects of minerals on microbial metabolism. In: *Rumen Microbial Metabolism and Ruminant Digestion*, Jouany, J.P. (ed.). Institut National de la Recherche Agronomique, Paris, pp. 179-198
- Lopez, H., Z. Wu, L.D. Satter and M.C. Wiltbank. 2004. Effect of dietary phosphorus concentration on estrous behavior of lactating dairy cows. *Theriogenology* 61: 437-445.
- Martín-Tereso, J., A. Gonzalez, H. Van Laar, C. Burbano, M.M. Pedrosa, K. Mulder, L.A. Den Hartog and M.W.A. Verstegen. 2009. In situ ruminal degradation of phytic acid in formaldehyde-treated rice bran. *Animal Feed Science and Technology* 152: 286-297.
- Meschy, F. and A.H. Ramirez-Perez. 2005. Evolutions récentes des recommandations d'apport en phosphore pour les ruminants. *INRA Productions Animales* 18: 175-182.
- Moreira, V.R., L.K. Zeringue, C.C. Williams, C. Leonardi and M.E. McCormick. 2009. Influence of calcium and phosphorus feeding on markers of bone metabolism in transition cows. *Journal of Dairy Science* 92: 5189-5198.
- Mullarky, I.K., W.A. Wark, M. Dickenson, S. Martin, C.S. Petersson-Wolfe and K.F. Knowlton. 2009. Short communication: Analysis of immune function in lactating dairy cows fed diets varying in phosphorus content. *Journal of Dairy Science* 92: 365-368.

- NRC, National Research Council, 2001. Nutrient requirement of dairy cattle. Seventh revised edition. Odongo, N.E., D. McKnight, A. KoekKoek, J.W. Fisher, P. Sharpe, E. Kebreab, J. France and B.W. McBride. 2007. Long-term effects of feeding diets without mineral phosphorus supplementation on the performance and phosphorus excretion in high-yielding dairy cows. *Canadian Journal of Animal Science* 87: 639-646.
- Peterson, A.B., M.W. Orth, J.P. Goff and D.K. Beede. 2005. Periparturient responses of multiparous Holstein cows fed different dietary phosphorus concentrations prepartum. *Journal of Dairy Science* 88: 3582-3594.
- Shore, K.V., N.E. Odongo, T. Mutsvangwa, T.M. Widowski, J.P. Cant, W.J. Bettger and B.W. McBride. 2005. Phosphorus status of lactating dairy cows fed total mixed rations containing 0.24% vs. 0.36% phosphorus. *Canadian Journal of Animal Science* 85: 409-412.
- Tallam, S.K., A.D. Ealy, K.A. Bryan and Z. Wu. 2005. Ovarian activity and reproductive performance of dairy cows fed different amounts of phosphorus. *Journal of Dairy Science* 88: 3609-3618.
- Taylor, M.S., K.F. Knowlton, M.L. McGilliard, W.S. Swecker, J.D. Ferguson, Z. Wu and M.D. Hanigan. 2009. Dietary calcium has little effect on mineral balance and bone mineral metabolism through twenty weeks of lactation in Holstein cows. *Journal of Dairy Science* 92:223-227.
