

Onderzoek naar de mogelijkheden om via de voeding de methaan- en ammoniakemissie te verminderen op een aantal praktijkbedrijven in de buurt van Wanroij.

Projectnummer: ROBS07019

Uitgevoerd door:

Dr ir H. Valk, Valk Dairy Research and Consultancy BV
Dr A. Bannink, Veehouderij, Animal Sciences Group, Wageningen UR, Lelystad
J. Verstraten, ZLTO afd. St Anthonis:

Aan dit project is in het kader van het Besluit milieusubsidies, regeling milieugerichte technologie een subsidie verleend uit het programma Reductie Overige Broeikasgassen 2007 dat gefinancierd wordt door het Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer, SenterNovem beheert dit programma. Tevens is aan dit project subsidie verleend door het Productschap Zuivel.

Inhoudsopgave	Pag.
Samenvatting	3
1. Inleiding en doel	5
2. Materiaal en werkwijze	5
2.1 Geselecteerde bedrijven	5
2.2 Meetgegevens	7
2.3 Gebruik van het model	7
3. Resultaten	11
3.1 Resultaten op bedrijfsniveau	11
3.1.1 Rantsoenenmerken en DS-opname	11
3.1.2 Melkproductie, VEM/DVE dekking en N-benutting	11
3.1.3 Melkproductie, methaan- en ammoniakemissie voorspeld met ASG-model	12
3.2 Resultaten weergegeven per groep binnen het bedrijf	17
3.2.1 Hoogproductieve groep zonder vaarzen	17
3.2.2 Groep middenproductief	17
3.2.3 Groep laagproductief	18
3.2.4 Synthese van de resultaten	18
3.3 Modeluitkomsten van de doorgerekende rantsoen varianten per bedrijf	24
3.3.1 Inleiding	24
3.3.2 Bedrijf 1	24
3.3.3 Bedrijf 2	26
3.3.4 Bedrijf 3	27
3.3.5 Bedrijf 4	28
3.3.6 Bedrijf 5	28
4. Bespreking van de resultaten	32
4.1 Geschatte VEM-dekking	32
4.2 Methaanemissie	33
4.3 Ammoniakemissie	36
5. Conclusies	38
Literatuur	40

Samenvatting

Op een vijftal melkveehouderij bedrijven in de buurt van Wanroij en Oploo is het effect van voedingsmaatregelen op de methaan- en ammoniakemissie nader bekeken. De bedrijven voerden verschillende hoeveelheden gras- en snijmaïskuil, variërend van alleen graskuil tot alleen snijmaïskuil als ruwvoer in het rantsoen. Gedurende een aantal dagen werd de voeropname van de veestapel en de melkproductie gemeten. Deze voeropname gegevens werden met de chemische samenstelling van de voeders gebruikt om de inputparameters vast te stellen voor een door de Animal Sciences Group ontwikkeld voedingsmodel. Met dit model werd de vertering, de methaan- en ammoniakemissie en de melkproductie voorspeld. Op basis van deze voorspellingen werd samen met de bedrijven verkend hoe de methaan- en ammoniakemissie kan worden verlaagd door aanpassingen in het rantsoen.

Op twee van de vijf bedrijven (snijmaïsaandeel in ruwvoer van 55%) werd efficiënt gevoerd uit oogpunt van voerbenutting. Daarmee bereikten ze een 13% lagere methaanemissie dan op het bedrijf met de hoogste voorspelde methaanemissie. Methaan per kg melk was niet het laagst vanwege de lage melkproductie op deze bedrijven. Op één van deze twee bedrijven kon de ammoniakemissie door voedingsaanpassingen nog met 15% naar beneden, terwijl op het andere bedrijf naast methaan ook de ammoniakemissie het laagst was van alle bedrijven.

Op het bedrijf met enkel snijmaïs als ruwvoer was de voeropname het hoogst, maar de voerefficiëntie het laagst, wat niet kon worden verklaard. Als gevolg daarvan werd er op dit bedrijf de hoogste methaanemissie voorspeld. Hieruit kan overigens niet worden geconcludeerd dat snijmaïs in het rantsoen leidt tot hogere methaanemissies. Wanneer uitgedrukt per kg droge stof (DS) -opname of per kg melk dan lijkt de methaanemissie afgenomen met een toename van het snijmaïsaandeel als ruwvoer in het rantsoen. Met enkel snijmaïs als ruwvoer in het rantsoen was de methaan 7 à 8% lager dan met enkel graskuil als ruwvoer.

Afgezien van het bedrijf met enkel snijmaïs als ruwvoer was de methaanemissie dan ook het hoogst op het bedrijf met enkel graskuil als ruwvoer. Het laagste zetmeelgehalte en het hoogste suikergehalte in dit rantsoen hebben dit mede veroorzaakt. Ook de ammoniakemissie was het hoogst op dit bedrijf als gevolg van een hoog Re- en een hoog OEB-gehalte in de graskuil en daarmee in het rantsoen. Door een klein aandeel snijmaïs in het rantsoen op te nemen, daalde de ammoniakemissie met 11%.

Op het bedrijf dat zowel graskuil als snijmaïs verstrekke, maar waarbij het grasaandeel overheerste, was de graskuil van lage kwaliteit met als gevolg een tegenvallende benutting van het totale rantsoen. Voor bedrijven met voornamelijk graskuil als ruwvoer wordt de kwaliteit van het totale rantsoen in hoge mate bepaald door de kwaliteit van die graskuilen. Voor dergelijke rantsoenen zijn er weinig mogelijkheden om een eventuele slechte graskuilkwaliteit te compenseren door andere voedermiddelen, zoals snijmaïs of mengvoeders. Ten slotte, bleek in deze studie dat er geen verband is tussen melkureum en de voorspelde methaanemissie en eveneens geen of een zeer variabel verband tussen melkureum en voorspelde ammoniakemissie.

Concluderend, in deze studie waren verschillen in methaanemissie niet op eenduidige wijze te relateren aan verschillen in rantsoensamenstelling vanwege verschillen in de gerealiseerde voeropname, voerbenutting (dekking VEM-behoefte) en melkproductie, en vanwege afwijkingen tussen gerealiseerde en voorspelde voerbenutting en melkproductie. Deze afwijkingen en de achtergronden van grote verschillen tussen bedrijven in de dekking van de VEM-behoefte werd niet begrepen en vraagt om verder onderzoek. Zo had het bedrijf met het hoogste aandeel ruwvoer in het rantsoen (weliswaar voor het grootste deel snijmaïs) de laagste methaan- en ammoniakemissie. Het bedrijf met het hoogste aandeel snijmaïs in

het rantsoen had juist de hoogste methaanemissie. Wanneer methaanemissie wordt uitgedrukt per kg DS-opname of per kg melk dan keert het beeld volledig om.

De kwaliteit van ruwvoer (graskuil) en de voerstrategie lijken sterk bepalend te zijn geweest voor de voeropname en voerbenutting, en daarmee wellicht ook voor het niveau van methaanemissie. Dit betekent dat het methaanvraagstuk gekoppeld is aan het vraagstuk rondom een verbetering van de voerefficiëntie en van het voedingsmanagement. Deze effecten lijken van dezelfde orde van grootte te zijn als het te verwachten effect van een aanpassing van de mengvoersamenstelling en bouwplan. Een modelmatige aanpak lijkt in ieder geval nodig om de effecten van voerstrategie, voerbenutting, rantsoensamenstelling en melkproductie op de methaan- en ammoniakemissie op een geïntegreerde wijze in kaart te brengen. Dit type modelmatige analyses moet worden gecommuniceerd met de sector bij het zoeken naar effectieve, bedrijfsspecifieke maatregelen.

1. Inleiding en doel

Methaan dat uit de pens en dikke darm van koeien ontsnapt en in de atmosfeer terecht komt, is een broeikasgas en draagt als zodanig bij aan de opwarming van de aarde. Als restproduct van het fermentatieproces in de pens, varieert de methaanproductie met het aanbod en de samenstelling van het rantsoen. Doordat het rantsoen een belangrijke rol speelt bij de methaanvorming in de pens, is het gewenst om na te gaan welke rantsoen aanpassingen er mogelijk zijn in de praktijk, die leiden tot een verminderde methaanuitstoot (aanpak bij de bron). Het daadwerkelijk meten van de methaanemissie op een bedrijf is geen optie, daarom is voor de vaststelling van de methaanemissie, geproduceerd op een bepaald rantsoen, gebruik gemaakt van een bestaand wetenschappelijke voedingsmodel. Dit model beschrijft de pensfermentatie processen en de daaruit ontstane methaanvorming. Door het gebruik van dit model vloeit er meer wetenschappelijke voedingskennis richting de praktijk. Temeer omdat het model naast methaan ook de ammoniakemissie en de melkproductie van een bepaald rantsoen voorspeld, hetgeen van belang is voor het milieu (geïntegreerde aanpak van zowel methaan- als ammoniakemissie) als de praktijk. Als input heeft dit model de voeropname en rantsoen gegevens nodig evenals de melksamenstelling.

De hoeveelheid methaan die melkkoeien produceren kan worden uitgedrukt in g per dier per dag, in g per kg opgenomen DS of in g per kg melk. De voeropname samen met de samenstelling van het rantsoen bepalen de hoeveelheid methaan in g per dier per dag. Het effect van rantsoensamenstelling op de methaanemissie komt tot uitdrukking in de hoeveelheid methaan per kg opgenomen DS. Als methaan per kg melk wordt weergegeven dan spelen naast het effect van voeropname en rantsoensamenstelling, ook de hoogte van de melkgift een rol en de mate waarin het rantsoen door de dieren wordt benut.

Dit bovenstaande geldt in zekere zin ook voor de ammoniakemissie met dit verschil dat bij de ammoniakemissie de rantsoensamenstelling van grotere invloed is.

Het doel van dit onderzoek was om na te gaan hoe hoog de methaan- en ammoniakemissie was op praktijkbedrijven met een verschillende hoeveelheid snijmaïs in het rantsoen gebruikmakend van bovenomschreven voedingsmodel. Vervolgens was het de bedoeling om de rantsoensamenstelling aan te passen wat moest leiden tot lagere emissies.

2. Materiaal en werkwijze

2.1 Geselecteerde bedrijven

Een vijftal bedrijven uit de buurt van Wanroij en Oploo zijn geselecteerd op basis van de mogelijkheden die men had om de voeropname van de veestapel te meten en op basis van het aandeel snijmaïs dat ze verstrekten in het rantsoen. De voedingsgegevens op de bedrijven zoals die aan het begin van dit onderzoek zijn opgenomen, waren tot stand gekomen uit eerder overleg tussen de veehouder en de voorlichter van de mengvoederleverancier.

Aan het begin van het onderzoek was het aandeel snijmaïs in het ruwvoerdeel van het rantsoen respectievelijk 0, 46%, 57%, 62% en 94%. In Tabel 1 staan een aantal kenmerken van de bedrijven die hebben meegedaan. Alle bedrijven voerden een gemengd rantsoen (TMR) met de voermengwagen en vulden dat individueel per koe aan met mengvoer verstrekt in de melkstal of via de voerautomaat. De gemiddelde TMR-opname was goed voor een bepaalde hoeveelheid Fat Protein Corrected Milk (FPCM), die tussen de bedrijven varieerde van 20,2 tot 25,9 kg FPCM per koe per dag (Tabel 1). De gegevens van de mengvoergift verstrekt in de melkstal of via de automaat, waren individueel per koe beschikbaar.

Met uitzondering van bedrijf 1 was de hoeveelheid mengvoer verstrekt via de automaat afhankelijk van de hoogte van de melkgift per koe. Op bedrijf 1 werd de mengvoergift

verstrekkt via de voerautomaat vastgezet op basis van het lactatiestadium, ongeacht de hoogte van de productie. De melkproductiegegevens (hoeveelheid en samenstelling) waren individueel per koe beschikbaar en vastgelegd op de MPR-uitslagen.

Tabel 1. Enige algemene gegevens van de bedrijven die deelnamen aan het onderzoek.

Bedrijf	1	2	3	4	5
Veebeslag	zb*	zb	zb	zb	zb
Aantal melkkoeien	75	56	50	77	80
Melkproductie** (kg/koe/jaar)	8500	9400	9100	8300	8500
Ruwvoer	graskuil/ snijmaïs	graskuil	snijmaïs	graskuil/ snijmaïs	graskuil/ snijmaïs
VEM graskuilen	805/783	978/883	-	976/876/770	827/729
VEM snijmaïs	955	-	955	977	970
Melk uit TMR*** (FPCM/dier/dag)****	24.5	20.2	25.9	23.3	20.9
Robotmelken	nee	nee	ja	nee	nee

* zb: zwartbont

** rollend jaar gemiddelde

*** TMR: Total mixed ration = gemengd rantsoen

**** FPCM: fat protein corrected milk

2.2 Meetgegevens

Per periode werd gedurende 8 achtereenvolgende dagen exact genoteerd hoeveel voer er werd gemengd en van deze TMR werden de resten dagelijks per koppel teruggewogen. Op basis van deze 8 waarnemingen is de gemiddelde voeropname van de TMR vastgesteld. Aanvankelijk werd gerekend met de gemiddelde voeropname van de TMR waarbij werd opgeteld de totale hoeveelheid mengvoer versterkt via de melkstal of automaat gedeeld door het totaal aantal melkkoeien. Echter, gaandeweg het onderzoek is naast die gemiddelde voeropname per bedrijf, ook de voeropname bepaald van de dieren tot 100 dagen in lactatie, van 100 tot 200 en boven de 200 dagen in lactatie. Daarbij is ervan uitgegaan dat alle dieren evenveel van de TMR opnamen. Deze indeling was mogelijk omdat de mengvoergiften verstrekt via de melkstal of automaat, individueel per koe beschikbaar waren.

De voeropname is uiteindelijk op 4 verschillende manieren uitgerekend en hieronder weergegeven:

Methode 1: op bedrijfsniveau: opname uit gem. TMR + overig mengvoer uit automaat of verstrekt in melkstal gedeeld door het totaal aantal melkkoeien

Methode 2: van de hoogproductieve dieren zonder de vaarzen (groep hoogproductief): dieren tot 100 dagen in lactatie ervan uitgaande dat ze het gemiddelde TMR rantsoen opnamen + het gemiddelde van het overige mengvoer verstrekt aan die groep

Methode 3: van de dieren op de helft van de lactatie (groep middenproductief): dieren van 100 tot 200 dagen in lactatie ervan uitgaande dat ze het gemiddelde TMR rantsoen opnamen + het gemiddelde van het overige mengvoer verstrekt aan die groep

Methode 4: van de dieren aan het eind van de lactatie (groep laagproductief): meer als 200 dagen in lactatie ervan uitgaande dat deze dieren het gemiddelde TMR rantsoen opnamen + het gemiddelde van het overige mengvoer verstrekt aan deze groep.

