



MESTPRODUCTIE REDUCEREN VIA VOEDERMAATREGELEN

Stikstof- en fosfaatexcretie reduceren via
voedermaatregelen bij rundvee, varkens
en pluimvee in de context van de
maximale actielijst ter verbetering van de
waterkwaliteit

24.04.2018



Auteurs:

Curial S., De Boever J., De Campeneere S., De Cuyper C., Delezie E., Goossens K., Millet S., Molnar A., Vandaele L.



INSTITUUT VOOR LANDBOUW-, VISSERIJ- EN VOEDINGSONDERZOEK

DISCLAIMER

Op basis van de wetenschappelijke literatuur en in overleg met de stakeholders, werd een zo correct mogelijke inschatting gemaakt voor verschillende parameters en mogelijke reducties in nutriëntenuitstoot. Bedrijfsspecifieke verschillen maar ook andere verschillen zoals in genetica of pariteit van de dieren kunnen een behoorlijke variatie in deze cijfers opleveren. De veralgemeende aannames in dit rapport dienen bijgevolg met de nodige voorzichtigheid geïnterpreteerd te worden.



INHOUD

1	SAMENVATTING.....	4
1.1	Referentiesituatie	4
1.2	Literatuurstudie - maatregelen	4
1.2.1	Rundvee	4
1.2.2	Varkens	5
1.2.3	Pluimvee	6
2	Inleiding.....	7
3	Referentiesituatie	9
3.1	RUNDVEE	9
3.1.1	Melkvee	9
3.1.2	Zoogkoeien	15
3.2	VARKENS	18
3.2.1	Inleiding	18
3.2.2	Zeugen, inclusief biggen met een gewicht kleiner dan 7 kg	19
3.2.3	Biggen met een gewicht van 7 tot 20 kg, andere varkens met een gewicht van 20 tot 110 kg en groter dan 110 kg	21
3.2.4	Besluit	24
3.2.5	Behoeftenormen	25
3.3	PLUIMVEE	28
3.3.1	Inleiding	28
3.3.2	Slachtkuikens	28
3.3.3	Leghennen	31
3.3.4	Besluit	35
3.3.5	Behoeftenormen	36
4	Literatuurstudie	38
4.1	Rundvee	38
4.1.1	Maatregelen om de N-excretie van melkkoeien te reduceren	38
4.1.2	Maatregelen om de P ₂ O ₅ -excretie van melkkoeien te reduceren	43
4.1.3	Maatregelen om de N-excretie van zoogkoeien te reduceren	44
4.1.4	Maatregelen om de P ₂ O ₅ -excretie van zoogkoeien te reduceren	46
4.1.5	Besluit	47
4.2	Varkens	48
4.2.1	Voedermiddelen	51
4.2.2	Voederbehandeling	52
4.2.3	Voederadditieven	53
4.2.4	Voedermanagement	56
4.2.5	Besluit	59
4.3	Pluimvee	60
4.3.1	Voedermiddelen	62
4.3.2	Voederbehandeling	63
4.3.3	Voederadditieven	64
4.3.4	Voedermanagement	65
4.3.5	Besluit	67
4.4	Economische Nabeschuwing	68
4.4.1	Ecologisch-economische effecten	68
4.4.2	Systeemsprongen verkennen	68
4.4.3	Exploiteer de kennis door bedrijfsspecifieke exploratie van verbetermogelijkheden	69
5	Lijst met afkortingen.....	70
6	Referenties.....	71



1 SAMENVATTING

1.1 REFERENTIESITUATIE

In deze studie wordt voor de belangrijkste diercategorieën met betrekking tot mestproductie in Vlaanderen de N- en P₂O₅-uitscheiding benaderd voor een gemiddelde bedrijfssituatie.

Voor melkkoeien sluiten de nieuw berekende N-uitscheidingscijfers goed aan bij de cijfers uit het Mestdecreet. Hetzelfde geldt voor de P₂O₅-uitscheiding voor het productieniveau van 10.000 kg meetmelk per jaar. Echter de P₂O₅-uitscheidingscijfers van melkkoeien met 6.000 kg meetmelk per jaar, en in mindere mate voor deze met 8.000 kg, lijken overschat in het Mestdecreet. Voor zoogkoeien zijn de huidige uitscheidingscijfers voor N en P₂O₅ mogelijk onderschat en is verdere evaluatie met berekeningen van meerdere scenario's gewenst.

Voor varkens komen de uitscheidingscijfers op basis van regressie uit het Mestdecreet in grote lijnen overeen met de resultaten uit de studie.

Voor slachtkuikens wordt de uitscheiding op basis van regressie uit het Mestdecreet overschat voor zowel N als P₂O₅. De resultaten voor leghennen liggen in de lijn met de cijfers uit het Mestdecreet (zowel o.b.v. regressie als forfaitair).

De studie levert ook nieuwe N- en P-inhoudscijfers van ruwvoeders en dieren aan, die nuttig kunnen zijn om op te nemen in het nutriëntenbalansstelselbesluit om correctere bedrijfsbalansen op te maken (andere voeders en voedertechnieken). Zo worden N- en P-inhoudscijfers gerapporteerd voor graskuil, maïskuil, perspulp, gras, sojaschroot, melk, zeug, big 20 kg, vleesvarken, ééndagskuiken, slachtkuiken, poelje, soepkip en ei.

1.2 LITERATUURSTUDIE - MAATREGELLEN

1.2.1 Rundvee

De rundveestapel wordt op vandaag standaard gevoederd boven de behoeftenormen voor fosfor. Dit impliceert dat hier mogelijkheden zijn voor een verlaging van de excretie. Volgende maatregelen worden aangehaald in de studie:

- Bij melkvee kan de P₂O₅-excretie met 5 tot 27% dalen door gebruik te maken van krachtvoer met P-arme grondstoffen en mineralenkernen. De praktijk vond een daling van het P-gehalte van krachtvoeder tot 5 g/kg haalbaar, wat de P₂O₅-excretie reduceert met 5 tot 13%. Bij zoogkoeien kan men de P₂O₅-excretie reduceren met 3 tot 10% door het P-gehalte in de mineralenkernen te verlagen.
- Ook een verhoogd aandeel van P-arme voedermiddelen, zoals perspulp in het rantsoen, kan de P₂O₅-excretie doen dalen met 4 tot 6% (door een verhoging van het perspulpaandeel van 10 naar 15% ten koste van graskuil). Echter voedermiddelen zoals perspulp zijn niet onbeperkt beschikbaar in Vlaanderen en worden al voor een aanzienlijk aandeel gebruikt in zoogkoeienrantsoenen.
- Gras minder fosfaatrijk bemesten kan ook een reductie van de P₂O₅-excretie bewerkstelligen. Bij een daling van de P-concentratie in gras met 10% kan een P₂O₅-excretiereductie van 2 tot 3% bij melkvee en van 8% bij zoogkoeien gehaald worden. Gebruik van de krachtvoerders met lagere P-gehaltes zal automatisch leiden tot lagere P₂O₅-concentraties in de mest, waardoor bij eenzelfde N-gift aan gras uit rundveemest ook een verlaagd P-gehalte in het gras kan gerealiseerd worden, waardoor deze effecten elkaar mogelijk versterken.

////////////////////////////////////

- Naast de maatregel met betrekking tot P-arme krachtvoerders toont de studie aan dat het belangrijk is dat er parallel ook ingezet wordt op nauwkeurig voederen naar DVE-behoefte en lagere OEB-behoefte, idealiter gecombineerd door individueel bijsturen van de gift van krachtvoeder en/of eiwitcorrector, om also ook de N-excretie te reduceren.
- De impact op de N-excretie is echter een stuk beperkter dan wat er via P-arme krachtvoerders kan gerealiseerd worden. Een lagere N-uitscheiding mag verwacht worden bij:
 - o Een verlaging van het RE-gehalte van de graskuil bij zelfde rantsoensamenstelling van melkvee en zoogkoeien (gunstig neveneffect kan verlaging van kosten voor kunstmest zijn, maar helaas leidt dit ook tot lagere grasopbrengsten),
 - o Gebruik van pensbestendige aminozuren (kostelijk) en pensbestendig sojaschroot en koolzaadschroot voor melkkoeien (positief neveneffect is dat er minder sojaschroot moet geïmporteerd worden),
 - o Een verhoging van het aandeel maïskuil in het rantsoen van melkvee en zoogkoeien (dit gaat ten koste van gras dat dan weer gunstiger is voor het nitraatresidu en de koolstofopslag in de bodem),
 - o Verhoging van het aandeel OEB-negatieve voedermiddelen in het rantsoen voor melkvee en zoogkoeien zoals voederbieten en/of perspulp (voederbieten zijn gunstig voor de melkvet- en melkeiwitproductie en het nitraatresidu, maar omwille van de structuurbehoefte zullen de effecten op N-excretie beperkt zijn),
 - o Groeperen van het melkvee in functie van energie- en eiwitbehoefte (met risico van impact op dierprestaties door wisselen van de groepen),
 - o Beperken van grasopname van laagproductieve koeien door ze een aantal uren op stal te houden (beperkt effect in Vlaamse situatie),
 - o Bijvoeren van het melkvee met maïskuil op de weide (effect zal beperkt zijn en negatief is de vervuiling die ontstaat door de voederplekken op de weide) en
 - o Gebruik van essentiële oliën bij melkvee (meer onderzoek nodig).

1.2.2 Varkens

De studie rapporteert volgende maatregelen, die kunnen leiden tot een verhoging van de voederefficiëntie en bijgevolg een verlaging van N- en P₂O₅-uitscheiding bij varkens:

- Gescheiden afmesten van gelten en baren met aangepaste voedersamenstellingen kan leiden tot een reductie van 0 tot 5% van de N- en P₂O₅-excretie. Baren worden namelijk gekenmerkt door een grotere voederopname en hebben een lagere behoefte aan N (aminozuren) en P, waardoor de concentraties in het voeder kunnen dalen.
- Afmesten van beren of immunocastraten in plaats van baren kan leiden tot een excretiereductie van 0 tot 10% N en 0 tot 9% P₂O₅ voor beren en 0 tot 8% N en 0 tot 5% P₂O₅ voor immunocastraten. Er dient wel vermeld te worden dat de vermarktbaarheid moeilijker kan zijn voor beren en immunocastraten. Daarnaast is er bij beren een toename van karkassen met berengeur en vergt immunocastratie een extra vaccinatiekost.
- Gepelleteerd voeder in plaats van meelvoeder geeft 0 tot 4% lagere N- en P₂O₅-excretie, wellicht voornamelijk door minder voederverliezen. Pellets geven wel aanleiding tot meer fijn stof in de stal en in de literatuur wordt ook gewag gemaakt van meer risico op maagzweren.
- Een daling van het slachtgewicht met 10 kg geeft een reductie van de N-excretie van 0 tot 7%.
- Afstemming van de voedersamenstellingen op de voederbehoefte door toepassing van fasenvoeding, vb. een extra fase boven 90 kg bij vleesvarkens geeft een reductie van de N-excretie van 0 tot 4%.
- Toevoeging van een hoge dosis fytase bij zeugen en gespeende biggen leidt tot lagere P₂O₅-excreties en een betere verteerbaarheid van andere kationen en aminozuren.
- Tweefasenvoeding tijdens de drachtperiode is nog in ontwikkeling, maar zal naar verwachting ook een reductie in N- en P₂O₅-excretie kunnen bewerkstelligen.



- Daarnaast zijn er nog een aantal andere maatregelen, die nog in de ontwikkelingsfase zijn, zoals gefermenteerd voeder, toevoeging van nieuwe fytasen met een hoger fytaatafbreekpercentage, P-gehalte verlagen door gewassen met verlaagd fytaatgehalte, gebruik van enzymen, enzymcocktails, pro- en prebiotica, ...

1.2.3 Pluimvee

De volgende maatregelen geven aanleiding tot een betere N- en/of P-efficiëntie bij pluimvee resulterend in lagere uitscheidingscijfers:

- Gebruik van gepelleteerd voeder in combinatie met volledige tarwe in plaats van meelvoeder bij slachtkuikens resulteert in minder N- en P_2O_5 -excretie. Deze maatregel heeft al ruimschoots ingang gevonden in de Vlaamse praktijk.
- Pro- en prebiotica en organische zuren worden op vandaag toegepast in de praktijk met wisselend effect op de N- en P_2O_5 -excretie.
- Verlagen van de RE-gehalten in de voeders in combinatie met extra synthetische aminozuren leidt tot reducties van 5 tot meer dan 6% van de N-excretie.
- Verlagen van de P-gehalten in combinatie met het gebruik van superdosering/hogere dosissen fytase kan leiden tot een reductie van de P_2O_5 -excretie van respectievelijk 12% en 26% voor leghennen en slachtkuikens. Toediening van nieuwe fytasen is volop in ontwikkeling en zal mogelijks op korte termijn praktijkrijp zijn om de P_2O_5 -excretie te verlagen. Ze zorgen eveneens voor een betere mineralen- en aminozuurbenutting.
- Multifasenvoeding van slachtkuikens is een praktijkrijpe maatregel, die de N- en P_2O_5 -excretie kan verlagen.
- Het gebruik van witte in plaats van bruine leghennen geeft een excretiereductie van 7% voor N en 5% voor P_2O_5 , omdat de witte leghennen efficiënter zijn. De vraag is of de witte eieren even vlot vermarktbaar zijn.

Het afzonderlijk afmesten van hennen en hanen van slachtkuikens resulteert in een reductie van de excretie van 7% voor N en 6% voor P_2O_5 . Dit vraagt echter extra arbeid in de broeierij om de kuikens te seksen. Daarnaast moet de slachtkuikenhouder de mogelijkheid hebben om de dieren in twee groepen apart te houden.



2 INLEIDING

In voorbereiding van de 3de generatie stroomgebiedbeheerplannen (2022-2027) maken de Vlaamse Milieumaatschappij (VMM) en de Vlaamse Landmaatschappij (VLM) een inventaris op van alle mogelijke maatregelen, die de landbouwsector kan uitvoeren om de waterkwaliteit voor de nutriënten stikstof (N) en fosfor (P) verder te verbeteren. In 2016 belastte 45,6 kton N en 2,31 kton P het oppervlaktewater in Vlaanderen, waarvan respectievelijk 66 en 37% afkomstig was uit de landbouw; de andere bronnen zijn gezinnen, rioolzuiveringsinstallaties en bedrijven (VMM, 2016). De effecten op emissie naar oppervlaktewater en verder naar waterkwaliteit van deze acties zullen door VMM berekend worden met behulp van modellen. De bedoeling is tot een onderbouwde actielijst te komen, waarbij de effecten ervan op nutriëntenemissies naar oppervlaktewater en de kosten van de mogelijke maatregelen voor de landbouwers kunnen begroot worden.

Deze opdracht richt zich specifiek op mogelijke acties om de mestproductie en nutriëntenuitscheiding te reduceren via voedermaatregelen. Er dient nagegaan te worden welke verbetermarge er nog realiseerbaar is op het vlak van voedermiddelen, -additieven, -behandelingen en -management voor rundvee, varkens en pluimvee om de nutriëntenuitscheiding verder te verlagen. Deze deskstudie werd uitgevoerd door het ILVO van eind oktober 2017 tot begin februari 2018, waarbij gebruik gemaakt werd van beschikbare databanken, modellen, eigen onderzoeksresultaten en wetenschappelijke literatuur. Om te verzekeren dat er up-to-date praktijkkennis en -ervaringen werden geïntegreerd, werden stakeholders (landbouworganisaties, veevoedersector, ...) en onafhankelijke experts betrokken bij de start en op het einde van de studie.

Volgens het Mestrapport 2017 (VLM, 2017; Tabel 1) telde de Vlaamse veehouderij in het productiejaar 2016 (PJ2016) ongeveer 42,4 miljoen dieren, waarvan 34,7 miljoen stuks pluimvee, 6,08 miljoen varkens, 1,34 miljoen runderen en 0,23 miljoen andere dieren. De drie belangrijkste diersoorten produceerden samen 157,4 miljoen kg N (bruto), waarvan 52,6% door rundvee, 34,0% door varkens en 13,4% door pluimvee. Er werd in totaal 59,0 miljoen kg P₂O₅ geproduceerd, waarvan 47,9, 36,2 en 15,9% door respectievelijk rundvee, varkens en pluimvee. De 3 belangrijkste diergroepen zijn verantwoordelijk voor 97,8% van de N- en 97,5% van de P-uitscheiding via de mest. Tabel 1 vermeldt voor de onderscheiden diercategorieën het aantal gemiddeld aanwezige dieren in 2016, de totale bruto N- en P₂O₅-excretie, het procentueel aandeel van de excretie per diersoort en in totaal vee, alsook de excretie in kg per dierplaats/jaar. Omwille van de beperkte duur van de studie, werd gefocust op de diercategorieën met het hoogste aandeel binnen elke diersoort. De prioritaire categorieën voor rundvee zijn: melkkoeien en zoogkoeien, voor varkens: andere varkens van 20 tot 110 kg en zeugen inclusief biggen tot 7 kg en voor pluimvee: slachtkuikens en legkippen. Voor varkens werden ook biggen van 7-20 kg en andere varkens >110 kg betrokken. Bij rundvee hebben ook runderen van 1-2 jaar en andere runderen (ouder dan 2 jaar) een groot aandeel, maar omdat weinig concrete gegevens over rantsoensamenstelling en productieresultaten beschikbaar zijn, werden deze categorieën buiten beschouwing van deze studie gelaten.

De momenteel toegepaste N- en P₂O₅-uitscheidingscijfers voor rundvee (VLM, 2018) zijn gebaseerd op aannames voor rantsoensamenstelling, productiefases en productieresultaten van zo'n 10 jaar geleden, zodat de actualisatie van deze parameters wenselijk werd geacht. Ook voor varkens en pluimvee werd de huidige referentiesituatie vastgelegd in overleg met de stakeholders en op basis van recente eigen resultaten en literatuur. Voor elke diercategorie werd een balans opgemaakt met de N- en P-input via het voeder en de output via producten om de actuele excreties van N en P₂O₅ in te schatten. De aldus berekende excreties werden vergeleken met de huidige excretienormen (VLM, 2018) en reële excreties van het PJ2016 (VLM, 2017). Vervolgens werd in de recente wetenschappelijke literatuur gezocht naar maatregelen om via het voeder of de voederstrategie de N- en P₂O₅-excretie via de mest te verlagen. De procentuele reductie in excretie kon voor enkele maatregelen ingeschat worden via de opgestelde in- en outputbalans, terwijl voor de meeste maatregelen eerder een indicatie van de potentiële reductie werd gegeven. De technische haalbaarheid en mogelijke neveneffecten van de verschillende maatregelen in de Vlaamse situatie werden geëvalueerd en



afgetoetst met de stakeholders. Ook de mogelijke combinaties van verschillende maatregelen werden nagegaan. Tenslotte werd voor de technische haalbare maatregelen een inschatting gemaakt van de mogelijke kosten voor de veehouder.

Tabel 1 N- en P₂O₅-excretie door rundvee, varkens en pluimvee (VLM, 2017)

Diercategorie	Aantal dieren	N-excretie (bruto)				P ₂ O ₅ -excretie			
		kg/jaar	Aandeel in diersoort (%)	Aandeel in vee totaal (%)	kg/dier	kg/jaar	Aandeel in diersoort (%)	Aandeel in vee totaal (%)	kg/dier
Melkkoeien	292.396	34.397.410	41,5	21,9	117,64	11.094.057	39,3	18,8	37,94
Vervangingsvee < 1 j	122.912	4.056.096	4,9	2,6	33,00	1.229.120	4,4	2,1	10,00
Vervangingsvee 1-2 j	114.227	6.625.166	8,0	4,2	58,00	2.193.158	7,8	3,7	19,20
Zoogkoeien	162.510	10.563.150	12,8	6,7	65,00	4.062.750	14,4	6,9	25,00
Mestkalveren	170.277	1.787.909	2,2	1,1	10,50	612.997	2,2	1,0	3,60
Runderen < 1 j	157.792	3.518.762	4,3	2,2	22,30	1.104.544	3,9	1,9	7,00
Runderen 1-2 j	151.206	8.769.948	10,6	5,6	58,00	2.903.155	10,3	4,9	19,20
Andere runderen	169.762	13.071.674	15,8	8,3	77,00	5.007.979	17,8	8,5	29,50
Totaal runderen	1.341.082	82.790.114	100	52,6	61,73	28.207.761	100	47,9	21,03
Beren	4.686	92.787	0,2	0,1	19,80	48.729	0,2	0,1	10,40
Biggen 7-20 kg	1.585.864	3.575.580	6,7	2,3	2,25	1.487.235	7,0	2,5	0,94
Zeugen incl. biggen < 7 kg	370.286	7.618.094	14,2	4,8	20,57	4.063.862	19,0	6,9	10,97
Andere varkens 20-110 kg	4.043.844	40.860.533	76,2	26,0	10,10	14.983.439	70,2	25,4	3,71
Andere varkens > 110 kg	70.585	1.449.527	2,7	0,9	20,54	763.594	3,6	1,3	10,82
Totaal varkens	6.075.265	53.596.520	100	34,0	8,82	21.346.860	100	36,2	3,51
Legkippen incl. ouderdieren	7.660.190	6.031.784	28,7	3,8	0,79	3.262.069	34,7	5,5	0,43
Opfokpoeljen v. legkippen	2.534.290	773.153	3,7	0,5	0,31	429.456	4,6	0,7	0,17
Slachtkuikens	20.994.064	11.057.937	52,6	7,0	0,53	3.882.424	41,3	6,6	0,18
Slachtkuikenouderdieren	1.918.810	2.156.177	10,3	1,4	1,12	1.119.305	11,9	1,9	0,58
Opfokpoeljen v. slachtkuikenouderdieren	1.236.554	496.855	2,4	0,3	0,40	375.195	4,0	0,6	0,30
Struisvogels fokdieren	299	5.382	0,0	0,0	18,00	2.930	0,0	0,0	9,80
Struisvogels (3-14 m)	170	1.462	0,0	0,0	8,60	765	0,0	0,0	4,50
Struisvogels (0-3 m)	199	697	0,0	0,0	3,50	338	0,0	0,0	1,70
Kalkoenen slachtdieren	290.370	493.629	2,3	0,3	1,70	304.889	3,2	0,5	1,10
Kalkoenen ouderdieren	40	80	0,0	0,0	2,00	59	0,0	0,0	1,50
Ander pluimvee	75.230	18.055	0,1	0,0	0,24	14.294	0,2	0,0	0,20
Totaal pluimvee	34.710.216	21.035.212	100	13,4	0,61	9.391.724	100	15,9	0,27

3 REFERENTIESITUATIE

3.1 RUNDVEE

3.1.1 Melkvee

3.1.1.1 Inleiding

De N-balans bij rundvee kan niet los gezien worden van een adequate energie- en eiwitvoorziening. De energiebehoeften van melkvee voor onderhoud, groei en melkproductie en de energiegehalten van de ruw- en krachtvoerders worden uitgedrukt in netto energie, waarvoor in België en Nederland, de term VEM (Voedereenheid Melk) wordt gebruikt. De eiwitbehoeften van rundvee en de eiwitwaarde van de voedermiddelen worden uitgedrukt in darmverteerbaar eiwit (DVE), dat enerzijds afkomstig is van voedereiwit dat niet in de pens wordt afgebroken en anderzijds van microbieel eiwit, dat in de pens wordt gevormd uit afgebroken voedereiwit en energie die vrijkomt bij de afbraak van koolhydraten (celwanden, zetmeel, suiker). Om ervoor te zorgen dat eiwit en energie in de pens zo goed mogelijk in overeenstemming zijn, dient men bij samenstelling van het rantsoen ook rekening te houden met de onbestendige eiwitbalans (OEB) in de pens. Voedermiddelen met een overmaat aan energie hebben een negatieve OEB bv. maïskuil, perspulp, granen; voedermiddelen met een overmaat aan eiwit hebben een positieve OEB bv. gras, graskuil en sojaschroot. De meeste rantsoenen hebben een positieve OEB, waarbij de overtollige ammoniak in de pens na absorptie in het bloed via de urine wordt uitgescheiden. In theorie zou de OEB van het rantsoen nul moeten zijn, maar omwille van dagschommelingen en onnauwkeurige schatting van de OEB-waarde van de voedermiddelen wordt voor de praktijk een OEB van 150 à 200 g per dag aanbevolen (De Brabander et al., 2012).

Voor de bepaling van de huidige referentiesituatie van melkkoeien en de overeenkomstige N- en P₂O₅-excretie werd uitgegaan van vroegere ILVO-berekeningen (De Brabander et al., 2006). Destijds werden de forfaitaire N- en P₂O₅-excretiecijfers berekend op basis van balans- en voederproeven, waaruit twee fictieve rantsoenen (winter en zomer) werden geformuleerd. Deze fictieve rantsoenen werden toen representatief beschouwd voor de Vlaamse situatie. Aan de hand van literatuur en input van de stakeholders zijn deze rantsoenen aangepast naar een representatief winter- en zomerrantsoen voor melkkoeien in Vlaanderen anno 2017. Tabel 2 geeft respectievelijk de gehalten aan droge stof (DS), ruw eiwit (RE), fosfor (P), VEM, DVE en OEB weer van de voedermiddelen in de geformuleerde fictieve rantsoenen anno 2006 en 2017. De gehalten zijn gebaseerd op informatie van de stakeholders, CVB (2016), Eurofins en AVEVE, De Brabander et al. (2012) en analyseresultaten van het ILVO.

Tabel 2: Voederwaarde van de belangrijkste ruwvoerders (per kg DS) en krachtvoerders (per kg) in het winter- en zomerrantsoen

Voedermiddelen	DS (g)		RE (g)		P (g)		VEM		DVE (g)		OEB (g)	
	2006	2017	2006	2017	2006	2017	2006	2017	2006	2017	2006	2017
Graskuil	270	450	180	180	4,0	3,8	825	895	55	75	52	35
Maïskuil	330	340	80	75	2,0	2,0	930	950	50	50	-22	-35
Perspulp	230	230	110	90	1,0	0,9	1060	1060	110	105	-65	-75
Gras	270	170	200	200	4,0	3,8	950	975	85	95	50	45
Sojaschroot	870	870	470	435	7,3	6,2	1013	1015	228	240	159	160
Evenwichtig KV	880	880	195	195	6,8	6,0	940	940	110	110	25	25

De geformuleerde rantsoenen in 2006 bevatten een **graskuil** met 270 g DS per kg. Sindsdien is voordrogen de gangbare praktijk geworden en zijn graskuilen duidelijk droger (gemiddeld 450 g DS/kg). Gras wordt tegenwoordig in een vroeger stadium gemaaid, hetgeen resulteert in een hogere VEM-waarde. De stakeholders schatten het gemiddeld RE-gehalte van graskuilen in Vlaanderen tussen 160 en 200 g/kg DS. Het meerjarengemiddelde van de door AVEVE geanalyseerde graskuilen (+/- 3000



kuilen/jaar) geeft geen indicatie dat het RE-gehalte is gedaald ten opzichte van 2006. Daarom werd besloten om het RE-gehalte te behouden op 180 g/kg DS. Omwille van het hoger DS-gehalte resulteert dit wel in een hogere DVE- en een lagere OEB-waarde. Daarentegen tonen de kuilanalyses van AVEVE wel een lichte daling van het P-gehalte ten opzichte van het gestelde P-gehalte in 2006, zodat besloten werd om het P-gehalte met 0,2 g/kg DS te verlagen.

Verscheidene bronnen rapporteren een RE-gehalte van **maïskuil** tussen 69 en 89 g/kg DS, zodat besloten werd het RE-gehalte te verlagen met 5 g/kg DS. In de verschillende geconsulteerde bronnen kon geen indicatie gevonden worden om het P-gehalte van maïskuil te wijzigen.

Op basis van analyseresultaten van het ILVO en input van stakeholders werd het RE- en P-gehalte van **perspulp** verlaagd naar respectievelijk 90 en 0,9 g/kg DS. In het verleden werd voor **vers gras** hetzelfde DS-gehalte van 270 g/kg aangenomen als voor graskuil, hetgeen niet logisch is. Daarom werd het DS-gehalte van gras verlaagd naar 170 g/kg. Geen indicatie werd gegeven om het RE-gehalte van vers gras te wijzigen. Het P-gehalte werd analoog aan graskuil verlaagd met 0,2 g/kg DS.

De analyseresultaten van het ILVO verantwoorden een verlaging van het RE- en P-gehalte van **sojaschroot** t.o.v. de gehalten in 2006 resp. naar 435 en 6,2 g/kg. Na feedback van de stakeholders werd besloten het P-gehalte van **evenwichtig krachtvoeder (KV)** te verlagen naar 6,0 g/kg.

De stakeholders gaven ook een paar wijzigingen in de parameters van een gemiddelde Vlaamse veestapel aan (Tabel 3). De Brabander et al. (2006) berekenden de N- en P₂O₅-excretie op basis van een fictieve veestapel met 1^{ste} en meerdere (2+) lactatie koeien. De geraadpleegde bronnen geven een indicatie dat het huidige **diergewicht** van zowel eerste lactatie als oudere koeien licht is toegenomen ten opzichte van 2006. Dit werd bevestigd door de studie van Mahieu (2014), waarin diergewichten van verscheidene (praktijk)proeven werden geanalyseerd voor een evaluatie van de schatting van de ruwvoeropname met het ILVO-model. In de huidige referentiesituatie is het diergewicht van een 1^{ste} en 2+ lactatie koe verhoogd naar respectievelijk 580 en 650 kg.

Tabel 3: Referentieparameters van een representatieve Vlaamse melkveestapel in 2006 en 2017

Referentieparameter	2006	2017	Bron
Veestapel			
% veestapel in 1ste lactatie	32	30	DSM, Quartes, ILVO
% veestapel in 2+ lactatie	68	70	DSM, Quartes, ILVO
Diergewicht 1ste lactatie (kg)	550	580	DSM, Quartes, ILVO, Mahieu (2014)
Diergewicht 2+ lactatie (kg)	625	650	DSM, Quartes, ILVO, Mahieu (2014)
Aantal dagen lactatie (op jaarbasis)	315	315	DSM, Quartes, Inagro, ILVO
Aantal dagen droogstand (op jaarbasis)	50	50	DSM, Quartes, Inagro, ILVO
Melkproductie			
kg melk/jaar	6.000/ 8.000	6.000/ 8.000/ 10.000	DSM, Quartes, Inagro, ILVO
% vet	4,20	4,15	DSM, Quartes, Inagro, ILVO, CRV, MCC, Milcobel
% eiwit	3,30	3,45	DSM, Quartes, Inagro, ILVO, CRV, MCC, Milcobel
Rantsoen			
Lactatie			
Verhouding dagen per jaar winterrantsoen/zomerrantsoen	50/50	70/30	DSM, Quartes, Inagro, INVE, ILVO
Winter (MK/VDK/PP) ¹	55/35/10	55/35/10	DSM, Quartes, Inagro, INVE, ILVO
Zomer (Gras/MK)	65/35	65/35	DSM, Quartes, Inagro, INVE, ILVO
Dekking behoeftenorm			
VEM (%)	> 100	105	INVE, ILVO
DVE (%)	105	105	INVE, ILVO
OEB (g/dag)	>150	>150	INVE, ILVO
P (%)	> 100	>100	INVE, ILVO

¹MK: maïskuil; VDK: voordroogkuil; PP: perspulp



In 2006 werden de N- en P₂O₅-excreties berekend voor een veestapel met een gemiddelde **melkproductie** van 6.000 en 8.000 kg melk. De Coöperatie Rundveeverbetering (CRV) registreerde in 2016 een rollend jaargemiddelde¹ (365 d) van 8.864 kg melk. Hieruit is te concluderen dat een gemiddelde productie van 8.000 kg melk op 315 lactatiedagen in een jaar representatief is voor de huidige situatie. Door de stijgende melkproductie van Holsteinkoeien werd in samenspraak met de stakeholders besloten een scenario toe te voegen met een gemiddelde productie van 10.000 kg melk. Het Melkcontrolecentrum Vlaanderen (MCC) en CRV rapporteerden de afgelopen 3 jaar ook een hoger **melkeiwitgehalte** en een lager **melkvetgehalte** t.o.v. de referentiesituatie anno 2006. Op basis van deze bronnen is besloten het melkeiwitgehalte te verhogen naar 3,45% en het melkvetgehalte te verlagen naar 4,15%.

Ondanks de stimulerende acties van de zuivelconcerns rondom beweiden zijn de stakeholders van mening dat steeds meer melkveehouders ervoor kiezen om minder of geen weidegang toe te passen bij de lacterende koeien. Daarnaast is het aantal uur weidegang per dag ook verminderd. Op basis van deze bevindingen is besloten de **verhouding winter-/zomerrantsoenen** van lacterende koeien te wijzigen van 50/50 naar 70/30. De gestelde rantsoensamenstelling van lacterende koeien anno 2006 wordt nog steeds representatief bevonden door de stakeholders. Tijdens het eerste stakeholdersoverleg is besloten de **behoefthenormen** voor de rantsoenformulering van de referentiesituatie 5% boven de VEM- en DVE-behoefthenormen te stellen. De rantsoenen voor de huidige berekeningen zijn geformuleerd met een OEB-voorziening van 200, 250 en 300 g voor resp. 6.000, 8.000 kg en 10.000 kg melk.

VEM- en DVE-behoefthenormen

Voor de VEM- en DVE-behoefthenormen van de referentiesituatie zijn de CVB-normen aangehouden (CVB, 2016). Aan de hand van onderstaande formules zijn de VEM- en DVE-behoefthen voor onderhoud en melkproductie berekend voor volwassen melkkoeien. Daarbovenop werd een toeslag gerekend voor de groei van 1^{ste} kalfskoeien en/of tijdens de laatste 4 maanden van dracht (Tabel 4). Deze behoeftenormen zijn gebaseerd op aangebonden dieren. Tegenwoordig worden melkkoeien voornamelijk in loopstallen gehuisvest, waardoor de VEM-onderhoudsbehoefte in de huidige referentiesituatie werd verhoogd met 10%. Uit de geraadpleegde bronnen kan verondersteld worden dat melkkoeien 5% boven de VEM- en DVE-behoefthenormen worden gevoederd. Dit is toegepast in de formulering van de rantsoenen van de huidige referentiesituatie.

$$\text{VEM}_{\text{onderhoud + melkproductie}} \text{ (VEM/dag)} = (42,4 \times \text{LG}^{0,75} + 442 \times \text{Mm}) \times (1 + (\text{Mm} - 15) \times 0,00165)$$

(LG=lichaamsgewicht in kg, Mm=meetmelkproductie in kg/d)

$$\text{DVE}_{\text{onderhoud}} \text{ (g/dag)} = 54 + \text{LG}/10$$

$$\text{DVE}_{\text{melkproductie}} \text{ (g)} = 1,396 \times \text{E} + 0,000195 \times \text{E}^2 \quad (\text{E} = \text{melkeiwitproductie in g/dag})$$

Tabel 4: VEM- en DVE-toeslagen voor groei en dracht boven de normen voor onderhoud en melkproductie

Toeslagen (g/dag)	VEM	g DVE
Groei		
1 ^e kalfskoe	660	37
Dracht		
6 ^e maand	450	60
7 ^e maand	850	105
8 ^e maand	1500	180
9 ^e maand	2700	280

¹Per bedrijf wordt o.b.v. alle **erkende** monsternames in het statistiekjaar een rollend jaargemiddelde berekend door per monstername de totale hoeveelheid geproduceerde kg melk, vet en eiwit te delen door alle aanwezige melkkoeien (melkgevend + droogstaand). Vervolgens wordt het gemiddelde van de monsternames vermenigvuldigd met 365 d (www.CRV4all.be).



3.1.1.2 Huidige referentiesituatie N-excretie

De N-excretie van de referentiesituatie is bepaald volgens hetzelfde principe als de ILVO-berekeningen uit 2006 (De Brabander et al., 2006). De in 2006 aangenomen N-excretie tijdens de droogstandperiode en toeslagen voor aanzet kalf, aanzet koe en verliezen voor groei en/of afbraak zijn aangehouden in de huidige berekening. Tabel 5 geeft de N-balans van de huidige referentiesituatie weer voor de 3 productieniveaus.

