



Rapport 16

Verlaging van methaan- en lachgasemissie uit de Nederlandse melkveehouderij



Juni 2006





Rapport 16

Verlaging van methaan- en lachgasemissie uit de Nederlandse melkveehouderij

Implementatie van reductiemaatregelen
op praktijkbedrijven
binnen project Koeien & Kansen

L.B.J. Šebek
R.L.M. Schils

Juni 2006

Samenvatting

Nederland heeft zich bij de ondertekening van het Kyoto-protocol verplicht om de nationale broeikasgasemissie met 6% te verminderen ten opzichte van het referentiejaar 1990. Deze verplichting heeft geleid tot het initiëren van verschillende projecten. Die projecten hebben onder andere geresulteerd in een lijst van honderd mogelijke maatregelen om de emissie van lachgas en methaan op melkveehouderijbedrijven te verminderen. Het is echter nog niet duidelijk welke van die maatregelen geschikt zijn om te implementeren in het bedrijfsmanagement van praktijkbedrijven.

In dit rapport beschrijven we onderzoek waarin wordt nagegaan welke mogelijkheden er zijn om Nederlandse melkveehouderijbedrijven te stimuleren het bedrijfsmanagement aan te passen met als doel de lachgas- en methaanemissie te verminderen. Het onderzoek vond plaats onder de (rand)voorwaarden dat de vermindering van de broeikasgasemissie niet gepaard mag gaan met een toename van de emissie van nitraat en ammoniak (geen afwenteling), de effecten van de implementatie van maatregelen op de broeikasgasemissie worden gekwantificeerd en dat de argumenten van melkveehouders om maatregelen wel of juist niet in de dagelijkse praktijk te implementeren worden belicht.

In het referentiejaar 1990 bedroeg de Nederlandse agrarische broeikasgasemissie 21,9 Mt CO₂ equivalenten, wat op dat moment overeen kwam met ongeveer 10% van de totale Nederlandse broeikasgasemissie. De agrarische broeikasgasemissie was afkomstig van methaan (10,3 Mt CO₂ equivalenten) en lachgas (11,6 Mt CO₂ equivalenten). Methaanemissies zijn voornamelijk afkomstig van fermentatieprocessen in het maagdarmkanaal van herkauwers en van mest(opslag), waarbij ongeveer 70% van de totale emissie van de fermentatie van voer afkomstig is. De lachgasemissie komt voornamelijk uit de bodem en betreft directe emissie bij toepassing van verschillende stikstofbronnen (40%) en indirecte emissie als gevolg van stikstofverliezen (43%).

De broeikasgasemissie van het gemiddelde Nederlandse melkveehouderijbedrijf op zand-, klei- en veengrond bedraagt respectievelijk 0,76, 0,83 en 1,34 kg CO₂-equivalenten per kg melk. Voor minerale gronden bestaat de totale broeikasgasemissie voor 35% uit lachgasemissie en voor veengronden is 60% van de totale emissie afkomstig van lachgas.

Het Nederlandse beleid is er voornamelijk op gericht om de afgesproken 6% emissiereductie van broeikasgassen voor veehouders te realiseren zonder wet- en regelgeving. Potentieel succesvolle reductiemaatregelen moeten daarom kosteneffectief voor het bedrijfsmanagement van melkveebedrijven zijn. Om te achterhalen welke van maatregelen in de lijst van 100 zouden kunnen voldoen aan de eis van kosteneffectiviteit is aan emissiedeskundigen gevraagd om door een workshop aan te geven welke maatregelen daarvoor in aanmerking komen. Dit resulteerde in een lijst van 17 potentieel kosteneffectieve maatregelen. Vervolgens is aan vijf bedrijven uit het "Koeien & Kansen" netwerk gevraagd de lijst te beoordelen op mogelijkheden voor implementatie in het dagelijkse bedrijfsmanagement. Hieruit bleek dat praktiserende veehouders niet goed kunnen werken met afzonderlijke maatregelen, maar behoefte hebben aan een integrale aanpak van problemen en daarmee willen sturen op basis van definitie van managementdoelstellingen. De lijst van 17 potentiële maatregelen is vertaald in een lijst met managementdoelstellingen voor zowel methaan- als lachgasemissie, die werden besproken met de betrokken veehouders om te onderzoeken of de doelstellingen nieuw waren of ook (gedeeltelijk) pasten bij de mestwetgeving. Op deze wijze werd duidelijk dat managementdoelstellingen die gebaseerd zijn op de reductie van de uitstoot van broeikasgassen voor een groot gedeelte overeenkomen met de managementdoelstellingen op basis van de mestwetgeving en dat daardoor een vrij grote mate van autonome broeikasgasreductie verwacht mag worden. Deze autonome reductie van de methaan- en lachgasemissie is voor de 5 deelnemende Koeien&Kansen-bedrijven gekwantificeerd voor de periode van het MINAS beleid en de periode waarin werd gewerkt volgens het nieuwe mestbeleid van 2009. Uit de resultaten bleek dat het MINAS beleid een duidelijk positieve invloed had op de autonome reductie van broeikasgassen en dat het nieuwe milieubeleid wat minder gunstig kan zijn voor de broeikasgasemissie.

De invoering van MINAS leidde tot vermindering van het (kunst)mestgebruik, minder jongvee, een groter areaal maïs en minder beweiding. Deze veranderingen hadden vooral een reducerend effect op de lachgasemissie die kan worden toegeschreven aan emissievermindering bij mestaanwending en bij beweiding (weidemest). De methaanemissie kende slechts een geringe afname als gevolg van deze maatregelen.

De invoering van het nieuwe mestbeleid (2009) leidde (ten opzichte van MINAS) tot een toename van het (kunst)mestgebruik en een vermindering van het areaal maïs, waardoor de gerealiseerde reductie van de broeikasgasemissie door MINAS gedeeltelijk teniet wordt gedaan. Dat neemt echter niet weg dat in dezelfde periode de broeikasgasemissie per kg melk verder verminderde. Dit was het gevolg van veranderingen in de bedrijfsomstandigheden, waarvan met name de toename van de bedrijfsgrootte en de toename van de productie intensiteit (kg melk per ha) een gunstig effect op de broeikasgasemissie hadden. Door deze gelijktijdige

implementatie van tactische en strategische maatregelen is het erg moeilijk om het effect van afzonderlijke maatregelen in kaart te brengen.

Uit bovenstaande werd geconcludeerd dat het MINAS beleid ook zorgde voor een grote autonome reductie van de lachgasemissie en een geringe autonome reductie van de methaanemissie. De nieuwe mestwetgeving zal op de korte termijn (normen 2006) nauwelijks effect op de broeikasgasemissie hebben, maar op de langere termijn (normen 2009) wordt verwacht dat de lachgasemissie verminderd. Voor de reductie van de methaanemissie werd geconcludeerd dat er onvoldoende zicht is op het effect van rantsoenmaatregelen, waardoor er wellicht mogelijkheden liggen om ook de methaanemissie verder te verminderen.

In een model studie werd vastgesteld dat 5 voedingsmaatregelen de methaanemissie bij fermentatie kunnen verminderen: grassilage vervangen door maïssilage, verhogen van de energiewaarde van ruwvoerders, verhogen van het aandeel krachtvoer in het rantsoen, verhogen van het aandeel zetmeel in het krachtvoer en verhogen van het aandeel vet in het krachtvoer. Deze 5 maatregelen werden besproken met de 5 deelnemende Koeien&Kansen-bedrijven, waarbij de nadruk lag op praktische haalbaarheid. Uit die discussies werd geconcludeerd dat intensief mineralenmanagement (om de emissie van nitraat en ammoniak te beperken), ook de methaanemissie verminderd. Deze autonome reductie werd verklaard uit het feit dat voor beide doelstellingen gestuurd moet worden op een verhoging van de efficiëntie waarmee het voer door de koe benut wordt. De argumenten van de melkveehouders om deze maatregelen toe te passen waren de hoge kostenefficiëntie en het grote raakvlak met goede zorg voor de dieren. Het werd echter ook duidelijk dat, op dit moment, de Nederlandse melkveehouders niet erg gemotiveerd zijn om maatregelen te implementeren die alleen bedoeld zijn om de broeikasgasemissie te verminderen. De druk van de nieuwe mestwetgeving om het bedrijfsmanagement aan te passen is zo groot dat er geen plaats is voor extra maatregelen ten behoeve van een andere doelstelling (b.v. reductie broeikasgasemissie). Zonder dwingende wet- en regelgeving met betrekking tot de broeikasgasemissie is het erg moeilijk om tot brede implementatie van (extra) maatregelen op praktijkbedrijven te komen. Dat betekent niet dat deze situatie blijvend is. Er zijn goede mogelijkheden om de motivatie van de Nederlandse melkveehouder te veranderen. De implementatie van het MINAS beleid heeft aangetoond dat Nederlandse melkveehouders in staat zijn om gemotiveerd te raken voor doelstellingen die aanvankelijk als bedreiging werden gezien. Dit kan bereikt worden door relevante kennis aan te bieden, instrumenten beschikbaar te stellen waarmee het bedrijfsmanagement aangepast kan worden en door op praktijkbedrijven te laten zien dat maatregelen kosteneffectief zijn. Deze benadering is mogelijk voor managementdoelstellingen ten behoeve van de reductie van de broeikasgasemissie. Daarbij kan worden benadrukt dat de te nemen maatregelen zorgen voor economische duurzaamheid, verhoging van het bedrijfseconomisch rendement en dat de maatregelen een logisch vervolg zijn op de bedrijfsaanpassingen ten behoeve van het nieuwe mestbeleid.

Summary

The Netherlands is committed to fulfil the Kyoto agreements on the reduction of greenhouse gas emissions. This commitment resulted in various research projects. One of the results of these projects was a list of 100 possible measurements to reduce greenhouse gas emissions from dairy farms. However, whether or not these measurements were fit for application on farm was not investigated.

The research project described in this report investigated possibilities for on farm application of these measurements with emphasis on prevention of shifting emissions from greenhouse gases towards nitrate and ammonia, quantification of the effects of measurements taken to reduce emissions of nitrous oxide or methane and arguments for (or against) implementation of measurements into daily management of commercial dairy farms.

According to the Kyoto agreement, greenhouse gas emissions in the Netherlands have to be reduced by 6%. This reduction of 6% is compared to the Dutch greenhouse gas emissions in the reference year 1990. In 1990, the greenhouse gas emission from agriculture was 21.9 Mt CO₂-equivalents, which is 10% of the total emission in the Netherlands. The emission of methane and nitrous oxide were 10.3 and 11.6 Mt CO₂-equivalents, respectively. Methane emissions occur mainly through enteric fermentation and manure management (storage). Enteric fermentation accounts for approximately 70% of the methane emission. The nitrous oxide emissions originate from soils and originate mainly from direct emissions of several nitrogen inputs (40%) and indirect emissions from nitrogen losses (43%).

The greenhouse gas emission on average dairy farms in the Netherlands on sand, clay and peat soils are 0.76, 0.83 and 1.34 kg CO₂-equivalents per kg milk, respectively. On mineral soils, the nitrous oxide emission accounts for 35% of the total emission. On peat soils, the contribution of nitrous oxide emission is 60% of the total emission.

To realise the obligated 6% emission reduction for Dairy farms, Dutch policy makers prefer to investigate the possibilities of persuading farmers to implement measurements without legislation. Therefore, potentially successful measurements have to be cost effective after implementation on farm. Greenhouse gas emission experts were asked to study the list of 100 possible measurements and pinpoint measurements that could be implemented successfully on farm. This resulted in a list of 17 potentially successful measurements. Then, 5 commercial farmers from the 'Cows & Opportunity' network were asked to study the list of 17 measurements and comment with regard to possibilities for practical implementation in farm management. It appeared that practical farmers need to translate measurements into a list of management goals, which resulted in two separate lists of management goals for methane and nitrous oxide. Finally, these lists of management goals were discussed with the farmers to investigate the implementation of these measurements during the period of the 'MINAS' policy compared to the new policy of nitrogen standards. Both policies aim to reduce emissions of nitrate (and ammonia), but could reduce greenhouse gas emissions as a side effect. From this comparison it was concluded that the MINAS policy had a positive effect on the reduction of greenhouse gas emissions and that the new policy could be less effective regarding this aspect.

To quantify the effect of both policies on greenhouse gas emissions, the emissions of methane and nitrous oxide have been calculated for five dairy farms from the 'Cows & Opportunity' network. The emissions were calculated for three specific years, thereby defining two time periods. The first period, from 1997/1998 to 2002/2003, represents the changes as a result of the implementation of the 'MINAS' policy. The second period, from 2002/2003 to 2004/2005, represents the changes as a result of the implementation of the new policy of nitrogen standards.

The implementation of MINAS led to a reduced fertilizer use, reduced number of young stock, more maize and less grazing. These changes had a major beneficial effect on the nitrous oxide emissions, especially due to reduced emissions from fertilizer application and grazing excreta. The emission of methane only showed a small reduction.

The implementation of the new nitrogen standards led to an increased fertilizer use, partly neutralizing the beneficial effect of the earlier MINAS period. The number of young stock continued to decline. Due to the criteria for derogation, the proportion of maize decreased. Furthermore the dairy farms had to export the surplus of manure. These changes led to a small reduction in nitrous oxide and methane emissions.

However, due to changes in the farm structures, i.e. increased farm size and increased milk production per ha, the emission per kg milk also reduced. Due to the combined implementation of tactical and strategic measures, it is difficult to quantify the separate effect for each single measure.

It can be concluded that the MINAS policy lead to a major reduction in nitrous oxide emissions and a minor reduction in methane emissions. On the short term (2006), the new nitrogen policy has hardly any effect on the total emission, but on the long term (2009) the nitrous oxide emission is expected to decrease.

From the quantification of green house gas emissions of the 5 commercial farms under consideration and the discussion with the farmers involved, it was also concluded that it could be possible to further decrease methane emission by implementing feed measurements. A model study showed that 5 measurements are available to reduce methane production from enteric fermentation: replacing grass silage by corn silage, increasing the energy content of roughages, increasing the amount of concentrates in the ration, increasing starch content in concentrates and increasing fat content in concentrates. These measurements were discussed with the 5 participating farmers of the 'Cows & Opportunity' network. From these discussions it was concluded that sophisticated mineral management (to reduce emissions of nitrate and ammonia) also reduces methane emission from enteric fermentation, which was explained by the fact that both goals aim for increased efficiency of feed use. The farmer's arguments for implementing these measurements are the high cost effectiveness and close relation with taking good care of animals. It became also clear that, at the moment, Dutch farmers are not highly motivated to implement measurements for the sake of reducing green house gas emissions only. Changing farm management according to the directives of the new policy of nitrogen standards is more important and without legislation on greenhouse gas emission reduction, it will be hard to motivate farmers for implementation of greenhouse gas measurements.

It is nevertheless possible to achieve a change in farmer's motivation for implementing greenhouse gas measurements. The implementation of the MINAS policy showed that Dutch farmers are able to change motivation when they are convinced that measurements are cost effective. This can be achieved by spreading relevant knowledge, introducing management tools to handle measurements and showing the effectiveness of these measurements on site of commercial farms. This approach is also possible for measurements to reduce greenhouse gas emissions. It can be emphasized that these measurements can help to achieve economic sustainability and increase farmer's income and that implementation of these measurements is consistent with the new policy of nitrogen standards.