2.3 Gebruik van het model

Het voedingsmodel dat in deze studie is gebruikt, is ontwikkeld door de Animal Sciences Group (Dijkstra et al., 1992; Mills et al., 2001; Bannink et al., 2005). Dit ASG-model wordt momenteel ook gebruikt voor de berekeningen van de methaanemissie door melkvee in het kader van de nationale emissieregistratie (Tier 3; Van der Maas et al., 2008; Bannink, 2008, in druk; zie kaders 1 & 2). Het is een wetenschappelijk onderbouwd model dat de fermentatieprocessen en de methaanvorming in de pens en de dikke darm beschrijft. Gebruikmakend van de voeropname en de rantsoenenkenmerken voorspelt het model de vorming van de hoeveelheid en het type vluchtige vetzuren (fermentatie-eindproducten), de bijbehorende waterstofbalans en de omzetting van het waterstofoverschot in methaan (Bannink, 2007; zie kader 1). Naast een voorspelling van de fermentatie in de pens en de vertering in de dunne en dikke darm, voorspelt het model ook de totale hoeveelheid energie die de koe tot haar beschikking krijgt. Deze totale hoeveelheid energie bestaat uit glucogene (i.v.m. glucoseaanbod), aminogene (vergelijkbaar aan DVE) en ketogene energie (energie i.r.t. de vetstofwisseling). De modelvoorspellingen van melkproductie maken geen onderdeel uit van de Tier 3 (weergegeven in kader 1), maar zijn wel gebruikt in deze studie en vergeleken met de voorspelling op basis van het VEM-systeem.

De inputparameters voor het model zijn naast de voeropname ook de afbraakcharacteristieken van ruweiwit (Re), zetmeel en NDF (celwandfractie) van de afzonderlijke rantsoencomponenten, zoals die worden bepaald met de *in sacco* techniek. In deze studie zijn de afbraakcharacteristieken van de rantsoenbestanddelen niet bepaald *in sacco*, maar afgeleid op de volgende wijze. De chemische samenstelling en voederwaarde van de gebruikte ruwvoerders (BLGG analyses) op de bedrijven zijn vergeleken met de samenstelling van ruwvoerders uit een ASG dataset waarvan ook de afbraakcharacteristieken

bekend zijn. Op basis van die vergelijking zijn aan de ruwvoerders, die verstrekt zijn op de bedrijven, de afbraakgegevens gekoppeld.

Informatie over de grondstofsamenstelling, de chemische samenstelling en de voederwaarde van de gevoerde mengvoerders werden door de mengvoerleveranciers aangeleverd. Door gebruik te maken van de grondstofsamenstelling en de afbraakkenmerken van de afzonderlijke grondstoffen, weergegeven in de ASG dataset, werd proportioneel per mengvoer de afbraak van Re, zetmeel en NDF uitgerekend.

Zodoende waren uiteindelijk van alle rantsoencomponenten de voeropname en de afbraakkenmerken bekend waaruit de afbraak van het totale rantsoen proportioneel kon worden berekend. Met dit gewogen gemiddelde als modelinvoer werden de fermentatieprocessen en verteringsprocessen voorspeld, waarvan methaan en ammoniak, en de verwachte melkproductie onderdeel uitmaakten. De modelberekeningen zijn uitgevoerd voorafgaand aan en onafhankelijk van de VEM- en DVE-dekking berekend op basis van de bedrijfsgegevens.

Daarnaast werd eveneens berekend wat de uitscheiding van de verschillende stikstofcomponenten met de urine en feces was en welke van deze componenten bijdragen aan de ammoniakemissie (Reijs, 2007). Met vooraf vastgestelde emissiepercentages is berekend welke potentiële ammoniakemissie optreedt vanuit de stal en mestopslag en bij mestaanwending. Er werd gebruik gemaakt van constante emissiepercentages voor emissie uit de stal en bij aanwending, evenals voor de mineralisatie van stikstof in de organische N-fractie tijdens mestopslag. Verschillen tussen de bedrijven in stalinrichting, mestopslag, en aanwendingstechniek zijn dus buiten beschouwing gelaten.

Per bedrijf zijn scenario 's doorgerekend om tot een aanpassing in de samenstelling en nutriëntenopbouw van het rantsoen te komen die tot een reductie van de emissie van methaan en ammoniak leiden. Daarbij is rekening gehouden met maatregelen die redelijk uitvoerbaar waren binnen het bestaande voermanagement.

Naast voedinggerelateerde waarnemingen werden ook andere bedrijfswaarnemingen bijgehouden, zoals bv het ureumgehalte in tankmelk en de ontwikkeling van het melkproductieniveau. Alle bedrijfsgerelateerde gegevens zoals bv ziektes onder de veestapel, die mogelijk direct of later van belang konden zijn, werden eveneens verzameld.

Kader 1. Het verschil tussen het gehanteerde ASG-model en de rekenmethoden in registratiestudies

- Het ASG-model maakt gebruik van voeropname, chemische samenstelling en intrinsieke afbraakmerken als invoergegevens, en parameters voor de fermentatieomstandigheden in de pens (Tier 3). In registratiestudies (Tier 2; IPCC, 2006) wordt dikwijls alleen rekening gehouden met het effect van voer- (of energie-)opname.
- Het model voorspelt methaan als een uitkomst van een mechanisme dat de microbiële activiteit en methanogenese beschrijft (Tier 3). Hierbij wordt geen gebruik gemaakt van aannames rondom VEM of DVE-waardes of van methaanvorming. In overige registratiestudies zijn het dikwijls juist de aannames rondom VEM, DVE en methaanvorming in de rekenmethodes die grotendeels de voorspelde methaanvorming bepalen (Tier 2; IPCC, 2006).
- Het in kaart brengen van variatie tussen landen, regio's, bedrijven en rantsoenen, of tussen jaren en seizoenen, vraagt om een model dat de factoren weergeeft die ten grondslag liggen aan deze variatie in methaanvorming (Tier 3). Het als algemeen geldig aanvaarden van eenvoudige aannames rondom methaanvorming (Tier 2; IPCC, 2006) voldoet dan niet meer.
- Het model leent zich goed voor het voorspellen van de energie- en eiwitwaarde van een rantsoen onder minder gangbare voedingsomstandigheden (Tier 3), zoals bij zeer hoge voeropnames, hoge krachtvoergiften, lage Re-gehalten, e.d. Met name onder deze omstandigheden kunnen de modelvoorspelling ook sterker gaan afwijken van de opgegeven of geanalyseerde VEM- en DVE-waarde van een rantsoen.

METHODE	INVOER	MODEL EN AANNAMES	UITKOMSTEN
TIER 2	Voeropname	Methaanemissie Factor	Methaan
TIER 3	Voeropname Samenstelling Afbraak- karakteristieken	<i>Weergave mechanismen</i> Microbiële activiteit Fermentatie eindproducten Passage & Absorptie Zuurgraad	Substraatafbraak Microbiële groei VZ-vormingvorming H-balans Methaan Methaanemissie Factor

Kader 2. Onderscheid tussen het ASG-model en andere pensfermentatiemodellen en berekeningsmethoden

- Het ASG-model geeft de dynamiek weer van de fermentatieprocessen in de pens en dikke darm weer, en de uitkomsten zijn geen directe afgeleide van de invoergegevens voor de passagesnelheid en afbraaksnelheid. Andere modellen voorspellen de fermentatie van substraat direct uit de invoergegevens zonder tussenkomst van een mechanisme.
- I.t.t. andere modellen hanteert het ASG-model niet als uitgangspunt dat bij variërende voeropnames de afbraaksnelheid van substraat gelijk blijft.
- Het ASG-model voorspelt de hoeveelheid microbieel materiaal die aanwezig is in de pens en de interacties tussen verschillende typen micro-organismen en substraat.
- Het verloop van de fermentatieprocessen is afhankelijk van de concentratie micro-organismen en van de concentratie fermenteerbaar substraat. Het ASG-model voorspelt dit.
- Het ASG-model beschrijft de details van het microbiële metabolisme, zoals de (tijdelijke) opslag van zetmeel door micro-organismen, en de predatie door protozoën op bacteriën.
- Het ASG-model voorspelt de invloed van verschillende typen N-bronnen op de microbiële groei en voorspelt de invloed van voeding op de efficiëntie van microbiële groei.
- Het ASG-model geeft de invloed weer van de zuurgraad in de pens op het fermentatiepatroon (de verhouding waarin de afzonderlijke vluchtige vetzuren worden geproduceerd, met bijbehorende gevolgen voor het waterstofoverschot en de methaanproductie op dit overschot
- Het ASG-model bevat een weergave van de vorming van vluchtige vetzuren die gebaseerd is op een recent analyse van gegevens van pensfermentatie in lacterende melkkoeien. Hierin is eveneens het effect van de zuurgraad in de pens meegenomen omdat dit een belangrijke factor blijkt te zijn.
- Het ASG-model voorspelt de absorptie van vluchtige vetzuren en ammoniak, wat van belang is i.v.m. de voorspelling van de zuurgraad en de beschikbaarheid van ammoniak als N-bron.
- Het ASG-model maakt een onderscheid naar ruwvoerrijke en krachtvoerrijke rantsoenen.
- Het ASG-model is uitvoerig beschreven en getest v.w.b. de voorspelling van methaan, en overige pensverteringskenmerken.

3. Resultaten

3.1 Resultaten op bedrijfsniveau

3.1.1 Rantsoenenkenmerken en DS-opname

In Tabel 2 zijn de rantsoengegevens en de DS-opname weergegeven per bedrijf in de meetperioden februari, en maart of april volgens methode 1.

Het ruwvoeraandeel in het totale rantsoen bestaande uit graskuil, waaronder ook hooi en luzerne is gerekend, en snijmaïs varieerde op DS-basis van 57% (bedrijf 2 febr.) tot 75% (bedrijf 4 maart). Verder voerde bedrijf 2 voornamelijk graskuil als ruwvoer en bedrijf 3 vooral snijmaïs, terwijl op de overige drie bedrijven zowel gras- en snijmaïskuil werd verstrekt. Op bedrijf 1 werd meer graskuil dan snijmaïs op DS-basis verstrekt, terwijl dat op de bedrijven 4 en 5 juist andersom was.

Drie van de 5 bedrijven voerden natte bijproducten en twee bedrijven mengden ook snoepsiroop door de TMR.

Behalve op bedrijf 2, werd de totale hoeveelheid mengvoer verdeeld over de TMR en de mengvoerautomaat. Bedrijf 2 voerde 85% van het verstrekte mengvoer via de voerautomaat en maar 15% van het verstrekte mengvoer kwam in de TMR terecht. Hierdoor bevatte de TMR minder mengvoer en was de verwachte FPCM productie gebaseerd op een gemiddelde TMR opname, relatief laag (Tabel 1). Ook op bedrijf 5 was de FPCM productie uit de TMR laag, ondanks behoorlijk veel mengvoer in de TMR, hetgeen kwam door de lage VEM-waarde van de graskuilen op dat bedrijf (zie Tabel 1).

De DS-opname varieerde tussen de bedrijven van 18,5 (bedrijf 4) tot 22,7 kg per dier per dag (bedrijf 3), maar varieerde ook tussen de meetperioden binnen hetzelfde bedrijf. Op bedrijf 3 met vooral snijmaïs als ruwvoer waren het Re- en OEB-gehalte in het rantsoen het laagst: het OEB-gehalte was zelfs negatief in maart terwijl volgens de normen geadviseerd wordt niet lager te gaan dan een OEB-gehalte van 0. Bedrijf 2 met vooral graskuil als ruwvoer voerde het meeste Re, gevolgd door bedrijf 5, met daarna de bedrijven 1 en 4. Bedrijf 2 voerde een rantsoen met het laagste gehalte aan suikers plus zetmeel en de hoogste VEM-dichtheid in het rantsoen. Bedrijf 3 had het hoogste NDF-gehalte in het rantsoen.

3.1.2 Melkproductie, VEM/DVE-dekking en N-benutting.

In Tabel 3 is te zien dat de gemeten melkgift (MPR uitslagen) het hoogst was op bedrijf 3 en het laagst op bedrijf 4. Omgerekend naar FPCM was op bedrijf 2 de melkproductie het hoogst. Tussen bedrijven varieerde zowel melkvet- als het melkeiwitgehalte. Behalve op bedrijf 5 en bedrijf 2 in februari, werd er ruim boven de VEM en DVE norm gevoerd. Dat was vooral het geval op bedrijf 3 waar in maart ook de OEB-opname negatief was.

Op bedrijf 2 waren door het hoge Re-gehalte in het rantsoen, de N-opname en de N-excretie het hoogst van alle bedrijven. De N-benutting was op dat bedrijf het laagst, maar door de hogere melkproductie, minder laag dan verwacht op basis van de N-opname. Over het algemeen lag de N-benutting rond de 30% of zelfs hoger, waaruit blijkt dat deze bedrijven in hun voeding redelijk efficiënt met N omgaan.

Het melkureumgehalte varieerde van 19 tot 27 en was het hoogst op de bedrijven 2 en 5 in februari. In maart was op bedrijf 2 het melkureumgehalte slechts 21, terwijl dat in febr. nog 27 was zonder dat de N-excretie verschilde. Deze grote verandering in melkureumgehalte is dus niet te verklaren uit de N-excretie. Er lijkt een zwakke relatie te bestaan tussen melkureumgehalte enerzijds en N-opname en N-excretie anderzijds. Vanwege de beperkte omvang van de huidige dataset, maar vooral ook vanwege de incidenteel onverklaarbare verschillen in melkureum, kunnen hier echter geen harde conclusies aan worden verbonden.

3.1.3 Melkproductie, methaan- en ammoniakemissie voorspeld met het ASG-model

De voorspelde melkgift door het ASG-model (Tabel 4) was veelal hoger dan de werkelijke melkgift behalve op bedrijf 5 waar het model exact de werkelijke melkgift voorspelde bij een VEM-dekking van rond de 100% (Tabel 4). In februari op bedrijf 2 werd iets boven de VEM-norm gevoerd, terwijl het model 1,1 kg meer melk voorspelde dan de werkelijke melkgift. Bij de overige bedrijven nam het verschil tussen de werkelijke en de voorspelde melkgift toe naarmate de dieren meer boven de VEM-norm werden gevoerd.