Tabel 5: N-balans van een representatieve melkveestapel in 2017 bij 3 productieniveaus melk per jaar

Parameter	6.000 kg	8.000 kg	10.000 kg	Bron
N-opname 1 ^{ste} lact. winterrantsoen (g/dag)	384	473	564	Voederopname ILVO-model
N-opname 1 ^{ste} lact. zomerrantsoen (g/dag)	415	511	606	Voederopname ILVO-model
N-opname 2+ lact. winterrantsoen (g/dag)	380	470	561	Voederopname ILVO-model
N-opname 2+ lact. zomerrantsoen (g/dag)	405	500	596	Voederopname ILVO-model
N-output via melk (g/dag)	103	138	172	Berekening
N-excretie 1 ^{ste} lact. winterrantsoen (g/dag)	281	336	392	Berekening
N-excretie 1 ^{ste} lact. zomerrantsoen (g/dag)	312	373	435	Berekening
N-excretie 2+ lact. winterrantsoen (g/dag)	276	332	390	Berekening
N-excretie 2+ lact. zomerrantsoen (g/dag)	302	363	424	Berekening
Totaal kg N-excretie lactatie (kg/jaar)	90,1	108,1	126,5	Berekening
Totaal kg N-excretie droogstand (kg/jaar)	10,2	10,2	10,2	De Brabander et al. (2006)
Output via aanzet kalf (kg/jaar)	-1,5	-1,5	-1,5	De Brabander et al. (2006)
Output via aanzet koe (kg/jaar)	-0,5	-0,5	-0,5	De Brabander et al. (2006)
Output via N verliezen groei/afbraak (kg/jaar)	0,7	0,7	0,7	De Brabander et al. (2006)
Totaal N-excretie (kg/dier, jaar) 2017	98,9	116,9	135,3	
Totaal N-excretie (kg/dier, jaar) fictieve rantsoenen 2006	96	114		De Brabander et al. (2006)
Forfaitaire N-excretie (kg/dier, jaar)	97	113	129	VLM (2018)
Afwijking referentie 2017 t.o.v. forfaitaire N-excretie	+2,0%	+3,5%	+4,9%	

3.1.1.3 P-behoeftenorm

Voor de P-behoefte werden de CVB-behoeftenormen aangehouden. Aan de hand van onderstaande formules werd de P-behoeftenorm voor onderhoud, melkproductie, groei melkkoe en dracht berekend. Een P-absorptie-efficiëntie van 75% werd aangehouden (CVB, 2005). In Tabel 6 worden de P-behoeftenormen, P-opname per rantsoen en de dekking van de behoeftenorm van de referentiesituatie weergegeven voor de drie productieniveaus.

$$P_{\text{onderhoud}} \text{ (g)} = 0,81 \times (\text{kg DS-opname})$$

$$P_{\text{melk}} \text{ (g)} = 1,0 \times (\text{kg Mm})$$

$$\text{Groei (g/kg groei)} = 1,2 + (4,6535 \times \text{VLG}^{0,22} \times \text{LG}^{-0,22}) \quad (\text{VLG} = \text{verwacht volwassen gewicht in kg})$$



Tabel 6: P-behoefthenormen, P-opnames van winter- en zomerrantsoen en dekking van de P-normen in de referentiesituatie

Melkkoeien	Behoefthenorm (g/dier, dag)	P-opname rantsoen (g/dier, dag)	Dekking P-behoefthenorm
6.000 kg melk			
Winterrantsoen 1 ^{ste} lactatie	44	53	120%
Zomerrantsoen 1 ^{ste} lactatie	44	59	134%
Winterrantsoen 2+ lactatie	43	47	109%
Zomerrantsoen 2+ lactatie	43	54	126%
8.000 kg melk			
Winterrantsoen 1 ^{ste} lactatie	55	71	129%
Zomerrantsoen 1 ^{ste} lactatie	55	77	140%
Winterrantsoen 2+ lactatie	55	65	118%
Zomerrantsoen 2+ lactatie	55	72	131%
10.000 kg melk			
Winterrantsoen 1 ^{ste} lactatie	67	89	133%
Zomerrantsoen 1 ^{ste} lactatie	67	96	143%
Winterrantsoen 2+ lactatie	66	83	126%
Zomerrantsoen 2+ lactatie	66	91	138%

3.1.1.4 Huidige referentiesituatie P₂O₅-excretie

De P₂O₅-excretie van de referentiesituatie is bepaald volgens hetzelfde principe als de ILVO-berekeningen uit 2006 (De Brabander et al., 2006). De in 2006 aangenomen P₂O₅-excretie tijdens de droogstandsperiode en toeslagen voor aanzet kalf en aanzet koe zijn aangehouden in de huidige berekening. Tabel 7 geeft de P-balans van de huidige referentiesituatie weer voor de drie productieniveaus.

Tabel 7: P-balans van een representatieve melkveestapel in 2017 bij 3 productieniveaus melk per jaar

Parameter	6.000 kg	8.000 kg	10.000 kg	Bron
P-opname 1ste lact. winterrantsoen (g/dag)	52,9	71,0	89,4	Voederopname ILVO-model
P-opname 1ste lact. zomerrantsoen (g/dag)	58,9	77,3	95,7	Voederopname ILVO-model
P-opname 2+ lact. winterrantsoen (g/dag)	46,8	64,9	83,3	Voederopname ILVO-model
P-opname 2+ lact. zomerrantsoen (g/dag)	54,1	72,3	90,7	Voederopname ILVO-model
P-output via melk (g/dag)	19,1	25,5	31,8	Berekening
P-excretie 1ste lact. winterrantsoen (g/dag)	33,8	45,6	57,6	Berekening
P-excretie 1ste lact. zomerrantsoen (g/dag)	39,8	51,8	63,9	Berekening
P-excretie 2+ lact. winterrantsoen (g/dag)	27,7	39,5	51,5	Berekening
P-excretie 2+ lact. zomerrantsoen (g/dag)	35,0	46,8	58,9	Berekening
Totaal P-excretie lactatie (kg/jaar)	10,0	13,7	17,5	Berekening
Totaal P-excretie droogstand (kg/jaar)	1,42	1,42	1,42	De Brabander et al. (2006)
Output via P-aanzet kalf (kg/jaar)	-0,3	-0,3	-0,3	De Brabander et al. (2006)
Output via P-aanzet koe (kg/jaar)	-0,2	-0,2	-0,2	De Brabander et al. (2006)
Totaal P ₂ O ₅ -uitscheiding (kg/dier, jaar) 2017	24,9	33,5	42,1	
Totaal P ₂ O ₅ -uitscheiding fictieve rantsoenen 2006 (kg/dier, jaar)	26,7	35,5		De Brabander et al. (2006)
Forfaitair P ₂ O ₅ -uitscheiding (kg/dier, jaar)	30,0	36,0	42,0	VLM (2018)
Afwijking referentie t.o.v. forfaitaire P ₂ O ₅ - excretie	-17,1%	-7,0%	+0,3%	

3.1.1.5 Besluit melkkoeien

De N-uitscheidingscijfers op basis van de huidige referentiesituatie voor melkkoeien met een productieniveau van 6.000, 8.000 en 10.000 kg meetmelk per jaar liggen op 99, 117 en 135 kg per jaar. Deze resultaten sluiten goed aan bij de range van resultaten die in het verleden werden bekomen op basis van de verschillende benaderingen (dierproeven, balansproeven, theoretische inschatting). Numeriek lijkt vooral bij de hogere productieniveaus de uitscheiding een beetje hoger te zijn dan de forfaitaire cijfers aangegeven. De P₂O₅- uitscheidingscijfers van de huidige referentiesituatie liggen op respectievelijk 25, 34 en 42 kg P₂O₅ per jaar. Deze resultaten vallen in dezelfde range als de P₂O₅-excretiecijfers uit 2006. De P₂O₅-excretie van melkkoeien met een productieniveau van 6.000 en 8.000 kg meetmelk per jaar liggen wel duidelijk onder de forfaitaire cijfers. **Op basis van deze resultaten is het aangewezen de forfaitaire excretiecijfers van melkkoeien verder te evalueren.**

De P-opname van het rantsoen ligt voor alle drie de productieniveaus hoger dan de berekende behoeftenormen. Hieruit kan geconcludeerd worden dat een standaard melkveerantsoen een overschot aan P bevat. **Het verlagen van het P-gehalte in het rantsoen kan dus een belangrijke onderzoekspiste zijn.**

3.1.2 Zoogkoeien

3.1.2.1 Inleiding

In 2006 zijn ook de forfaitaire excretiecijfers voor zoogkoeien geëvalueerd. Op basis van deze berekeningen (De Brabander et al., 2006) is de huidige referentiesituatie voor zoogkoeien bepaald. Aan de hand van feedback van de stakeholders en in overleg met ILVO-vleesvee-experts Leo Fiems en Karen Goossens zijn de referentieparameters aangepast anno 2017. Tabel 8 geeft de referentieparameters weer anno 2006 en 2017. Tegenwoordig worden steeds meer kalveren gescheiden van de koe bij de geboorte en grootgebracht met kunstmelk. Daarom is besloten het percentage zogende koeien te verlagen naar 25%. Door het toenemende gebruik van bijproducten in het rantsoen van zoogkoeien is besloten om bietenperspulp toe te voegen aan het winterrantsoen. Voor perspulp en maïskuil zijn dezelfde voederwaarden gebruikt als in de huidige referentiesituatie van melkkoeien (Tabel 2). De voederwaarden van graskuil en vers gras bestemd voor zoogkoeien werden niet gewijzigd ten opzichte van 2006 en bevatten respectievelijk 160 en 170 g RE/kg DS en 4 g P/kg DS. In vergelijking met gras en graskuil voor melkkoeien werd het gemiddeld RE-gehalte van deze voedermiddelen voor zoogkoeien wat lager ingeschat, omdat in een later groeistadium wordt begraasd en gemaaid. Aanvullend wordt in de praktijk nu frequent een mineralenkern bijgevoerd, zodat werd besloten om de eiwitkern te vervangen door een mineralenkern. Ook werd opgemerkt dat steeds meer vleesveehouders zoogkoeien direct na de 3^{de} kalving afmesten. Hieruit is besloten het percentage zoogkoeien, welke direct wordt afgemest na de 3^{de} kalving, te verhogen tot 50%.

Tabel 8: Referentieparameters voor zoogkoeien anno 2006 en 2017

Referentieparameter	2006	2017	Bron
Dierparameters			
Gemiddeld aantal kalvingen	3	3	De Brabander et al. (2006)
Leeftijd eerste kalving (maanden)	24	24	De Brabander et al. (2006)
Lichaamsgewicht na 1 ^{ste} kalving	520	520	De Brabander et al. (2006)
Lichaamsgewicht na 2 ^{de} kalving	595	595	De Brabander et al. (2006)
Lichaamsgewicht na 3 ^{de} kalving	655	655	De Brabander et al. (2006)
Periode van 3 ^{de} kalving tot afmest (maanden)	5	4	ILVO-experts vleesvee
% Afmesten direct na 3 ^{de} kalving (1 maand)	25	50	ILVO-experts vleesvee
% Afmesten na zoogperiode (5 maand)	25	25	ILVO-experts vleesvee
% Afmesten na niet drachtig krijgen (9 maand)	50	25	ILVO-experts vleesvee
Melkproductie			
% zogend	50	25	ILVO-experts vleesvee
% niet zogend	50	75	ILVO-experts vleesvee
Dagen lactatieperiode	150	150	De Brabander et al. (2006)
N-gehalte melk (g/kg)	5,16	5,16	De Brabander et al. (2006)
Kg melk na 1 ^{ste} kalving	915	915	De Brabander et al. (2006)
Kg melk na 2 ^{de} kalving	1080	1080	De Brabander et al. (2006)
Kg melk na 3 ^{de} kalving	1140	1140	De Brabander et al. (2006)
Rantsoen			
Verhouding dagen per jaar winterrantsoen/zomerrantsoen	46/54	46/54	De Brabander et al. (2006)
Winterrantsoen (MK/VDK/PP)	50/50/0	40/50/10	ILVO-experts vleesvee
Zomerrantsoen	100% gras	100% gras	De Brabander et al. (2006)
Dekking behoeftenorm			
VEM (%)	100	110	ILVO-experts vleesvee
DVE (%)	>100	>100	ILVO-experts vleesvee
OEB (g/dag)	0	0	ILVO-experts vleesvee
P (%)	> 100	>100	ILVO-experts vleesvee

3.1.2.2 Behoeftenormen

Momenteel zijn de voederbehoefthenormen voor zoogkoeien gebaseerd op die van melkkoeien (Hubrecht et al., 2013). In deze studie zijn de CVB-behoefthenormen voor melkkoeien aangehouden voor het bepalen van de VEM-, DVE- en P-behoefthenormen van zoogkoeien, ondanks het feit dat dit een aantal beperkingen met zich meebrengt. Het merendeel van de zoogkoeien wordt gehuisvest in loopstallen, zodat een toeslag van +10% op de VEM-onderhoudsbehoefte werd aangenomen. De opname van het fictieve stalrantsoen is geformuleerd op basis van de totale VEM-behoefte, waarbij 110% werd aangehouden.

De P-behoefthenormen zijn berekend met onderstaande formules. Een absorptie-efficiëntie van 75% werd aangehouden (CVB, 2005).

$$P_{\text{onderhoud}} \text{ (g)} = 0,83 \times (\text{kg DS-opname})$$

$$P_{\text{melk}} \text{ (g)} = 1,0 \times (\text{kg melk})$$

$$P_{\text{groei}} \text{ (g/kg groei)} = 1,2 + (4,6535 \times \text{VLG}^{0,22} \times \text{LG}^{-0,22}) \quad (\text{VLG} = \text{verwacht volwassen gewicht})$$

In Tabel 9 worden de DVE- en P-behoefthenormen, de opname via rantsoen en de dekking van de behoeftenorm in de referentiesituatie weergegeven. De dekking van de DVE-behoefthenorm geeft enkel een indicatie. Door gebrek aan specifieke behoeftenormen voor zoogkoeien kunnen met betrekking tot de dekking van de DVE-behoefthenormen geen conclusies worden getrokken.

Tabel 9: DVE- en P-behoefthenormen, opnames en de dekking

Zoogkoeien	Behoeftenorm (g/dier, dag)	Opname rantsoen (g/dier, dag)	Dekking behoeftenorm
DVE			
1 ^{ste} kalving tot 2 ^{de} kalving	226	671	297%
2 ^{de} kalving tot 3 ^{de} kalving	220	704	321%
3 ^{de} kalving tot afmest	230	716	315%
P			
1 ^{ste} kalving tot 2 ^{de} kalving	13	36	282%
2 ^{de} kalving tot 3 ^{de} kalving	13	37	287%
3 ^{de} kalving tot afmest	14	38	277%

Tabellen 10 en 11 geven respectievelijk de N- en P-balans voor de huidige referentiesituatie van zoogkoeien. In de berekeningen van De Brabander et al. (2006) werd een verwijzingsfout gevonden, waardoor de in 2006 gerapporteerde uitscheidingscijfers werden onderschat. In de tabellen zijn de correct berekende uitscheidingscijfers anno 2006 en 2017 weergegeven.

3.1.2.3 Huidige referentiesituatie N-excretie

Tabel 10: N-balans zoogkoeien van 1^{ste} kalving tot afmest

Parameter	Waarde (kg, dier)	Bron
N-opname na 1 ^{ste} kalving tot 2 ^{de} kalving stalperiode	30,3	Berekening o.b.v. De Brabander et al. (2006)
N-opname na 1 ^{ste} kalving tot 2 ^{de} kalving weideperiode	61,9	Berekening o.b.v. De Brabander et al. (2006)
N-opname na 2 ^{de} kalving tot 3 ^{de} kalving stalperiode	31,1	Berekening o.b.v. De Brabander et al. (2006)
N-opname na 2 ^{de} kalving tot 3 ^{de} kalving weideperiode	65,5	Berekening o.b.v. De Brabander et al. (2006)
N-opname na 3 ^{de} kalving tot reforme koe stalperiode	10,2	Berekening o.b.v. De Brabander et al. (2006)
N-opname na 3 ^{de} kalving tot reforme koe weideperiode	21,8	Berekening o.b.v. De Brabander et al. (2006)
Totale N-opname	220,8	
Fixatie in de koe na 1 ^{ste} kalving tot 2 ^{de} kalving	2,1	Berekening o.b.v. De Brabander et al. (2006)

Fixatie in de koe na 2 ^{de} kalving tot 3 ^{de} kalving	1,6	Berekening o.b.v. De Brabander et al. (2006)
Fixatie in het kalf bij geboorte bij 2 ^{de} kalving	1,4	Berekening o.b.v. De Brabander et al. (2006)
Fixatie in het kalf bij geboorte bij 3 ^{de} kalving	1,5	Berekening o.b.v. De Brabander et al. (2006)
Fixatie in melk na 1 ^{ste} kalving	1,2	Berekening o.b.v. De Brabander et al. (2006)
Fixatie in melk na 2 ^{de} kalving	1,4	Berekening o.b.v. De Brabander et al. (2006)
Fixatie in melk na 3 ^{de} kalving	1,5	Berekening o.b.v. De Brabander et al. (2006)
Totale N-fixatie	10,7	
Totale N-excretie levensduur zoogkoe (1023 dagen)	210,1	
Totale N-excretie 2017 (kg/dier, jaar)	75,0	
Totale N-excretie 2006 (kg/dier, jaar)	73,6	De Brabander et al. (2006)
Forfaitaire N-excretie (kg/dier, jaar)	65	VLM (2018)
Afwijking referentie t.o.v. forfaitaire N-excretie (%)	+15,4	

3.1.2.4 Huidige referentiesituatie P₂O₅-excretie

Tabel 11: P-balans zoogkoeien van 1^{ste} kalving tot afmest

Parameter	Waarde (kg,dier)	Bron
P-opname na 1 ^{ste} kalving tot 2 ^{de} kalving stalperiode	7,7	Berekening o.b.v. De Brabander et al. (2006)
P-opname na 1 ^{ste} kalving tot 2 ^{de} kalving weideperiode	9,1	Berekening o.b.v. De Brabander et al. (2006)
P-opname na 2 ^{de} kalving tot 3 ^{de} kalving stalperiode	7,9	Berekening o.b.v. De Brabander et al. (2006)
P-opname na 2 ^{de} kalving tot 3 ^{de} kalving weideperiode	9,6	Berekening o.b.v. De Brabander et al. (2006)
P-opname na 3 ^{de} kalving tot reforme koe stalperiode	2,6	Berekening o.b.v. De Brabander et al. (2006)
P-opname na 3 ^{de} kalving tot reforme koe weideperiode	3,2	Berekening o.b.v. De Brabander et al. (2006)
Totale P-opname	40,1	
Fixatie in de koe na 1 ^{ste} kalving tot 2 ^{de} kalving	0,5	Berekening o.b.v. De Brabander et al. (2006)
Fixatie in de koe na 2 ^{de} kalving tot 3 ^{de} kalving	0,4	Berekening o.b.v. De Brabander et al. (2006)
Fixatie in het kalf bij geboorte bij 2 ^{de} kalving	0,3	Berekening o.b.v. De Brabander et al. (2006)
Fixatie in het kalf bij geboorte bij 3 ^{de} kalving	0,3	Berekening o.b.v. De Brabander et al. (2006)
Fixatie in melk na 1 ^{de} kalving	0,2	Berekening o.b.v. De Brabander et al. (2006)
Fixatie in melk na 2 ^{de} kalving	0,3	Berekening o.b.v. De Brabander et al. (2006)
Fixatie in melk na 3 ^{de} kalving	0,3	Berekening o.b.v. De Brabander et al. (2006)
Totale P-fixatie	2,3	
Totale P ₂ O ₅ -excretie levensduur zoogkoe (1023 dagen)	86,6	
Totale P ₂ O ₅ -excretie 2017 (kg/dier, jaar)	30,9	
Totale P ₂ O ₅ -excretie 2006 (kg/dier, jaar)	27,0	De Brabander et al. (2006)
Forfaitaire P ₂ O ₅ -excretie (kg/dier, jaar)	25	VLM (2018)
Afwijking referentie t.o.v. forfaitaire N-excretie (%)	+23,6	

3.1.2.5 Besluit zoogkoeien

De berekende uitscheidingscijfers op basis van de huidige referentiesituatie bedragen 75 kg N en 31 kg P₂O₅ per dier per jaar. Deze resultaten liggen in dezelfde range als de berekende uitscheidingscijfers in 2006. De berekende excretie voor zowel N als P₂O₅ ligt boven de forfaitaire uitscheidingscijfers. **Op basis van deze resultaten is het aangewezen de forfaitaire cijfers van zoogkoeien verder te evalueren.**

3.2 VARKENS

3.2.1 Inleiding

Om de jaarlijkse mestproductie op een varkensbedrijf te bepalen, werden vijf diercategorieën in beschouwing genomen: zeugen inclusief biggen met een gewicht kleiner dan 7 kg, biggen met een gewicht van 7 tot 20 kg, andere varkens met een gewicht van 20 tot 110 kg, andere varkens met een gewicht groter dan 110 kg, en tenslotte de beren. Bij de aangifte van de uitscheidingscijfers kan een varkenshouder kiezen voor forfaitaire uitscheidingscijfers of kan men werken met de reële uitscheidingscijfers, die bepaald worden op basis van een nutriëntenbalans (NUB). Bij meer dan 200 andere varkens op één bedrijf is het gebruik van de forfaitaire uitscheidingscijfers niet toegelaten en moet voor alle varkenscategorieën een NUB-stelsel toegepast worden. Er worden drie NUB-stelsels onderscheiden: regressierechten, die gebaseerd zijn op een lineair verband tussen de opname van ruw eiwit (RE) en fosfor (P) en de uitscheiding van stikstof (N) en fosfaat (P_2O_5), het convenant bij het gebruik van laageiwit- en laagfosforvoeders en als laatste andere voeders en voedertechnieken, wat berust op een input- en outputbalans.

Op basis van bovenstaande methodieken wordt jaarlijks de totale uitscheiding aan N en P_2O_5 in de varkenshouderij bepaald. De cijfers voor 2016 werden weergegeven in Tabel 1. De categorieën andere varkens met een gewicht van 20 tot 110 kg en zeugen, inclusief biggen met een gewicht kleiner dan 7 kg scoren hierbij het hoogst en zijn verantwoordelijk voor respectievelijk 76,2 en 14,2% van de totale N-uitscheiding en 70,2 en 19,0% van de totale P_2O_5 -uitscheiding binnen de diersoort varkens. Daarna volgen de biggen met een gewicht van 7 tot 20 kg en de andere varkens met een gewicht groter dan 110 kg, die verantwoordelijk zijn voor respectievelijk 6,7 en 2,7% van de totale N-uitscheiding en 7,0 en 3,6% van de totale P_2O_5 -uitscheiding binnen de diersoort varkens. Voor de beren worden de laagste uitscheidingscijfers gerapporteerd. Ten opzichte van de totale mestproductie binnen de varkenshouderij bedraagt het aandeel van de beren slechts 0,2%. Aangezien de verbetermarge hier dus erg beperkt is, werd deze categorie niet verder in rekening gebracht in deze studie.

Om de referentiesituatie van een huidig commercieel Vlaams varkensbedrijf op te stellen, werd voor ieder beschouwde diercategorie een zo correct mogelijke inschatting gemaakt van verschillende parameters, die enerzijds de prestaties van de dieren weerspiegelen en anderzijds de N- en P-balans bepalen. Hiervoor werd beroep gedaan op verschillende rapporten, data van voederfirma's, berekeningen, eigen dierproeven en aanbevelingen door de stakeholders (Danis, DSM, Orffa, Boerenbond, Vanden Avenne). Op basis van deze parameters werd voor iedere diercategorie zowel de N- en P-opname, alsook de N- en P-aanzet berekend. Door respectievelijk de opname te verminderen met de aanzet en de aanzet te delen door de opname, werden de N- en P_2O_5 -uitscheiding per dierplaats, per jaar en de N- en P-efficiëntie berekend. Voor de diercategorie zeugen inclusief biggen met een gewicht kleiner dan 7 kg werd een afzonderlijke referentiesituatie opgemaakt. De prestaties, N- en P-balansen voor deze categorie zijn weergegeven in Tabel 12 tot en met 14. Aangezien de categorieën biggen met een gewicht van 7 tot 20 kg, andere varkens met een gewicht van 20 tot 110 kg en andere varkens met een gewicht groter dan 110 kg sterk met elkaar verweven zijn, werd voor deze categorieën samen één overkoepelende referentiesituatie opgesteld, weergegeven in Tabel 15 tot en met 17.



3.2.2 Zeugen, inclusief biggen met een gewicht kleiner dan 7 kg

Tabel 12: Prestaties zeugen, inclusief biggen met een gewicht kleiner dan 7 kg

Parameter	Waarde	Formule	Bron
Duur dracht (dagen)	114	a	Stakeholders
Duur lactatie (dagen)	28	b	Stakeholders
Aantal dagen dracht per jaar	262,2	$c=a*g$	Berekening
Aantal dagen lactatie per jaar	64,4	$d=b*g$	Berekening
Aantal dagen niet-productief per jaar	38,4	$e=365-c-d$	Berekening
Aantal levende biggen per worp	12,6		Departement Landbouw en Visserij - Focus 2014
Aantal levende biggen per zeug per jaar	28,3		Departement Landbouw en Visserij - Focus 2014
Aantal gespeende biggen per zeug per jaar	27	f	Stakeholders
Aantal cycli per jaar	2,3	g	Departement Landbouw en Visserij - Focus 2014
Toename lichaamsgewicht zeug (kg/cyclus)	20	h	CVB (2016)
Toename lichaamsgewicht zeug (kg/jaar)	46	$i=g*h$	Berekening
Krachtvoeder per zeug (kg/jaar)	1.201	j	Stakeholders
Dagelijkse voederopname dracht + niet-productieve dagen (kg/dag)	2,9	k	Stakeholders
Dagelijkse voederopname lactatie (kg/dag)	5,113	$l=(j-(k*c+k*e))/d$	Berekening
Voederopname creep feed (kg/big)	0,275	m	Stakeholders

Tabel 13: N-balans zeugen, inclusief biggen met een gewicht kleiner dan 7 kg

Parameter	Waarde	Formule	Bron
Ruw eiwit rantsoen dracht (g/kg)	135	n	Stakeholders
Ruw eiwit rantsoen lactatie (g/kg)	163	o	Stakeholders
Ruw eiwit creep feed (g/kg)	180	p	Stakeholders
Ruw eiwit convenant rantsoen zeugen inclusief biggen <7 kg (g/kg)	170		NUB (2009)
N-opname zeug (kg/jaar)	27,42	$q=(c*k*n+d*l*o+e*k*n)/6,25/1000$	Berekening
N-opname biggen <7 kg per zeug (kg/jaar)	0,21	$r=f*m*p/6,25/1000$	Berekening

N-inhoud zeug (g/kg)	28,5	s	ILVO-retentieproef
N-inhoud big 20 kg (g/kg)	24,9	t	ILVO-retentieproef
N-inhoud zeug NUB-besluit (g/kg)	27,5		NUB (2009)
N-inhoud big 7 kg NUB-besluit (g/kg)	25,0		NUB (2009)
N-aanzet zeug (kg/jaar)	1,31	$u=i*s/1000$	Berekening
N-aanzet biggen <7 kg per zeug (kg/jaar)	4,71	$v=f*t*7/1000$	Berekening
N-uitscheiding regressie (kg/dierplaats, jaar)	22,10	$w=0,1599*(q*6,25+r*6,25)-5,5152$	VLM (2018)
N-uitscheiding zeugen incl. biggen <7 kg (kg/dierplaats, jaar)	21,61	$x=q+r-u-v$	Berekening
N-efficiëntie zeugen incl. biggen <7 kg (%)	21,8	$y=(u+v)/(q+r)*100$	Berekening
Afwijking tussen uitscheiding eigen berekening en regressie (%)	-2,2	$z=(x-w)/w*100$	Berekening

Tabel 14: P-balans zeugen, inclusief biggen met een gewicht kleiner dan 7 kg

Parameter	Waarde	Formule	Bron
P rantsoen dracht (g/kg)	4,8	a'	Stakeholders
P rantsoen lactatie (g/kg)	5,5	b'	Stakeholders
P creep feed (g/kg)	4,8	c'	Stakeholders
P covenant rantsoen zeugen inclusief biggen <7 kg (g/kg)	6,0		NUB (2009)
P-opname zeug (kg/jaar)	6,0	$d'=(c*a'*k+d*b'*l+e*a'*k)/1000$	Berekening
P-opname biggen <7 kg per zeug (kg/jaar)	0,036	$e'=f*m*c'/1000$	Berekening
P ₂ O ₅ -inhoud zeug (g/kg)	10,3	f'	ILVO-retentieproef
P ₂ O ₅ -inhoud big 20 kg (g/kg)	10,6	g'	ILVO-retentieproef
P ₂ O ₅ -inhoud zeug NUB-besluit (g/kg)	11,7		NUB (2009)
P ₂ O ₅ -inhoud big 7 kg NUB-besluit (g/kg)	11,7		NUB (2009)
P-aanzet zeug (kg/jaar)	0,21	$h'=i*f'/2,29/1000$	Berekening
P-aanzet biggen <7 kg per zeug (kg/jaar)	0,87	$i'=f*g'/2,29*7/1000$	Berekening
P ₂ O ₅ -uitscheiding regressie zeugen incl. biggen <7 kg (kg/dierplaats, jaar)	11,27	$j'=2,2888*(d'+e')-2,5326$	VLM (2018)
P₂O₅-uitscheiding zeugen incl. biggen <7 kg (kg/dierplaats, jaar)	11,34	$k'=(d'+e'-h'-i')/0,43662$	Berekening
P-efficiëntie zeugen incl. biggen <7 kg (%)	17,9	$l'=(h'+i')/(d'+e')*100$	Berekening
Afwijking tussen uitscheiding eigen berekening en regressie (%)	+0,6	$m'=(k'-j')/j'*100$	Berekening

3.2.3 Biggen met een gewicht van 7 tot 20 kg, andere varkens met een gewicht van 20 tot 110 kg en groter dan 110 kg

Tabel 15: Prestaties biggen met een gewicht van 7 tot 20 kg, andere varkens met een gewicht van 20 tot 110 kg en met een gewicht groter dan 110 kg

Parameter	Waarde	Formule	Bron
Opleggewicht (kg)	23		Vlaamse Bedrijfseconomische Standaardwaarden (2013)
Gewichtsaanzet (kg)	90		Vlaamse Bedrijfseconomische Standaardwaarden (2013)
Dagelijkse groei vleesvarkens (g/dag)	657,2		Departement Landbouw en Visserij - Focus 2014
Afmestduur (23-113 kg) (dagen)	137	<i>a</i>	Departement Landbouw en Visserij - Focus 2014
Trajectduur 7-20 kg (weken)	5	<i>b</i>	Stakeholders
Trajectduur 110-130 kg (weken)	4	<i>c</i>	Stakeholders
Rondes/jaar 7-20 kg	10,40	$d=52/b$	Berekening
Rondes/jaar 20-110 kg	2,66	$e=365/a$	Berekening
Rondes/jaar 110-130 kg	13	$f=52/c$	Berekening
Slachtgewicht (kg)	113		Vlaamse Bedrijfseconomische Standaardwaarden (2013)
Voederconversie gemiddeld (23-113 kg)	2,93		Vlaamse Bedrijfseconomische Standaardwaarden (2013)
Voederconversie 7-20 kg	1,62	<i>g</i>	Varkensloket rekenmodule VC
Voederconversie 20-40 kg	2,05	<i>h</i>	Varkensloket rekenmodule VC
Voederconversie 40-70 kg	2,67	<i>i</i>	Varkensloket rekenmodule VC
Voederconversie 70-110 kg	3,55	<i>j</i>	Varkensloket rekenmodule VC
Voederconversie 110-130 kg	4,30	<i>k</i>	Varkensloket rekenmodule VC

Tabel 16: N-balans biggen met een gewicht van 7 tot 20 kg, andere varkens met een gewicht van 20 tot 110 kg en met een gewicht groter dan 110 kg

Parameter	Waarde	Formule	Bron
Ruw eiwit rantsoen 7-20 kg (g/kg)	175	<i>l</i>	Stakeholders
Ruw eiwit rantsoen 20-40 kg (g/kg)	162	<i>m</i>	Stakeholders
Ruw eiwit rantsoen 40-70 kg (g/kg)	149	<i>n</i>	Stakeholders
Ruw eiwit rantsoen 70-110 kg (g/kg)	142	<i>o</i>	Stakeholders
Ruw eiwit rantsoen 110-130 kg (g/kg)	137	<i>p</i>	Stakeholders
Ruw eiwit covenant rantsoen 20-40 kg (g/kg)	180		NUB (2009)
Ruw eiwit covenant rantsoen 40-110 kg (g/kg)	160		NUB (2009)
Ruw eiwit covenant rantsoen >110 kg (g/kg)	170		NUB (2009)
N-opname rantsoen 7-20 kg (kg/dier)	0,6	$q=g*(20-7)*l/6,25/1000$	Berekening

N-opname rantsoen 20-40 kg (kg/dier)	1,1	$r=h*(40-20)*m/6,25/1000$	Berekening
N-opname rantsoen 40-70 kg (kg/dier)	1,9	$s=i*(70-40)*n/6,25/1000$	Berekening
N-opname rantsoen 70-110 kg (kg/dier)	3,2	$t=j*(110-70)*o/6,25/1000$	Berekening
N-opname rantsoen 110-130 kg (kg/dier)	1,9	$u=k*(130-110)*p/6,25/1000$	Berekening
N-inhoud big 20 kg (g/kg)	24,9	v	ILVO-retentieproef
N-inhoud vleesvarken (g/kg)	27,9	w	ILVO-retentieproef
N-inhoud big 20 kg NUB-besluit (g/kg)	27,0		NUB (2009)
N-inhoud vleesvarken NUB-besluit (g/kg)	27,5		NUB (2009)
N-aanzet biggen 7-20 kg (kg)	0,32	$x=(v*20-v*7)/1000$	Berekening
N-aanzet varkens 20-110 kg (kg)	2,57	$y=(w*110-v*20)/1000$	Berekening
N-aanzet varkens 110-130 kg (kg)	0,56	$z=(w*130-w*110)/1000$	Berekening
N-aanzet varkens 7-110 kg (kg)	2,87	$a'=(w*110-v*7)/1000$	Berekening
N-uitscheiding regressie biggen 7-20 kg (kg/dierplaats, jaar)	2,50	$b'=0,0996*q*6,25*d-1,3218$	VLM (2018)
N-uitscheiding regressie varkens 20-110 kg (kg/dierplaats, jaar)	9,48	$c'=0,1347*(r+s+t)*6,25*e-4,4181$	VLM (2018)
N-uitscheiding regressie varkens >110 kg (kg/dierplaats, jaar)	18,98	$d'=0,1599*u*6,25*f-5,5152$	VLM (2018)
N-uitscheiding biggen 7-20 kg (kg/dierplaats, jaar)	2,76	$e'=(q-x)*d$	Berekening
N-efficiëntie biggen 7-20 kg (%)	55,0	$f'=x/q*100$	Berekening
N-uitscheiding vleesvarkens 20-110 kg (kg/dierplaats, jaar)	9,65	$g'=(r+s+t-y)*e$	Berekening
N-efficiëntie vleesvarkens 20-110 kg (%)	41,5	$h'=y/(r+s+t)*100$	Berekening
N-uitscheiding vleesvarkens 110-130 kg (kg/dierplaats, jaar)	17,25	$i'=(u-z)*f$	Berekening
N-efficiëntie vleesvarkens 110-130 kg (%)	29,6	$j'=z/u*100$	Berekening
Afwijking tussen uitscheiding eigen balans en regressie 7-20 kg (%)	+10,6	$k'=(e'-b')/b'*100$	Berekening
Afwijking tussen uitscheiding eigen balans en regressie 20-110 kg (%)	+1,9	$l'=(g'-c')/c'*100$	Berekening
Afwijking tussen uitscheiding eigen balans en regressie 110-130 kg (%)	-9,1	$m'=(i'-d')/d'*100$	Berekening

Tabel 17: P-balans biggen met een gewicht van 7 tot 20 kg, andere varkens met een gewicht van 20 tot 110 kg en met een gewicht groter dan 110 kg

Parameter	Waarde	Formule	Bron
P rantsoen 7-20 kg (g/kg)	4,8	n'	Stakeholders
P rantsoen 20-40 kg (g/kg)	4,4	o'	Stakeholders
P rantsoen 40-70 kg (g/kg)	4,4	p'	Stakeholders
P rantsoen 70-110 kg (g/kg)	4,5	q'	Stakeholders
P rantsoen 110-130 kg (g/kg)	4,5	r'	Stakeholders

P convenant rantsoen biggen 7-20 kg (g/kg)	6,0		NUB (2009)
P convenant rantsoen 20-40 kg (g/kg)	5,0		NUB (2009)
P convenant rantsoen 40-110 kg (g/kg)	4,5		NUB (2009)
P convenant rantsoen >110 kg (g/kg)	6,0		NUB 2009
P-opname rantsoen 7-20 kg (kg/dier)	0,1	$s'=g*(20-7)*n'/1000$	Berekening
P-opname rantsoen 20-40 kg (kg/dier)	0,2	$t'=h*(40-20)*o'/1000$	Berekening
P-opname rantsoen 40-70 kg (kg/dier)	0,4	$u'=i*(70-40)*p'/1000$	Berekening
P-opname rantsoen 70-110 kg (kg/dier)	0,6	$v'=j*(110-70)*q'/1000$	Berekening
P-opname rantsoen 110-130 kg (kg/dier)	0,4	$w'=k*(130-110)*r'/1000$	Berekening
P ₂ O ₅ -inhoud big (g/kg)	10,6	x'	ILVO-retentieproef
P ₂ O ₅ -inhoud vleesvarken (g/kg)	10,8	y'	ILVO-retentieproef
P ₂ O ₅ -inhoud big 20 kg NUB-besluit (g/kg)	11,7		NUB (2009)
P ₂ O ₅ -inhoud vleesvarken NUB-besluit (g/kg)	11,7		NUB (2009)
P-aanzet biggen 7-20 kg (kg)	0,06	$z'=(x'*20-x'*7)/2,29/1000$	Berekening
P-aanzet varkens 20-110 kg (kg)	0,43	$a''=(y'*110-x'*20)/2,29/1000$	Berekening
P-aanzet varkens 110-130 kg (kg)	0,09	$b''=(y'*130-y'*110)/2,29/1000$	Berekening
P-aanzet varkens 7-110 kg (kg)	0,49	$c''=(y'*110-x'*7)/2,29/1000$	Berekening
P ₂ O ₅ -uitscheiding regressie biggen 7-20 kg (kg/dierplaats, jaar)	0,92	$d''=1,6516*s'*d-0,8187$	VLM (2018)
P ₂ O ₅ -uitscheiding regressie varkens 20-110 kg (kg/dierplaats, jaar)	4,12	$e''=2,0368*(t'+u'+v'')*e-2,2347$	VLM (2018)
P ₂ O ₅ -uitscheiding regressie varkens >110 kg (kg/dierplaats, jaar)	8,98	$f''=2,2888*w'*f-2,5326$	VLM (2018)
P₂O₅-uitscheiding biggen 7-20 kg (kg/dierplaats, jaar)	0,98	$g''=(s'-z'')*d/0,43662$	Berekening
P-efficiëntie biggen 7-20 kg (%)	59,4	$h''=z'/s'*100$	Berekening
P₂O₅-uitscheiding varkens 20-110 kg (kg/dierplaats, jaar)	4,54	$i''=(t'+u'+v'-a'')*e/0,43662$	Berekening
P-efficiëntie varkens 20-110 kg (%)	36,5	$j''=a''/(t'+u'+v'')*100$	Berekening
P₂O₅-uitscheiding varkens 110-130 kg (kg/dierplaats, jaar)	8,71	$k''=(w'-b'')*f/0,43662$	Berekening
P-efficiëntie varkens 110-130 kg (%)	24,4	$l''=b''/w'*100$	Berekening
Afwijking tussen uitscheiding eigen berekening en regressie 7-20 kg (%)	+6,5	$m''=(g''-d'')/d''*100$	Berekening
Afwijking tussen uitscheiding eigen berekening en regressie 20-110 kg (%)	+10,1	$n''=(i''-e'')/e''*100$	Berekening
Afwijking tussen uitscheiding eigen berekening en regressie 110-130 kg (%)	-3,1	$o''=(k''-f'')/f''*100$	Berekening

3.2.4 Besluit

Een overzicht van de verschillende uitscheidingscijfers voor N en P₂O₅ per varkenscategorie is weergegeven in Tabel 18, met respectievelijk de cijfers volgens de eigen balansberekening, de reële aangifte voor het productiejaar 2016, alsook voor de regressie, het convenant en forfaitair (VLM, 2018). Algemeen kunnen we besluiten dat de excreties volgens de eigen balansberekening sterk aanleunen bij deze berekend op basis van de regressierechten. Aangezien zo'n 95% van de varkensbedrijven zijn mestproductie aangeeft door gebruik van de regressie, zien we dat de reële uitscheidingscijfers gerapporteerd door VLM goed benaderd worden.

