

A.W. JONGBLOED*

enkele aspecten van de fosforvoeding bij slachtvarkens

Aan het voer voor landbouwhuisdieren wordt gewoonlijk extra anorganisch fosfaat toegevoegd om een goede gezondheid en produktie van de dieren te waarborgen. Om het milieu zo weinig mogelijk te belasten, wordt nagegaan of er binnen de varkenshouderij mogelijkheden zijn om de uitscheiding van fosfaat via mest en urine te verminderen.

In de voeding voor de landbouwhuisdieren is het fosfor (P) een onmisbaar element. Van de totale hoeveelheid P, die in het dier aanwezig is (bij een varken van 100 kg ca 500 g P), is ca 75% in het skelet vastgelegd. Daarnaast speelt P een belangrijke rol bij een groot aantal fysiologische processen (Wasserman, 1960).

Van de hoeveelheid P, die door mestvarkens via het voer wordt opgenomen, wordt weer een aanzienlijk deel met de mest en urine uitgescheiden. De uitgescheiden mest en urine worden in het algemeen voor bemesting gebruikt. In bepaalde gebieden van ons land worden soms zodanige hoeveelheden aangewend, dat van een accumulatie van een aantal elementen, onder andere P, sprake is. Daar een klein deel van dit P in opgeloste organische vorm voorkomt, bestaat er gevaar voor uitspoeling (Gerritse en Zugec, 1977). Hierdoor wordt de kans op eutrofiëring van het oppervlaktewater verhoogd. Weliswaar is het aandeel van de landbouw in de verontreiniging van het zoete oppervlaktewater met fosfor gering (zie tabel 1). Elke onnodige bijdrage dient uiteraard vermeden te worden.

Binnen de veehouderij blijkt vooral de mestvarkenssector een groot aandeel te hebben in de hoeveelheid P die met mest en urine wordt uitgescheiden (tabel 2). Tevens bleek, dat in het betrokken tijdvak (1972/1973) slechts 20% van het toegediende P in het mestvarken achterbleef. Gezien deze situatie lag het voor de hand om na te gaan of de varkens niet met minder P toe kunnen. Mogelijk zou een te krappe P-voorziening echter kunnen leiden tot meer beengebreeken. P-behoefte en voorkomen van beengebreeken dienden dus beide in studie genomen te worden. Begin 1974 werd intensief begonnen met dit onderzoek dat voor een deel door de Commissie Hinderpreventie Veeteeltbedrijven wordt gesubsidieerd.

In dit overzicht zal ingegaan worden op de belangrijkste aspecten van de P-huishouding van het vleesvarken. Daar een te grote voorziening met P zal leiden tot extra belasting van het milieu, zal nagegaan worden welke de laagste P-behoefte is, waarbij groeisnelheid en voederconversie optimaal zijn en de gezondheid van de dieren niet negatief beïnvloed wordt. Aandacht zal voorts besteed worden aan de variatie in beschikbaarheid van het P in het voer. Ten slotte worden P-normen voor vleesvarkens afgeleid.

tabel 1. Herkomst van P inzake de verontreiniging van het oppervlaktewater (Colenbrander, 1970).

	x10 ⁶ kg P	%
rivieren	11,5	46
huishoudens	9,2	37
industrie	1,7	7
landbouw	1,5	6
grond	0,7	3
neerslag	0,3	1

* Ir. A.W. Jongbloed, is verbonden aan het Instituut voor Veevoedingsonderzoek 'Hoorn', Lelystad.

het verband tussen het P-gehalte van het voer en de P-retentie in het lichaam

Uit literatuurgegevens valt te berekenen, dat in het mesttraject van 20 tot 110 kg per kg groei ongeveer 6 g P wordt vastgelegd, hoewel soms aanzienlijk lagere waarden worden aangegeven, wat mogelijk verklaard kan worden door de gevolgde techniek en het type varken. Wanneer het retentiepercentage bekend is, kan op grond van de voeropname globaal berekend worden hoe hoog het P-gehalte in het voer moet zijn.

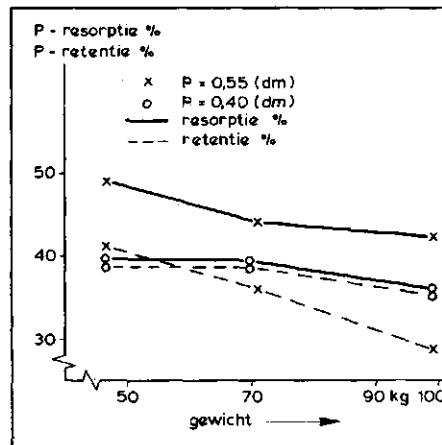
In het eerste deel van de mestperiode

tabel 2. Opname en uitscheiding van P uit krachtvoer (Kemp, 1974).