Om de bedrijven die boven de VEM-norm voerden beter onderling te kunnen vergelijken is de opname van de TMR zodanig verlaagd dat de totale VEM-opname overeenkwam met de VEM-behoefte (VEM dekking = 100%). Voor deze nieuwe gecorrigeerde rantsoenen werden modelberekeningen verricht en het bleek dat voor de bedrijven 1, 2 en 3 (behalve in april) het model nog steeds meer melk voorspelde dan werkelijk geproduceerd werd (Tabel 5). Met name op bedrijf 3 in februari bleef er ook na de VEM-correctie een groot verschil tussen de werkelijke- en voorspelde melkgift, hetgeen erop duidt dat de metingen van de voeropname in die periode mogelijk niet kloppen (Fig. 1). In april voorspelde het model namelijk exact de waargenomen melkproductie. Op bedrijf 4 is bij correctie van de VEM-opname, de voorspelde melkgift lager dan de werkelijke melkgift. Afgezien van de periode februari op bedrijf 3 was de gemiddelde voorspellingsfout van het model na VEM-correctie +0.7 kg melk per dier per dag. Dit betekent dat het model nagenoeg altijd meer, en incidenteel minder melk voorspelde dan de verwachting op grond van het VEM-systeem.

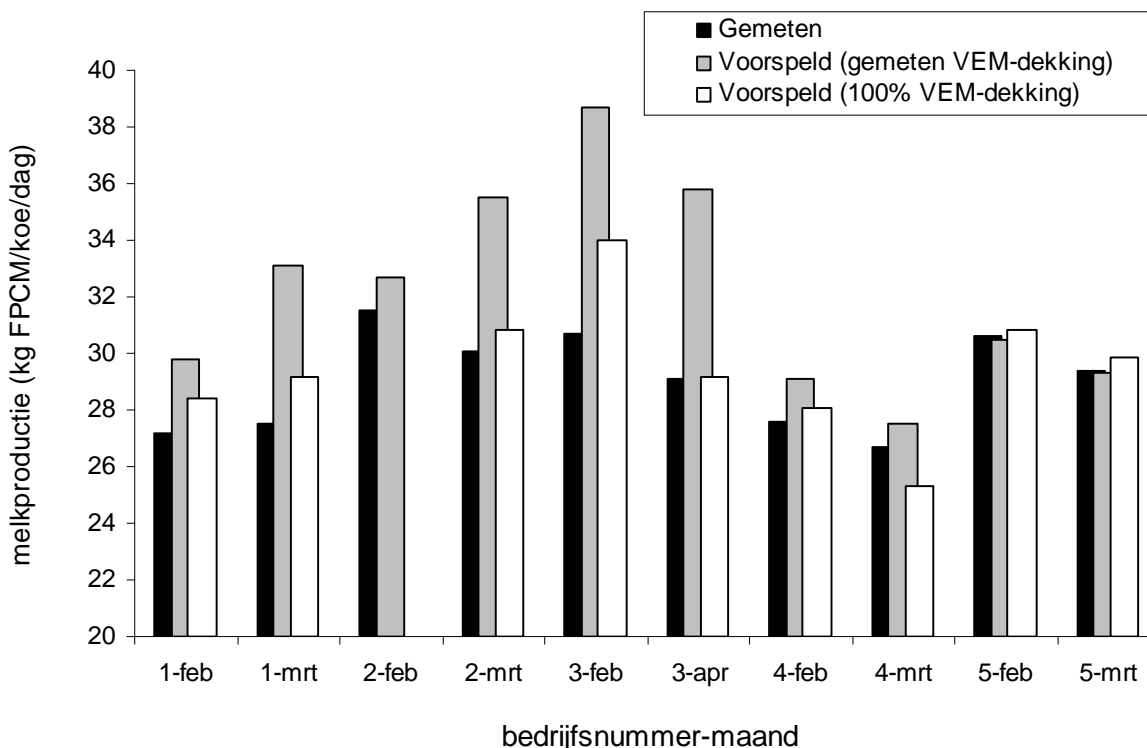


Fig. 1. Vergelijking tussen de gemeten en de met het ASG-model voorspelde melkproductie (kg FPCM/koe/dag) bij enerzijds de gemeten VEM-dekking en anderzijds een veronderstelde 100% VEM-dekking op vijf verschillende praktijkbedrijven in twee opeenvolgende meetmaanden in 2008.

De methaanproductie in kg per koe per jaar, en daarmee ook in g per koe per dag (Tabel 4) was het hoogst op bedrijf 3 en het laagst op bedrijf 4 (151 versus 128 kg methaan per koe per jaar) met een verschil van ruim 15%. Op de andere bedrijven varieerde de methaanproductie van 135 tot 146 kg methaan per koe per jaar. De methaanproductie uitgedrukt per kg DS-opname en per kg melk varieerden respectievelijk tussen 18,1 en 20,0 g methaan/kg DS-opname en 11,4 en 14,2 g/ kg melk. Bedrijf 3 produceerde gemiddeld de laagste hoeveelheid methaan per kg melk.

De voorspelde ammoniakemissie was het hoogst op bedrijf 2 en het laagst op bedrijf 4 (98 versus 58 g ammoniak-N per dier per dag). Ook kwalitatief vervluchtigde op bedrijf 2 de meeste N uit de hoeveelheid die met de urine en feces werd uitgescheiden. Op bedrijf 4 was dat het laagst gevolgd door bedrijf 3.

Wanneer tussen de bedrijven wordt vergeleken bij een VEM-dekking van 100%, waren zowel de absolute methaan- als de ammoniakemissies op bedrijf 4 het laagst, en op bedrijf 3 het hoogst (Tabel 5). Verschillen in absolute ammoniak- en methaanemissie worden ook na deze correctie alsnog sterk bepaald door het niveau van melkproductie en de daarvoor benodigde voeropname. Wanneer uitgedrukt per kg DS-opname of kg melk verandert het beeld van de verschillen tussen de bedrijven. Bijvoorbeeld voor bedrijf 3 met het hoogste aandeel snijmaïs in het rantsoen wordt nu niet meer de hoogste emissie berekend. Ook een vergelijking van de waarden voor twee meetmaanden binnen een bedrijf in tabellen 4 en 5 maakt duidelijk hoe sterk het effect is van het niveau van melkproductie op de methaanemissie per kg geproduceerde melk. Om die reden daalt de methaanemissie per kg melk op bedrijf 1 van februari naar maart, en is er sprake van respectievelijk een daling, stijging, stijging, stijging in de twee opeenvolgende meetmaanden voor bedrijven 2, 3, 4 en 5.

Tabel 2. Rantsoensamenstelling, DS-opname en de chemische samenstelling en voederwaarde van het rantsoen verstrekt op 5 bedrijven gedurende 2 meetperioden.

Bedrijf	1		2		3		4		5	
Meetperiode	Febr.	Maart	Febr.	Maart	Febr.	April	Febr.	Maart	Febr.	Maart
Rantsoensamenstelling in % op DS basis:										
- % graskuil	42	40	57	51	3	9	33	32	30	26
- % snijmaïs	24	31	0	11	56	55	41	43	40	41
- % CCM	6	7	-	-	-	-	-	-	-	-
- Aardappelpersvezel	-	-	8	7	-	-	-	-	-	-
- Perspulp	-	-	-	-	10	7	-	-	-	-
- % mengvoer	26	21	33	30	31	29	26	25	30	33
als % in TMR	13	8	5	2	11	12	14	14	13	16
- % snoepsiroop	2	2	2	1	-	-	-	-	-	-
DS-opname (kg/d/d)	19.2	20.6	19.6	21.3	22.7	22.1	19.5	18.5	19.7	19.4
Rantsoen gegevens										
Chemische sam.										
- As	83	83	85	80	53	58	62	64	71	65
- RE	150	152	182	163	138	136	148	149	166	159
- Suiker	93	88	122	84	48	52	71	74	56	58
- Zetmeel	218	216	141	172	251	268	229	239	243	258
- NDF	381	380	397	424	426	449	404	400	414	415
Voederwaarde in DS										
- VEM	966	958	1027	1013	941	957	986	995	970	954
- DVE	84	82	93	81	84	86	89	90	90	91
- OEB	16	16	37	23	3	-8	10	10	11	3

Tabel 3. Gemeten melkproductie en melksamenstelling, de VEM- en DVE-dekking, OEB-opname, N-balans en melkureumgehalte in 2 meetperioden voor de 5 bedrijven.

Bedrijf	1		2		3		4		5	
Meetperiode	Febr.	Maart	Febr.	Maart	Febr.	April	Febr.	Maart	Febr.	Maart
Melkproductie										
- kg melk/koe/dag	25.3	25.5	28.6	26.7	28.5	27.2	25.1	24.0	26.6	26.6
- % vet	4.56	4.59	4.70	4.93	4.48	4.43	4.65	4.71	4.98	4.74
- % eiwit	3.49	3.49	3.72	3.64	3.70	3.68	3.71	3.80	3.93	3.67
- FPCM/koe/dag	27.2	27.5	31.5	30.1	30.7	29.1	27.6	26.7	30.6	29.4
VEM/DVE dekking (%)										
- VEM	104	110	101	112	109	114	106	104	99	98
- DVE	107	113	99	104	105	111	108	106	103	105
OEB opname (g/koe/dag)	303	328	726	490	70	-167	186	192	213	58
N-opname (g/koe/dag)	460	501	571	555	501	481	462	441	523	493
N in melk (g/koe/dag)	138	139	168	152	165	154	146	143	164	153
N benutting (%)	30.0	27.7	29.4	27.4	32.9	32.0	31.6	32.4	31.4	31.0
N excretie (g/koe/dag)	322	362	403	403	336	327	316	298	359	340
Melkureum	25	25	27	21	24	19	21	20	27	23

Tabel 4. Voorspelde melkproductie en methaan(CH₄)emissie met het ASG-model en weergegeven per koe, per kg DS-opname en per kg melk, en de voorspelde ammoniak(NH₃-N)emissie per koe en als percentage van de N-excretie in 2 meetperioden op 5 bedrijven.

Bedrijf	1		2		3		4		5	
	Febr.	Maart	Febr.	Maart	Febr.	April	Febr.	Maart	Febr.	Maart
Meetperiode										
Melkproductie										
(kg melk/koe/dag)	27.7	30.7	29.7	31.5	35.9	33.5	26.5	24.7	26.5	26.5
(kg FPCM/koe/dag)	29.8	33.1	32.7	35.5	38.7	35.8	29.1	27.5	30.5	29.3
Methaanemissie										
- kg CH ₄ /koe/jaar	135	139	143	146	150	151	133	128	136	135
- g CH ₄ /koe/dag	370	380	392	400	411	414	364	350	372	370
- g CH ₄ /kg DS-opname	19.3	18.4	20.0	18.8	18.1	18.7	18.7	18.9	18.9	19.0
- g CH ₄ /kg melk	13.4	12.4	13.2	12.7	11.4	12.4	13.7	14.2	14.0	14.0
- g CH ₄ /kg FPCM	12.4	11.5	12.0	11.3	10.6	11.6	12.5	12.7	12.2	12.6
Ammoniakemissie										
- g NH ₃ -N/koe/dag	70	80	98	87	64	59	61	58	82	75
- NH ₃ -N/N excretie (%)	21.7	22.1	24.3	21.6	18.9	18.0	19.3	19.5	22.8	22.0

Tabel 5. Voorspelde melkproductie en methaan(CH₄)emissie met het ASG-model bij 100% VEM-dekking, weergegeven per koe, per kg DS-opname en per kg melk en de voorspelde ammoniak(NH₃)emissie per koe en als percentage van de N-excretie op 4 bedrijven.

Bedrijf	1		2	3	4		
	Febr.	Maart	Maart	Febr.	April	Febr.	Maart
Meetperiode							
Melkproductie							
(kg melk/d/d)	26.4	27.1	27.3	31.6	27.3	24.4	22.9
(kg FPCM/d/d)	28.4	29.2	30.8	34.0	29.2	28.1	25.3
Methaanemissie							
- kg CH ₄ /koe/jaar	130	129	134	143	134	126	123
- g CH ₄ /koe/dag	356	353	367	391	367	345	337
- g CH ₄ /kg DS-opname	19.5	18.9	19.4	18.8	19.1	18.9	19.2
- g CH ₄ /kg melk	13.5	13.0	13.4	12.4	13.4	14.1	14.7
- g CH ₄ /kg FPCM	12.5	12.1	11.9	11.5	12.6	12.9	13.2
Ammoniakemissie							
- g NH ₃ -N/koe/dag	69	71	76	64	54	55	54
- NH ₃ -N/N excretie (%)	22.9	22.5	22.3	20.4	19.9	19.1	19.8

3.2 Resultaten weergegeven per groep binnen het bedrijf

In paragraaf 2 werd al vermeld dat er is aangenomen dat alle dieren gemiddeld evenveel van de TMR opnemen. Het daarnaast bijgevoerde mengvoer werd berekend uit de individuele mengvoergiften per dier.

3.2.1 Hoogproductieve groep zonder de vaarzen (*methode 2*)

De DS-opname was op bedrijf 3 het hoogst, gevolgd door bedrijf 1, en daarna de overige drie bedrijven waar deze productiegroep een DS-opname realiseerde rond de 23 kg per koe per dag (Tabel 6). Opvallend is dat op bedrijf 1 en 4 de VEM- en DVE-dekking boven of iets onder de 100% lag wat samenhangt met de relatief lage melkproducties van deze nieuw melkte meerdere kalfsdieren op deze bedrijven. Verder valt de 83% DVE dekking op bij bedrijf 2 en de negatieve OEB opname op bedrijf 3.

Op de bedrijven 1 en 3 lag de VEM-dekking iets onder de 100%, terwijl de voorspelde melkgift hoger was dan de werkelijke melkgift. De methaanemissie was het hoogst op bedrijf 3 (170 kg/koe/jaar) en het laagst op bedrijf 5 (156 kg/koe/jaar) wat sterk gerelateerd is aan de voeropname. Wanneer de methaanemissie werd uitgedrukt per kg melk, dan was dat op bedrijf 3 het laagst en op bedrijven 4 en 5 het hoogst (15% hoger). Vergeleken met bedrijf 1 met een vergelijkbare VEM-dekking en ongeveer 25% minder snijmaïs in het rantsoen, was de methaanemissie per kg melk 10% lager op bedrijf 3..