Voor zeugen inclusief biggen met een gewicht kleiner dan 7 kg ligt de berekende N-uitscheiding 2,2% lager ten opzichte van de regressiecijfers. Wat betreft de P₂O₅-uitscheiding liggen de waarden 0,6% hoger bij onze berekening dan wat via de regressierechte voorspeld wordt. Het huidige regressiestelsel binnen de varkenshouderij geeft dus een correcte indicatie van de mestproductie bij zeugen inclusief biggen. Voor biggen met een gewicht van 7 tot 20 kg ligt zowel de N- als de P₂O₅-excretie hoger bij de eigen balansberekening ten opzichte van de regressie, met een verschil van respectievelijk 10,6 en 6,5%. Voor varkens met een gewicht van 20 tot 110 kg kan eenzelfde conclusie gemaakt worden, met een hogere N- en P₂O₅-uitscheiding van respectievelijk 1,9 en 10,1%. Voor andere varkens met een gewicht van 110 tot 130 kg wordt een lagere N- en P₂O₅-uitscheiding berekend in de referentiesituatie ten opzichte van de regressiecijfers, met een verschil van respectievelijk 9,1 en 3,1%. **Voor een huidig Vlaams varkensbedrijf, waar het gemiddelde slachtgewicht 113 kg bedraagt, wordt door toepassing van de regressierechten dus een lichte onderschatting van de reële mestproductie gemaakt.**

Tabel 18: N- en P₂O₅-uitscheiding volgens eigen balans 2017, VLM-aangifte PJ2016, regressie, convenant en forfaitair

	N-uitscheiding (kg/dierplaats, jaar)				
	Balans 2017	VLM PJ2016	Regressie	Convenant	Forfaitair
Zeugen, inclusief biggen met een gewicht kleiner dan 7 kg	21,61	20,57	22,10	25,75	29,61
Biggen met een gewicht van 7 tot 20 kg	2,76	2,25	2,50	nvt	2,18
Andere varkens met een gewicht van 20 tot 110 kg	9,65	10,10	9,48	11,03	12,68
Andere varkens met een gewicht groter dan 110 kg ¹	17,25	20,54	18,98	25,75	29,61
	P ₂ O ₅ -uitscheiding (kg/dierplaats, jaar)				
	Balans 2017	VLM PJ2016	Regressie	Convenant	Forfaitair
Zeugen, inclusief biggen met een gewicht kleiner dan 7 kg	11,34	10,97	11,27	13,26	15,25
Biggen met een gewicht van 7 tot 20 kg	0,98	0,94	0,92	1,22	1,38
Andere varkens met een gewicht van 20 tot 110 kg	4,54	3,71	4,12	4,32	4,97
Andere varkens met een gewicht groter dan 110 kg ¹	8,71	10,82	8,98	13,26	15,25

¹Traject 110 tot 130 kg voor balans 2017 en regressie

Wanneer men voor de varkensbedrijven, die het regressiestelsel toepassen en waarbij de uitscheidingscijfers in het PJ 2016 hoger liggen dan de berekende cijfers in de balans 2017, de opgegeven cijfers vervangt door deze van de balans 2017, kan men inschatten hoeveel de uitscheiding kan gereduceerd worden, als de slechtst scorende bedrijven op het niveau van een gemiddeld bedrijf gebracht worden. Voor de diercategorieën zeugen inclusief biggen tot 7 kg, biggen van 7 tot 20 kg, andere varkens van 20 tot 110 kg en andere varkens van meer dan 110 kg, kan hierdoor een reductie in N-excretie bekomen worden van resp. 1,8%, 1,2%, 6,4% en 15,2%, en een reductie in P₂O₅-excretie van resp. 3,4%, 7,2%, 1,1% en 19,8%. Waarom sommige, voornamelijk kleinere bedrijven meer uitscheiden dan gemiddeld is echter niet duidelijk en vereist een meer diepgaande bedrijfsspecifieke analyse. Wellicht zullen diverse maatregelen (voeder, management, huisvesting) dienen gecombineerd te worden om de uitscheiding op deze bedrijven te kunnen reduceren.



3.2.5 Behoeftenormen

Als aanzet naar het vinden van maatregelen om de nutriëntenproductie via mest te reduceren, werd de referentiesituatie afgetoetst aan de behoeftenormen opgesteld door NRC (LYS, RE en P; Tabel 19) en CVB (LYS en P; Tabel 20). **Wanneer we de RE-gehalten in de praktijkrantsoenen vergelijken met wat aanbevolen wordt, zien we dat er veelal boven de norm gevoederd wordt en er dus nog een beperkte verbetermarge is. Het P- en LYS-gehalte daarentegen ligt vaak reeds lager dan wat geadviseerd wordt.**

Tabel 19: Behoeftenormen voor N (A) en P (B) volgens NRC (2012) en afwijking voor de referentiesituatie

A	Behoeftenormen				Referentiesituatie		
	Traject	g LYS ¹ /kg (SID ²)	g N/kg (SID)	g RE/kg (SID)	Traject	g RE/kg	Afwijking (%)
Zeugen inclusief biggen <7 kg	5-7kg	15,0	31	194	Creep feed	180	-7,2
	Dracht ³	5,2 / 6,9	13 / 18	83 / 112	Dracht	135	+62,7 / +20,5
	Lactatie ⁴	7,5 / 8,1 / 8,7	16,2 / 17,3 / 18,6	101 / 108 / 116	Lactatie	163	+61,4 / +50,9 / +40,5
Biggen 7-20 kg	7-11 kg	13,5	28	175	7-20 kg	175	0
	11-25 kg	12,3	25,6	160	7-20 kg	175	+9,4
Andere varkens 20-110 kg	11-25 kg	12,3	25,6	160	7-20 kg	175	+9,4
	25-50 kg	9,8	21,1	132	20-40 kg	162	+22,7
	50-75 kg	8,5	18,4	115	40-70 kg	149	+29,6
	75-100 kg	7,3	16,1	101	70-110 kg	142	+40,6
Andere varkens >110 kg	100-135 kg	6,1	13,7	86	70-130 kg	137	+59,3
	100-135 kg	6,1	13,7	86	70-130 kg	137	+59,3

B	Behoeftenormen			Referentiesituatie		
	Traject	g ATTD ⁵ P/kg	g P/kg	Traject	g P/kg	Afwijking (%)
Zeugen inclusief biggen <7 kg	5-7kg	4,1	7,0	Creep feed	4,8	-31,4
	Dracht ³	2,3 / 3,1	4,9 / 6,2	Dracht	4,8	-2,0 / -22,6
	Lactatie ⁴	2,7 / 3,1 / 3,5	5,6 / 6,2 / 6,7	Lactatie	5,5	-1,8 / -11,3 / -17,9
Biggen 7-20 kg	7-11 kg	3,6	6,5	7-20 kg	4,8	-26,2
	11-25 kg	2,9	6,0	7-20 kg	4,8	-20,0



Andere varkens 20-110 kg	11-25 kg	2,9	6,0	7-20 kg	4,8	-20,0
	25-50 kg	2,6	5,6	20-40 kg	4,4	-21,4
	50-75 kg	2,3	5,2	40-70 kg	4,4	-15,4
	75-100 kg	2,1	4,7	70-110 kg	4,5	-4,3
	100-135 kg	1,8	4,3	70-130 kg	4,5	+4,7
Andere varkens >110 kg	100-135 kg	1,8	4,3	70-130 kg	4,5	+4,7

¹LYS: Lysine

²SID: Standardized ileal digestible basis

³Pariteit=1, /: respectievelijk 90 en >90 dagen dracht (pariteit 2, 3 en 4+: lagere behoeftenorm)

⁴Pariteit=1, /: respectievelijk gemiddelde dagelijkse groei biggen van 190, 230, 270 g (pariteit 2, 3 en 4+: lagere behoeftenorm)

⁵ATTD: Apparent total tract digestible



Tabel 20: Behoeftenormen voor N (A) en P (B) volgens CVB (2015) en afwijking voor de referentiesituatie

A	Behoeftenormen			Referentiesituatie		
	Traject	g dvLYS ¹ /EW ₂₀₁₅ ²	g dvLYS ¹ /kg	Traject	g dvLYS ¹ /EW ₂₀₁₅ ²	Afwijking (%)
Zeugen inclusief biggen <7 kg	5-11 kg	-	-	5-11 kg	9,0	
	Dracht	4,5	4,5	Dracht	4,3	-4,4
	Lactatie	6,2	6,9	Lactatie	6,6	+6,5
Biggen 7-20 kg	5-11 kg	-	-	5-11 kg	9,0	-
	11-25 kg	8,9	10,1	11-25 kg	8,6	-3,4
Andere varkens 20-110 kg	11-25 kg	8,9	10,1	11-25 kg	8,6	-3,4
	25-40 kg	8,0	9,1	25-40 kg	7,8	-2,5
	40-70 kg	6,8	7,6	40-70 kg	6,6	-2,9
	70-110 kg	5,7	6,3	70-110 kg	6,2	+8,8
Andere varkens >110 kg	110-130 kg	-	-	110-130 kg	-	-

B	Behoeftenormen			Referentiesituatie		
	Traject	g schvP ³ /EW ₂₀₁₅ ²	g schvP ³ /kg	Traject	g schvP ³ /EW ₂₀₁₅ ²	Afwijking (%)
Zeugen inclusief biggen <7 kg	5-11 kg	3,2	3,8	5-11 kg	3,0	-6,3
	Dracht	2,1	2,1	Dracht	2,4	+14,3
	Lactatie	3,0	3,3	Lactatie	3,0	0
Biggen 7-20 kg	5-11 kg	3,2	3,8	5-11 kg	3,0	-6,3
	11-25 kg	3,4	3,9	11-25 kg	3,0	-11,8
Andere varkens 20-110 kg	11-25 kg	3,4	3,9	11-25 kg	3,0	-11,8
	25-40 kg	2,4	2,7	25-40 kg	2,3	-4,2
	40-70 kg	2,0	2,2	40-70 kg	1,9	-5,0
	70-110 kg	1,8	2,0	70-110 kg	1,8	0
Andere varkens >110 kg	110-130 kg	-	-	110-130 kg	-	-

¹dvLYS: darmverteerbaar lysine

²EW: energiewaarde

³schvP: schijnbaar verteerbaar fosfor

3.3 PLUIMVEE

3.3.1 Inleiding

In deze studie werd voor pluimvee gefocust op de 2 belangrijkste categorieën: slachtkuikens en leghennen. Bij slachtkuikens worden er drie stelsels onderscheiden: regressierechten, het convenant en andere voeders en voedertechnieken. Bij leghennen werkt men enkel met forfaitaire of reële uitscheidingscijfers bepaald door regressierechten. In volgende paragrafen werden voor beide categorieën op basis van de verschillende productieparameters (groei bij slachtkuikens en eimassa bij leghennen, voederopname,...) de N- en P₂O₅-uitscheiding, alsook de N- en P-efficiëntie bepaald.

3.3.2 Slachtkuikens

De inschatting van de parameters is gebaseerd op (1) expertise bekomen via het uitvoeren van dierproeven op het ILVO, (2) het doornemen van verschillende rapporten, (3) overleg met en bevraging van stakeholders en (4) het doornemen van handleidingen opgesteld door selectiebedrijven zoals Aviagen (Ross 308). De RE- en P-gehalten in het voeder zijn gebaseerd op een gemiddelde van de cijfers bekomen via stakeholders (DSM, INVE, Landsbond en Vanden Avenne) (Tabel 21 tot 23).

Tabel 21: Prestaties van slachtkuikens

Parameter	Waarde	Formule	Bron
Duur starter periode 0-10 d (dagen)	10	ST	Stakeholders/ ILVO
Duur groeier 1 periode 11-20 d (dagen)	10	$G1$	stakeholders/ ILVO
Duur groeier 2 periode 21-35 d (dagen)	15	$G2$	stakeholders/ ILVO
Duur finisher 36-42 d (dagen)	7	Fin	stakeholders/ ILVO
Duur productieronde (exclusief leegstand) (dagen)	42	$PR_{volledig}$	Berekening
Duur productieronde bij 20% uitladen* (dagen)	36	$PR_{uitladen}$	Aanname/ Praktijksituatie
Aantal productieronden per jaar (exclusief leegstand)	8,69	$R=365/42$	Berekening
Voederopname starter (kg/dier, dag)	0,030	VO_{st}	Ross 308 Man. Guide
Voederopname groeier 1 (kg/dier, dag)	0,078	VO_{g1}	Ross 308 Man. Guide
Voederopname groeier 2 (kg/dier, dag)	0,150	VO_{g2}	Ross 308 Man. Guide
Voederopname finisher (kg/dier, dag)	0,203	VO_{fin}	Ross 308 Man. Guide
Lichaamsgewicht eendagskuiken (kg)	0,042	$Gewicht_{eendags}$	Ross 308 Man. Guide
Lichaamsgewicht slachtkuiken 35d (kg)	2,1	$Gewicht_{dag35}$	Ross 308 Man. Guide
Lichaamsgewicht slachtkuiken 42d (kg)	2,7	$Gewicht_{slacht}$	Gemiddelde cijfers stakeholders
Gewichtsaanzet per ronde tot 35d (kg/dier)	2,06	$Groei_{35}=Gewicht_{dag35}-Gewicht_{eendags}$	Berekening
Gewichtsaanzet per ronde tot 42d (kg/dier)	2,66	$Groei_{42}=Gewicht_{slacht}-Gewicht_{eendags}$	Berekening
Gemiddelde gewichtsaanzet per ronde (kg)	2,54	$Groei=Groei_{42}*0,8+Groei_{35}*0,2$	Berekening
Voederopname per ronde tot 35d (kg/dier)	3,33	$VO_{35}=VO_{st}*ST+VO_{g1}*G1+VO_{g2}*G2$	Berekening
Voederopname per ronde tot 42d (kg/dier)	4,75	$VO_{42}=VO_{st}*ST+VO_{g1}*G1+VO_{g2}*G2+VO_{fin}*Fin$	Berekening
Gemiddelde voederopname per ronde (kg)	4,47	$VO_{totaal}=(VO_{st}*ST)+(VO_{g1}*G1)+(VO_{g2}*G2)+(VO_{fin}*Fin))*0,8+((VO_{st}*ST)+(VO_{g1}*G1)+(VO_{g2}*G2))*0,2$	Berekening

*Ongeveer 20% van de kippen worden gevangen voor het beëindigen van de ronde (gemiddeld op dag 36) en naar het slachthuis getransporteerd. Op deze manier wordt de bezettingsdichtheid in de stal gereduceerd.

Tabel 22: Parameters voor de N-balans bij slachtkuikens

Parameter	Waarde	Formule	Bron
RE starter (g/kg)	210	RE_{st}	Referentie stakeholders
RE groeier 1 (g/kg)	200	RE_{g1}	Referentie stakeholders
RE groeier 2 (g/kg)	190	RE_{g2}	Referentie stakeholders
RE finisher (g/kg)	180	RE_{fin}	Referentie stakeholders
N-opname (kg/jaar)	1,18	$N_{op} = ((ST * RE_{st} * VO_{st} + G1 * RE_{g1} * VO_{g1} + G2 * RE_{g2} * VO_{g2} + Fin * RE_{fin} * VO_{fin}) * 0,8 + (ST * RE_{st} * VO_{st} + G1 * RE_{g1} * VO_{g1} + G2 * RE_{g2} * VO_{g2}) * 0,2) / 6,25 / 1000) * R$	Berekening
N-inhoud eendagskuiken (g/kg)	25,8	$N_{eendags}$	Bikker et al. (2014)
N-inhoud slachtkuikens (g/kg)	28,3	N_{slacht}	Bikker et al. (2014)
N-inhoud slachtkuikens (g/kg)	29,3	$N_{slachtNUB}$	NUB (2009)
N totaal in eendagskuiken (kg)	0,0010836	$Neendags_{totaal} = (N_{eendags} * Gewicht_{eendags}) / 1000$	Berekening obv Bikker et al. (2014)
N-aanzet 35d (kg)	0,05943	$Nslacht35d_{totaal} = (N_{slacht} * Gewicht_{dag35}) / 1000$	Berekening obv Bikker et al. (2014)
N-aanzet 42d (kg)	0,07641	$Nslacht_{totaal} = (N_{slacht} * Gewicht_{slacht}) / 1000$	Berekening obv Bikker et al. (2014)
N totaal in eendagskuiken (kg)	0,0012306	$Neendags_{totaalNUB} = (N_{slachtNUB} * Gewicht_{eendags}) / 1000$	NUB (2009)
N-aanzet 35d (kg)	0,06153	$Nslacht35d_{totaalNUB} = (N_{slachtNUB} * Gewicht_{dag35}) / 1000$	NUB (2009)
N-aanzet 42d (kg)	0,07911	$Nslacht_{totaalNUB} = (N_{slachtNUB} * Gewicht_{slacht}) / 1000$	NUB (2009)
N-aanzet (kg/ronde)	0,072	$N_{aanzet} = ((Nslacht_{totaal} - Neendags_{totaal}) * 0,8 + (Nslacht35d_{totaal} - Neendags_{totaal}) * 0,2)$	Berekening obv Bikker et al. (2014)
N-aanzet (kg/jaar)	0,625	$N_{aanzet(perjaar)} = ((Nslacht_{totaal} - Neendags_{totaal}) * 0,8 + (Nslacht35d_{totaal} - Neendags_{totaal}) * 0,2) * R$	Berekening obv Bikker et al. (2014)
N-aanzet (kg/ronde)	0,074	$N_{aanzetNUB} = ((Nslacht_{totaalNUB} - Neendags_{totaalNUB}) * 0,8 + (Nslacht35d_{totaalNUB} - Neendags_{totaalNUB}) * 0,2)$	Obv NUB (2009)
N-aanzet (kg/jaar)	0,646	$N_{aanzetNUB(perjaar)} = ((Nslacht_{totaalNUB} - Neendags_{totaalNUB}) * 0,8 + (Nslacht35d_{totaalNUB} - Neendags_{totaalNUB}) * 0,2) * R$	Obv NUB (2009)

Tabel 23: Parameters voor de P-balans bij slachtkuikens

Parameter	Waarde	Formule	Bron
P starter (g/kg)	5,50	P_{st}	Gemiddelde stakeholders
P groeier 1 (g/kg)	5,00	P_{g1}	Gemiddelde stakeholders
P groeier 2 (g/kg)	4,75	P_{g2}	Gemiddelde stakeholders
P finisher (g/kg)	4,25	P_{fin}	Gemiddelde stakeholders
P-opname (kg/jaar)	0,183	$P_{op} = ((ST * P_{st} * VO_{st} + G1 * P_{g1} * VO_{g1} + G2 * P_{g2} * VO_{g2} + Fin * P_{fin} * VO_{fin}) * 0,8 + (ST * P_{st} * VO_{st} + G1 * P_{g1} * VO_{g1} + G2 * P_{g2} * VO_{g2}) * 0,2) / 1000) * R$	Berekening
P-inhoud eendagskuiken (g/kg)	2,53	$P_{eendags}$	Bikker et al. (2014)
P-inhoud slachtkuikens (g/kg)	4,41	P_{slacht}	Bikker et al. (2014)
P-inhoud slachtkuikens (g/kg)	4,19	$P_{slachtNUB}$	NUB (2009)
P totaal in eendagskuiken (kg)	0,0001	$Peendags_{totaal} = (P_{eendags} * Gewicht_{eendags}) / 1000$	Obv Bikker et al. (2014)
P-aanzet 35d (kg)	0,0093	$Pslacht35d_{totaal} = (P_{slacht} * Gewicht_{dag35}) / 1000$	Obv Bikker et al. (2014)
P-aanzet 42d (kg)	0,012	$Pslacht_{totaal} = (P_{slacht} * Gewicht_{slacht}) / 1000$	Berekening obv Bikker et al. (2014)
P totaal in eendagskuiken (kg)	0,0002	$Peendags_{totaalNUB} = (P_{slachtNUB} * Gewicht_{eendags}) / 1000$	Obv NUB (2009)
P-aanzet 35d (kg)	0,0088	$Pslacht35d_{totaalNUB} = (P_{slachtNUB} * Gewicht_{dag35}) / 1000$	Obv NUB (2009)
P-aanzet 42d (kg)	0,011	$Pslacht_{totaalNUB} = (P_{slachtNUB} * Gewicht_{slacht}) / 1000$	Obv NUB (2009)
P-aanzet (kg/ronde)	0,0113	$P_{aanzet} = ((Pslacht_{totaal} - Peendags_{totaal}) * 0,8 + (Pslacht35d_{totaal} - Peendags_{totaal}) * 0,2)$	Berekening obv Bikker et al. (2014)
P-aanzet (kg/jaar)	0,098	$P_{aanzet(perjaar)} = ((Pslacht_{totaal} - Peendags_{totaal}) * 0,8 + (Pslacht35d_{totaal} - Peendags_{totaal}) * 0,2) * R$	Obv Bikker et al. (2014)
P-aanzet (kg/ronde)	0,0106	$P_{aanzetNUB} = ((Pslacht_{totaalNUB} - Peendags_{totaalNUB}) * 0,8 + (Pslacht35d_{totaalNUB} - Peendags_{totaalNUB}) * 0,2)$	Obv NUB (2009)
P-aanzet (kg/jaar)	0,092	$P_{aanzetNUB(perjaar)} = ((Pslacht_{totaalNUB} - Peendags_{totaalNUB}) * 0,8 + (Pslacht35d_{totaalNUB} - Peendags_{totaalNUB}) * 0,2) * R$	Obv NUB (2009)

Omdat de N- en P-gehalten in ééndags- en slachtkuikens volgens Bikker et al. (2014) verschillen van deze in het NUB-besluit (2009) werd de N- en P₂O₅-excretie volgens beide bronnen berekend. In de tabellen wordt bij de berekende getallen steeds gerefereerd naar de aangewende bron. Om de reële uitscheidingscijfers en de uitscheiding bepaald via regressie te vergelijken met de eigen berekende waarden, werden de waarden gebaseerd op Bikker et al. (2014) als referentie genomen.

De N- en P₂O₅-uitscheiding werden berekend op basis van de nutriëntopname en aanzet (N of P), de berekende uitscheiding per ronde in kg per dier en deze vermenigvuldigd met het aantal productieronden die jaarlijks theoretisch gerealiseerd kunnen worden (exclusief leegstand) (Tabel 24 en 25).

Het uitscheidingscijfer op een bedrijf werd per ingevulde dierplaats/jaar berekend. Pluimveehouders geven de gemiddelde dierbezetting aan, waarin de leegstand al vervat is, en deze gemiddelde bezetting werd met de uitscheiding per dierplaats per jaar vermenigvuldigd.

Volgens onze berekeningen is de N-uitscheiding 8,7% lager en de P₂O₅-uitscheiding 15,7% lager dan de uitscheidingen op basis van de regressierechten. In vergelijking met de reële uitscheidingscijfers van het productiejaar 2016 (PJ2016; VLM, 2017) zijn de berekende waarden hoger: 5,4% meer N en 8,4% meer P₂O₅.

Tabel 24: Jaarlijkse N-uitscheiding bij slachtkuikens

Parameter	Waarde	Formule	Bron
N-uitscheiding regressie (kg/dierplaats, jaar)	0,61	$N_{reg}=0,1541*(N_{op}*6,25)-0,5283$	Berekening
N-uitscheiding PJ2016 (kg/dier, jaar)	0,53	$N_{reële}$	VLM (2017)
N-uitscheiding slachtkuikens (kg/dierplaats, jaar)	0,56	$N_{uit}=N_{op}-N_{aanzet}$	Obv Bikker et al. (2014)
N-uitscheiding slachtkuikens (kg/dierplaats, jaar)	0,54	$N_{uitNUB}=N_{op}-N_{aanzetNUB(perjaar)}$	Obv NUB (2009)
Afwijking N-uitscheiding tov regressie (%)	-8,7	$Afwijking=(N_{uit}-N_{reg})/N_{reg}*100$	Obv Bikker et al. (2014)
Afwijking N-uitscheiding tov PJ2016 (%)	+5,4	$Afwijking=(N_{uit}-N_{reële})/N_{reële}*100$	Obv Bikker et al. (2014)
N-efficiëntie slachtkuikens (%)	52,9	$N_{eff}=N_{aanzet(perjaar)}/N_{op}*100$	bv Bikker et al. (2014)

Tabel 25: Jaarlijkse P₂O₅-uitscheiding bij slachtkuikens

Parameter	Waarde	Formule	Bron
P ₂ O ₅ -uitscheiding regressie (kg/dierplaats, jaar)	0,23	$P_{uit-reg}=2,3340*P_{op}-0,1960$	Berekening
P ₂ O ₅ -uitscheiding PJ2016 (kg/dierplaats, jaar)	0,18	$P_{reële}$	VLM (2017)
P₂O₅-uitscheiding slachtkuikens (kg/dierplaats, jaar)	0,20	$P_{uit}=(P_{op}-P_{aanzet})*2,2915$	Obv Bikker et al. (2014)
P ₂ O ₅ -uitscheiding slachtkuikens (kg/dierplaats, jaar)	0,21	$P_{uitNUB}=P_{op}-P_{aanzetNUB(perjaar)}$	Obv NUB (2009)
Afwijking P ₂ O ₅ -uitscheiding tov regressie (%)	-15,7	$Afwijking=(P_{uit}-P_{reg})/P_{reg}*100$	Obv Bikker et al. (2014)
Afwijking P ₂ O ₅ -uitscheiding tov PJ2016 (%)	+8,4	$Afwijking=(P_{uit}-P_{reële})/P_{reële}*100$	Obv Bikker et al. (2014)
P-efficiëntie slachtkuikens (%)	53,6	$P_{eff}=P_{aanzet(perjaar)}/P_{op}*100$	Obv Bikker et al. (2014)



3.3.3 Leghennen

De N- en P₂O₅-balansberekeningen bij leghennen zijn gebaseerd op dierprestaties (voederopname, eimassa, poelje- en hengewicht) in een voliëresysteem, zoals (1) weergegeven in productienormen van selectiebedrijven (Hendrix Genetics), (2) waargenomen in eigen zoötechnische proeven (ILVO, Proefbedrijf Pluimveehouderij) en (3) vermeld door de stakeholders (DSM, INVE, Landsbond en Vanden Avenne).

Er werd beslist om een onderscheid te maken tussen witte en bruine leghybriden omwille van de grote verschillen qua dierprestaties en de aanhoudingstermijn. In de praktijk worden bruine leghennen tot gemiddeld 80 weken aangehouden zonder te ruïen, terwijl witte hennen beter geschikt zijn voor een langere legperiode tot 90 weken (zonder ruï). Witte leghennen hebben een lager lichaamsgewicht en lagere voederopname, produceren meer eieren en zijn efficiënter dan bruine leghennen. De prestaties voor bruine en witte leghennen zijn weergegeven in Tabellen 26 en 27.

Tabel 26: Prestaties van **bruine leghennen** in een voliëresysteem

Parameter	Waarde	Formule	Bron
Duur pre-leg periode 18-19 weken (dagen)	14	PL	Isa Brown Man. Guide
Duur start leg tot eimassa top 20-40 weken (dagen)	147	ST	Isa Brown Man. Guide
Duur legperiode tijdens eimassa top 41-55 weken (dagen)	105	L	Isa Brown Man. Guide
Duur tot einde legperiode 56-80 weken (dagen)	175	EL	Isa Brown Man. Guide
Duur productieronde, exclusief leegstand (dagen)	441	$PR=PL+ST+L+EL$	Berekening
Aantal productieronden per jaar, exclusief leegstand	0,83	R	Berekening
Voederopname pre-leg (kg/hen, dag)	0,08	VO_{pre}	Referentie stakeholders en Isa Brown Man. Guide
Voederopname start (kg/hen, dag)	0,119	VO_{st}	Referentie stakeholders en Isa Brown Man. Guide
Voederopname leg (kg/hen, dag)	0,12	VO_{leg}	Referentie stakeholders en Isa Brown Man. Guide
Voederopname einde leg (kg/hen, dag)	0,12	VO_{einde}	Referentie stakeholders en Isa Brown Man. Guide
Lichaamsgewicht poelje 17 weken (kg)	1,48	$Gewicht_{poel}$	Isa Brown Man. Guide
Lichaamsgewicht soepkip 80 weken (kg)	1,97	$Gewicht_{leg}$	Isa Brown Man. Guide
Totaal eimassa per ronde (kg)	22,1	Ei_{totaal}	Isa Brown Man. Guide
Eimassa per jaar (kg), exclusief leegstand	18,29	$Ei_{jaar}=(Ei_{totaal}/PR)*365$	Berekening



Tabel 27. Prestaties van **witte leghennen** in een voliëresysteem

Parameter	Waarde	Formule	Bron
Duur pre-leg periode 18-19 weken (dagen)	14	PL	Dekalb white Man. Guide
Duur start leg tot eimassa top 20-40 weken (dagen)	147	ST	Dekalb white Man. Guide
Duur legperiode tijdens eimassa top 41-55 weken (dagen)	105	L	Dekalb white Man. Guide
Duur einde legperiode 56-90 weken (dagen)	245	EL	Dekalb white Man. Guide
Duur productieronde, exclusief leegstand (dagen)	511	$PR=PL+ST+L+EL$	Berekening
Aantal productieronden per jaar, exclusief leegstand	0,714	$R=365/PR$	Berekening
Voederopname pre-leg (kg/hen, dag)	0,080	VO_{pre}	Referentie stakeholders en Dekalb white Man. Guide
Voederopname start (kg/hen, dag)	0,110	VO_{st}	Referentie stakeholders en Dekalb white Man. Guide
Voederopname leg (kg/hen, dag)	0,114	VO_{leg}	Referentie stakeholders en Dekalb white Man. Guide
Voederopname einde leg (kg/hen, dag)	0,117	VO_{einde}	Referentie stakeholders en Dekalb white Man. Guide
Lichaamsgewicht poelje 18 weken (kg)	1,25	$Gewicht_{poel}$	Dekalb white Man. Guide
Lichaamsgewicht soepkip 90 weken (kg)	1,72	$Gewicht_{leg}$	Dekalb white Man. Guide
Totaal eimassa per ronde (kg)	25,9	Ei_{totaal}	Dekalb white Man. Guide
Eimassa per jaar (kg), exclusief leegstand	18,5	$Ei_{jaar}=(Ei_{totaal}/PR)*365$	Berekening

De parameters voor de N- en P-balans zijn weergegeven in Tabellen 28 en 29. De RE- en P-gehalten in het voeder zijn gebaseerd op een gemiddelde van cijfers, die vermeld zijn door verschillende stakeholders (DSM, INVE, Landsbond en Vanden Avenne).

Tabel 28: Parameters voor N-balans berekening

Parameter	Waarde	Formule	Bron
RE pre-leg (g/kg)	165	RE_{pre}	Referentie stakeholders
RE start leg (g/kg)	165	RE_{st}	Referentie stakeholders
RE legperiode (g/kg)	160	RE_{leg}	Referentie stakeholders
RE einde leg (g/kg)	155	RE_{einde}	Referentie stakeholders
N-inhoud poelje (g/kg)	28,0	N_{poelje}	Bikker et al. (2014)
N-inhoud soepkip (g/kg)	28,0	$N_{soepkip}$	Bikker et al. (2014)
N-inhoud ei (g/kg)	18,5	N_{ei}	Bikker et al. (2014)
N-inhoud totaal bruine poelje (kg)	0,041	$N_{poelje_{totaal}}$	Obv Bikker et al. (2014)
N-inhoud totaal bruine soepkip (kg)	0,055	$N_{soepkip_{totaal}}$	Obv Bikker et al. (2014)
N-inhoud totaal bruine eieren (kg)	0,409	Nei_{totaal}	Obv Bikker et al. (2014)
N-inhoud totaal witte poelje (kg)	0,035	$N_{poelje_{totaal}}$	Obv Bikker et al. (2014)
N-inhoud totaal witte soepkip (kg)	0,048	$N_{soepkip_{totaal}}$	Obv Bikker et al. (2014)
N-inhoud totaal witte eieren (kg)	0,479	Nei_{totaal}	Obv Bikker et al. (2014)

Tabel 29: Parameters voor P-balans berekening

Parameter	Waarde	Formule	Bron
P-gehalte pre-leg (g/kg)	5,0	P_{pre}	Referentie stakeholders
P-gehalte start leg (g/kg)	5,0	P_{st}	Referentie stakeholders
P-gehalte legperiode (g/kg)	5,0	P_{leg}	Referentie stakeholders
P-gehalte einde leg (g/kg)	5,0	P_{einde}	Referentie stakeholders
P-inhoud poelje (g/kg)	5,50	P_{poelje}	Bikker et al. (2014)
P-inhoud soepkip (g/kg)	5,59	$P_{soepkip}$	Bikker et al. (2014)
P-inhoud ei (g/kg)	1,82	P_{ei}	Bikker et al. (2014)
P-inhoud totaal bruine poelje (kg)	0,008	$P_{poelje_{totaal}}$	Obv Bikker et al. (2014)
P-inhoud totaal bruine soepkip (kg)	0,011	$P_{soepkip_{totaal}}$	Obv Bikker et al. (2014)
P-inhoud totaal bruine eieren (kg)	0,040	$P_{ei_{totaal}}$	Obv Bikker et al. (2014)
P-inhoud totaal witte poelje (kg)	0,007	$P_{poelje_{totaal}}$	Obv Bikker et al. (2014)
P-inhoud totaal witte soepkip (kg)	0,010	$P_{soepkip_{totaal}}$	Obv Bikker et al. (2014)
P-inhoud totaal witte eieren (kg)	0,047	$P_{ei_{totaal}}$	bv Bikker et al. (2014)

De N- en P-gehalten in eieren, poeljen en hennen verschillen naargelang van de referentie (Bikker et al., 2014 vs. NUB-besluit, 2009; Tabel 30). Om de referentiesituatie te bepalen werden de uitscheidingcijfers met de gehalten van beide bronnen berekend. De afwijkingen t.o.v. de berekeningen gebaseerd op Bikker et al. (2014) zijn weergegeven.

Tabel 30: N- en P-inhoud in poeljen, leghennen en in eieren volgens verschillende referenties

	N-inhoud (g/kg)				P-inhoud (g/kg)		
	Leeftijd (weken)	Gewicht (kg)	NUB (2009)	Bikker <i>et al.</i> (2014)	Dunn <i>et al.</i> (2013)	NUB (2009)	Bikker <i>et al.</i> (2014)
Poelje (bruin)	18	1,50	35,4	28	-	6,07	5,5
Poelje (wit)	18	1,25	-	28	-	-	5,5
Afwijking tov NUB (%)				-20,9			-9,4
Leghen (bruin)	80	1,97	29,2*	28	35,2	5,9	5,59
Leghen (wit)	90	1,72	-	28		-	5,59
Afwijking tov NUB (%)				-4,1	+20,6		-5,3
			N-inhoud (g/kg)		P-inhoud (g/kg)		
			NUB (2009)	Bikker <i>et al.</i> (2014)	Roe <i>et al.</i> (2013)	NUB (2009)	Bikker <i>et al.</i> (2014)
Eieren			17,6	18,5	20,20	1,77	1,82
Afwijking tov NUB (%)				+5,1	+14,8		+2,8

*Op 72 weken leeftijd

Witte hennen zijn efficiënter dan bruine leghennen. Dit weerspiegelt zich in een lagere N-excretie van 0,06 kg/dier, jaar (-7,8%) en een lagere P_2O_5 -excretie van 0,02 kg/dier, jaar (-5,4%) volgens onze berekeningen o.b.v. Bikker et al. (2014). In vergelijking met de regressiewaarden hebben bruine leghennen een 3,8% lagere N- en 1,6% lagere P_2O_5 -uitscheiding en witte leghennen een 5,1% lagere N- en 1,8% lagere P_2O_5 -uitscheiding. Als de berekende waarden met de reële uitscheidingcijfers vergeleken worden, bekomen we grotere verschillen voor witte hennen, namelijk een 11,3% en 8,7% lagere N- en P_2O_5 -uitscheiding en bij bruine leghennen een 3,8% en 3,9% lagere N- en P_2O_5 -uitscheiding (Tabellen 31-34).

De eigen berekende uitscheidingen (op basis van zowel de N- en P-inhoudcijfers uit NUB-besluit als op basis van de cijfers van Bikker et al. (2014)) zijn lager dan de reële uitscheidingen, maar het verschil tussen de berekende cijfers en de uitscheidingen bepaald op basis van de regressierechten is beperkt.