Inhoudsopgave

Samenvatting

Summary

1	Inleiding	1
2	Klimaatproblematiek en rundveehouderij	3
2.1	Methaanemissie uit de pens, mest en bodem	3
2.2	Lachgas	6
2.3	Emissieniveau van methaan- en lachgas op het gemiddelde melkveebedrijf in Nederland	8
3	Maatregelen	10
3.1	Inventarisatie reductiemaatregelen	10
3.2	Selectie reductiemaatregelen door expertpanel	11
3.3	Selectie reductiemaatregelen door praktijkbedrijven	12
4	Ontwikkeling van emissies op 'Koeien&Kansen'-bedrijven	15
4.1	Materiaal en methoden	15
4.2	Resultaten en discussie	18
4.3	Conclusies	26
5	Implementatie van emissiereducerende voedingsmaatregelen	28
5.1	Materiaal en methoden	28
5.2	Resultaten en discussie	29
5.3	Conclusies	41
6	Aanbevelingen	44
6.1	Draagvlak bij melkveehouders	44
6.2	Autonome implementatie ROB-maatregelen	45
6.3	Extra impulsen voor autonome implementatie ROB-maatregelen	45
6.4	Verbrede implementatie van ROB-maatregelen	46
6.5	Kennisoverdracht	46
6.6	Conclusies	47

1 Inleiding

Achtergrond

In de Europese Unie (EU) is afgesproken dat Nederland, in het kader van het Kyoto-protocol (UNFCCC, 1997), in de periode 2008-2012 zal streven naar een gemiddelde reductie van de emissies van broeikasgassen van 6%, ten opzichte van het referentiejaar 1990. Het belangrijkste broeikasgas is koolstofdioxide (CO₂). Daarnaast zijn er nog de 'overige broeikasgassen' methaan (CH₄), lachgas (N₂O) en fluorverbindingen. De emissie van de 'overige broeikasgassen' wordt meestal uitgedrukt in CO₂-equivalenten. In 1999 is in Nederland het 'Reductieplan Overige Broeikasgassen' (ROB) van start gegaan als één van de instrumenten van het klimaatbeleid. Het ROB richt zich voor de landbouw (ROB-agro) op het terugdringen van de emissies van methaan en lachgas, omdat de groep fluorverbindingen voor de landbouw niet van belang is. Wanneer de verplichting uit het Kyoto-protocol integraal wordt doorberekend voor ROB-agro, komt dat neer op het reduceren van de methaanemissie van 10,3 naar 9,7 Mton CO₂-equivalenten en van de lachgasemissie van 11,6 naar 10,9 Mton CO₂-equivalenten in de periode van 1990 tot 2008-2012 (Klein Goldewijk et al., 2005). Een feitelijke methaan- en lachgasreductiedoelstelling voor de Nederlandse landbouw is echter nog niet geformuleerd.

Emissie uit de melkveehouderij

In de melkveehouderij is de methaanemissie afkomstig van pensfermentatie en uit mest, terwijl de lachgasemissie voornamelijk uit de bodem afkomstig is. In het referentiejaar 1990 was de emissie via pensfermentatie 349 Gg methaan en uit mest 141 Gg methaan, respectievelijk 29% en 12% van de totale Nederlandse methaanemissie (Klein Goldewijk et al., 2005). De emissie van lachgas was destijds 37,3 Gg oftewel 54% van de totale Nederlandse lachgasemissie. Samen was de totale emissie van methaan en lachgas uit de landbouwsector toen 21,9 Mton CO₂-equivalenten, oftewel 10% van de totale Nederlandse emissie van broeikasgassen. In 2001 was de totale emissie van broeikasgassen met 2% toegenomen ten opzichte van het referentiejaar, terwijl de methaan- en lachgasemissies uit de landbouw in diezelfde periode zijn afgenomen met 12%.

Emissiereductie

Gezien de verplichtingen die via ondertekening van het Kyoto-protocol door Nederland zijn aangegaan, is het van groot belang dat ook de agrarische sector al het mogelijke doet om de emissie van de overige broeikasgassen te reduceren. LNV heeft daarbij de voorkeur uitgesproken dat de sector uit zichzelf maatregelen gaat nemen. Dit is pas realistisch als er kosteneffectieve maatregelen worden gedefinieerd. Om een beeld te krijgen van kosteneffectieve maatregelen die de emissie van methaan en lachgas verlagen, heeft ROB-agro in de periode 1999-2003 diverse onderzoeken laten verrichten. Voor methaan zijn maatregelen naar voren gekomen met betrekking tot pensfermentatie, mestbehandeling en mestopslag. Voor lachgas heeft het onderzoek maatregelen opgeleverd met betrekking tot beweiding, bemesting, het gebruik van gewasresten, de teelt van witte klaver, graslandvernieuwing en waterbeheer. Daarnaast zijn de onderzoeksresultaten geïntegreerd in een Decision Support System (MITERRA). Hiermee kunnen de effecten van individuele maatregelen of pakketten van maatregelen op de emissies van methaan, lachgas, ammoniak, stikstofoxiden en nitraat worden gekwantificeerd op regionaal of nationaal niveau (Oudendag en Kuikman, 2004). Op hetzelfde niveau geeft MITERRA daarbij inzicht in de kosten en acceptatiegraad van maatregelen.

Doelstelling implementatie ROB-maatregelen

Na de onderzoekfase van ROB-agro is toepassing van de onderkende kansrijke maatregelen de volgende stap op weg naar het bereiken van de reductiedoelstellingen. Voor de melkveehouderij draagt het voorliggende project daaraan bij via het realiseren van de volgende doelstellingen:

1. Het implementeren van maatregelen om de lachgas- en methaanemissie op melkveehouderijbedrijven te verminderen, zonder afwenteling naar de emissies van nitraat en ammoniak.
2. Het kwantificeren van de effecten van toepassing van de onder 1 bedoelde maatregelen op de emissie van lachgas en methaan.
3. Het aangeven hoe de te implementeren maatregelen uitpakken voor het bedrijfsmanagement (mogelijkheden en belemmeringen) en op basis van welke argumenten de melkveehouder besluit of implementatie wel of niet haalbaar is.

Het implementeren van ROB-maatregelen moet bij voorkeur ondersteunend zijn voor de effectiviteit van maatregelen die genomen worden als resultaat van het gevoerde mestbeleid. Daarom moet men voorkomen dat er afwenteling plaatsvindt van ROB-emissies naar emissies van nitraat en ammoniak. Dat vraagt om een specifieke omgeving voor het ROB-implementatieproject. Die omgeving moet optimaal ingericht zijn naar de

uitvoering van het huidige dan wel toekomstige Nederlandse mestbeleid, zodat duidelijk wordt of er bij implementatie van aanvullende maatregelen sprake is van afwenteling naar die emissies. Een dergelijk omgeving is gevonden binnen het project 'Koeien & Kansen'¹. Dit project heeft als belangrijkste doel het verkennen van de effecten van de mestwetgeving 2009. Het gaat daarbij om de effecten op bedrijfsopzet, bedrijfsvoering en bedrijfsresultaat in zowel milieukundig, technisch als sociaal-economisch opzicht. In de Koeien & Kansen omgeving onderzoekt men welke ROB-maatregelen een reële toegevoegde waarde hebben ten opzichte van de genomen maatregelen die anticiperen op de vigerende mestwetgeving. Het onderzoek richt zich op de genoemde drie doelstellingen, waarmee het ROB-implementatieproject één geheel vormt met het project Koeien & Kansen. De insteek vanuit de problematiek rondom broeikasgasemissies loopt daarmee parallel aan de insteek vanuit de problematiek die ten grondslag ligt aan de mestwetgeving. Dit geldt in principe ook voor de communicatie van bevindingen.

Het ROB-implementatieproject vindt plaats op vijf van de 16 praktijkbedrijven binnen het project Koeien&Kansen. Deze vijf bedrijven vertegenwoordigen de verschillende bedrijfsomstandigheden in Nederland. Op die bedrijven zijn alle bekende en voor het betreffende bedrijf relevante maatregelen ter reductie van de ammoniak- en nitraatmissie geïmplementeerd. Momenteel onderzoekt men of eveneens maatregelen ter reductie van de methaan- en lachgasemissie kunnen worden geïmplementeerd en zo ja, dan volgt implementatie. Vervolgens wordt zowel de ammoniakemissie en de nitraatuitspoeling als de lachgas- en methaanemissie gemonitord. Eventuele onderlinge afwenteling tussen maatregelen of juist autonome reductie wordt hierdoor duidelijk. Daarnaast vindt onderzoek plaats op het effect van de nieuwe mestwetgeving (ingande per 2006 en verscherpt per 2009) op de genoemde bedrijfsemissies.

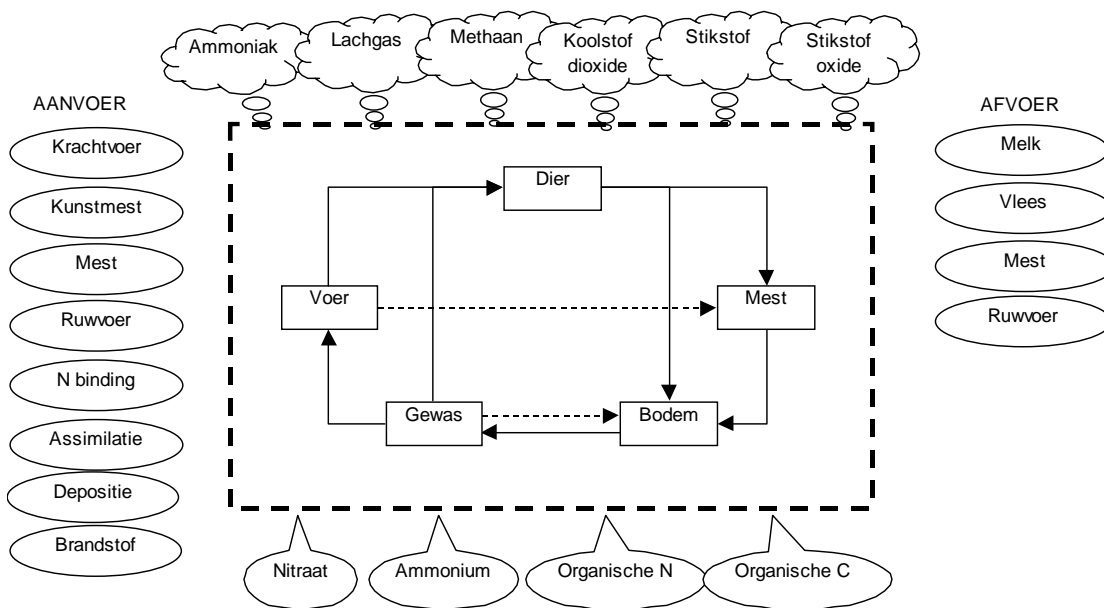
Naast implementatie en monitoring van effecten besteedt men aandacht aan de houding van de betrokken melkveehouders ten opzichte van de ROB-problematiek. Daarbij gaat het om de drijfveren van de melkveehouder bij het maken van bedrijfsplannen, wanneer er sprake is van het implementeren van (extra) maatregelen om de emissie van lachgas en methaan te verminderen. Ook wordt de melkveehouders gevraagd hun visie te geven op de houding van de sector (hun collega melkveehouders) ten opzichte van de ROB-problematiek en mogelijkheden om reductiemaatregelen breed te implementeren.

¹ Het project Koeien & Kansen (K&K) heeft sinds 1999 een belangrijke rol gespeeld bij het introduceren van bedrijfsaanpassingen die de milieuprestaties van commerciële melkveebedrijven verbeteren met behoud of verbetering van het economisch rendement. Binnen K&K werkt men vanuit de gedachte dat een kritische analyse van het management de behoefte aan meststoffen en voer kan beperken. Dit leidt niet alleen tot lagere mineralenoverschotten, maar in veel gevallen ook tot lagere kosten. De bedrijfsomstandigheden en de kunde en voorkeur van de ondernemer zijn belangrijke factoren die bepalen hoe een bedrijf verstandig optimaliseert. Deze benadering wordt in praktijk gebracht op 16 commerciële melkveebedrijven. De bedrijven zijn zodanig gekozen dat de meeste Nederlandse bedrijven hun situatie in één of meer van de pionierbedrijven voldoende kunnen herkennen. Bij de keuze van de bedrijven is ook rekening gehouden met de moeilijkheidsgraad: de bedrijven zijn bovengemiddeld intensief of hebben een natuurlijke handicap die het voldoen aan de mestwetgeving bemoeilijkt. Vanuit hun koplopperspositie dienen de bedrijven als inspiratiebron voor de brede Nederlandse melkveehouderij. Met ingang van 2006 is de mestwetgeving gebaseerd op een systeem van gebruiksnormen voor meststoffen en aanvullende regelgeving, beschreven in een aantal wetten die voortvloeien uit het '3^{de} Actieprogramma Nitraatrichtlijn'. De pionierbedrijven in Koeien & Kansen lopen op deze ontwikkeling vooruit; al in 2004 voldoen ze aan de wettelijke eisen van 2009.

2 Klimaatproblematiek en rundveehouderij

In de Nederlandse melkveehouderij wordt op een gedeeltelijk grondgebonden wijze melk en vlees geproduceerd met een grote inzet van geïmporteerde grond- en hulpstoffen. Een melkveebedrijf is op eenvoudige wijze voor te stellen als een verzameling van vijf pools, waartussen nutriënten (zoals koolstof en stikstof) onderling en met de omgeving worden uitgewisseld (Figuur 1). Aanvoer van nutriënten vindt plaats door middel van krachtvoer, kunstmest, ruwvoer, dierlijke mest, depositie, biologische binding en fotosynthese. Afvoer vindt plaats via de producten melk en vlees, maar daarnaast ook via ruwvoer en mest, en emissies naar lucht en water. De emissies van koolstof en stikstof zijn voor verschillende milieuthema's relevant. In dit project gaat het hoofdzakelijk om de bijdrage van methaan en lachgas aan de emissies van broeikasgassen. Daarnaast is ook de emissie van koolstofdioxide, met name bij gebruik van fossiele brandstoffen en bij koolstofvastlegging in de bodem van belang voor het broeikas effect. Tevens zijn de emissies uit de melkveehouderij van belang voor de milieuthema's drinkwaterkwaliteit (nitraat), eutrofiëring (stikstof) en verzuring plus vermisting (ammoniak).

Figuur 1 Vereenvoudigde weergave van de koolstof- en stikstofstromen op een melkveebedrijf



Hieronder bespreken we de koolstof- en stikstofstromen die relevant zijn voor de emissies van methaan en lachgas op een rundveehouderijbedrijf. Emissies van koolstofdioxide en koolstofvastlegging in de bodem vallen buiten het bestek van deze studie. Eventuele afwentelingen of synergie van maatregelen worden wel kwalitatief gesignaleerd, maar niet verder gekwantificeerd.