De ammoniakemissie was op de bedrijven 3 en 4 het laagst en op 5 en 2 het hoogst voor deze groep nieuwmelkte dieren. Voor bedrijf 5 was die hoge ammoniakemissie wel opmerkelijk gezien de lage DVE-dekking en OEB-opname. Dit duidt op een modelvoorspelling voor de eiwitvertering die afwijkt van de geanalyseerde DVE- en OEB-waarden.

3.2.2 Groep middenproductief (*methode 3*)

Tabel 7 geeft de resultaten weer van de melkkoeien op de bedrijven die tussen de 100 en 200 dagen in lactatie waren. Opvallend is dat gedurende de meetperiode er op bedrijf 5 veel dieren op het midden van hun lactatie waren. Op bedrijf 4 waren er juist weinig dieren in deze groep.

Verder varieerde de melkgift (vooral FPCM) tussen de bedrijven, met de hoogste gerealiseerde gift op bedrijf 2 waar de dieren het meeste mengvoer kregen (ruwvoer/mengvoer verhouding en mengvoergift naast TMR). Overeenkomstig met de resultaten bij de hoogproductieve groep, waren de VEM-dekking op bedrijf 5 en de DVE-dekking op bedrijf 2 ruim lager dan 100%. De OEB opname op bedrijf 3 was opnieuw negatief en lager dan die bij de hoogproductieve groep.

Behalve op bedrijf 5 was de geschatte melkgift steeds hoger dan de werkelijke gift. Dit was vooral op bedrijf 3 het geval waar de indruk bestaat dat deze dieren te ruim werden gevoerd. De overschatting van de melkproductie is ook voor deze middengroep melkkoeien sterk gecorreleerd met de berekende VEM-dekking, die het hoogst was voor bedrijf 3.

Door de lagere voeropname was de kwantitatieve methaanuitstoot lager vergeleken met de groep hoogproductief, maar uitgedrukt per kg DS-opname of per kg melk was de methaanemissie hoger.

De ammoniakemissie was opnieuw het laagst op de bedrijven 3 en 4 en het hoogst op bedrijf 2.

3.2.3 Groep laagproductief (*methode 4*)

Zoals op alle bedrijven was de groep laagproductieve dieren met meer dan 200 dagen in lactatie het grootst (Tabel 8). Dat was vooral het geval voor bedrijf 4 waar de veestapel uit relatief veel oudmelkse dieren bestond.

Op bedrijf 3 kreeg deze groep dieren nog gemiddeld 2,4 kg DS uit mengvoer bijgevoerd naast het gemengde basisrantsoen, terwijl dat 0 op bedrijf 1 en op de bedrijven 4 en 5 maar 0.6 kg was. Op bedrijf 2 was de melkgift van deze groep dieren het hoogst. Op alle bedrijven werden de laagproductieve dieren ruim boven de VEM- en DVE-norm gevoerd. Op de eerste drie bedrijven, en vooral op bedrijf 3, waren de verschillen tussen de werkelijke- en de geschatte melkgift het grootst. Dit was gerelateerd aan de berekende VEM-dekking.

Door de lagere voeropname nam ook de absolute methaan- en ammoniakemissie af in vergelijking met de vorige groepen. De methaanemissie per kg DS-opname en per kg melk nam echter fors toe met tientallen procenten ten opzichte van de groep middenproductief.

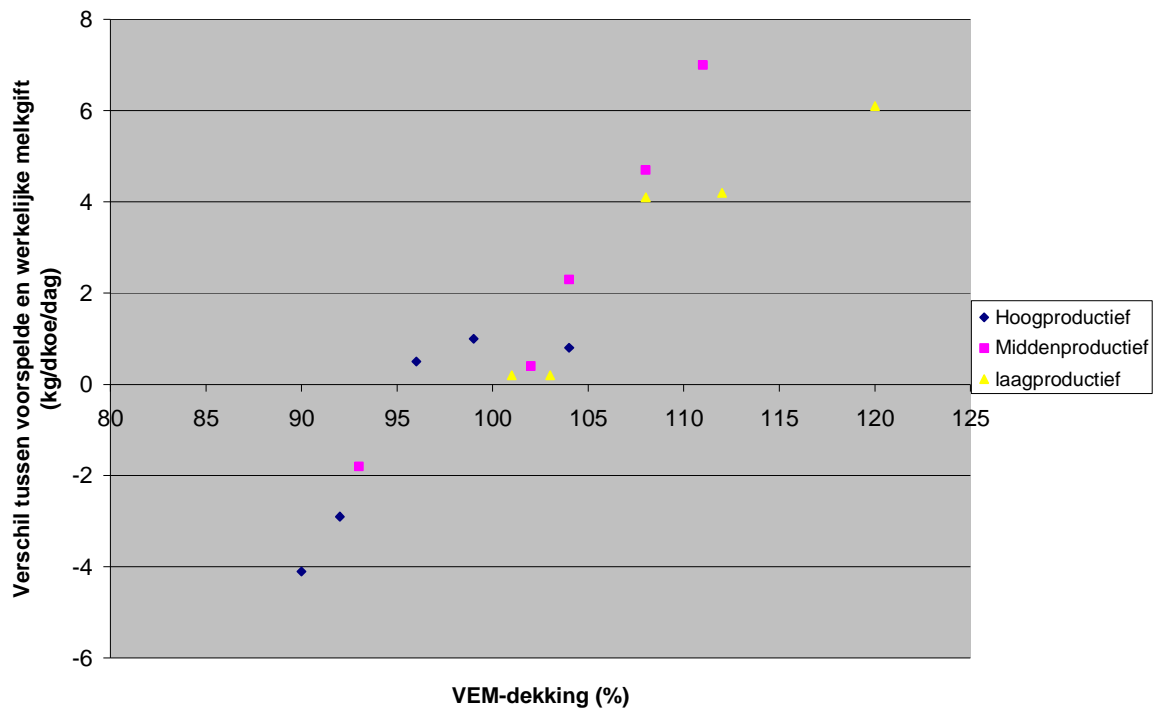
3.2.4 Synthese van de resultaten

Uit voorgaande bespreking van de resultaten blijkt dat naarmate er meer boven de VEM-norm werd gevoerd ook het verschil tussen de voorspelde en werkelijke melkgift groter werd. In Fig. 2 is deze relatie weergegeven als een lineair verband wat een R^2 opleverde van bijna 86%. Hierbij is het van belang om op te merken dat het model geen rekening houdt met de melkgift geproduceerd uit lichaamsreserve zoals dat kan optreden voor de hoogproductieve nieuw melkte meerdere kalfsdieren. In feite moet dus voor de groep nieuw melkte dieren, de VEM-dekking duidelijk lager zijn dan 100% en moet de voorspelde melkgift duidelijk lager zijn dan de werkelijke melkgift. Echter, op 3 van de 5 bedrijven lag de VEM-dekking rond de 100% en voorspelde het model meer melk dan werkelijk werd geproduceerd. Het lijkt er daarom sterk op dat op deze bedrijven de hoogproductieve nieuw melkte dieren minder van de TMR hebben opgenomen dan het gemiddelde, waarop de berekeningen zijn gebaseerd. Immers, bij de berekeningen werd aangenomen dat alle dieren dezelfde gemiddelde hoeveelheid van de TMR opgenomen hebben. Waarschijnlijk is de TMR-opname meer of minder verdrongen door de opname van het mengvoer. Verdringing van TMR of ruwvoer door mengvoer, treedt op als grote hoeveelheden mengvoer worden bijgevoerd. De eventuele lagere TMR-opname door de hoogproductieve koeien op die bedrijven, kan door een iets hogere opname van de dieren in de andere groepen gemakkelijk worden gecompenseerd. Temeer omdat de hoogproductieve groep weinig en de midden- en vooral de laagproductieve groep veel dieren bevat. Als bv op bedrijf 1 de hoogproductieve dieren in werkelijkheid gemiddeld 1 kg DS minder van de TMR hebben opgenomen, dan zou dat al gecompenseerd kunnen worden door de gemiddelde TMR-opname van de midden- en laag productieve groepen met 0,2 kg DS te verhogen.

In een situatie waarin de TMR door het mengvoer is verdrongen, daalt de ruwvoer/mengvoer verhouding in het totale rantsoen, wat weer kan leiden tot een meer verzuurde pens en wat invloed kan hebben op de pensfermentatie en vertering door de koe. Vooral bedrijf 3 lijkt gevoelig voor dat effect omdat de ruwvoer/mengvoer in het rantsoen het laagst was nml. 55/45 voor de groep hoogproductieve dieren (Tabel 6). Als wordt verondersteld dat minder van de TMR, dus minder ruwvoer is opgenomen dan gaat die verhouding nog verder naar beneden en kan het rantsoen aanleiding geven tot een verzuurde pensinhoud met een lagere vertering en benutting van het rantsoen tot gevolg. Gezien de melkgift van gemiddeld 44.7 kg per koe per dag en een goede overeenkomst met de modelvoorspellingen lijkt dit echter niet het geval te zijn geweest. Wel was het vetgehalte van 4,10% aan de lage kant (minimaal 0.3% lager dan bij de overige bedrijven) wat op een verdunningseffect kan wijzen. Op de bedrijven 1 en 4 ligt het niet voor de hand dat het rantsoen heeft geleid tot pensverzuring vanwege een lagere TMR-opname dan verondersteld op basis van de waarnemingen, gelet op de ruwvoer/mengvoer verhouding, de melkproductie en het melkvetgehalte.

Verder werd duidelijk dat de midden- en laagproductieve dieren veelal ruim boven de VEM-norm werden gevoerd. Daarbij moet wel worden opgemerkt dat geen rekening is gehouden met de energie behoefte voor eventuele groei en/of dracht. Het wel rekening houden hiermee zou echter de VEM-dekking hooguit een paar procenten naar beneden hebben gebracht, en kan slechts een klein deel van de hoge VEM-dekking voor deze groepen verklaren. Het lijkt erop dat als bedrijven in staat zijn om de laagproductieve groep efficiënt te voeren, dit ook een positieve invloed heeft op de voerbenutting van de hele veestapel. In dit kader speelt de voerstrategie een rol: hoeveel TMR verstrek ik en geef ik nog extra mengvoer aan de oudmelkse dieren? Uiteraard hangt dit ook af van het melkproductie niveau van de veestapel waarbij het wenselijk zou zijn om het voerstrategie effect te onderzoeken in de praktijk bij verschillende melkproductie niveaus. In deze studie waren de melkproductie niveaus tussen de bedrijven vergelijkbaar.

Fig 2. Relatie tussen de VEM-dekking en het verschil in voorspelde en werkelijke melkgift.



Tabel 6. Resultaten van de hoogproductieve meerdere kalfskoeien tot 100 dagen in lactatie tijdens de maart/april waarneming op de 5 bedrijven.

Bedrijf	1	2	3	4	5
Meetperiode	Maart	Maart	April	Maart	Maart
Aantal melkkoeien	8	6	5	9	14
Ruwvoer/mengvoer verhouding	58/42	56/44	55/45	59/41	56/44
Totale DS-opname kg/koe/dag	24.8	23.3	25.6	23.2	23.0
Hoeveelheid bijgevoerd mengvoer in kg DS/koe/dag	6.8	7.9	7.3	6.8	7.0
Melkproductie					
- kg melk/koe/dag	38.6	41.6	44.7	35.5	40.4
- % vet	4.65	4.42	4.10	4.42	4.45
- % eiwit	3.25	3.26	3.16	3.48	3.35
- FPCM/koe/dag	41.6	43.5	44.8	37.6	42.6
VEM/DVE dekking (%)					
- VEM	99	92	96	104	90
- DVE	102	83	97	107	96
OEB opname (g/koe/dag)	332	542	-126	190	99
<i>Modeluitkomsten</i>					
Voorspelde melkgift (kg/koe/dag)	39.6	38.7	45.2	36.3	36.3
Methaanemissie					
- kg CH4/koe/jaar	163	158	170	157	156
- g CH4/koe/dag	446	432	465	430	427
- g CH4/ kg DS-opname	18.0	18.5	18.2	18.5	18.6
- g CH4/kg melk	11.3	11.2	10.3	11.8	11.8
Ammoniakemissie					
g NH3-N/koe/dag	88	90	73	75	94

Tabel 7. Resultaten van de melkkoeien die tussen de 100 en 200 dagen in lactatie waren (groep middenproductief) tijdens de maart/april waarneming op de 5 bedrijven.

Bedrijf	1	2	3	4	5
Meetperiode	Maart	Maart	April	Maart	Maart
Aantal melkkoeien	19	14	14	8	46
Ruwvoer/mengvoer verhouding	68/32	58/42	61/39	68/32	64/36
Totale DS-opname kg/koe/dag	21.2	22.5	23.2	20.4	20.3
Hoeveelheid bijgevoerd mengvoer in kg DS/koe/dag	3.2	7.1	4.9	4.0	4.2
Melkproductie					
- kg melk/koe/dag	27.6	32.7	31.0	31.0	30.3
- % vet	4.41	4.70	4.41	4.02	4.65
- % eiwit	3.54	3.69	3.56	3.46	3.65
- FPCM/koe/dag	29.3	36.0	32.9	31.3	33.1
VEM/DVE dekking (%)					
- VEM	108	104	111	102	93
- DVE	106	90	106	102	98
OEB opname (g/koe/dag)	329	522	-155	191	68
<i>Modeluitkomsten</i>					
Voorspelde melkgift (kg/koe/dag)	32.3	35.0	38.0	31.4	28.5
Methaanemissie					
- kg CH4/koe/jaar	142	154	157	139	141
- g CH4/koe/dag	389	421	430	383	386
- g CH4/ kg DS-opname	18.3	18.7	18.5	18.8	19.0
- g CH4/kg melk	12.0	12.0	11.3	12.2	13.5
Ammoniakemissie					
g NH3-N/koe/dag	76	88	63	64	78

Tabel 8. Resultaten van de melkkoeien die meer dan 200 dagen in lactatie waren (groep laagproductief) tijdens de maart/april waarneming op de 5 bedrijven.

