

Actualisering van geschatte N en P excreties door rundvee



## Actualisering van geschatte N en P excreties door rundvee

**S. Tamminga<sup>1)</sup>**

**F. Aarts<sup>2)</sup>**

**A. Bannink<sup>3)</sup>**

**O. Oenema<sup>4)</sup>**

**G.J. Monteny<sup>5)</sup>**

**<sup>1)</sup> Leerstoelgroep Diervoeding, Departement Dierwetenschappen,  
Wageningen Universiteit**

**<sup>2)</sup> Plant Research International, Wageningen**

**<sup>3)</sup> ASG-Lelystad, Nutrition and Food, Lelystad**

**<sup>4)</sup> Alterra, Wageningen**

**<sup>5)</sup> Agrotechnology and Food Innovations B.V., Wageningen**

**Reeks Milieu en Landelijk gebied 25**

**Wageningen, 2004**

## REFERAAT

Tamminga, S.<sup>1)</sup>, F. Aarts<sup>2)</sup>, A. Bannink<sup>3)</sup>, O. Oenema<sup>4)</sup>, G.J. Monteny<sup>5)</sup>, 2004. *Actualisering van geschatte N en P excreties door rundvee*. Wageningen, Milieu en Landelijk gebied 25. 48 blz.; 24 tab.; 24 ref.

Het Europese Hof heeft bepaald dat het huidige Nederlandse Mestbeleid niet aan EU eisen voldoet. Het huidige mineralenaangiftesysteem (MINAS) moet worden vervangen door een systeem van normen voor de aanwending van stikstof (N) en fosfaat (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) op landbouwgrond (gebruiksnormen). Deze aanpassing en voortschrijdende inzichten waren aanleiding om de geschatte gemiddelde excreties door landbouwhuisdieren van N en P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> te actualiseren. Dit rapport beschrijft de excreties van N en P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> door rundvee in 2006 en 2008. De verwachte ontwikkelingen in de melkveehouderij leiden tot lagere gehalten aan N in ruwvoeders, een verdergaande verhoging van de melkproductie per koe met gelijk blijvende gehalten aan vet en eiwit, en tot een vermindering van het aandeel jongvee. Het netto-effect is een hogere gemiddelde excretie van N en P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> in 2006 en 2008 vergeleken met het referentiejaar 2003.

Trefwoorden: excretie, melkvee, stikstof, fosfaat, ruwvoeders, gebruiksnormen

- <sup>1)</sup> Leerstoelgroep Diervoeding, Departement Dierwetenschappen, Wageningen Universiteit
- <sup>2)</sup> Plant Research International, Wageningen
- <sup>3)</sup> ASG-Lelystad, Nutrition and Food, Lelystad
- <sup>4)</sup> Alterra, Wageningen
- <sup>5)</sup> Agrotechnology and Food Innovations B.V., Wageningen

ISSN 1566-7197

Dit rapport kunt u bestellen door €13,- over te maken op banknummer 36 70 54 612 ten name van Alterra, Wageningen, onder vermelding van Milieu en Landelijk gebied 25. Dit bedrag is inclusief BTW en verzendkosten.

© 2004 Wageningen-UR  
Postbus 47; 6700 AA Wageningen; Nederland  
Tel.: (0317) 474700; fax: (0317) 419000; e-mail: info.alterra@wur.nl

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

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

## Inhoud

Samenvatting	7
1 Inleiding	9
2 Ontwikkelingen in de melkveehouderij (2004-2008)	11
2.1 Trends in melkproductie en kwaliteit voedermiddelen	11
2.2 Verbeterde wetenschappelijk inzichten	14
3 Gemiddelde excreties N en P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	17
3.1 Melkkoeien (Categorie 100 + 104)	17
3.2 Jongvee (Categorie 101/102)	18
3.3 Zoog- en weide koeien (Categorie 120)	20
3.4 Overige categorieën	21
4 Oorzaken en mate van variatie in de excretie van N	23
4.1 Invloed van met melkproductieniveau	23
4.2 Invloed van verschillen in eiwitgehalte in de afgeleverde melk	24
4.3 Invloed van het gewicht van de dieren in een veestapel	25
4.4 C4.Invloed van DVE dekking	25
4.5 Invloed van de DVE/RE verhouding	26
5 Opties voor het bepalen van een bedrijfsspecifieke excretie	27
5.1 Rekening houden met variatie in melkproductie, melkeiwitgehalte en gewicht van de koeien	28
5.2 Op basis van regio, grondsoort en intensiteit	28
5.3 Op basis van de voederpositie en voeraankoop van het bedrijf	29
5.4 Op basis van een nutriëntenbalans	30
5.5 Op basis van ureum in de melk	30
6 Gasvormige stikstofverliezen uit stal- en mestopslag	33
7 Mestvolumes melkvee	39
8 Discussie, conclusies en aanbevelingen	43
Literatuur	47



## Samenvatting

Het Europese Hof heeft bepaald dat het huidige Nederlandse Mestbeleid niet aan EU eisen voldoet. Het huidige mineralenaangiftesysteem (MINAS) moet worden vervangen door een systeem van normen voor de aanwending van stikstof (N) en fosfaat ( $P_2O_5$ ) op landbouwgrond (gebruiksnormen). Deze aanpassing en voortschrijdende inzichten waren aanleiding om de geschatte gemiddelde excreties door landbouwhuisdieren van N en  $P_2O_5$  te actualiseren. Dit rapport behandelt de excreties door rundvee

Uitgaande van berekeningen en berekeningswijze, zoals gebruikt door de Commissie Tamminga (2000) worden de achterliggende cijfers tegen het licht gehouden. Verwachte ontwikkelingen in de veehouderij zijn een doorgaande vermindering van het areaal grasland met tegelijkertijd extensivering, resulterend in lagere gehalten aan N, maar niet aan P, in ruwvoerders, een verdergaande verhoging van de melkproductie per koe met gelijk blijvende gehalten aan vet en eiwit, een vermindering van het aandeel jongvee op melkveehouderijbedrijven, en een vrij forse inkrimping van het areaal snijmaïs. Voeropnames zijn geschat op basis van het dekken van 102% van de VEM behoefte, waarbij rekening is gehouden met een aantal in het verleden niet of onvoldoende in rekening gebrachte toeslagen. Dit levert de in tabel 1 getoonde gemiddelde excreties aan N en  $P_2O_5$  in 2003, 2006 en 2008.

Tabel 1. Geschatte gemiddelde excretie aan N en  $P_2O_5$  (kg/jaar)

Cat.	Omschrijving	N			$P_2O_5$		
		2003	2006	2008	2003	2006	2008
100	Melkvee	128,8	136,7	137,9	n.v.t.	43,7	44,6
101	Jongvee < 1 jr	40,5	36,8	36,0	n.v.t.	9,8	9,9
102	Jongvee > 1 jr	82,9	78,9	77,3	n.v.t.	25,4	25,5
120	Zoogkoeien	86,9	89,7	88,1	n.v.t.	31,9	32,1

Vervolgens wordt in het rapport nader ingegaan op de mate van variatie in de excretie van N en  $P_2O_5$  en de achterliggende oorzaken. De variatie tussen dieren en bedrijven in N excretie is groot en de oorzaken zijn velerlei. Voor de belangrijkste oorzaken is een range in N uitscheiding per ha geschat. De belangrijkste oorzaken van variatie zijn het aandeel maïs of andere eiwitarme producten (bv. perspulp) in het rantsoen (range 85 kg N/ha), de melkproductie per koe (range 54 kg N/ha), de combinatie van zero grazing met maïs in het rantsoen, het laatste oplopend van 0 tot 30% van het ruwvoeraanbod (range 48 kg N/ha), een verlaging van het N gehalte in graskuil (range 41 kg N/ha) of gras (range 29 kg N/ha) en verlaging van het lichaamsgewicht (range 38 kg N/ha).

Verschillen in  $P_2O_5$  excretie kunnen ook aanzienlijk zijn, maar over de oorzaken daarvan bestaat veel onduidelijkheid.

Rekening houdend met de te beïnvloeden oorzaken van variatie worden een aantal opties ontwikkeld die mogelijk bruikbaar zijn om te komen tot bedrijfsspecifieke in

plaats van generieke excreties. Opties waarvan de mogelijkheden met hun voor- en nadelen worden besproken, zijn: rekening houden met variatie in melkproductie, melkeiwitgehalte en gewicht van de koeien (1), het indelen van bedrijven op basis van regio, grondsoort en intensiteit (2), het per bedrijf rekening houden met voederpositie en voeraankoop (3), per bedrijf een totale nutriëntenbalans berekenen (4) en bedrijven indelen op basis van ureum in de melk (5). Als meest kansrijke wordt beschouwd de nutriëntenbalans, met als nadeel de ermee gepaard gaande hoge administratieve lasten.

In aparte paragrafen wordt daarna nader ingegaan op gasvormige N verliezen vanuit stal en opslag en tenslotte worden schattingen gemaakt van de mestvolumes van melkvee.

De gasvormige N verliezen uit stal en opslag variëren van 3,8% van de totale N-excretie van rundvee in een grupstal met dunne mest en onbeperkt weiden tot 22% voor melkvee in een potstal. Voor de voor het gemiddelde beweidingssysteem in het gangbare huisvestingssysteem (ligboxstallen) geldt dat 11,3% verloren gaat in de vorm van gasvormige N verbindingen. De totale gasvormige N-verliezen uit stal- en mestopslag zijn bij melkvee de laatste jaren ten gevolge van de hogere bruto N-uitscheiding en het grotere aantal staldagen gemiddeld met circa 2 kg per dier per jaar toegenomen.

Mestproducties kunnen goed geschat worden uit de met het voer opgenomen hoeveelheden stikstof (N), natrium (Na), kalium (K), de melkproductie en het melkeiwitgehalte. De totale mestproductie per melkkoe neemt van 2003 naar 2006 en 2008 zo'n 10% toe, tot ruim 26 m<sup>3</sup>. Voorgesteld wordt voor 2006 een gemiddelde hoeveelheid mest te hanteren van 26 m<sup>3</sup> per jaar met een N gehalte van 4,4 en een P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> gehalte van 1,7 g/kg.

Het rapport wordt besloten met een korte discussie en een aantal conclusies en aanbevelingen. Geconcludeerd wordt dat de berekeningen van de generieke excreties berusten op een aantal aannames m.b.t. rantsoensamenstelling, kwaliteiten van voedermiddelen en de voerbenutting door vee. Omdat de excretie-waarden periodiek moeten worden bijgesteld wordt aanbevolen de belangrijkste onzekerheden in de aannames de komende jaren nauwgezet te volgen. Dit geldt met name voor het monitoren van de gehalten van N en P in gras en het verloop in het areaal snijmais. Door verder onderzoek kan in beeld worden gebracht welke benadering (of combinatie van benaderingen) van de bedrijfsspecifieke excretie voldoet aan minimum voorwaarden van betrouwbaarheid, administratieve kosten en handhaafbaarheid. Aanbevolen wordt zo'n onderzoek als project uit te voeren binnen Koeien & Kansen.



# 1 Inleiding

Volgens een uitspraak van het Europese Hof, eind 2003, voldoet het Nederlandse Mestbeleid niet aan EU eisen. Als gevolg daarvan wordt het huidige mineralenaangiftesysteem (MINAS) in 2006 vervangen door een systeem van normen voor de aanwending van stikstof (N) en fosfaat ( $P_2O_5$ ) op landbouwgrond (gebruiksnormen). Dit brengt met zich mee dat de Meststoffenwet dient te worden aangepast. Het doen van voorstellen tot aanpassing ligt op het terrein van de Commissie van Deskundigen Meststoffenwet, wiens taak het is knelpunten te signaleren in de regelgeving van de Meststoffenwet. Ook doet de Commissie voorstellen tot verbetering, en beoordeelt voorstellen tot herziening of actualisatie van de Meststoffenwet.

Een van de onderwerpen waarover de Commissie advies moet uitbrengen is een actualisering van mestproductienormen en gasvormige stikstofverliezen. Onder begeleiding van de Commissie is een werkgroep ingesteld die over deze onderwerpen een deskstudie heeft uitgevoerd, waarover in dit verslag wordt gerapporteerd.

Uitgaande van berekeningen en berekeningswijze, zoals gebruikt door de Commissie Tamminga (2000) worden de achterliggende cijfers tegen het licht gehouden. Hierbij worden eerst de verwachte ontwikkelingen in de veehouderij geschetst op grond waarvan de gemiddeld te verwachten excreties worden aangepast aan de in 2006 verwachte situatie, met een “doorkijk” naar de te verwachten situatie in 2008.