2.1 Methaanemissie uit de pens, mest en bodem

De belangrijkste aanvoer van koolstof vindt plaats door fotosynthese. De bruto koolstofvastlegging door assimilatie bedraagt in Nederland bij gras ongeveer 22 Mg/ha/jaar (Van Den Pol-Van Dasselaar en Lantinga, 1995). Een groot deel van de bruto vastgelegde koolstof wordt weer verbruikt voor onderhoudsademhaling en wortel- en stoppelgroei. De netto koolstofvastlegging in de organische stof van het oogstbare deel van gras bedraagt zo'n 25 à 30% van de bruto vastlegging (Sibma en Ennik, 1988). Bij snijmais ligt dat percentage hoger: ongeveer 12 Mg C/ha/jaar bruto, waarvan uiteindelijk 50% wordt geoogst (Sibma, 1987).

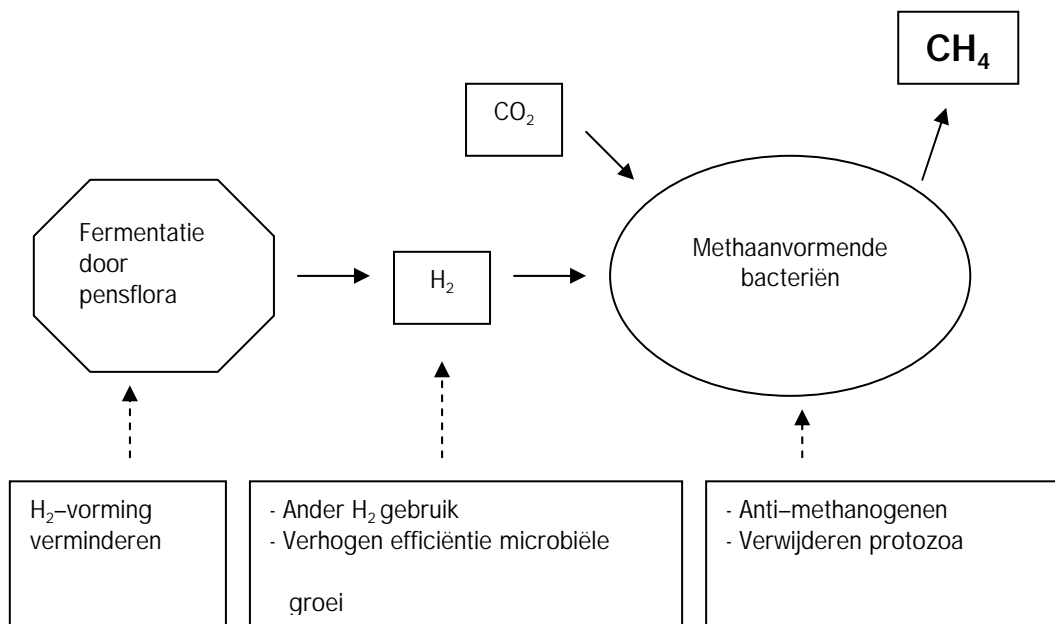
Methaanemissie uit de pens

De koolstof die op het melkveebedrijf in het gewas wordt vastgelegd, neemt het vee via beweiding of stalvoeding op. Bovendien neemt het vee extra koolstof op uit aangekochte voedermiddelen (krachtvoer, bijproducten en eventueel ruwvoer). De hoeveelheid voer die wordt opgenomen is vooral afhankelijk van het gewicht en de melkproductie. Gemiddeld bevat de organische stof van ruwvoer en krachtvoer zo'n 45% koolstof. Een deel van de opgenomen koolstof wordt vastgelegd in melk of vlees (~15%), maar het overgrote deel wordt

uitgescheiden via mest en urine (~40%) en uitgeademde koolstofdioxide (~40%). De resterende ongeveer 4 à 5% is het product van fermentatie in pens en dikke darm en wordt uitgescheiden als methaan. De methaanproductie bedraagt voor de gemiddelde melkkoe 200-400 g per dier per dag (Kirchgessner et al., 1995; Van Der Honing et al., 1994). Van de totale methaanproductie in herkauwers vindt circa 90% in de pens en 10% in de dikke darm plaats (Veen, 2000). Bij de anaerobe fermentatie van voedermiddelen in de pens worden vluchtige vetzuren gevormd, voornamelijk azijnzuur, propionzuur en boterzuur. Samen met de gevormde microbiële massa en de verteerbare niet-gefermenteerde voerbestanddelen leveren de vluchtige vetzuren de nutriënten voor de herkauwer. Bij de vorming van azijnzuur en boterzuur blijven reducerende equivalenten over. Methanogene bacteriën benutten deze ten dele bij de reductie van koolstofdioxide tot methaan. Ook ontstaat bij de fermentatie mierenzuur (tussenproduct, ontleed in koolstofdioxide en waterstof), waaruit eveneens door methanogene bacteriën methaan wordt gevormd (Veen, 2000). De methanogene bacteriën vervullen daarmee een essentiële rol bij de celwandfermentatie.

De methaanproductie tijdens de pensfermentatie is enerzijds afhankelijk van de activiteit en grootte van de populatie methanogene bacteriën en anderzijds van de beschikbaarheid van koolstofdioxide en waterstof (Figuur 2). Bij dat laatste ondervinden de methanogene bacteriën concurrentie van een groep acetogene bacteriën die eveneens koolstofdioxide en waterstof gebruiken. Over de metabolische en ecologische betekenis van deze acetogene bacteriën in de pens is echter weinig bekend, maar het is duidelijk dat ze in de dikke darm van meer belang zijn, zodat bij de fermentatie van celwanden in de dikke darm relatief minder methaan wordt gevormd dan in de pens.

Figuur 2 Methaanvorming in de pens en mogelijkheden om de methaanvorming te beperken (Veen, 2000)



De voorspelling van de methaanemissie door melkvee blijkt moeilijk. Er zijn meerdere regressieformules beschikbaar voor deze voorspelling, maar geen enkele formule is betrouwbaar genoeg (Veen, 2000). De reden hiervoor ligt in de variatie in rantsoenen. Ook binnen Nederland is er sprake van een grote variatie in rantsoenen, waardoor voorspelling van de methaanemissie met de beschikbare formules onvoldoende betrouwbaar is. Om die reden heeft Schothorst Feed Research een formule afgeleid waarin niet de eigenschappen van het rantsoen, maar de eigenschappen van het dier (kg melk en kg lichaamsgewicht) centraal staan (Veen, 2000). Deze formule kan echter alleen een indicatie geven van het effect van verhoging van de melkproductie bij gelijkblijvend melkquotum. Tot slot merken we op dat ook de formule waarmee volgens IPCC-richtlijnen de landelijke methaanemissie wordt berekend in feite ongeschikt is door de grote variatie in rantsoensamenstelling binnen Nederland (Veen, 2000). In de meest eenvoudige benadering volgens de IPCC-methodiek (IPCC, 1997) is de methaanemissie 100 kg/koe/jaar voor melkvee en 48 kg/dier/jaar voor overig vee (**Tabel 1**). Volgens de methodiek van Corré (2002) heeft een koe met een jaarproductie van 8000 kg melk een methaanemissie van 130 kg/ha/jaar. Oudendag en Kuikman (2003) komen tot een methaanemissie van 140 tot 155 kg/koe/jaar, afhankelijk van de melkproductie en de rantsoensamenstelling.

Tabel 1 Emissiefactoren voor methaan (CH₄)

	Eenheid	IPCC-1	(Van Amstel et al., 1993)	(Corré, 2002)	(De Mol en Hilhorst, 2003)
Pensfermentatie					
Melkvee	kg/dier/jaar	100	102	50+0,01 x mp ¹	
Pinken	kg/dier/jaar	48	63	65	
Kalveren	kg/dier/jaar	48	49	25	
Dierlijke mest					
Melkvee	kg/dier/jaar	14			
Jongvee	kg/dier/jaar	6			
Opslag	kg/ton/jaar		0,698	1,3	2,93
Beweiding	kg/ton/jaar				0,11

¹ Melkproductie in kg/koe/jaar

Recentelijk is in opdracht van SenterNovem een broeikasgasmodule ontwikkeld voor het BedrijfsBegrotings-Programma Rundvee (BBPR). Daarin zijn de emissiefactoren toegepast naar de laatste stand van zaken (**Tabel 2**).

Tabel 2 Emissiefactoren voor methaan in ROB-BBPR, uitgedrukt in CH₄

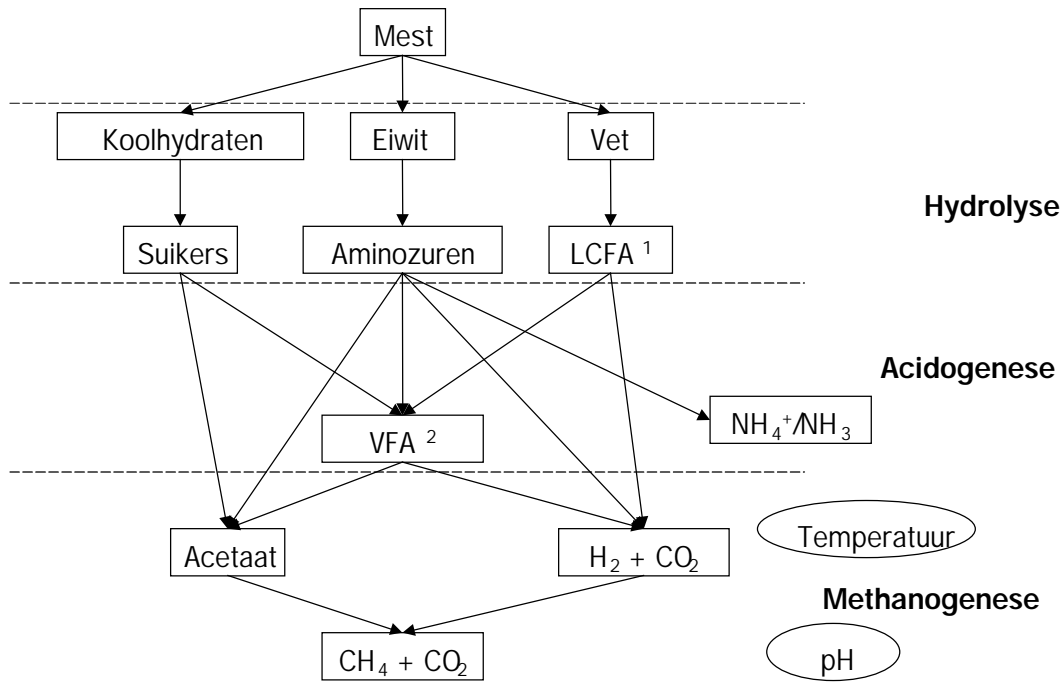
	EF	Eenheid	Berekeningswijze
Pensfermentatie			
- Krachtvoer	20.00	g kg ds ⁻¹	EF x dieropname
- Gras	19.79	g kg ds ⁻¹	EF x dieropname
- Maïskuil	16.39	g kg ds ⁻¹	EF x dieropname
Mest in opslag	1.822	kg m ⁻³	EF x excretie in stal
Weidemest	0.107	kg m ⁻³	EF x excretie weide

Methaanemissie uit mest

Veevoedkundige maatregelen bij herkauwers zullen slechts marginale effecten op de vermindering van de methaanemissie uit mest bewerkstelligen (Veen, 2000). De hoeveelheid methaan die vrijkomt uit mest is daarom vooral afhankelijk van de wijze van opslag en verwerking van de mest. De organische stof in faeces is onderhevig aan allerlei omzettingen waardoor koolstofdioxide en methaan vrij kunnen komen. De anaerobe afbraak van organische stof in de mest leidt via drie stappen tot de vorming van methaan en koolstofdioxide (Figuur 3). De hoeveelheid methaan die vrijkomt tijdens de opslag van mest is afhankelijk van het opslagsysteem, het type mest en mestsamenstelling, de opslagtijd en de omgevingstemperatuur.

Binnen het aandeel methaanemissie uit mest kunnen we onderscheid maken in de posten mestproductie, opslag, beweiding, verwerking en toediening. Het IPCC (IPCC, 1997) rekent de emissie volledig toe aan de post opslag. In de meest eenvoudige benadering volgens de IPCC-methodiek is de methaanemissie uit mest 14 kg/koe/jaar voor melkvee en 6 kg/dier/jaar voor overig vee. Over de methaanemissie tijdens beweiding zijn slechts weinig gegevens bekend. Van Den Pol-Van Dasselaar et al. (1997) vonden op veengrond bij wekelijkse metingen gedurende een volledig jaar, geen significante verschillen in de methaanemissie van gemaaid en beweide grasland. De Mol en Hilhorst (2003) ontwikkelden alternatieve berekeningsmethoden waarmee de emissies van broeikasgassen uit mest veel hoger komen te liggen, en waarbij een deel van de emissies ook toegerekend wordt aan beweiding, toediening en verwerking. Met de statische methode, die vergelijkbaar is met de standaard IPCC-methodiek, wordt alleen uitgegaan van een hogere methaanconversiefactor, waardoor de emissiefactoren hoger zijn (**Tabel 1**). In het dynamische model wordt rekening gehouden met het tijdstip van opslag en toediening, de opslagduur, mestkarakteristieken, kelderrestanten, tijd- en temperatuurverdeling over binnen- en buitenopslag, en dagelijkse en seizoensgebonden temperatuurschommelingen.

Figuur 3 Methaanvorming in mest (Sanders, 2001)



¹Long Chain Fatty Acids (lange keten vetzuren)

²Volatile Fatty Acids (vluchtige vetzuren)

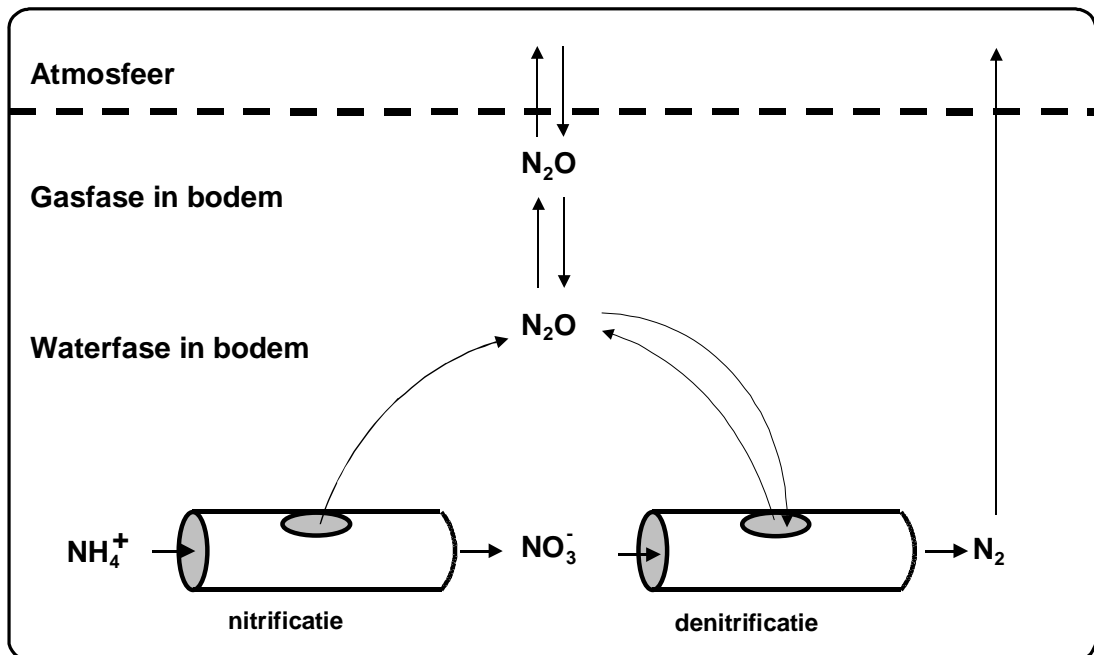
Methaanemissie uit de bodem

Natte veengronden in natuurgebieden (moerassen) kunnen een aanzienlijke hoeveelheid methaan emitteren, jaarlijks 80 tot 200 kg CH₄/ha (Van Den Pol-Van Dasselaar, 1998). Daarentegen kan in minerale gronden en gedraineerde veengraslanden methaan worden omgezet in koolstofdioxide. Jaarlijks wordt netto 0,1 tot 1,1 kg CH₄/ha door de bodem opgenomen.