Bedrijf	1	2	3	4	5
Meetperiode	Maart	Maart	April	Maart	Maart
Aantal melkkoeien	31	24	26	43	38
Ruwvoer/mengvoer verhouding	80/20	69/31	68/32	81/19	78/22
Totale DS-opname kg/koe/dag	18.0	18.9	20.7	17.0	16.7
Hoeveelheid bijgevoerd mengvoer in kg DS/koe/dag	0	2.1	2.4	0.6	0.6
Melkproductie					
- kg melk/koe/dag	20.1	21.9	20.7	20.4	18.5
- % vet	4.74	5.03	4.95	5.01	5.25
- % eiwit	3.73	3.81	4.12	4.03	4.05
- FPCM/koe/dag	22.3	25.2	24.0	23.7	22.0
VEM/DVE dekking (%)					
- VEM	108	112	120	103	101
- DVE	119	102	118	103	110
OEB opname (g/koe/dag)	325	427	-185	192	29
<i>Modeluitkomsten</i>					
Voorspelde melkgift (kg/koe/dag)	24.2	26.1	26.8	20.6	18.7
Methaanemissie					
- kg CH ₄ /koe/jaar	123	133	143	120	118
- g CH ₄ /koe/dag	337	364	391	328	323
- g CH ₄ / kg DS-opname	18.7	19.3	18.9	19.3	19.3
- g CH ₄ /kg melk	13.9	13.9	14.6	15.9	17.3
Ammoniakemissie					
g NH ₃ -N/koe/dag	73	73	55	60	57

3.3 Modeluitkomsten van de doorgekende rantsoenvarianten per bedrijf

3.3.1 Inleiding

Aanvankelijk was het de bedoeling om door het aanpassen van het rantsoen, de methaan- en ammoniakemissie te verlagen binnen de mogelijkheden die er waren op de bedrijven. Echter, de lage efficiëntie van voerbenutting die werd aangetroffen op een aantal bedrijven, leidde er toe dat de aandacht meer moest worden gericht op de factoren die daaraan ten grondslag lagen. Gezien het effect op de (berekende) methaan- en ammoniakemissie had dit aspect de hoogste prioriteit. Het zoeken naar een aanpassing van de rantsoensamenstelling ter vermindering van methaan en ammoniak kreeg hierdoor minder aandacht. Bovendien maken veehouders hun afwegingen in de bedrijfsvoering op basis van andere aspecten dan methaan- en ammoniakemissie. Er bestaat momenteel al een groot spanningsveld tussen de uiteenlopende afwegingen en de mogelijkheden die de bedrijfssituatie biedt (zie voor een overzicht kader 3), wat de bewegingsruimte om ammoniak en methaan te reduceren sterk beperkt. Deze afwegingen leiden de aandacht af van ammoniak en methaan met als gevolg dat voeraanpassingen om deze emissies te verminderen momenteel waarschijnlijk niet leidend zijn.

Voor de meeste bedrijven zijn de mogelijkheden van eventuele rantsoenaanpassingen op een rij gezet, waarbij naast vermindering van de emissie ook een verbetering van de voerefficiëntie leidend is geweest. Deze verkenning kon slechts beperkt van omvang zijn. In de toekomst zou deze verkenning sterk uitgebreid kunnen worden, waarbij niet alleen de invloed van voeding op emissies wordt bekeken maar eveneens de overige afwegingen die momenteel leidend zijn voor het bedrijfsmanagement (zie kader 3).

Hieronder volgen per bedrijf de resultaten van rantsoenvarianten die in deze studie verkend werden.

3.3.2 Bedrijf 1

Er was een vreemde situatie met betrekking tot de voeding op dit bedrijf in maart. De dieren werden 10% boven de VEM norm gevoerd en produceerden maar matig melk (Tabel 3). Ondanks dat de hoogproductieve dieren precies op de VEM-norm werden gevoerd, was de voorspelde melkgift hoger dan de werkelijke melkgift (39,6 versus 38,6 kg/d/d). In feite zou de voorspelde melkgift lager moeten zijn dan de werkelijke productie omdat, zoals eerder opgemerkt, in het model de melkgift vanuit gemobiliseerde lichaamsreserves niet meegerekend is. Het is zeer aannemelijk dat deze mobilisatie heeft plaats gevonden in deze periode van het lactatiestadium. Er kunnen twee oorzaken zijn voor de onverwacht hogere voorspelde dan gerealiseerde melkgift: de voeropname van de TMR was te hoog ingeschat, of het rantsoen werd op de een of andere wijze slecht benut. Een 5% lagere TMR-opname doet de voorspelde melkgift iets lager uitkomen dan de werkelijke melkgift (38.0 versus 38.6 kg). Maar omdat het model geen rekening houdt met mobilisatie van lichaamsreserves is de voorspelde melkgift nog steeds te hoog. De TMR-opname zou dus nog lager moeten zijn of het rantsoen werd slecht benut. Dat de TMR-opname nog veel lager was, ligt niet echt voor de hand. Het lijkt er daarom op dat de benutting van het rantsoen laag was, omdat de gemeten melkproductie van 38,6 kg voor hoogproductieve melkkoeien aan het begin de lactatie, aan de lage kant is. Temeer daar het vetgehalte van 4,65% voor deze nieuwmelkte groep aan de hoge kant is. Mogelijk heeft een tekort aan glucogene energie een remmend effect op de melkplasma-productie gehad. Het tekort aan glucogene energie had mogelijk betrekking op het feit dat het zetmeel in het rantsoen afkomstig was van maïs (CCM en snijmaïs), wat redelijk bestendig van aard is. Door de slecht verteerbare graskuilen in combinatie met bestendig zetmeel, is de vluchtige vetzuur productie in de pens (met propionzuur als belangrijke precursor voor synthese van glucose in de lever) waarschijnlijk suboptimaal geweest. Het rantsoen lijkt dan ook slecht te zijn benut waarmee er relatief veel voer werd verstrekt zonder dat het leidde tot de juiste verwachte melkproductie, maar wel tot

een hoge methaanemissie. Het was dus van belang om eerst de benutting van het rantsoen te verbeteren. De indruk bestond verder dat de dieren de TMR minder smakelijk vonden, hetgeen werd toegeschreven aan de herfstkuil. Om het kort uit te drukken “het liep gewoon niet met de voeding in die periode”.

Kader 3. Afwegingen / aandachtspunten voor aanpassing management melkveebedrijven

AANDACHTSPUNTEN VANUIT OOGPUNT BEDRIJFSMANAGEMENT

- Beschikbaar areaal en aanwezige bodemtype
- Beschikbare melkquotum
- Aantal melkkoeien, intensiteit veebezetting
- Ruwvoervoorziening (verdeling areaal voor gras- en maïsproductie)
- Graskwaliteit (inclusief onderscheid beweiden en maaien)
- Maïskwaliteit (inclusief onderscheid maïssilage en andere maïsproducten zoals CCM)
- Historie van bedrijfsmanagement (qua bodembewerking, bemesting, hydrologie, e.d.)

AANDACHTSPUNTEN VANUIT OOGPUNT VOERMANAGEMENT

- Potentiële melkproductie per koe
- Voeding / rantsoenverstrekking productiegroepen
- Beschikbare voersysteem / voerstrategie
- (Lokaal) beschikbare producten (ruwvoerders, of enkelvoudige producten e.d.)
- Rantsoenbenutting (i.v.m. verteringsdepressie, verzuring, e.d.)
- Krachtvoersamenstelling
- Eiwit- en P-voorziening

AANDACHTSPUNTEN VANUIT MILIEUKUNDIG OOGPUNT & HUIDIGE WETGEVING

- Mestproductie (gemiddelde N-excretie en P-excretie per koe, inclusief jongvee en droogstaande koeien)
- Evt. mestafvoer
- Methode en strategie mestaanwending

AANDACHTSPUNTEN VANUIT MILIEUKUNDIG OOGPUNT & TOEKOMSTIGE WETGEVING

- N-excretie & N-bemesting met dierlijke mest
- P-excretie en P-bemesting met dierlijke mest
- Ammoniakemissie
- Methaanproductie

In april zijn een aantal rantsoenvarianten doorgerekend waarmee is getracht om het energie-aanbod in de pens te verhogen, bijvoorbeeld door bietenpulp en tarwe in het rantsoen op te nemen. Een deel van de verstrekte bietenpulp werd opgenomen in de TMR en het overige deel werd verstrekt via de mengvoerbox. Omdat er maar één mengvoersoort kon worden verstrekt, werd de bietenpulp gemengd met een mengvoersoort met relatief veel tarwe erin. Dit aangepaste rantsoen werd echter te kort verstrekt om het werkelijke effect op de gerealiseerde melkgift te kunnen nagaan, want kort na de aanpassing gingen de dieren naar buiten. Tijdens de eerste weken weidegang steeg de melkgift sterk, maar daalde het vetgehalte onder de 4%.

3.3.3 Bedrijf 2

Op dit bedrijf werd enkel graskuil aangevuld met iets hooi, als ruwvoer verstrekt (Tabel 1). Het kuilvoer was afkomstig van twee kuilen van goede tot redelijke kwaliteit (Tabel 9).

Opvallend waren de verschillen in Re-gehalte en dienovereenkomstig DVE en OEB tussen de beide kuilen. Het hoge OEB-gehalte in één van de graskuilen leidde tot een hoge OEB-opname. Naast de graskuilen werd aardappelpersvezels en 4 soorten mengvoer gevoerd.

Door met name het lage DVE-gehalte van de zomerkuil moest er nogal extra DVE worden bijgevoerd om aan de 100% DVE-dekking van het rantsoen te komen. Omdat DVE-rijke grondstoffen ook veel OEB bevatten, werd de OEB-opname daardoor nog eens verhoogd. Uiteindelijk leidde dat tot een hoge voorspelde ammoniakemissie (Tabel 10).

Het effect van de doorgerekende rantsoenaanpassingen is weergegeven in Tabel 10 en laat zien dat de ammoniakemissie met bijna 30% naar beneden kan. Wel was de DVE-dekking lager dan 100% voor de rantsoenvarianten. In de tussentijd dat de berekeningen plaatsvonden, ging de veehouder over op de voorjaarskuil van 2007 (Tabel 9) en werd gezamenlijk besloten om tevens iets meer snijmaïs in het rantsoen op te nemen. Dit leidde tot het rantsoen dat in maart is verstrekt (zie voorgaande), waarvan een deel van de resultaten ook in Tabel 10 zijn opgenomen. In vergelijking met het februari-rantsoen daalde de voorspelde ammoniakemissie wel, maar steeg de voorspelde methaanemissie en de berekende VEM- en DVE-dekking.

Tabel 9. Chemische samenstelling, voederwaarde en DS-opname van de graskuilen verstrekt op bedrijf 2.

	Voorjaarkuil 2006	Zomerkuil	Voorjaarskuil 2007
Chemische samenstelling (g/kg DS)			
Re	224	129	182
Suiker	136	46	66
NDF	406	528	511
Voederwaarde			
VEM	978	883	931
DVE	91	51	66
OEB	68	17	51
DS-opname (kg)	7.5	3.2	10.4

Tabel 10. Enkele rantsoenenmerken van het gevoerde rantsoen in februari met de geschatte melkgift, methaan- en ammoniakemissie vergeleken met twee rantsoenvarianten “perspulp” en “mengvoer” en met het rantsoen verstrekt in maart op bedrijf 2.

	Febr	Rantsoen varianten		
		Perspulp	Mengvoer	Maart
Chemische samenstelling (g/kg DS)				
Re	182	155	155	163
Suiker	122	129	127	84
Zetmeel	141	117	140	172
NDF	397	433	410	424
VEM-dekking	101	102	105	112
DVE-dekking	99	92	90	104
OEB opname	726	335	394	490
Geschatte melkgift (kg)	29.8	29.5	30.3	31.7
Methaan (kg/koe/jaar)	143	142	139	147
Ammoniakemissie (g NH ₃ -N)	101	71	72	86

3.3.4 Bedrijf 3

Op dit bedrijf werd in eerste instantie in februari alleen snijmaïs verstrekt (12,8 kg DS/koe/dag) aangevuld met iets graszaadhooi (0,8 kg DS/koe/dag) als ruwvoer. De DS-opname was hoog en er werd zeer ruim boven de VEM- en DVE norm gevoerd (Tabel 2 en 3). Wanneer wordt aangenomen dat er 5% minder van het gemengde rantsoen is opgenomen, daalt daarmee de methaanemissie van 150 naar 148 kg per koe per jaar. De voorspelde melkgift kwam bij de 5% opnamecorrectie uit op 33,1, hetgeen altijd nog veel hoger is dan de gemeten hoeveelheid van 28,5 kg.

In maart (meting was in april) werd er naast snijmaïs ook iets graskuil verstrekt, maar de uitkomsten werden eerder slechter dan beter (hogere VEM- en DVE-dekking, groot verschil tussen werkelijke en voorspelde melkgift).

De DS-opname op dit bedrijf was goed, maar waarschijnlijk was de benutting van de opgenomen nutriënten op de een of andere manier lager. Hiervoor zijn mogelijk 3 oorzaken aan te wijzen, ten eerste een hoge passage van het voer door de pens waardoor er te weinig vluchtige vetzuren in de pens worden geproduceerd. Een tweede oorzaak zou kunnen zijn dat de vertering in de dunne darm van met name het zetmeel lager is dan aangenomen. En als laatste zou het een metabole oorzaak kunnen hebben in die zin dat er van de opgenomen nutriënten procentueel meer richting lichaamsweefsel gaat en minder richting melk (partitioning effect). Met name de hoge passagesnelheid en de slechtere vertering in de darm, kan in werkelijkheid wel hebben geleid tot een lagere methaanuitstoot dan met het model voorspeld. Immers deze specifieke interactie effecten tussen voer- en voervertering zijn niet opgenomen in het model.

Door die hoge DS-opname was de methaanuitstoot relatief hoog en door de lage werkelijk geproduceerde melkgift was ook de methaan uitgedrukt per kg geproduceerde melk hoog. De theoretische verwachting was dat dit rantsoen met het hoogste aandeel zetmeel erin zou leiden tot de laagste methaanuitstoot zowel in g per dier per dag, in g per kg DS en in g per kg melk. Dat was ook wel geval als de voorspelde methaan emissie werd gedeeld door de

voorspelde melkgift (zie tabel 4). Wel was de methaanproductie per kg opgenomen DS op dit bedrijf het laagst van alle bedrijven, maar de verschillen tussen de bedrijven bleven relatief gering. Naast een hoog zetmeelgehalte kenmerkte dit rantsoen zich echter ook door het hoogste NDF-gehalte (geeft relatief veel methaan) en het laagste eiwitgehalte (geeft relatief weinig methaan), wat het remmende effect van een hoog zetmeelgehalte op de methaanvorming voor een groot deel compenseerde.

3.3.5 Bedrijf 4

Er werd op dit bedrijf iets boven de norm gevoerd bij een relatief lage melkgift. De voorspelde melkgift kwam goed overeen met de gemeten melkgift. Zowel de absolute emissie van methaan als van ammoniak was vrij laag op dit bedrijf. De methaanemissie uitgedrukt per kg melk lag in de orde van grootte zoals ook gevonden voor de andere bedrijven.