Tabel 31: N-balans bij bruine leghennen in een voliëresysteem

Parameter	Waarde	Formule	Bron
N-opname legghen (kg/jaar)	1,105	$N_{op} = ((PL * RE_{pre} * VO_{pre} + ST * RE_{st} * VO_{st} + L * RE_{leg} * VO_{leg} + EL * RE_{einde} * VO_{einde}) / 6,25 / 1000) * R$	Berekening
N-aanzet (kg/jaar)	0,350	$N_{aanzet} = (N_{ei_{totaal}} + (N_{soepkip_{totaal}} - N_{poelje_{totaal}}) * R)$	Obv Bikker et al. (2014)
N-aanzet (kg/jaar)	0,326		Obv NUB (2009)
N-uitscheiding regressie (kg/dierplaats, jaar)	0,79	$N_{uit-reg} = 0,1496 * (N_{op} * 6,25) - 0,2455$	Berekening
N-uitscheiding PJ2016 (kg/dierplaats, jaar)	0,79		VLM (2017)
N-uitscheiding (kg/dierplaats, jaar)	0,76	$N_{uit} = N_{op} - N_{aanzet}$	Obv Bikker et al. (2014)
N-uitscheiding (kg/dierplaats, jaar)	0,78		Obv NUB (2009)
Afwijking N-uitscheiding tov regressie (%)	-3,8		Obv Bikker et al. (2014)
Afwijking N-uitscheiding tov PJ2016 (%)	-3,8		Obv Bikker et al. (2014)
N-efficiëntie (%)	31,7	$N_{eff} = N_{aanzet} / N_{op} * 100$	Obv Bikker et al. (2014)

Tabel 32: P-balans bij bruine leghennen in een voliëresysteem

Parameter	Waarde	Formule	Bron
P-opname legghen (kg/jaar)	0,216	$P_{op} = ((PL * P_{pre} * VO_{pre} + ST * P_{st} * VO_{st} + L * P_{leg} * VO_{leg} + EL * P_{einde} * VO_{einde}) / 1000) * R$	Berekening
P-aanzet (kg/jaar)	0,036	$P_{aanzet} = (P_{ei_{totaal}} + (P_{soepkip_{totaal}} - P_{poelje_{totaal}}) * R)$	Obv Bikker et al. (2014)
P-aanzet (kg/jaar)	0,035		Obv NUB (2009)
P ₂ O ₅ -uitscheiding regressie (kg/dierplaats, jaar)	0,42		Berekening
P ₂ O ₅ -uitscheiding PJ2016 (kg/dierplaats, jaar)	0,43		VLM (2017)
P₂O₅-uitscheiding (kg/dierplaats, jaar)	0,41	$P_{uit} = (P_{op} - P_{aanzet}) * 2,2915$	Obv Bikker et al. (2014)
P ₂ O ₅ -uitscheiding (kg/dierplaats, jaar)	0,42		Obv NUB (2009)
Afwijking P ₂ O ₅ -uitscheiding tov regressie (%)	-1,6		Obv Bikker et al. (2014)
Afwijking P₂O₅-uitscheiding tov PJ2016 (%)	-3,9		Obv Bikker et al. (2014)
P-efficiëntie (%)	16,5	$P_{eff} = P_{aanzet} / P_{op} * 100$	Obv Bikker et al. (2014)

Tabel 33: N-balans bij witte leghennen in een voliëresysteem

Parameter	Waarde	Formule	Bron
N-opname legghen (kg/jaar)	1,053	$N_{op} = ((PL * RE_{pre} * VO_{pre} + ST * RE_{st} * VO_{st} + L * RE_{leg} * VO_{leg} + EL * RE_{einde} * VO_{einde}) / 6,25 / 1000) * R$	Berekening
N-aanzet (kg/jaar)	0,352	$N_{aanzet} = (N_{ei_{totaal}} + (N_{soepkip_{totaal}} - N_{poelje_{totaal}}) * R)$	Obv Bikker et al. (2014)
N-aanzet (kg/jaar)	0,330		Berekening obv NUB (2009)
N-uitscheiding regressie (kg/dierplaats, jaar)	0,74	$N_{uit-reg} = 0,1496 * (N_{op} * 6,25) - 0,2455$	Berekening
N-uitscheiding PJ2016 (kg/dierplaats, jaar)	0,79		VLM (2017)
N-uitscheiding (kg/dierplaats, jaar)	0,70	$N_{uit} = N_{op} - N_{aanzet}$	Obv Bikker et al. (2014)
N-uitscheiding (kg/dierplaats, jaar)	0,72		Obv NUB (2009)
Afwijking N-uitscheiding tov regressie (%)	-5,1		Obv Bikker et al. (2014)
Afwijking N-uitscheiding tov PJ2016 (%)	-11,3		Obv Bikker et al. (2014)
N-efficiëntie (%)	33,4	$N_{eff} = N_{aanzet} / N_{op} * 100$	Obv Bikker et al. (2014)

Tabel 34: P-balans bij witte leghennen in een volièr systeem

Parameter	Waarde	Formule	Bron
P-opname legghen (kg/jaar)	0,207	$P_{op} = ((PL * P_{pre} * VO_{pre} + ST * P_{st} * VO_{st} + L * P_{le} * VO_{leg} + EL * P_{einde} * VO_{einde}) / 1000) * R$	Berekening
P-aanzet (kg/jaar)	0,036	$P_{aanzet} = (P_{ei_{totaal}} + (P_{soepki} * P_{totaal} - P_{poelje_{totaal}}) * R$	Obv Bikker et al. (2014)
P-aanzet (kg/jaar)	0,035		Berekening (NUB 2009)
P ₂ O ₅ -uitscheiding regressie (kg/dierplaats, jaar)	0,40	$P_{uit-reg} = 2,2254 * (P_{op}) - 0,0606$	Berekening
P ₂ O ₅ -uitscheiding PJ2016 (kg/dierplaats, jaar)	0,43		VLM (2017)
P₂O₅-uitscheiding (kg/dierplaats, jaar)	0,39	$P_{uit} = (P_{op} - P_{aanzet}) * 2,2915$	Obv Bikker et al. (2014)
P ₂ O ₅ -uitscheiding (kg/dierplaats, jaar)	0,40		Obv NUB (2009)
Afwijking P ₂ O ₅ -uitscheiding tov regressie (%)	-1,8		Obv Bikker et al. (2014)
Afwijking P₂O₅-uitscheiding tov PJ2016 (%)	-8,7		Obv Bikker et al. (2014)
P-efficiëntie (%)	17,2	$P_{eff} = P_{aanzet} / P_{op} * 100$	Obv Bikker et al. (2014)

3.3.4 Besluit

Tabellen 35 en 36 geven een overzicht van de uitscheidingscijfers voor N en P₂O₅ resp. volgens de balansberekening o.b.v. de huidige referentiesituatie, volgens de reële aangifte van het productiejaar 2016, volgens de regressieberekening o.b.v. referentiesituatie, volgens het convenant en tenslotte forfaitair. Bij **slachtkuikens** zijn de berekende N- en P₂O₅-uitscheidingen hoger dan de reële uitscheidingscijfers, maar lager ten opzichte van de regressie. Bij **leghennen** zijn de berekende uitscheidingscijfers ook lager dan de reële uitscheidingscijfers, maar ze leunen nauw aan bij de cijfers berekend met regressie. Bij leghennen wordt minder gebruik gemaakt van de regressievergelijkingen, waardoor de gerapporteerde reële uitscheidingscijfers van leghennen (VLM, 2017) wellicht een overschatting van de werkelijkheid zijn.

Tabel 35: N-uitscheiding volgens eigen berekening (balans 2017), VLM-aangifte PJ2016, regressie, convenant en forfaitair

	N-uitscheiding (kg/dierplaats, jaar)				
	Balans 2017	VLM PJ2016	Regressie	Convenant	Forfaitair
Slachtkuikens	0,56	0,53	0,61	0,55	0,61
Leghennen - bruin	0,76	0,79	0,79	n.v.t.	0,81
Leghennen - wit	0,70		0,74	n.v.t.	

Tabel 36: P₂O₅-uitscheiding volgens eigen berekening (balans 2017), VLM-aangifte PJ2016, regressie, convenant en forfaitair

	P ₂ O ₅ -uitscheiding (kg/dierplaats, jaar)				
	Balans 2017	VLM PJ2016	Regressie	Convenant	Forfaitair
Slachtkuikens	0,20	0,18	0,23	0,20	0,26
Leghennen - bruin	0,41	0,43	0,42	n.v.t.	0,45
Leghennen - wit	0,39		0,40	n.v.t.	

Wanneer men voor de pluimveebedrijven, die het regressiestelsel toepassen en waarbij de uitscheidingscijfers van het PJ 2016 hoger liggen dan de berekende cijfers in de balans 2017, de opgegeven cijfers vervangt door deze van de balans 2017, kan men inschatten hoeveel de uitscheiding kan gereduceerd worden, als de slechtst scorende bedrijven op het niveau van een gemiddeld bedrijf gebracht worden. Voor slachtkuikens en bruine leghennen kan hierdoor een reductie in N-excretie bekomen worden van resp. 1,77% en 6,61% en een reductie in P₂O₅-excretie van resp. 3,60% en 5,62%. Waarom sommige, voornamelijk kleinere bedrijven meer uitscheiden dan gemiddeld is echter niet duidelijk en vereist een meer diepgaande bedrijfsspecifieke analyse. Waarschijnlijk zullen diverse maatregelen (voeder, management, huisvesting) dienen gecombineerd te worden om de uitscheiding te kunnen reduceren.

3.3.5 Behoeftenormen

Als aanzet naar het vinden van maatregelen om de N- en P₂O₅-uitscheiding te reduceren, werd de referentiesituatie vergeleken met de behoeftenormen van slachtkuikens en leghennen opgesteld door NRC (1994) en CVB (2016). Voor slachtkuikens stemmen de RE-gehalten in de praktijk (referentiesituatie) overeen met de behoeftenormen vermeld in NRC (Tabel 37). Een uitzondering hierop vormt de starterperiode waarbij het aanbevolen RE-gehalte hoger is dan in de praktijk. Het verteerbaar LYS-gehalte in de referentiesituatie voor de starter- en groeierperioden is hoger dan de behoeftenormen vermeld zowel in NRC als in CVB. Voor P wordt meestal het opneembare P-gehalte vermeld als behoeftenorm, maar voor de P-balansberekeningen in de referentiesituatie werd enkel het totale P-gehalte bepaald. In onderstaande tabel worden ook de convenantgehalten van een laag-eiwit- en laag-fosforvoeder weergegeven, maar deze gehalten zijn hoger dan in de referentiesituatie vastgelegde RE- en P-gehalten. Hieruit blijkt dat er in de praktijk reeds gestreefd wordt naar het verlagen van RE- en P-gehalten in slachtkuikenvoeders. Voor leghennen (Tabel 38) zijn de RE-, verteerbaar LYS- en opneembare P-gehalten, die in de praktijk gebruikt worden (referentiesituatie), vergelijkbaar met wat aanbevolen wordt door NRC.

Zowel voor slachtkuikens als voor leghennen werd ook de Ca-behoefte weergegeven. Deze is van belang voor de Ca:P verhouding, die verder in de hoofdstuk Literatuurstudie 3.3.1.2 besproken wordt.

Tabel 37: Behoeftenormen van slachtkuikens volgens NRC (1994), CVB (2016) en de referentiesituatie

		Behoeft NRC (1994)	Behoeft CVB (2016)	Referentiesituatie		Convenant
Leeftijd - fase (dagen)	Nutriënten (g/kg)	0-21d	0-7d	0-10d		
STARTER	RE	230	-	210		Max 215
	Lysine(verteerbaar) ¹	11,0	10,5	12,0		
	Totaal P	-	-	5,5		Max 6,0
	Opneembaar P (CVB) ² nPP (NRC) ³	4,5	4,0	4,4		
	Calcium	10,0	8,8-9,2	9,5-11,0		
		21-42d	8-28d	10-20d	20-35d	
GROEIER	RE	200	-	200	190	Max 205
	Lysine(verteerbaar)	10,0	10,2	10,8	10,4	
	Totaal P	-	-	5,0	4,75	Max 5,0
	Opneembaar P (CVB) nPP (NRC)	3,5	3,1	3,8	3,3	
	Calcium	9,0	6,8-7,1	8,5-10,0	7,5-9,0	
		42-56d	29-42d	36-42d		
FINISHER	RE	180	-	180		Max 195
	Lysine (verteerbaar)	8,5	9,9	9,8		
	Totaal P	-	-	4,25		Max 4,5
	Opneembaar P (CVB) nPP (NRC)	3,0	2,8	2,9		
	Calcium	8,0	6,2-6,4	7,0-8,5		

¹CVB: op basis van fecale verteerbaarheid; voor het bereiken van een minimale voerconversie en een maximaal percentage borstvlees moeten de gehalten aan methionine en lysine tijdens het leeftijdstraject van 2-6 weken iets hoger worden gesteld; in dat geval dienen ook de andere aminozuren te worden aangepast.

² In CVB (2016) wordt de opneembaar P-behoefte vermeld, en bij de referentiesituatie wordt ook deze weergegeven.

³ In NRC wordt de nPP behoefte vermeld.



Tabel 38: Behoeftenormen van leghennen volgens NRC (1994), CVB (2016) en de referentiesituatie

Leeftijd (weken)	Nutriënten (g/kg)	Behoeft NRC (1994)	Behoeft CVB (2016) ¹	Referentiesituatie
Pre-leg (18-19 wk)		18 wk – eerste ei	18-19 wk	18-19 wk
	RE	160-170	-	165
	Lysine (verteerbaar)	4,9-5,2	6,3	6,8
	Totaal P	-	-	5,0
	Opneembaar P (CVB) ² nPP (NRC) ³	3,5	3,3	3,3
	Calcium	18	20-22	17-20
Start leg (20-40 wk)		20 wk – einde leg		20-40 wk
	RE	150-165	-	165
	Lysine (verteerbaar)	5,8-6,9	6,6	7,0
	Totaal P	-	-	5,0
	Opneembaar P (CVB) nPP (NRC)	2,5-2,75	3,2	3,3
	Calcium	32,5-36,0	36-37	35-37,5
Top productie (41-55 wk)				41-55 wk
	RE	150-165	-	160
	Lysine (verteerbaar)	5,8-6,9	6,2	6,5
	Totaal P	-	-	5,0
	Opneembaar P (CVB) nPP (NRC)	2,5-2,75	3,0	3,1
	Calcium	32,5-36,0	39-41	37,5-42,5
Einde leg (>55 wk)				> 55 wk
	RE	150-165	-	155
	Lysine (verteerbaar)	5,8-6,9	5,9	6,0
	Totaal P	-	-	5,0
	Opneembaar P (CVB) nPP (NRC)	2,5-2,75	2,8	3,0
	Calcium	32,5-36,0	42-43	42,5-45

¹CVB (2016): Voor leghennen gelden de behoeftenormen voor de eerst limiterende aminozuren voor het bereiken van maximale productieresultaten (eiproductie en voerconversie) in het leeftijdstraject 20-76 weken. Uit onderzoek is gebleken dat de behoeften tijdens het leeftijdstraject 24-76 weken nauwelijks veranderen. Verder wordt verondersteld dat in de periode 20-24 weken, waarin de eiproductie nog op een laag niveau ligt, maar waarin er ook nog sprake is van jeugdgroei, de behoeften niet belangrijk afwijken van die in de periode 24-76 weken.

²In CVB (2016) wordt de opneembaar P-behoefte vermeld, en bij de referentiesituatie wordt ook deze weergegeven.

³ In NRC wordt de nPP behoefte vermeld.

4 LITERATUURSTUDIE

4.1 RUNDVEE

3.1.1 Maatregelen om de N-excretie van melkkoeien te reduceren

In Tabel 43 worden de mogelijke maatregelen weergegeven om de N-excretie van melkkoeien in Vlaanderen te reduceren met vermelding van de omschrijving, de procentuele reductie in excretie t.o.v. de referentiesituatie anno 2017, de status, de effecten op voederkostprijs, infrastructuur, arbeid, dierprestaties en andere neveneffecten.

Tabel 43: Mogelijke maatregelen om de N-excretie van melkkoeien in Vlaanderen te reduceren

Omschrijving	Reductie N-excretie (%)	Status	V	I	A	D	Neveneffect(en)
R1 RE-gehalte van graskuil verlagen	0,1 tot 0,2	Praktijkrijp/ in uitvoering	↑↓	=	=	=	Minder grasopbrengst
R2 Gebruik van pensbestendige aminozuren	↓	Praktijkrijp	↑	=	=	↑	Geen
R3 Verlagen OEB-waarde rantsoen							
R3a Rantsoen formuleren op lagere OEB	1,5 tot 6	Praktijkrijp	=	=	=	=	Geen bij >50 g OEB, dag
R3b Aandeel maïskuil in het rantsoen verhogen	0,5 tot 2	Praktijkrijp/ in uitvoering	↓	=	=	=	Nitraatresidu ↑ en koolstofopslag ↓ t.o.v. gras
R3c Aandeel OEB-negatieve voedermiddelen in het rantsoen verhogen	0,2 tot 0,3	Praktijkrijp/ in uitvoering	↑↓	=	=	↑	Nitraatresidu ↓
R3d Meer pensbestendig eiwit in rantsoen (sojaschroot/koolzaadschroot)	↓	Praktijkrijp	↓	=	=	=	Minder import sojaschroot
R4 Nauwkeuriger voederen naar individuele DVE-behoefte	↓	Praktijkrijp	=	=↑	↑	↑	Geen
R5 Groeperen op energie- en eiwitbehoefte	↓	Praktijkrijp	↓	↑	↑	↓	Verder onderzoek nodig om effect op dierprestaties te minimaliseren
R6 Grasopname laagproductieve koeien beperken	↓	In uitvoering	=	↑	↑	=	Kudde groeperen op productieniveau
R7 Bijvoeren van maïskuil op de weide	↓	Praktijkrijp	↑	↑	↑	=	Vervuiling door voederplek op weide
R8 Essentiële oliën	↓	Ontwikkeling	↑	=	=	?	Niet bekend

Maatregelen op vlak van voedermiddelen en behandeling (R1-2), voedermanagement (R3-7) voederadditieven (R8) zijn weergegeven. (V) Voederprijs; (I) Infrastructuurkosten; (A) Arbeidskosten; (D) Dierprestaties; ↑ Stijging; ↓ Daling; = Geen effect.

4.1.1.1 Voedermiddelen + behandeling

RE-gehalte van graskuil verlagen (R1)

Het verlagen van het eiwitgehalte van graskuilen wordt in verschillende studies beschreven als een mogelijke maatregel om de N-excretie bij hoogproductief melkvee te verlagen (Tas et al., 2006; Edwards et al., 2007; Kingston-Smith et al., 2010; Dijkstra et al., 2011). In de referentiesituatie bestaat het rantsoen voor 35% uit graskuil, die volgens recente labo-analyses gemiddeld 18% RE bevat. Dit RE-gehalte is echter volgens De Vliegheer (2018) met de toegestane bemesting van 300 kg N per ha per jaar onder maaivoorwaarden moeilijk haalbaar en wijst erop dat in de praktijk meer N wordt gegeven dan de toegelaten 300 kg per ha. Hij verklaart deze extra bemesting doordat veehouders het N-gehalte van dierlijke mest en de werkzaamheid ervan onderschatten en meer kunstmest strooien uit vrees voor opbrengstverlies. Bij een gelijkblijvende rantsoensamenstelling zal een verlaging van het RE-gehalte van de graskuil resulteren in een lagere N-opname. Uitgaande van de referentiesituatie werd de impact van een graskuil met een verlaagd RE-gehalte (17% t.o.v. 18% in de referentiesituatie)

gesimuleerd. Hierbij werd uitgegaan van een identieke DVE-voorziening en een lager OEB-gehalte (26 t.o.v. 35 g/kg DS) van de graskuil. In deze simulatie werd een reductie van de N-excretie behaald van 0,1 tot 0,2% ten opzichte van de referentiesituatie. Het verlagen van het RE-gehalte van graskuilen kan behaald worden door minder te bemesten met kunstmest, wat de kosten voor aankoop van kunstmest vermindert. Een verminderde N-bemesting zal echter ook resulteren in een lagere grasopbrengst. In verschillende studies werd een reductie van de grasopbrengst gerapporteerd bij het verlagen van de N-bemesting met gemiddeld 1.200 kg DS per 100 kg minder N-bemesting per ha (Vellinga, 1991; persoonlijke communicatie De Brabander, 2018). Dit kan een effect hebben op de voederkostprijs, wat echter zeer afhankelijk is van de bedrijfssituatie. In het geval het grasareaal van het bedrijf beperkend is, en er geen extra areaal beschikbaar is om de grasproductie in absolute hoeveelheid op peil te houden, zal gras of een ander voedermiddel ter substitutie van gras moeten worden aangekocht. Als het bedrijf wel beschikt over een extra areaal waarop andere marktbaar gewassen geteeld worden, zal de verlaagde grasopbrengst per ha en de extra behoefte aan grasareaal ten koste gaan van de teelt en het bijhorende saldo van de marktbaar gewassen. Bovendien worden voor dit bijkomende areaal gras ook extra kosten voor de grasteelt gemaakt. Ook kan gekozen worden voor het telen van een ander voedergewas op deze arealen, ter vervanging van gras in het rantsoen. In het geval het bedrijf een overschot aan grasproductie heeft, zal de verminderde grasopbrengst enkel een verminderde verkoopopbrengst van het overschot aan gras tot gevolg hebben. Een andere mogelijkheid is het toevoegen van klaver aan het grasland, wat de opbrengsten van het areaal verhogen. Het toevoegen van klaver in het rantsoen zal de N-excretie niet reduceren maar klaver heeft wel als voordeel een hoge N-fixatie te hebben (Dewhurst et al., 2010). De stakeholders zijn van mening dat in de praktijk het totale rantsoen meestal wordt geformuleerd op basis van het beschikbare ruwvoer op het bedrijf, aangevuld met krachtvoer en eiwitcorrector. Het verlagen van het RE-gehalte van de graskuil kan tot gevolg hebben dat ter vervanging meer eiwitcorrector wordt toegevoegd, als hetzelfde RE-gehalte van het totale rantsoen wordt nagestreefd. Daarnaast werd opgemerkt dat een reductie van het RE-gehalte van graskuilen niet enkel afhankelijk is van de N-bemesting; ook de beschikbaarheid van de elementen zwavel en kalium, grondsoort en pH van de bodem zijn belangrijke factoren, die hier invloed op hebben. Verdere optimalisatie van de bemesting op basis van grondontleding, rekening houdend met alle nutriënten en bodemeigenschappen en een betere kennis van de stikstofaanbreng via de dierlijke mest is dan ook aangewezen. **Geconcludeerd wordt dat de effecten van deze maatregel op de N-excretie mogelijks beperkt zijn en zeer bedrijfsafhankelijk.**

Het gebruik van pensbestendige aminozuren (R2)

De melkproductie van melkkoeien is afhankelijk van de beschikbaarheid van energie en van het aminozuurpatroon en aanbod van het pensbestendig eiwit. Een van de meest voorkomende limiterende aminozuren zijn methionine en lysine. Een mogelijkheid om het aminozuurtekort te vermijden is door gebruik te maken van pensbestendige aminozuren in het rantsoen. Een paar studies beschrijven een verhoogde N-efficiëntie (melk N : N-opname) als pensbestendig methionine wordt toegevoegd aan een laageiwit rantsoen (Kröber et al., 2000; Broderick et al., 2008). Tegenwoordig wordt pensbestendig methionine door een klein aantal bedrijven aangeboden en wordt dit op kleine schaal toegevoegd aan het rantsoen. De effectiviteit van het toevoegen van pensbestendig lysine is minder duidelijk en wordt in de praktijk nagenoeg nog niet gebruikt. De stakeholders zijn van mening dat momenteel **de hoge kostprijs van pensbestendig methionine de meest restrictieve factor is voor een melkveehouder. Daarnaast is deze maatregel enkel interessant als de dierprestaties verbeteren. De te behalen reductie op de N-excretie zal dus beperkt en bedrijfsafhankelijk zijn.**

4.1.1.2 Voedermanagement

Verlagen van de OEB van het rantsoen (R3)

Voor een optimale penswerking en het minimaliseren van de stikstofverliezen wordt een optimale energie- en eiwitbalans in de pens (OEB) nagestreefd. Bij melkvee wordt het rantsoen geformuleerd naar een positieve OEB, waardoor eiwit in overmaat aanwezig is in de pens en dus niet optimaal benut wordt, wat een verhoogde N-excretie tot gevolg heeft. Enkele studies rapporteren een verhoogde N-
////////////////////////////////////

efficiëntie bij een verlaging van de OEB van het rantsoen (De Campeneere et al., 2009; Agle et al., 2010). Dit kan gerealiseerd worden door bij de rantsoenformulering de minimale OEB-norm te verlagen en/of door gebruik van meer energierijke voedermiddelen en/of pensbestendig eiwit. Deze maatregelen worden verder meer in detail besproken.

Rantsoen formuleren op lagere OEB (R3a)

In de literatuur worden geen neveneffecten ervaren wanneer de OEB op minimaal 50 g per dag wordt gesteld (De Campeneere et al., 2009). In het winterrantsoen van de referentiesituatie werd een minimale OEB gesteld van 200 g per dag bij een productie van 6.000 kg melk, 250 g per dag bij 8.000 kg melk en 300 g per dag bij 10.000 kg melk. Door de OEB van het winterrantsoen met 50 g OEB per dag te verlagen, door minder onbestendig eiwit in het rantsoen toe te voegen (in dit geval minder ureum), wordt een reductie van de N-excretie behaald van 1,5 tot 2%. Als de OEB verder wordt verlaagd naar de in de literatuur beschreven behoeftenorm van 50 g per dag, wordt een reductie behaald van 4,5% tot 6%. Wel moet men bij een verlaging van het OEB-gehalte in het rantsoen, meer aandacht besteden aan de voederverstrekking, om pieken en tekorten in de N-voorziening te reculeren bv. door de voedermiddelen gemengd (TMR=total mixed ration) te verstrekken. Verder wordt in de praktijk ervaren dat het inschatten van de OEB-waarde van ruwvoerders moeilijk is. Naast de OEB-waarde van ruwvoerders en krachtvoerders wordt het melkureumgehalte ook als indicator gebruikt voor de inschatting van de OEB van het rantsoen. Door het ureumgehalte van tankmelk als bijkomende parameter te gebruiken en dit nauwkeurig op te volgen kan een deel van de onzekerheid van de OEB-waardebepaling van voedermiddelen weggenomen worden. Echter moet in acht worden genomen dat het melkureumgehalte ook afhankelijk is van andere factoren zoals de waterhuishouding van het dier. **Rekening houdend met deze factoren wordt het verlagen van de OEB van het rantsoen met 50 g per dag als een praktijkrijpe en haalbare maatregel bestempeld als. Wel moet bij een lagere OEB meer aandacht worden besteed aan de strategie van voederverstrekking.**

Aandeel maïs in het rantsoen verhogen (R3b)

Een verschuiving van graskuil naar een groter aandeel maïskuil zal de OEB van het rantsoen verlagen. In de referentiesituatie bestaat het winterrantsoen voor 55% uit maïskuil. Door dit aandeel te verhogen naar 60% ten koste van het aandeel graskuil, wordt een reductie van de N-excretie behaald van 0,5 tot 1% voor de drie productieniveaus. Een gevolg van de verschuiving van graskuil naar maïskuil is een hogere behoefte aan eiwitcorrector, wat rijker is aan P. Desondanks zorgt een groter aandeel maïs in het rantsoen wel voor een reductie van de P₂O₅-excretie van 2% tot 3,5%. Als het aandeel maïskuil in het zomerrantsoen wordt verhoogd met 5% (van 35% naar 40%), wordt een reductie van N-excretie behaald van 1 tot 1,5%. De DVE-behoefte van de koe wordt nog steeds gedekt met dit aangepaste zomerrantsoen. Daarnaast heeft dit een beperkt positief effect op de P₂O₅-excretie. Voor de 3 productieniveaus daalden de P₂O₅-excreties met 0,5 tot 1%.

Uit berekeningen van LCV (2018) kan geconcludeerd worden dat de kostprijs per voederwaarde-eenheid maïs minder bedraagt dan de kostprijs per voederwaarde-eenheid gras bestemd voor graskuilen. Een groter aandeel maïs in het rantsoen zal de kostprijs van het totale rantsoen dus reduceren. Een belangrijk neveneffect van het telen van maïs is dat dit resulteert in een hoger nitraatresidu en een verminderde koolstofopslag in de bodem ten opzichte van grasland. In 2017 waarschuwde het Departement van Landbouw en Visserij dat het blijvend graslandareaal in Vlaanderen niet meer dan 5% mag dalen (De Letter, 2017), waardoor het aandeel maïskuil afkomstig van eigen teelt maar beperkt zal kunnen stijgen. Een melkveehouder zal dan moeten overgaan tot het aankopen van maïs. Tijdens het stakeholdersoverleg werd opgemerkt dat het aandeel maïskuil in melkveerantsoenen in Vlaanderen over het algemeen hoog is, maar dat dit zeer afhankelijk is van de oogstobbrengst. **Geconcludeerd wordt dat deze maatregel momenteel in uitvoering is. Het verder uitbreiden van de maatregel en de mogelijk te behalen reducties zullen beperkt zijn. Daarnaast heeft het verder uitbreiden van de maatregel in Vlaanderen mogelijks negatieve implicaties op andere duurzaamheidsuitdagingen in de landbouw.**

Het aandeel OEB-negatieve voedermiddelen in het rantsoen verhogen (R3c)

De OEB van het rantsoen kan ook verlaagd worden door gebruik te maken van voederbieten en/of perspulp. Het winterrantsoen van de referentiesituatie bestaat voor 10% uit perspulp. Door dit aandeel te verhogen naar 15% ten koste van het aandeel graskuil, wordt een reductie van de N-excretie behaald van 0,2 tot 0,3%. Tegelijk wordt ook een reductie van de P₂O₅-excretie behaald van 4 tot 6%. Afhankelijk van de kostprijs kan de aankoop van perspulp mogelijks de kostprijs van het rantsoen verhogen. De prijs van perspulp is afhankelijk van de beschikbaarheid en dus zeer variabel. De kostprijs van het rantsoen wordt ook beïnvloed door de aanpassingen, die de veehouder maakt in de eigen ruwvoervoorziening/teelten als het aandeel graskuil in het rantsoen vermindert (verkoop graskuil, andere gewas telen etc.). Voederbieten hebben een lagere kostprijs per voederwaarde-eenheid ten opzichte van graskuil, waardoor het deels vervangen van het aandeel graskuil door voederbieten de kostprijs van het rantsoen zal verlagen (LCV, 2018). Daarnaast kan de vervanging van graskuil door voederbieten een positief effect hebben op de melkvet- en melkeiwitproductie en het nitraatresidu in de bodem. Door de lage structuurwaarde van deze OEB-negatieve voedermiddelen, kan dit aandeel in het rantsoen maar beperkt stijgen. **Het verhogen van het aandeel OEB-negatieve voedermiddelen zal de N-excretie dus maar beperkt reduceren.**

Meer pensbestendig eiwit in rantsoen (R3d)

Een andere manier om de OEB van het rantsoen te verlagen en daardoor de N-efficiëntie te verhogen is het gebruik van pensbestendig eiwit, waardoor een groot deel van dit eiwit pas in de dunne darm ter beschikking komt. Door het gunstige aminozuurpatroon van sojaschroot kan het bestendig maken van dit eiwit een positieve invloed hebben op de melkeiwitproductie. Pensbestendig sojaschroot en in mindere mate pensbestendig koolzaadschroot wordt in toenemende mate gebruikt. Vandaele et al. (2013) rapporteerden dat door het toevoegen van bestendig sojaschroot, het totaal aandeel sojaschroot in het rantsoen gehalveerd kan worden, zonder negatieve effecten op de productieresultaten. In de referentiesituatie wordt gebruik gemaakt van klassiek sojaschroot als eiwitcorrector. Door dit te vervangen door bestendig sojaschroot wordt enkel bij het hoogste productieniveau (10.000 kg melk) een reductie van de N-excretie behaald van 1%. Bij gebruik van bestendig sojaschroot zal minder sojaschroot geïmporteerd moeten worden, wat een positieve bijdrage zal leveren aan de ecologische voetafdruk. De stakeholders zijn van mening dat het gebruik van bestendig sojaschroot en het effect op de kostprijs van het rantsoen afhankelijk is van de prijs van klassiek sojaschroot, maar meestal is dit gunstig. **De toepasbaarheid en de te behalen reductie op de N-excretie zal afhankelijk zijn van de rantsoensamenstelling en het bijbehorende productieniveau.**

Nauwkeuriger voeren naar de individuele DVE-behoefte (R4)

De DVE-behoefte van melkkoeien is onder andere afhankelijk van het lichaamsgewicht, de N-efficiëntie, de melkproductie en melksamenstelling. Binnen een kudde kan de individuele DVE-behoefte dus flink variëren. Een veel voorkomende situatie in de praktijk is dat bij de rantsoenformulering wordt uitgegaan van een gemiddelde ruwvoederopname. De DVE-behoefte kan grotendeels gedekt worden door het aandeel ruwvoeder in het rantsoen. Vervolgens wordt dit aangevuld met eiwitcorrector en/of krachtvoer. Afhankelijk van het type bedrijf kan de gift van eiwitcorrector en/of krachtvoer individueel worden bijgestuurd. De ruwvoederopname kan echter sterk variëren van dier tot dier. Momenteel zijn er nog geen gegevens beschikbaar van de individuele ruwvoederopname, waardoor zeer nauwkeurig bijsturen van eiwitcorrector/krachtvoer naar de individuele behoefte niet mogelijk is. In de praktijk wordt de DVE-behoefte voor melkproductie bepaald op basis van meetmelk en die laatste is sterk afhankelijk van de melksamenstelling (vet- en eiwitgehalte). Een behoefte van 53 g DVE per kg meetmelk op basis van de gemiddelde melksamenstelling kan afhankelijk van het melkvet- en eiwitgehalte en het productieniveau in werkelijkheid variëren tussen 48 en 58 g DVE/kg meetmelk. Door in de praktijk individueel rekening te



houden met het vet- en eiwitgehalte van de melk, door bijvoorbeeld te differentiëren in melkeiwit in de voertabellen van de melkrobot, kan nog nauwkeuriger op DVE-behoefte worden gevoederd. In het stakeholdersoverleg werd opgemerkt dat in de praktijk de eiwitcorrector/krachtvoergift in het begin van de lactatie goed wordt bijgestuurd, maar verder in de lactatie wordt dit minder frequent bijgesteld. Door voorlichting en opleiding en het aanbieden van protocollen en voertabellen kan de melkveehouder bewuster worden gemaakt van de ecologische en economische winst van het tijdig aanpassen van de eiwitcorrector/krachtvoergift. Het beperken van de luxeconsumptie van eiwit kan de N-excretie en voederkosten reduceren. **Geconcludeerd kan worden dat het nauwkeuriger voederen naar de individuele DVE-behoefte gedurende de gehele lactatie een praktijkrijpe en kostenefficiënte maatregel is. In de praktijk kan nog veel winst worden behaald op dit vlak door het voorlichten van de melkveehouder. Echter, verder onderzoek is nodig voor het bepalen van de reële individuele voederopname.**

Groeperen op energie- en eiwitbehoefte (R5)

Naast het voederen naar individuele DVE-behoefte door het aanpassen van de krachtvoerverstrekking, kan ook de ruwvoersamenstelling beter worden afgestemd op de behoeften. In de literatuur wordt het groeperen van lacterende koeien op basis van hun nutritionele behoefte (melkproductie en melksamenstelling) beschreven als een N-excretie reducerende maatregel en daarnaast is dit de meest kostenefficiënte manier van groeperen (Kalantari et al., 2016; Cabrera and Kalantari, 2016). Groepswissel kan een daling van de dierprestaties tot gevolg hebben, door verandering van rantsoen en/of onrust in de kudde bij de bepaling van de rangorde. In de praktijk zal deze maatregel enkel mogelijk zijn op bedrijven met een geschikte infrastructuur en een grote veestapel. De stakeholders zijn van mening dat in de praktijk groeperen op basis van pariteit (vaarzen vs. multipare koeien) regelmatig voorkomt. **De stakeholders zien potentie in deze maatregel maar de neveneffecten van het wisselen van dieren in groepen vormen momenteel een restrictie voor het op grote schaal te kunnen implementeren in de praktijk. Onderzoek is nodig naar het optimaal wisselen van groepen, om de productiedaling te minimaliseren.**

Grasopname laagproductieve koeien beperken (R6)

Laagproductieve koeien hebben doorgaans een luxeconsumptie aan eiwit, wanneer *ad libitum* vers gras kan worden opgenomen. Door de grasopname van laagproductieve koeien te beperken, bijvoorbeeld door dieren een deel van de dag op stal te houden, kan dit de N-excretie reduceren. Een vereiste is dat met productiegroepen wordt gewerkt. **In de praktijk gaan melkkoeien meestal maar in beperkte mate of zelfs niet op de weide en zijn er weinig bedrijven die enkel hun laagproductieve koeien *ad libitum* vers gras laten opnemen. Dit vraagt immers logistiek een andere bedrijfsstructuur, waardoor deze maatregel als niet relevant werd bevonden voor de huidige melkveesector.**

Bijvoeren van maïskuil op de weide (R7)

Bij beperkte weidegang in de zomermaanden zal het rantsoen van melkkoeien voornamelijk bestaan uit maïskuil, die wordt bijgevoerd op stal. De gescheiden opname van een eiwitrijk en een energierijk voedermiddel kan de pensfermentatie en N-benutting drukken. Proeven waarbij maïskuil in 2 of meer beurten verstrekt werd (bv. bij siëstabeweidings) toonden aan dat een gespreide voeding resulteerde in een betere synchronisatie van eiwit en energie in de pens, een verbeterde N-efficiëntie en een lichte toename van de melkproductie (Brusselman et al., 2015). **De stakeholders zijn van mening dat in de huidige praktijk, met een gangbare maximale weideduur van 8 uur per dag, de te behalen winst op de N-efficiëntie beperkt zal zijn. Daarnaast zijn de stakeholders geen voorstander van de aanwezigheid van voederplekken op de weide, omdat dit het risico op puntbevuiling en nitraatresiduen in de bodem kan verhogen. Deze maatregel werd als niet relevant bevonden.**



4.1.1.3 Voederadditieven

Essentiële oliën (R8)

Essentiële oliën met antimicrobiële en/of anti-protozoaire eigenschappen kunnen een positieve werking hebben op het pensmicrobioom en de penswerking. Dit kan resulteren in een efficiëntere microbiële eiwitproductie waardoor de N-efficiëntie verbetert. In verschillende *in vitro* studies werd deze positieve werking aangetoond, de resultaten van *in vivo* studies waren daarentegen inconsistent (Noirot et al., 2007; Klevenhusen et al., 2012; Flores et al., 2013). **Verder onderzoek is nodig om de effecten van essentiële oliën op de N-efficiëntie en zoötechnische prestaties te bepalen.**

4.1.2 Maatregelen om de P₂O₅-excretie van melkkoeien te reduceren

In Tabel 44 worden de mogelijke maatregelen weergegeven om de P₂O₅-excretie van melkkoeien in Vlaanderen te reduceren met vermelding van de omschrijving, de procentuele reductie in excretie t.o.v. de referentiesituatie anno 2017, de status, de effecten op voederkostprijs, infrastructuur, arbeid, dierprestaties en andere neveneffecten.