Vervolgens wordt nader ingegaan op de mate van variatie in de excretie van N en  $P_2O_5$  en de achterliggende oorzaken. Rekening houdend met de te beïnvloeden oorzaken van variatie worden een aantal opties ontwikkeld die mogelijk bruikbaar zijn om te komen tot meer bedrijfsspecifieke in plaats van generieke excreties.

In aparte paragrafen wordt daarna nader ingegaan op gasvormige verliezen vanuit stal en opslag en worden schattingen gemaakt van de mestvolumes van melkvee.

Het rapport wordt afgesloten met een korte discussie en een aantal conclusies en aanbevelingen.



## 2 Ontwikkelingen in de melkveehouderij (2004-2008)

### 2.1 Trends in melkproductie en kwaliteit voedermiddelen

- Volgens gegevens van het CBS neemt het areaal grasland sinds 1990 met 8.000 ha per jaar af. Verwacht wordt dat die lijn wordt voortgezet en dat het oppervlak grasland in 2008 ongeveer 950.000 ha zal bedragen, waarvan 650.000 – 700.000 ha intensief wordt gebruikt door de melkveehouderij. Er worden geen belangrijke verschuivingen verwacht naar grasrassen met een hoog suikergehalte of een veel hoger klaveraandeel in het gras. Wel wordt verwacht dat het aandeel beheersgrasland zal toenemen, maar dat dit voornamelijk gebruikt zal worden voor jongvee en vleesvee, bijvoorbeeld zoogkoeien. Het N gehalte in gras gegeten door jongvee > 1 jaar (categorie 102) en zoogkoeien (categorie 120) is daarom nog eens met 10% extra verlaagd.
- Het areaal snijmaïs schommelt sinds 1990 tussen 200.000 en 220.000 ha, zonder een duidelijke trend. Het vervallen van de EU graanpremie voor snijmaïs en de eis van minimaal 70% grasland om voor derogatie in aanmerking te komen, zal het areaal snijmaïs naar alle waarschijnlijkheid doen verminderen.
- Het gemiddelde melkveebedrijf in Nederland gebruikt 84% van haar cultuurgrond als grasland, de rest voor de teelt van maïs. De melkproductie per ha is 12.240 kg (Aarts, 2003). Verondersteld wordt dat in 2006 de melkproductie per koe 7.482 kg bedraagt. Volgens de werkgroep mestoverschotten, zijn er dan op basis van de landbouwtellingen van het CBS, op het bedrijf per 10 koeien 4,0 stuks jongvee > 1 jaar en 3,25 stuks jongvee < 1 jaar. De netto opbrengst van grasland wordt na introductie van de gebruiksnormen meststoffen, in 2006, geschat op 10.000 kg droge stof per ha, die van maïs op 12.500 kg (Schröder et al., 2004). Per ha wordt dan gemiddeld netto 10.400 kg droge stof geproduceerd, waarvan 19% in de vorm van snijmaïs. Op basis van de veebezetting en de in dit rapport veronderstelde rantsoenen is de consumptie van gras- en maïsproducten in tabel 1 weergegeven.

Tabel 1. Geschatte opname van gras- en maïsproducten (kg drogestof/jaar) op een gemiddeld Nederlands melkveebedrijf in 2006

	Per dier			Per ha				
	Koe	Jv<1 j	jv >1 j	Koeien	Jv<1 j	Jv >1 j	Som	
Weidegras	1445	306	1500	1,64	0,53	0,65	3508	
Kuilgras	2160	825	1300	2364	163	982	4823	
Snijmaïs	1200	180	100	1963	96	65	2124	
				Som	7861	697	1898	10455
				Deel maïs	0,25	0,14	0,03	0,203

Het bedrijf is zelf voorzienend voor gras en maïs. Uit tabel 1 blijkt dat 20,3% van de gemiddelde consumptie van eigen voer uit maïs bestaat. Dit komt goed overeen met de productie (19%), zoals aangehouden bij het vaststellen van de gebruiksnormen (Schröder et al., 2004). Veruit het grootste deel van de maïs wordt door het melkvee opgenomen, waardoor het aandeel maïs in het rantsoen voor melkvee 25% bedraagt. Om dit virtuele bedrijf energetisch (VEM dekking) in evenwicht te brengen moet er per ha 3244 kg krachtvoer worden aangekocht. Hiervan is 170 kg voor het jongvee, zodat er voor het melkvee 3074 kg (25,1 kg/100 kg melk) nodig is. De verhouding tussen grassilage en vers gras werd, gebaseerd op de verdeling tussen 200 stal- en 165 weidedagen met een deel beperkt weiden, geschat op 60 en 40%.

- Verder is als uitgangspunt genomen dat in 2006 en 2008 de melkveehouder zal koersen op een *ad libitum* ruwvoeropname van 14 kg drogestof per dag. Proeven die ten grondslag liggen aan de voorspelling van de voeropname met koemodel 2002 (Zom et al., 2002) laten zien dat dit goed mogelijk is.
- Een volgend uitgangspunt is dat de melkveehouder in het melkveerantsoen naast ruwvoer een krachtvoergift zal hanteren van tenminste 25 kg per 100 kg melk.
- De op de website van het blgg in Oosterbeek aanwezige gegevens (jaargemiddelden) voor vers gras, graskuil en maïskuil werden nader geanalyseerd. Voor de beperkte dataset (n=4 voor gras en n=7 voor graskuil) leverde dit voor de relaties tussen jaar en N gehalte en tussen N gehalte en VEM waarde de volgende verbanden op:

#### **Vers gras**

$$N \text{ (g/kg DS)} = -0,400 \times \text{jaar (1999 – 2002)} + 837 \text{ (R}^2=0,899; n = 4)$$

$$VEM = 12,455 \times N \text{ (g/kg DS)} + 538 \text{ (R}^2 = 0,9534; n = 4)$$

#### **Graskuil**

$$N \text{ (g/kg DS)} = -0,3366 \times \text{jaar (1997-2002)} + 704 \text{ (R}^2 = 0,498; n = 7)$$

$$VEM = \text{gemiddeld } 875 \text{ per kg DS, geen verband met N gehalte}$$

#### **Maïskuil**

$$N = 12,5 \text{ g/kg DS, geen duidelijk verband met jaar}$$

$$VEM = \text{gemiddeld } 925 \text{ VEM/kg DS, geen verband met jaar of N gehalte}$$

Met deze regressieformules werden voor de jaren 2000, 2003, 2006 en 2008 de voederwaardes per kg drogestof (DS) voor gras, graskuil en maïssilage geschat (Tabel 2).

Tabel 2: Uit regressies geschatte waarden voor g N/kg ds en VEM/kg ds

Jaar	Vers gras		Graskuil		Maïskuil	
	N	VEM	N <sup>1)</sup>	VEM	N	VEM
2000	37,0	1000	31,0	875	12,5	925
2003	35,8	985	30,0	875	12,5	925
2006	34,6	970	29,0	875	12,5	925
2008	33,8	960	28,3	875	12,5	925

<sup>1)</sup> Inclusief NH<sub>3</sub>-fractie. (Het blgg geeft normaal voor de NH<sub>3</sub> fractie gecorrigeerde waarden)

- Bij het N gehalte van vers gras past de opmerking dat waarschijnlijk vooral boeren op intensievere bedrijven monsters vers gras bij het blgg laten

analyseren. Deze monsters zijn mogelijk niet geheel representatief voor het gemiddelde Nederlandse gras, dat wellicht een wat lager N gehalte heeft. Echter de VEM waarde is dan ook lager, zodat er meer van moet worden opgenomen om aan dezelfde VEM dekking te komen. Daar komt bij dat grazende koeien selecteren en een betere kwaliteit gras opnemen dan hun wordt aangeboden. De geschatte N-gehalten komen overigens goed overeen met die gemeten in gewasmonsters van de Koeien & Kansen bedrijven. De N-gehalten voor vers gras, kuilgras en snijmaïs bedroegen daar respectievelijk 33,4 g/kg, 28,8 g/kg en 11,9 g/kg (gemiddelde 2000-2002).

- Voor krachtvoerders werden de laagste gehalten van het CBS aangehouden uit de jaren 1999/2002. De door de Commissie Tamminga voor 2003 voorspelde dalingen in de gehalten van standaard en eiwitrijk krachtvoer naar respectievelijk 25 en 32 g N/kg blijken in de praktijk niet te zijn gehaald. Er werden op basis van de CBS cijfers (Van Bruggen, 2002; 2003) daarom N gehalten van 27 (168 g ruw eiwit) en 35 (210 g ruw eiwit) g/kg aangehouden in respectievelijk standaard en eiwitrijk krachtvoer.
- Volgens opgave van de Overleggroep Producenten Natte Veevoerders (OPNV) is er jaarlijks een aanbod van ruim 5 miljoen ton natte bijproducten, met daarin 1,12 miljoen ton drogestof. Het overgrote deel hiervan (bijna 65%) wordt aan varkens gevoerd. Aangenomen is dat van de resterende 0,39 miljoen ton droge stof 80-85% wordt gevoerd aan melkvee, waardoor er gemiddeld 225 kg ds per koe beschikbaar is met een geschat N gehalte van 20 g N/kg ds.
- Gegevens over P gehalten in ruwvoerders werden verkregen van de website van het blgg in Oosterbeek, die voor mengvoerders werden overgenomen van het CBS. Voor P waren in de blgg gegevens geen verbanden met jaar of N gehalte aanwezig en ook Valk (2002) meldt de afwezigheid van een verband tussen N en P in op gras gebaseerde ruwvoerders. Voor vers gras, graskuil en maïskuil werden gemiddelden van 4,4; 4,2 en 2,0 g P/kg DS aangehouden. De gehalten liggen 5-10% hoger dan die uit het begin van de jaren negentig, die tot nu toe zijn gehanteerd. Een grotere voorraad fosfaat in de bodem, als gevolg van positieve overschotten op de fosfaatbalans, heeft de beschikbaarheid van fosfaat voor het gewas wellicht verbeterd en de opname verhoogd. De gemiddelde gehalten in Koeien & Kansen waren 4,5 (vers gras), 4,1 (kuilgras) en 2,1 (snijmaïs). Voor standaard, eiwitrijke en vochtrijke krachtvoerders werden P gehalten aangehouden van 4,8; 5,6 en 3,1 g/kg, zoals gepubliceerd door het CBS. Gehaltes in dierlijke producten werden verstrekt door dr.ir. H. Valk. Gehanteerde gehalten in dierlijke producten waren 0,97 g P/liter voor melk, 8,0 g P/kg voor pasgeboren kalveren (was 8,1) en 7,4 g P/kg voor pinken (was 7,1), vaarzen (was 7,3) en koeien (was 7,3).
- Voor de ontwikkelingen van de melkproductie is aangenomen dat slechts een deel van de veehouders zal doorgaan met het streven naar verdere productieverhoging, o.a. omdat er tegenwoordig ook op andere criteria wordt geselecteerd, o.a. duurzaamheid, wat leidt tot minder jongvee. Als "startjaar" is 2002 gekozen. Volgens het CBS produceerden in dat jaar 1.485.531 koeien in totaal 10.667.704 ton melk (Productschap Zuivel, PZ), d.w.z. 7187 kg per koe per jaar. Volgens het LEI (BIN), dat representatief is voor de meer gespecialiseerde melkveebedrijven, was in 2002 de productie 7410 kg. Er is

uitgegaan van de cijfers van het PZ/CBS. Verder is als uitgangspunt genomen dat de productie per dier jaarlijks met 1% stijgt en de omvang van de melkveestapel navenant daalt. Voor 2006 en 2008 betekent dat respectievelijk 1.427.000 en 1.398.600 melkkoeien voor het volmelken van een nationaal quotum van 10.677.040 ton melk. Omgerekend naar 2006 en 2008 is dat 7482 en 7634 kg per koe per jaar.

- Verwacht wordt dat de gehalten stabiel blijven, namelijk 4,45% vet en 3,50% eiwit. Dit, omdat het economisch niet aantrekkelijk is het vetgehalte te verhogen en het verhogen van het eiwitgehalte via selectie uiterst moeizaam is. De verwachte producties voor vet (4%) en eiwit (3,3%) gecorrigeerde standaardmelk, waarop de voederbehoefte worden gebaseerd, ( $FPCM = \text{Melk} \times (0,337 + 0,116 \times \% \text{Vet} + 0,06 \times \% \text{Eiwit})$ ) worden in 2006 en 2008 dan respectievelijk 7959 en 8121 kg per jaar.
- Verwacht wordt dat het aandeel jongvee binnen de melkveestapel verder zal dalen. Het voor 2003 gehanteerde jaarlijkse aanhoudings- c.q. vervangingspercentage is daarom verlaagd van 0,425 naar 0,3625. Het laatste cijfer is gebaseerd op de eerder genoemde 4 stuks jongvee < 1jr en 3,25 stuks > 1 jr per 10 koeien.
- Ook het gewicht van koeien en kalveren is beoordeeld. Op grond van de bevindingen van Van den Top et.al. (2000) wordt het gewicht van de gemiddelde koe gehandhaafd op 600 kg, maar het geboortegewicht van een kalf verhoogd van 42 naar 44 kg.