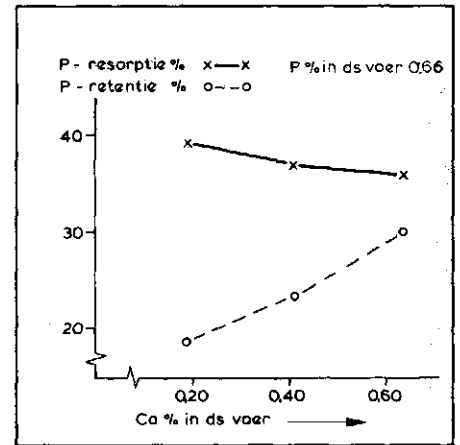
	opname (ton)	uitscheiding (ton)	retentie %
rundvee	18348	12844	30
mestkalveren	2095	838	60
mestvarkens	27151	21721	20
zeugen	4830	4202	13
legghennen	8809	8104	8
slachtkuikens	8321	5409	35
overige	874	789	10

vindt een intensievere botvorming plaats dan in het tweede deel, waardoor men zou verwachten, dat dan meer P nodig is Günther en Rosin (1970) kwamen echter op grond van slachtproeven tot de conclusie, dat bij onmiskenbare vleesvarkens in het tweede deel van de mestperiode per kg groei niet minder, maar zelfs wat meer P werd vastgelegd. Daar in die periode een kg groei wat meer voer vraagt, zou er dus met een constant P-gehalte gewerkt kunnen worden. Om meer inzicht te krijgen in het verloop van de P-resorptie en -retentie tijdens de mestperiode werd een proef opgezet met twee P-niveaus, waarbij tevens de eiwitaaanzet werd gemeten. Figuur 1 geeft het verloop van de P-resorptie en -retentie in deze proef, terwijl figuur 2 het verloop van de N-retentie weergeeft onder invloed van het P-gehalte.

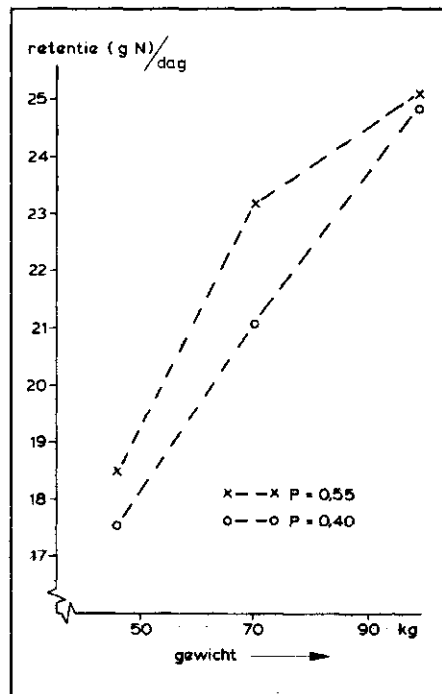
Uit figuur 1 blijkt dat zowel het P-resorptie- als het P-retentiepercentage bij 0,40% P in de droge stof (ds) van het voer bij een hoger gewicht op vrijwel hetzelfde niveau bleef. Het resorptiepercentage ligt bij 0,55% P in het voer duidelijk hoger dan bij 0,40% P. Bij 0,55% P in de ds trad er daarentegen in de loop van de mestperiode een daling op in het P-resorptiepercentage, terwijl het P-retentiepercentage in dat traject nog sterker daalde. Dit houdt in, dat een aanzienlijke hoeveelheid P met de urine werd uitgescheiden. Kennelijk is er sprake geweest van een overschot aan P, vooral aan het eind van de mestperiode. De hoeveelheid P die per dag door het varken van 100 kg werd vastgelegd, was bij beide P-gehalten vrijwel gelijk; het hogere gehalte werd gecompenseerd door het lagere retentiepercentage. Uit figuur 2 blijkt, dat bij een overigens gelijke voeropname, de N-retentie bij 45 en 70 kg bij 0,55% P duidelijk hoger was dan bij 0,40% P. Het verschil in N-retentie werd veroorzaakt door een hogere N-uitscheiding in de urine bij 0,40% P. De geringere N-retentie bij 0,40% P moet met een geringere groeisnelheid gepaard gaan. Dit komt overeen met de bevindingen van Van Kempen et al. (1976) die bij varkens op een rantsoen met 0,40% P een lagere groeisnelheid vonden dan op een rantsoen met 0,50% P. Bij 100 kg was er geen duidelijk verschil in N-retentie. Daar het zowel ten aanzien van de N- als de P-retentie bij 100 kg niet uitmaakt of het percentage P in de ds van het voer 0,40 of 0,55% bedraagt, is waarschijnlijk bij dat gewicht 0,40% P in het voer voldoende.