Voor dit bedrijf zijn geen varianten uitgerekend omdat aanvankelijk de voorspelling van de melkgift redelijk klopte en de methaan- en ammoniakemissie vrij laag waren in vergelijking met de andere bedrijven. In de periode tussen februari en maart werd een andere graskuil gevoerd, die iets beter van kwaliteit was. Desondanks daalde de melkgift wat mogelijk toegeschreven kan worden aan het feit dat er in die periode veel vaarzen afkalfden en er veel oudmelkse dieren waren.

3.3.6 Bedrijf 5

De veestapel op dit bedrijf werd op de VEM-norm gevoerd, en net iets boven de DVE-norm. Ook kwam de voorspelde melkgift goed overeen met de werkelijke melkgift. De methaanemissie was relatief laag, maar de ammoniakemissie was hoog.

Voor dit bedrijf zijn een viertal rantsoen varianten voor het februari rantsoen (melkproductie 26,6 kg/koe/dag) doorgerekend waarvan de resultaten zijn vermeld in Tabel 11. Het uitgangspunt bij het maken van de rantsoen varianten was om te komen tot een verlaging van het Re- en OEB-gehalte en een verhoging van het zetmeelgehalte op een voor het bedrijf realiseerbare wijze. De uitkomsten van de berekeningen laten zien dat zowel het Re- als het OEB-gehalte naar beneden kan en dat dit vooral gevolgen heeft voor de ammoniakemissie en minder voor de methaanuitstoot. De voorspelde melkgift van de rantsoen varianten schommelde rond de voorspelde waarde van het februari rantsoen. Melkproductie verhogen gepaard gaande met een verlaging van zowel methaan als ammoniak was niet gemakkelijk, alleen een verlaging van de ammoniakemissie leek eenvoudig realiseerbaar.

In de periode tussen februari en maart werd overgestapt naar een andere graskuil met een lager Re-gehalte. Het maart rantsoen bestond uit minder graskuil, iets smeer snijmaïs en mengvoer en leidde tot een lager Re- en OEB-gehalte in rantsoen en tot een daling van de ammoniakemissie bij gelijkblijvende melkproductie (Tabel 4).

Voor wat betreft de opdeling van de veestapel in lactatiegroepen in maart, moet worden opgemerkt dat dit bedrijf, in tegenstelling tot de andere bedrijven, de hoogproductieve dieren tot 100 dagen in lactatie een ander mengvoer verstrekke dan de overige dieren, die langer in lactatie waren. Dit aspect, samen met het feit dat een deel van de laagproductieve dieren ook nog mengvoer kregen bijgevoerd, was aanleiding om de veestapel te verdelen in 5 groepen van dieren. Ervan uitgaande dat alle dieren het gemiddelde basisrantsoen opnamen, zijn de voer- en melksamenstelling per groep in het model ingevoerd. De resultaten daarvan zijn weergegeven in Tabel 12.

Beide hoogproductieve groepen werden ruim onder de VEM-norm gevoerd hetgeen voor groep "Hoog2" wel opmerkelijk was. De dieren in groep Hoog2 waren niet meer in de

negatieve energiebalans periode en hebben mogelijk meer van de TMR opgenomen dan het aangenomen gemiddelde. Dat zou ook kunnen gelden voor de groepen Midden en laag1, die iets onder de VEM-norm werden gevoerd. De oudmelkse dieren, die alleen TMR kregen (Laag2), werden boven de VEM-norm gevoerd. In werkelijkheid zou de TMR-opname wel eens lager kunnen zijn voor deze groep. Omdat er in deze groep veel dieren bevat, zou een eventuele te hoge voeropname van deze groep, de lagere voeropname van met name Hoog2 en Midden kunnen compenseren. Daaruit volgt dan dat dit bedrijf ook zijn laagproductieve dieren niet of nauwelijks boven de VEM norm voert, hetgeen de voerbenutting van het hele bedrijf ten goede komt. Dit laatste lijkt vooral te komen door een voerstrategie, waarbij de TMR is afgestemd op de melkproductie van de laagst productieve groep zonder extra mengvoer. Dit betekent wel dat de hoogproductieve nieuw melkte dieren veel extra mengvoer moeten hebben, hetgeen weer specifieke eisen stelt aan dat mengvoer met het oog op het voorkomen van pensverzuring en voldoende aanbod van individuele nutriënten.

De voorspelde melkproductie benaderde de werkelijke melkgift vrij goed. De methaanemissie nam af met de voeropname, terwijl de methaanemissie per kg melk sterk toenam (86%). Dit laatste vooral als gevolg van het feit dat de methaanuitstoot kwantitatief minder snel afnam dan de melkgift. Die minder sterke daling van de methaanuitstoot was een gevolg van het feit dat met de daling van de voeropname het ruwvoer aandeel toe en het mengvoer aandeel in het rantsoen afnam. Hierdoor daalde de methaanuitstoot minder sterk dan op basis van de daling in voeropname mocht worden verwacht. De ammoniakemissie lijkt voor dit bedrijf aan de hoge kant, met name de midden- en laagproductieve dieren kregen een DVE-rijk rantsoen. Dit kwam vooral doordat in de TMR twee mengvoersoorten werden verstrekt met een hoog Re- en DVE-gehalte waardoor de TMR krap 15% Re en 83 g DVE in de DS bevatte. Door het opnemen van een iets andere mengvoersoort zou het Re- en DVE-gehalte van het rantsoen naar beneden kunnen, echter dan gaat ook de DVE-dekking bij de hoogproductieve dieren verder onderuit. De vraag is of dat wenselijk is gezien de VEM-dekking, die ver beneden de 100% lag (88%).

Tabel 11. Enkele rantsoenkenmerken van het gevoerde rantsoen in februari met de geschatte melkgift, methaan en ammoniakemissie vergeleken met vier rantsoen varianten “amygold1”, “amygold2”, “amygold/aardapp” en “tarwe” op bedrijf 5.

	Febr.	Rantsoen varianten		Amygold/ Aardappelen ³	Tarwe ⁴
		Amygold1 ¹	Amygold2 ²		
Chemische sam. (g/kg DS)					
Re	166	142	142	145	151
Suiker	56	48	47	43	42
Zetmeel	243	291	296	324	329
NDF	414	415	411	388	386
VEM-dekking	99	98	101	101	98
DVE-dekking	102	95	98	101	97
OEB opname	213	-100	-90	-95	18
Voorspelde melkgift (kg)	26.3	25.8	26.9	26.6	25.8
Methaan (kg/koe/jaar)	136	133	136	136	135
Ammoniakemissie (g NH ₃ -N/koe/dag)	82	55	58	62	65

¹: 2,5 kg DS mengvoer vervangen door amygold.

²: zelfde als 1 met extra 0,5 kg DS amygold.

³: zelfde als 2 maar waarbij 1,5 van de 3 kg DS amygold is vervangen door verse aardappelen.

⁴: vervanging van 2 kg DS mengvoer door tarwe.

Tabel 12. Enkele rantsoenenkenmerken van de gevoerde rantsoenen in maart op bedrijf 5 met de werkelijke- en geschatte melkgift, de methaan en ammoniak uitstoot voor 5 productiegroepen verdeeld op basis van lactatiestadium en soort mengvoer dat werd verstrekt.

	Melkproductie groepen				
	Hoog1 ¹	Hoog2 ²	Midden ³	Laag1 ⁴	Laag2 ⁵
Chemische sam. (g/kg DS)					
Re	168	166	157	155	149
Suiker	67	67	56	53	46
Zetmeel	264	253	255	256	257
NDF	390	404	422	427	439
VEM-dekking	88	92	96	98	103
DVE-dekking	93	94	103	106	113
OEB opname	99	91	51	40	22
Aantal melkkoeien	15	9	12	13	22
Melkgift (kg/koe/dag)					
Werkelijke melkgift	41.1	37.3	25.0	22.5	16.3
Voorspelde melkgift	36.9	34.5	24.1	21.3	17.4
Methaan (kg/koe/jaar)	155	153	128	125	114
Methaan (g/kg melk)	10.3	11.2	14.0	15.2	19.2
Ammoniakemissie (g NH ₃ -N/koe/dag)	93	89	69	62	55

1: groep meerdere kalfskoeien tot 100 dagen in lactatie.

2: groep tussen 100 en 200 dagen in lactatie met meer dan 30 kg melk.

3: groep tussen 100 en 200 dagen in lactatie met minder dan 30 kg melk

4: groep meer dan 200 dagen in lactatie met mengvoer

5: groep meer dan 200 dagen in lactatie zonder extra mengvoer.

4. Bespreking van de resultaten

4.1 Geschatte VEM-dekking

In het huidige project werden sterk variërende VEM-dekkingspercentages gevonden voor de vijf bedrijven. De voeropname gegevens en de door BLGG opgegeven VEM-waardes bevatten een fout, maar daarmee kunnen de verschillen in VEM-dekking van 98% tot 114% niet worden verklaard. De achtergronden van deze verschillen blijven dus onduidelijk, maar komen goed overeen met eerdere monitoringsgegevens van praktijkbedrijven binnen het project Koeien & Kansen en op proefbedrijf De Marke. Binnen Koeien en Kansen varieerde de gemiddelde VEM-dekking van 109% tot 112% met een standaarddeviatie van maar liefst 11% in de jaren 1999 tot en met 2002 (Galama et al., 2002; Hollander et al., 2004). Op proefbedrijf De Marke met een zeer lage aanvoer van mineralen en lage bemestingsniveaus was de gemiddelde VEM-dekking 113% in de jaren 2000 tot en met 2003 (Verloop et al., 2007). Hoewel er mogelijk enige verschillen optreden vanwege verschillen in de rekenmethode voor VEM-dekking, lijkt er meestal sprake te zijn van een VEM-dekking op praktijkbedrijven die ver boven de theoretische 100% uitstijgt, en een grote spreiding in VEM-dekking die op individuele bedrijven gerealiseerd wordt. Opgemerkt moet worden dat in deze studie ook een groot aantal waarnemingen op of rond de 100% VEM-dekking lagen, waarmee is aangetoond dat het toch haalbaar is om rond de VEM-norm te voeren. Dergelijke uitkomsten vallen ook binnen de range van waarnemingen gedaan op bedrijven van deelnemers aan het praktijkproject Koeien & Kansen (Galama et al., 2002; Hollander et al., 2004). Waarom het ene bedrijf het wel lukt om een 100% dekking van de VEM-behoefte te realiseren terwijl op een ander bedrijf ruim boven de VEM-norm wordt gevoerd zonder ogenschijnlijk effect op de veestapel, is niet duidelijk. Factoren zoals voeropname, voerbenutting, voerstrategie, potentie voor melkproductie en gezondheid van de veestapel lijken daarbij alle een belangrijke rol te spelen. Een groot probleem met een waargenomen VEM-opname die ver boven de norm ligt, zoals bijvoorbeeld op bedrijf 3, is dat de aannames rondom de verterings- en fermentatieprocessen in het model mogelijk niet kloppen. In geval van een foutieve modelvoorspelling wordt ook de methaanemissie foutief geschat. Een andere mogelijkheid is dat de geanalyseerde VEM-waarde van het rantsoen niet overeenkomt met de werkelijke VEM-waarde. Ook kunnen meetfouten, monsterfouten en dergelijke nog hebben bijgedragen van een foutieve inschatting van de VEM-opname, maar deze fout is waarschijnlijk kleiner geweest dan de twee voorgaande. Al deze fouten bemoeilijken het verbinden van harde conclusies aan dit type waarnemingen op praktijkbedrijven.

Afgezien van de bijdrage van meet- en analysefouten, moet de achtergrond van deze variatie in VEM-dekking voedingstechnisch vooral gezocht worden in de variatie in 1) de mate en de plaats van vertering (pens, dunne darm, of dikke darm), 2) de nutriëntenvoorziening van de melkkoe en de verdeling over verschillende gebruiksfuncties (aanzet lichaamssweefsels/verminderde mobilisatie, of melkproductie) en 3) de gerealiseerde koegewichten en melkproductie en 4) de voerstrategie. Het lijkt er sterk op dat bedrijven die hun laagproductieve dieren efficiënt voeren, ook op bedrijfsniveau een goede voerbenutting realiseren. Dat zou gezien het effect op de methaan- en ammoniak emissie nader moeten worden onderzocht bij meerdere praktijkbedrijven, en dan het liefst bij verschillende melkproductieniveaus.

4.2 Methaanemissie

Aanvankelijk was het vermoeden dat de methaanemissie het laagst zou zijn op bedrijf 3 met de meeste snijmaïs in het rantsoen. Echter, de resultaten van dit onderzoek wezen daar minder op dan verwacht. Ondanks dat er mogelijk iets met de voeropnamemetingen in februari aan de hand is geweest, kwam de melkproductie op dat bedrijf tot stand bij een hoge DS-opname resulterend in een rantsoen dat ver boven de VEM-dekking lag. Op dit bedrijf lijkt het rantsoen met vooral snijmaïs als ruwvoer minder goed te zijn benut dan verwacht op basis van gerealiseerde voeropname en door BGG geanalyseerde voederwaardegegevens. Daardoor was de berekende methaanemissie niet het laagst, maar juist het hoogst van alle bedrijven. Het bedrijf verstreekte een TMR met de hoogste verwachte melkgift (Tabel 1) en voerde daarnaast ook nog extra mengvoer wat ertoe leidde dat de midden- en laagproductieve dieren zeer ruim boven de VEM-norm werden gevoerd (Tabel 7 en 8). Het is daarom niet duidelijk in hoeverre de lage voerbenutting een bedrijfs- dan wel een rantsoeneffect is geweest. Onderzoek met meerdere bedrijven die voornamelijk snijmaïs als ruwvoer verstrekken maar met een andere voerstrategie, zou dat kunnen uitwijzen, of meer gericht onderzoek op het bedrijf zelf.

Op bedrijf 4 was de methaanemissie het laagst wanneer uitgedrukt in kg per jaar. Dit bedrijf voerde de hele veestapel vrij efficiënt en verstreekte de laagste hoeveelheid mengvoer (Tabel 2). Kennelijk heeft de combinatie van een goede graskuil van 976 VEM (Tabel 1) gecombineerd met snijmaïs, wat het hoogste aandeel uitmaakte van het ruwvoer, met een relatief lage mengvoergift en een efficiënte voerstrategie (lage opname met geen overmaat), geleid tot de laagste absolute methaanuitstoot. Toch bleef de melkgift van de nieuw melkte meerdere kalfsdieren achter bij de verwachting (Tabel 6) mogelijk vooral vanwege de krappe mengvoergift. De lagere melkproductie van deze pas afgekalfde dieren ging wel gepaard met relatief hoge gehalten in de melk voor deze groep dieren in vergelijking met de andere bedrijven. Dit compenseerde de lagere melkgift enigszins wanneer uitgedrukt in FPCM. De methaanuitstoot per kg DS-opname of per kg melk waren als gevolg van de lage melkgift het hoogst op dit bedrijf.