## 2.2 Verbeterde wetenschappelijk inzichten

VEM behoefte: De “drijvende kracht” voor melkproductie is energie, voor melkvee in Nederland sinds 1977 uitgedrukt in voedereenheden melk (VEM). Hiervoor zijn behoefte normen opgesteld bij koeien in respiratiekamers, die zijn geverifieerd in voederproeven met koeien in aanbindstallen. Naast VEM voor onderhoud en het produceren van melk, verbruikt een koe energie in lichaamsbeweging om voer op te nemen, voor de dracht, voor het groeien naar volwassenheid en voor het in het begin van de lactatie mobiliseren van lichaamsreserves (Negatieve Energie Balans, NEB) en die later in de lactatie weer aanzetten. De behoeftes voor de verschillende deelprocessen worden voor een koe met een productie van 7500 kg per jaar weergegeven in tabel 3. De opname aan mineralen zoals N en P is grotendeels een afgeleide van de opname aan VEM. De VEM behoeftenormen zijn opgesteld en geverifieerd voor de in 1977 geldende gemiddelde productie van 15 kg melk/dag. Een hogere productie gaat gepaard met een hogere behoefte, resulterend in een hogere voeropname. Dit veroorzaakt een hogere uitscheiding in de mest van N en P, tenzij de gemiddelde gehalten in het rantsoen sterk dalen.

Tabel 3 Formules en toeslagen bij berekening VEM behoefte voor 7500 kg FPCM

Doel	Formule	kVEM	
FPCM	Melk x (0,337 + 0,116 X %Vet + 0,06 x % Eiwit)		
Onderhoud	600 kg	42,4 x LG <sup>75</sup> x [1+(FPCM – 15) x 0,00165]	1893
Melk	7500 kg	442 x FPCM x [1+(FPCM – 15) x 0,00165]	3345
Weidegang	165 dg	20 % extra voor onderhoud	171
Ligboxenstal	200 dg	10 % extra voor onderhoud	104
Dracht + NEB	0,91/jr	168 kVEM dracht <sup>1)</sup> en 45 kVEM NEB per lactatie	194
Jeugdtoeslag	0,36/jr	240 kVEM in jaar 1 en 120 kVEM in jaar 2	131
Totaal			5838
Vereenvoudigd	5013 + 440 x kg FPCM + 0,73 x (kg FPCM) <sup>2</sup>		5242

<sup>1)</sup>Van den Top et al., 2000

Voor een koe van 600 kg in een veestapel met een productie van 7500 kg naar 4,0 % vet en 3,3 % eiwit gecorrigeerde standaard melk (FPCM), met 165 dagen weidegang (20% extra voor onderhoud), 200 staldagen (10% extra voor onderhoud), een tussenkalftijd van 400 dagen (toeslag voor drachtigheid), een vervangingspercentage van 36,25% (jeugdgroei bij 36,25% van de koeien), een verlies en herstel aan lichaamsgewicht van 100 kg (een extra behoefte voor NEB) betekent dit een behoefte die ruim 10% hoger ligt dan de behoefte voor alleen onderhoud en melk, waarbij onderhoud en melk berekend zijn volgens een vereenvoudigde formule [VEM = 5013 + 440 x kg FPCM + 0,73 x (kg FPCM)<sup>2</sup>; CVB, 2000]. Dit wordt bevestigd door waarnemingen in de praktijk van het onderzoek op “De Marke” (Galama et al., 2001) en in het project “Koeien & Kansen” (Galama et al., 2002), waar bij zowel melkgevende als droogstaande dieren de VEM dekking, berekend volgens de vereenvoudigde formule, uitkwam op 110% als gemiddelde over alle bedrijven.

Uit een gedetailleerd onderzoek van de cijfers van “Koeien & Kansen” bleek dat in deze praktijk situaties ongeveer 4% meer voer door het melkvee wordt verbruikt dan theoretisch nodig (Galama et al., 2001; Galama et al., 2002). Voor een deel zijn dat voeder verliezen als gevolg van morsen en het achterblijven van voederresten op stal. Deze hoeveelheid wordt op 2% geschat en verdwijnt naar de mestput of mestvaalt zonder het maag/darmstelsel van het dier gepasseerd te hebben. Dit deel speelt dus geen rol bij de excretieberekening. Mogelijke oorzaken van de overige 2% zijn het slechter verteren van voer door bijvoorbeeld zieke dieren of als gevolg van een suboptimale voeding, een hogere onderhoudsbehoefte van het huidige hoogproductieve melkvee of een te hoge inschatting van de voederwaarde van sommige producten. Meerdere auteurs (Agnew et al., 1998; Bruinenberg et al., 2002) claimen dat de VEM van ruwvoerders te hoog wordt ingeschat. Bij de berekening van de excretie is daarom uitgegaan van een energie-dekking van 102%.





### 3 Gemiddelde excreties N en P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>

Om het aantal diercategorieën te beperken zijn een aantal samengevoegd. Het betreft de categorieën 100 (melk- en kalfkoeien), 101 en 102 (vrouwelijk jongvee), 103 en 104 (stieren voor de fokkerij), 110, 115 en 121 (startkalveren voor de vleesproductie), en 124 en 125 (overig vleesvee). In tabel 4 is aangegeven welke categorieën zijn samengevoegd. Hierbij is voor de grootste categorie de excretie berekend en deze cijfers zijn vervolgens ook geldig verklaard voor de kleinste (toegevoegde) categorie. De berekeningen zijn uitgevoerd op dezelfde wijze als door de commissie Tamminga et al. (2000), d.w.z. N-uitscheiding = N in voer minus N in dierlijk product.

Tabel 4 Samengevoegde diercategorieën

Diercategorie	
100, 104	Samen op grond van gelijksoortigheid en gecombineerd voorkomen
101, 103, 124	Samen op grond van gelijksoortigheid
102, 104, 125	Samen op grond van gelijksoortigheid
110, 115, 121	Samen op grond van gelijksoortigheid

#### 3.1 Melkkoeien (Categorie 100 + 104)

Vanwege het geringe aantal en het kleine verschil met melkkoeien werd een deel van de categorie 104 (fokstieren > 2 jaar) hieraan toegevoegd. Rekening houdend met de eerder genoemde punten werden melkveerantsoenen samengesteld en de excreties aan N en P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> berekend. Dit levert bij een melkproductie van 7482 kg (2006), een gemiddelde excretie op van 136,7 en voor 7634 kg (2008) 137,9 kg N per koe per jaar (tabel 5).

Tabel 5 Geschatte gemiddelde N excretie melkvee+fokstieren (Categorie 100)

Categorie 100	2006			2008		
	kg	g N/kg	kg N	kg	g N/kg	kg N
<i>Opname:</i>						
Weidegras (ds)	1445	34,6	50,0	1505	33,8	50,9
Graskuil (ds)	2160	29,0	62,6	2250	28,3	63,7
Snijmaïskuil (ds)	1200	12,5	15,0	1100	12,5	13,8
Standaard krachtvoer	1420	27,0	38,3	1470	27,0	39,7
Eiwitrijk krachtvoer	250	35,0	8,8	250	35,0	8,8
Vochtrijk krachtvoer (ds)	225	20,0	4,5	225	20,0	4,5
<i>Vastlegging:</i>			42,5			43,3
<i>Excretie</i>			136,7			137,9

Een samenvattend beeld van de doorgerkende scenario's wordt gegeven in tabel 6

Tabel 6. Karakterisering voermanagement gebruikt voor schatten gemiddelde excretie

	% maïs	Krv/melk g/kg	% RE in rantsoen	Stal- Dagen	% ver- vangng	Forfaitaire uitscheiding
Cie Tamminga 2003	33	300	171,8	180	42,50	128,8
2006	25	250	173,1	200	36,25	136,7
2008	22	250	172,6	200	36,25	137,9

Voor 2006 en 2008 worden voor fosfaat ( $P_2O_5$ ) gemiddelde excreties berekend van respectievelijk 43,7 en 44,6 kg  $P_2O_5$  per koe per jaar (Tabel 7).

Tabel 7. Geschatte gemiddelde P en  $P_2O_5$  excretie melkvee+fokstieren (Categorie 100)

Categorie 100 Opname:	2006			2008		
	kg	g P/kg	kg P	kg	g P/kg	kg P
Weidegras (ds)	1445	4,4	6,4	1505	4,4	6,6
Graskuil (ds)	2160	4,2	9,1	2250	4,2	9,5
Snijmaïskuil (ds)	1200	2,0	2,4	1100	2,0	2,2
Standaard krachtvoer	1420	4,8	6,8	1470	4,8	7,0
Eiwitrijk krachtvoer	250	5,5	1,4	250	5,5	1,4
Vochtrijk krachtvoer (ds)	225	3,1	0,7	225	3,1	0,7
Vastlegging:			7,7			7,8
Excretie P			19,1			19,5
Excretie $P_2O_5$			43,7			44,6

### 3.2 Jongvee (Categorie 101/102)

Aan de categorie 101 (vrouwelijk jongvee < 1 jaar) werden toegevoegd de categorieën 103 (stieren voor de fokkerij < 1 jaar) en 124 (overig vleesvee < 1 jaar). Aan de categorie 102 werden een deel van categorie 104 (fokstieren van 1-2 jaar) en categorie 125 (overig vleesvee > 1 jaar) toegevoegd. Bij deze categorieën verandert er weinig. Alleen het geboortegewicht is iets verhoogd en de kwaliteit van ruwvoer is aangepast aan de te verwachten ontwikkelingen, zoals weergegeven in Hoofdstuk 2. Voor categorie 102 is uitgegaan van afkalven op een leeftijd van 26 maanden en is de voederbehoefte berekend over het traject 13 t/m 26 maanden (426 dagen) en vervolgens teruggerekend naar een periode van 365 dagen. Als gevolg van herberekende voeropnames, P gehalten in voer (zie Hoofdstuk 2), en P vastgelegd in het dier komen de  $P_2O_5$  uitscheidingen van met name jongvee > 1 jaar hoger uit dan de WUM 2002 cijfers. De geschatte gemiddelde mestuitscheidingen van N en  $P_2O_5$  worden weergegeven in de tabellen 8 t/m 11.

Tabel 8 Geschatte gemiddelde N excretie jongvee < 1 jaar (Categorie 101)

Categorie 101	2006			2008		
	Opname:	kg	g N/kg	kg N	kg	g N/kg
Weidegras (ds)	306	34,6	10,6	310	33,8	10,5
Graskuil (ds)	825	29,0	23,9	825	28,3	23,3
Snijmaïskuil (ds)	180	12,5	2,3	180	12,5	2,3
Standaard krachtvoer	165	27,0	4,5	165	27,0	4,5
Melk	355	5,5	2,0	355	5,5	2,0
Vastlegging:			6,4			6,4
Excretie N			36,8			36,0

Tabel 9 Geschatte gemiddelde N excretie jongvee > 1 jaar (Categorie 102)

Categorie 102	2006			2008		
	Opname:	kg	g N/kg	kg N	kg	g N/kg
Weidegras (ds)	1500	28,0	42,0	1510	27,4	41,4
Graskuil (ds)	1300	29,0	37,7	1300	28,3	36,8
Snijmaïskuil (ds)	100	12,5	1,3	100	12,5	1,3
Standaard krachtvoer	116	27,0	3,1	116	27,0	3,1
Vastlegging:			5,2			5,2
Excretie N			78,9			77,3

Tabel 10 Geschatte gemiddelde P en P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> excretie jongvee < 1 jaar (Categorie 101)

Categorie 101	2006			2008		
	Opname:	kg	g P/kg	kg P	kg	g P/kg
Weidegras (ds)	306	4,4	1,3	310	4,4	1,4
Graskuil (ds)	825	4,2	3,5	825	4,2	3,5
Snijmaïskuil (ds)	180	2,0	0,4	180	2,0	0,4
Standaard krachtvoer	165	4,8	0,8	165	4,8	0,8
Melk	355	1,0	0,3	355	1,0	0,3
Vastlegging:			2,0			2,0
Excretie P			4,3			4,3
Excretie P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>			9,8			9,9

Tabel 11 Geschatte gemiddelde P en P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> excretie jongvee > 1 jaar (Categorie 102)

Categorie 102	2006			2008		
	Opname:	kg	g P/kg	kg P	kg	g P/kg
Weidegras (ds)	1500	4,4	6,6	1510	4,4	6,6
Graskuil (ds)	1300	4,2	5,5	1300	4,2	5,5
Snijmaïskuil (ds)	100	2,0	0,2	100	2,0	0,2
Standaard krachtvoer	116	4,8	0,6	116	4,8	0,6
Vastlegging:			1,7			1,7
Excretie P			11,1			11,1
Excretie P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>			25,4			25,5

Tabel 12 geeft de uitscheidingscijfers van melkvee met het daarbij behorende jongvee. Verwacht wordt dat het aandeel jongvee verder zal dalen. De in vergelijking met 2003 geschatte hogere uitscheidingscijfers voor melkvee worden niet volledig gecompenseerd door lagere N gehalten in het voer, maar wel door een lagere uitscheiding van het jongvee. Dit wordt veroorzaakt doordat er relatief minder jongvee wordt aangehouden en omdat verwacht wordt dat jongvee in toenemende mate zal worden grootgebracht met kwalitatief laagwaardiger voer.