1. De invloed van het P-niveau en gewicht op de P-resorptie (P-voer - P-mest) en P-retentie (P-voer - P-mest - P-urine).



3. De invloed van het Ca % op het P-resorptie- en P-retentie % (P% in ds voer 0,66).



2. De invloed van het P-niveau en lichaamsgewicht op de N-retentie.

de invloed van het Ca-gehalte op de P-huishouding

Het is bekend, dat er een sterke interactie bestaat tussen de P- en de Ca-huishouding van het dier, wat onder andere in veel proeven met ratten werd aangetoond (Whittemore, 1970).

Uit een groot aantal balansproeven in Hoorn met varkens blijkt, dat een stij-

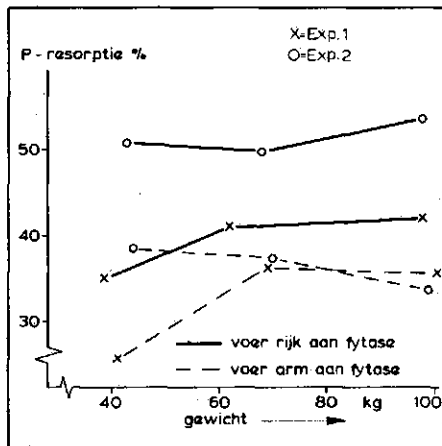
gend Ca-gehalte in het voer een lagere (schijnbare)resorptie van P tot gevolg heeft, waarschijnlijk als gevolg van de vorming van minder goed oplosbare calciumfosfaatverbindingen in het maag-darmkanaal. Aan de andere kant bevordert een laag Ca-gehalte de uitscheiding van P met de urine als gevolg van de erdoor veroorzaakte hogere parathyroïd hormoonspiegel, wat een lagere retentie geeft.

Deze beide aspecten zijn weergegeven in figuur 3. Zowel een laag als een hoog Ca-gehalte in het voer is nadelig voor een maximale P-retentie. Uit de gegevens behorende bij figuur 3 werd berekend, dat de maximale P-retentie bij een Ca/P verhouding van 1,27 zou zijn bereikt. Men moet er ook rekening mee houden, dat een hoog Ca-gehalte eveneens de vertering van het vet nadelig kan beïnvloeden, wat een lagere voederwaarde van het rantsoen tot gevolg heeft. Momenteel wordt in een serie proeven nagegaan hoe groot de invloed van het Ca% op de vetvertering is. Nog een ander nadeel van een hoog Ca-gehalte is dat Ca antagonistisch werkt ten aanzien van een aantal sporenelementen (Pond, 1974). Hiervan is de antagonistische werking met Zn het meest bekend.

de beschikbaarheid van het P

het fytinefosfor

In de meeste veevoedergrondstoffen die gebruikt worden voor het samenstellen van het varkensvoer, bestaat het P voor ca 30% uit anorganisch - en voor de



4. De invloed van het fytase gehalte in het voer en het gewicht op de P-resorptie.

rest uit organisch P, hoofdzakelijk voorkomend als fytine. Fytine is een complexe verbinding bestaande uit Ca, Mg en K-fytaat waaraan mogelijk nog eiwit en sporenelementen gebonden zijn. Voordat het fosfor uit dit complex beschikbaar komt, moet het door het enzym fytase gehydrolyseerd worden. Het fytase kan als zodanig in het voer voorkomen, het wordt voorts door de bacterieflora in het maagdarmkanaal geproduceerd, terwijl het waarschijnlijk ook in kleine hoeveelheden door de darmwand worden afgescheiden. De P-resorptie vindt voornamelijk plaats in het eerste deel van de dunne darm, zodat het bacterieel fytase, dat vooral in het tweede deel van de dunne darm en dikke darm aanwezig is, voor het varken van weinig belang is. Het in het voer al aanwezig fytase is dus voor de mestvarkens het belangrijkste.