Bedrijf 5 voerde de veestapel min of meer op de VEM-norm met iets meer mengvoer dan bedrijf 4 wat het verschil in melkgift tussen de bedrijven verklaarde. Echter, de kwaliteit van de graskuil was op bedrijf 5 beduidend minder als op bedrijf 4. Door het aanbod van een TMR met een lage melkgift (Tabel 1) werden de midden- en laagproductieve dieren niet boven de VEM-norm gevoerd. De nieuwmelkte dieren produceerden op dit bedrijf beter dan op bedrijf 4 wat leidde tot een vergelijkbare methaanuitstoot per kg melk.

Bedrijf 1 kampte tijdens de meetperiode met kwalitatief slechte graskuilen en was niet in staat om dat met de rest van de rantsoencomponenten op te vangen. Ook waren er voorafgaand aan de meetperiode in februari een aantal gevallen van blauwtonginfecties geweest. In maart werd op dit bedrijf meer voer verstrekt (meer snijmaïs en minder mengvoer) maar de melkgift bleef ongewijzigd. De melkgift van de hoogproductieve dieren bleef achter bij de verwachting (Tabel 6), terwijl de laagproductieve dieren boven de VEM-norm werden gevoerd (Tabel 8). Dit zou te maken kunnen hebben met de TMR-voerstrategie gericht op een hoge productie die om de een of andere reden niet wordt gerealiseerd. Een waarschijnlijke oorzaak waren vermoedelijk de slechte graskuilen. Toen op dit bedrijf de koeien naar buiten gingen nam de melkgift sterk toe met 5,1, 2,5 en 1,3 kg per koe voor respectievelijk de hoog-, midden- en laagproductieve dieren. Wel daalde met name het melkvetgehalte sterk.

Bedrijf 2 voerde uitsluitend graskuil van goede kwaliteit met daarnaast relatief veel mengvoer, vooral verstrekt aan de hoogproductieve dieren. Door het hoge aandeel graskuil van goede kwaliteit was het Re-gehalte hoog en het zetmeelgehalte laag in het rantsoen. Uiteindelijk was de methaanuitstoot vrij hoog, maar weer niet zo hoog als gedacht op basis van het lage zetmeelgehalte omdat het hoge aandeel Re in het rantsoen eveneens bijdraagt aan een lage methaanvorming in de pens. De rantsoenvarianten die voor dit bedrijf werden doorgerekend leidden dan ook niet direct tot een sterke daling van de methaanuitstoot (Tabel 9). Het gevoerde rantsoen in maart leidde zelfs tot kwantitatief meer methaan, terwijl de

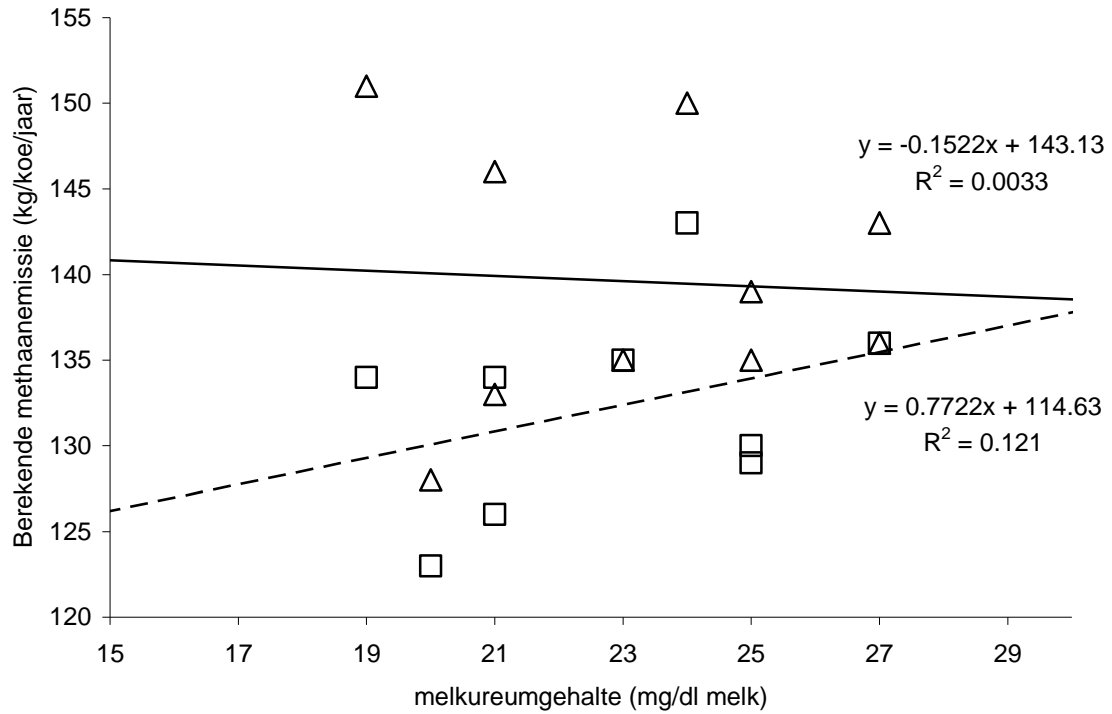
methaan per kg DS-opname iets daalde. Echter in maart bleef de melkgift achter bij de verwachting waardoor de methaanuitstoot per kg melk weer toenam.

Het is niet eenvoudig om de theoretische voedingsaanbevelingen betreffende verlaging van de methaanuitstoot, voetstoots toegepast te krijgen in de praktijk. Bijvoorbeeld het feit dat minder ruwvoer en meer mengvoer zal leiden tot een lagere methaanemissie is op zichzelf juist voor een gemiddelde situatie, maar hoeft in de praktijk en onder specifieke productieomstandigheden niet altijd gerealiseerd te worden. Ook een betere verteerbaarheid van de ruwvoerders kan leiden tot lagere methaanemissies, maar dan moet het in de praktijk volgens het boekje verlopen. Met andere woorden, dan moet de hogere verteerbaarheid leiden tot een lagere voeropname of een hogere melkproductie. Als dat niet het geval (bv door een slechtere benutting van het totale rantsoen, of een verkeerde voerstrategie) dan is het effect van een betere ruwvoerverteerbaarheid op de methaanemissie waarschijnlijk nihil. Naast de samenstelling van het rantsoen heeft het voeropname niveau een grote invloed op de hoogte van de absolute methaanemissie. Zo was op bedrijf 3 in maart de methaanuitstoot 151 kg per koe per jaar bij een VEM-dekking van 114%. Bij correctie naar een VEM-dekking van 100% daalde de methaanuitstoot met ruim 11% naar 134 kg per koe per jaar. Op de bedrijven 1 en 2 ging op die manier de methaanuitstoot met respectievelijk 6,5% en 8% naar beneden. Op bedrijf 4 werd de geringste hoeveelheid mengvoer verstrekt en was ook de totale DS-opname het laagst, met als gevolg dat de laagste absolute hoeveelheid methaan werd berekend in combinatie met de hoogste methaanemissie per kg melk. Op bedrijf 3 werd veel mengvoer naast snijmaïs verstrekt en was de berekende methaanemissie per kg melk het laagst. Het ASG-model overschatte de gemiddelde melkproductie echter zeer sterk en het kon de ogenschijnlijk slechte benutting van het rantsoen niet bevestigen.

Tussen de bedrijven werd een verschil van ruim 15% berekend in het zowel het absolute niveau van methaanemissie per melkkoe, en in de methaanuitstoot per kg melk of per kg DS-opname. Hier speelt doorheen dat de DS-opname in veel gevallen te hoog was en de melkgift te laag afgaande op de VEM-opname. Een hogere melkproductie leidt tot een lagere methaanuitstoot per kg geproduceerde melk, indien die melkgift ook in de praktijk wordt gerealiseerd. Als dat niet het geval is, en dat bleek meestal het geval te zijn in deze studie, dan blijft er weinig over van het negatieve effect van een verhoogde melkgift op de methaanemissie per kg gerealiseerde melk. De vraag resteert dan wat de reden is dat de gerealiseerde melkproductie achterblijft op de VEM-opname: een foutieve inschatting van de VEM-waarde van het rantsoen of van de VEM-opname, of een foutieve modelvoorspelling van de fermentatie- en verteringsprocessen en de benutting door de melkkoe.

Melkureum als parameter voor de methaanemissie, ligt op basis van deze waarnemingen en berekeningen niet voor de hand (Fig. 3). Zonder aanvullende informatie zegt het melkureumgetal weinig over de fermentatieprocessen in de pens en is dus geen indicator voor methaanvorming.

Fig. 3. Verband tussen melkureumgehalte en berekende methaanemissie bij de waargenomen VEM-dekking (Δ , getrokken lijn) en de naar 100% gecorrigeerde VEM-dekking (\square , gestippelde lijn).



4.3 Ammoniakemissie

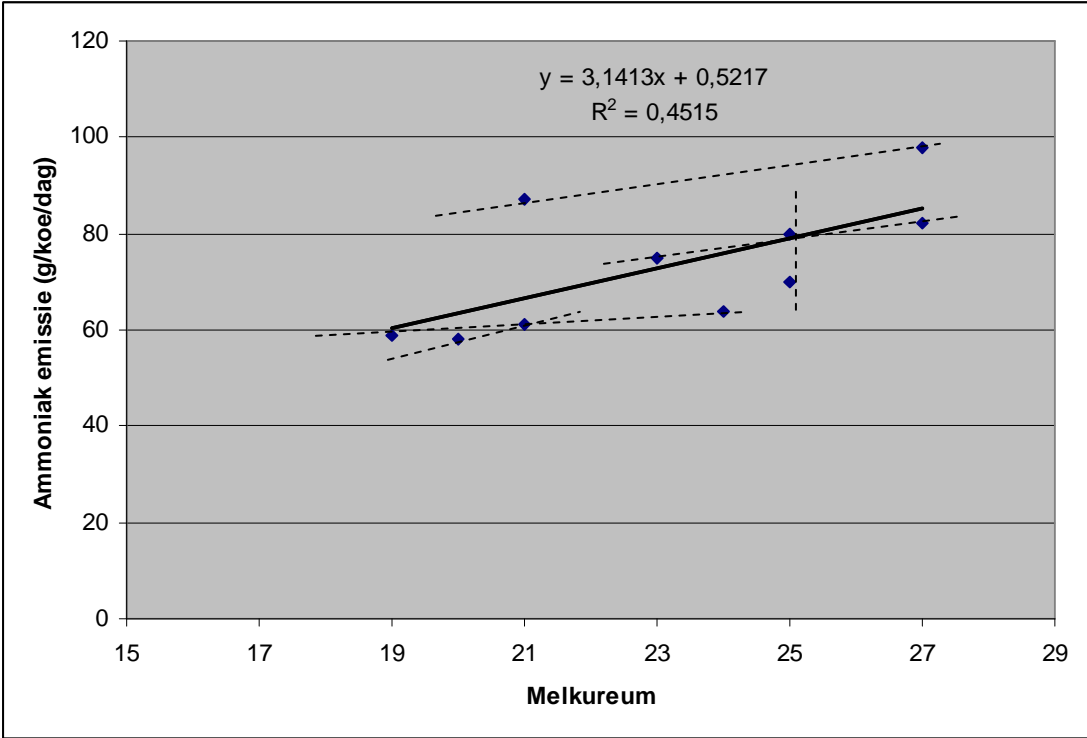
Evenals bij de bespreking van de methaanemissie, is de ammoniakemissie ook hoger als er ver boven de VEM-norm wordt gevoerd. Ook leidde een overmaat Re- en OEB-gehalte in het rantsoen, zoals aangetroffen op bedrijf 2, tot een hoge ammoniakemissie. De overmatige hoeveelheid (oplosbaar) eiwit in het rantsoen kwam voornamelijk door het hoge Re-en OEB-gehalte in één van de graskuilen die werd gevoerd. De andere graskuil bevatte juist weer weinig Re-, OEB en DVE en om aan de DVE-norm te voldoen moest er toch nog DVE rijk (veelal ook OEB rijk) mengvoer worden bij gevoerd. In maart bevatte het rantsoen minder DVE en OEB en nam ook de ammoniakemissie met 11% af. Echter, ondanks dat de VEM- en DVE-dekking ruimer werd, daalde de melkgift waarvoor niet direct een verklaring is. Het is mogelijk dat de hogere opname van het rantsoen in maart heeft geleid tot een iets slechtere benutting. Ook is het mogelijk dat de opname meting in maart is overschat en in werkelijkheid bv 5% lager is geweest. Op dit bedrijf daalde het melkureum wel heel sterk van 27 in februari naar 21 in maart, terwijl de N-opname maar iets daalde van 571 naar 555 g per dier dag. Het lijkt erop dat de opname schatting in maart iets werd overschat.

Op bedrijf 3 en 4 was de ammoniakemissie het laagst: op bedrijf 3 vooral door een laag Re- en OEB-gehalte in het rantsoen en op bedrijf 4 door een hoge efficiënte N-benutting (lage N-opname en hoge N-benutting). Vooral op bedrijf 3 was de ammoniakemissie hoger door het feit dat ruim boven de norm werd gevoerd. Na VEM correctie blijkt dat het rantsoen op bedrijf 4 leidt tot de laagste kwantitatieve ammoniakemissie (Tabel 5). Naast 8 kg DS snijmaïs werd op dit bedrijf 5 kg DS uit graskuil gevoerd afkomstig van twee kuilen van redelijke tot goede kwaliteit. Het is mogelijk de balans in het rantsoen tussen snijmaïs enerzijds en de graskuilen anderzijds, aangevuld met 4 soorten mengvoerders, dat heeft geleid tot de laagste ammoniakemissie op bedrijf 4.

De hoge ammoniakemissie op bedrijf 5 in februari hing vooral samen met het hoge Re- en OEB-gehalte in het rantsoen. Een daling van deze beide in het rantsoen leidde direct tot een lagere ammoniakemissie en ook tot een daling van het melkureum.