Tabel 44: Mogelijke maatregelen om de P₂O₅-excretie van melkkoeien in Vlaanderen te reduceren

	Omschrijving	Reductie P ₂ O ₅ -excretie (%)	Status	V	I	A	D	Neveneffect(en)
R9	Gras minder fosfaatrijk bemesten	2 tot 3	Praktijkrijp	=	=	=	=	Meer mestafzet
R10	Gebruik van P-arme voedermiddelen	4 tot 6	Praktijkrijp/ in uitvoering	↑	=	=	=	Lage structuurwaarde
R11	Krachtvoer met P-arme grondstoffen en mineralenkern	5 tot 27	Praktijkrijp	=↑	=	=	=	Geen

Maatregelen op vlak van voedermiddelen (R9-11) zijn weergegeven. (V) Voederprijs; (I) Infrastructuurkost; (A) Arbeidskost; (D) Dierprestaties; ↑ Stijging; ↓ Daling; = Geen effect

4.1.2.1 Voedermiddelen

Gras minder fosfaatrijk bemesten (R9)

Een mogelijke strategie om de P₂O₅-excretie te reduceren is door het P-gehalte in gras te verlagen. In een uitgebreide praktijkproef werd een reductie van het P-gehalte van gras behaald door grasland minder fosfaatrijk te bemesten (van Krimpen et al., 2010). In de referentiesituatie was het P-gehalte in gras 3,8 g P/kg DS. Door dit P-gehalte met 10% te verlagen wordt een reductie van de P₂O₅-excretie behaald van 2 tot 3% voor de drie productieniveaus. Fosfaat wordt enkel via dierlijke mest aangebracht op het land. Minder fosfaatrijk bemesten is dus enkel mogelijk bij een verlaagd P₂O₅-gehalte van de dierlijke mest en/of door de hoeveelheid aan te brengen dierlijke mest te verminderen. Minder dierlijke mest aanbrengen heeft als neveneffect dat de mestafzet zal verhogen. **Deze maatregel wordt door de stakeholders enkel haalbaar bevonden als het inperken van de fosfaatbemesting behaald kan worden door het P₂O₅-gehalte van dierlijke mest te verlagen.** De mogelijkheden voor het verlagen van het P₂O₅-gehalte van dierlijke mest worden in onderstaande maatregelen besproken.

Het gebruik van P-arme voedermiddelen (R10)

Door gebruik te maken van P-arme voedermiddelen in het rantsoen zoals perspulp, daalt het P-gehalte van het rantsoen. Perspulp bevat naast een laag gehalte aan P ook een negatieve OEB-waarde waardoor het ook bijdraagt aan het verlagen van de OEB van het rantsoen (zie maatregel R3c). In de referentiesituatie bestaat het ruwvoerrantsoen voor 10% uit perspulp. Door dit aandeel te verhogen naar 15%, ten koste van het aandeel graskuil in het rantsoen, kan een reductie van de P₂O₅-excretie worden behaald van 4 tot 6% voor de 3 productieniveaus. De aankoop van perspulp kan de kostprijs van het rantsoen mogelijks verhogen, maar dit is ook afhankelijk van de aanpassingen die de veehouder maakt in de eigen ruwvoervoorziening/teelten als het aandeel graskuil in het rantsoen vermindert (verkoop graskuil, andere gewas telen etc.). Daarnaast is de prijs van perspulp afhankelijk



van de beschikbaarheid en dus zeer variabel. Door de lage structuurwaarde van perspulp kan dit aandeel in het rantsoen maar beperkt stijgen. Daarnaast moet de totale rantsoensamenstelling in het oog worden gehouden bij de keuze van P-arme voedermiddelen, om een verschuiving naar meer eiwitcorrector (fosforrijk) te voorkomen. **Na aftoetsing met de stakeholders kan geconcludeerd worden dat dit een haalbare en praktijkrijpe maatregel is, maar de mogelijke stijging van het aandeel perspulp in Vlaamse melkveerantsoenen zal beperkt zijn.**

Krachtvoer met P-arme grondstoffen en mineralenkern (R11)

De P-behoefte van melkkoeien kan grotendeels worden gedekt door het ruwvoeder in het rantsoen. Aanvullend wordt eiwitcorrector en/of krachtvoeder bijgevoerd, wat zeer rijk is aan P. Vlaamse melkveerantsoenen bevatten over het algemeen een overmaat aan P. In de referentiesituatie bevat het krachtvoer 6 g P/kg. Door dit P-gehalte te verlagen naar 4 g/kg, via het gebruik van P-arme grondstoffen en/of het reduceren van het P-gehalte van de mineralenkern, wordt een reductie van de P₂O₅-excretie behaald van 11 tot 27% voor de drie productieniveaus. In de literatuur werd beschreven dat de verlaging van het P-gehalte, door het gebruik van andere grondstoffen, geen invloed had op de kostprijs van het krachtvoeder (van Krimpen et al., 2010). Daarentegen verwachten de stakeholders dat een andere keuze van grondstoffen wel de kostprijs van krachtvoer zal verhogen. Daarnaast wordt in de praktijk een daling naar 5 g/kg meer haalbaar bevonden door de stakeholders. Door het P-gehalte van het krachtvoer van de referentiesituatie te verlagen naar 5 g/kg werd alsnog een reductie van de P₂O₅-excretie behaald van 5 tot 13%. **Het reduceren van het P-gehalte van het krachtvoer werd als haalbaar en praktijkrijp bestempeld door de stakeholders.**

4.1.3 Maatregelen om de N-excretie van zoogkoeien te reduceren

In Tabel 45 worden de mogelijke maatregelen weergegeven om de N-excretie van zoogkoeien in Vlaanderen te reduceren met vermelding van de omschrijving, de procentuele reductie in excretie t.o.v. de referentiesituatie anno 2017, de status, de effecten op voederkostprijs, infrastructuur, arbeid, dierprestaties en andere neveneffecten.

Tabel 45: Mogelijke maatregelen om de N-excretie van zoogkoeien in Vlaanderen te reduceren

	Omschrijving	Reductie N-excretie (%)	Status	V	I	A	D	Neveneffect(en)
R1	RE-gehalte van graskuilen verlagen	1,5%	Praktijkrijp/ in uitvoering	↑↓	=	=	=	Minder grasopbrengst
R3	Verlagen OEB-waarde rantsoen							
R3a	Aandeel maïskuil in het rantsoen verhogen	6%	Praktijkrijp/ in uitvoering	↓	=	=	=	Nitraatresidu ↑ en koolstofopslag ↓ t.o.v. gras
R3b	Het aandeel OEB-negatieve voedermiddelen in rantsoen verhogen	1,5%	Praktijkrijp/ in uitvoering	↓↑	=	=	=	structuurwaarde

Maatregelen op vlak van voedermiddelen (R1) en voedermanagement (R3) zijn weergegeven. (V) Voederprijs; (I) Infrastructuurkost; (A) Arbeidskost; (D) Dierprestaties; ↑ Stijging; ↓ Daling; = Geen effect.

4.1.3.1 Voedermiddelen

RE-gehalte van graskuil verlagen (R1)

Zoals eerder beschreven bij melkkoeien is het verlagen van het RE-gehalte van graskuilen een mogelijke maatregel voor het reduceren van de N-excretie. Deze maatregel kan ook toegepast worden voor zoogkoeien. In de referentiesituatie bestaat het winterrantsoen van zoogkoeien voor 50% uit graskuil. Uitgaande van de referentiesituatie werd de impact van een graskuil met een verlaagd RE-gehalte (15% t.o.v. 16% in de referentiesituatie) gesimuleerd. Hierbij wordt een reductie van de N-excretie van 1,5% behaald ten opzichte van de referentiesituatie. Een lagere N-bemesting van grasland heeft echter een verminderde grasopbrengst tot gevolg, wat afhankelijk van de bedrijfssituatie (zie R1 melkkoeien) de voederprijs mogelijk kan verhogen. Door de lagere eiwitbehoefte van zoogkoeien ten

opzichte van hoogproductieve melkkoeien zal de verminderde grasopbrengst mogelijks minder negatieve effecten hebben op de dierprestaties in het geval het rantsoen niet wordt gecorrigeerd. Uit het stakeholdersoverleg kan geconcludeerd worden dat er veel variatie zit op het RE-gehalte van graskuilen op vleesveebedrijven. In de praktijk komt een graskuil met een RE-gehalte van 13-14% regelmatig voor, doordat in een later groeistadium wordt begraasd of geoogst. **Deze maatregel is haalbaar en in uitvoering, waardoor de te behalen reductie op de N-excretie bedrijfsafhankelijk en mogelijk beperkt is.**

4.1.3.2 Voedermanagement

Verlagen OEB-waarde rantsoen (R3)

Voor een optimale penswerking en het minimaliseren van de stikstofverliezen wordt een optimale energie- en eiwitbalans in de pens (OEB) nagestreefd. Voor zoogkoeien wordt aangeraden om de OEB van het rantsoen rond de 0 gram per dag te voorzien (Hubrecht et al., 2013). Bij een positieve OEB wordt de in overmaat aanwezige N in de pens niet benut, wat een verhoogde N-excretie tot gevolg heeft. Door gebruik te maken van meer energierijke voedermiddelen kan de OEB worden verlaagd. Onderstaand worden de effecten van de voedermiddelen maïs, perspulp en voederbieten besproken.

Aandeel maïskuil in het rantsoen verhogen (R3a)

Een verschuiving van graskuil naar een groter aandeel maïskuil in het rantsoen zorgt voor een lagere OEB-waarde van het rantsoen. In de referentiesituatie bestaat het winterrantsoen van zoogkoeien voor 40% uit maïskuil. Door dit aandeel te verhogen naar 60% ten koste van het aandeel graskuil, wordt een reductie van de N-excretie behaald van 6%. Uit berekeningen van LCV (2018) kan geconcludeerd worden dat de kostprijs per voederwaarde-eenheid mais minder bedraagt dan de kostprijs per voederwaarde-eenheid gras bestemd voor graskuilen. Een groter aandeel mais in het rantsoen zal de kostprijs van het totale rantsoen dus reduceren. Een belangrijk neveneffect van het telen van mais is een slechter nitraatresidu en verminderde koolstofopslag in de bodem bij de teelt van mais ten opzichte van gras. Als een vleesveehouder moet overgaan tot het aankopen van mais, kan dit mogelijks een effect hebben op de kostprijs van het rantsoen. **Uit het stakeholdersoverleg kan geconcludeerd worden dat het verhogen van het aandeel maïskuil in het rantsoen van zoogkoeien een haalbare maatregel is. Wel moet opgelet worden dat de OEB niet te negatief wordt en daarnaast moeten de neveneffecten van het telen van maïs in overweging worden genomen.**

Aandeel OEB-negatieve voedermiddelen in rantsoen verhogen (R3b)

De OEB van het rantsoen kan verlaagd worden door gebruik te maken van OEB-negatieve voedermiddelen, zoals voederbieten en perspulp. Het winterrantsoen van de referentiesituatie van zoogkoeien bestaat voor 10% uit perspulp. Door dit aandeel te verhogen naar 15% ten koste van het aandeel graskuil, wordt een reductie van de N-excretie behaald van 1,5%. Afhankelijk van de kostprijs kan de aankoop van perspulp mogelijks een effect hebben op de kostprijs van het rantsoen. Dit effect op de kostprijs is ook afhankelijk van de aanpassingen, die de veehouder maakt in de eigen ruwvoervoorziening/teelten als het aandeel graskuil in het rantsoen vermindert (verkoop graskuil, andere gewas telen etc.). De prijs van perspulp is afhankelijk van de beschikbaarheid en dus zeer variabel. Door de lagere kostprijs van voederbieten per voederwaarde-eenheid ten opzichte van graskuil, zal het deels vervangen van het aandeel graskuil door voederbieten de kostprijs van het rantsoen verlagen (LCV, 2018). Door de lage structuurwaarde van deze OEB-negatieve voedermiddelen, kan dit aandeel in het rantsoen maar beperkt stijgen. Daarnaast wordt voor zoogkoeien een OEB van 0 gram per dag tot licht negatief nagestreefd, waardoor deze rantsoenen vaak al laag in OEB zijn. **Het verhogen van het aandeel OEB-negatieve voedermiddelen zal de N-excretie mogelijks maar beperkt reduceren.**



4.1.4 Maatregelen om de P₂O₅-excretie van zoogkoeien te reduceren

In Tabel 46 worden de mogelijke maatregelen weergegeven om de P₂O₅-excretie van zoogkoeien in Vlaanderen te reduceren met vermelding van de omschrijving, de procentuele reductie in excretie t.o.v. de referentiesituatie anno 2017, de status, de effecten op voederkostprijs, infrastructuur, arbeid, dierprestaties en andere neveneffecten.

Tabel 46: Mogelijke maatregelen om de P₂O₅-excretie van zoogkoeien in Vlaanderen te reduceren

Omschrijving		Reductie P ₂ O ₅ -excretie (%)	Status	V	I	A	D	Neveneffect(en)
R9	Gras minder fosfaatrijk bemesten	8%	Praktijkrijp	=	=	=	=	Meer mestafzet
R10	Het gebruik van P-arme voedermiddelen	6%	Praktijkrijp/ in uitvoering	↑	=	=	=	Lage structuurwaarde
R11	Reduceren P-gehalte mineralenkern	3 tot 10	Praktijkrijp	=↑	=	=	=	Geen

Maatregelen op vlak van voedermiddelen (R9-11) zijn weergegeven. (V) Voederprijs; (I) Infrastructuurkost; (A) Arbeidskost; (D) Dierprestaties; ↑ Stijging; ↓ Daling; = Geen effect.

4.1.4.1 Voedermiddelen

Gras minder fosfaatrijk bemesten (R9)

Een mogelijke strategie om de P₂O₅-excretie te reduceren is door het P-gehalte in gras te verlagen. In een uitgebreide praktijkproef werd een reductie van het P-gehalte van gras behaald door grasland minder fosfaatrijk te bemesten (van Krimpen et al., 2010). In de referentiesituatie van zoogkoeien was het P-gehalte in gras 4,0 g/kg DS. Door dit P-gehalte met 10% te verlagen werd een P₂O₅-excretie reductie behaald van 8%. Minder fosfaatrijk bemesten is enkel mogelijk bij een verlaagd P₂O₅-gehalte van de dierlijke mest en/of door de hoeveelheid aan te brengen dierlijke mest te verminderen. Minder dierlijke mest aanbrengen heeft als neveneffect dat de mestafzet zal verhogen. **Deze maatregel wordt door de stakeholders enkel haalbaar bevonden als het inperken van de fosfaatbemesting behaald kan worden door het P₂O₅-gehalte van dierlijke mest te verlagen.** De mogelijkheden voor het verlagen van het P₂O₅-gehalte van dierlijke mest worden in onderstaande maatregelen besproken.

Het gebruik van P-arme voedermiddelen (R10)

Door meer gebruik te maken van P-arme voedermiddelen in het rantsoen zoals perspulp daalt het P-gehalte van het rantsoen. In Vlaanderen bevatten rantsoenen van zoogkoeien regelmatig perspulp. In de referentiesituatie bestaat het ruwvoerrantsoen voor 10% uit perspulp. Door dit aandeel te verhogen naar 15% ten koste van het aandeel graskuil in het rantsoen, kan een reductie van de P₂O₅-excretie worden behaald van 6%. De aankoop van perspulp kan de totale kostprijs van het rantsoen mogelijks verhogen. De kostprijs van het rantsoen wordt ook beïnvloed door de aanpassingen die de veehouder maakt in de eigen ruwvoervoorziening/teelten als het aandeel graskuil in het rantsoen vermindert (verkoop graskuil, andere gewas telen etc.). Door de lage structuurwaarde van perspulp kan dit aandeel in het rantsoen maar beperkt stijgen. **Uit het stakeholdersoverleg kan geconcludeerd worden dat dit een haalbare en praktijkrijpe maatregel is. In de praktijk bevatten rantsoenen van zoogkoeien in Vlaanderen al een aanzienlijk aandeel aan perspulp, waardoor een stijging van het aandeel perspulp mogelijks beperkt zal zijn.**

Reduceren P-gehalte mineralenkern (R11)

De P-behoefte van zoogkoeien wordt grotendeels of zelfs volledig gedekt door het ruwvoeder. Het winterrantsoen wordt aangevuld met een mineralenkern. In de referentiesituatie bevat het winterrantsoen 200 gram mineralenkern per dag met 70 g P/kg. Door het P-gehalte van de kern te verlagen met 20% wordt een reductie van de P₂O₅-excretie behaald van 3%. Daarnaast kan het verlagen van de verstrekte hoeveelheid mineralenkern een bijkomende maatregel zijn. Door in de referentiesituatie de hoeveelheid mineralenkern in het winterrantsoen te verlagen naar 100 gram per

////////////////////////////////////

dag werd een reductie van de P_2O_5 -excretie behaald van 10% bij een P-gehalte van 56 g/kg. Een aandachtspunt bij het verlagen van de hoeveelheid mineralenkern is dat de dekking van de behoeften van de overige mineralen moet gegarandeerd blijven. **Het reduceren van P-gehalte van de mineralenkern en het verlagen van de verstrekte hoeveelheid mineralenkern wordt als haalbare en praktijkrijpe maatregel bevonden door de stakeholders.**

4.1.5 Besluit

Op basis van de literatuurstudie en bevraging van de stakeholders kunnen we besluiten dat er bij rundvee een aantal strategieën gebruikt kunnen worden die de N- en P_2O_5 -excretie effectief kunnen reduceren. Mogelijke praktijkrijpe maatregelen op het vlak van voedermanagement zijn het verlagen van de OEB van het rantsoen en het nauwkeuriger voederen naar de individuele DVE-behoefte. Het verlagen van de OEB van het rantsoen kan behaald worden door bij de rantsoenberekening dichterbij de OEB-behoefte te formuleren. Daarnaast kan het gebruik van OEB-negatieve voedermiddelen met een laag P-gehalte (zoals persulp) de N- en P_2O_5 -excretie reduceren. Voor melkkoeien zou een extra reductie van de N-excretie behaald kunnen worden door nauwkeuriger naar de individuele DVE-behoefte te voederen gedurende de gehele lactatie. De meest praktijkrijpe manier is het individueel bijsturen van de gift van krachtvoer en/of eiwitcorrector. Door tevens ook het P-gehalte in het krachtvoer te verlagen kan de P_2O_5 -excretie mogelijks verder verlaagd worden.

Het toepassen en het combineren van maatregelen en de bijkomende kosten is zeer afhankelijk van de bedrijfssituatie. Voor de kosteneffectiviteit van al dan niet gecombineerde maatregelen is een gedegen onderzoek nodig om de juiste technische en economische informatie te kunnen verzamelen en te analyseren in een globale systeemanalyse. In deze studie kan dan ook rekening gehouden worden met economische macro-effecten al dan niet ten gevolge van het toepassen van een maatregel.

Daarnaast is het aangewezen dat bij de keuze van maatregelen niet enkel gefocust wordt op de mogelijke reductie van de N- en P_2O_5 -excretie, maar dat ook de mogelijke implicaties voor andere duurzaamheidsuitdagingen in de landbouw in overweging worden genomen.

4.2 VARKENS

Om vlees aan te zetten hebben varkens eiwitten nodig, in het bijzonder hebben ze nood aan aminozuren, de bouwstenen van eiwit. Ook P is een onmisbaar element voor varkens, onder meer voor de vorming van beenderen en spieren. Verder speelt P een sleutelrol in diverse enzymsystemen en stofwisselingsprocessen. Een adequaat aanbod van zowel eiwit als P via het voeder is dus essentieel voor een optimale productie, gezondheid en welzijn van het dier. Een overmaat resulteert echter in een hoge N- en P_2O_5 -uitscheiding via de mest en een daarmee gepaard gaande belasting voor het milieu. De belangrijkste nutritionele strategieën om deze emissies binnen de varkenshouderij te verlagen, worden hier uitgebreid toegelicht. De nadruk ligt daarbij op de diercategorieën zeugen, inclusief biggen met een gewicht kleiner dan 7 kg, biggen met een gewicht van 7 tot 20 kg, andere varkens met een gewicht van 20 tot 110 kg en andere varkens met een gewicht groter dan 110 kg. Een overzicht van de belangrijkste maatregelen is weergegeven in Tabel 47 (reductie in N-excretie) en Tabel 48 (reductie in P_2O_5 -excretie).



Tabel 47. Mogelijke maatregelen om de N-excretie door de Vlaamse varkenshouderij te reduceren

	Omschrijving	Reductie N-excretie (%)	Status	V	I	A	D	Neveneffect(en)
V1	Verlaging van het RE-gehalte in het voeder door keuze van de voedermiddelen	0 tot 4	Praktijkrijp	↓ ↑	=	=	=	Betere darmgezondheid
V2	Verdere verlaging van het RE-gehalte in het voeder door toevoeging van nieuwe synthetische aminozuren	↓	Ontwikkeling (<5j)	↑	=	=	=	Betere darmgezondheid
V3	Verstrekken van pelletvoeder in plaats van meelvoeder	0 tot 4 ¹	Praktijkrijp	↑	=	=	↑	Hogere kans op maagzweren Toename fijn stof Minder vermorsing Minder omtmenging van het voeder
V4	Verstrekken van gefermenteerd voeder in plaats van droogvoeder	↓	Ontwikkeling (<5j)	↑	↑	↑	↑	Vlotte omschakeling melk-vast voeder Minder fijn stof Reductie berengeur Hogere kans op ziekte
V5	Toevoeging van enzymen en enzymcocktails met een effect op voederefficiëntie	↓	Ontwikkeling (>5j)	↑	=	=	↑ =	Geen
V6	Toevoeging van pro- en prebiotica, organische zuren of klei	↓	Ontwikkeling (>5j)	↑	=	=	↑ =	Betere darmgezondheid
V7	Vierfasenvoeding tijdens afmest (extra fase vanaf >90kg)	0 tot 4	Praktijkrijp	↓	↑	↑	=	Geen
V8	Tijdelijk voederen onder de aminozuurbehoefte-norm	↓	Ontwikkeling (>5j)	↓	=	=	↓ =	Geen
V9	Tweefasenvoeding tijdens dracht	↓	Ontwikkeling (>5j)	↓	↑	↑	=	Geen
V10	Gescheiden afmest van baren en gelten	0 tot 5 ²	Praktijkrijp	↓	↑	↑	=	Geen
V11	Afmesten van baren en immunocastraten in plaats van baren	0 tot 10 (Be) ³ 0 tot 8 (Ic) ³	Ontwikkeling (<5j)	↓ ↑	=	↓ =	↑	Slechtere vermarktbaarheid Toename berengeur / extra vaccinatiekosten
V12	Daling van het slachtgewicht	0 tot 7 per 10 kg	Praktijkrijp	↑	=	↑ =	↑	Lager slachttrendement Lagere uitbetaling (indien buiten de gewichtsvork)

¹Op basis van de referentiesituatie waarin 50% meel en 50% pelletvoeder wordt verondersteld

²Op basis van de referentiesituatie waarin geen gescheiden afmest wordt verondersteld

³Op basis van de referentiesituatie met een gemiddeld slachtgewicht van 113 kg

Maatregelen op vlak van voedermiddelen (V1+V2), voederbehandeling (V3+V4), voederadditieven (V5+V6) en voedermanagement (V7-V12) zijn weergegeven.

V, Voederprijs; I, Infrastructuurkosten; A, Arbeidskosten; D, Dierprestaties; ↑, Stijging; ↓, Daling; =, Geen effect; Be, Baren; Ic, Immunocastraten; j, jaren



Tabel 48. Mogelijke maatregelen om de P₂O₅-excretie door de Vlaamse varkenshouderij te reduceren

	Omschrijving	Reductie P ₂ O ₅ -excretie (%)	Status	V	I	A	D	Neveneffect(en)
V13	Verlagen van het P-gehalte in het voeder door gebruik van gewassen met een verlaagd fytaatgehalte	↓	Ontwikkeling (>5j)	↑↓	=	=	=	Betere verteerbaarheid van andere kationen en aminozuren
V3	Verstrekken van pelletvoeder in plaats van meelvoeder	0 tot 4 ¹	Praktijkrijp	↑	=	=	↑	Hogere kans op maagzweren Toename fijn stof Minder vermorsing Minder ontmenging van het voeder
V4	Verstrekken van gefermenteerd voeder in plaats van droogvoeder	↓	Ontwikkeling (<5j)	↑	↑	↑	↑	Vlotte omschakeling melk-vast voeder Minder fijn stof Reductie berengeur Hogere kans op ziekte
V14	Toevoeging van een hoge dosis fytase bij zeugen en gespeende biggen	↓	Praktijkrijp	=	=	=	↑ =	Betere verteerbaarheid van andere kationen en aminozuren
V15	Toevoeging van nieuwe fytasen met een hoger fytaatafbraakpercentage	↓	Ontwikkeling (<5j)	↑	=	=	↑ =	Betere verteerbaarheid van andere kationen en aminozuren
V5	Toevoeging van enzymen en enzymcocktails met een effect op voederefficiëntie	↓	Ontwikkeling (>5j)	↑	=	=	↑ =	Geen
V6	Toevoeging van pro- en prebiotica, organische zuren of klei	↓	Ontwikkeling (>5j)	↑	=	=	↑ =	Geen
V16	Tijdelijk voederen onder de fosforbehoefte-norm	↓	Ontwikkeling (>5j)	↓	=	=	=	Hogere kans op pootproblemen
V9	Tweefasenvoeding tijdens dracht	↓	Ontwikkeling (>5j)	↓	↑	↑	=	Geen
V10	Gescheiden afmest van baren en gelten	0 tot 5 ²	Praktijkrijp	↓	↑	↑	=	Geen
V11	Afmesten van baren en immunocastraten in plaats van baren	0 tot 9 (Be) ³ 0 tot 5 (Ic) ³	Ontwikkeling (<5j)	↓ ↑	=	↓ =	↑	Slechtere vermarktbaarheid Toename berengeur / extra vaccinatiekosten

¹Op basis van de referentiesituatie waarin 50% meel en 50% pelletvoeder wordt verondersteld

²Op basis van de referentiesituatie waarin geen gescheiden afmest wordt verondersteld

³Op basis van de referentiesituatie met een gemiddeld slachtgewicht van 113 kg

Maatregelen op vlak van voedermiddelen (V13), voederbehandeling (V3+V4), voederadditieven (V14+V15+V5+V6) en voedermanagement (V16+V9-V11) zijn weergegeven.

V, Voederprijs; I, Infrastructuurkosten; A, Arbeidskosten; D, Dierprestaties; ↑, Stijging; ↓, Daling; =, Geen effect; Be, Baren; Ic, Immunocastraten; j, jaren

4.2.1 Voedermiddelen

De grondstoffenkeuze bepaalt in grote mate de verteerbaarheid van N en P in het rantsoen. Door grondstoffen met een goede verteerbaarheid op te nemen in de formulatie, kan de eiwit- en P-inhoud van het voeder verlaagd worden en daalt bijgevolg de N- en P₂O₅-excretie in de mest.

4.2.1.1 Gehaltes

Varkens hebben een specifieke behoefte aan verteerbare aminozuren en verteerbaar P (NRC). Het formuleren van een rantsoen dat zo dicht mogelijk aansluit bij de werkelijke behoefte van de dieren kan de nutriëntenuitstoot bijgevolg reduceren. Door maximale gehalten voorop te stellen onder meer via het convenant, is de N- en P₂O₅-excretie in Vlaanderen reeds sterk afgenomen. Tegenwoordig maakt de overgrote meerderheid van de varkenshouders gebruik van de regressierechten, waardoor een nog verdere afname van de excreties wordt vastgesteld. Inderdaad, de gemiddelde RE- en P-gehalten in de voeders van de referentiesituatie (huidige praktijk) liggen lager dan deze in het convenantvoeder. **Een laag eiwit- en laag P-gehalte wordt dus reeds toegepast.** Volgens sommige onderzoekers zijn de huidige NRC-behoefthenormen, voornamelijk deze voor P bij vleesvarkens, echter weinig betrouwbaar aangezien ze gebaseerd zijn op verouderde publicaties en bepaald werden onder testomstandigheden (Ferket *et al.*, 2002). Een her-evaluatie van de huidige behoeftenormen wordt daarom soms naar voor geschoven als een maatregel om de P-excretie te verlagen (Bikker *et al.*, 2013; Lu *et al.*, 2017).

4.2.1.2 N-bronnen (V1, V2)

Een varken heeft in de eerste plaats nood aan aminozuren en dit in de juiste verhoudingen. Het reduceren van het eiwitgehalte in het voeder is dus enkel mogelijk in die mate dat de aminozuurbehoefte niet verstoord wordt. Door synthetische aminozuren aan het rantsoen toe te voegen kan een correct aanbod van aminozuren gegarandeerd worden. Verschillende studies tonen inderdaad aan dat door het gebruik van synthetische aminozuren het eiwitgehalte kan verlaagd worden waardoor de N-uitstoot daalt, zonder daarbij de zoötechnische prestaties te beïnvloeden (Canh *et al.*, 1998; Dourmad *et al.*, 1999; Sutton *et al.*, 1999; O'Connell *et al.*, 2006; Galassi *et al.*, 2010; Monteiro *et al.*, 2017). Daarnaast kan een verlaagd RE-gehalte ook resulteren in een betere darmgezondheid (Heo *et al.*, 2009, Fan *et al.*, 2017). **Aangezien in Vlaanderen reeds heel laag in RE wordt geformuleerd is een bijkomende reductie niet eenvoudig. Door keuze van de voedermiddelen, zonder daarbij het aminozuurprofiel te wijzigen, bleek een reductie van het RE-gehalte met 2%, 1% of 0,5% maximaal te zijn, afhankelijk van de diercategorie (V1).** De gehalten aan leucine, isoleucine en histidine komen immers al snel onder de behoeftenorm te liggen waardoor de zoötechnische prestaties in gevaar komen. Een reductie in RE-gehalte met 2% blijkt enkel haalbaar voor het voeder tijdens de lactatie of voor biggen van 7 tot 20 kg. De verwachte reductie in N-excretie per varkensplaats per jaar binnen de beschouwde diercategorie wordt geschat op respectievelijk 0,7% en 3,6%. Een reductie in RE-gehalte met 1% bij zowel het dracht-, lactatie- en creep feed voeder zou binnen de diercategorie zeugen inclusief biggen een daling van de N-excretie per varkensplaats per jaar kunnen betekenen met 1,2%, zonder daarbij de totale voederprijs te verhogen. Een reductie in RE-gehalte met 1% bij het voeder van biggen 7-20 kg, andere varkens 20-40 kg, andere varkens 40-70 kg, andere varkens 70-110 kg en andere varkens 110-130 kg zou de N-excretie per varkensplaats per jaar binnen de beschouwde diercategorie kunnen doen dalen met respectievelijk 2,5%, 0,3%, 0,3%, 0,6% of 1,0%. Voor deze diercategorieën zou de reductie in het RE-gehalte echter een stijging van de voederprijs tot gevolg hebben.

Momenteel zijn synthetische vormen van de vijf meest limiterende aminozuren (lysine, methionine, threonine, tryptofaan en valine) commercieel beschikbaar en wordt hun toevoeging standaard toegepast in de Vlaamse varkenshouderij. Toevoeging van leucine, isoleucine of histidine, de eerstvolgende limiterende aminozuren, zou mogelijks een nog verdere daling in RE-gehalte en dus in N-excretie kunnen opleveren. **Van zodra deze aminozuren commercieel verkrijgbaar zijn, kan het**



gebruik ervan een interessante maatregel worden voor een lagere N-excretie (V2). Belangrijk is dan wel dat het aanbod niet-essentiële aminozuren voldoende blijft.

4.2.1.3 P-bronnen (V13)

Twee derde van de P aanwezig in grondstoffen van plantaardige oorsprong is weinig verteerbaar voor varkens aangezien het gebonden is in fytaat. Anorganische fosfaten zoals monocalcium- en dicalciumfosfaat worden daarom vaak toegediend aan het voeder. Aangezien het aandeel verteerbaar P hierdoor stijgt, kan het totale P-gehalte in het rantsoen verlaagd worden en zal bijgevolg de P_2O_5 -uitstoot afnemen. Het gebruik van monocalciumfosfaat met een P-verteerbaarheid van 83% blijkt hierbij een sterker effect te hebben dan dicalciumfosfaat met een P-verteerbaarheid van 67% (Sauvant *et al.*, 2004). Door het courant gebruik van fytase (zie verder), wordt momenteel in de Vlaamse varkenshouderij echter geen mineraal fosfaat meer toegevoegd aan het voeder van vleesvarkens met een gewicht vanaf 40 kg. Om het gebruik van mineraal fosfaat ook bij de andere diercategorieën te verminderen, zou men kunnen kiezen voor gewassen met een betere P-beschikbaarheid. **Het gebruik van gewassen met een verlaagd fytaatgehalte (maar met ongewijzigd fosforgehalte) als gevolg van genetische modificatie of klassieke veredeling, kan bijgevolg een potentieel interessante strategie zijn om een daling van de P_2O_5 -uitstoot te bereiken (Spencer *et al.*, 2000; Bohlke *et al.*, 2005; Dilger and Adeola, 2006) (V13).** Een voorbeeld van een dergelijk gewas is de HAP-maïs, die gekarakteriseerd wordt door een mutatie in het *LPA1* gen, en bijgevolg slechts 35% in plaats van 80% fytaat aanmaakt. Het totaal P-gehalte in deze laag-fytaat maïs verschilt niet van gewone maïs, maar doordat de P beter beschikbaar is, is toevoeging van anorganisch fosfaat overbodig. Het voederen van HAP-maïs aan vleesvarkens kon de P_2O_5 -excretie verlagen met 37% (Spencer *et al.*, 2000). Het gebruik van deze nieuwe gewassen zal echter resulteren in een stijging van de voederprijs. Gewassen met een verlaagd fytaatgehalte kunnen bijgevolg enkel interessant worden wanneer zij in concurrentie treden met de prijs voor mineraal fosfaat, gekenmerkt door een relatief hoge kostprijs, of voor fytase, gekenmerkt door een relatief lage kostprijs (zie verder).

4.2.2 Voederbehandeling

Om een verminderde nutriëntenuitstoot te kunnen bekomen, speelt niet alleen de keuze aan voedermiddelen, maar ook de voederbehandeling een belangrijke rol. Diverse behandelingen kunnen immers de verteerbaarheid verbeteren en daardoor de N- en P_2O_5 -excretie reduceren.