Het zal duidelijk zijn, dat het fytine-P minder goed beschikbaar voor het varken is dan P uit anorganische P-bronnen. Bovendien blijkt vaak te weinig fytase aanwezig. In de praktijk gaat men er dan ook vanuit, dat varkens geen fytine-P kunnen benutten.

Om dit na te gaan, werden proeven uitgevoerd met een voermengsel, waarin door keuze van grondstoffen van nature weinig fytase activiteit aanwezig was en een mengsel waarin dat wel het geval was. De grondstoffen voor het fytase-arme mengsel waren: mais, gerst, soja, grasmeel, milo en tapioca en die voor het fytaserijke mengsel waren: tarwe, gerst, soja, tarwegries en grasmeel. Vooral in tarwe en tarwebijproducten is veel

fytase aanwezig. Aan beide mengsels werden de gebruikelijke vitamines en mineralen toegevoegd, echter geen extra Ca en P.

De resultaten van deze proeven vindt men weergegeven in figuur 4. Hieruit blijkt, dat het resorptiepercentage van het fytaserijke mengsel duidelijk hoger is dan van het fytase-arme mengsel, ondanks het hogere fytinegehalte en het hogere P-gehalte. Uit berekeningen kon worden afgeleid, dat van het fytase-arme mengsel nauwelijks enig fytine-P was geresorbeerd, terwijl dat 25 à 30% was voor het fytaserijke mengsel. Het gebruik van bepaalde grondstoffen kan dus tot gevolg hebben, dat een niet te verwaarlozen deel van het fytine-P voor het mestvarken beschikbaar is. Hiermee zou men in de praktijk rekening moeten houden bij de toevoeging van extra anorganisch P aan het mengsel, enerzijds ter verlaging van de voerprijs (anorganisch P is vrij duur), anderzijds ter voorkoming van onnodige P-uitscheiding.

anorganische P-bronnen

Al gedurende tientallen jaren staat ook de beschikbaarheid van het P uit anorganische fosforbronnen in de belangstelling van de wetenschap en de praktijk. Van beter beschikbaar P zal men minder aan het voer behoeven toe te voegen. Hierdoor wordt tevens een geringere uitscheiding van P door het dier bewerkstelligd, wat gunstig is voor het milieu. Er zijn diverse vindplaatsen voor ruwe fosfaten, waardoor verschillen in chemische samenstelling niet uitgesloten zijn. Bovendien kunnen er verschillende chemische bewerkingen worden toegepast, voordat het fosfaat als voederfosfaat wordt aangeboden. Door het een en ander kan de beschikbaarheid van het P theoretisch nogal variëren. Uiteraard is nogal wat onderzoek op dit gebied verricht. Niet altijd werd daarbij echter dezelfde beoordelingsmaatstaf aangelegd. De beschikbaarheid werd namelijk niet direct door meting van de P-retentie, maar afgeleid uit resultaten betreffende groei, voederconversie, percentage as in een bot, enz. Ook hield men vaak onvoldoende rekening met de voorgeschiedenis en/of het groeivermogen van de gebruikte proefdieren (zie o.a. Guequen, 1961). Evenmin lette men daarbij voldoende op de andere anorganische verbindingen, die vaak in de voederfosfaten voorkomen en die soms een positieve, soms een negatieve werking kunnen hebben.

In ons onderzoek werden ter nadere in-

formatie balansproeven uitgevoerd, waarin een aantal P-bronnen werden vergeleken. Het basisvoer bevatte 0,39 % P in de ds; het is vrijwel niet mogelijk met de in de praktijk gebruikte voedergrondstoffen een basisvoer samen te stellen dat van nature minder P bevat. Door het toevoegen van diverse voederfosfaten werd het totale P-gehalte in de ds gebracht op 0,56. De Ca/P-verhouding in het voer bedroeg 1,3. Uit dit en eerder onderzoek kwam naar voren, dat door de aanvulling met 0,17 % P het P-gehalte al op een zodanig niveau kwam, dat voor een maximale P-retentie al meer P werd verstrekt dan nodig was. Het is dan niet aan te geven welke P-toevoeging beter werkt ten aanzien van de P-retentie, dus beter beschikbaar is. Eigenlijk had het basisrantsoen dus minder P moeten bevatten, maar dat zou tot een zeer ongebruikelijk mengsel geleid hebben. Wel viel het op, dat vooral van superfosfaat, maar ook enigszins van curafos, meer P in de urine werd uitgescheiden dan van dicalciumfosfaat en hostaphos. Dit zou enerzijds kunnen wijzen op een wat betere beschikbaarheid van de eerstgenoemde P-bronnen, anderzijds kan door de aanwezigheid van verontreinigingen een hogere P-uitscheiding in de urine bewerkstelligd zijn, wat om een juiste P-balans te handhaven, gecompenseerd kan worden door een iets hogere P-resorptie.