Tabel 12. Verwachte N excretie cijfers (kg/jr) van "aangekelede" melkkoeien

	Cie Tamminga, 2003				2006			2008		
	Koe	128,8	1,00	128,8	136,7	1,00	136,7	137,9	1,00	137,9
Kalf < 1 jr	40,5	0,42	17,0	36,8	0,325	12,0	36,0	0,30	10,8	
Vaars > 1 jr	82,9	0,42	34,8	78,9	0,40	31,6	77,3	0,40	30,9	
			180,6			180,2			179,6	

### 3.3 Zoog- en weide koeien (Categorie 120)

Verwachte veranderingen beperken zich tot verlaging van het N gehalte van ruwvoerders. Omdat deze categorie voor een belangrijk deel in beheersgebieden worden gehouden is het N gehalte van gras met 20% verlaagd. Geschatte excreties staan in de tabellen 13 en 14.

Tabel 13. Geschatte gemiddelde N excretie van zoog- en weidekoeien (Categorie 120)

Categorie 120	2006			2008		
	Opname:	kg	g N/kg	kg N	kg	g N/kg
Weidegras (ds)	1837	28,0	51,4	1847	27,4	50,6
Graskuil (ds)	1840	26,1	48,0	1850	25,5	47,2
Standaard krachtvoer	60	27,0	1,6	60	27,0	1,6
Vastlegging:			11,3			11,3
Excretie N			89,7			88,1

Tabel 14 Geschatte gemiddelde P en P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> excretie van zoog- en weidekoeien (Categorie 120)

Categorie 120	2006			2008		
	Opname:	kg	g P/kg	kg P	kg	g P/kg
Weidegras (ds)	1837	4,4	8,1	1847	4,4	8,1
Graskuil (ds)	1840	4,2	7,7	1850	4,2	7,8
Standaard krachtvoer	60	4,8	0,3	60	4,8	0,3
Vastlegging:			2,3			2,3
Excretie P			13,8			14,0
Excretie P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>			31,9			32,1

De schattingen voor P moeten met de nodige reserve worden gehanteerd. Wegens gebrek aan cijfers worden hier dezelfde P gehalten gebruikt als voor ruwvoerders afkomstig van grasland met een goed management. Dit lijkt niet erg waarschijnlijk.

### **3.4 Overige categorieën**

Bij de categorieën 110 t/m 117 (vleeskalveren wit en vleeskalveren rose) worden geen noemenswaardige veranderingen verwacht, evenmin als bij de categorieën 121 t/m 123. De categorieën 115 en 121 verdwijnen en worden ingedeeld bij 110 (startkalveren t.b.v. wit, rose of roodvleesproductie 0 tot ca. 3 maanden). Vleesstieren worden samengevoegd in categorie 123. De gemiddelde excreties van deze categorieën blijven onveranderd.



## 4 Oorzaken en mate van variatie in de excretie van N

De excretie van N (en  $P_2O_5$ ) is berekend voor het gemiddelde Nederlandse melkproductieniveau (in 2006 geschat op 7482 kg melk/koe/jaar). Op basis van de voederbehoefte en het verbruik van voedermiddelen (in Nederland vooral gras, graskuil, maïs en krachtvoer) is een gemiddeld melkveerantsoen samengesteld. De excretie is dan het verschil tussen de hoeveelheid N (en P) in het rantsoen en de vastlegging ervan in melk en vlees. De berekening van de gemiddelde excretie is dus een balansbenadering. Een belangrijk voordeel hiervan is dat het een robuuste en eenvoudige benadering is: uitgezonderd die van vers gras zijn alle benodigde gemiddelde gegevens bekend, voor een belangrijk deel ook bij de overheid. Echter, voerkwaliteit en de mate waarin de met het voer opgenomen N door koeien wordt omgezet in dierlijk eiwit (melk en vlees) varieert sterk per bedrijf. Afhankelijk van rantsoen, soort productie (onderhoud, groei, melk), productieniveau en management varieert de excretie tussen bedrijven van 100 – 200 kg N per koe per jaar. Het is daarom belangrijk na te gaan in hoeverre de excretie bedrijfsspecifiek te maken is. Hiervoor is het allereerst noodzakelijk inzicht te hebben in de bronnen en de mate van variatie. Over het gedrag van N in bodem, plant en dier is veel bekend en de oorzaken van variatie in N excretie kunnen daarom redelijk goed in kaart worden gebracht. Ook de verschillen in de excretie van  $P_2O_5$  kunnen aanzienlijk zijn, maar over de oorzaken daarvan bestaat veel onduidelijkheid. Het in kaart brengen van de variatie in  $P_2O_5$  excretie is daarom maar zeer beperkt mogelijk, reden waarom daaraan in deze sectie weinig aandacht wordt besteed.

De oorzaken van de variatie in N excretie per dier zijn zoals gezegd, velerlei, maar als meest belangrijke worden aangemerkt:

- Verschillen in melkproductieniveau tussen bedrijven
- Verschillen in melkeiwitgehalte tussen bedrijven
- Verschillen in gewicht tussen (koppels) koeien
- Het (via bijvoorbeeld het aandeel snijmaïs) boven of onder de eiwit (DVE) norm voeren
- Een (via krachtvoer te bewerkstelligen) variërende DVE/RE verhouding tussen rantsoenen

### 4.1 Invloed van met melkproductieniveau

Het melkproductieniveau heeft grote invloed op de voederbehoefte. Het verhogen van de melkproductie verhoogt niet alleen de afvoer van N en  $P_2O_5$  in melk en vlees, maar ook de voeropname en daarmee de excretie van N en P in mest en urine. De invloed van een melkproductie niveau in trappen van 1000 kg hoger of lager dan 7500 kg per jaar (en daarmee van de VEM opname) op de gemiddelde N en  $P_2O_5$  uitscheiding is op 2 manieren berekend, nl. door de voeropname aan te passen met een rantsoen van constante samenstelling (excretie 1), en met het aanpassen van de voeropname door alleen standaard krachtvoer (excretie 2).

Voor de uitscheiding van N ontlopen de resultaten elkaar niet veel (Tabel 15). Boven de 5500 kg geeft elke 100 kg extra melk, ongeacht het rantsoen, gemiddeld 0,92-0,96 kg N extra. De stijging van de fosfaat uitscheiding per 100 kg melk extra is enigszins rantsoenafhankelijk en bedraagt 0,28-0,30 wanneer dit bereikt wordt met een vast rantsoen en 0,36-0,38 wanneer de extra melk het gevolg is van meer krachtvoer.

Tabel 15. Invloed van melkproductieniveau op de gemiddelde N en P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> excretie

Melkproductie	VEM	N-excretie 1	N-excretie 2
5500	5190	118,5	118,6
6500	5695	127,7	127,7
7500	6205	136,8	136,9
8500	6720	146,3	146,1
9500	7240	155,9	155,6
		P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> excretie 1	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> excretie 2
5500	5190	38,0	36,5
6500	5695	40,8	40,0
7500	6205	43,6	43,6
8500	6720	46,4	47,2
9500	7240	49,4	50,8

## 4.2 Invloed van verschillen in eiwitgehalte in de afgeleverde melk

Tussen bedrijven kan het eiwitgehalte van de melk variëren, zelfs wanneer gelijke of soortgelijke rantsoenen worden gevoerd. Belangrijke oorzaken zijn erfelijke aanleg van de veestapel, management en voeding. Tabel 16 geeft bij melkproducties, variërend van 5500 tot 9500 kg, de variatie in N excretie als gevolg van het laten variëren van het eiwitgehalte in de melk bij de voor 2006 verwachte “standaardrantsoenen”. Per procent eiwit in de melk blijkt de gemiddelde N excretie tussen de 4,1 (lage productie) en 6,9 (hoge productie) kg N per jaar per koe te variëren.

Tabel 16. Invloed van melkeiwitgehalte op de gemiddelde N excretie

Melk	Eiwit in melk (g/kg)				
	25	30	35	40	45
	Forfaitaire N excretie (kg/jaar)				
5500	122,6	120,6	118,4	116,5	114,4
6500	132,5	130,0	127,6	125,3	122,9
7500	142,4	139,6	<b>137,0</b>	134,2	131,4
8500	152,6	149,3	147,4	143,3	140,2
9500	162,8	159,2	155,8	152,5	149,0



### 4.3 Invloed van het gewicht van de dieren in een veestapel

Een lichter dier heeft een lagere onderhoudsbehoefte. Volgens tabel 3 bedraagt de behoefte voor onderhoud 42,4 VEM per kg metabool gewicht ( $MBW = BW^{0,75}$ ). Een verschil van 50 kg lichaamsgewicht komt per jaar overeen met een verschil in onderhoudsbehoefte van 135 kVEM. Door de gemiddelde Nederlandse melkkoe wordt er per 1000 VEM energie ongeveer 30 g N opgenomen. In onderhoud wordt geen N vastgelegd, dus een koe met een volwassen gewicht dat 50 kg zwaarder of lichter is dan het gemiddelde gewicht van 600 kg zal per jaar 4 kg N meer of minder uitscheiden. Bij een veestapel met een lager volwassen gewicht hoort ook jongvee met een wat lager gewicht en dus ook een lagere VEM behoefte, voor zowel onderhoud als voor groei. Uitgaande van dezelfde behoefte voor onderhoud per kg MBW en een zelfde groeipatroon zou dat een verschil opleveren van ongeveer 8% per 50 kg verschil in volwassen gewicht. Per koe wordt gemiddeld gerekend met de aanwezigheid van 0,4 kalf < 1 jaar en 0,325 kalf > 1 jaar, met een excretie van respectievelijk 43,1 en 84,1 kg N per jaar. Per koe betekent dit voor de opfok een verschil in excretie van 3,5 kg N per jaar. In totaal bedraagt het verschil per aangeklede koe (koe + 0,4 kalf + 0,325 vaars) dan 7,5 kg N per koe per jaar per 50 kg verschil in volwassen lichaamsgewicht.

### 4.4 C4.Invloed van DVE dekking

In de praktijk bepaalt de energie (VEM) dekking de voeropname en als gevolg daarvan bedraagt de DVE dekking uit het opgenomen voer in de praktijk globaal 105%, maar varieert tussen 95 en 115%. In de berekende virtuele gemiddelde standaardrantsoenen bedraagt de DVE dekking bijvoorbeeld in 2006 en 2008 respectievelijk 104 en 105%. Een belangrijk deel van het DVE overschot is afkomstig uit vers gras. Een middel om de DVE dekking binnen een vaste VEM dekking (voor de praktijk geschat op 102% van de behoefte, zie paragraaf 2.2), te laten variëren is via de verhouding graskuil/maïskuil in het rantsoen. De variatie in N uitscheiding in dit rekenvoorbeeld (Tabel 17) bedraagt 0,8 kg N per % snijmaïs. In de praktijk zal de variatie minder zijn, omdat naast snijmaïs veelal eiwitrijker krachtvoer verstrekt zal worden.

Tabel 17. N uitscheiding bij variërende verhoudingen tussen graskuil en maïskuil binnen het runvoer

% DVE dekking	% maïskuil	% graskuil	N excretie	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> excretie
95	100	0	86	28,2
100	75	25	105	33,9
105	50	50	125	39,7
110	25	75	145	45,5
115	0	100	164	51,3

Ook de excretie van P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> varieert met het veranderen van de verhouding tussen maïskuil en graskuil. Daarnaast zijn er beperkte mogelijkheden om de excretie van P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> te variëren door de grondstoffenkeuze in het krachtvoer.