2.2 Lachgas

De stikstofkringloop van melkveebedrijven is, in het kader van het mest- en ammoniakbeleid, in de afgelopen tien jaar uitgebreid onderwerp van studie geweest. Stikstof wordt op bedrijven voornamelijk aangevoerd via krachtvoer, kunstmest en ammoniakdepositie, en eventueel middels biologische stikstofbinding, ruwvoer of dierlijke mest. Met melk en vlees wordt zo'n 14 tot 26% van de stikstof afgevoerd, zodat een overschot resteert van 74 tot 86% (Reijneveld et al., 2000). In een evenwichtssituatie, waarbij het organische-stofgehalte gelijk blijft, gaat het overschot verloren via ammoniakvervluchtiging, nitraatuitspoeling, nitrificatie en denitrificatie. Denitrificatie is de omzetting van nitraat naar luchtstikstof (N₂), waarbij echter ook lachgas vrijkomt. Daarnaast kan lachgas vrijkomen bij nitrificatie, de omzetting van ammonium in nitraat.

Figuur 4 Visualisatie van het "Hole-in-the-pipe" model van Firestone & Davidson (1989) (Velthof, 1997)



Overall in de stikstofkringloop waar nitraat gevormd of afgebroken wordt, kan potentieel lachgas vrijkomen (Figuur 4). Bij nitrificatie komt doorgaans slechts een klein deel ($< 1\%$) van de geoxideerde stikstof vrij als lachgas (Corré, 2002). Een lage beschikbaarheid van zuurstof en een lage pH verlagen de nitrificatiesnelheid, maar verhogen de fractie die als lachgas vrijkomt. In het algemeen wordt meer lachgas gevormd bij denitrificatie dan bij de nitrificatie. Denitrificatie treedt op bij aanwezigheid van nitraat en gemakkelijk afbreekbare organische stoffen, onder zuurstofloze omstandigheden. De fractie die als lachgas verloren gaat, neemt toe bij de aanwezigheid van zuurstof, een hoog nitraatgehalte en een lage pH. De condities hoeven niet voor de hele bodem te gelden, zodat denitrificatie ook in micromilieus (hotspots) kan optreden. Overigens zijn er recente aanwijzingen dat naast de klassieke autotrofe nitrificatie (heterotrofe denitrificatie processen) andere verliesroutes van lachgas voorkomen (Wrage et al., 2001).

Bij grasland kan een groter deel van stikstof via denitrificatie verloren gaan dan bij bouwland. Onder grasland zijn doorgaans de omstandigheden voor denitrificatie gunstiger, zoals een hoger nitraatgehalte, meer gemakkelijk afbreekbare organische stof en hogere bodemdichtheid. Onder grasland vindt vooral denitrificatie plaats tijdens het groeiseizoen, met name door de gunstige temperatuur, hoge nitraatgehalten door bemesting en in urineplekken, en door het dichttrappen van de bodem tijdens beweiding, met name na regen. Naast bovengenoemde factoren kunnen ook een rol spelen: een tijdelijke stijging van de grondwaterstand tot in de wortelzone, veel neerslag op verdichte bodems, het doodspuiten en scheuren van grasland, waardoor enerzijds veel nitraat en koolstof beschikbaar komen, anderzijds het zuurstofverbruik van de bodem plotseling hoog wordt door afbraak van plantenresten.

Bij de kwantificering van de lachgasemissies onderscheiden we een aantal bronnen. De belangrijkste directe bronnen zijn de bodem, het gebruik van kunstmest en dierlijke mest, de opslag van mest, mest- en urine-uitscheiding tijdens beweiding en biologische stikstofbinding. Daarnaast zijn er nog een aantal minder belangrijke directe bronnen van lachgasemissie zoals kuilvoeropslag, de pens van melkvee en brandstof. De indirecte bronnen die leiden tot lachgasemissie buiten het bedrijf zijn ammoniakemissie, nitraatuitspoeling en de aankoop van kunstmest, ruwvoer en krachtvoer.

In de IPCC-methodologie wordt alleen voor bewerkte veengronden een emissiefactor van 5 kg N/ha/jaar verondersteld, terwijl voor de overige gronden geen emissie wordt berekend (Tabel 3). Voor biologische stikstofbinding, gewasresten, kunstmest en toegediende dierlijke mest, na aftrek van ammoniakverliezen, veronderstelt de IPCC een emissiefactor van 12,5 g N/kg N. Voor de emissie tijdens beweiding en uit stal en opslag hanteert de IPCC een emissiefactor van respectievelijk 20 en 1 g N/kg N. Van de indirecte bronnen worden alleen de bijdragen uit nitraatuitspoeling en ammoniakvervluchtiging berekend. Bij nitraatuitspoeling gaat de IPCC uit van een standaardverlies van 30% van de aangevoerde kunstmest en dierlijke mest, terwijl bij

ammoniakverliezen een standaardverlies van 10% van kunstmest en 20% van uitgescheiden mest wordt gehanteerd. In veel landen worden de berekeningmethoden verder verfijnd met behulp van recent onderzoek (b.v. Brown et al., 2001; Freibauer, 2003). Voor de Nederlandse situatie zijn emissiefactoren opgesteld door Velthof en Oenema (1997).

Tabel 3 Emissiefactoren voor lachgas, uitgedrukt in stikstof

	Eenheid	IPCC	(Velthof en Oenema, 1997)	
			Zand en Klei	Veen
Onbemeste bodem	g/ha/jaar	0	900	5300
Kunstmest	g/kg N	12,5	10	30
Dierlijke mest	g/kg N	12,5	5	10
Biologisch gebonden	g/kg N	12,5	5	5
Beweiding	g/kg N	20	25	60
Huisvesting en mestopslag	g/kg N	1	0,05	0,05
Pens	g/kg N-opname		0,05	0,05
Kuilvoer	g/kg NO ₃ -N		15	15
Energieverbruik	g/GJ		1	1
Nitraatuitspoeling	g/kg N	25	25	25
Ammoniakvervluchtiging	g/kg N	10	5	5
Aankoop kunstmest	g/kg N		5	5
Aankoop ruwvoer	g/kg N		20	20
Aankoop krachtvoer	g/kg N		10	10

Evenals voor methaan zijn bij de ontwikkeling van de broeikasgasmodule de meest recente emissiefactoren voor lachgas gebruikt (**Tabel 4**).

Tabel 4 Emissiefactoren voor lachgas in ROB-BBPR, uitgedrukt in N

	EF	Eenheid	Berekeningswijze
Beweiding			
- zand en klei	25	g (kg N) ⁻¹	EF x (N-excretie weide – NH ₃ verlies)
- veen	60	g (kg N) ⁻¹	EF x (N-excretie weide – NH ₃ verlies)
Dierlijke mest (injectie)			
- grasland zand en klei	5	g (kg N) ⁻¹	EF x (N in mest – NH ₃ -verlies)
- grassland veen	10	g (kg N) ⁻¹	EF x (N in mest – NH ₃ -verlies)
- bouwland zand en klei	10	g (kg N) ⁻¹	EF x (N in mest – NH ₃ -verlies)
- bouwland veen	20	g (kg N) ⁻¹	EF x (N in mest – NH ₃ -verlies)
Kunstmest			
- zand en klei	10	g (kg N) ⁻¹	EF x (N in kunstmest – NH ₃ -verlies)
- veen	40	g (kg N) ⁻¹	EF x (N in kunstmest – NH ₃ -verlies)
Gewasresten (maïs en GPS)	3.1	g (kg N) ⁻¹	EF x N in gewasresten
Veengrond	4700	g ha ⁻¹ year ⁻¹	
Stikstofbinding	5	g (kg N) ⁻¹	EF x biologisch gebonden N
Nitraatuitspoeling	25	g (kg NO ₃ -N) ⁻¹	EF x uitgespoelde N
Ammoniakvervluchtiging	10	g (kg NH ₃ -N) ⁻¹	EF x vervluchtigde N
Stikstofoxiden	10	g (kg NH ₃ -N) ⁻¹	EF x vervluchtigde N

2.3 Emissieniveau van methaan- en lachgas op het gemiddelde melkveebedrijf in Nederland

In de nationale systematiek van emissie-inventarisatie maakt men binnen de sector landbouw onderscheid in emissies uit pensfermentatie, mestmanagement en landbouwkundig gebruik van bodems. Voor de melkveehouderij onderscheiden we vier hoofdcategoryën: directe lachgasemissie uit landbouwbodems, indirecte lachgasemissie uit de landbouw, methaanemissie uit pensfermentatie door rundvee en methaanemissie uit mest van rundvee. De directe emissie uit landbouwbodems omvat de emissie als gevolg van de aanwending van

kunstmest en dierlijke mest, beweiding door landbouwhuisdieren, het telen van vlinderbloemigen, achterblijvende gewasresten en het landbouwkundig gebruik van histosolen (veengronden).

In het kader van de ontwikkeling van een broeikasgasmodule voor het BedrijfsbegrotingsProgramma Rundvee (BBPR) zijn de broeikasgasemissies berekend voor gemiddelde melkveebedrijven in Nederland (Schils et al., 2006). In Bijlage 1 zijn de belangrijkste kengetallen van de gemiddelde melkveebedrijven weergegeven.

De emissie van het gemiddelde melkveebedrijf in Nederland bedraagt volgens de berekening met de broeikasgasmodule van BBPR 0,8 kg CO₂-equivalenten per kg melk voor bedrijven op minerale grondsoorten en 1,3 kg CO₂-equivalenten per kg melk voor bedrijven op veengrond (Tabel 5).

Tabel 5 Jaarlijkse emissie van lachgas en methaan voor gemiddelde melkveebedrijven in Nederland

	zand	klei	Veen
Totaal Lachgas (kg N₂O / ha)	11,0	12,7	31,8
Directe emissie	7,5	10,8	30,2
- beweiding	2,4	3,2	10,9
- toediening dierlijke mest	1,7	2,4	2,5
- toediening kunstmest	2,8	4,3	9,5
- histosolen			7,0
- scheuren grasland	0,2	0,5	
Indirecte emissie	3,5	2,0	1,6
Totaal methaan (kg CH₄ per ha)	334	335	303
- pensfermentatie	261	260	245
- rundveemest	73	76	58
Totaal broeikasgassen (kg CO₂-eq / kg melk)	0,76	0,83	1,34

De hoge emissie op veengrond is een gevolg van de lachgasemissie door het landbouwkundig gebruik van veengrond, en de hogere emissiefactoren voor kunstmest en dierlijke mest. Gemiddeld is de bijdrage van de lachgasemissie aan de totale emissie 35% op minerale grondsoorten en 60% op veengronden. Van de methaanemissie is bijna 80% afkomstig uit de pensfermentatie en de resterende 20% uit de opgeslagen mest. Per kg melk is de lachgasemissie op zand, klei en veen respectievelijk 0,25, 0,30 en 0,82 kg CO₂-equivalenten. De lachgasemissie op klei is hoger dan op zand door de lagere grondwaterstand. Daardoor zijn de emissiefactoren voor kunstmest, dierlijke mest en grasland scheuren hoger op klei dan op zand. Daarentegen is de indirecte lachgasemissie op zand hoger dan op klei door de hogere nitraatuitspoeling op zand. De methaanemissie per kg melk is nagenoeg gelijk voor de drie bedrijfstypen, namelijk zo'n 0,53 kg CO₂-equivalenten. De methaanemissie uit rundveemest is wat lager op veen door het systeem van onbeperkt weiden, en dus minder mest in de opslag.

3 Maatregelen

3.1 Inventarisatie reductiemaatregelen

Uit de rapportages van de ROB-projecten (Bijlage 2) komen meerdere reductiemaatregelen naar voren. Deze maatregelen zijn geïnventariseerd en aangevuld met maatregelen uit buitenlandse literatuur (Bijlage 3). De maatregelen zijn gegroepeerd naar compartimenten. Binnen de verschillende bedrijfscompartimenten zijn de maatregelen verder gegroepeerd in clusters en groepen. Per maatregel is kwalitatief het effect op de emissies van methaan, lachgas, ammoniak en nitraat weergegeven. Een uitgebreide beschrijving van alle maatregelen is te lezen in de rapportage over MITERRA (Kuikman et al., 2004).

Methaan

Er zijn verschillende mogelijkheden om de methaanproductie bij de fermentatie in de pens via de voeding te verkleinen (Figuur 2). Verminderen van de vorming van waterstof kan gerealiseerd worden door te sturen op een hogere productie van propionzuur ten nadele van de productie van azijnzuur en boterzuur. Om dit te bereiken kan men het aandeel oplosbare koolhydraten (krachtvoer) in het rantsoen verhogen en/of het aandeel verteerbare celwanden verhogen door aandacht te besteden aan het type en kwaliteit van het ruwvoer. Het stimuleren van ander waterstofgebruik kan men realiseren door vettoevoeging of door het stimuleren van acetogene bacteriën. Vettoevoeging speelt op verschillende manieren een rol bij de methaanproductie, waarvan waterstofgebruik door onverzadigde vetzuren er één is. Het verhogen van het vetgehalte in het rantsoen is echter maar beperkt mogelijk (Veen, 2000). Stimulering van acetogene bacteriën impliceert verandering van de microbiologische samenstelling van de pensinhoud. Deze mogelijkheid staat echter pas aan het begin van de ontwikkeling (Veen, 2000) en is daarmee op korte termijn geen alternatief. Het verhogen van de microbiële efficiëntie is daarentegen beloftevol. Dit kan de methaanproductie verminderen zonder dat dat ten koste gaat van de celwandvertering. Modelmatig werd berekend dat de methaanproductie kan verminderen van 286 naar 200 g per dier per dag (Beever, 1993). Dit is interessant vanuit milieukundig oogpunt, omdat onder die omstandigheden ook de ammoniakemissie geminimaliseerd wordt. Tot slot kan de populatie methanogene bacteriën verkleind worden met behulp van anti-methanogenen of door het verwijderen van protozoa. Het gebruik van anti-methanogenen (additieven of probiotica) kan effectief zijn, maar het gebruik van additieven wordt vaak niet geaccepteerd of is zelfs verboden en probiotica moeten óf permanent verstrekt worden óf de werking is niet éénduidig vastgesteld. Verdere kennisontwikkeling is echter aan te bevelen (Veen, 2000).