Op het eind van de mestperiode nam de voeropname af van de dieren die superfosfaat kregen, terwijl de groei aanzienlijk lager was dan van de andere proefdieren. Bij 100 kg bleek dat ten opzichte van het mengsel waaraan geen extra P was toegevoegd, van het toegevoegde P geen P in het dier werd vastgelegd.

Ook uit deze proeven bleek dus hoe moeilijk het is een juist oordeel uit te spreken over de waarde van een anorganische P-bron. Het is duidelijk, dat slechts letten op één criterium, P-retentie of groeisnelheid of voederconversie, tot een onjuiste conclusie kan leiden. Het is dan ook begrijpelijk dat er op dit gebied nogal wat verwarring heerst.

de relatie tussen de P-voorziening en beengebreeken.

In de praktijk hoort men nogal eens, dat een laag P-gehalte in het voer een van de oorzaken zou zijn van beengebreeken. Zelfs bij gehalten van 0,60 % P in de ds van het voer zou dit al het geval zijn. Bij nadere bestudering blijken beengebree-

ken uit een verzameling van diverse afwijkingen te bestaan. Het is erg moeilijk om er een juiste omschrijving van te geven, terwijl ook over de dieperliggende achtergronden weinig bekend is. In het rapport 'Beengebreeken' (1976) wordt hierop nader ingegaan. Er wordt geconcludeerd, dat het verschijnsel beengebreeken voornamelijk terug te voeren is op osteochondropathieën, dat wil zeggen afwijkingen aan het kraakbeen van diverse gewrichten. Het probleem wordt nog extra bemoeilijkt, doordat morfologische veranderingen in ongunstige zin niet altijd klinisch waarneembare afwijkingen behoeven te geven.

De oorzaken voor de beengebreeken zijn niet duidelijk. Wel wordt algemeen aangenomen, dat de toename ervan te maken heeft met het fokken van varkens met groter vleespercentage en een snellere groei. Er wordt ook wel gesteld, dat het optreden ervan verergerd is door de veranderingen in de wijze van huisvesting: geen stro, roostervloeren, groter aantal dieren per hok.

Ten aanzien van de relatie tussen de mineralenvoorziening en beengebreeken blijkt uit de literatuur dat voor gemiddelde huisvestings- en voedingsomstandigheden een gebrek aan mineralen, met name die van Ca en P, niet als oorzaak aangewezen kan worden. Wel moet men erop letten, dat de Ca/P-verhouding niet te extreem is. Bij verhoudingen die lager dan 0,50 en hoger dan 3,0 waren, kwamen meer beengebreeken voor.

Ook op dit gebied zijn op ons instituut in samenwerking met de Veterinaire Faculteit enkele proeven genomen. Aan mestvarkens werden gedurende de gehele mestperiode mengsels verstrekt die 0,20 % Ca en 0,38 % P respectievelijk 0,16 % Ca en 0,60 % P bevatten, dus met mengsels met een zeer lage Ca/P-verhouding met matig respectievelijk vrij veel P. Onder de gegeven omstandigheden werden klinisch geen duidelijke vormen van beengebreeken waargenomen. Ook werd geen relatie gevonden tussen ontkalking van het bot en osteochon-

drosis en/of arthrosis. Wel waren de botten dun en werd tweemaal een spontane fractuur geconstateerd.

de P-normen voor slachtvarkens

Daar in Nederland tot voor kort weinig onderzoek werd verricht naar de P-normen voor slachtvarkens, worden de normen zoals die in de ARC-tabel (Engeland) en de NRC-tabel (USA) staan vermeld, vaak als uitgangspunt genomen (zie tabel 3). Deze waarden berusten op vrij oud onderzoek. Door verbetering van voeding, huisvesting en het diernormaal kan tegenwoordig een snellere groei bereikt worden dan in tabel 3 staat aangegeven, wat aanleiding zou kunnen zijn de normen te verhogen. Bovendien zou de energiewaarde (EW) van het voer hier ook in betrokken dienen te worden, omdat de dieren op EW-basis gevoerd worden en dus van een rantsoen met hoge EW minder ds, en dus ook minder P per dag opnemen. Anderzijds dient gesteld te worden, dat in bovengenoemde normen een vrij hoge veiligheidsfactor is ingebouwd. In de betrokken landen is de eutrofiëring van het oppervlaktewater nog niet zo'n urgente zaak, dat daar bij de normstelling rekening mee moest worden gehouden.