#### 4.5 Invloed van de DVE/RE verhouding

In Nederland gebruiken we bij herkauwers als rekeneenheid om de eiwitwaarde uit te drukken de Darm Verteerbaar Eiwit (DVE). Deze eenheid is meer afhankelijk van de in een voedermiddel aanwezige energie dan van het erin aanwezige (ruw) eiwit (RE). Niet alle RE heeft daarom eiwitwaarde en de niet in DVE aanwezige N gaat verloren en wordt uitgescheiden en draagt dus bij aan de N excretie. Het deel van de N dat in DVE aanwezig is varieert tussen voedermiddelen en dientengevolge ook tussen rantsoenen. Voor gras, graskuil en maïskuil is de DVE/RE verhouding laag met weinig variatie en bedroeg de laatste jaren respectievelijk 0,44 ( $\pm 0,004$ ); 0,40 ( $\pm 0,035$ ) en 0,64 ( $\pm 0,009$ ). In krachtvoergrondstoffen is deze verhouding meer variabel. In 1998 bedroeg de DVE/RE verhouding in standaard mengvoer 0,525 en in eiwitrijk mengvoer 0,526 (Tamminga et al., 2000). Technisch is het goed mogelijk de DVE/RE verhouding in mengvoer te verhogen, maar de prijstechnische consequenties zijn weinig voorspelbaar. Tabel 18 geeft de invloed van het vernauwen van de DVE/RE verhouding in mengvoer (bij constant houden van de DVE waarde en verlaging van het N gehalte), op de N excretie.

Tabel 18. De invloed van de DVE/RE verhouding op de N excretie (kg N/jaar) van melkkoeien

	DVE/RE	N standaard	N eiwitrijk	N excretie
2006	0,535	27,0	35,0	137,4
	0,500	28,8	38,4	140,9
	0,550	26,2	34,9	136,2
	0,600	24,0	32,0	132,1
	0,650	22,2	29,5	128,7
	0,700	20,6	27,4	125,9

## 5 Opties voor het bepalen van een bedrijfsspecifieke excretie

Het eerder geschetste gemiddelde virtuele Nederlandse melkveehouderijbedrijf, heeft een aantal kengetallen, nl. gras- en maïsareaal (0,8 resp 0,2 ha/ha cultuurgrond), melkproductie/ha (12240 kg), veebezetting (1,64 “aangeklede” koe/ha), aangekocht voer (3244 kg krachtvoer/ha). Ook kan de N excretie per ha worden berekend. Die komt na correctie voor gasvormige verliezen uit op 265 kg N/ha). De laatste komt, als rekening wordt gehouden met een onzekerheidsmarge van 5%, aardig in de buurt van de maximaal toegestane hoeveelheid om bij derogatie de noodzaak tot mestafvoer te voorkomen. De afwijkingen van individuele bedrijven van dit virtuele standaardbedrijf kunnen als uitgangspunt dienen voor het ontwerpen van een systeem van bedrijfsspecifieke excreties. Tabel 19 geeft een overzicht van de oorzaken van variatie, de bandbreedte van die oorzaken en de bandbreedte van de uit die variatie voortvloeiende excretie van N.

Tabel 19. Variatie in N excretie bij afwijkingen van het virtuele standaardbedrijf

Kenmerk	Eenheid	Bandbreedte	Melk/koe (kg)	Melk/ha (kg)	N verlies/ha (kg)
Standaard			7452	12240	265
Melk/koe	Kg	5500 → 9500	5500 → 9500	9034 → 15605	227 → 281
Melkeiwit	g/kg	25 → 45	7500	12318	271 → 237
Koegewicht	Kg	450-700	7500	12318	231 → 269
DVE/RE	Ratio	0.50 → 0.75	7500	12318	259 → 239
Aandeel maïs <sup>1)</sup>	% RV	0 → 55	7500	12318	289 → 204
N gras	g N/kg ds	35 → 25	7500	12318	252 → 223
N in graskuil	g N/kg ds	30 → 20	7500	12318	255 → 214
Zero grazing	+% maïs	0 → 30	7500	12318	279 → 231
Veebezetting <sup>2)</sup>	Gve	1,5 → 1,9	8873 → 5525	13330 → 10482	251 → 260
Jongvee <sup>2)</sup>	% gve	52 → 87	8168 → 6837	13416 → 11229	253 → 255

<sup>1)</sup> Een vergelijkbaar effect kan bereikt worden met eiwitarme bijproducten of eiwitarm krachtvoer

<sup>2)</sup> Bij gelijkblijvende voedervervoorziening leidt dit tot minder melkgevende koeien en minder melk

Zoals verwacht is er een grote variatie rond het gemiddelde, met een veelheid van oorzaken. De belangrijkste oorzaken van variatie zijn het aandeel maïs of andere eiwitarme producten (bv. persulp) in het rantsoen (range 85 kg N/ha), de productie per koe (range 54 kg N/ha), de combinatie van zero grazing met maïs in het rantsoen, het laatste oplopend van 0 tot 30% van het ruwvoeraanbod (range 48 kg N/ha) en verlaging van het N gehalte in graskuil (range 41 kg N/ha) of gras (range 29 kg N/ha) of verlaging van het lichaamsgewicht (range 38 kg N/ha).

## 5.1 Rekening houden met variatie in melkproductie, melkeiwitgehalte en gewicht van de koeien

Verschillen in melkproductie en melkeiwitgehalte zijn goed meetbaar en bruikbaar als criteria voor het bepalen van bedrijfsspecifieke excreties. Verschillen in gewicht zijn moeilijk in te schatten, maar zijn mogelijk af te leiden uit de lichaamsmaten (kruishoogte, borstomvang e.d.) die bij veel koeien wel worden bepaald en vastgelegd.

### *Voordelen:*

- De benodigde melkgegevens zijn eenvoudig en betrouwbaar te verzamelen (melkfabriek).
- Het is eenvoudig te vertalen in rekenregels en/of tabellen.
- Deze benadering is wetenschappelijk goed verdedigbaar

### *Nadelen:*

- Door eiwitrijker gaan voeren kunnen veehouders zowel het melkeiwitgehalte als de excretie van N in de mest proberen op te voeren. Ze worden immers niet afgerekend op eiwitarm en fosfaatarm voeren en het werkelijke effect kan dus tegengesteld zijn aan het beoogde. Echter, eiwitrijker voeren leidt eerder tot een hogere melkproductie dan tot een hoger melkeiwitgehalte. Een hoog eiwitgehalte wordt meer gestimuleerd door een hogere energiedichtheid, die bereikt kan worden door meer niet-structurele koolhydraten (zetmeel) in het rantsoen op te nemen.
- Het geeft geen informatie over  $P_2O_5$  verliezen.
- Het gewicht van koeien is moeilijk in te schatten.

### *Oplossing:*

- Alleen melkproductieniveau meenemen in de berekening (eiwitgehalte dus niet).

## 5.2 Op basis van regio, grondsoort en intensiteit

Rantsoenen voor melkvee verschillen als gevolg van grondsoort (mogelijkheid om maïs te telen) en intensiteit (noodzaak tot voeraankoop). Voor de selectie van bedrijven voor het project “Koeien & Kansen” zijn de verschillen in kaart gebracht. In het rapport “Typical Dutch” zijn alle Nederlandse melkveebedrijven gerubriceerd op basis van de combinatie regio-grondsoort-intensiteit en ingedeeld in ongeveer 60 klassen. Per klasse kan een specifiek gemiddeld rantsoen worden samengesteld, waarbij de (gewogen) som van klassen het gemiddelde Nederlandse rantsoen oplevert. Elk bedrijf krijgt de excretienorm van de klasse waarin het is ingedeeld. En differentiatie naar niveau van melkproductie (zie hiervoor) blijft mogelijk.

### *Voordelen:*

- De benodigde extra gegevens zijn eenvoudig en betrouwbaar te verzamelen.
- Het systeem doet recht aan grote verschillen tussen bedrijven in Nederland.

### ***Nadelen***

- Het vaststellen van een generiek rantsoen per klasse zal veel discussie geven.
- Er is geen prikkel om eiwit- of fosfaatarm te voeren; een veehouder heeft geen baat bij een excretie die lager is dan de norm van zijn klasse (integendeel).
- De uitvoeringslasten (uitvoerbaarheid, handhaafbaarheid) zijn hoog.

## **5.3 Op basis van de voederpositie en voeraankoop van het bedrijf**

Gebbruiksnormen voor meststoffen zijn gebaseerd op aangenomen netto gewas opbrengsten en excreties zijn geschat op basis van aangenomen voeropnames. Op basis van gewasarealen, grondsoort en veestapel kan de normatieve voerpositie van een bedrijf worden berekend uit reeds bekende gegevens. Als van een willekeurig bedrijf de arealen gras en maïs bekend zijn en bovendien veebezetting en melkproductie/ha dan kan op basis van de VEM behoefte een rekenkundige veronderstelling gemaakt worden over de samenstelling van het rantsoen, de daarvoor benodigde normatieve (of werkelijke) voeraankopen en de daaruit voortvloeiende excretie van N en  $P_2O_5$ .

### ***Voordelen:***

- De benodigde extra gegevens zijn eenvoudig en betrouwbaar te verzamelen.
- Dit systeem doet recht aan grote verschillen tussen bedrijven in Nederland.
- Door rekening te houden met de werkelijke voeraankoop, als die afwijkt van de normatieve, wordt het aankopen en voeren van N- en P-arm voer beloond.
- Om extra voeraankopen te beperken wordt het realiseren van een hoge netto gewasopbrengst gestimuleerd
- Deze benadering krijgt wellicht draagvlak bij de sector

### ***Nadelen:***

- De eigen voerproductie geeft geen echte prikkel om eiwit- of fosfaatarm te voeren; een veehouder heeft geen baat bij een excretie die lager is dan de norm van zijn bedrijf.
- Veehouders kunnen proberen het areaal gras te minimaliseren. Milieukundig is dat niet altijd gewenst (bv. maïs op veengrond). Bovendien is het een prikkel tot intensiveren.
- De werkelijke voeraankoop moet bekend zijn. Krachtvoeraankopen zijn vrij eenvoudig vast te stellen en te controleren. Het controleren van aankoop en vervoeding van ruwvoerders (met name op intensieve bedrijven) vormt een probleem.
- De uitvoeringslasten (uitvoerbaarheid, handhaafbaarheid) zijn hoog.

### ***Oplossing:***

- Bedrijven die doorgaan met een mineralenboekhouding kunnen van deze optie gebruik maken.

## **5.4 Op basis van een nutriëntenbalans**

In principe kan de berekening van de generieke excretie volgens de voederbalans voor elk bedrijf individueel worden toegepast.

### ***Voordelen***

- Het is doorzichtig en geeft een betrouwbaar beeld van de bedrijfsspecifieke situatie.
- Het geeft (aanvullend) een goede management tool.

### ***Nadelen***

- Het veroorzaakt een toename van de administratie.
- Het vereist het kwantificeren en analyseren van alle op het bedrijf gewonnen en aangevoerde voedermiddelen.

### ***Oplossing***

- In analogie met de jaarlijkse aangifte inkomsten belasting wordt er een aangiftdiskette met toelichting geconstrueerd.

## **5.5 Op basis van ureum in de melk**

In kortdurende balans- (Bannink en Hindle, 2003) en voederproeven (Van Duinkerken et al., 2003) is een verband aangetoond tussen het ureum gehalte in de melk en de N uitscheiding in urine en mengmest. Het jaarlijks gemiddelde melkureumgehalte van de tankmelk of de met de tankmelk afgevoerde hoeveelheid ureum zou mogelijk een basis kunnen zijn voor het vaststellen van de gerealiseerde N-excreties en voor het daarop afrekenen van de melkveehouder. Qua eenvoud en praktische uitvoerbaarheid lijkt melkureum goed bruikbaar, maar er zijn vragen over de nauwkeurigheid waarmee het onderscheid kan maken tussen gerealiseerde N-excreties bij uiteenlopende bedrijfsvoeringen, en in hoeverre het de nauwkeurigheid van een balans berekening evenaart.

### ***Voordelen:***

- Melkureum is gemakkelijk en betrouwbaar te meten. Er is draagvlak bij de sector, want het is een eerlijke meetwaarde waarbij manipulatie of fraude nagenoeg uitgesloten is.
- Vanwege haar relatie met o.a. de N opname wordt door melkureum als indicator eiwitarm voeren gestimuleerd.
- De kosten van het meten van melkureum zijn betrekkelijk gering.
- Melkureum is goed bruikbaar als extra informatie naast eventuele balansberekeningen (controleren van balansopgave veehouder)

### ***Nadelen***

- Het is onduidelijk in hoeverre het ureumgehalte gemanipuleerd kan worden, bijvoorbeeld door zouttoevoegingen in het rantsoen.
- Het geeft geen informatie over P verliezen

### ***Oplossing:***

- De inzet van het melkureumgehalte als beleidsinstrument vereist een grondige evaluatie vooraf, met name wat betreft de nauwkeurigheid en de zeggingskracht vergeleken met die van een balansberekening. Hierbij dient ook de variant van een maximaal toelaatbare ureum productie per ha, als maat voor de maximaal toelaatbare N excretie per ha, in beschouwing te worden genomen.
- Er is besluitvorming nodig over de veiligheidsmarges die moeten worden aangehouden bij het afrekenen van de melkveehouder.
- Overwogen kan worden de melkveehouder niet uitsluitend op melkureum af te rekenen, maar deze gegevens te combineren met balansberekening.