Methanogene bacteriën leven in symbiose met protozoën en azijnzuurproducerende bacteriën, zodat het verwijderen van protozoa uit de pens (defaunering) de populatie methanogene bacteriën verkleint. Defauneren leidt tot een snellere fermentatie en tot meer propionzuur en kan bewerkstelligd worden door in één keer een (zeer) groot aandeel granenrijk en gepelleteerd krachtvoer te verstrekken. Aan defaunatie kleven echter ook risico's. Protozoën zorgen voor een buffering van de pH van pensvloeistof door (tijdelijk) snel fermenteerbare koolhydraten (suikers en zetmelen) op te nemen en daardoor aan fermentatie te onttrekken. Zo worden grote schommelingen in de pH van de pens voorkomen, wat met name belangrijk is in situaties waarin de pens al op een relatief lage pH functioneert en waarbij de populatie protozoën al is gereduceerd. Dit is het geval bij hoogproductief melkvee waaraan men veel koolhydraatrijk krachtvoer verstrekt. Defaunatie is voor hoogproductief melkvee dan ook geen optie, omdat bij deze dieren de pH bufferende werking van protozoën essentieel is voor een goede penswerking. De goede penswerking is op haar beurt weer noodzakelijk om het benodigde hoge voeropnameniveau te halen.

Een combinatie van bovenstaande mogelijkheden wordt gevonden in het verhogen van de melkproductie van de individuele dieren. Het daarbij benodigde hogere voerniveau leidt op verschillende manieren tot een reductie van de methaanproductie: efficiëntere microbiële synthese, verhoogd krachtvoeraandeel in het rantsoen en verplaatsing van (een deel van) de fermentatie van pens naar dikke darm. De grootste terugdringing van de methaanemissie kan men bereiken door de melkproductie per dier te verhogen bij een gelijkblijvend melkquotum (Veen, 2000).

De methaanemissie uit mest vindt voor het overgrote deel plaats uit de opslag, waaruit we kunnen concluderen dat het meeste rendement te halen is door in te zetten op maatregelen die invloed hebben op de emissie tijdens opslag. Vanuit het oogpunt van methaanemissies dient de opslagduur zo kort mogelijk te zijn. Verkorting van de opslagduur in de stal is wel zinvol omdat daar geen mogelijkheid is het methaan op te vangen en daar wat mee te doen. Tijdens de opslagduur dient de temperatuur laag te zijn, liefst beneden de 10 °C, en dient de mest niet gemixt te worden. Er zijn diverse mestbewerkingstechnieken om de methaanemissie terug te dringen, zoals mestvergisting, affakkelen, beluchting en luchtzuivering.

Lachgas

Voor de beperking van de emissie van lachgas is een breed scala aan maatregelen denkbaar, inzetbaar op diverse onderdelen van het bedrijf. Aan de hand van het "hole-in-the-pipe"-model (Figuur 4) kunnen de maatregelen in grote lijnen toegelicht worden. Allereerst dient de stikstofaanvoer uit kunstmest, dierlijke mest, urine of gemineraliseerde organische stof verlaagd te worden (diameter van de pijp). Bijbehorende maatregelen zijn het verlagen van kunstmestgebruik, verminderen van beweiding, verlagen van het stikstofgehalte in het rantsoen, het toepassen van goede landbouwpraktijk bij bemesting, teelt en voederwinning. Maar hieronder valt bijvoorbeeld ook het vervangen van nitraatmeststoffen door ammoniummeststoffen.

Ten tweede dienen de omstandigheden voor lachgasvorming zo ongunstig mogelijk te zijn (gat in de pijp). De combinaties van nitraat, makkelijk verteerbare koolstof en anaërobe omstandigheden moet men vermijden. Hieronder vallen bijvoorbeeld maatregelen als het behoud van grasland, het voorkomen van natte situaties, het voorkomen van bodemverdichting en het vermijden van gelijktijdige toediening van kunstmest en dierlijke mest.

3.2 Selectie reductiemaatregelen door expertpanel

De maatregelenlijst uit Bijlage 3 is voorgelegd aan en aangevuld door emissiedeskundigen. Zij hebben de lijst ingekort tot een lijst met kansrijke maatregelen voor implementatie op praktijkbedrijven (Schils e.a., Startnotitie, 2004). Daarbij heeft de selectie plaatsgevonden op basis van onderstaande criteria:

- effect van de maatregel (kg CO₂-reductie)
- haalbaarheid voor sector
- afwenteling naar overige stikstofverliezen
- onzekerheid over richting (altijd positief, positief of negatief, altijd negatief) en grootte
- communiceerbaarheid
- transparantie

Daarnaast is de kostenefficiëntie (euro per kg CO₂-reductie of euro per "eenheid maatregel") bepalend geweest. Bij de selectie van reductiemaatregelen werd de verwachte kostenefficiëntie gebaseerd op de 'expert input' van emissiedeskundigen. Alle informatie over de betreffende criteria is betrokken uit de ROB-projecten en uit de expertise van de betrokken emissiedeskundigen. Door plenaire discussie is consensus verkregen over de lijst van kansrijke maatregelen (Tabel 6). Tevens is in de tabel aangegeven of de betreffende maatregel al genomen wordt in het kader van het "Koeien & Kansen"-project.

Tabel 6 Kansrijke reductiemaatregelen volgens expert panel

Broeikasgas	Maatregel	Koeien & Kansen ¹
Methaan	Verhoging melkproductie per koe	Nee
	Optimale rantsoensamenstelling	Nee
	Mestvergisting	Ja ²
	Optimale huisvesting en opslag (alleen bij nieuwbouw)	
Lachgas	Verlaag stikstofjaargift	Ja
	Kunstmest met 100% ammonium, in voorjaar	
	Verlaag beweidingduur	Ja
	Verhoging melkproductie per koe	Ja
	Optimale rantsoensamenstelling	Ja
	Geen drijfmest en kunstmest op zelfde perceel	
	Meer mest naar grasland i.p.v. bouwland	
	Vermijd natte omstandigheden	
	Minimaliseer scheuren grasland	Ja
	Niet scheuren na 1 augustus	Ja
	Vlinderbloemigen	Ja
	In rotatie korter grasland en langer bouwland	
	Afstemming beregening op bemesting	

¹ Het betreft in totaal 18 bedrijven (inclusief De Marke) waardoor er meestal sprake is van zowel niet als wel toepassen van een maatregel. In deze tabel wordt de grootste gemene deler aangegeven.

² Het betreft hier uitsluitend proefcentrum De Marke.

De lijst van kansrijke reductiemaatregelen (**Tabel 6**) is in principe gericht op de beide broeikasgassen afzonderlijk en op de maatregelen afzonderlijk. Hierdoor kunnen in **Tabel 6** (ogenschijnlijke) tegenstrijdigheden zitten of kan het op bedrijfsniveau onmogelijk blijken om bepaalde combinaties van maatregelen toe te passen. Om die reden is een implementatiestudie onontbeerlijk voor een afgewogen eindoordeel met betrekking tot een lijst met reductiemaatregel voor praktische toepassing.

De methaan- en lachgasemissies kunnen worden verlaagd door een verhoging van de melkproductie per koe en een optimale rantsoensamenstelling. Beide maatregelen zijn al van toepassing in het "Koeien & Kansen"-project. Het wordt echter mogelijk geacht om, bij gelijkblijvende melkproductie, de methaanemissie door pensfermentatie te verlagen door optimalisering van de rantsoensamenstelling voor methaanemissie. Hiermee kan men afhankelijk van de uitgangssituatie, tot 10% reductie van de methaanemissie door pensfermentatie bereiken.

Reducties in methaanemissies uit mest zijn alleen mogelijk tegen grote investeringen, zoals de bouw van een mestvergister. Desalniettemin kan de bouw van een mestvergister wel kostenefficiënt zijn. Het gros van de kansrijke maatregelen om de lachgasemissie te verlagen worden al genomen in "Koeien & Kansen". De aanvullende opties zijn grotendeels te vangen onder de noemer van het vermijden van risicovolle omstandigheden. Hoewel de grootte van de effecten zeer variabel kan zijn, is gekozen voor maatregelen waarvan het effect in alle gevallen positief is. Daarmee sluit men risico's op ongewenste effecten vrijwel uit.

3.3 Selectie reductiemaatregelen door praktijkbedrijven

Keuzemogelijkheden in bedrijfsverband

Om een beeld te krijgen van maatregelen, die tot een reductie van de uitstoot van methaan en lachgas kunnen leiden, is veel onderzoek verricht. Voor methaan zijn maatregelen onderzocht die betrekking hebben op de pensfermentatie, mestbehandeling en mestopslag. Voor lachgas heeft het onderzoek zich gericht op beweiding, bemesting, gewasresten, klaver, graslandvernieuwing en waterbeheer. In de regel zijn de maatregelen onafhankelijk van elkaar bestudeerd en zonder rekening te houden met effecten verderop in de bedrijfscyclus. Het is dus mogelijk dat een maatregel als positief uit het onderzoek naar voren komt, terwijl in bedrijfsverband een negatieve invloed blijkt, omdat de nadelige bij-effecten groter zijn dan de directe winst. Om de gewenste emissiereductie te kunnen realiseren is het nodig dat veelbelovende maatregelen ook in bedrijfsverband op hun waarde worden bestudeerd. Dat kan in het project Koeien & Kansen. Met een speciaal daarvoor ontworpen rekenprocedure, gekoppeld aan de gegevens van bedrijven in Koeien & Kansen, worden verkenningen uitgevoerd. Uit die verkenningen komt naar voren dat, uitgedrukt per kg melk:

- de methaanemissie uit de pens hoger is naarmate de veestapel meer voer verbruikt (hogere opname drogestof veestapel)
- de methaanemissie uit mest hoger is naarmate er minder beweid wordt (meer mest in opslag)
- de methaanemissie uit mest kan worden verlaagd door mestvergisting
- de lachgasemissie toeneemt als het N-overschot van het bedrijf toeneemt (vrij constant deel van het overschot denitrificeert, wat lachgas oplevert; naarmate de grond zwaarder of natter is wordt een groter deel omgezet in lachgas).

Met de indicatoren 'voer- of drogestofverbruik' en 'N-overschot' kan een veehouder uit de voeten op zijn speurtocht naar maatregelen die de productie van broeikasgassen verminderen. Deze benadering sluit aan bij zijn streven als ondernemer: het drukken van de kostprijs door beperking van voerverbruik en het optimaliseren van het meststoffengebruik. Bovendien ligt het ook helemaal in het verlengde van zijn 'oude' MINAS-strategie. Een maatregel is alleen realistisch als

- a de emissie van broeikasgassen afneemt
- b er geen negatieve inkomenseffecten te verwachten zijn
- c de maatregel goed inpasbaar is
- d de emissie van nitraat en ammoniak niet toeneemt. Bij het beoordelen van de effectiviteit van maatregelen moet het volgende worden bedacht:
 - het effect is afhankelijk van de uitgangspositie. Als het aantal stuks jongvee per tien koeien negen stuks bedraagt, kan een beperking tot zeven stuks aantrekkelijk zijn. Een verdere beperking kan zeker bij een hoge melkproductie per koe leiden tot een te forse beperking in de mogelijkheden koeien te vervangen, en daarmee contraproductief zijn;
 - het effect is afhankelijk van de bedrijfsomstandigheden, vooral van de grondsoort, de waterhuishouding en de intensiteit (melk/ha);
 - de inpasbaarheid is mogelijk afhankelijk van de mestwetgeving: als een veehouder wordt afgerekend op zijn N-overschot kijkt hij anders tegen maatregelen aan dan wanneer hij is gehouden aan bemestingsnormen, beperkingen m.b.t. herinzaai enz.

Methaan

Per methaanemissiereducerende maatregel wordt aangegeven (**Tabel 7**) of die door de Koeien&Kansen-bedrijven genomen is om MINAS te realiseren (reductie broeikasgas lift dus mee met MINAS-wetgeving), of die genomen zal worden om de gebruiksnormenwetgeving te kunnen realiseren (reductie broeikasgas lift mee met het nieuwe mestbeleid) en tot slot of de veehouder genegen is extra inzet te plegen voor de reductie van broeikasgas. De eerste kolom is afgeleid uit geregistreerde veranderingen in bedrijfsvoering, de tweede uit het bedrijfsplan voor het komende jaar en de derde is tot stand gekomen door keukentafelgesprekken met de zes deelnemende veehouders (Peijnenborg, Schepens, van Wijk, de Vries, Sikkenga en De Marke).

Tabel 7 Maatregelen ter reductie emissie methaan/ kg melk

Maatregel	MINAS	Gebruiksnorm	Extra	Toelichting
Minder jongvee/ jongvee uitscharen	+ ¹	+	0	Nieuw beleid leidt tot maximaal haalbare
meer melk/koe	+	0	0	Economisch maximum is bereikt
meer krachtvoer i.p.v. ruwvoer	-	0	0	Krachtvoeraankoop is minimaal uit economische overwegingen
meer mais i.p.v. gras	+	-	0	Derogatie eist > 70% grasland
beter op energienorm voeren	+	0	0	De grens van de mogelijkheden is bereikt.
Minder beheersland	-	-	0	Beheersland is aantrekkelijk i.v.m. verplichtingen mestafzet
Mestvergisting	0	0	+	Verkenning haalbaarheid
Optimaliseren voeraankoop	+	0	+	Verkenning effecten

¹ + = maatregel geïntroduceerd of geïntensiveerd; 0 = maatregel constant; - = maatregel wordt overboord gezet of geëxtensiveerd).

Toelichting:

- Door MINAS zijn de aantallen jongvee al sterk teruggelopen. Die terugloop zal nog versterkt worden door het nieuwe mestbeleid, omdat minder dieren ook minder mest betekent. Men zal aan de grens gaan zitten van wat maximaal haalbaar is.
- De melkproductie per koe is onder MINAS vrij sterk toegenomen, omdat dan de aankoop van voer kon worden beperkt. Een nog hogere productie wordt niet nagestreefd, met name omdat dat de diergezondheid kan schaden.
- Er is door MINAS duidelijk minder krachtvoer vervoerd (aanvoerpost). Het vervangen van ruwvoer door krachtvoer is financieel onaantrekkelijk.
- Om te voldoen aan de derogatievoorwaarden moet 70% van het areaal uit grasland bestaan. Een aantal bedrijven vervangt daarom maïsland door gras. Voor bedrijven die nu minder dan 30% maïs hebben is het economisch niet verstandig het aandeel maïs te vergroten (ze zitten al op het optimum).
- Door MINAS zijn veehouders goed op de norm gaan voeren. De grens van de mogelijkheden is bereikt.
- Bij MINAS en ook bij de nieuwe mestwetgeving is het aantrekkelijk het bedrijfsareaal uit te breiden met beheersland. Er is dan wettelijk meer ruimte voor mestafzet op het eigen bedrijf. Minder beheersgrasland is dus financieel onaantrekkelijk.
- Mestvergisting is niet gestimuleerd door het mestbeleid. Door schaalvergroting kan het financieel interessant worden. Vrijwel alle Koeien&Kansen-veehouders zijn zeer geïnteresseerd in een verkenning voor hun bedrijf van de praktische haalbaarheid (economie) en van de effecten op de bedrijfsvoering (bemesting).
- Door MINAS is de voeraankoop sterk geoptimaliseerd. Toch zijn veehouders zeer geïnteresseerd in een verkenning van de mogelijkheden om de methaanvorming te beperken door aanpassingen in de voeraankoop.