- Valk, H. and L.B.J. Šebek. 1999a. Influence of long-term feeding of limited amounts of phosphorus on dry matter intake, milk production, and body weight of dairy cows. *Journal of Dairy Science* 82: 2157-2163.
- Valk, H., L.B.J. Šebek, A.Th. Van't Klooster and A.W. Jongbloed. 1999b. Clinical effects of feeding low dietary phosphorus levels to high yielding dairy cows. *Veterinary Record* 145: 673-674.
- Valk, H., J.A. Metcalf and P.J.W. Withers. 2000. Prospects for minimizing phosphorus excretion in ruminants by dietary manipulations. *Journal of Environmental Quality* 29:28-36.
- Valk, H., L.B.J. Šebek and A.C. Beynen. 2002. Influence of phosphorus intake on excretion and blood plasma and saliva concentrations of phosphorus in dairy cows. *Journal of Dairy Science* 85:2642-2649.
- Valk, H. and A.C. Beynen. 2003. Proposal for the assessment of phosphorus requirements of dairy cows. *Livestock Production Science* 79:267-272.
- Van der Drift, S.G.A., A.J. Oostveen en W.M. van Straalen. 2007. Screening van de fosforstatus van melkkoeien in de praktijk. Proefverslag nr. 852, Schothorst Feed Research, Lelystad.
- Van Krimpen, M., J. van Middelkoop, L. Šebek, A. Jongbloed and W. De Hoop. 2010. Effect van fosforverlaging in melkveerantsoenen en varkensvoerders op fosfaatexcretie via de mest. Rapport 324, Wageningen UR Livestock Research, Lelystad (*in Dutch*).
- Van Straalen, W.M. en M. Bruinenberg. 2007. Factoren van invloed op beschikbaarheid van fosfor voor melkkoeien: een literatuur- en deskstudie. Proefverslag nr. 850, Schothorst Feed Research, Lelystad.
- Van Straalen, W.M., I. Kok, M. Bruinenberg en B.M. Tas. 2009a. Beschikbaarheid van eiwit en fosfor uit voedermiddelen in de pens en darm bij melkkoeien bepaald met in sacco en in vitro methoden. Proefverslag nr. 1014, Schothorst Feed Research, Lelystad.
- Van Straalen, W.M., I. Kok en B.M. Tas. 2009b. De invloed van gerichte verlaging van de P-opname en structuurvoorziening op voeropname, melkproductie, vertering van rantsoencomponenten en P status van melkkoeien. Proefverslag nr. 1015, Schothorst Feed Research, Lelystad.
- Wu, Z., L.D. Satter, and R. Sojo. 2000a. Milk production, reproductive performance, and fecal excretion of phosphorus by dairy cows fed three amounts of phosphorus. *Journal of Dairy Science* 83: 1028-1041.
- Wu, Z. and L. D. Satter. 2000b. Milk production and reproductive performance of dairy cows fed two concentrations of phosphorus for two years. *Journal of Dairy Science* 83: 1052-1063.
- Wu, Z., L.D. Satter, A.J. Blohowiak, R.H. Stauffacher and J.H. Wilson. 2001. Milk production, estimated phosphorus excretion, and bone characteristics of dairy cows fed different amounts of phosphorus for two or three years. *Journal of Dairy Science* 84: 1738-1748.