De hierboven geschetste mogelijkheden vereisen in toenemende mate het (laten) meten van gegevens. Tabel 20 geeft een overzicht van wat er vereist wordt.

Tabel 20: Overzicht van door schatting (S) of door meting (M) te verkrijgen gegevens

	Forfaitaire Uitscheiding	Melk Melkeiwit Melkureum	Voerpositie Voeraankoop	Bedrijfs- Balans
	Sectie B	Sectie D1	Sectie D3	Sectie D4
<i>Vers gras</i>				
Aandeel ruwvoer	S	S	S	S
N	S	S	S	M
P	S	S	S	M
<i>Grassilage</i>				
Aandeel ruwvoer	S	S	S	S
N	S	S	S	M
P	S	S	S	M
<i>Maïsilage</i>				
Aandeel ruwvoer	S	S	S	S
N	S	S	S	M
P	S	Nvt	S	M
<i>Krachtvoer</i>				
Hoeveelheid	S	S	M	M
N	S	S	S	M
P	S	S	S	M
<i>Aankoop ruwvoer</i>				
Hoeveelheid	S	S	M	M
N	S	S	S	M
P	S	S	S	M
<i>Melk</i>				
Hoeveelheid	S	M	M	M
% vet	S	Nvt	Nvt	M
% eiwit	S	M	M	M
Ureum	Nvt	M	Nvt	M
<i>Veebezetting</i>				
Koeien/ha	M	M	M	M
Pinken/koe	M	M	M	M
Kalveren/koe	M	M	M	M
<i>Mestafvoer</i>				
Hoeveelheid	M	M	M	M
N	S	S	S	M
P	S	S	S	M
<i>Gebruiksnorm</i>				
N aanwending/ha	<250	M	M	M
P aanwending/ha	<90	F	M	M



## 6 Gasvormige stikstofverliezen uit stal- en mestopslag

Gasvormige N-verliezen uit stallen en mestopslagen worden veroorzaakt door ammoniak ( $\text{NH}_3$ ) vervluchtiging en door de processen nitrificatie en denitrificatie, waarbij stikstofoxide ( $\text{NO}$ ), lachgas ( $\text{N}_2\text{O}$ ) en stikstofgas ( $\text{N}_2$ ) kunnen vervluchtigen.

Ammoniakvervluchtiging treedt op als de uitgescheiden urine en mest worden blootgesteld aan de lucht. De vervluchtiging is groter naar mate er meer stikstof (N) aanwezig is in de urine en feces, de temperatuur en pH van de mest hoger zijn en het contactoppervlak tussen enerzijds urine en mest en anderzijds de lucht groter is. De vervluchtiging vindt plaats op de met mest en urine besmeurde roosters en loopvloeren in de stallen, uit mestopslagen onder de roosters en uit de mestopslagen buiten de stal.

Stikstofverliezen door (de)nitrificatie treden op indien zuurstof uit de lucht in de mest en urine kan dringen en de mest en urine daardoor gedeeltelijk aëroob worden. Nitrificerende bacteriën zetten dan ammoniumstikstof om in nitraatstikstof waarna denitrificerende bacteriën nitraatstikstof om kunnen zetten in stikstofgas ( $\text{N}_2$ ). Daarbij ontwijken  $\text{NO}$ ,  $\text{N}_2\text{O}$  en  $\text{N}_2$  in hoeveelheden die vooral afhankelijk zijn van de aëratie (beluchting) van de mest. In de praktijk betekent dit dat  $\text{NO}$ ,  $\text{N}_2\text{O}$  en  $\text{N}_2$  vooral kunnen ontwijken uit vaste en stro(oisel)rijke mest in stallen en mestopslagen en in potstallen waar dieren in de strooiselrijke mest lopen en wroeten.

De kwantificering van de gasvormige N-verliezen uit stallen en mestopslagen is gebaseerd op de rekenprocedures beschreven in Oenema et al. (2000). In die procedure wordt verondersteld dat per stalsysteem een vaste fractie van de N-excretie verloren gaat door ammoniakvervluchtiging en nitrificatie en denitrificatie. De waarden voor N-excreties en voor de fractie ammoniak-stikstof zijn sinds het verschijnen van het rapport Oenema et al. (2000) gewijzigd, en derhalve dienen de schattingen voor de gasvormige N-verliezen uit stallen en mestopslagen vermeld in Oenema et al. (2000) te worden aangepast. De veranderde waarden voor N-excretie van melkvee, jongvee en weide- en zoogkoeien zijn beschreven in hoofdstukken 2 t/m 4 van dit rapport. De waarden voor de fractie ammoniak waren gebaseerd op UAV-waarden (UAV = Uitvoeringsregeling Ammoniak en Veehouderij). In 2002 zijn de UAV-waarden aangepast en omgezet in RAV-waarden (RAV = Regeling Ammoniak en Veehouderij), op basis van het advies van een werkgroep over jaarrond EF-waarden (EF = Excretie Factoren) voor de rundveehouderij (Monteny et al., 2001). Op basis van de veranderde waarden voor N-excreties en voor de UAV/RAV-waarden (zie tabel 21) zijn de gasvormige N-verliezen opnieuw berekend, conform de procedure van Oenema et al. (2000). Deze procedure wordt hieronder kort toegelicht.

- Diercategorieën zijn gebaseerd op artikel 2 van het Besluit Stikstofcorrectie Meststoffenwet.

- De bruto N-excretie per diercategorie is voor melkvee, jongvee en weide- en zoogkoeien gebaseerd op hoofdstukken 2 t/m 4 van onderhavig rapport.
- Huisvestingssystemen genoemd in de Uitvoeringsregeling Ammoniak en Veehouderij zijn voor rundvee en varkens geaggregeerd tot een functionele indeling in gangbare stallen, emissie-arme stallen en strooiselstallen, inclusief de stalsystemen uit de biologische veehouderij.

Tabel 21 *Vergelijking van de UAV-waarden gebruikt door Oenema et al. (2000) en de RAV-waarden gebruikt in de berekeningen in onderhavig rapport*

Stalsystemen	Emissiefactoren, kg NH <sub>3</sub> per dierplaats per jaar	
	UAV	RAV
Ligboxenstallen	8,8	9,5
Emissie-arme ligboxenstallen	4,4	7,1
Grupstal	3,0	4,3
Potstal met vaste mest	8,8	9,5

- Bij onbeperkt weiden is aangenomen dat 15% van de mest tijdens het weideseizoen (165 dagen per jaar) in de mestopslag terecht komt en 85% in de wei. Bij beperkt weiden is dat respectievelijk 60 en 40%, en bij zomerstalvoeding 100 en 0%. Gemiddeld voor heel Nederland is aangenomen dat 42% van de mest tijdens het weideseizoen in de mestopslag terecht komt en 58% in de wei.
- Mestsoort heeft een forse invloed op de grootte van de gasvormige N-verliezen; maximaal drie mestsoorten zijn onderscheiden, namelijk dunne mest, vaste mest met strooisel en droge of gedroogde mest.
- Stikstofverliezen door vervluchtiging van NH<sub>3</sub>, NO, N<sub>2</sub>O en N<sub>2</sub> zijn gedifferentieerd naar diercategorie, mestsoort, huisvestingssysteem en mestopslag.
- Stikstofverliezen door vervluchtiging van NH<sub>3</sub>, NO, N<sub>2</sub>O en N<sub>2</sub> uit stallen en mestopslagen zijn een lineaire functie van de bruto N-uitscheiding, d.w.z. per diercategorie, huisvestingssysteem en mestopslagsysteem een vast percentage van de uitgescheiden N in mest en urine.
- Voor de kwantificering van de NH<sub>3</sub>-vervluchtiging is gebruik gemaakt van de normatieve waarden genoemd in de Regeling Ammoniak en Veehouderij, na correctie voor de veranderingen in bruto N-uitscheiding.
- Voor de kwantificering van de vervluchtiging van NO, N<sub>2</sub>O en N<sub>2</sub> zijn op basis van literatuurgegevens emissiepercentages opgesteld, afhankelijk van mestsoort en huisvestingssysteem. Gesteld is dat de emissie van NO gelijk is aan die van N<sub>2</sub>O en dat de emissie van N<sub>2</sub> 1 tot 10 keer groter is dan die van N<sub>2</sub>O, afhankelijk van de aëratie van de mest. Emissies van N<sub>2</sub>O zijn gebaseerd op IPCC default waarden (Mosier et al., 1998).
- De totale stikstofverliezen door NH<sub>3</sub>, NO, N<sub>2</sub>O en N<sub>2</sub> per diercategorie, mestsoort en stalsysteem, berekend volgens deze procedure (Oenema et al., 2000), zijn door Bruins et al. (2000) getoetst aan onafhankelijke schattingen van N-verliezen uit huisvestingssystemen en mestopslagen op basis van N-balansen van praktijkbedrijven. Daarbij zijn mineralenbalansen (N en P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) van bedrijven geanalyseerd op gewogen gemiddelde N/P-verhoudingen in de aanvoer, in de afvoer via dierlijke producten en in de mest. Uit die vergelijking

kwam naar voren dat voor dunne rundveemest de berekende totale N-verliezen volgens de twee procedures redelijk tot goed overeenstemden, maar dat voor overige mesten de berekende totale N-verliezen volgens de twee procedures soms fors afweken. De oorzaak van die verschillen werd deels toegeschreven aan onnauwkeurigheden in de bemonstering en analyses van de mest en samenvoeging van mesten van verschillende diercategorieën. Inmiddels zijn er veel meer gegevens beschikbaar en zou deze vergelijking herhaald kunnen worden.

- De gasvormige stikstofverliezen uit huisvestingssystemen en mestopslagen bij de hoofdcategorie rundvee in kg N per dier per jaar en in procent van de bruto-stikstofuitscheiding in 2006 zijn samengevat in tabel 22.

De resultaten van de berekeningen staan vermeld in tabel 22. De gasvormige N-verliezen, in procent van de totale N-excretie van rundvee, variëren van 3,8% in een grupstal met dunne mest en onbeperkt beweiden tot 22,0% voor melkvee in een potstal. Voor de “gemiddelde situatie” in Nederland geldt dat 11,3% verloren gaat in de vorm van gasvormige N-verbindingen. In de gangbare huisvestings systemen (ligboxenstallen) is NH<sub>3</sub>-vervluchtiging verreweg het belangrijkste verliespost. Alleen voor systemen met vaste mest, zoals in potstallen, wordt geschat dat de verliezen door vervluchtiging van NO, N<sub>2</sub>O en N<sub>2</sub> van vergelijkbare grootte zijn als, of groter zijn dan, die door NH<sub>3</sub>-vervluchtiging. Omdat de RAV-waarden hoger zijn dan de voormalige UAV-waarden, zijn de N-verliezen in procent van de bruto N-uitscheiding iets hoger dan die vermeld in Oenema et al. (2000). De totale gasvormige N-verliezen uit stal- en mestopslag zijn gemiddeld genomen met circa 1 kg per dier per jaar toegenomen ten opzichte van de verliezen vermeld in Oenema et. (2000), als gevolg van de hogere bruto N-uitscheiding en de hogere RAV-waarden.

### ***Discussie en conclusies***

- De berekende gasvormige N-verliezen uit stallen en mestopslagen, in procent van de totale N-excretie van rundvee, variëren voor melkvee tussen circa 4% voor grupstallen met dunne mest en 22% voor potstallen met vaste mest.
- De berekende gemiddelde gasvormige N-verliezen voor melkvee in gangbare ligboxenstallen zijn iets hoger (0,8%) dan die vermeld in Oenema et al (2000), omdat de RAV-waarden hoger zijn dan de UAV-waarden (zie tabel 21)
- De emissie-arme stallen hebben met de RAV-waarden hogere gasvormige N-verliezen dan berekend met de oorspronkelijke UAV-waarden.
- De RAV-waarden zijn in de berekeningen geïnterpreteerd zoals de UAV-waarden in Oenema et al (2000). Wanneer de RAV-waarden zouden zijn geïnterpreteerd als jaarrond-emissiefactoren (dus niet als geldend voor de stalperiode zoals in de onderhavige berekeningen is gedaan), dan zijn de berekende gemiddelde gasvormige N-verliezen voor melkvee lager dan die vermeld in Oenema et al (2000).
- De betrouwbaarheid van al deze schattingen is beperkt. Die onzekerheid wordt veroorzaakt door het beperkte aantal emissiemetingen dat ten grondslag ligt aan de emissiefactoren voor melkveestallen en door de variatie in N-excretie (die bij de emissiemetingen niet altijd bekend waren).