Lachgas

Per lachgasemissiereducerende maatregel wordt aangegeven (Tabel 8) of die door de Koeien&Kansen-bedrijven genomen is om MINAS te realiseren (reductie broeikasgas lift dus mee met MINAS-wetgeving), of om de gebruiksnormenwetgeving te kunnen realiseren (reductie broeikasgas lift mee met nieuw mestbeleid) en tot slot of de veehouder genegen is extra inzet te plegen voor de reductie van broeikasgas.

De eerste kolom is afgeleid uit geregistreerde veranderingen in bedrijfsvoering, de tweede uit het bedrijfsplan voor het komende jaar en de derde is tot stand gekomen door keukentafelgesprekken met de zes deelnemende veehouders (Pijnenborg, Schepens, van Wijk, de Vries, Sikkenga en De Marke).

Tabel 8 Maatregelen ter reductie emissie lachgas/ kg melk

Maatregel	MINAS	Gebruiksnorm	Extra	Toelichting
Afvoer dierlijke mest	0 ¹	+	0	Zeer dure maatregel
Minder kunstmest-N	+	-/+	+	Op klei en veen verdere beperking bemesting economisch haalbaar
Betere benutting meststoffen (tijd, dosering, plaatsing)	+	0	0	Benutting is al sterk verbeterd
Minder beweiden	+	+	0	Mest winnen op stal i.v.m. beperkte hoeveelheid toegestane kunstmest
Beter beweidingssysteem	+	0	0	Beweidingssysteem is optimaal
Telen van vanggewas na maïs	+	+	0	Beperkte bemestingsmogelijkheden dwingen tot telen vanggewas
Herinzaai in voorjaar i.p.v. najaar	+	0/+	0	Wordt verplicht op lichtere gronden
Wisselbouw	+	0	0	Op gronden waar dat aantrekkelijk is wordt dit al toegepast
Lager N-gehalte rantsoen	+	0	0	Door MINAS al minimaal
Verbetering bodem: voorkomen stagnerend water	+	0	0	Door MINAS al verbeterd
Verbetering bodem: betere vochtvoorziening (beregenen)	+	0	0	Door MINAS al verbeterd

¹ + = maatregel geïntroduceerd of geïntensiveerd; 0 = maatregel constant; - = maatregel wordt overboord gezet of geëxtensiveerd

Toelichting:

- Het afvoeren van mest is zeer duur en wordt zoveel mogelijk beperkt. Het is zeker geen vrijwillige maatregel.
- De nieuwe wetgeving maakt het op veen- en kleigrond mogelijk meer kunstmest te gebruiken. Op zand zal de hoeveelheid minder worden. Op klei en veen zien veehouders kans om minder te bemesten dan wettelijk is toegestaan.
- Onder MINAS werd al minder beweid, onder de nieuwe wetgeving zal beweiding verder afnemen.
- Het telen van een vanggewas is sterk toegenomen door MINAS. In het algemeen zal de belangstelling voor het telen van een nagewas bij het nieuwe mestbeleid toenemen.
- Herinzaai in het voorjaar is gestimuleerd door MINAS. In de nieuwe wetgeving wordt het voor zandgronden verplicht.
- Wisselbouw verbetert de benutting van meststoffen en de gewasopbrengst. Om die redenen is de toepassing onder MINAS toegenomen.
- De N-gehalten in rantsoenen zijn onder MINAS al geminimaliseerd i.v.m. het streven de aankoop van voereiwit te beperken.
- Maatregelen gericht op het verbeteren van de bodem zijn onder MINAS al genomen om de aankoop van meststoffen en voer te beperken.

Kansen voor implementatie van maatregelen op praktijkbedrijven

De tabellen 7 en 8 laten zien dat de MINAS-wetgeving en de gebruiksnormwetgeving in principe tot afname van de productie van broeikasgassen leiden. Het is denkbaar dat de gebruiksnormwetgeving in dat opzicht minder effectief is dan MINAS, waardoor de productie de komende jaren weer kan stijgen. De beide tabellen laten ook zien dat de bedrijven die deelnemen aan Koeien&Kansen mogelijk een verdere reductie kunnen realiseren door het optimaliseren van de voeraankoop, mestvergisting en het bemesten onder de norm.

4 Ontwikkeling van emissies op 'Koeien&Kansen'-bedrijven

In dit hoofdstuk geven we de emissies van methaan en lachgas op vijf melkveebedrijven uit het 'Koeien&Kansen'-project. Eerst beschrijven we in het kort de deelnemende bedrijven en de ontwikkeling die ze hebben doorgemaakt, vervolgens besteden we aandacht aan de toegepaste emissiefactoren. Het hoofdstuk sluit af met de resultaten van de berekeningen, inclusief bespreking van de ontwikkelingen.

4.1 Materiaal en methoden

Dataverzameling

Uit de 17 bedrijven die deelnemen aan 'Koeien & Kansen' zijn vijf bedrijven geselecteerd voor de berekening van de broeikasgasemissies. Op zandgrond zijn dat de bedrijven van Pijnenborg en Schepens, beide in Noord-Brabant, op kleigrond het bedrijf van Sikkenga in Friesland en het bedrijf van Van Wijk in Gelderland, en op veengrond het bedrijf van De Vries in Zuid-Holland. Als referentie is het Praktijkcentrum voor melkveehouderij en milieu 'De Marke', toegevoegd aan de dataset.

De data voor de berekening van de emissies van broeikasgassen zijn verzameld in de jaren 1997/1998, 2002/2003 en 2004/2005. 1997/1998 is het jaar voordat de bedrijven aan het 'Koeien & Kansen' project begonnen en vertegenwoordigt de situatie voor de invoering van Minas. De bedrijven in 'Koeien & Kansen' hebben de verliesnormen van Minas versneld ingevoerd ten opzichte van de brede landbouwpraktijk. In het meetjaar 2002/2003 voldeden de bedrijven al aan de eindnormen voor Minas. In 2004 zijn de bedrijven begonnen met de aanpassing voor het nieuwe mestbeleid in 2006. Het jaar 2004/2005 vertegenwoordigt daarmee de situatie van 2006.

Proefbedrijf De Marke heeft vanaf de oprichting in 1993 als belangrijkste doelstelling het behalen van een nitraatgehalte van 50 mg/l in het grondwater. In vergelijking met de bedrijven in 'Koeien & Kansen' is de structuur en het management relatief stabiel. Het bedrijfsmanagement in de jaren 1997/1998, 2002/2003 en 2004/2005 heeft dan ook geen specifieke relatie met het mestbeleid zoals bij de 'Koeien&Kansen'-bedrijven. Daarom is voor De Marke alleen 2002/2003 meegenomen, als referentie voor de 'Koeien&Kansen'-bedrijven.

In de eerste twee meetjaren 1997/1998 en 2002/2003 begint en eindigt het boekjaar in het voorjaar. Zodoende bestaat 1 jaar uit een logische aaneenschakeling van een weideseizoen en een daaropvolgend stalseizoen. Het voer dat in het weideseizoen op het eigen bedrijf wordt geproduceerd, voert men in het daaropvolgende stalseizoen aan het vee. Managementmaatregelen die in het weideseizoen worden genomen, werken dus door in het daaropvolgende stalseizoen. Aan de andere kant komen managementmaatregelen die via de voeding effect hebben op dierlijke mest pas in het weideseizoen van het daaropvolgende jaar tot uiting. In het laatste meetjaar 2004/2005 loopt het boekjaar van najaar tot najaar en bestaat dus uit het stalseizoen 2004/2005 en het daaropvolgende weideseizoen 2005. Hiervoor is gekozen omdat het grondgebruik pas vanaf het groeiseizoen 2005 was aangepast aan het nieuwe mestbeleid.

Voor de berekening van de broeikasgasemissies zijn voor de genoemde meetjaren de volgende data verzameld:

Algemeen

- Oppervlakte
- Grondsoort en grondwaterstand
- Bouwplan
- Diersoort en -aantal
- Aan- en afvoer mest
- Aan- en afvoer voer

Veestapel

- Melkproductie en -kwaliteit
- Voeropname kracht- en ruwvoerders
- Beweidingsstelsel en -duur
- Samenstelling dierlijke mest

Gewassen

- Bemesting kunstmest en dierlijke mest
- Gebruik

Bedrijfskenmerken

De 'Koeien&Kansen'-bedrijven zijn gegroeid in aantal dieren, oppervlakte, totale melkproductie en melkproductie per ha. De totale productie was in 1997, 2002 en 2005 gemiddeld 520, 689 en 856 ton melk. De groei in oppervlakte was minder sterk dan de groei in melkproductie, waardoor de intensiteit is toegenomen. De meetmelkproductie per ha was in de onderzochte jaren respectievelijk 15,6, 16,6 en 18,4 ton melk. De totale melkproductie van 708 ton melk was op Proefbedrijf De Marke vergelijkbaar met het gemiddelde van de 'Koeien&Kansen'-bedrijven in 2002, maar de melkproductie per ha (12,9 ton) was beduidend lager dan op de 'Koeien&Kansen'-bedrijven. De meetmelkproductie per koe is eveneens toegenomen, maar dit was niet consistent over alle bedrijven en alle jaren. Onder meetmelk verstaan we de melkproductie gecorrigeerd naar standaard gehalten aan vet (4%) en eiwit (3,3%).

Het percentage grasland vertoont geen duidelijke trend. Gemiddeld over alle 'Koeien&Kansen'-bedrijven en alle jaren was het aandeel grasland 80%. In 1997 en 2005 was het iets hoger, in 2002 iets lager. Op het bedrijf van Sikkenga is in de loop der jaren al het bouwland omgezet in grasland, terwijl op het bedrijf van De Vries een verschuiving heeft plaatsgevonden van 100% naar 89% grasland. De bedrijven op zandgrond (Schepens en Pijnenborg) hadden in 2002 minder dan 70% grasland, maar hebben in 2005 als gevolg van het nieuwe mestbeleid precies 70% grasland, het minimum voor derogatie. De Marke heeft ongeveer 58% grasland en kiest niet voor derogatie, maar voor een intensieve rotatie om zo goed mogelijk aan de nitraatnorm te voldoen. De jongveebezetting is in de loop der jaren fors gedaald. Het aantal stuks jongvee per tien melkkoeien was in 1997, 2002 en 2005 respectievelijk 10, 8 en 6.

De aanvoer van kunstmest en krachtvoer is fors gedaald. In 1997 was de gemiddelde kunstmestgift 200 kg/ha. Gedurende de implementatie van MINAS daalde het kunstmestgebruik tot 100 kg/ha, maar in het kader van het nieuwe mestbeleid is het kunstmestgebruik weer wat toegenomen tot 143 kg/ha. Op De Marke bedroeg het gebruik van kunstmeststikstof slechts 35 kg/ha. De hoeveelheid krachtvoer per kg geproduceerde melk was in 1997, 2002 en 2005 respectievelijk 0,26, 0,23 en 0,22 kg.

Over het algemeen is tussen 1997 en 2002 het aandeel beweiding afgenomen, gemiddeld van 31 naar 24%. Tussen 2002 en 2005 is het aandeel beweiding gemiddeld vrijwel gelijk gebleven.

In het kader van het nieuwe mestbeleid moesten vier van de vijf bedrijven mest afvoeren, uiteenlopend van 1200 tot 3000 kg stikstof.

In Tabel 9 is een samenvattend overzicht weergegeven van de veranderingen op de 'Koeien&Kansen'-bedrijven, die mogelijk een effect kunnen sorteren op de emissie van lachgas en methaan. De bijbehorende gedetailleerde kwantitatieve informatie is weergegeven in Tabel 10.

Tabel 9 Overzicht van veranderingen op de bedrijven, die een effect kunnen hebben op de emissie van broeikasgassen

		Minas					Mestbeleid 2006				
		1997 → 2002					2002 → 2005				
		Si	W	P	S	V	Si	W	P	S	V
Oppervlakte	ha	+	+	+	0	+	+	+	0	+	
Melkproductie	kg	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
Melkproductie	kg/koe	-	-	+	+	+	+	+	+	-	
Intensiteit	melk/ha	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
Jongveebezetting	stuks/koe	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Kunstmest	kg/ha	-	-	-	-	-	+	+	-	+	+
Krachtvoer	kg/kg melk	+	0	0	-	-	-	-	-	+	-
Beweiding	%	0	-	-	0	-	-	0	+	0	0
Grasland	%	-	0	-	0	0	+	-	+	+	-

Si = Sikkenga (klei), W = Van Wijk (klei), P = Pijnenborg (zand), S = Schepens (zand), V = De Vries (veen)
 "+" = toename en "-" = afname van het betreffende bedrijfskenmerk

Tabel 10 Bedrijfskenmerken

		Sikkenga			Van Wijk			Pijnenborg			Schepens			de Vries			De Marke
		1997	2002	2005	1997	2002	2005	1997	2002	2005	1997	2002	2005	1997	2002	2005	2002
Oppervlakte	ha	54	77	86	34	37	42	26	39	43	27	26	27	37	40	44	55
Gras	ha	47	57	86	32	34	34	20	23	30	15	15	19	37	40	39	32
bouwland	ha	7	20	0	2	3	8	7	16	13	11	11	8	0	0	5	23
Dieren																	
Melkkoeien	n	63	114	145	59	73	81	73	83	89	51	55	62	50	61.5	75	77
Pinken	n	37	51	58	41	28	28	37	33	28	28	23	15	20	25	20	25
Kalveren	n	29	47	40	27	23	21	27	29	34	25	16	22	14	22	27	28
Melkproductie																	
Bedrijf	1000 kg	565	1006	1403	554	675	782	556	673	798	466	516	607	460	573	691	708
Koe	kg FPCM	8973	8823	9674	9381	9248	9653	7610	8114	8962	9128	9389	9792	9198	9315	9207	9193
Ha	kg FPCM	10478	13003	16227	16327	18354	18796	21203	17224	18550	17568	19984	22486	12600	14357	15695	12894
Indicatoren																	
Jongvee	n/10 mk	10	9	7	12	7	6	9	7	7	10	7	6	7	8	6	7
Kunstmest	kg N/ha	232	99	187	249	109	152	218	113	108	159	80	155	145	101	112	35
Krachtvoer	kg/kg melk	0,26	0,28	0,23	0,26	0,26	0,24	0,24	0,24	0,22	0,21	0,15	0,22	0,34	0,23	0,22	0,24
Beweiding	%	34	35	29	25	7	6	34	26	32	23	22	21	40	28	29	10
Grasland	%	88	74	100	93	92	81	75	58	69	58	58	70	100	100	89	58
Mestafvoer	ton			1198			2267			2632			3042			0	

Emissiefactoren

Deze studie beperkt zich tot de emissie van overige broeikasgassen, lachgas en methaan. Voor lachgas worden de volgende bronnen onderscheiden: beweiding, dierlijke mest, kunstmest, gewasresten, landbouwkundig gebruik van veengronden, stikstofbinding, nitraatuitspoeling, ammoniakvervluchtiging en emissie stikstofoxiden. Voor methaan worden de bronnen pensfermentatie, mestopslag en weidemest onderscheiden. De genoemde bronnen komen overeen met de bronnen in het formele protocol voor de nationale inventarisatie van broeikasgasemissies. De emissiefactoren (Tabel 11) zijn ontleend aan de broeikasgasmodule van BBPR (Schils et al., 2006), die op haar beurt weer zijn afgestemd op de emissiefactoren in de nationale protocollen en Miterra. Het bovenstaande betekent dat de emissiefactoren afwijkend kunnen zijn van de emissiefactoren die gebruikt zijn voor de berekeningen als onderdeel van de startnotitie.