Bestudering van de desbetreffende literatuur die na 1967 verscheen, leidt tot de conclusie dat een totaal fosforgehalte van 0,50 in het voer voldoende is voor een optimale groei en voederconversie zonder benadeling van het welzijn van het dier (Rapport, 1975). In Nederland kwamen Van Kempen et al. (1976) op grond van hun mestproeven tot dezelfde conclusie. Nader onderzoek is evenwel nog nodig voor een aantal situaties die in de toekomst een rol zullen gaan spelen: het mesten van beren — hogere groeisnelheid, bij mengsels met een hoge EW-lagere ds en dus P-opname — en in geval minder gebruikelijke voedergrondstoffen gebruikt worden — grotere variatie in P en fytine/phytase gehalte —. Verder is nadere informatie nodig over de

vraag of er in het tweede deel van de mestperiode met een lager P-gehalte in het voer kan worden volstaan dan in het eerste deel; de gegevens daarover bij snelgroeende dieren zijn nog steeds zeer beperkt.

samenvatting

In dit artikel worden enige aspecten van de P-huishouding van het varken behandeld. Uitgangspunten bij de afleiding van de voederbehoefte-normen voor P voor moderne vleesvarkens waren niet alleen groei, voederconversie en welzijn — geen beengebreeken —, maar ook het voorkomen van een extra belasting van het milieu door overmatige verstreking van P. Tevens werd ingegaan op de beschikbaarheid van een aantal voederfosfaten en van fytinefosfor in plantaardige voedermiddelen.

literatuur

- Gerritse, R.G. en Zugec, I. : The phosphorus cycle in pig slurry measured from $^{32}PO_4$ distribution rates. *J. Agric. Sci., Camb.* 88 (1977) : 101-109.
- Guequen, L. : Valeur comparée des phosphates minéraux comme sources de phosphore pour les animaux. *Ann. Zootechn.* 10 (1961) : 177-196.
- Günther, K. en Rosin, G. : Über die Ansatzkapazität des Fleischschweines für Mineralstoffe im Verlauf der Wachstum. *Z. Tierphysiol. Tierernährg. Füttermittelkde* 26 (1970) : 179-195.
- Kemp, A. : Fosfaatuitscheiding in mest en urine bij landbouwhuisdieren in relatie met de fosfaatopname uit het voer. *Landbouwk. Tijdschr.* 86 (1974) : 114-119.
- Kempen, G.J.M. van e.a. : The influence of the phosphorus and calcium content of feeds on growth, feed conversion and slaughter quality, and on the chemical, mechanical and histological parameters of the bone tissue of pigs. *Neth. J. Agric. Sci.* 24 (1976) : 120-139.
- Pond, W.G. : Mineral interrelationships in nutrition' practical implications. *The Cornell Veterinarian* 65 (1975) : 441-456.
- Rapport: Enkele minerale bestanddelen van mengvoeders in relatie tot de behoefte van de dieren, de uitscheiding in de mest en urine, alsmede enkele gevolgen voor bodem, plant en dier. Samengesteld door de werkgroep 'Mineralen in krachtvoer in relatie tot bemesting en milieu TNO' 1975.
- Rapport: Stoornissen van het locomotie-apparaat, in het bijzonder de legweakness, bij varkens. Samengesteld door de Studiecommissie 'Beengebreeken' 1976.
- Wasserman, R.H. : Ca en P interactions in nutrition and physiology *Fed. Proc.* 19 (1960) : 636-642.
- Whittemore, C.T. : Availability and metabolism of calcium and phosphorus in the rat and pig. Ph D thesis, Univ. Newcastle upon Tyne (1970).

tabel 3. Ca-, P- vitamine D-normen zoals aangegeven in de ARC- en NRC-tabel (in ds).

ARC-normen				
lichaamsgewicht	Ca	P	vit D	groei/dag
25 kg	0,90	0,88	230 IE/kg ds	0,55 kg
45 kg	0,81	0,58	230 IE/kg ds	0,78 kg
90 kg	0,67	0,42	230 IE/kg ds	0,79 kg
NRC-normen				
23-35 kg	0,75	0,57	100 IE/kg ds	0,45 kg
34-100 kg	0,57	0,46	66 IE/kg ds	0,77 kg