- Vanwege het belang van goed onderbouwde schattingen voor gasvormige N-verliezen uit de melkveehouderij en de onzekerheden in de emissiefactoren en de berekeningsprocedure wordt aanbevolen nadere studie te verrichten. De variatie in beweiding en stalsystemen in de praktijk, de mogelijkheden om via het ureumgehalte in de melk een schatting te maken van de N-excretie en vooral het anorganisch N-gehalte in de excretie zouden daarbij betrokken dienen te worden. Ook de mogelijkheid om snel via bepaling van de isotopensamenstelling een schatting te maken van de gasvormige N-verliezen, zouden daarbij betrokken dienen te worden.

Tabel 22a. Gemiddelde stikstofverliezen uit rundveemest door ammoniakverluchting en (de)nitrificatie in stallen en mestopslagen. De stikstofverliezen door ammoniakverluchting zijn afgeleid uit RAV-waarden. Emissie bij beweiding is vermeld in de laatste twee kolommen

Cat.	Omschrijving	Stalsysteem	Beweidingsstelsel	Excretie	N-verlies stal + opslag		NH <sub>3</sub> emissie beweiding		
					N per dier/jr	N per dier Per jr	totaal (%)	in stal, (%)	in wei (%)
100	Melk- en kalfkoeien	Ligboxenstal	onbeperkt	136,7	11,9	8,7	15,1	8,0	4,2
100	Melk- en kalfkoeien	Ligboxenstal	beperkt	136,7	17,7	12,9	16,2	8,0	2,0
100	Melk- en kalfkoeien	Ligboxenstal	zomerstalvoeding	136,7	22,9	16,7	16,7		
100	Melk- en kalfkoeien	Ligboxenstal	gemiddeld NL	136,7	15,4	11,3	15,8	8,0	2,9
100	Melk- en kalfkoeien	emissiearme ligboxenstal	onbeperkt	136,7	9,4	6,9	11,9	8,0	4,2
100	Melk- en kalfkoeien	emissiearme ligboxenstal	beperkt	136,7	13,9	10,2	12,7	8,0	2,0
100	Melk- en kalfkoeien	emissiearme ligboxenstal	zomerstalvoeding	136,7	17,9	13,1	13,1		
100	Melk- en kalfkoeien	emissiearme ligboxenstal	gemiddeld NL	136,7	12,0	8,8	12,4	8,0	2,9
100	Melk- en kalfkoeien	grupstal: dunne mest	onbeperkt	136,7	5,2	3,8	7,5	8,0	4,9
100	Melk- en kalfkoeien	grupstal : vaste mest	onbeperkt	136,7	12,0	8,8	17,6	8,0	4,9
100	Melk- en kalfkoeien	potstal: total	onbeperkt	136,7	30,1	22,0	44,0	8,0	4,9
101	Vrouwelijk jongvee < 1 jr	Gangbaar	onbeperkt	36,8	2,3	6,3	12,6	8,0	1,3
102	Vrouwelijk jongvee > 1 jr	Gangbaar	onbeperkt	78,9	5,0	6,3	12,6	8,0	2,9
110	Startkalf (0 – 2 mnd)	Gangbaar	zomerstalvoeding	6,0	7,1	18,3	18,3		
111	Kalf (1 – 6 mnd)	Gangbaar	zomerstalvoeding	15,1	9,2	13,3	13,3		
112	Kalf (0 - 6 mnd)	Gangbaar	zomerstalvoeding	12,0	1,0	17,2	17,2		
	Rose kalveren (0-3 mnd)	Gangbaar	zomerstalvoeding	12,9	2,7	18,0	18,0		
	Rose kalveren (3-8 mnd)	Gangbaar	zomerstalvoeding	35,9	2,2	18,3	18,3		
	Rose kalveren (0-8 mnd)	Gangbaar	zomerstalvoeding	27,4	2,0	15,6	15,6		
120	Weide- en zoogkoeien	Gangbaar	onbeperkt	89,7	6,4	17,9	17,9	8,0	3,2
122	Vleesstieren (3-16 mnd)	Gangbaar	zomerstalvoeding	39,3	5,5	20,1	20,1		
123	Vleesstieren (0-16 mnd)	Gangbaar	zomerstalvoeding	34,0	9,3	10,3	20,7		



## 7 Mestvolumes melkvee

Mengmest of dunne mest afkomstig van melkvee bestaat uit faeces, urine en spoelwater. Faeces bestaan uit onverteerd voer en een beperkte hoeveelheid endogene stoffen, zodanig verdund met water dat het wordt uitgescheiden met een drogestof gehalte van tussen de 100 en 200 g per kg. De hoeveelheid uitgescheiden faeces is enerzijds afhankelijk van de verteerbaarheid van het rantsoen en anderzijds van het met de faeces uitgescheiden water. De aan Nederlands melkvee gemiddeld gevoerde rantsoenen hebben een energiedichtheid van tussen de 900 en 1000 VEM per kg drogestof, wat overeen moet komen met een verteerbaarheid van 70-75%. Dit betekent dat er van elke kg opgenomen drogestof 250 tot 300 g in de faeces wordt uitgescheiden. Het drogestof gehalte van faeces neemt af met een toenemende voeropname (Tamminga, niet gepubliceerde gegevens) en ligt bij de Nederlandse melkkoe globaal tussen 10 en 15%.

Urine bestaat voor het overgrote deel uit water met daarin opgelost electrolyten zoals ureum, Na en K. Het drogestof gehalte ligt rond de 30 g/kg en de hoeveelheid uitgescheiden urine is sterk afhankelijk van de opname aan N, Na en K (Bannink et al., 1999). De gehalten aan drogestof, N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K<sub>2</sub>O en Na<sub>2</sub>O zijn naast de gehalten in het voer sterk afhankelijk van verdunning met (spoel)water in mengmest. Voor Nederland worden gemiddeld gehalten (g/kg) aangehouden van 90 voor drogestof, 4,90 voor N, 1,8 voor P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 6,8 voor K<sub>2</sub>O en 0,8 voor Na<sub>2</sub>O (Handboek Melkveehouderij, 1997).

Voor melkveerantsoenen zoals berekend voor het richtjaar 2006 en de verschillende doorgerekende varianten voor het richtjaar 2008, zijn de mestvolumes geschat met behulp van de onderstaande aannames:

- De rantsoensamenstelling zoals geschat voor de richtjaren 2006 en 2008.
- Een schatting van het urinevolume uit de droge stofopname, Na-, K- en N-gehalte van het rantsoen, melkproductie en melkeiwitgehalte (Bannink et al., 1999). Deze formules zijn gebaseerd op stal gevoerde rantsoenen, waaronder een aantal met vers gras als hoofdbestanddeel.
- Droge stof gehalten in faeces en urine van respectievelijk 13 en 3%.
- Een faecale verteerbaarheid van de droge stof van 72,5%.
- Op basis van gegevens van het blgg zijn gehalten (g/kg ds) ingeschat voor gras, graskuil, snijmaiskuil, standaard krachtvoer, eiwitrijk krachtvoer en vochtrijk bijproducten voor Na van 2,3; 2,3; 0,2; 2,0; 2,0 en 2,0, en voor K van 36,7; 35,0; 12,1; 15,0; 20,0 en 5,0.
- Gehalten aan Na en K in melk zijn geschat met formules van Bannink et al. (1999)  
(Na = 3,7 + 0,25 x melkvloeistof; K = -7,03 + 1,903 x melkvloeistof).
- Overige invloeden op mestvolumes (spoelwater, "luxe consumptie" van water, verdamping, geconcentreerde urine met warm weer) zijn niet in de berekeningen meegenomen.

In het verleden zijn wel pogingen gedaan om (stal-)mestproducties te schatten om de bemestende waarde van stalmest vast te stellen. Een compilatie van oude (Aarts, pers. mededeling) en meer recente literatuur en rekening houdend met een voerbehoefte voor onderhoud die overeenkomt met de behoefte voor 11 kg melk maakt het mogelijk een schatting te maken van de hoeveelheid mest. Dit levert het beeld zoals geschetst in tabel 23.

Verrassend genoeg blijkt de mestproductie per voederbehoefte (Melk equivalent) tamelijk constant en gelijk aan 2 kg per eenheid (kg) melk equivalent.

Tabel 23. Mestproductie in afhankelijkheid van voerbehoefte voor onderhoud en melk

Jaar	Auteur	Mengmest	F(P)MC	Melkeq.	Mest/melkeq.
1899	Reinders	13000	2250	6250	2,1
1900	Wisselink	13000	2250	6250	2,1
1935	Obbink	(15000)	3500	7500	2,0
1961	PAW	17000	4000	8000	2,1
1967	Kolenbrander	18000	4500	8250	2,1
1997	Handboek	20800	7000	11000	1,9
2004	Bannink	25000	8500	12500	2,0

Tabel 24 geeft de op basis van de studies van Bannink et al. (1999) berekende cijfers, die voor de jaren 2006-2008 uitkomen op mestproducties in de orde van grootte van 26 m<sup>3</sup> per koe per jaar. Het Handboek Melkveehouderij (1997) hanteert een basis mestproductie van 22 kg per koe per dag met per 1000 kg melk 5 kg per dag extra, exclusief spoelwater. Voor het voor 2008 geschatte melkproductie niveau van 8121 kg komt dat overeen met een mestproductie van 22850 kg. De door Bannink et al. (1999) geschatte hogere producties komen overeen met de waarneming dat met een hogere mestproductie (als gevolg van een hogere melkproductie en voeropname) de gehalten, met name die aan drogestof, wat dalen (Tamminga, niet gepubliceerde gegevens). WUM rekent met een volume van 25 m<sup>3</sup> per jaar, inclusief spoelwater.

Tabel 24. Geschatte mestvolumes voor melkvee op basis van voeropname, melkproductie en rantsoensamenstelling

Jaar	N-excretie (kg N/jr)	Mest totaal (kg/jr)	Samenstelling mengmest (g/kg)				
			DS	N <sup>1)</sup>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O
< 1997, KWIN		20800	90,0	4,90	1,80	0,80	6,80
KOCH			86,0	4,40	1,60	0,70	6,20
2003	128,8	23956	85,1	4,76	1,73	0,54	7,04
2006	136,7	25737	83,4	4,75	1,69	0,54	7,32
2008	137,9	26246	83,1	4,70	1,71	0,55	7,39
2008 (100%DVE)	127,9	25196	85,6	4,54	1,66	0,51	6,97
2008 (-10%RE in gras)	136,5	26516	83,6	4,61	1,74	0,56	7,46

1) Na correctie van 11,3 % voor gasvormige verliezen (hoofdstuk E)

De samenstelling van dunne rundveemest is volgens het Bureau Heffingen de laatste jaren 4,4 gN/kg en 1,8 g P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/kg. Het N gehalte vertoont een dalende trend, van 4,6 in 1998 naar 4,3 in 2002 (Van Bruggen, pers. meded.). Recente cijfers van KOCH Bodemtechniek (tabel 23) geven over de hele linie nog iets lagere gehalten (<http://www.eurolab.nl/meststof-organisch-v.htm>). Anderzijds is in de schattingen



van Bannink et al. (1999) geen rekening gehouden met spoelwater. Dit zal in de praktijk leiden tot 5-10% hogere volumes en lagere gehalten. Een deel van de mest wordt geproduceerd in de stal en een deel op de weide. Van het laatste komt een toenemend deel ook in de opslag terecht. Verwacht mag worden dat de op de weide geproduceerde mest wat dunner is, d.w.z. een iets lager gehalte aan drogestof heeft.

De totale mestproductie per melkkoe neemt van 2003 naar 2006 en 2008 zo'n 10% toe. Voorgesteld wordt voor 2006 een gemiddelde hoeveelheid mest te hanteren van 26 m<sup>3</sup> per jaar met een N gehalte van 4,4 en een P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> gehalte van 1,7 g/kg.