Literatuur Hoofdstuk 3

- Klosch, M et al., 1993. Einfluss unterschiedlicher Phosphorversorgung auf Futteraufnahme, Verdaulichkeit und Lebendmasseentwicklung bei Jungmastbullen. Mengen- und Spurenelemente, 13. Arbeitstagung, 9 und 10 Dezember 1993, pp 430-437.
- M. Plomp, J.Th. Schonewille en J.J. Heeres –van der Tol, 1999. Publicatie 137: Verlaging fosforgehalte in rantsoenen vleesstieren (Praktijkonderzoek Rundvee, Schapen en Paarden).
- M. Plomp, J.Th. Schonewille en J.J. Heeres –van der Tol, 1999. Publicatie 139: Fosforbehoefte rosé vleeskalveren (Praktijkonderzoek Rundvee, Schapen en Paarden).

Geistert, B.G., Erickson, G.E., Klopfenstein, C.N., Macken, C.N., Luebbe, M.K. and MacDonald, J.C. (2010). Phosphorus requirement and excretion of finishing beef cattle fed different concentrations of phosphorus. *J. Anim. Sci.* 2010.88:2393-2402.

Literatuur Hoofdstuk 4

- Almeida, F.N., Stein, H.H., 2010. Performance and phosphorus balance of pigs formulated on the basis of values for standardized total tract digestibility of phosphorus. *J. Anim. Sci.* 88, 2968-2977.
- Anonymus, 1994. Die Bestimmung des verdaulichen Phosphors beim Schwein. *Proc. Soc. Nutr. Physiol.* 2, 113-119.
- Bakker, G.C.M., Harten, S. van, Jongbloed, R., Jongbloed, A.W., 1997. Dietary fibre reduce mineral absorption in the gastrointestinal tract of pigs. In: *Book of abstracts of 48th Annual Meeting EAAP, Vienna*, p. 336.
- Blok, M.C., 1990. Herziene tabel verteerbaar fosfor veevoedergrondstoffen voor varkens. CVB-reeks nr. 4.
- CVB, 2005. Protocol voor een fecale verteringsproef met groeiende intacte vleesvarkens. Centraal Veevoederbureau, Productschap Diervoeder, Den Haag.
- CVB, 2008. CVB Veevoedertabel 2008. Chemische samenstellingen en nutritionele waarden van voedermiddelen. Productschap Diervoeder, Den Haag.
- Dellaert, B.M., Peet, G.F.V. van der, Jongbloed, A.W., Beers, S., 1990. A comparison of different techniques to assess the biological availability of feed phosphates in pig feeding. *Neth. J. Agric. Sci.*, 38:555-566.
- Everts, H., M.C. Blok, B. Kemp, C.M.C. van der Peet-Schwering & C.H.M. Smits, 1994. Energie en ileaal verteerbare aminozuurnormen voor drachtige zeugen. CVB documentatierapport nr. 9. Centraal Veevoederbureau, Lelystad. 51 blz.
- GfE, 2008. Recommendations for the supply of energy and nutrients to pigs. DLG-Verlags-GmbH, Frankfurt am Main, Germany.
- Jondreville, C., Dourmad, J.Y., 2004. Le phosphore dans la nutrition des reproducteurs et des porcs charcutiers. *Lezing Ploufragan, Fr.*
- Jondreville, C., Dourmad, J.Y., 2005. Le phosphore dans la nutrition des porcs. *INRA Prod. Anim.* 18, 183-192.
- Jongbloed, A.W., 1987. Phosphorus in the feeding of pigs: Effect of diet on the absorption and retention of phosphorus by growing pigs. *Proefschrift Landbouwniversiteit Wageningen, Rapport IVVO-DLO no. 179.*
- Jongbloed, A.W., Kemme, P.A., Peet, G.F.V. van der, 1988. Verteerbaar P in de varkensvoeding. *Rapport IVVO-DLO no. 186.*
- Jongbloed, A.W., Kemme, P.A., 1990. Apparent digestible phosphorus in the feeding of pigs in relation to availability, requirement and environment 1. Digestible phosphorus in feedstuffs of plant and animal origin. *Neth. J. Agric. Sci.* 38, 567-576.
- Jongbloed, A.W., Kemme, P.A., Diepen, J.Th.M. van, Weij-Jongbloed, R. van der, 1999. Herziene verteerbaar fosfornormen voor varkens. *Rapport ID-Lelystad nr. 99.056*, 46 pp.
- Jongbloed, A.W., Diepen, J.Th.M. van, Kemme, P.A., 2003. Fosfornormen voor varkens: herziening 2003. CVB-documentatierapport nr. 30.
- Jongbloed, A.W., Everts, H., 1992. Apparent digestible phosphorus in the feeding of pigs in relation to availability, requirement and environment. 2. The requirement of digestible phosphorus for piglets, growing-finishing pigs and breeding sows. *Neth. J. Agric. Sci.* 40, 123-136.
- Jongbloed, A.W., Kemme, P.A., 2002. De gehalten aan stikstof, fosfor en kalium in varkens vanaf geboorte tot ca. 120 kg en van opfokzeugen. *Rapport ID-Lelystad no. 2222*
- Kemme, P.A., Jongbloed, A.W., van der Peet, G.F.V., Dellaert, B.M., Beers, S., Dekker, R.A., 1990. De verteerbaarheid van fosfor in voeders voor varkens. *Proc. Symp. IVVO-DLO, Lelystad*
- Kemme, P.A., Jongbloed, A.W., Mroz, Z., Beynen, A.C., 1997. The efficacy of *Aspergillus niger* phytase in rendering phytate phosphorus available for absorption in pigs is influenced by their physiological status. *J. Anim. Sci.* 75:2129-2138.
- Kortstee, H.J.M., Bikker, A.M., Van den Ham, A., Van Krimpen, M.M., 2011. Minder fosfor in varkensvoer. *LEI-rapport 2011-010.*
- Letourneau-Montmimy, M.P., Narcy, A., Magnin, M., Sauvant, D., Bernier, J.F., Pomar, C., Jondreville, C., 2010. Effect of reduced dietary calcium concentration and phytase supplementation on Ca and P utilization in weanling pigs with modified mineral status. *J. Anim. Sci.* 88, 1706-1717.