4.2.2.1 Pelleteren

Op het ILVO werd recent onderzoek verricht naar het verschil tussen meel- en pelletvoeder. Wanneer biggen en vleesvarkens *ad libitum* gevoederd werden, lag het voederverbruik hoger bij meel in vergelijking met pellets (Van den Broeke *et al.*, 2017a). Dit is waarschijnlijk te verklaren door een hogere vermorsing van het meel. De dagelijkse groei was hoger bij varkens die pelletvoeder toegediend kregen, waardoor het gebruik van pellets dus in een verbeterde voederconversie resulteerde (Van den Broeke *et al.*, 2017a). Ook in de literatuur werd bij biggen en vleesvarkens op pelletvoeder een verbetering van de voederconversie met ruim 12% vastgesteld (Wondra *et al.*, 1995; Ulens *et al.*, 2015). De sterkere groei bij pellets kan verklaard worden door een hogere voederopname omwille van een verlaagde voedervermorsing en/of door een betere beschikbaarheid van de nutriënten. Het pelleteerproces verkleint immers de partikelgrootte, wat het contactoppervlak met verteringsenzymen vergroot en bijgevolg de verteerbaarheid verbetert. Een betere beschikbaarheid van nutriënten werd inderdaad aangetoond bij fijn gemalen ten opzichte van grof gemalen voeder. Bovendien werd een reductie in N-excretie met 32% vastgesteld bij een uniforme partikelgrootte van 400 μm ten opzichte van 800 μm (Wondra *et al.*, 1995). Naast het verkleinen van de partikelgrootte kan het pelleteerproces op zich ook de verteerbaarheid van het voeder verhogen door het inactiveren van anti-nutritionele factoren (Ferket *et al.*, 2002). De verbeterde voederconversie, samen met de betere nutriëntenbeschikbaarheid resulteert in een verlaagd nutriëntenverbruik en bijgevolg een reductie in N- en P_2O_5 -excretie. Op basis van de proeven uitgevoerd op het ILVO worden de reducties in excretie geschat op ongeveer 4%, dit ervan uitgaande dat momenteel de helft van de bedrijven reeds

pellets gebruikt. Een bedrijf dat volledig draait op meelvoeder zou een daling in nutriëntenuitstoot tot 8% kunnen bekomen door over te schakelen op pelletvoeder. Interessant is verder dat varkens gepelleteerd voeder zouden verkiezen boven gemalen voeder (Vanschoubroek *et al.*, 1971). Ook blijkt er bij pellets minder ontmenging van het voeder te zijn dan bij meel. Bovendien zou de meerkost van 5 tot 6 euro per ton voeder voor het pelletteren volledig gecompenseerd worden door de winst op voederconversie, betere groei en hogere uitbetaling, waardoor een stijging van de finale winstmarge per dier kan verwacht worden. Zowel op ecologisch als op economisch vlak is pelletvoeder dus interessant. Het pelletterproces brengt echter ook enkele nadelen met zich mee. Zo verhoogt de concentratie aan fijn stof in de stal wanneer pellets gevoederd worden (Ulens *et al.*, 2015) en zal het pelletteren op zich meer fossiele energie vergen. Ook wordt een toename aan maagzweren door een hogere aanwezigheid van *Helicobacter suis* beschreven (Eisemann and Argenzio, 1999; Millet *et al.*, 2012). **Omwille van de mogelijke grote impact op het milieu en de sterke haalbaarheid in de praktijk, vormt het gebruik van pelletvoeder een bijzonder interessante maatregel om de uitstoot van N en P₂O₅ door de vleesvarkens in Vlaanderen te reduceren (V3).**

4.2.2.2 Fermentatie

Het gebruik van gefermenteerd voeder in de varkenshouderij kent verschillende voordelen. Naast een eenvoudigere omschakeling van melk naar vast voeder, wordt ook een daling in berengeur en fijn stof beschreven (Missotten *et al.*, 2015). Bovendien heeft het verstrekken van gefermenteerd voeder een positief effect op de prestaties van zowel biggen als vleesvarkens. Bij biggen na spenen werd een toename van 22,3% in dagelijkse groei en een verbeterde voederefficiëntie met 10,9% vastgesteld bij gefermenteerd voeder ten opzichte van droogvoeder of brijvoeder (Jensen and Mikkelsen, 1998; Missotten *et al.*, 2010). Bij vleesvarkens leidde gefermenteerd voeder tot een toename van 4,4% in dagelijkse groei en een verbetering van 6,9% in voederefficiëntie (Jensen and Mikkelsen, 1998). Ook in een latere studie werd over de totale afmestperiode een toename in dagelijkse groei met 8 tot 9% en een reductie in voederconversie met 18% geobserveerd voor gefermenteerd brijvoeder ten opzichte van niet-gefermenteerd brijvoeder of droogvoeder (Dung *et al.*, 2005). Deze verbeteringen in de zoötechnische prestaties kunnen verklaard worden door een vermindering van het aantal enteropathogenen maar ook door een toename in nutriëntenverteerbaarheid en een daling van de hoeveelheid anti-nutritionele factoren (Missotten *et al.*, 2015). Bovendien zou het fermentatieproces endogene graanfytasen kunnen activeren (Lyberg *et al.*, 2006). Hoewel de resultaten niet altijd eenduidig zijn, wijzen verschillende studies op een betere vertering van RE, aminozuren en/of P wanneer varkens gefermenteerd voeder aten (Lyberg *et al.*, 2006; Hong and Lindberg, 2007; Cho *et al.*, 2013; Poulsen and Blaabjerg, 2017). Daartegenover staat dat brijvoeding ook vaak geassocieerd wordt met een hogere kans op maag- en darmproblemen en dat het fermentatieproces een verandering in smaak en een verlies aan essentiële nutriënten zoals vitamines en aminozuren (voornamelijk synthetische aminozuren) kan veroorzaken. Fermentatie van enkel de graanfractie in plaats van het volledige voeder kan voor dit laatste een oplossing bieden (Missotten *et al.*, 2015). Momenteel wordt fermentatie weinig toegepast in de Vlaamse varkenshouderij. **Fermenteren van het voeder biedt dus mogelijkheid om de N- en P₂O₅-uitstoot door varkens verder te reduceren, maar dit vraagt grote aanpassingen van de infrastructuur en uitgebreid onderzoek naar het effect op excretie (V4).**

4.2.3 Voederadditieven

Het toevoegen van enzymen, vitamines, groeipromotoren, probiotica, prebiotica of organische zuren verlaagt de nutriëntenuitstoot door het verbeteren van de verteerbaarheid en de absorptie of door het voorzien van een betere microflora.

4.2.3.1 Enzymen

Fytase

Fytinezuur, ook gekend als inositol hexakisfosfaat (IP6), inositolpolyfosfaat of fytaat in zoutvorm, is de belangrijkste opslagvorm van P in veel plantweefsels, in het bijzonder zemelen en zaden. Fytaat kan echter niet worden verteerd door varkens, aangezien ze niet over fytase beschikken, het enzym nodig

om de P moleculen van de inositolmoleculen los te maken. Fytase is wel reeds van nature aanwezig in plantaardige grondstoffen, met hoge activiteiten in tarwe en gerst maar lage activiteiten in maïs en soja (Eeckhout and De Paepe, 1994). Een betere vertering van fytaat, en dus een verlaagde P_2O_5 -excretie, kan bekomen worden door het toevoegen van microbiële fytase, dat gekenmerkt wordt door een hogere efficiëntie ten opzichte van de plantaardige orthologen. **In Vlaanderen wordt microbiële fytase momenteel courant gebruikt in de varkenshouderij.** Verschillende studies tonen inderdaad aan dat toediening van fytase de beschikbaarheid van P verhoogt, waardoor een lager P-gehalte in het rantsoen geformuleerd kan worden en de P_2O_5 -uitscheiding bijgevolg daalt (Sands *et al.*, 2001; Omogbenigun *et al.*, 2003; Liao *et al.*, 2005; Veum *et al.*, 2006; Simons *et al.*, 2007). Bij vleesvarkens werd een reductie van 21,5% in P_2O_5 -excretie geobserveerd bij toediening van fytase aan een laag P-rantsoen (Harper *et al.*, 1997). De groeiprestaties bleven hierbij ongewijzigd, terwijl sommige studies ook een positief effect op de prestaties beschrijven (Sands *et al.*, 2001). Ook bij zeugen resulteerde toevoeging van microbiële fytase zowel tijdens de dracht als tijdens de lactatie in een reductie van de P_2O_5 -excretie (Jongbloed *et al.*, 2004). Interessant is dat microbiële fytase niet alleen de P-verteerbaarheid verbetert, maar ook een gunstig effect heeft op de verteerbaarheid van andere mono- en divalente kationen (Kies *et al.*, 2006). Fytaal heeft immers de eigenschap om onoplosbare complexen te vormen met kationen. Elke behandeling die de P-beschikbaarheid uit fytaal verbetert, heeft bijgevolg een effect op de beschikbaarheid van onder meer calcium, ijzer, zink, koper of magnesium (Revy *et al.*, 2004; Lyberg *et al.*, 2006). Aangezien fytaal ook onoplosbare complexen met aminozuren vormt, kan bovendien ook de aminozuurverteerbaarheid verbeterd worden (Maga, 1982; Kemme *et al.*, 1999; Liao *et al.*, 2005). Het gebruik van fytase heeft dus een gunstig effect op verschillende niveaus.

Doseringen van bijvoorbeeld Ronozyme HiPhos (DSM) schommelen in de praktijk rond de 2.000 FTU/kg eindvoer bij gespeende biggen en rond de 750 FTU/kg voeder bij vleesvarkens. Voor zeugen varieert de dosering meestal tussen de 1.000 en 1.500 FTU/kg. Aangezien momenteel in Vlaanderen geen mineraal fosfaat meer wordt toegevoegd aan het voeder voor vleesvarkens vanaf 40 kg, levert het toedienen van extra fytase binnen deze diercategorie dus weinig of niets op. Zeugen en biggen daarentegen hebben een veel hogere behoefte aan verteerbaar fosfor waardoor er nog steeds een belangrijke hoeveelheid mineraal fosfaat in deze voeders wordt geformuleerd. **Door het verhogen van de concentratie aan fytase in zeugen- en biggenvoer is er minder mineraal fosfaat nodig om aan de P-behoefte te voldoen, waardoor het totaal P-gehalte in het voeder en bijgevolg ook de P_2O_5 -excretie zal dalen (V14). Voor vleesvarkens daarentegen zal het gebruik van nieuwe fytasen, die gekenmerkt worden door een hoger fytaatafbraakpercentage een meer interessante strategie zijn (Braña *et al.*, 2006; Veum *et al.*, 2006) (V15).** Momenteel wordt reeds 70-75% fytaatafbraak bereikt en wordt volop onderzoek gevoerd naar nieuwe fytasen met een hogere afbraakpercentage. Aangezien fytaal een anti-nutritionele factor is, kan een betere afbraak immers een betere groei en lagere voederconversie opleveren (Veum *et al.*, 2006). Ook genetisch gemodificeerde varkens kunnen mogelijks van belang worden in een verdere toekomst. In het Enviropig-varken bijvoorbeeld werd het *Escherichia coli* fytasegen tot expressie gebracht onder een promotor die actief is in de speekselklieren (Golovan *et al.*, 2001; Forsberg *et al.*, 2003). Hierdoor kan het aanwezige fosfaat in plantenmateriaal beter verteerd worden en wordt een daling van 20-60% in P_2O_5 -excretie voorspeld. Door het gebruik van het Enviropig-varken wordt toevoeging van minerale fosfaten of fytase overbodig, wat een daling in de kostprijs als gevolg heeft, al zal het gebruik van genetisch gemodificeerde varkens uiteraard een grote investering zijn. Uitgebreid onderzoek is vereist vooraleer genetisch gemodificeerde varkens aangewend kunnen worden voor vleesconsumptie.

Andere enzymen en enzymcocktails

Granen en graanproducten worden gekenmerkt door grote hoeveelheden niet-zetmeel polysacchariden (NSP). In tarwe zijn xylanen de belangrijkste NSP-bron, in gerst zijn dit β -glucanen. Bij hoge concentraties aan NSP in het voeder wordt de spijsvertering verstoord, daalt de nutriëntenverteerbaarheid en stijgt de nutriëntenuitstoot (Souffrant, 2001; Moeser and van Kempen,



2002). Het toedienen van enzymen, die deze polysachariden hydrolyseren, kan de verteerbaarheid en het nutriëntengebruik sterk verbeteren (Lu *et al.*, 2017). Zo heeft toediening van xylanase en β -glucanase een positief effect op de vertering van respectievelijk tarwe en gerst. Wanneer het rantsoen van vleesvarkens hoge concentraties aan triticaal (een belangrijke bron van NSP) bevatte, resulteerde β -xylanase in zowel een betere verteerbaarheid van RE alsook betere groeiprestaties (Lipiński *et al.*, 2013). Toevoeging van xylanase resulteerde ook in een betere verteerbaarheid van RE en/of aminozuren en verbeterde prestaties bij gespeende biggen (Lan and Kim, 2017) vleesvarkens (Barrera *et al.*, 2004). Een aantal andere studies konden echter geen gunstig effect van xylanase beschrijven (Gdala *et al.*, 1997; Zijlstra *et al.*, 2004; Lindberg *et al.*, 2007). Omwille van mogelijke synergistische effecten wordt ook het combineren van verschillende enzymen, de zogenaamde enzymcocktails, volop onderzocht. Zo steeg de reductie in P-excretie bij vleesvarkens met ongeveer 10% door het gecombineerd gebruik van fytase en xylanase ten opzichte van wanneer enkel fytase werd gebruikt (Nortey *et al.*, 2007). Bij biggen verhoogde het gecombineerd gebruik van xylanase en fosfolipase de nutriëntenverteerbaarheid met 2% in vergelijking met afzonderlijke toevoeging van beide enzymen (Diebold *et al.*, 2004). Ook een cocktail van β -glucanase, xylanase en protease verbeterde de verteerbaarheid van droge stof, RE en de meeste aminozuren bij jonge varkens (Yin *et al.*, 2001). Anderzijds werd ook een positief effect van NSP beschreven waarbij een verhoogd NSP-gehalte resulteerde in een reductie in urinaire N-excretie (Canh *et al.*, 1998; Kreuzer *et al.*, 1999). **Verder onderzoek is dus vereist om na te gaan of het gebruik van bovenstaande enzymen en enzymcocktails een interessante maatregel kan zijn om de nutriëntenuitstoot door de varkenshouderij te verlagen (V5).** Bovendien is het gebruik van fosfolipase en protease in varkensvoeder momenteel niet toegelaten in Vlaanderen.

4.2.3.2 Pro- en prebiotica

Probiotica zijn levende microbiële voedersupplementen waaraan een gezondheidsbevorderende werking wordt toegeschreven. Prebiotica zijn voedersupplementen die de groei en/of de activiteit van bepaalde bacteriën in de dikke darm stimuleren, en daardoor eveneens de gezondheid bevorderen. Het gebruik van pro- en prebiotica in varkensvoeder is momenteel in volle ontwikkeling. Een aantal studies wijzen alvast op een gunstig effect, zowel op darmgezondheid en groeiprestaties alsook op nutriëntenverteerbaarheid en nutriëntenuitstoot naar het milieu (Liao and Nyachoti, 2017). Zo werd een reductie in N-excretie waargenomen bij het gebruik van probiotica bij biggen (Han *et al.*, 2001; Rodrigues *et al.*, 2013). Het prebioticum inuline resulteerde bij gespeende biggen en vleesvarkens in een reductie van de totale of urinaire N-excretie (Halas *et al.*, 2010; Rodrigues *et al.*, 2013). **Verder onderzoek is nodig vooraleer het gebruik van pro- en prebiotica kan aangewend worden als maatregel naar een meer efficiëntere varkenshouderij in Vlaanderen (V6).** Bovendien worden enkel duidelijke effecten van pro- en prebiotica verwacht onder specifieke condities, bijvoorbeeld op bedrijven met een lage hygiënestatus.

4.2.3.3 Organische zuren

Organische zuren worden algemeen verondersteld de N-excretie te reduceren door het verbeteren van de RE- en/of aminozuurbeschikbaarheid. Toevoeging van fumaarzuur aan het voeder van vroeg gespeende biggen verbeterde zo de verteerbaarheid van het RE en sommige aminozuren (Blank *et al.*, 1999). Mierenzuur en melkzuur hadden een gelijkaardig effect bij vleesvarkens (Kempe *et al.*, 1999, Partanen *et al.*, 2001). Recent werd ook aangetoond dat toediening van α -ketoglutaraat aan het voeder van vleesvarkens niet alleen de totale N-excretie kon reduceren met 24% maar ook de P-aanzet kon verhogen met 27% (Chen *et al.*, 2017). Bij vleesvarkens werd immers een betere verteerbaarheid van fytaat vastgesteld (Kempe *et al.*, 1999). De daling in de pH van de maag verhindert immers de vorming van complexen tussen fytaat en mineralen en de vorming van onoplosbare fytaatzouten. Bovendien is het microbiële fytase ook actiever bij een lage pH. Organische zuren verbeteren dus de beschikbaarheid van zowel P alsook andere mineralen. Het gebruik van fumaarzuur bijvoorbeeld resulteerde in een hogere schijnbare absorptie en retentie van P, Ca en Zn. Ook werd aangetoond dat het gecombineerd gebruik van voedingszuur met fytase het gebruik van anorganisch fosfaat volledig

kan vervangen en een reductie van 20% in fecale P₂O₅-excretie werd bekomen (Omogbenigun *et al.*, 2003). Een aantal andere studies konden echter geen gunstig effect op de verteerbaarheid van nutriënten aantonen (Radecki *et al.*, 1988; Giesting and Easter, 1991). **Voornamelijk bij pas gespeende biggen, die vaak niet in staat zijn voldoende maagzuur te produceren, kan het gebruik van organische zuren als een maatregel binnen het mestbeleid gelden, al is uitgebreider onderzoek vereist (V6).**

4.2.3.4 Klei

De aanwezigheid van klei in het voeder resulteert in een toename van de nutriëntenverteerbaarheid. Er wordt aangenomen dat klei de doorgang doorheen het verteringskanaal vertraagt, waardoor het verteringsproces langer aanhoudt. Sommige studies wijzen ook op een hogere activiteit van pancreasenzymen in aanwezigheid van klei. Tenslotte kan klei ook morfologische veranderingen van het darmslijmvlies veroorzaken. Zo werd aangetoond dat onder meer de hoogte van de villi toenam en dus het absorptieoppervlak groter werd met een betere vertering als gevolg (Subramaniam and Kim, 2015). Een verbeterde N-verteerbaarheid of een verhoogde eiwitaanzet werd reeds in een aantal studies aangetoond (Parisini *et al.*, 1999; Yan *et al.*, 2010). Voor P werd tot dusver enkel een trend tot een betere verteerbaarheid door klei beschreven (Chen *et al.*, 2005). Bij het gebruik van klei werd bovendien een betere dagelijkse groei en een lagere voederconversie vastgesteld (Subramaniam and Kim, 2015). Verschillende studies tonen ook aan dat klei een bescherming kan bieden tegen zware metalen en toxines en dat de graad en de duur van diarree bij varkens sterk verlaagd kan worden. Ook lag het aantal biggen, het geboortegewicht en het gewicht bij spenen hoger wanneer zeugen een voeder met klei verstrekt kregen. Niet alle studies konden echter een positief effect van klei op de verteerbaarheid vaststellen. Soms werd zelfs eerder een negatief effect beschreven (Subramaniam and Kim, 2015). **Door de grote variatie aan kleisoorten, elk met hun specifieke eigenschappen, is verder onderzoek nodig om na te gaan of het gebruik van bepaalde kleisoorten een interessante strategie kan zijn voor een verminderde nutriëntenuitstoot door de Vlaamse varkenshouderij (V6).**

4.2.4 Voedermanagement

4.2.4.1 Fasevoeding

De nutritionele behoefte van varkens varieert met hun fysiologische toestand en groeipotentieel. Door middel van fasevoeding kan voor verschillende stadia in de levenscyclus van het varken een aangepast voeder met een verlaagd N- en P-gehalte verstrekt worden. Als gevolg daalt de opname aan eiwit en P en vermindert de nutriëntenuitstoot.

Bij vleesvarkens daalt de eiwitbehoefte met toenemend lichaamsgewicht (Jongbloed and Lenis, 1998). Door fasevoeding kan bijgevolg een lager RE-gehalte geformuleerd worden naarmate de afmestperiode vordert. De omschakeling van een éénfase- naar een tweefasenvoederstrategie reduceerde de N-excretie met 6% (Lenis, 1989). Het toepassen van een driefasen- in plaats van een éénfasevoederstrategie werd voorspeld te resulteren in een vermindering van de N-uitstoot met 16% (Rademacher, 2000). In analogie met de evolutie van de eiwitbehoefte neemt ook de P-behoefte af met toenemend lichaamsgewicht (Jongbloed and Lenis, 1998). Fasevoeding is dus een belangrijke strategie om ook de P₂O₅-excretie te verlagen. Zo resulteerde de omschakeling van een éénfase- naar een tweefasenvoederstrategie in een reductie van de P₂O₅-excretie met 6% (Lenis, 1989). In een andere studie werd een daling in totale P-excretie met 7,5 tot 9,5% geobserveerd wanneer omgeschakeld werd van respectievelijk een éénfase- naar tweefasen- of van een tweefasen- naar driefasensysteem (Symeou *et al.*, 2015). Het toepassen van een driefasensysteem is de gangbare situatie op de meeste Vlaamse varkensbedrijven. **Het invoeren van een extra fase tijdens de afmestperiode, vanaf bijvoorbeeld 90 kg, kan eventueel een bijkomende strategie zijn om de uitstoot door vleesvarkens in Vlaanderen verder te reduceren (V7).** Voornamelijk bij bargaen en immunocastraten zal deze maatregel een groot verschil maken vanwege hun hoge voederopname tijdens de laatste weken van de afmest. Een vierde fase van bijvoorbeeld 90 tot 110 kg met een RE-gehalte van 130 g/kg en een voederconversie van 3,8 zou de N-excretie door vleesvarkens in Vlaanderen met ongeveer 4% kunnen doen dalen. **Aangezien voor P reeds heel laag geformuleerd**

////////////////////////////////////

wordt in alle fasen, zal het invoeren van een vierde fase hoogstwaarschijnlijk geen verschil in P₂O₅-excretie veroorzaken.

Het dagelijks aanpassen van het rantsoen aan de behoefte van het dier op individueel niveau resulteert ongetwijfeld in een minimale nutriëntenuitstoot. Wanneer bijvoorbeeld werd overgeschakeld van een driefasen- naar een dagelijks multifasensysteem daalde de N-excretie met 12% bij individueel gehuisveste dieren (Pomar *et al.*, 2014) en de P-excretie met 14 tot 22% (van der Peet-Schwering *et al.*, 1999). Inderdaad, in vergelijking met een driefasensysteem kon het individueel voederen van vleesvarkens zowel de lysine-opname, N-excretie als voederkost sterk reduceren met respectievelijk 26%, 30% en 10% (Andretta *et al.*, 2016). Toch worden in Vlaanderen de meeste varkens gehuisvest in groep en is een dagelijkse voederstrategie omwille van praktische redenen weinig waarschijnlijk. Een maximum van vier rantsoenwijzigingen wordt daarom aanbevolen (Holden *et al.*, 1996). Een lager RE- en P-gehalte tijdens de latere fasen betekent dat op het einde van de afmestperiode een relatief goedkoper voeder geformuleerd kan worden. Daar de voederopname stijgt bij een toenemend lichaamsgewicht, heeft deze lagere prijs een belangrijk effect op de totale voederkost. Naast een verminderde N- en P₂O₅-excretie verhoogt fasevoeding dus ook de rendabiliteit van het bedrijf (Pomar *et al.*, 2014; Monteiro *et al.*, 2017), al zal een investering in de infrastructuur van het bedrijf vereist zijn om een extra fasevoeder te kunnen aanbieden. Door fasevoeding kan het N- en P- gehalte in het voeder dus beter afgesteld worden op de werkelijke behoefte.

Daarnaast laat fasevoeding ook toe om voor een korte periode onder de behoeftenorm te voederen, waardoor een verminderde nutriëntenuitstoot en een verlaagde voederkost kan verwacht worden (V8+V16). Een verlaagd aminozuurgehalte tijdens de vroege afmest resulteerde immers in een compensatorische groeirespons met een efficiënter aminozuurgebruik tijdens de late afmest zonder de totale voederopname, dagelijkse groei of voederconversie te verstoren (Fabian *et al.*, 2004; Millet *et al.*, 2011; Millet and Aluwé, 2014). Een tijdelijke P-restrictie resulteerde dan weer in een hogere P-efficiëntie (Gonzalo *et al.*, 2017). De onderliggende mechanismen dienen echter eerst beter begrepen te worden vooraleer deze maatregel kan worden toegepast in de praktijk.

Bij fokzeugen verschilt de behoefte sterk naargelang het productiestadium van het dier. Door het grote verschil tijdens de dracht en lactatie kan het verstrekken van een aangepast rantsoen voor beide stadia bijgevolg de nutriëntenuitstoot reduceren. In de literatuur werd een daling van de N-excretie met 24% geobserveerd door het invoegen van een verschillend voeder bij dracht en lactatie ten opzichte van wanneer zeugen eenzelfde rantsoen kregen over de volledige periode (Lenis, 1989). De uitstoot van P₂O₅ werd hierbij met 20% gereduceerd (Everts and Dekker, 1994). **Het gebruik van een afzonderlijk voeder tijdens de dracht en lactatie is momenteel een standaardpraktijk op de meeste Vlaamse varkensbedrijven.** Interessant is verder dat de RE-behoefte in het begin van de dracht lager ligt dan op het einde (Dourmad and Étienne, 2002). Ten opzichte van een éénfasevoederstrategie tijdens de dracht, resulteerde een driefasenvoederstrategie tijdens de dracht in een reductie van 9% in N-excretie, zonder daarbij de prestaties van de zeug of de biggen te verstoren (Clowes *et al.*, 2003). Momenteel wordt op de meeste varkensbedrijven in Vlaanderen een éénfasevoederstrategie tijdens de dracht toegepast. **Het invoegen van een tweede fase tijdens de dracht kan mogelijks een interessante maatregel zijn om bij fokzeugen de nutriëntenuitstoot verder te verlagen (V9).** Deze maatregel zal echter opnieuw een extra investering in de infrastructuur van het bedrijf vereisen. Bovendien bestaat de kans dat door het invoeren van twee fasen er net hoger zal geformuleerd worden tijdens de laatste fase, waardoor geen verschil in N-excretie zal bekomen worden.

4.2.4.2 **Geslacht**

De voederopname van varkens varieert naargelang het geslacht. Aangezien baren meer voeder opnemen dan gelten, krijgen deze dieren best een rantsoen met een verlaagd N- en P-gehalte. Door baren apart te huisvesten en een aangepast voeder te verstrekken, wordt overmatig voederen dus vermeden. Zowel milieukundig als economisch kent dit bijgevolg grote voordelen. **Echter, omwille van praktische en arbeidsgerelateerde redenen wordt het gescheiden afmesten van baren en gelten niet overal toegepast in Vlaanderen. Een verandering hierin kan een interessante maatregel zijn om de N- en P₂O₅-excretie op Vlaamse varkensbedrijven te verlagen (V10).** De reductie in N-excretie

wordt hierbij geschat op maximaal 5%, op basis van een situatie waarin geen gescheiden afmest wordt toegepast. Omwille van dierenwelzijn staat bovendien het chirurgisch castreren van mannelijke biggen de laatste jaren onder grote maatschappelijke druk. De Europese Unie wil chirurgische castratie dan ook verbieden in 2018. Het afmesten van beren of immunocastraten behoort tot de belangrijkste alternatieven. Binnen het project 'Bepaling van het bedrijfseconomisch optimale slachtgewicht van vleesvarkens' op het ILVO werd het effect van geslacht op de uitstoot van nutriënten onderzocht. Hierbij werd het RE- en P-gehalte verlaagd in het rantsoen voor de baren tijdens de derde fase. Toch vertoonden baren, in vergelijking met gelten, immunocastraten en beren, de laagste N-efficiëntie, de hoogste N-excretie per varkensplaats per jaar en de hoogste P₂O₅-excretie per varkensplaats per jaar, wat verklaard kan worden door hun hogere voederopname (Van den Broeke *et al.*, 2017b). Voor een gemiddeld slachtgewicht van 113 kg, zou het afmesten van beren of immunocastraten in plaats van baren de N-excretie kunnen reduceren met respectievelijk 10% en 8%, en de P-excretie met respectievelijk 9% en 5%. Ook bij eenzelfde hoog-aminozuurdiët, aangepast aan de behoefte van de beren, werden hogere serum ureumconcentraties gemeten bij baren dan bij beren, wat wijst op een lagere N-efficiëntie (Van den Broeke *et al.*, 2016). **Door het afmesten van intacte beren of immunocastraten in plaats van baren kan dus een verminderde N-excretie verwacht worden (V11).** Het afmesten van immunocastraten zal wel een extra vaccinatiekost tot gevolg hebben. Anderzijds wordt er een lagere Meat Building Index (MBI) toegekend aan beren en immunocastraten waardoor het bruto saldo per varken hoger ligt en deze maatregel dus ook op economisch vlak interessant kan zijn (Leen, 2017). Echter dient de vermarktbaarheid van beren en immunocastraten eerst te verbeteren vooraleer deze maatregel van toepassing kan worden.

4.2.4.3 Betere voederconversie

Een krachtige strategie om de excretie van N en P₂O₅ te reduceren bij varkens is het streven naar een verbeterde voederconversie. Dieren die met hetzelfde voeder een betere voederconversie halen, zullen een betere N- en P-efficiëntie bereiken en dus een verlaagde nutriëntenuitstoot vertonen. Zo wordt een daling van de N- en P₂O₅-excretie met 10% voorspeld wanneer de voederconversie met 0,2 eenheden verbetert (Jongbloed, 2008). Maatregelen die bijvoorbeeld voedervermorsing tegengaan door het pelletteren van voeder (zie eerder) of door beter afgestelde voederbakken, resulteren in een betere voederconversie en dus in een verminderde belasting van het milieu. Ook de genetica en het slachtgewicht spelen een belangrijke rol. Door directe selectie voor dieren met een verhoogde efficiëntie, maar ook door selectie voor dieren met een kleinere variatie in voederopname en aanzet kan een betere efficiëntie bekomen worden. Minder variatie betekent immers dat meer dieren gevoederd kunnen worden volgens hun behoefte. Ook bij een stijgend lichaamsgewicht werd een toename van de N-excretie per kg lichaamsgewicht vastgesteld (Shirali *et al.*, 2012). Binnen het project 'Bepaling van het bedrijfseconomisch optimale slachtgewicht van vleesvarkens' op het ILVO werd het effect van slachtgewicht op de uitstoot van nutriënten verder onderzocht. Een toenemend slachtgewicht had inderdaad een stijging van de totale N-excretie per varkensplaats per jaar tot gevolg, terwijl er geen effect van het slachtgewicht op de totale P-excretie per varkensplaats per jaar werd vastgesteld (Van den Broeke *et al.*, 2017b). **Een lager slachtgewicht blijkt dus duurzamer te zijn in termen van N-uitstoot (V12).** De reductie in N-excretie wordt hierbij geschat op 7% per daling van 10 kg in slachtgewicht. In het project 'Naar een bedrijfseconomische en milieukundige win-win door efficiënter voedergebruik in de varkenshouderij' op het ILVO wordt momenteel onderzoek gevoerd naar de factoren die een verbetering van de voederconversie in de Vlaamse varkenshouderij kunnen bewerkstelligen. De resultaten uit deze studie kunnen interessant zijn om nieuwe maatregelen op te stellen, die de uitstoot van N en P₂O₅ door varkens in Vlaanderen verder kunnen reduceren.

4.2.5 Besluit

Op basis van de literatuurstudie en de bevraging van de stakeholders, kunnen we besluiten dat er voor varkens een beperkt aantal strategieën van toepassing zijn om de nutriëntenuitstoot verder te verlagen. Verschillende maatregelen kunnen reeds als praktijkrijp beschouwd worden. Voor zeugen inclusief biggen met een gewicht kleiner dan 7 kg is het verlagen van het RE-gehalte door de keuze aan voedermiddelen erg interessant. Voor vleesvarkens zijn het verstrekken van pelletvoeder en het toepassen van een vierfasenvoeding dan weer veelbelovende en praktijkrijpe maatregelen. Andere maatregelen zijn echter nog in volle ontwikkeling en zullen eventueel op korte of op lange termijn kunnen worden ingezet in de praktijk. Van zodra het optimale eiwitgehalte in zeugenvoeder beter gekend is, kan een tweefasenvoederstrategie tijdens de dracht een interessante maatregel worden. Een veelbelovende maatregel voor de toekomst bij vleesvarkens is een verdere daling in het RE-gehalte, wat mogelijk zal zijn, zodra nieuwe synthetische aminozuren commercieel ter beschikking komen. Door een daling in RE-gehalte te combineren met enerzijds fasevoeding tijdens de dracht bij zeugen en anderzijds het verstrekken van pelletvoeder of een vierfasenvoeding bij vleesvarkens, kan een sterke reductie in zowel N- als P₂O₅-excretie verwacht worden.



4.3 PLUIMVEE

Tabel 49: Maatregelen voor een reductie in N-excretie door de pluimveehouderij in Vlaanderen

	Omschrijving ¹	Reductie in excretie (%) ²	Status	Voederprijs	Infrastructuur	Arbeid	Dierprestaties	Neveneffect(en)
P 1	Verlagen van het RE-gehalte in het voeder (met 0,5%) voor slachtkuikens ¹	6	Enkel haalbaar zoals beschreven in P3	↑	=	=	=	Invloed op groei?
P 2	Verlagen van het RE-gehalte in het voeder (met 0,5%) voor leghennen ³	5		↑	=	=	=	Onvoldoende kennis minimale behoeften AZ → mogelijke invloed op bevedering
P 3	Verlagen van het RE-gehalte in het voeder (met 0,5%) door toevoeging van <u>extra</u> synthetische aminozuren (voor slachtkuikens en leghennen) en/of protease enzym (enkel voor slachtkuikens)	> 6		Ontwikkeling, praktischijkrijp op korte termijn	↑	=	=	= (mogelijks ↑)
P 4	Verstrekken van pelletvoeder in combinatie met volledige tarwe vs. meelvoeder (voor slachtkuikens)	*	Toegepast	↑ (mogelijks ↓ afhankelijk van prijs tarwe)	= (mogelijks ↑)	↑	= (mogelijks ↑)	Betere ontwikkeling van het maag-darmkanaal
P 5	Het gebruik van pro- en prebiotica, organische zuren		Toegepast	↑	=	=	= (mogelijks ↑)	Darmgezondheid ↑
P 6	Afzonderlijk afmesten van hennen en hanen van slachtkuikens	7	Ontwikkeling, praktischijkrijp in lange termijn	= (mogelijks ↓ voor hennen)	=/↑ (↑ in broeierij)	=/↑ (↑ in broeierij)	= (mogelijks ↑)	Seksen van eendagskuikens: sterfte ↑
P 7	Witte leggen hybriden i.p.v. bruine ⁴	7	Praktijkrijp	= (mogelijks ↓)	=	=	↑	Witte eieren aanvaardbaar door de Vlaamse consument? Witte hennen meer geschikt voor een langere legcyclus, met het behoud van goede schaalkwaliteit Witte hennen zijn opvliegender, stressvoller → borstbreuken Bevuiling meer detecteerbaar door witte schaalkleur → meer tweede keus eieren
P 8	Multi-fase voeding voor slachtkuikens	↓	Praktijkrijp	↑	= (mogelijks ↑)	↑	= (mogelijks ↑)	

¹Maatregelen op vlak van voedermiddelen, voederbehandeling, voederadditieven en voedermanagement zijn weergegeven. ↑, Stijging; ↓, Daling; =, Geen effect;

²Reductie is berekend ten opzichte van de berekende nutriëntenbalans.

³Door het verlagen van eiwitrijke grondstoffen en het verhogen van het aandeel synthetische aminozuren

*Verder onderzoek is vereist op het effect op excretie.

⁴Reductie in excretie tov een bruine leggen hybride.



Tabel 50: Maatregelen voor een reductie in P₂O₅-excretie door de pluimveehouderij in Vlaanderen

	Omschrijving ¹	Reductie in excretie (%) ²	Status	Voederprijs	Infrastructuur	Arbeid	Dierprestaties	Neveneffecten
P9	Verlagen van het P-gehalte in het voeder (met 0,05%) voor slachtkuikens	23	Enkel haalbaar in combinatie met P12	↓	=	=	=	Invloed op botontwikkeling, pootproblemen?
P10	Verlagen van het P-gehalte in het voeder (met 0,05%) voor leghennen	12		↓	=	=	=	Invloed op botsterkte, eikwaliteit?
P11	Verlagen van het P-gehalte in het voeder in fasen (met 0,05% per fase) voor leghennen	24-26 ³		↓	=	=	=	Invloed op botsterkte, eikwaliteit?
P12	Verlagen of verwijderen van het anorganisch fosfaat met het gebruik van super-dosering /hogere dosissen fytase	↓	Praktijkrijp	= (mogelijks ↓)	=	=	=	Betere mineralen en aminozuurbenutting Mogelijks reductie in N excretie
P4	Verstrekken van pelletvoeder in combinatie met hele tarwe vs. meelvoeder (voor slachtkuikens)	*	Toegepast	↑ (mogelijks ↓ afhankelijk van prijs tarwe)	= (mogelijks ↑)	=	= (mogelijks ↑)	
P13	Toediening van nieuwe fytasen ⁴	↓	Ontwikkeling praktijkrijp op korte termijn?	=	=	=	= (mogelijks ↑)	Betere mineralen en aminozuurbenutting
P5	Het gebruik van pro – en prebiotica, organische zuren		Toegepast	↑	=	=	= (mogelijks ↑)	Darmgezondheid ↑
P14	Het gebruik van vitamine D ₃ metabolieten		Toegepast	↑	=	=	= (mogelijks ↑)	
P6	Afzonderlijk afmesten van hennen en hanen van slachtkuikens	6	Ontwikkeling praktijkrijp op lange termijn	= (mogelijks ↓ voor hennen)	= (↑ in broeierij)	= (↑ in broeierij)	= (mogelijks ↑)	Seksen van eendagskuikens: sterfte ↑; <i>In ovo</i> seksen in ontwikkeling
P7	Witte leghen hybriden opzetten i.p.v. bruine ⁵	5	Praktijkrijp	=	=	=	↑	Witte eieren aanvaardbaar door de Vlaamse consument? Witte hennen meer geschikt voor een langere legcyclus, met het behoud van goede schaalkwaliteit Witte hennen zijn opvliegender, stressvoller → borstbreuken Bevuiling meer zichtbaar door witte schaalkleur → meer tweede keus eieren
P8	Multi-fase voeding voor slachtkuikens	↓	Praktijkrijp	↑	= (mogelijks ↑)	↑	= (mogelijks ↑)	

¹Maatregelen op vlak van voedermiddelen, voederbehandeling, voederadditieven en voedermanagement zijn weergegeven. ↑, Stijging; ↓, Daling; =, Geen effect

³Berekend ten opzichte van de berekende nutriëntenbalans.

⁴Respectievelijk bij bruine en witte leghennen. Waarmee >70-75% van fytat-P afgebroken kan worden.

⁵Reductie in excretie t.o.v. een bruine leghen hybride.



Er werden publicaties vanaf 2000 geraadpleegd om verschillende voedermaatregelen en strategieën te vinden om N- en P₂O₅-excretie bij pluimvee te reduceren zonder de productiviteit van de dieren in het gedrang te brengen. Algemeen zijn deze voedermaatregelen gericht op (1) voedermiddelen, (2) voederbehandelingen, (3) voederadditieven of (4) voedermanagement (Tabel 49-50).

4.3.1 Voedermiddelen

4.3.1.1 Gehaltes

Het verlagen van het RE-gehalte (P1-3) en het P-gehalte (P9-11) van het voeder kan een mogelijke maatregel zijn om de N- en P₂O₅-excretie bij zowel slachtkuikens als leghennen te reduceren. Deze verlaging mag echter de prestaties van de dieren niet in gedrang brengen. De behoeftenormen voor RE en P werden onder 2.3.5 bediscussieerd en vergeleken met de gehalten in de referentiesituatie.