Tabel 11 Emissiefactoren

	EF	Eenheid	Berekeningswijze
Methaan (CH₄)			
Pensfermentatie			
- Krachtvoer	20.00	g kg ds ⁻¹	EF x dieropname
- Gras	19.79	g kg ds ⁻¹	EF x dieropname
- Maïskuil	16.39	g kg ds ⁻¹	EF x dieropname
Mest in opslag	1.822	kg m ⁻³	EF x excretie in stal
Weidemest	0.107	kg m ⁻³	EF x excretie weide
Lachgas (N)			
Beweiding			
- zand en klei	25	g (kg N) ⁻¹	EF x (N-excretie weide – NH ₃ verlies)
- veen	60	g (kg N) ⁻¹	EF x (N-excretie weide – NH ₃ verlies)
Dierlijke mest (injectie)			
- grasland zand en klei	5	g (kg N) ⁻¹	EF x (N in mest – NH ₃ -verlies)
- grasland veen	10	g (kg N) ⁻¹	EF x (N in mest – NH ₃ -verlies)
- bouwland zand en klei	10	g (kg N) ⁻¹	EF x (N in mest – NH ₃ -verlies)
- bouwland veen	20	g (kg N) ⁻¹	EF x (N in mest – NH ₃ -verlies)
Kunstmest			
- zand en klei	10	g (kg N) ⁻¹	EF x (N in kunstmest – NH ₃ -verlies)
- veen	40	g (kg N) ⁻¹	EF x (N in kunstmest – NH ₃ -verlies)
Gewasresten (maïs en GPS)	3.1	g (kg N) ⁻¹	EF x N in gewasresten
Veengrond	4700	g ha ⁻¹ year ⁻¹	
Stikstofbinding	5	g (kg N) ⁻¹	EF x biologisch gebonden N
Nitraatuitspoeling	25	g (kg NO ₃ -N) ⁻¹	EF x uitgespoelde N
Ammoniakvervluchtiging	10	g (kg NH ₃ -N) ⁻¹	EF x vervluchtigde N
Stikstofoxiden	10	g (kg NH ₃ -N) ⁻¹	EF x vervluchtigde N

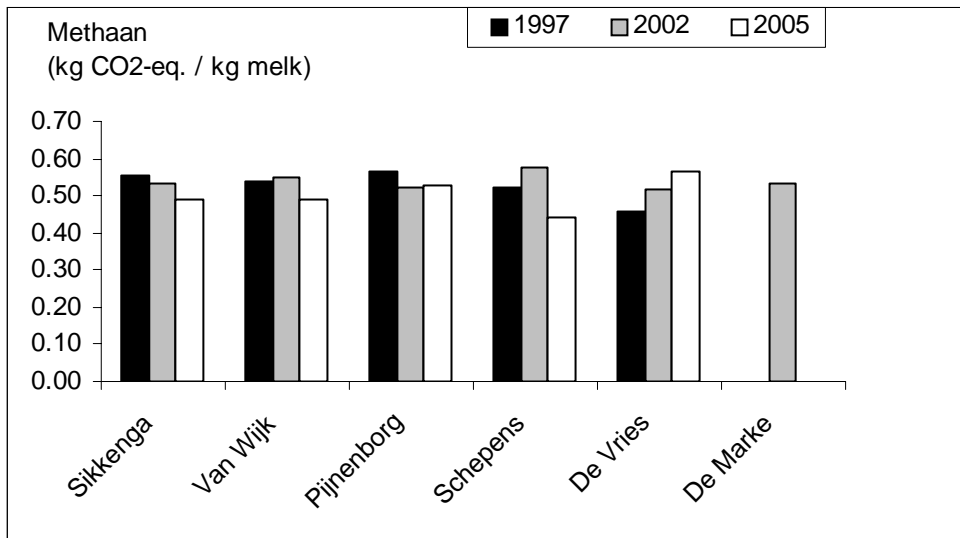
De emissiefactoren voor lachgas uit beweiding, dierlijke mest, kunstmest, gewasresten en biologische binding gelden bij een grondwaterstand GT VI op minerale grondsoorten en GT II en GT III op veengrond. Op minerale gronden is bij nattere situaties de lachgasemissie 25% hoger, bij drogere situaties 25% lager. Op veengrond is de lachgasemissie zowel bij nattere als drogere situaties 50% lager.

4.2 Resultaten en discussie

Methaanemissie

De Methaanemissie was gemiddeld voor 80% afkomstig uit pensfermentatie, 20% uit mestopslag en minder dan 1% uit weidemest. Die verhouding bleef gedurende de meetperiode vrijwel ongewijzigd. De gemiddelde methaanemissie was in de 3 meetjaren 1997, 2002 en 2005 respectievelijk 0,53, 0,54 en 0,50 kg CO₂-eq. per kg melk (Figuur 5). De methaanemissie vertoonde echter geen consistente trend. Gedurende de implementatie van MINAS (vergelijk 2002 en 1997) nam de methaanemissie op drie bedrijven toe en op twee bedrijven af. De implementatie van het nieuwe mestbeleid (vergelijk 2005 en 2002) ging op drie bedrijven gepaard met een daling van de methaanemissie. Op één bedrijf bleef de emissie op hetzelfde niveau en op één bedrijf nam de emissie toe. De methaanemissie op De Marke was ongeveer vergelijkbaar met het gemiddelde van de 'Koeien&Kansen'-bedrijven.

Figuur 5 Totale methaanemissie



Pensfermentatie

De totale methaanemissie door pensfermentatie is fors toegenomen door de verhoging van de totale melkproductie op bedrijfsniveau. De melkproductie nam tussen 1997 en 2002 toe met 33%, en in de daaropvolgende periode tussen 2002 en 2005 nog eens met 24%. De methaanemissie per koe is gemiddeld licht toegenomen, bij de implementatie van Minas met 2% en bij de implementatie van het nieuwe mestbeleid met nog eens 1% (Tabel 12).

De voeropname per koe, inclusief jongvee, is tussen 1997 en 2002 toegenomen van 9,2 tot 9,5 ton ds/jaar, oftewel 3%. In diezelfde periode is de melkproductie per koe met 5% toegenomen, maar daarentegen is het aantal stuks jongvee per koe afgenomen van tien naar acht, oftewel 22%. Ondanks de toename van de melkproductie en de afname van de jongveebezetting is de voeropname per kg melk licht toegenomen (1%). De verhouding tussen de verschillende rantsoencomponenten (krachtvoer, weidegras, graskuil en maïskuil) is in die periode nauwelijks veranderd.

Tijdens de implementatie van het nieuwe mestbeleid (vergelijk 2005 en 2002) is de totale voeropname en melkproductie per koe nauwelijks veranderd. Het aantal stuks jongvee per koe is verder afgenomen tot zes. De voeropname per kg melk daalde tussen 2005 en 2002 licht tot 1,04 kg ds, vergelijkbaar met het niveau in 1997. De samenstelling van het gemiddelde rantsoen liet wel een verschuiving zien van mais en weidegras naar graskuil. Het areaal maïsland is gemiddeld wat teruggebracht om voor derogatie in aanmerking te komen en de beweiding is teruggebracht om meer mest in de opslag te krijgen, waardoor na verplichte mestafvoer meer mest aanwezig is om gericht aan te wenden.

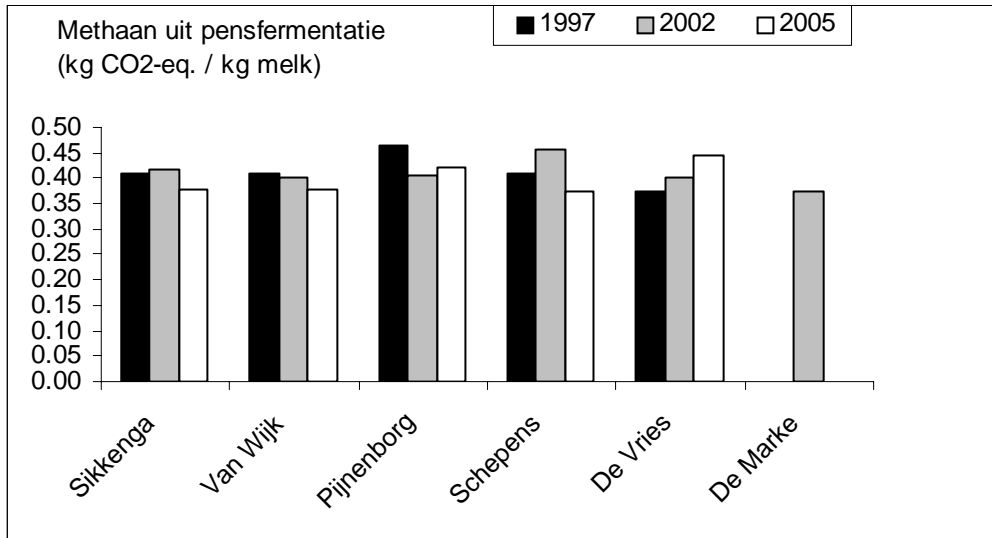
Tabel 12 Voeropname en methaanemissie per koe

	Voeropname (kg ds/koe)			Emissie (kg CH ₄ /koe)		
	1997	2002	2005	1997	2002	2005
Sikkenga	9024	9088	8937	175	175	175
Van Wijk	9584	9323	9013	182	176	174
Pijnenborg	9151	8450	9642	168	157	180
Schepens	9788	11216	9191	178	204	174
De Vries	8281	9302	10014	165	179	195
KK	9165	9476	9359	174	178	180
De Marke		8699			164	

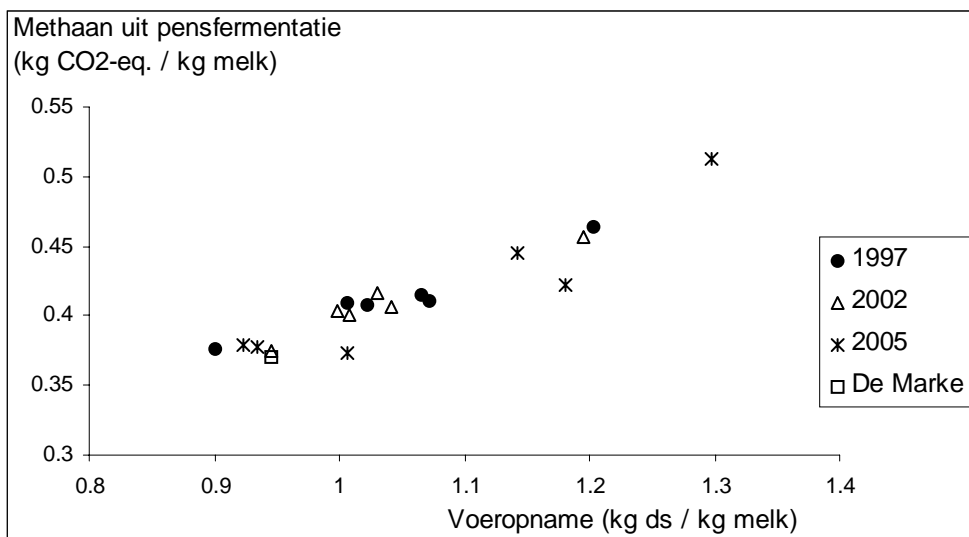
De methaanemissie per kg melk was in de drie meetperioden redelijk constant. In 1997, 2002 en 2005 was de emissie respectievelijk 0,40, 0,42 en 0,40 kg CO₂-eq. per kg melk (Figuur 6). Bij de individuele bedrijven was evenmin een duidelijke trend zichtbaar. Tussen de bedrijven en jaren varieerde de emissie van 0,37 tot 0,46 kg CO₂-eq./kg melk. Grofweg nam de emissie wat af op de bedrijven op zand en klei, terwijl de emissie op het veenbedrijf (De Vries) toe is genomen. De methaanemissie per kg melk was op De Marke lager dan op de 'Koeien&Kansen'-bedrijven.

De variatie die tussen de bedrijven en jaren wordt waargenomen is duidelijk gerelateerd aan de voeropname per kg melk (Figuur 7). Ondanks dat de voeropname per kg ds theoretisch gerelateerd is met de melkproductie per koe, de rantsoensamenstelling en de jongveebezetting, kon er geen duidelijk verband worden gelegd tussen deze drie parameters en de methaanemissie.

Figuur 6 Methaanemissie uit pensfermentatie



Figuur 7 Relatie tussen methaanemissie en voeropname per kg melk



Mest

De totale hoeveelheid opgeslagen mest is gedurende de implementatie van Minas (1997-2002) toegenomen van 1545 tot 2180 t, oftewel 41% (Tabel 13). De toegenomen mest in de opslag is vooral een gevolg van het uitbreiden van de melkproductie, met 33% gemiddeld. De hogere toename van de hoeveelheid mest in de opslag in relatie tot de stijging van de melkproductie is toe te schrijven aan het verminderen van de weidegang op drie van de vijf bedrijven.