- Noblet, J., W. H. Close, R. P. Heavens, and D. Brown (1985). Studies on the energy metabolism of the pregnant sow. 1. Uterus and mammary tissue development. *British Journal of Nutrition* 53: 251-265.
- Stein, H.H., 2011. Proc. First Internl. Phytase Summit Washington DC (in press).
- Van Krimpen, M.M., Van Middelkoop, J., Sebek, L., Jongbloed, A.W., De Hoop, W., 2010. Effect van fosforverlaging in melkveerantsoenen en varkensvoerders op fosfaatexcretie via de mest. Rapport 324 Livestock Research.

Literatuur Hoofdstuk 5

- Angel, R., Saylor, W.W., Mitchell, A.D., Powers, W., Applegate, T.J., 2007. Effect of dietary phosphorous, phytase, and 25-hydroxycholecalciferol and broiler chicken bone mineralization, nutrient utilization, and excreta quality of broiler chickens. *Poultry Sci.* 87, 1200-1211.
- Blok, M.C., 1994. Voorlopig systeem opneembaar fosfor pluimvee. CVB-reeks nr. 16. Centraal Veevoederbureau, Lelystad.
- Blok, M.C., 1998. Definitief systeem opneembaar fosfor pluimvee. CVB-reeks nr. 16. Centraal Veevoederbureau, Lelystad.
- Bruggen, C. van, 2010. Persoonlijke mededeling.
- Dienst Regelingen, 2009. Mestbeleid 2010-2013 tabellen. Tabel 7: Forfaitaire gehalten stikstof en fosfaat in dieren.
- Coto, C.A., Yan, F., Cerrate, S., Wang, Z., Sacakli, P., Waldroup, P.W., 2007. Effects of dietary levels of calcium and nonphytate phosphorus in broiler starter diets on total water-soluble phosphorus excretion as influence by phytase and addition of 25-hydroxycholecalciferol. *Int. J. Poultry Sci.* 6, 937-943.
- CVB, 1994. Voorlopig systeem opneembaar fosfor pluimvee. CVB-reeks nr. 16.
- CVB, 1997. Definitief systeem opneembaar fosfor pluimvee. CVB Documentatie rapport nr. 20.
- CVB, 2008. CVB Veevoedertabel 2008. Chemische samenstellingen en nutritionele waarden van voedermiddelen. Productschap Diervoeder, Den Haag.
- CVB, 2010. Tabellenboek Veevoeding 2010. Voedernormen landbouwhuisdieren en voederwaarde veevoerders. CVB-reeks nr. 46. Productschap Diervoeder, Den Haag.
- DLG, 1999. Empfehlungen zur Energie- und Nährstoffversorgung der Legehennen und Masthühner (Broiler). DLG-Verlags-GmbH, Frankfurt am Main, Germany.
- Kwakernaak, C., Jongbloed, A.W., 1999. Gehalten aan vocht, stikstof, calcium, fosfor, ruw vet en ruw as in het karkas van 4 verschillende vleeskuikenlijnen. Vertrouwelijke notitie.
- KWIN-V, 2010-2011. Kwantitatieve Informatie Veehouderij 2010. Praktijkonderzoek Rundvee, Schapen en Paarden (PR), Lelystad.
- Sauvant, D., Perez, J.M., Tran, G., 2004. Tables of composition and nutritional value of feed materials. INRA, Paris.
- Simons, P.C.M., Versteegh, H.A.J., 1989. De beschikbaarheid van fosfor voor slachtkuikens in grondstoffen van dierlijke herkomst en van voederfosfaten. Spelderholt vertrouwelijk verslag no. 74.
- WPSA, 1985. Mineral requirements for poultry – Mineral requirements and recommendations for growing birds. *WPSA Journal* 41, 252-258.