## 8 Discussie, conclusies en aanbevelingen

Bij het actualiseren van de schattingen voor gemiddelde N en P excreties zijn een aantal uitgangspunten geformuleerd en gehanteerd. Bij de N en P gehalten in ruwvoerders is geprobeerd trends door te trekken naar de toekomst. Voor de N gehalten wordt de laatste jaren een duidelijke trend tot verlaging waargenomen, voor het P gehalte is dat niet het geval. In 2000 werd door de commissie Tamminga uitgegaan van N gehalten in vers gras en graskuil van respectievelijk 38 en 30 g N/kg ds in 2003. Uit de trend van 1998 t/m 2003 komen nu voor 2003 gehalten van respectievelijk 35,9 en 30,0 naar voren. Verlaging, respectievelijk verhoging van het N gehalte in vers gras en graskuil met elk 1 g N/kg drogestof, zou de berekende excreties met 2-3 kg N per koe per jaar verlagen. In 2002 en 2003 is het N kunstmest gebruik echter niet duidelijk gedaald t.o.v. 2001 (van Eerd, pers. meded.). Ook de daling van het N gehalte van ruwvoerders in de blgg cijfers lijkt af te vlakken. Het is daarom de vraag of de naar 2006 en 2008 geëxtrapoleerde lagere gehalten van respectievelijk 34,6 en 29,0 wel gerealiseerd zullen worden. Het lijkt er op dat men in de praktijk de minimale gehalten begint te naderen.

Zomerstalvoeding en beperkt weiden zijn de afgelopen jaren flink toegenomen. We moeten er rekening mee houden dat deze trend is onderschat. Dat zou betekenen dat het aandeel grassilage in de rantsoenen is onderschat (ten gunste van vers gras) en dat ook de verdeling van de mestproducties tussen weide en stal aanpassing behoeven.

De keuze voor een melkproductieniveau op basis van de PZ cijfers tamelijk arbitrair geweest. Het verschil met BIN maakt voor de gemiddelde excretie 1-2 kg N excretie per dier per jaar uit.

Bij het ontwerpen van een virtueel gemiddeld veehouderijbedrijf is uitgegaan van de voor Nederland geldende en in de toekomst te verwachten bedrijfssituatie. In dit geheel is, o.a. door het vervallen van de EU graanpremie en de te verkrijgen derogatie, de rol die snijmaïs in de toekomst gaat spelen een cruciale (zie Hoofdstuk 5), maar nogal onzekere factor. Vanuit de in dit rapport geschetste bedrijfssituatie geredeneerd wordt snijmaïs in rantsoenen voor melkvee aan beperkingen gebonden. Op melkveebedrijven met intensief graslandgebruik zou er slechts tussen 125.000 en 150.000 ha (16% van de intensief gebruikte cultuurgrond) beschikbaar zijn voor het telen van snijmaïs. De afgelopen jaren was het totale areaal snijmaïs in Nederland echter tussen de 200.000 en 220.000 ha, waarvan op melkveehouderijbedrijven ruim 75% werd geteeld. Van de totale snijmaïsproductie werd in 2003 echter 81% verbruikt door melk-en kalfkoeien (Van Bruggen, persoonlijke mededeling). Bij het schatten van de gevolgen van de Hervorming Gemeenschappelijk Landbouwbeleid 2003 geven de Bont et al. (2003) aan voor de toekomst een snijmaïsareaal van 175000 ha te verwachten. De 1100-1200 kg drogestof uit snijmaïs die in ons virtuele melkveerantsoen is opgenomen sluit hier goed op aan. Echter bij een snijmaïsareaal van 200000 ha komt dit voor het gemiddelde melkveerantsoen overeen met tussen

de 100 en 250 kg drogestof extra uit snijmaïs. Globaal geeft elke 100 kg drogestof meer uit snijmaïs een vermindering van de N excretie van 1,75 kg N/koe/jaar.

De waarde van het melkureum gehalte als graadmeter voor de excretie heeft potentie en dient grondig te worden onderzocht, geëvalueerd en gevalideerd. De variant van een maximaal toelaatbare ureum productie per ha, als afgeleide van de maximaal toelaatbare N-excretie per ha, dient hierbij ook in beschouwing te worden genomen.

Het toetsen van gasvormige N verliezen op basis van N- en P-balansen heeft in beperkte mate op praktijkbedrijven plaats gevonden (Bruins et al., 2000). Inmiddels zijn er meer gegevens beschikbaar en wordt aanbevolen deze vergelijking te herhalen.

De hierboven geschetste onzekerheden geven voor de excretie bij het voeren van het gemiddelde melkveerantsoen een onzekerheid van tenminste tussen de 5 en 10 kg N per koe per jaar. Tussen bedrijven zijn deze verschillen nog groter en dit pleit voor een bedrijfsspecifieke benadering, temeer omdat met name het aandeel snijmaïs in het rantsoen voor melkvee van doorslaggevende betekenis (b)lijkt te zijn voor het gemiddelde N verlies. De geschatte gemiddelde excreties van P hebben ook een onzekerheid. Volgens Valk (2000) kunnen voor het dekken van de behoefte van de koe de P gehaltes in het voer fors naar beneden. Echter, de P gehaltes in ruwvoerders laten geen verloop zien, die in krachtvoerders zouden misschien door een gerichte grondstoffenkeuze met zo'n 5% verlaagd kunnen worden. Andere bronnen van variatie zijn het aandeel snijmaïs in het rantsoen en de ruwvoer/krachtvoer verhouding. Elke 100 kg snijmaïs meer of minder betekent 0,2 kg P meer of minder, 5% meer of minder P in krachtvoer betekent de uitscheiding van 0,45 kg meer of minder P. Bij een "bandbreedte" van 200 kg snijmaïs en 5% minder P in krachtvoer zou dat globaal 0,85 kg P betekenen op een totale uitscheiding van 19,1 kg, d.w.z. 4,45%. Dus de onzekerheid ligt hier tussen 0 en 5%.

Het vervangen van verliesnormen door gebruiksnormen brengt bij een generieke benadering een aantal gevaren met zich mee. De voeding kan verkapt gebruikt worden als bemesting. 'Slim' gedrag van veehouders is niet meegenomen in de verkennende berekeningen t.b.v. normeringen. Als excretie- en gebruiksnormen in de wetgeving van elkaar losstaande elementen blijven, dan is de kans groot dat de excretie hoger en de netto gewasproductie lager zullen blijken te zijn dan is voorzien. Normen moeten dan op termijn weer worden aangepast en we kunnen in een negatieve spiraal terecht komen. De kringloop-benadering moet worden hersteld en excretie-normen en gebruiksnormen zullen realistischer blijken als een koppeling wordt aangebracht. Dit verhoogt de kans dat verlenging van derogatie wordt verleend.

**Concluderend:** De berekeningen van de generieke excreties berusten op een aantal aannames m.b.t. rantsoensamenstelling, kwaliteiten van voedermiddelen en de voerbenutting door vee. Omdat de excretie-waarden periodiek moeten worden bijgesteld is het goed aan de belangrijkste onzekerheden in de aannames de komende jaren in het onderzoek aandacht te besteden. Dit geldt met name voor het monitoren van de gehaltes van N en P in gras en het verloop in het areaal snijmaïs. Ook kan

door onderzoek in beeld worden gebracht welke benadering (of combinatie van benaderingen) van de bedrijfsspecifieke excretie voldoet aan minimum voorwaarden met betrekking tot betrouwbaarheid, administratieve kosten en handhaafbaarheid. Dergelijk onderzoek zou als project uitstekend kunnen worden uitgevoerd binnen Koeien & Kansen. Aanbevolen wordt de instellingen en personen die betrokken zijn geweest bij de actualisatie van de excreties met dit onderzoek te belasten of er op zijn minst nauw bij te betrekken.



## Literatuur

- Aarts, H.F.M., 2003.* Strategies to meet requirements of the EU-nitrate directive on intensive dairy farms. Proceedings No. 518, International Fertiliser Society, York, UK.
- Agnew, R.E., Yan, T., Gordon, F.J., 1998.* Nutrition of the high genetic merit dairy cow. Energy metabolism studies. In: Recent advances in Animal Nutrition 1998 (P.C. Garnsworthy & J. Wiseman, eds.), Nottingham University Press, 181-208.
- Anoniem, 1997.* Handboek melkveehouderij, Praktijkonderzoek Rundvee, Schapen en Paarden, Lelystad.
- Bannink, A., Hindle, V.A. 2003.* Voorspelling van de opname en excretie van N door melkvee op basis van melkgegevens. Vertrouwelijk rapport Animal Sciences Group, Divisie Nutrition and Food, 03/0008567..
- Bannink, A., Valk, H., Van Vuuren, A.M. 1999.* Intake and excretion of Sodium, Potassium, and Nitrogen and the effects on urine production by lactating dairy cows. Journal of Dairy Science, 82: 1008-1018.
- Bont, C.J.A.M. de, Helming, J.F.M., Jager, J.H., 2003.* Hervorming Gemeenschappelijk Landbouwbeleid 2003. Gevolgen van de besluiten voor de Nederlandse landbouw. Rapport 6.03 15. LEI, Den Haag, 60 p.
- Bruinenberg, M.H., Van der Honing, Y., Agnew, R.E., Yan, T., Van Vuuren, A.M., Valk, H., 2002.* Energy metabolism of dairy cows fed on grass, Livestock Production Science, 75, 117-128.
- Bruins, W.J., Dijksterhuis, G.H., Veldhof, G.L., Ketelaars J.J.M.H., , 2001.* Stikstofvervluchtiging uit mest: berekening op basis van mineralenbalansen. Plant Research Internationa;, Rapport 29
- CVB, 2003.* Tabellenboek Veevoeding, Centraal Veevoeder Bureau, Lelystad, 110 pp.
- Duinkerken, G. van, G. André, M.C.J. Smits, G.J. Monteny, K. Blanken, M.J.M. Wagemans, Šebek, L.B.J. 2003.* Relatie tussen voeding en ammoniakemissie vanuit de melkveestal. Praktijkrapport Rundvee 25. Praktijkonderzoek Veehouderij, Lelystad.
- Galama, P.J. G. van Duinkerken, G. Smolders, G.J. Hilborst, D.Z., Van der Vegte en T. Lam., 2001.* 10 jaar diermanagement, Rapport 31, De Marke
- Galama, P. J. A.G. Evers, G.J. Gotink, M.H.A. de Haan, C.J. Hollander, G.C.P.M. van laarhoven en E.A.A. Smolders., 2002.* Vee in balans, Rapport 12 Koeien en Kansen

- Jongsma, A.D., 2003.* Ammoniakemissie uit melkveestallen van Koeien & Kansen bedrijven: toetsing en uitwerking van berekeningsmodellen. Afstudeerverslag Wageningen Universiteit-Leerstoeelgroep DPS/IMAG, juni 2003.
- Monteny, G.J., 2000.* Modeling ammonia emissions from dairy cow houses. PhD thesis Wageningen University, Wageningen, 155 pp.
- Monteny, G.J., Huis in 't Veld, J.W.H., Van Duinkerken, G., André, G en van der Schans, F.C., 2001.* Naar een jaarrond-emissie van ammoniak uit melkveestallen. IMAG-rapport.
- Mosier, A., Kroeze, C., Nevison, C., Oenema, O., Seitzinger, S., Van Cleemput, O., 1998.* Closing the global N<sub>2</sub>O budget: nitrous oxide emissions through the agricultural nitrogen cycle. *Nutrient cycling in Agroecosystems* 52, 225-248.
- Oenema, O., Velthof, G.L., Verdoes, N, Groot Koerkamp, P.W.G., Monteny, G.J., Bannink, A., Van der Meer, H.G., Van der Hoek, K.W., 2000.* Forfaitaire waarden voor gasvormige stikstofverliezen uit stallen en mestopslagen. Alterra rapport 107, gewijzigde druk.
- Schröder, J.J. H.F.M. Aarts, M.J.C. de Bode, W. van Dijk, J.C. van Middelkoop, M.H.A. de Haan, R.L.M. Schils, G.L. Velthof & W.J. Willems, 2004.* Gebruiksnormen bij verschillende landbouwkundige en milieukundige uitgangspunten. Rapport 79 Plant Research International, Wageningen.
- Tamminga, S., Jongbloed, A.W., Van Eerd, M.M., Aarts, H.F.M., Mandersloot, F., Hoogervorst, N.J.P., Westhoek, H., 2000.* De forfaitaire excretie van stikstof door landbouwhuisdieren. Rapport ID-Lelystad 00-2040R, 71 pp.
- Van Bruggen C. 2003.* Dierlijke mest en mineralen 2002. Centraal Bureau voor de Statistiek, 14 pp
- Van Bruggen C. 2002.* Dierlijke mest en mineralen 2001. Centraal Bureau voor de Statistiek, 14 pp
- Van den Top, A.M., Schonewille, J.Th., Beynen, A.C. 2000.* Voeding van drachtige koeien in de droogstand. CVB documentatierapport nr 27, Centraal Veevoederbureau, Lelystad, 48 pp
- Valk, H., 2002.* Nitrogen and Phosphorus supply of dairy cows. Proefschrift Universiteit Utrecht.
- Zom, R.L.G., Van Riel, J.W., André, G., Van Duinkerken, G., 2002.* Voorspelling voeropname met Koemodel 2002. Praktijkrapport Rundvee, Praktijkonderzoek Veehouderij, Lelystad, 50 pp.