Aangezien het RE-gehalte in de praktijk overeenstemt met de behoeftenormen, zowel bij slachtkuikens als leghennen, is een verlaging van het RE gehalte geen eenvoudige stap. Het RE-gehalte van het voeder kan verlaagd worden door het aandeel van eiwitrijke grondstoffen, o.a. sojaschroot in het voeder te verlagen. Men dient hierbij echter ervoor te zorgen dat aan **de behoefte van de eerst limiterende aminozuren voldaan wordt.**

Bij pluimvee, in tegenstelling tot bij de varkens, is een verlaging van het RE-gehalte met 1% niet mogelijk, omdat niet aan de behoefte van bepaalde aminozuren (zowel essentiële als niet-essentiële) voldaan kan worden. Als bij slachtkuikens het RE-gehalte met 0,5% in elke productiefase verlaagd kan worden, zou de N-excretie met 6% kunnen dalen (P1). Bij leghennen zou een daling van het RE-gehalte met 0,5% resulteren in een daling van de N-excretie met 5% (P2). Door de verlaging van het aandeel eiwitrijke grondstoffen in het voeder wordt echter niet voldaan aan de behoefte van bepaalde (essentiële) aminozuren. Dus **deze maatregel (P1, P2) is enkel haalbaar indien deze gecombineerd wordt met het verhogen van het aandeel van synthetische aminozuren in het voeder en/of met het gebruik van een protease enzym (P3).** Meer informatie over synthetische aminozuren en het protease enzym is te vinden in respectievelijk 3.3.1.3 en 3.3.3.1.

Het totaal P-gehalte kan verlaagd worden door het verlagen van anorganische fosforbronnen, o.a. mono-calciumfosfaat in het voeder gecombineerd met het toevoegen van een hogere dosis fytase enzym (P12). Voor meer informatie hieromtrent zie sectie 1.1.3.1. Ook al wordt het totaal P-gehalte verlaagd, toch moet de behoefte van de dieren aan opneembaar P (oP) steeds gedekt worden. Anorganisch fosfaat biedt direct opneembare P aan pluimvee, terwijl plantaardige P niet direct beschikbaar is, omdat pluimvee, zoals varkens, niet over (voldoende) fytase enzym beschikt om dit efficiënt te kunnen benutten (Cowieson et al., 2016). Daarom wordt dit enzym bij pluimvee, zoals bij varkens, reeds standaard in de praktijk toegepast. **Mogelijke maatregelen om de P₂O₅-excretie te reduceren zijn dus de dosering van fytase verhogen (P12) en nieuwe fytasen ontwikkelen, die meer fytaat P van de plantaardige grondstoffen kunnen afbreken (P13).** (Zie ook sectie 1.1.3.1)

Bij slachtkuikens is een verlaging van het P-gehalte in het voeder (P9) geen eenvoudige stap. Indien P in lage hoeveelheid gevoederd wordt, dan resulteert dit mogelijks in pootproblemen en verhoogde uitval. (Zie ook 3.3.1.2 Ca:P verhouding). Alhoewel pluimvee-nutritionisten streven naar een minimaal P-gehalte in het voeder, zijn de risico's op diergezondheidsproblemen groot als niet voldaan wordt aan de P-behoefte. Daarom reduceert men P niet graag tot de minimale concentratie.

Bij leghennen concludeerden Ahmadi and Rodehutscord (2012) op basis van een meta-analyse dat bij toevoeging van 150, 300 of 400 fytase eenheden (FTU) (van hetzelfde fytase), het niet-fytaal-gehalte (nPP) respectievelijk tot 1,8, 1,5 en 1,4 g/kg verlaagd kan worden. In vergelijking met de aanbevelingen van NRC (1994) is dit een reductie van 0,95-1,1 g/kg. Deze auteurs vermeldden ook dat zonder fytase een nPP-gehalte van 2,2 g/kg vereist is voor het bekomen van een hoge eimassa, eiproductie en hoge voederconversie. Dit nPP-gehalte is 0,3-0,5 g/kg lager in vergelijking met de door de NRC aanbevolen nPP-behoefte. Deze studie toont dus aan dat een beperkte reductie van het nPP-gehalte in leghennenvoeders mogelijk is, maar met fytase kan er een hogere reductie toegepast worden.

//

Het verlagen van het totaal P-gehalte in pluimveevoeders is enkel haalbaar, indien men het opneembare P-gehalte behoudt (volgens de behoeften) door meer fytase te gebruiken (zie 1.1.3.1). Een verlaging van 0,5 g P/kg zou bij slachtkuikens tot 23% reductie en bij leghennen tot 12% reductie in P₂O₅-excretie kunnen leiden. De economische gevolgen van het gebruik van fytase-enzymen worden in 3.3.3.1 toegelicht.

4.3.1.2 **Ca:P verhouding**

Een belangrijk aandachtspunt bij het verlagen van het P-gehalte is de verhouding van Ca:P in het voeder. Bij slachtkuikens spelen deze twee elementen en hun verhouding een belangrijke rol in de botontwikkeling en groei. Delezie et al. (2012, 2015) toonden aan dat bij het verlagen van het oP, de prestaties van slachtkuikens enkel behouden worden, als het Ca-gehalte ook verlaagd wordt. De aanbevolen Ca:oP verhouding voor slachtkuikens is 2,2 (CVB, 2016). Bij leghennen speelt P, net als Ca, een belangrijke rol in de dagelijkse eischaalvorming, structurele en medullaire botmineralisatie, maar kennis omtrent de optimale Ca:P verhouding ontbreekt. Er is dus verder onderzoek vereist.

4.3.1.3 **Synthetische aminozuren**

In de praktijk worden reeds synthetische aminozuren gebruikt, zoals methionine, lysine, threonine, tryptofaan en valine om de eiwitbenutting te verbeteren en beter te voldoen aan de aminozuurbehoeften van de dieren. Andere limiterende aminozuren, zoals isoleucine, zijn ook reeds geregistreerd, maar worden voorlopig niet standaard bij pluimvee gebruikt. Daarnaast is de registratieprocedure van arginine, een heel belangrijk aminozuur voor groei bij slachtkuikens, nog lopende.

Om de N-excretie te reduceren moet **het verlagen van het RE-gehalte gecombineerd worden met het verhogen van de synthetische aminozuren** in het voeder. Deze zijn de duurste grondstoffen van een pluimveevoeder: de kostprijs kan naargelang van het type aminozuur variëren tussen 1.300 en 5.800 €/ton (o.b.v. prijzen in december 2017). Ingeval het aandeel sojaschroot verlaagd wordt, resulteert de verhoging van het aandeel synthetische aminozuren direct in een verhoging van de voederkost. Dit kan wel resulteren in betere prestaties en een verlaagde N-excretie (Blair et al., 1999; Meluzzi et al., 2001; Keshavarz and Austic, 2004; Corzo et al., 2005; Belloir et al., 2017).

Een verlaging van 0,5% in RE-gehalte gecombineerd met het verhogen van synthetische aminozuren is een voedermaatregel die op korte termijn praktijkrijp is (P3). Voor een verlaging van het RE-gehalte met meer dan 0,5% (gecombineerd met het verhogen van het aandeel synthetische aminozuren) is de pluimveesector in 2018 nog niet klaar omdat (1) de behoefte van bepaalde aminozuren (bv. arginine, isoleucine) in het gedrang komt/niet voldaan kan worden; (2) er momenteel een beperkt aantal aminozuren commercieel beschikbaar zijn; (3) de behoefte voor bepaalde aminozuren nog niet gekend is (bv. voor bevedering bij leghennen). We kunnen concluderen dat er verder **onderzoek vereist is voordat het RE-gehalte met meer dan 0,5% verlaagd kan worden om N-excretie te verminderen**, zowel op het vlak van productontwikkeling als op het vlak van dierenvoeding.

4.3.2 **Voederbehandeling**

4.3.2.1 **Pelleteren**

Het pelleteren van het voeder is enkel van toepassing bij slachtkuikens, gezien er bij leghennen eerder een structuurrijk meelvoeder verstrekt wordt. Enkel pellets worden bij slachtkuikens niet gebruikt, omdat de aanwezigheid van fijngemalen grondstoffen in pellets voor een hogere passagesnelheid zorgt, waardoor het maag-darm kanaal niet optimaal kan ontwikkelen en zo de verteerbaarheid van de nutriënten vermindert. Het verstrekken van volledige tarwe, door de grove structuur, gemengd met pellets zorgt daarentegen voor een betere darmgezondheid en nutriëntenbenutting (Svihus, 2014). Op ca. 90% van de Vlaamse slachtkuikenbedrijven combineert men reeds pellets en volledige tarwe (P4). Het pelleteren is 7€/ton duurder (obv. prijs in 2017) in vergelijking met een meelvoeder, maar volgens het stakeholdersoverleg worden er ook betere prestaties bereikt (hogere groei, betere voederconversie en een hoger slachtgewicht). Er moet echter wel opgemerkt worden dat de samenstelling van volledige tarwe kan variëren waardoor kuikens mogelijks minder of meer van

bepaalde nutriënten opnemen. Als men dezelfde pellets (22,5% RE) met verschillende partijen tarwe (met RE-gehalte tussen bv. 9,0 en 11,5%) mengt, kan het RE-gehalte van het volledig voeder met 1% verschillen. Dus de samenstelling van de pellets moet altijd goed afgestemd worden op de kwaliteit van de bijgemengde tarwe.

Er werd tot op heden echter weinig onderzoek uitgevoerd naar het effect van de combinatie tarwe-pellets op N- en P₂O₅-excretie, zodat verder onderzoek aangewezen is. Het vergelijken van een structuurrijk meel met de combinatie van pellets en volledige tarwe zou een mogelijke proefopzet kunnen zijn (Svihus, 2017). Indien men met het structuurrijke meel gelijkaardige prestaties bekomt, zou de kost van het pelleteren bespaard kunnen worden.

4.3.3 Voederadditieven

4.3.3.1 Enzymen

Het gebruik van enzymen, zoals NSP-enzymen (o.a. xylanase, beta-glucanase), protease of fytase, als voederadditief kan de benutting van RE en P verbeteren en leiden tot een betere voederefficiëntie en mogelijks ook tot een lagere excretie van N en P₂O₅ (Zhang et al., 2000; Lu et al., 2013; Munyaka et al., 2016).

Protease werd ontwikkeld om de RE-verteerbaarheid te verbeteren en wordt reeds toegepast bij slachtkuikens. Voor leghennen is dit nog niet geregistreerd als voederadditief (in 2018). Bij slachtkuikens werd aangetoond dat protease in combinatie met een verlaagd RE-gehalte in het voeder kan resulteren in een verlaagde N-excretie en betere verteerbaarheid (Aureli et al. 2010; Rokade et al., 2014). Indien men het RE-gehalte met 0,5% in alle productiefasen bij slachtkuikens zou reduceren in combinatie met protease, dan kan dit resulteren in ruim 6% reductie in N-excretie (P3). De voederprijs door het gebruik van het enzym zou mogelijks stijgen met een meerkost van 3€/ton (obv. prijs in december 2017), maar de dierprestaties zouden mogelijks ook verbeteren, waardoor de totale kost gelijk blijft of eventueel zou dalen. In Vlaanderen is dit concept echter nog in ontwikkeling en hiervoor is er verder onderzoek vereist. **Momenteel is deze maatregel nog niet toepasbaar om de N-excretie bij pluimvee te verminderen (P3).**

Het fytase-enzym wordt zoals bij varkens standaard in pluimveevoeders toegevoegd. Meerdere studies hebben aangetoond dat de P₂O₅-excretie verlaagd kan worden door het gebruik van fytase in het voeder van slachtkuikens (Zhang et al., 2000; Shirley and Edwards, 2003; Farhadi et al., 2017) en van leghennen (Boling et al., 2000; Keshavarz, 2000; Francesch et al., 2005; Ahmadi and Rodehutsord, 2012). **Het verlagen van het P-gehalte (P9-10) gecombineerd met het gebruik van hogere dosissen of nieuwe fytasen zijn mogelijke maatregelen om de P₂O₅-excretie bij pluimvee te reduceren** (Cowieson et al., 2011). **Super-dosering (hogere dosissen) is een praktijkrijpe maatregel (P12), terwijl de productie van efficiëntere fytase nog in ontwikkeling is (P13).** Door hogere dosissen fytase aan het voeder toe te voegen, zou het aandeel van de anorganische fosfaatbron verder verlaagd kunnen worden. Deze maatregel zou dus ofwel geen verandering of voor een verlaging van de voederprijs kunnen zorgen (afhankelijk van de toegevoegde dosis van fytase en de prijs van anorganisch fosfaat).

4.3.3.2 Pro en prebiotica

Meerdere studies hebben aangetoond dat pro- en prebiotica de darmgezondheid van de dieren kunnen bevorderen en de verteerbaarheid van nutriënten kunnen verbeteren (Kim and Patterson, 2004; Ashayerizadeh et al., 2011; Alagawany et al., 2016; Wealleans et al., 2017). Maar het effect van deze additieven varieert en hangt af van de gezondheidsstatus van de dieren. Bij zieke dieren zullen deze producten beter helpen dan bij gezonde. Deze producten worden reeds aan slachtkuiken- en leghennenvoeders in de praktijk toegevoegd zodat **geen verdere daling in N- en P₂O₅-excretie zal bereikt worden met het toevoegen van deze additieven aan het voeder (P5).**

4.3.3.3 Organische zuren

Een belangrijke rol van organische zuren is het remmen van darmbacteriën, die met de gastheer voor beschikbare voedingsstoffen concurreren. Daarnaast kunnen organische zuren mogelijke toxische bacteriële metabolieten verminderen en de verteerbaarheid van nutriënten verbeteren waardoor de

prestaties ook verhoogd kunnen worden (Qaisrani et al., 2015; Khan and Iqbal, 2016; Kazempour and Jahanian, 2017). Er werd ook aangetoond dat de zuren voor een verlaging van de pH zorgen, waardoor de pepsine-activiteit verhoogd wordt met als gevolg een verbeterde eiwit- en aminozuur-verteerbaarheid (Afsharmanesh and Porreza, 2005; Samanta et al. 2010). In een uitgebreide review rapporteerden Khan and Iqbal (2016) recente onderzoeken naar de effecten van organische zuren op de antimicrobiële activiteit, de verteerbaarheid, de immuniteit en de dierprestaties bij slachtkuikens en leghennen. **Er zijn echter geen studies die de verlaging van excreties aantonen**, maar anderzijds zou de hogere verteerbaarheid theoretisch wel voor lagere excreties kunnen zorgen. Die link moet dus nog onderzocht worden. In de pluimveesector in Vlaanderen worden organische zuren, voornamelijk boterzuur reeds standaard gebruikt, maar eerder om de darmgezondheid te ondersteunen, zodat **dit voederadditief geen mogelijkheid biedt om de N- en P₂O₅-excreties verder te reduceren (P5)**.

4.3.3.4 **Vitamine D₃**

Vitamine D₃-metabolieten, zoals 25-(OH)₂-D₃ of 1,25-(OH)₂-D₃, kunnen ook voor een betere P-benutting zorgen en hebben samen met het fytase-enzym vaak een synergistisch effect (Mitchell and Edwards, 1996; Snow et al., 2004). 25-(OH)₂-D₃ wordt reeds in de meeste pluimveevoeders gebruikt, meestal in een combinatie met het conventionele vitamine D₃ (dikwijls in een verhouding 50:50). **Een verdere verlaging van de P₂O₅-excretie kan dus niet bereikt worden via deze maatregel (P14)**.

De hormonale vorm van vitamine D₃, 1,25-(OH)₂-D₃ is niet beschikbaar als voederadditief in Europa, en **kan dus niet toegepast worden in Vlaanderen om de P₂O₅-excretie te reduceren**.

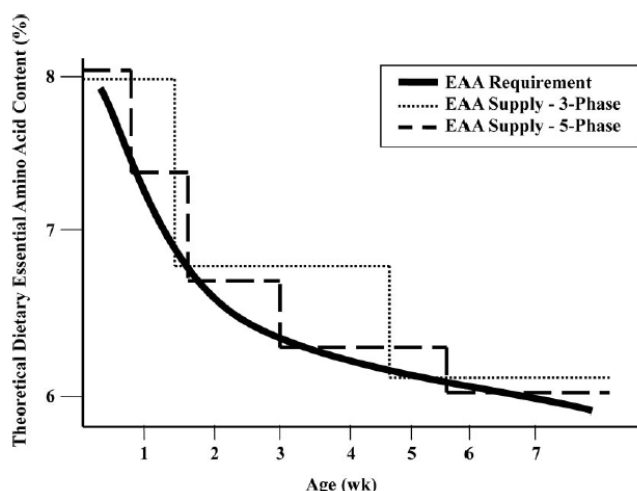
4.3.4 **Voedermanagement**

4.3.4.1 **Fasevoeding**

Fasevoeding wordt reeds toegepast in de pluimveehouderij. Deze voederstrategie zorgt ervoor dat tijdens de opeenvolgende productiefasen de nutriënten (o.a. RE, aminozuren en P) op basis van de behoeften (voor groei of eiproductie) van de dieren aangeboden worden.

Bij slachtkuikens worden meestal 4 opeenvolgende fasen onderscheiden, namelijk een starter (0-10 d), twee groeiers (11-20 d en 21-35 d) en een finisher periode (36-42 d). In de literatuur zijn er studies met slachtkuikens waarbij de voedersamenstelling om de 2 à 3 dagen aangepast wordt in een **multifasevoedersysteem (P8)** (Pope et al., 2004; Gutierrez et al., 2008). Er worden 2 voeders geformuleerd: een RE- en aminozuurrijk voeder en een energierijk voeder met lager RE- en aminozuurgehalte. Het aandeel van het RE-rijk voeder neemt af, terwijl het aandeel van het energierijk voeder tijdens de productieronde toeneemt. Hoewel de voedersamenstelling in dit systeem beter voldoet aan de behoefte van de kuikens (Figuur 1), leidde dit systeem niet direct tot minder N- of P₂O₅-excretie (Gutierrez et al., 2008). Deze auteurs konden ook niet aantonen dat de prestaties van de kuikens verbeterden, maar de voederconversie was wel verlaagd van 2,02 naar 1,98 (niet significant). In een studie van Pope et al. (2004) met een gelijkaardig multifasevoedersysteem werd er een lagere N-opname gevonden bij slachtkuikens. De N-excretie was enkel in de periode 43-63 d significant verlaagd met 8,6% en in het volledige traject van 21-63 d was er een niet significante verlaging van 4%. Om deze voederstrategie in de praktijk te kunnen toepassen is er een aangepaste infrastructuur op het bedrijf nodig, namelijk een voerinstallatie, die dagelijks de voeders volgens de ingestelde verhoudingen kan afwegen en mengen. Daarnaast zijn er minstens 2 silo's nodig voor de 2 voeders (nutriënt-rijk en verdund voeder). Op de meeste Vlaamse slachtkuikenbedrijven is deze infrastructuur reeds aanwezig, omdat men volledige tarwe met pellets mengt. Er moet wel opgemerkt worden dat het opvolgen van een multifasensysteem meer aandacht vraagt en arbeidsintensiever is in vergelijking met een 4-fasevoedersysteem. Daarnaast kan dit systeem enkel met een meelvoeder toegepast worden, en indien men nog volledige tarwe wil bijmengen, is er een verdere aanpassing van de infrastructuur vereist (extra silo).





Figuur 1. Verschil tussen het aanbod van AZ in verschillende fasevoedersystemen en de behoefte (Gutierrez et al. 2008) EAA= Essentiele aminozuren

De resultaten van wetenschappelijke studies met een multifasensysteem zijn desondanks niet éénduidig en de reductie in N- of P₂O₅-excretie, die bereikt kan worden, is beperkt.

Bij leghennen wordt er meestal een pre-leg, start, topproductie fase en een eindeproductie fase toegepast. Hierbij wordt het RE-gehalte telkens verlaagd in elke fase, omdat de eimassa ook afneemt naarmate de hennen ouder worden. Nutritionisten streven naar een **stapsgewijze verlaging van het P-gehalte**, maar deze strategie is in de praktijk niet eenvoudig. Indien het P-gehalte in het voeder in stappen verlaagd zou kunnen worden van 5,0 tot 3,5 g/kg, met 0,5 g/kg reductie in de opeenvolgende productiefasen, dan zou de P₂O₅-excretie respectievelijk met 24% en 26% bij de bruine en witte leghennen kunnen dalen (P11). **Deze maatregel is momenteel niet toepasbaar**, omdat met een P-gehalte van 3,5 g/kg men een aantal fosforrijke grondstoffen (bv. tarwebijproducten, bijproducten van eiwitrijke schroten) niet meer kan gebruiken in de voederformule en voor een optimale darmwerking zijn een aantal van deze bijproducten aangewezen. Daarnaast zouden een aantal P-arme grondstoffen in het voeder opgenomen moeten worden, die normaal niet aangewezen zijn voor leghennen. Dit zou niet alleen tot een verhoging van de voederprijs leiden, maar ook tot een nutritioneel onevenwichtig voeder. **Dus een laag P-gehalte (3,5 g/kg) in leghennenvoeders is in de praktijk voorlopig niet haalbaar.**

4.3.4.2 Geslachtsbepaling van ééndagskuikens en gescheiden afmesten

Het afzonderlijk afmesten van hennen en hanen van slachtkuikens omwille van hun verschil in voederefficiëntie (voornamelijk in de groeier en finisher periode) lijkt een mogelijke strategie te zijn waarmee de N- en P₂O₅-excretie kan verminderen. Op het ILVO werd er in 2009 een studie uitgevoerd waarbij de hanen en hennen gescheiden afgemest werden (Delezie en Maertens, 2009). Naast het effect van geslacht, werd ook het effect van slachtleeftijd (d35 of d40) onderzocht. In de finisher periode (25-35 d of 25-40 d) steeg de voederconversie met 14%, als de vleeskuikens geslacht werden op d40, maar deze toename werd vooral waargenomen bij de hennen. Reeds vroeger uitgevoerde experimenten toonden aan dat het verschil in VC tussen beide geslachten meer dan 5% bedraagt tijdens de laatste afmestweek ten voordele van de hanen. Dit betekent dat hennen vanaf d35 duidelijk hogere productiekosten (per kg) hebben dan de hanen. Daarnaast suggereert men een hogere voederconversie en een hogere excretie omdat hennen de opgenomen nutriënten, vooral in de finisher fase, minder efficiënt kunnen gebruiken. Dit werd berekend op basis van productieparameters vermeld in handleidingen opgesteld door selectiebedrijven (Aviagen, Ross 308). Op basis van deze cijfers bereikt een haan tot dag 42 een gewicht van 3,0 kg, terwijl een hen maar 2,6 kg weegt. Daarnaast is de voederconversie van een haan 2,14% beter (=lager) in vergelijking met een hen. Om een gewicht van 2,0 kg te bereiken heeft een haan 32 dagen nodig, terwijl een hen er nog 3 extra dagen voor nodig heeft. Het is dus belangrijk om de geslachten op hetzelfde slachtgewicht te vergelijken en niet op basis

van de duur van de ronde (42 d). Hennen hebben respectievelijk een 2,8% en 1,0% hogere N- en P₂O₅-excretie per jaar in vergelijking met hanen, tot dat ze een slachtgewicht van 2,7 kg bereiken (39 dagen voor hanen en 44 dagen voor hennen). Indien een bedrijf 20% hennen en 80% hanen zou opzetten en de hennen op een gewicht van 2 kg al op dag 36 uitgeladen zouden kunnen worden, gevolgd door de hanen op dag 39 met een eindgewicht van 2,7 kg, zou de N- en P₂O₅-uitscheiding respectievelijk met 7,1% en 6,2% kunnen dalen ten opzichte van de huidige situatie, waarbij er dus geen onderscheid gemaakt wordt tussen de geslachten. Echter voor deze strategie is dus – voorlopig – het cloaca seksen noodzakelijk en is er ook een extra investering vereist op het bedrijf om de twee groepen apart te kunnen houden binnen de stal. Indien de pluimveehouder over meerdere stallen beschikt, kunnen hennen en hanen in aparte stallen opgezet worden. Het cloaca seksen van ééndagskuikens is een ingreep die de leefbaarheid van de kuikens negatief beïnvloedt, en zwakkere kuikens en hogere sterfte kan veroorzaken, waardoor **de strategie van gescheiden afmesten (P6) in de praktijk nog niet toepasbaar is**. Er wordt veel onderzoek verricht op *in ovo* geslachtsbepaling van pluimvee, waarmee dus het cloaca seksen niet nodig zou zijn, maar voorlopig is deze techniek nog in ontwikkeling.

4.3.4.3 Bruine leghen hybriden vervangen door witte hybriden

Voor de balansberekeningen bij leghennen is er een onderscheid gemaakt tussen witte en bruine hybriden omwille van verschillen in hun prestaties (voederopname, eimassa, duur legcyclus). Indien men ervoor zou kiezen om witte leghennen op te zetten in plaats van bruine, zou dit ook resulteren in lagere excreties, zoals vermeld in 3.3. De N-excretie bij een witte hen is 7,8% lager en de P₂O₅ excretie is 5,4% lager in vergelijking met een bruine. Witte hennen zijn ook meer geschikt voor een langere legcyclus met het behoud van een goede schaalkwaliteit (Molnár, 2017). Een witte hen is echter opvliegender, stressvoller in vergelijking met een bruine, wat eventueel in meer borstbreuken kan resulteren. Bevuiling op witte eieren is ook meer detecteerbaar door de lichte schaalkleur dan op bruine eieren, waardoor het percentage van tweede keus eieren mogelijks hoger kan zijn.

Aan de Vlaamse consument worden in de supermarkt vooral bruinschalige tafeleieren aangeboden. Deze zijn afkomstig van alternatieve huisvestingssystemen en de meeste van deze bedrijven houden bruine leghennen. De voorkeur van consumenten voor schaalkleur varieert in verschillende landen op basis van tradities en percepties. In het VK, Italië, Portugal, Ierland en ook in België gaat de voorkeur uit naar bruine eieren (Arthur and O'sullivan, 2005). Algemeen heeft men in deze landen de perceptie dat dat bruinschalige eieren gezonder zouden zijn dan witte eieren (Stadelman and Cotterill, 1977; Scott and Silversides, 2000). Voordat dus deze maatregel in de praktijk toegepast kan worden, is er verder (markt)onderzoek vereist om na te gaan of witte tafeleieren aanvaardbaar zijn door de Vlaamse consument. Daarnaast is er mogelijks een (betere) verspreiding van informatie vereist, eventueel in/via supermarkten, in verband met de nutritionele waarden van eieren en factoren, die deze kunnen beïnvloeden. Deze maatregel (P7) zou naast de excretiereductie ook betere prestaties met zich mee kunnen brengen, door het feit dat witte hennen meer eieren op een efficiëntere manier produceren. Omdat deze hybriden ook langer aangehouden kunnen worden, zou mogelijks de leghennenstapel in Vlaanderen gereduceerd kunnen worden.

4.3.5 Besluit

Op basis van de literatuurstudie en bevraging van stakeholders kunnen we besluiten dat er **bij pluimvee 5 maatregelen voor de reductie van de N-excretie en 6 maatregelen voor de reductie van P₂O₅-excretie in aanmerking komen**.

Mogelijke reductiemaatregelen op het vlak van **voedermiddelen** zijn het verlagen van RE-gehalte (met max. 0,5%) in combinatie met het verhogen van het aandeel synthetische aminozuren en het toevoegen van nieuwe aminozuren. Het protease enzym, als **voederadditief** kan met deze maatregel in de toekomst, na verder onderzoek, gecombineerd worden. Het verlagen van het P-gehalte is ook mogelijk, mits dit gecombineerd wordt met het gebruik van hogere dosissen fytase of nieuwe fytasen, die nog in ontwikkeling zijn. Daarbij is het belangrijk om het Ca-gehalte, vooral bij slachtkuikens, ook aan te passen, als het P-gehalte verlaagd wordt.

Er zijn geen haalbare maatregelen gericht op **voederbehandelingen**, maar verder onderzoek is aangewezen op het vlak van voedervorm en partikelgrootte bij slachtkuikens. Mogelijke reductiemaatregelen op het vlak van **voedermanagement** zijn multifasenvoeding en gescheiden afmesten bij slachtkuikens en dit om zowel de N- als de P₂O₅-excretie te reduceren, het stapsgewijze verlagen van het P-gehalte bij leghennen (enkel in combinatie met hogere dosissen of nieuwe fytafen) en het vervangen van bruine leghenhybriden door witte om zowel de N- als de P₂O₅-excretie te reduceren.

Deze maatregelen kunnen apart of samen toegepast worden en zorgen voor een minimale of maximale reductie in N- en P₂O₅-uitscheiding. De minimale procentuele reductie, die bereikt kan worden, werd per maatregel berekend ten opzichte van de referentiesituatie, maar een maximale reductie is moeilijk in te schatten. Zowel bij slachtkuikens als bij leghennen zullen de meeste van deze maatregelen enkel tegen een kostprijsverhoging gerealiseerd kunnen worden. Vaak zal niet enkel de voederprijs stijgen, maar ook meer arbeid en investeringen in infrastructuur en nieuwe technologieën (bv. *in ovo* geslachtsbepaling) zullen vereist zijn.

4.4 ECONOMISCHE NABESCHOUWING

4.4.1 Ecologisch-economische effecten

Verdere optimalisatie in de marge levert geringe milieuwinst en bedrijfseconomische winst en verhoogt de onzekerheid rond de gewenste resultaten. Wegens het systemisch karakter van voedermaatregelen zal een verandering binnen één proces meestal een verschuiving van het probleem (of aandacht) veroorzaken. De maatregel “verlagen van het RE-gehalte van voordroogkuil gras” voor rundvee illustreert dit mooi. Dit systemisch karakter zit overal en begint eigenlijk reeds bij het feit dat N en P gezamenlijk en niet apart aangedragen worden. Procesmatig kan bepaald worden wat de impact van x% daling van RE, daarnaast die van P is, maar of hun gezamenlijke bijdrage synergistisch dan wel compenserend gaat werken, hangt af van welke voedermiddelen of grondstoffen in beeld komen om het rantsoen op te stellen.

Scherper op de snee van het mes optimaliseren betekent ook dat er meer kans ontstaat op ongunstige situaties. In het bijzonder bij runderen, waar inhouden van het basisrantsoen moeilijk accuraat in te schatten zijn en de voederbehoefte sterk kunnen variëren tussen dieren, kan het riskant zijn om de veiligheidsmarge in het rantsoen sterk af te bouwen. Gemiddeld kan een bepaalde verscherpte maatregel misschien wel tot een (meestal onbeduidend) ecologisch resultaat leiden, maar de kans vergroot dat de productieresultaten gedrukt worden en dan zijn de bedrijfseconomische gevolgen meer impactvol. Grotere onzekerheden staan namelijk gelijk aan een grotere kost.

Waar we voor de formulering van voeder de indruk krijgen (en dit is ook tijdens stakeholdermeeting naar boven gekomen), dat we aan de grenzen van de economisch-ecologische optimalisering zitten, komt een nieuw element van keuze meer en meer opduiken, namelijk het gebruik van bijproducten in het voeder/rantsoen. Dit wordt een realiteit, die mits een goede marktorganisatie tot goedkoper voeder zal leiden en ander “geoptimaliseerd” voeder en rantsoen uit de markt kan prijzen. Dus, niet slecht om reeds pro-actief rekening te houden met deze potentieel goedkopere (en maatschappelijk meer aanvaardbare) voedermiddelen, die ongetwijfeld tot meer excretie gaan leiden.

4.4.2 Systeemsprongen verkennen

Empirisch onderzoek laat echter uitschijnen dat er zowel bij koeien als bij varkens heel wat economische-ecologische winsten te behalen zijn. Bedrijven verschillen sterk van elkaar in technische prestaties, die worden gehaald, en bijgevolg ook in economische en ecologische prestaties. Sommige bedrijven realiseren met dezelfde inputs veel meer output. Een verbetering van de technische prestaties resulteert meestal in een economisch-ecologische win-win. Van Huysveld et al. (2017) en Van Meensel et al. (2010) analyseerden op basis van de variatie in productiviteit die zowel bij melkvee- als varkensbedrijven wordt waargenomen (o.a. Coulier (2010) en Vrints and Deuninck (2014 en 2015)) elk een sample van meer dan 100 bedrijven, die met elkaar werden vergeleken. De studies geven aan dat aanzienlijke economisch-milieukundige win-win situaties kunnen bekomen worden door met

minder inputs meer output te produceren. Zo becijferde Huysveld et al. (2017) dat het gemiddeld melkveebedrijf in de sample ten opzichte van de beste bedrijven 11 eurocent meer kosten had per euro ontvangsten, voornamelijk te wijten doordat meer voeder werd gebruikt per eenheid geproduceerde melk. Hierdoor lagen ook de milieuprestaties lager in vergelijking met de beste bedrijven. Van Meensel et al. (2010) gaven aan dat het gemiddeld varkensbedrijf in de sample in vergelijking met de beste bedrijven een arbeidsinkomen had dat 55% lager ligt en een stikstofexcretie die 1 kg per gemiddeld aanwezig varken hoger lag, voornamelijk te wijten aan een slechtere voederconversie. Andere bedrijven in de sample presteerden ofwel beter dan het gemiddelde bedrijf, waardoor de verbetermarges ten opzichte van de beste bedrijven lager lagen, ofwel slechter dan het gemiddelde bedrijf, waardoor deze marges hoger lagen. De vraag stelt zich in hoeverre bedrijven verschillen in productiviteit met de beste bedrijven kunnen ongedaan maken en dus de becijferde verbetermarges invullen. Sowieso kan op individuele bedrijven gekeken worden hoe een hogere productiviteit kan worden gehaald (bijv. minder vermorsing, gewijzigd rantsoen, aangepaste vervangingsstrategie, etc.). Een zekere variatie in productiviteit tussen bedrijven zal echter wellicht altijd blijven bestaan. Persistente inefficiëntie kan onder meer te maken hebben met het management of met bedrijfskarakteristieken waarop niet of moeilijk kan worden ingegrepen. Ook leert de innovatietheorie dat managers verschillen in tijdstip waarop ze innovaties doorvoeren (early adopters, followers, ...). Het verschil in innovatietijdstip zorgt ervoor dat gemiddeld genomen voortdurend economisch-milieukundige win-wins kunnen gehaald worden door innovatie naar productiviteitsverhogende technologieën.

Voorliggende studie toont reeds vanuit het procesmatige aan waar vermoedelijk geen grote verbeteringen meer te verwachten zijn en waar eventueel wél. Zaak zal zijn om de potentiële verbeteringen in een systemisch kader te verkennen, niet te optimaliseren in de marge, maar systemsprongen na te streven waardoor de verbetermarge, die we empirisch zien, ook daadwerkelijk te laten realiseren. Een mooi voorbeeld van potentiële systemsprongen zijn een set van maatregelen die opgesomd werden bij varkens: gescheiden afmesten, vroeger afmesten, fasevoeding. Een geïntegreerde evaluatie van dergelijke maatregelen dringt zich op.

4.4.3 Exploiteer de kennis door bedrijfsspecifieke exploratie van verbetermogelijkheden

De vraag stelt zich in hoeverre de toegenomen complexiteit nog in een differentiatie van mestnormen te gieten is, mét een quasi zekerheid dat ze de vermeende complexe werkelijkheid niet vatten. Immers, (zie ook de opmerking over het “scherp op de snee” optimaliseren), indien zo’n maatregel aan de basis zou liggen van een voorwaardelijke daling, die in een norm wordt vastgelegd, dan is er een groot risico dat het misloopt. Er is reeds geweest op de potentieel grotere kosten voor het bedrijf, maar het risico dat het misloopt, zal er doorgaans ook voor zorgen dat de reële excretie slechter af is dan de norm laat vermoeden. Om voldoende bedrijfseconomische prikkels te geven om de kennis uit deze studie daadwerkelijk te exploiteren, is een bedrijfsspecifieke benadering nodig om de verbetermogelijkheden ook daadwerkelijk te exploreren. Hiertoe kunnen vereenvoudigde bedrijfsbalansen (met de nutriëntenstromen aan de poort) soelaas geven, maar met twee voorwaarden: fraudegevoeligheid vermijden en de prikkel zo hoog mogelijk leggen. Beide kunnen gehaald worden door de functie van de “norm” te herzien. In plaats van een norm, die een zo gunstig mogelijk beeld geeft van een voorwaardelijke optimalisatie (x % excretieverbetering als, als, ...) moet eerder de meest ongunstige norm gesteld worden, waardoor ieder bedrijf specifiek kan streven naar verbetering.