Binnen de gehele dataset voor alle bedrijven nam de ammoniakemissie af met een daling van het melkureumgehalte (Fig. 4). De daling lijkt eveneens aanwezig binnen bedrijven, maar minder prominent. Bij een van de bedrijven was het verband echter totaal afwezig. Het blijkt dat er vooral veel variatie is tussen bedrijven in berekende ammoniakemissie bij identieke melkureumgehalten. Deze variatie is minstens zo groot als de variatie die verklaard wordt door het verband met het melkureumgehalte (Fig. 4). Zo was bij een melkureum van 21 de ammoniakemissie op bedrijf 2 in maart 87 en op bedrijf 4 in februari 61 g NH₃-N per koe per dag. Ook hier spelen factoren als voerstrategie, melkproductieniveau, rantsoensamenstelling en voeropname niveau een belangrijke rol. Probleem is dat het in de praktijk niet gaat om specifieke factoren alleen zoals bv. de kwaliteit van het ruwvoer, maar dat het een optelsom is van alle factoren tegelijk. Uiteraard geven deze gegevens slechts een indicatie en zijn veel meer meetgegevens nodig op harde uitspraken te kunnen doen. De uitkomsten komen echter goed overeen met de resultaten van metingen op praktijkbedrijven van deelnemers aan Koeien & Kansen (Huis in 't Veld et al., 2003) en op proefbedrijf De Marke. De range van melkureumgehalten liep van 16 tot en met 27. Op proefbedrijf De Marke werd een extreem lage ammoniakemissie gemeten uit de melkveestal van slechts 15 g per koe per dag terwijl het gemiddelde voor Koeien & Kansen bedrijven rond de 30 g lag. Voor deze gegevens kon geen enkel verband worden aangetoond tussen de gemeten ammoniakemissie (gecorrigeerd voor temperatuurverschillen; Huis in 't Veld, 2003) en het melkureumgehalte.

Fig. 4. Verband tussen melkureum en ammoniakemissie voor de gehele dataset (getrokken lijn) en binnen een bedrijf (gestippelde lijnen).



5. Conclusies

Theoretisch geeft een rantsoen met meer snijmaïs of meer mengvoer een lagere methaanemissie. Modelberekeningen geven duidelijk aan dat meer krachtvoer en snijmaïs beide tot een relatief lagere methaanemissie leiden. Echter, op bedrijfsniveau spelen ook andere factoren een rol zoals voerstrategie, voeropname, voerbenutting, melkproductie en kwaliteit van vooral de graskuilen. Dit bemoeilijkt de berekeningen en is ook de reden dat van de vijf bedrijven die betrokken waren bij dit onderzoek, zowel voor het bedrijf met de meeste graskuil in het rantsoen en het bedrijf met de meeste maïskuil in het rantsoen (in tegenstelling tot de verwachting) een vergelijkbare methaanuitstoot werd berekend per kg DS-opname en per kg geproduceerde melk of FPCM. In geval het ASG-model de waargenomen VEM-dekking niet kon reproduceren is dit een indicatie dat de berekende methaanemissies niet correct zijn omdat de benutting van het rantsoen minder goed is geweest dan voorspeld. In dergelijke gevallen heeft het rantsoen mogelijk ook minder aanleiding gegeven tot fermentatie en methaanvorming in de pens en dikke darm. Zonder gericht onderzoek is de achtergrond en invloed van dergelijke factoren echter lastig te doorgronden en kunnen de modelberekeningen afwijken. Deze problemen en afwijkingen tussen modelvoorspelling en waarneming zijn echter geen argument om te concluderen dat snijmaïs weinig invloed zou hebben op de absolute methaanemissie of de methaanemissie per kg melk.

Mogelijk kan een efficiëntere voeding de methaanuitstoot met 10% reduceren als deze efficiëntieslag gerealiseerd wordt door een VEM-opname die overeenkomt met de VEM-behoefte, een verbeterde benutting op pens- en darmniveau, een andere voerstrategie en aanpassingen aan het mengvoer, en uiteindelijk een hogere (of efficiëntere) melkproductie. Echter, de praktijk kan daar niet altijd op anticiperen omdat ze voor een groot deel afhankelijk is van de kwaliteit van het geoogste ruwvoer, vooral graskuil. Een goede efficiënte voeding start dan ook met het oogsten van een goede graskuil, alle overige effecten van het bij te voeren mengvoer ten spijt. Door snijmaïs op te nemen in het rantsoen kunnen eventuele negatieve effecten van een slechte graskuil worden opgevangen. In deze studie lijkt een rantsoen waarvan het ruwvoeraandeel uit 55% snijmaïs en 45% graskuil bestaat het beste te scoren (bedrijven 4 en 5) wat betreft voerefficiëntie, maar de melkproductie was niet hoog. Een rantsoen met alleen snijmaïs als ruwvoer was niet het efficiëntst waarbij direct moet worden opgemerkt dat het in deze studie om slechts één bedrijf gaat en het niet duidelijk is of het een bedrijfs- dan wel een rantsoeneffect, of tijdelijk is geweest dat de voerbenutting tegenviel. De overige twee bedrijven (1 en 2) met voornamelijk graskuil in het rantsoen waren sterk afhankelijk van de kwaliteit van die kuilen, wat op bedrijf 1 tegenviel en leidde tot tegenvallende prestaties. Bedrijf 2 deed het redelijk en streefde naar het voeren van een goede kwaliteit graskuil, dat overigens veel Re en OEB bevatte wat tot hoge ammoniakemissies leidde.

Omdat op veel bedrijven het opgenomen voer niet leidde tot de gewenste melkproductie, waren de rantsoenvarianten er in eerste instantie op gericht om het melkproductieniveau op het gewenste peil te brengen. Bij een gelijk blijvende of iets dalende methaanuitstoot, zal dan de uitstoot per kg melk dalen. Tussen melkureum en methaanuitstoot kon geen verband worden aangetoond. Uiteraard is het aantal bedrijven in deze studie te klein om daar algemene conclusies aan te verbinden. Wel is het natuurlijk waar dat bedrijven met veel graskuil zeer afhankelijk zijn van de kwaliteit van die graskuil vooral uit het oogpunt van smakelijkheid. Het lijkt erop dat herfstkuilen in die zin slecht scoren en daarmee de kwaliteit van het hele rantsoen onderuit halen. De opdeling van de veestapel in productiegroepen was zinvol en gaf inzicht hoe de afzonderlijke productiegroepen met hun voer omgingen.

Als wordt gelet op overmaat Re en OEB in het rantsoen kan de ammoniakemissie wel naar beneden. Vooral op bedrijven die voornamelijk graskuil als ruwvoer voeren en die uiteraard streven naar een zo hoog mogelijke voederwaarde van die kuilen, dat veelal samengaat met een hoog Re- en OEB-gehalte, moet de bijvoeding goed worden afgestemd om te komen tot

een gebalanceerd rantsoen. Ook de grote verschillen tussen de bedrijven zijn weer deels toe te schrijven aan een inefficiënte voeding. Er was enig verband tussen melkureum en ammoniakemissie over bedrijven heen, maar de variatie in berekende ammoniakemissie was beduidend groter dan de variatie die verklaard werd door melkureumgehalte. Binnen een bedrijf er nog steeds sprake van een dergelijk verband, maar in mindere mate en om onbegrepen redenen niet altijd (Fig. 4).

Samenvattend, er zijn dus een aantal factoren aan te wijzen die de methaanemissie beïnvloeden. In volgorde van afnemende prioriteit spelen de volgende factoren een grote rol bij het niveau van de methaanemissie, uitgedrukt als absolute emissie, of de emissie per kg DS-opname of per kg melk: 1) het niveau van voeropname en melkproductie, 2) het aandeel snijmaïs, 3) het aandeel en de samenstelling van mengvoer, en 4) overige details rondom de chemische samenstelling (zie tabel 2, en in aanvulling hierop ook het gehalte aan fermentatieproducten en vet). Dit betekent dat een hoger aandeel snijmaïs, of een hoger aandeel mengvoer als maatregel in principe tot een lagere methaanemissie per kg melk kan leiden, maar dat dergelijke effecten in deze studie sterk gemaskeerd werden door effecten op het niveau van voeropname en VEM-dekking (vertering of benutting van een rantsoen). Een probleem is dat bij de modelberekeningen de voeropname als uitgangspunt moet worden genomen, maar dat tegelijkertijd onduidelijk blijft waaraan een hoge VEM-dekkingscijfers ten grondslag ligt. Indien het model onterecht een goede vertering voorspelt terwijl de hoge VEM-dekking berust op een slechte vertering dan wordt de methaanemissie overschat. Uit de huidige studie blijkt dat soort effecten een grote invloed te hebben op de uitkomsten. Nader onderzoek naar de achtergronden en oorzaak van deze effecten is dan ook van belang en vraagt om aanvullende metingen. De grootste verschillen tussen afzonderlijke bedrijven in de VEM-dekking voor de melkproductie door de gehele veestapel (som van alle productiegroepen) was maar liefst 16%. Ook was er een aanzienlijk verschil in de kwaliteit van de rantsoenen wat betreft VEM-waarde met een maximaal verschil van een 9% hogere VEM-waarde voor een rantsoen met nagenoeg alleen graskuil als ruwvoer op bedrijf 2 vergeleken met het rantsoen met nagenoeg alleen maïskuil als ruwvoer op bedrijf 3. Het werd duidelijk dat de variatie in voerefficiëntie de voorspelling van de methaan- en ammoniakemissie volledig doorkruiste.

Uit de complexiteit van deze studie bij het vergelijken van afzonderlijke bedrijven leidt tot de conclusies dat het streven naar emissiereductie zich moet richten op drie ingewikkelde optimalisatieprocessen: 1) voermanagement, voerbenutting en melkproductie, 2) ruwvoerproductie, en het verkrijgen van een goede ruwvoer kwaliteit waarbij eveneens de afweging tussen graskuil en maïskuil een belangrijke rol speelt, en 3) het samenstellen van een rantsoen waarbij zowel de ammoniak- als de methaanemissie afneemt. Om de onderlinge afhankelijkheid van deze drie processen te doorgronden is een instrumentarium nodig dat met alle aspecten rekening houdt. Het ASG-model dat in deze studie gebruikt is houdt vooral rekening met proces 3) en slechts bepaalde aspecten van de processen 2) en 1). Bepaalde fenomenen, zoals de zeer hoge VEM-dekking die incidenteel werd aangetroffen in deze studie, wordt nog onvoldoende begrepen en is dus ook niet als zodanig in het model opgenomen. Het model maakt het mogelijk om op een kwantitatieve wijze de effecten op methaan en ammoniak tegen elkaar af te wegen. Het is duidelijk dat de specifieke omstandigheden en voorwaarden van ieder bedrijf maken dat wel algemene maatregelen geformuleerd kunnen worden, maar dat deze dan alsnog voor ieder bedrijf apart 'gewogen' moeten worden om tot uitspraken en maatregelen voor dat bedrijf te komen die van toepassing zijn. Op z'n minst is een instrumentarium nodig dat voldoende rekening houdt met de gevolgen van verschuivingen in verteerbaarheid en chemische samenstelling van het rantsoen. Voor een vergaande verlaging van het Re-gehaltes van rantsoenen om de ammoniakemissie te reduceren (negatieve OEB, lage DVE-dekking) is een instrumentarium nodig dat in staat is om onder deze omstandigheden nog steeds voorspellend te zijn in combinatie met voorspellend zijn voor methaanemissie.

Literatuur

- Bannink, A. (2008). Onderbouwing van de onzekerheid van de geschatte methaanemissie door melkvee in de Nederlandse emissieregistratie. WOt-rapport. *In voorbereiding*.
- Bannink, A., M.C.J. Smits, E. Kebreab, J.A.N. Mills, J.L. Ellis, A. Klop, J. France & J. Dijkstra (2008). Effects of grassland management and grass ensiling on methane emissions from lactating cows. *In revision*.
- Bannink, A. (2007). Modelling Volatile Fatty Acid Dynamics and Rumen Function. PhD Thesis, Wageningen University, Wageningen.
- Bannink, A., Dijkstra, J., Mills, J.A.N., Kebreab, E. & France, J. (2005). Nutritional strategies to reduce enteric methane formation in dairy cows. In Emissions from European Agriculture (Eds. T. Kuczynski, U. Dämmgen, J. Webb & A. Myczko), pp. 367-376. Wageningen: Wageningen Academic Publishers.
- Dijkstra, J., Neal, H.D.St.C., Beever, D.E., & France, J. (1992). Simulation of nutrient digestion, absorption and outflow in the rumen: model description. *Journal of Nutrition* 122, 2239-2256.
- Galama, P.J., A.G. Evers, G.J. Gotink, M.H.A. de Haan, C.J. Hollander, G.C.P.M. van Laarhoven & E.A.A. Smolders (2002). Vee in balans. Koeien & Kansen rapport 12. Praktijkonderzoek Veehouderij, Lelystad.
- Hollander, C.J., G. van Duinkerken & J. Zijlstra (2004). Draaien aan de voerknop. Koeien & Kansen rapport 24, Praktijkonderzoek Veehouderij, Lelystad.
- Huis in 't Veld, M.C.J. Smits & G.J. Monteny (2003). Ammoniakemissie uit melkveestallen van Koeien & Kansen bedrijven. Koeien & Kansen rapport 17. Instituut voor Milieu en Agritechniek, Wageningen.
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). 2006. 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. IGES, Hayama, Kanagawa, Japan. <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp>.
- Mills, J.A.N., Dijkstra, J., Bannink, A., Cammell, S.B., Kebreab, E. & France, J. (2001). A mechanistic model of whole-tract digestion and methanogenesis in the lactating dairy cow: Model development, evaluation, and application. *Journal of Animal Science* 79, 1584-1597.
- Reijs, J. (2007). Improving slurry by diet adjustments: a novelty to reduce N losses from grassland-based dairy farms. PhD Thesis, Wageningen University, Wageningen.
- Van der Maas, C. W. M., P. W. H. G. Coenen, P. G. Ruysenaars, H. H. J. Vreuls, L. J. Brandes, K. Baas, G. van den Berghe, G. J. van den Born, B. Guis, A. Hoen, R. te Molder, D. S. Nijdam, J. G. J. Olivier, C. J. Peek, and M. W. van Schijndel. (2008). Greenhouse Gas Emissions in the Netherlands 1990–2006. National Inventory Report 2008. MNP report 500080009. Netherlands Environmental Assessment Agency, Bilthoven, The Netherlands.
- Verloop, K., J. Oenema & L. Šebek (2007). Mineralen goed geregeld. Koeien & Kansen rapport 40. Plant Research International, Wageningen.