Bijlagen

Bijlage 1 Effecten P-gehalte rantsoen op gezondheid, vruchtbaarheid en productie melkvee

In onderstaande tabel is een overzicht weergegeven van verschillende studies uit de periode 1999-2010 waarin het effect van verschillende P-gehalten in het rantsoen op gezondheid, vruchtbaarheid en/of productieresultaten zijn gemeten. Onder "Rantsoen" staat weergegeven wat de P-gehalten in de verstrekte rantsoenen waren. Onder "Behoefte" is berekend wat achteraf op basis van de melkproductie en droge stof (DS) opname de gemiddelde P-behoefte is geweest voor de proefdieren tijdens de lactatie, met behulp van de behoeftenormen volgens COMV (2005).

Auteurs (jaar)	Type dieren (productie)	Periode	Groeps-grootte	Rantsoen g P/kg DS	Behoefte g P/kg DS	Gevonden effect
Valk et al. (1999a,b)	24 oudere dieren (9.000 kg/305dgn)	2 lactaties	8 8 8	2,4 2,8 3,3	lact: 2,7 droog: 1,9	<i>Tijdens droogstand respectievelijk 2,6 of 1,9 of 1,6 g P/kg DS</i> Geen significante verschillen in voeropname of melkproductie in 1 ^e lactatie. In het begin van de 2 ^e lactatie was de voeropname bij het rantsoen met 2,4 g/kg lager dan bij de andere rantsoenen.
Wu et al. (2000a)	26 oudere dieren (11.050kg/308dgn)	1 lactatie	8 9 9	3,1 4,0 4,9	3,1	Geen effect op vruchtbaarheid, gezondheid, voeropname, conditiescore; melkproductie vergelijkbaar maar zakte in laatste 1/3 van de lactatie wat harder bij groep 3,1 g P/kg DS.
Wu et al. (2000b)	50% vaarzen 1 ^e lactatie: n=42 2 ^e : n=30+23 nieuw (11.400kg/308dgn)	2 lactaties	21 21	2 groepen: 3,1-3,8 4,4-4,8	3,0	<i>Tweederde lactatie op stal gevoerd (met 3,8 of 4,8 g/kg DS) en éénderde lactatie weidegang (3,1 of 4,4 g/kg DS). Droogstand 2,9 of 3,1 g/kg DS.</i> Geen effect op voeropname, melkproductie, vruchtbaarheid.
Wu et al. (2001)	oudere dieren (11.900kg/308dgn)	1 lactatie	10 14 13	3,1 3,9 4,7	3,2	<i>Vervolgstudie na 2 lactaties Wu et al. (2000b).</i> Geen effect op voeropname, melksamenstelling; iets hogere melkproductie in groep 3,1 g/kg DS. Iets lager P-gehalte in bot bij 3,1 g/kg DS.
Knowlton et al. (2002)	14 dieren (48 kg/dag)	week 1-11 postpartum	5 5 4	3,4 5,1 6,7	3,6	<i>Droogstand en 1^e week postpartum 2,8 g/kg DS; daarna start behandeling.</i> Geen effect op melkproductie, voeropname. Wat langer negatieve P-balans (tot 7e i.p.v. 5e week) in groep 3,4 g/kg DS.
Lopez et al. (2004)	21 vaarzen 21 oudere koeien (11.400kg/308dgn)	1 lactatie	21 21	3,8 4,8	3,0	<i>Zelfde experiment als Wu et al. (2000b), jaar 1.</i> Geen effect van P-gehalte rantsoen op oestrusgedrag.