5 LIJST MET AFKORTINGEN

Be	Beren
CVB	Centraal Veevoederbureau
DS	Droge stof
DVE	Darmverteerbaar eiwit
Ic	Immunocastraten
KV	Krachtvoeder
LYS	Lysine
MBI	Meat building index
MK	Maïskuil
N	Stikstof
NUB	Nutriëntenbalansstelselbesluit
OEB	Onbestendige eiwitbalans
oP	opneembaar fosfor
P	Fosfor
P ₂ O ₅	Fosfaat
PJ	Productiejaar
PP	Perspulp
RE	Ruw eiwit
VC	Voederconversie
VDK	Voordroogkuil
VEM	Voedereenheid Melk
VLM	Vlaamse landmaatschappij
VMM	Vlaamse milieumaatschappij

6 REFERENTIES

- Afsharmanesh M and Porreza J 2005. Effects of calcium, citric acid, ascorbic acid, vitamin D on the efficacy of microbial phytase in broiler starters fed wheat-based diets: performance, bone mineralization and ileal digestibility. *International Journal of Poultry Science* 4, 418–424.
- Agle M, Hristov AN, Zaman S, Schneider C, Ndegwa P and Vaddella VK 2010. The effects of ruminally degraded protein on rumen fermentation and ammonia losses from manure in dairy cows. *Journal of Dairy Science* 93, 1625–1637.
- Ahmadi H and Rodehutsord M 2012. A meta-analysis of responses to dietary non-phytate phosphorus and phytase in laying hens. *Poultry Science* 91, 2072–2078.
- Alagawany M, Abd El-Hack ME, Arif M and Ashour EA 2016. Individual and combined effects of crude protein, methionine, and probiotic levels on laying hen productive performance and nitrogen pollution in the manure. *Environmental Science Pollution Research* 23, 22906–22913.
- Andretta I, Pomar C, Rivest J, Pomar J and Radünz J 2016. Precision feeding can significantly reduce lysine intake and nitrogen excretion without compromising the performance of growing pigs. *Animal* 10, 1137-1147.
- Arthur JA and O'sullivan N 2005. Breeding chickens to meet egg quality needs. *International Hatchery Practice* 19, 7-9.
- Ashayerizadeh A, Dabiri N, Mirzadeh KH and Ghorbani MR 2011. Effect of dietary supplementation of probiotic and prebiotic on growth indices and serum biochemical parameters of broiler chickens. *Animal Biology* 5, 152–156.
- Aureli R, Klunter AM and Fru F 2010. Evaluation of the effects of a protease combined with a phytase on growth performance, phosphorus and nutrient utilization of broiler chicks fed a low phosphorus basal diet. In *Proceedings of the 13th European Poultry Conference, Tours*, p. 405.
- Barrera M, Cervantes M, Sauer WC, Araiza AB, Torrentera N and Cervantes M 2004. Ileal amino acid digestibility and performance of growing pigs fed wheat-based diets supplemented with xylanase. *Journal of Animal Science* 82, 1997-2003.
- Belloir P, Méda B, Lambert W, Corrent E, Juin H, Lessire M and Tesseraud S 2017. Reducing the CP content in broiler feeds: impact on animal performance, meat quality and nitrogen utilization. *Animal* 12, 1–9.
- Bikker P, Dekker RA, van Diepen JTM, van Krimpen MM, Jongbloed AW and Millet S 2013. Behoeftes en vastlegging van fosfor bij vleesvarkens: een dosis-respons studie = Phosphorus requirements and retention in growing finishing pigs, a dose-response study. *Rapport 723, Wageningen UR Livestock Research*, 39 p.
- Bikker P, van Krimpen MM, Jongbloed AW 2014. Actualisatie N- en P-excretieforfaits leghennen en eieren; diercategorieën Ki2, Ki3, Ki4, Ki5. Bijlage 1 bij de WOT-brief met kenmerk 14/N&M0174 van 8 oktober 2014.
- Blair R, Jacobs JP, Ibrahim S and Wang P 1999. A quantitative assessment of reduced protein diets and supplements to improve Nitrogen utilization. *Journal of Applied Poultry Research* 8, 25–47.
- Blank R, Mosenthin R, Sauer WC and Huang S 1999. Effect of fumaric acid and dietary buffering capacity on ileal and fecal amino acid digestibilities in early-weaned pigs. *Journal of Animal Science* 77, 2974-2984.
- Bohlke RA, Thaler RC and Stein HH 2005. Calcium, phosphorus, and amino acid digestibility in low-phytate corn, normal corn, and soybean meal by growing pigs. *Journal of Animal Science* 83, 2396-2403.
- Boling SD, Douglas MW, Shirley RB, Parsons CM and Koelkebeck KW 2000. The effects of various dietary levels of phytase and available phosphorus on performance of laying hens. *Poultry Science* 79, 535–538.
- Braña DV, Ellis M, Castañeda EO, Sands JS and Baker DH 2006. Effect of a novel phytase on growth performance, bone ash, and mineral digestibility in nursery and grower-finisher pigs. *Journal of Animal Science* 84, 1839-1849.



- Broderick GA, Stevenson MJ, Patton RA, Lobos NE and Colmenero JJO 2008. Effect of supplementing rumen-protected methionine on production and nitrogen excretion in lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science* 91, 1092–1102.
- Brusselman E, Beck B., De Campeneere S, Demeyer P, Goossens K, Kerselaers E, Maertens L, Millet S, Reubens B, Riebbels G., Vandaele L, Vangeyte J and Zwertvaegher I 2015. Screening van maatregelen die kunnen leiden tot de reductie van ammoniakemissie afkomstig van landbouw. Instituut voor Landbouw en Visserijonderzoek, 1–123.
- Cabrera VE and AS Kalantari 2016. Economics of production efficiency: Nutritional grouping of the lactating cow. *Journal of Dairy Science* 99, 825–841.
- Canh TT, Aarnink AJA, Schutte JB, Sutton A, Langhout DJ and Verstegen MWA 1998. Dietary protein affects nitrogen excretion and ammonia emission from slurry of growing–finishing pigs. *Livestock Production Science* 56, 181-191.
- Chen JS, Wu F, Yang HS, Li FN, Jiang Q, Liu SJ, Kang BJ, Li S, Adebawale TO, Huang N, Li H, Yin YL, Fu CX and Yao K 2017. Growth performance, nitrogen balance, and metabolism of calcium and phosphorus in growing pigs fed diets supplemented with alpha-ketoglutarate. *Animal Feed Science and Technology* 226, 21-28.
- Chen YJ, Kwon OS, Min B, Son KS, Cho JH, Hong JW and Kim IH 2005. The effects of dietary Biotite V supplementation as an alternative substance to antibiotics in growing pigs. *Asian-Australian Journal of Animal Sciences* 18, 1642-1645.
- Cho JH, Zhang ZF and Kim IH 2013. Effects of fermented grains as raw cereal substitutes on growth performance, nutrient digestibility, blood profiles, and fecal noxious gas emission in growing pigs. *Livestock Science* 154, 131-136.
- Clowes EJ, Kirkwood R, Cegielski A and Aherne FX 2003. Phase-feeding protein to gestating sows over three parities reduced nitrogen excretion without affecting sow performance. *Livestock Production Science* 81, 235-246.
- Coulter T 2010. Inkomensverschillen op bedrijfstak melkvee – verklarende parameters, Beleidsdomein Landbouw en Visserij, afdeling Monitoring en Studie, Brussel.
- Corzo A, Fritts CA, Kidd MT and Kerr BJ 2005. Response of broiler chicks to essential and non-essential amino acid supplementation of low crude protein diets. *Animal Feed Science and Technology* 118, 319–327.
- Cowieson AJ, Ruckebusch JP, Knap I, Guggenbuhl P, Fru-Nji F 2016. Phytate-free nutrition, a new paradigm in monogastric animal production. *Animal Feed Science and Technology* 222, 180-189.
- Cowieson AJ, Wilcock P and Bedford MR 2011. Super-dosing effects of phytase in poultry and other monogastrics. *World's Poultry Science Journal* 67, 225–235.
- CVB 2005. Tabellenboek Veevoeding 2005. Handleiding Mineralenvoorziening Rundvee, Schapen, Geiten, Centraal Veevoederbureau, Lelystad.
- CVB 2016. Tabellenboek Veevoeding 2016, Voedernormen Rundvee, Schapen, Geiten en voederwaarden voedermiddelen voor Herkauwers, CVB-reeks nr. 52, 49 p.
- CVB 2016. Tabellenboek Veevoeding 2016, Voedernormen Varkens en voederwaarden voedermiddelen voor Varkens, CVB-reeks nr. 53, 35 p.
- CVB 2016. Tabellenboek Veevoeding 2016, Voedernormen Pluimvee en voederwaarden voedermiddelen voor Pluimvee. CVB-reeks nr. 54, 21 p.
- De Brabander B, Fiems L, Van Oeckel M, Maertens L and Huyghebaert G 2006. Nota uitscheidingsnormen. Departement Dierenvoeding en veehouderij. ILVO, Melle.
- De Brabander D, De Campeneere S, Ryckaert I. and Anthonissen A 2012. ILVO Mededeling 101, Melkveevoeding. Departement Landbouw en Visserij. 112 p.
- De Campeneere S, De Boever JL, Vanacker JM, Messens W and De Brabander DL 2009. Feeding measures to reduce nitrogen excretion in dairy cattle. *Archives of Animal Nutrition* 63, 87–103.
- De Letter F. Stop met scheuren blijvend grasland 'om te scheuren' 2017. Geraardpleegd op 10 januari, 2018 via <http://melkveebedrijf.be/stop-scheuren-blijvend-grasland-om-scheuren/>
- De Vliegheer A 2018. Niet gepubliceerde resultaten. ILVO Plant.

- Delezie E en Maertens L 2009. Gescheiden afmesten en vroeger slachten een optie voor de vleeskippenhouderij? *Pluimvee* 11, 18-20.
- Delezie E, Bierman K, Nollet L and Maertens L 2015. Impacts of calcium and phosphorus concentration, their ratio, and phytase supplementation level on growth performance, foot pad lesions, and hock burn of broiler chickens. *Journal of Applied Poultry Research* 24, 115–126.
- Delezie E, Maertens L and Huyghebaert G 2012. Consequences of phosphorus interactions with calcium, phytase, and cholecalciferol on zootechnical performance and mineral retention in broiler chickens. *Poultry Science* 91, 2523–2531.
- Dewhurst RJ, Davies LJ and Kim EJ 2010. Effects of mixtures of red clover and maize silages on the partitioning of dietary nitrogen between milk and urine by dairy cows. *Animal* 4, 732–738.
- Diebold G, Mosenthin R, Piepho H-P and Sauer WC 2004. Effect of supplementation of xylanase and phospholipase to a wheat-based diet for weanling pigs on nutrient digestibility and concentrations of microbial metabolites in ileal digesta and feces. *Journal of Animal Science* 82, 2647-2656.
- Dijkstra J, Oenema O and Bannink A 2011. Dietary strategies to reducing N excretion from cattle : implications for methane emissions. *Current Opinion in Environmental Sustainability* 3, 414–422.
- Dilger RN and Adeola O 2006. Estimation of true phosphorus digestibility and endogenous phosphorus loss in growing pigs fed conventional and low-phytate soybean meals. *Journal of Animal Science* 84, 627-634.
- Dourmad JY and Étienne M 2002. Dietary lysine and threonine requirements of the pregnant sow estimated by nitrogen balance. *Journal of Animal Science* 80, 2144-2150.
- Dourmad JY, Sève B, Latimier P, Boisen S, Fernández J, van der Peet-Schwering C and Jongbloed AW 1999. Nitrogen consumption, utilisation and losses in pig production in France, The Netherlands and Denmark. *Livestock Production Science* 58, 261-264.
- Dung NNX, Manh LH and Ogle B 2005. Effects of fermented liquid feeds on the performance, digestibility, nitrogen retention and plasma urea nitrogen (PUN) of growing-finishing pigs. Workshop-seminar "Making better use of local feed resources" (Editors: Reg Preston and Brian Ogle) MEKARN-CTU, Cantho, 23-25 May, 2005. Article #29. Retrieved October 17, 117.
- Dunn I 2013. Long Life Layer, genetic and physiological limitations to extend the laying period. In proceedings of the 19th European Symposium on Poultry Nutrition, Potsdam. p.124-129.
- Edwards GR, Parsons AJ, Rasmussen S and Bryant R 2007. High sugar grasses for livestock systems in New Zealand. *Proceedings of the New Zealand Grassland Association* 69, 161–171.
- Eeckhout W and De Paepe M 1994. Total phosphorus, phytate-phosphorus and phytase activity in plant feedstuffs. *Animal Feed Science and Technology* 47, 19-29.
- Eisemann JH and Argenzio RA 1999. Effects of diet and housing density on growth and stomach morphology in pigs. *Journal of Animal Science* 77, 2709-2714.
- Everts H and Dekker RA 1994. Effect of nitrogen supply on the retention and excretion of nitrogen and on energy metabolism of pregnant sows. *Animal Science* 59, 293-301.
- Fabian J, Chiba LI, Frobish LT, McElhenney WH, Kuhlers DL and Nadarajah K 2004. Compensatory growth and nitrogen balance in grower-finisher pigs. *Journal of Animal Science* 82, 2579-2587.
- Fan P, Liu P, Song P, Chen X and Ma X 2017. Moderate dietary protein restriction alters the composition of gut microbiota and improves ileal barrier function in adult pig model. *Scientific Reports* 7, 43412.
- Farhadi D, Karimi A, Sadeghi G, Rostamzadeh J and Bedford MR 2017. Effects of a high dose of microbial phytase and myo-inositol supplementation on growth performance, tibia mineralization, nutrient digestibility, litter moisture content, and foot problems in broiler chickens fed phosphorus-deficient diets. *Poultry Science* 96, 3664–3675.
- Ferket PR, van Heugten E, van Kempen TATG and Angel R 2002. Nutritional strategies to reduce environmental emissions from nonruminants. *Journal of Animal Science* 80, E168-E182.
- Flores AJ, Garcarena AD, Hernández Vieyra JM, Beauchemin KA and Colombatto D 2013. Effects of specific essential oil compounds on the ruminal environment, milk production and milk

- composition of lactating dairy cows at pasture. *Animal Feed Science and Technology* 186, 20–26.
- Focus 2014. Technische en economische resultaten van de varkenshouderij op basis van het landbouwmonitoringsnetwerk (boekjaren 2011-2013), Vlaamse overheid, Departement Landbouw en Visserij, 2014.
- Forsberg CW, Phillips JP, Golovan SP, Fan MZ, Meidinger RG, Ajakaiye A, Hilborn D and Hacker RR 2003. The Enviropig physiology, performance, and contribution to nutrient management advances in a regulated environment: The leading edge of change in the pork industry. *Journal of Animal Science* 81, E68-E77.
- Francesch M, Broz J and Brufau J 2005. Effects of an experimental phytase on performance, egg quality, tibia ash content and phosphorus bioavailability in laying hens fed on maize-or barley-based diets. *British Poultry Science* 46, 340–348.
- Galassi G, Colombini S, Malagutti L, Crovetto GM and Rapetti L 2010. Effects of high fibre and low protein diets on performance, digestibility, nitrogen excretion and ammonia emission in the heavy pig. *Animal Feed Science and Technology* 161, 140-148.
- Gdala J, Johansen HN, Bach Knudsen KE, Knap IH, Wagner P and Jørgensen OB 1997. The digestibility of carbohydrates, protein and fat in the small and large intestine of piglets fed non-supplemented and enzyme supplemented diets. *Animal Feed Science and Technology* 65, 15-33.
- Giesting DW and Easter RA 1991. Effect of protein source and fumaric acid supplementation on apparent ileal digestibility of nutrients by young pigs. *Journal of Animal Science* 69, 2497-2503.
- Golovan SP, Meidinger RG, Ajakaiye A, Cottrill M, Wiederkehr MZ, Barney DJ, Plante C, Pollard JW, Fan MZ, Hayes MA, Laursen J, Hjorth JP, Hacker RR, Phillips JP and Forsberg CW 2001. Pigs expressing salivary phytase produce low-phosphorus manure. *Nature Biotechnology* 19, 741.
- Gonzalo E, Létourneau-Montminy MP, Narcy A, Bernier JF and Pomar C 2017. Consequences of dietary calcium and phosphorus depletion and repletion feeding sequences on growth performance and body composition of growing pigs. *Animal*, 1-9.
- Gutierrez O, Surbakti N, Haq A, Carey JB, and Bailey CA 2008. Effect of continuous multiphase feeding schedules on nitrogen excretion and broiler performance. *Journal of Applied Poultry Research* 17, 463–470.
- Halas D, Hansen CF, Hampson DJ, Kim J-C, Mullan BP, Wilson RH and Pluske JR 2010. Effects of benzoic acid and inulin on ammonia–nitrogen excretion, plasma urea levels, and the pH in faeces and urine of weaner pigs. *Livestock Science* 134, 243-245.
- Han IK, Lee JH, Piao XS and Li D 2001. Feeding and Management System to Reduce Environmental Pollution in Swine Production - Review. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences* 14, 432-444.
- Harper AF, Kornegay ET and Schell TC 1997. Phytase supplementation of low-phosphorus growing-finishing pig diets improves performance, phosphorus digestibility, and bone mineralization and reduces phosphorus excretion. *Journal of Animal Science* 75, 3174-3186.
- Heo JM, Kim JC, Hansen CF, Mullan BP, Hampson DJ and Pluske JR 2009. Feeding a diet with decreased protein content reduces indices of protein fermentation and the incidence of postweaning diarrhea in weaned pigs challenged with an enterotoxigenic strain of *Escherichia coli*. *Journal of Animal Science* 87, 2833-2843.
- Holden P, Edwards E, Auliff L and Iowa State U 1996. Life cycle: swine nutrition. Iowa State University, Ames, Iowa.
- Hong TTT and Lindberg JE 2007. Effect of cooking and fermentation of a pig diet on gut environment and digestibility in growing pigs. *Livestock Science* 109, 135-137.
- Hubrecht L, Willems W and Fiems L 2013. Technische brochure 57, Voeding van runderen van het Belgisch witblauwe ras, Departement Landbouw en Visserij.
- Huysveld S, Van Meensel J, Van linden V, De Meester S, Peiren N, Muylle H, Dewulf J, Lauwers L 2017. Communicative farm-specific diagnosis of potential simultaneous savings in costs and natural resource demand of feed on dairy farms. *Agricultural Systems* 150, 34–45.



- Jensen BB and Mikkelsen LL 1998. Feeding liquid diets to pigs. In *Recent Advances in Animal Nutrition* (eds. PC Garnsworthy and J Wiseman) Nottingham University Press, Nottingham, UK.
- Jongbloed AW 2008. Environmental pollution control in pigs by using nutrition tools. *Revista Brasileira de Zootecnia* 37, 215-229.
- Jongbloed AW and Lenis NP 1998. Environmental concerns about animal manure. *Journal of Animal Science* 76, 2641-2648.
- Jongbloed AW, van Diepen JTM, Kemme PA and Broz J 2004. Efficacy of microbial phytase on mineral digestibility in diets for gestating and lactating sows. *Livestock Science* 91, 143-155.
- Kalantari AS, Armentano LE, Shaver RD and Cabrera VE 2016. Economic impact of nutritional grouping in dairy herds. *Journal of Dairy Science* 99, 1672–1692.
- Kazempour F and Jahanian R 2017. Effects of different organic acids on performance, ileal microflora, and phosphorus utilization in laying hens fed diet deficient in non-phytate phosphorus. *Animal Feed Science Technology* 223, 110–118.
- Kemme PA, Jongbloed AW, Mroz Z, Kogut J and Beynen AC 1999. Digestibility of nutrients in growing–finishing pigs is affected by *Aspergillus niger* phytase, phytate and lactic acid levels: 1. Apparent ileal digestibility of amino acids. *Livestock Production Science* 58, 107-117.
- Keshavarz K 2000. Nonphytate phosphorus requirement of laying hens with and without phytase on a phase feeding program. *Poultry Science* 79, 748–763.
- Keshavarz K and Austic RE 2004. The use of low-protein, low-phosphorus, amino acid- and phytase-supplemented diets on laying hen performance and nitrogen and phosphorus excretion. *Poultry Science* 83, 75–83.
- Khan SH and Iqbal J 2016. Recent advances in the role of organic acids in poultry nutrition. *Journal of Applied Animal Research* 44, 359–369.
- Kies AK, Kemme PA, Šebek LBJ, van Diepen JTM and Jongbloed AW 2006. Effect of graded doses and a high dose of microbial phytase on the digestibility of various minerals in weaner pigs. *Journal of Animal Science* 84, 1169-1175.
- Kim W and Patterson P 2004. Effects of dietary zinc supplementation on broiler performance and nitrogen loss from manure. *Poultry Science* 83, 34–38.
- Kingston-Smith AH, Edwards JE, Huws SA, Kim EJ and Abberton M 2010. Plant-based strategies towards minimising ‘livestock’s long shadow’. *Proceedings of the Nutrition Society* 69, 613–620.
- Klevenhusen F, Muro-Reyes A, Khiaosa-ard R, Metzler-Zebeli BU and Zebeli Q 2012. A meta-analysis of effects of chemical composition of incubated diet and bioactive compounds on in vitro ruminal fermentation. *Animal Feed Science and Technology* 176, 61–69.
- Kreuzer M, Machmüller A, Gerdemann MM, Hanneken H and Wittmann M 1999. Reduction of gaseous nitrogen loss from pig manure using feeds rich in easily-fermentable non-starch polysaccharides. *Animal Feed Science and Technology* 73, 1-19.
- Kröber T, Külling D, Menzi H, Sutter F and Kreuzer M 2000. Quantitative effects of feed protein reduction and methionine on nitrogen use by cows and nitrogen emission from slurry. *Journal of Dairy Science* 83, 2941–2951.
- Lan R, Li T and Kim I 2017. Effects of xylanase supplementation on growth performance, nutrient digestibility, blood parameters, fecal microbiota, fecal score and fecal noxious gas emission of weaning pigs fed corn-soybean meal-based diet. *Animal Science Journal* 88, 1398-1405.
- Landbouwcentrum voor voedergewassen vzw. *Kostprijsraming voedergewassen, versie januari 2018.*
- Leen F 2017. De alternatieven voor chirurgische castratie economisch bekeken: een vergelijking van het saldo per varken. *ILVO Mededeling* 234, mei 2017 Biggencastratie stoppen in 2018: hoe ver staan we daarmee?
- Lenis NP 1989. Lower nitrogen excretion in pig husbandry by feeding: current and future possibilities. *Netherlands Journal of Agricultural Science* 37, 61-70.
- Liao SF and Nyachoti M 2017. Using probiotics to improve swine gut health and nutrient utilization. *Animal Nutrition* 3, 331-343.



- Liao SF, Kies AK, Sauer WC, Zhang YC, Cervantes M and He JM 2005. Effect of phytase supplementation to a low- and a high-phytate diet for growing pigs on the digestibilities of crude protein, amino acids, and energy. *Journal of Animal Science* 83, 2130-2136.
- Lindberg JE, Lyberg K and Sands J 2007. Influence of phytase and xylanase supplementation of a wheat-based diet on ileal and total tract digestibility in growing pigs. *Livestock Science* 109, 268-270.
- Lipiński K, Skórko-Sajko H, Purwin C, Antoszkiewicz Z and Werpachowski M 2013. Effect of xylanase supplementation to cereal-based diets on apparent fecal digestibility and growth performance of pigs. *Annals of Animal Science* 13, 303-311.
- Lu H, Adedokun SA, Preynat A, Legrand-Defretin V, Geraert PA, Adeola O and Ajuwon KM 2013. Impact of exogenous carbohydrases and phytase on growth performance and nutrient digestibility in broilers. *Canadian Journal of Animal Science* 93, 243-249.
- Lu L, Liao X-d and Luo X-g 2017. Nutritional strategies for reducing nitrogen, phosphorus and trace mineral excretions of livestock and poultry. *Journal of Integrative Agriculture* 16, 2815-2833.
- Lyberg K, Lundh T, Pedersen C and Lindberg JE 2006. Influence of soaking, fermentation and phytase supplementation on nutrient digestibility in pigs offered a grower diet based on wheat and barley. *Animal Science* 82, 853-858.
- Maga JA 1982. Phytate: its chemistry, occurrence, food interactions, nutritional significance, and methods of analysis. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 30, 1-9.
- Mahieu S 2014. Evaluatie van de ruwvoederopnamevoorspelling bij melkvee volgens het ILVO-model. Master thesis, Gent University, Gent, België.
- Meluzzi A, Sirri F, Tallarico N and Franchini A 2001. Nitrogen retention and performance of brown laying hens on diets with different protein content and constant concentration of amino acids and energy. *British Poultry Science* 42, 213-217.
- Millet S and Aluwé M 2014. Compensatory growth response and carcass quality after a period of lysine restriction in lean meat type barrows. *Archives of Animal Nutrition* 68, 16-28.
- Millet S, Kumar S, De Boever J, Ducatelle R and De Brabander D 2012. Effect of feed processing on growth performance and gastric mucosa integrity in pigs from weaning until slaughter. *Animal Feed Science and Technology* 175, 175-181.
- Millet S, Langendries K, Aluwé M and De Brabander DL 2011. Effect of amino acid level in the pig diet during growing and early finishing on growth response during the late finishing phase of lean meat type gilts. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 91, 1254-1258.
- Missotten JA, Michiels J, Degroote J and De Smet S 2015. Fermented liquid feed for pigs: an ancient technique for the future. *Journal of Animal Science and Biotechnology* 6, 4.
- Missotten JAM, Michiels J, Obyn A, De Smet S and Dierick NA 2010. Fermented liquid feed for pigs. *Archives of Animal Nutrition* 64, 437-466.
- Mitchell RD and Edwards HM 1996. Effects of phytase and 1,25-dihydroxycholecalciferol on phytate utilization and the quantitative requirement for calcium and phosphorus in young broiler chickens. *Poultry Science* 75, 95-110.
- Moeser AJ and van Kempen TATG 2002. Dietary fibre level and enzyme inclusion affects nutrient digestibility and excreta characteristics in grower pigs. *Journal of Science of Food and Agriculture* 82, 1606-1613.
- Molnar A 2017. Extended production cycle in laying hens. PhD Dissertation. KU Leuven.
- Monteiro ANTR, Bertol TM, de Oliveira PAV, Dourmad JY, Coldebella A and Kessler AM 2017. The impact of feeding growing-finishing pigs with reduced dietary protein levels on performance, carcass traits, meat quality and environmental impacts. *Livestock Science* 198, 162-169.
- Munyaka PM, Nandha NK, Kiarie E, Nyachoti CM, and Khafipour E 2016. Impact of combined β -glucanase and xylanase enzymes on growth performance, nutrients utilization and gut microbiota in broiler chickens fed corn or wheat-based diets. *Poultry Science* 95, 528-540.
- Noirot V, Moncoulon R, Sauviant D and Bayourthe C 2007. Effect of essential oils and essential oils compounds supplementations in ruminant species: statistical analysis. *Revue de Médecine Vétérinaire* 158, 589-597.



- Nortey TN, Patience JF, Simmins PH, Trottier NL and Zijlstra RT 2007. Effects of individual or combined xylanase and phytase supplementation on energy, amino acid, and phosphorus digestibility and growth performance of grower pigs fed wheat-based diets containing wheat millrun. *Journal of Animal Science* 85, 1432-1443.
- NRC 1994. *Nutrient Requirements of Poultry*. 9th rev. Natl. Acad. Press, Washington, DC, USA.
- NRC 2012. *Nutrient Requirements of Swine* 11th rev. Natl. Acad. Press, Washington, DC, USA. Nyachoti, C.M.
- NUB 2009. Besluit van de Vlaamse Regering van 3 april 2009 betreffende de nadere regels inzake het nutriëntenbalansstelsel als vermeld in artikel 25 van het Mestdecreet.
- O'Connell JM, Callan JJ and O'Doherty JV 2006. The effect of dietary crude protein level, cereal type and exogenous enzyme supplementation on nutrient digestibility, nitrogen excretion, faecal volatile fatty acid concentration and ammonia emissions from pigs. *Animal Feed Science and Technology* 127, 73-88.
- Omogbenigun FO, Nyachoti CM and Slominski BA 2003. The effect of supplementing microbial phytase and organic acids to a corn-soybean based diet fed to early-weaned pigs. *Journal of Animal Science* 81, 1806-1813.
- Parisini P, Martelli G, Sardi L and Escribano F 1999. Protein and energy retention in pigs fed diets containing sepiolite. *Animal Feed Science and Technology* 79, 155-162.
- Partanen K, Jalava T, Valaja J, Perttilä S, Siljander-Rasi H and Lindeberg H 2001. Effect of dietary carbadox or formic acid and fibre level on ileal and faecal nutrient digestibility and microbial metabolite concentrations in ileal digesta of the pig. *Animal Feed Science and Technology* 93, 137-155.
- Pomar C, Pomar J, Dubeau F, Joannopoulos E and Dussault JP 2014. The impact of daily multiphase feeding on animal performance, body composition, nitrogen and phosphorus excretions, and feed costs in growing–finishing pigs. *Animal* 8, 704-713.
- Pope T, Loupe LN, Pillai PB and Emmert JL 2004. Growth performance and nitrogen excretion of broilers using a phase-feeding approach from twenty-one to sixty-three days of age. *Poultry Science* 83, 676–682.
- Poulsen HD and Blaabjerg K 2017. Fermentation of rapeseed meal, sunflower meal and faba beans in combination with wheat bran increases solubility of protein and phosphorus. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 97, 244-251.
- Qaisrani SN, Van Krimpen MM, Kwakkel RP, Verstegen MW and Hendriks WH 2015. Diet structure, butyric acid, and fermentable carbohydrates influence growth performance, gut morphology, and cecal fermentation characteristics in broilers. *Poultry Science* 94, 2152–2164.
- Radecki SV, Juhl MR and Miller ER 1988. Fumaric and citric acids as fed additives in starter pig diets: effect on performance and nutrition balance. *Journal of Animal Science* 66, 2598-2605.
- Rademacher 2000. How can diets be modified to minimize the impact of pig production on the environment? *Amino News*.
- Revy PS, Jondreville C, Dourmad JY and Nys Y 2004. Effect of zinc supplemented as either an organic or an inorganic source and of microbial phytase on zinc and other minerals utilisation by weanling pigs. *Animal Feed Science and Technology* 116, 93-112.
- Rodrigues M, Pozza PC, Pozza MSS, Possamai M, Bruno LDG, Richart E, Wochner MO and Pereira Júnior JM 2013. Effects of inulin and a probiotic mixture on nutrient digestibility and nitrogen balance in piglets. *Archivos de Zootecnia* 62, 255-264.
- Roe M, Pinchen H, Church S, Finglas P 2013. *Nutrient analysis of eggs (Analytical report, revised version)*. Department of Health, UK.
- Rokade JJ, Thyagarajan D, Omprakash AV, Karunakaran R 2014. Effect of low protein diet with balanced amino acids with protease on performance and litter quality of commercial broiler. *Indian Journal of Animal Sciences* 84, 691–693.
- Samanta S, Haldar S, Ghosh TK 2010. Comparative efficacy of an organic acid blend and bacitracin methylene disalicylate as growth promoters in broiler chickens, effects on performance, gut histology, and small intestinal milieu. *Veterinary Medicine International* 2010, 645–650.



- Sands JS, Ragland D, Baxter C, Joern BC, Sauber TE and Adeola O 2001. Phosphorus bioavailability, growth performance, and nutrient balance in pigs fed high available phosphorus corn and phytase. *Journal of Animal Science* 79, 2134-2142.
- Sauvant DAP, Jean-Marc A Tran, Gilles A Ponter, Andrew 2004. Tables of composition and nutritional value of feed materials.
- Scott TA and Silversides FG 2000. The effect of storage and strain of hen on egg qQuality. *Poultry Science* 79, 1725–1729.
- Shirali M, Doeschl-Wilson A, Knap PW, Duthie C, Kanis E, van Arendonk JAM and Roehe R 2012. Nitrogen excretion at different stages of growth and its association with production traits in growing pigs. *Journal of Animal Science* 90, 1756-1765.
- Shirley RB and Edwards HM 2003. Graded levels of phytase past industry standards improves broiler performance. *Poultry Science* 82, 671–680.
- Simons PCM, Versteegh HAJ, Jongbloed AW, Kemme PA, Slump P, Bos KD, Wolters MGE, Beudeker RF and Verschoor GJ 2007. Improvement of phosphorus availability by microbial phytase in broilers and pigs. *British Journal of Nutrition* 64, 525-540.
- Snow, JL, Baker DH and Parsons CM 2004. Phytase, citric acid, and 1 α -hydroxycholecalciferol improve phytate phosphorus utilization in chicks fed a corn-sSoybean meal diet. *Poultry Science* 83, 1187–1192.
- Souffrant WB 2001. Effect of dietary fibre on ileal digestibility and endogenous nitrogen losses in the pig. *Animal Feed Science and Technology* 90, 93-102.
- Spencer JD, Allee GL and Sauber TE 2000. Phosphorus bioavailability and digestibility of normal and genetically modified low-phytate corn for pigs. *Journal of Animal Science* 78, 675-681.
- Stadelman WJ and Cotterill OJ 1977. Some misconceptions about the nutritive value of eggs. P. 106–107 in *Egg Science and Technology*. 2nd ed. AVI Publishing Co. Inc., Westport, CT.
- Subramaniam MD and Kim IH 2015. Clays as dietary supplements for swine: A review. *Journal of Animal Science and Biotechnology* 6, 38.
- Sutton AL, Kephart KB, Versteegen MW, Canh TT and Hobbs PJ 1999. Potential for reduction of odorous compounds in swine manure through diet modification. *Journal of Animal Science* 77, 430-439.
- Svihus B 2014. Function of the digestive system. *Journal of Applied Poultry Research* 23, 306–314.
- Svihus B 2017. Intestinal digestive function and the influence of diet and feeding management. In *proceedings of the 21st European Symposium on Poultry Nutrition, Salou*. p. 59-63.
- Symeou V, Leinonen I and Kyriazakis I 2015. Quantifying the consequences of nutritional strategies aimed at decreasing phosphorus excretion from pig populations: a modeling approach. *Animal* 10, 578-591.
- Tas BM, Taweel HZ, Smit HJ, Elgersma A, Dijkstra J and Tamminga S 2006. Effects of perennial ryegrass cultivars on milk yield and nitrogen utilization in grazing dairy cows. *Journal of Dairy Science* 89, 3494–3500.
- Ulens T, Demeyer P, Ampe B, Van Langenhove H and Millet S 2015. Effect of grinding intensity and pelleting of the diet on indoor particulate matter concentrations and growth performance of weanling pigs. *Journal of Animal Science* 93, 627-636.
- Van den Broeke A 2017a. Belang van de voedervorm op groeiprestaties en nutriëntenverbruik, Presentatie, Studiedag Varkenshouderij, 12-okt-2017.
- Van den Broeke A, Leen F, Aluwé M, Ampe B, Van Meensel J and Millet S 2016. The effect of GnRH vaccination on performance, carcass, and meat quality and hormonal regulation in boars, barrows, and gilts. *Journal of Animal Science* 94, 2811-2820.
- Van den Broeke A, Leen F, Aluwé M, Van Meensel J and Millet S 2017b Effect of slaughter weight and sex on carcass composition and N-and P- efficiency of pigs. 28-aug-2017, Book of Abstracts of the 68th Annual Meeting of the European Association for Animal Production. Tallinn, p. 111.
- van der Peet-Schwering CMC, Jongbloed AW and Aarnink AJA 1999. Nitrogen and phosphorus consumption, utilisation and losses in pig production: The Netherlands. *Livestock Production Science* 58, 213-224.



- Van Krimpen M, Van Middelkoop J, Sebek L, Jongbloed A, and De Hoop W 2010. Effect van fosforverlaging in melkveerantsoenen en varkensvoerders op fosfaatexcretie via de mest. Rapport 324 Livestock Research.
- Van Meensel J., Lauwers L., Van Huylenbroeck G. 2010. Communicative diagnosis of cost-saving options for reducing nitrogen emission from pig finishing. *Journal of Environmental Management* 91, 2370-2377.
- Vandaele L, De Boever J, Vanacker J, Fiems L, Ampe B, Stevens E, Schouteden T, Decaesteker E, De Brabander D and De Campeneere S 2013. Reductie van soja-import door gebruik van bestendig sojaschroot. Rapport ILVO, Melle, België.
- Vanschoubroeck F, Coucke L and van Spaendonck R 1971. The quantitative effect of pelleting feed on the performance of piglets and fattening pigs. *Nutrition Abstracts and Reviews* 41, 1-9.
- Vellinga TK 1991. Gevolgen van lagere N-giften op grasproductie en -kwaliteit. In *Graslandgebruik PR*, p. 20–22.
- Veum TL, Bollinger DW, Buff CE and Bedford MR 2006. A genetically engineered *Escherichia coli* phytase improves nutrient utilization, growth performance, and bone strength of young swine fed diets deficient in available phosphorus. *Journal of Animal Science* 84, 1147-1158.
- Vlaamse bedrijfseconomische standaardwaarden varkenshouderij 2013, Vlaamse overheid, Beleidsdomein Landbouw en Visserij, 2013
- VLM 2017. Mestrapport 2017. Jaarlijks rapport over het mestbeheer in Vlaanderen. Vlaamse Landmaatschappij, 234 p.
- VLM 2018. Normen en richtwaarden 2018. Vlaamse Landmaatschappij, 15 p.
- VMM 2016. Bronnen van waterverontreiniging. Vlaamse Milieumaatschappij, Aalst (België), 64 p.
- Vrints G en Deuninck J 2014. Technische en economische resultaten van de varkenshouderij op basis van het Landbouwmonitoringsnetwerk. Boekjaren 2011-2013, Beleidsdomein Landbouw en Visserij, afdeling Monitoring en Studie, Brussel.
- Vrints G and Deuninck J 2015. Rentabiliteits- en kostprijanalyse vleesvee, Beleidsdomein Landbouw en Visserij, afdeling Monitoring en Studie, Brussel.
- Wealleans AL, Walsh MC, Romero LF and Ravindran V 2017. Comparative effects of two multi-enzyme combinations and a *Bacillus* probiotic on growth performance, digestibility of energy and nutrients, disappearance of non-starch polysaccharides, and gut microflora in broiler chickens. *Poultry Science* 96, 4287-4297.
- Wondra KJ, Hancock JD, Behnke KC and Stark CR 1995. Effects of mill type and particle size uniformity on growth performance, nutrient digestibility, and stomach morphology in finishing pigs. *Journal of Animal Science* 73, 2564-2573.
- Yan L, Han DL, Meng QW, Lee JH, Park CJ and Kim IH 2010. Effects of anion supplementation on growth performance, nutrient digestibility, meat quality and fecal noxious gas content in growing-finishing pigs. *Asian-Australian Journal of Animal Sciences* 23, 1073-1079.
- Yin YL, Baidoo SK, Jin LZ, Liu YG, Schulze H and Simmins PH 2001. The effect of different carbohydrase and protease supplementation on apparent (ileal and overall) digestibility of nutrients of five hullless barley varieties in young pigs. *Livestock Production Science* 71, 109-120.
- Zhang ZB, Kornegay ET, Radcliffe JS, Denbow DM, Veit HP and Larsen CT 2000. Comparison of genetically engineered microbial and plant phytase for young broilers. *Poultry Science* 79, 709-717.
- Zijlstra RT, Li S, Owusu-Asiedu A, Simmins PH and Patience JF 2004. Effect of carbohydrase supplementation of wheat- and canola-meal-based diets on growth performance and nutrient digestibility in group-housed weaned pigs. *Canadian Journal of Animal Science* 84, 689-695.