Auteurs (jaar)	Type dieren (productie)	Periode	Groeps-grootte	Rantsoen g P/kg DS	Behoeft g P/kg DS	Gevonden effect
Tallam et al. (2005)	54 oudere dieren (11.100kg/280dgn)	1 lactatie	27 27	3,5 4,7	3,6	Geen effect op melkproductie, conditiescore, vruchtbaarheid of activiteit van de eierstokken.
Shore et al. (2005)	14 oudere dieren (34 kg/dag)	week 3-13 postpartum	7 7	2,4 3,6	3,5	Geen effect op voeropname of melkproductie. Wel negatieve P-balans in beide gevallen.
Peterson et al. (2005)	42 oudere dieren (46 kg/dag)	4 weken droogstand	14 14 14	2,1 3,1 4,4	droog: 1,8 lact: 4,2	<i>Behandeling in laatste 4 weken droogstand; daarna alle groepen de eerste 4 weken van de lactatie 4,0 g P/kg DS.</i> Geen effect op voeropname, melkproductie eerste 4 weken, gezondheid, of op enzymen m.b.t. botmetabolisme.
Ekelund et al. (2006)	22 oudere dieren (8.400 kg/294dgn)	1 lactatie	11 11	2 groepen: 3,2-4,3 4,3-4,3	4 mnd: 3,3 rest: 3,1	<i>Eerste 4 maanden rantsoen met P-gehalte 3,2 of 4,3 g/kg DS; de rest van de lactatie kregen alle dieren een rantsoen met 4,3 g/kg DS.</i> Geen effect op melkproductie, voeropname. Geen effect op P-retentie of parameters voor botmetabolisme. Beide groepen begin lactatie botresorptie.
Odongo et al. (2007)	24 vaarzen 40 oudere koeien (11.000kg/305dgn)	2 lactaties	32 32	3,5 4,2	3,3	Geen effect op melkproductie en vruchtbaarheid. Vaarzen wel wat lagere voeropname postpartum bij laag P rantsoen.
Moreira et al. (2009)	52 oudere koeien (44 kg/dag)	28 dagen	13 13 13 13	3,8 3,8 4,7 4,7	3,8	<i>Experiment van 3 tot 31 dagen postpartum in Latijns vierkant met hoog (6,4) en laag (4,6 g/kg DS) calciumgehalte.</i> Geen effect op voeropname, melkproductie, conditiescore. Geen effect van P op botmobilisatie; meer botmobilisatie bij laag Ca, versterkt door hoog P.
Mullarky et al. (2009)	3 x 3 dieren 1 ^e / 2 ^e kalfs (40 kg/dag)	3 x 26 dagen	3x3 3x3 3x3	3,4 4,3 5,2	3,5	<i>Latijns vierkant met 3 periodes van 26 dagen; in laatste 5 dagen bloedafname.</i> Geen effect op lymfocytenproliferatie na stimulatie; geen effect op bacteriedodende capaciteit van neutrofielen in vitro.
Ferris et al. (2010a,b)	1 ^e lactatie: n=95; 2 ^e : n=70; 3 ^e : n=50; 4 ^e : n=20 (8-9.000 kg/lact)	4 lactaties	50 50	z:3,6 w:3,6 z:4,2 w:4,9	zomer: 2,8 winter: 3,3	<i>Gedurende de zomer weiderantsoen, winter stalrantsoen (P-gehalte zomer 3,6 en 4,2 g/kg DS voor lage en hoge P-groep; winter 3,6 en 4,9 g/kg).</i> Geen bijzonderheden (melkproductie, voeropname, vruchtbaarheid, mastitis/celgetal, kreupelheid). P-balans 0. Bij laag P-gehalte rantsoen wat lager P-gehalte in bot, maar geen cumulatieve daling over de jaren.



Wageningen UR Livestock Research

Edelhertweg 15, 8219 PH Lelystad T 0320 238238 F 0320 238050

E info.livestockresearch@wur.nl | www.livestockresearch.wur.nl