Tabel 13 Totale mest in opslag en totale methaanemissie

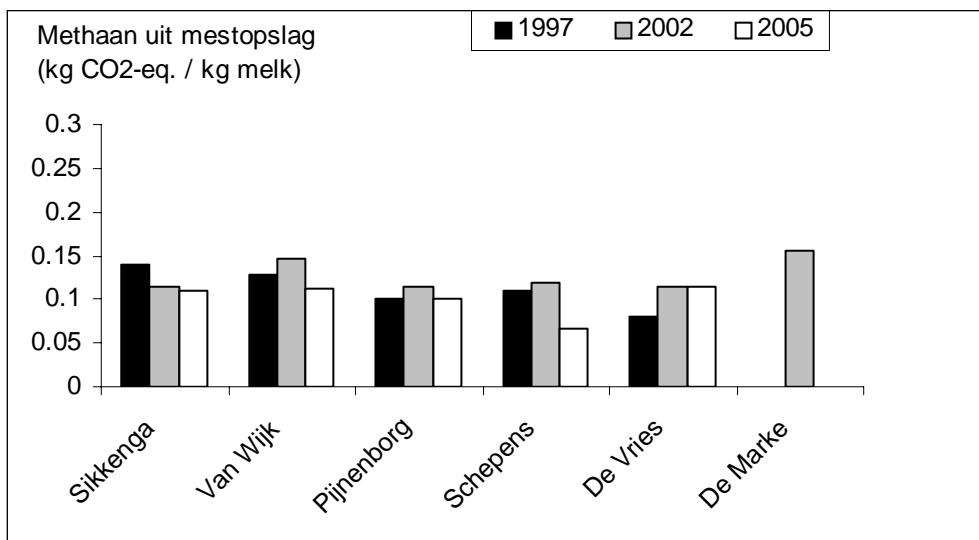
	Mest in opslag (t)			Methaanemissie (kg CH ₄)		
	1997	2002	2005	1997	2002	2005
Sikkenga	2072	3013	4021	3775	5490	7326
Van Wijk	1866	2573	2279	3400	4689	4153
Pijnenborg	1475	2019	2097	2687	3678	3821
Schepens	1349	1598	1054	2458	2912	1921
De Vries	962	1702	2075	1753	3100	3781
KK	1545	2181	2305	2815	3974	4200
De Marke		2882			5251	

Tussen 2005 en 2002 hebben de bedrijven de totale melkproductie verhoogd met gemiddeld 24%. De weidegang is gemiddeld niet verder teruggebracht. Maar de implementatie van het nieuwe mestbeleid heeft geleid tot een afvoer van dierlijke mest. De toename van de mest in opslag (6%) blijft daarom achter bij de groei van de melkproductie. Hierbij maken we de kanttekening dat bij de berekeningen de afgevoerde mest geheel buiten de opslag is gehouden. In werkelijkheid zal de mest gedurende enige tijd opgeslagen worden, afhankelijk van het tijdstip van werkelijke afvoer. De methaanemissie uit de mestopslag wordt dus enigszins onderschat. De totale methaanemissie op bedrijfsniveau (Tabel 13) in de loop van de tijd gestaag toegenomen, vooral door de groei van de bedrijven. Bij de implementatie van Minas is de methaanemissie verder gestegen door het langer opstallen van het vee. Bij de implementatie van het nieuwe mestbeleid is de methaanemissie juist wat gereduceerd door de afvoer van mest.

De methaanemissie per kg melk is in eerste instantie gemiddeld met 8% toegenomen en vervolgens gedaald met 17% (Figuur 8). Vooral op de drie meest intensieve bedrijven (Van Wijk, Pijnenborg en Schepens) is emissie uit de opslag fors gedaald door de mestafvoer.

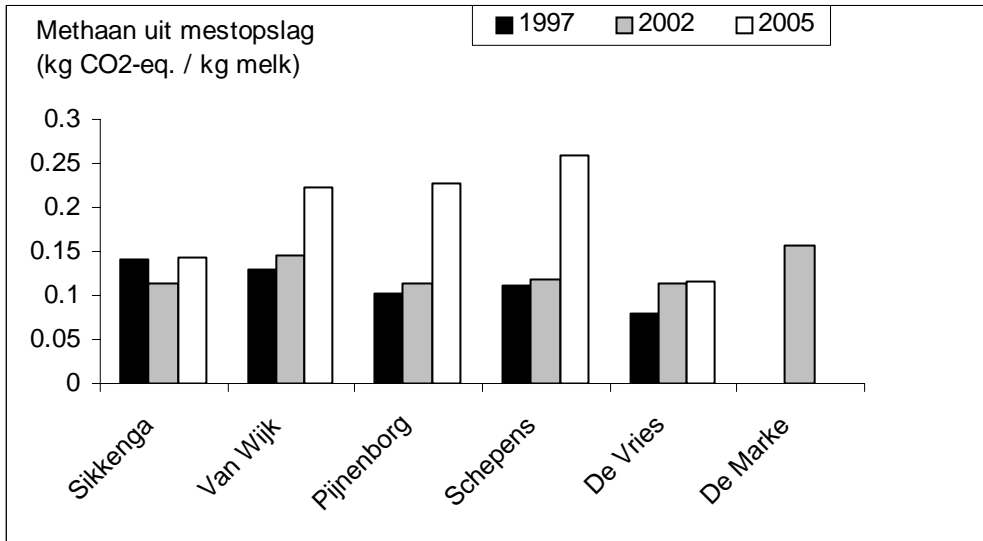
De methaanemissie uit de mestopslag was in 2002 op de 'Koeien&Kansen'-bedrijven lager dan op de Marke. Ook na 2002 is de methaanemissie op De Marke in principe gelijk gebleven, maar door het in werking nemen van een mestvergistinginstallatie in 2003 is de feitelijke methaanemissie uit de mestopslag afgenomen.

Figuur 8 Methaanemissie uit mestopslag



Indien de opslagemissie van de afgevoerde mest wel wordt toegerekend aan het bedrijf neemt de methaanemissie uit de mestopslag gemiddeld toe met een factor 1,9, maar met een variatie van 0 tot 3,9. De werkelijke emissie is afhankelijk van het tijdstip waarop de mestafvoer wordt gerealiseerd, en daarmee dus de opslagduur bij de veehouder zelf en de ontvangende partij.

Figuur 9 Methaanemissie uit mestopslag, inclusief emissie uit de afgevoerde mest



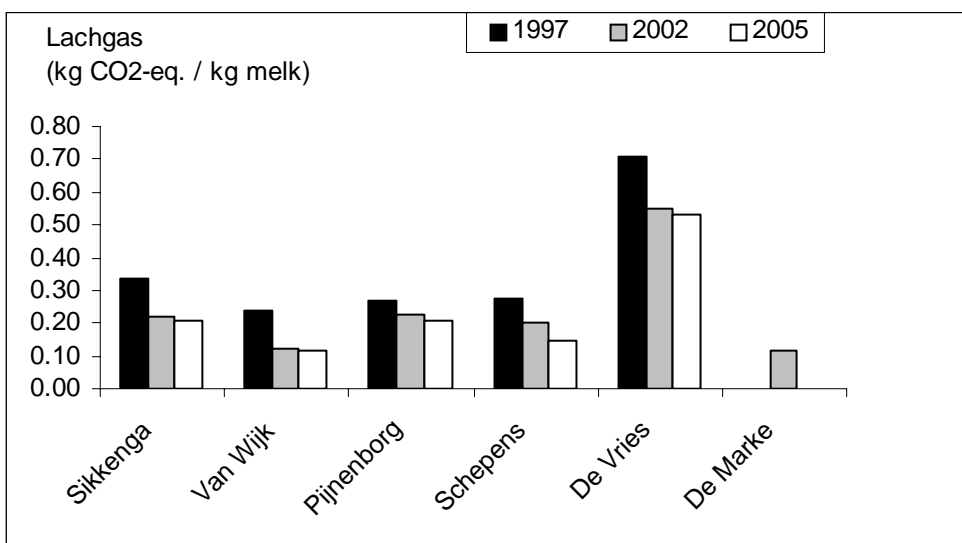
Lachgasemissie

De lachgasemissie was gemiddeld voor 87 tot 90% afkomstig uit dierlijke mest en kunstmest. De overige 10 tot 13% zijn indirecte lachgasemissies als gevolg van stikstofverliezen in de vorm van nitraat, ammoniak en stikstofoxiden. Op veengrond droeg de emissie uit de bodem, als gevolg van de afbraak van organische stof, zo'n 25 à 30% bij aan de totale lachgasemissie.

Binnen de component mest varieerde de bijdrage van kunstmest van 29 tot 39%. Na implementatie van Minas was de relatieve emissie uit kunstmest het laagst. Na implementatie van het nieuwe mestbeleid was de relatieve bijdrage weer vrijwel op het gelijke niveau als in 1997. De bijdrage van toegediende dierlijke mest varieerde van 18 tot 26% en was net tegenovergesteld aan de bijdrage van kunstmest. De lachgasemissie uit weidemest droeg 41 tot 45% bij aan de totale emissie uit mest.

De gemiddelde lachgasemissie was in de 3 meetjaren 1997, 2002 en 2005 respectievelijk 0,33, 0,23 en 0,21 kg CO₂-eq. per kg melk (Figuur 10). De lachgasemissie vertoonde die duidelijk dalende trend op alle bedrijven. De lachgasemissie op De Marke was met 0,11 kg CO₂-eq. per kg melk nog lager dan de emissie op de 'Koeien&Kansen'-bedrijven op zand en klei.

Figuur 10 Totale lachgasemissie



Directe emissie uit mest

Het gebruik van kunstmeststikstof is tussen 1997 en 2002 als gevolg van Minas gemiddeld gedaald van 200 tot 100 kg/ha, oftewel 50% (Tabel 14). De afname van het kunstmestgebruik is op alle bedrijven waargenomen. De grootste procentuele afname vond plaats op de bedrijven op kleigrond, ruim 55%. Op het bedrijf op veen was de afname slechts 30%, terwijl de beide zandbedrijven een afname van bijna 50% realiseerden. Tegenover de daling van het kunstmestgebruik stond een geringe toename van het gebruik van dierlijke mest. De hoeveelheid stikstof die is toegediend met drijfmest nam toe van 215 naar 225 kg N/ha. De verschillen tussen de bedrijven waren echter vrij groot. Bij Sikkenga en Schepens nam de hoeveelheid toegediende drijfmest af, terwijl de andere drie bedrijven een toename lieten zien. De hoeveelheid weidemest nam af van 103 naar 73 kg N/ha, oftewel 30%. Vooral op de bedrijven van Van Wijk en Pijnenborg is de hoeveelheid weidemest aanzienlijk gereduceerd. De trend in de periode 1997-2002 is in 2005 niet voortgezet. Onder andere door de afvoer van drijfmest is de hoeveelheid stikstof uit toegediende drijfmest gedaald tot onder het niveau in 1997. Daartegenover stond een toename van het kunstmestgebruik met gemiddeld 43%. De hoeveelheid stikstof uit weidemest is slechts licht gedaald.

Tabel 14 Totale hoeveelheid kunstmest, toegediende dierlijke mest en weidemest

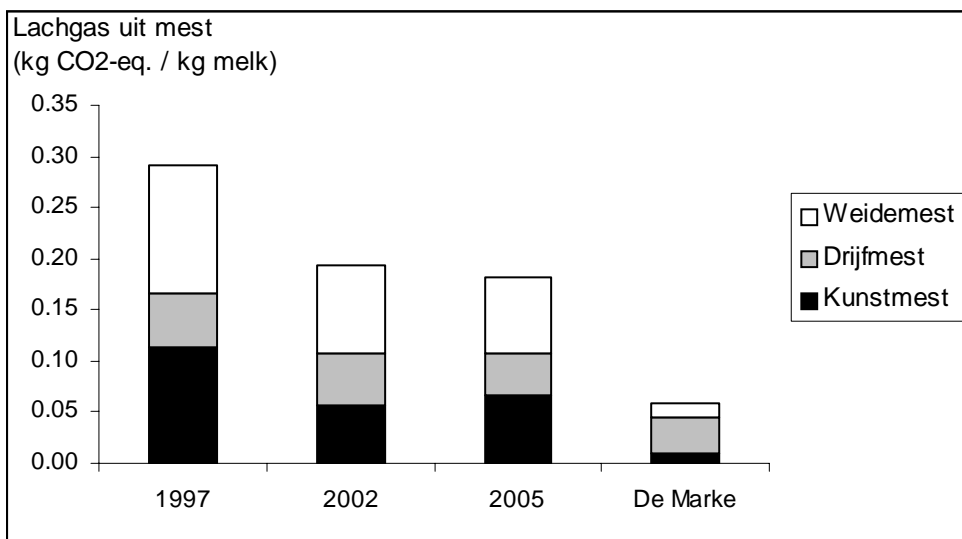
	Kunstmest (kg N/ha)			Drijfmest (kg N/ha)			Weidemest (kg N/ha)		
	1997	2002	2005	1997	2002	2005	1997	2002	2005
Sikkenga	232	99	187	158	145	189	86	93	85
Van Wijk	249	109	152	237	273	220	84	22	16
Pijnenborg	218	113	108	224	232	191	154	81	98
Schepens	159	80	155	342	283	178	89	86	51
De Vries	145	101	112	117	190	193	101	81	87
KK	200	100	143	215	225	194	103	73	67
De Marke		35			196			20	

De verschuivingen in het gebruik van mest hebben in de eerste fase (MINAS) geleid tot een forse daling van de lachgasemissie uit kunstmest (Figuur 11).

In de daaropvolgende fase (mestbeleid 2006) nam de lachgasemissie uit kunstmest weer licht toe. De gemiddelde emissie uit drijfmest is slechts licht afgenomen. De emissie uit weidemest nam in eerste instantie fors af en is daarna vrijwel gelijk gebleven.

Op De Marke is de toegediende drijfmest de belangrijkste bron voor lachgasemissie. De bijdrage uit kunstmest en weidemest is slechts zeer gering in vergelijking met de 'Koeien&Kansen'-bedrijven.

Figuur 11 Gemiddelde lachgasemissie uit mest



Het verloop van de lachgasemissie uit kunstmest vertoonde op alle bedrijven een vrijwel gelijk beeld (Figuur 12). De emissie uit toegediende drijfmest liet bij Sikkenga en Schepens een consistente daling zien. Op de andere bedrijven nam de emissie in eerste instantie toe, en nam vervolgens weer af. De emissie uit weidemest nam op alle bedrijven steeds af. De onderlinge substitutie van kunstmest en drijfmest heeft op minerale grondsoorten een ander effect op de emissie dan op veengrond. Bij een stikstofwerking van 50% staat 1 kg stikstof uit kunstmest gelijk aan 2 kg stikstof uit drijfmest. Op minerale grondsoorten is de emissiefactor voor drijfmest op grasland een factor 2 lager dan die van kunstmest, maar op bouwland is de emissiefactor gelijk. Dat wil zeggen dat vervanging van kunstmest door drijfmest tot een hogere emissie leidt, afhankelijk van het aandeel bouwland. Op veengrond is het effect net andersom. Daar is de emissiefactor op grasland bij drijfmest een factor 4 lager dan bij kunstmest, terwijl die bij bouwland een factor 2 lager is. Dat betekent dat verschuiving van kunstmest naar drijfmest tot een lagere emissie leidt. De gebruiksnormen worden geleidelijk aangescherpt zodat in 2009 de gebruiksnorm voor de totale stikstofbemesting afneemt en tegelijkertijd de forfaitaire werking van dierlijke mest toeneemt. Dat betekent dat de hoeveelheid toe gediende drijfmest gelijk blijft maar de gebruikruimte voor kunstmest lager wordt. De lachgasemissies uit kunstmest zullen verder afnemen.

Directe emissie uit overige bronnen

De bijdrage van de overige bronnen, zoals gewasresten en biologische stikstofbinding, aan de directe emissie is zeer gering. De lachgasemissie uit gewasresten is gemiddeld 0,2 à 0,3% van de totale lachgasemissie. De emissie uit gewasresten is wat hoger naarmate meer maïs wordt geteeld. De bijdrage van lachgasemissie door biologisch gebonden stikstof bedraagt gemiddeld zo'n 4 à 5%, oftewel 0,002 à 0,003 kg CO₂-eq./kg melk. De teelt van vlinderbloemigen is tussen 1997 en 2002 licht toegenomen, met name bij Sikkenga, en in iets minder mate bij Schepens en Van Wijk.

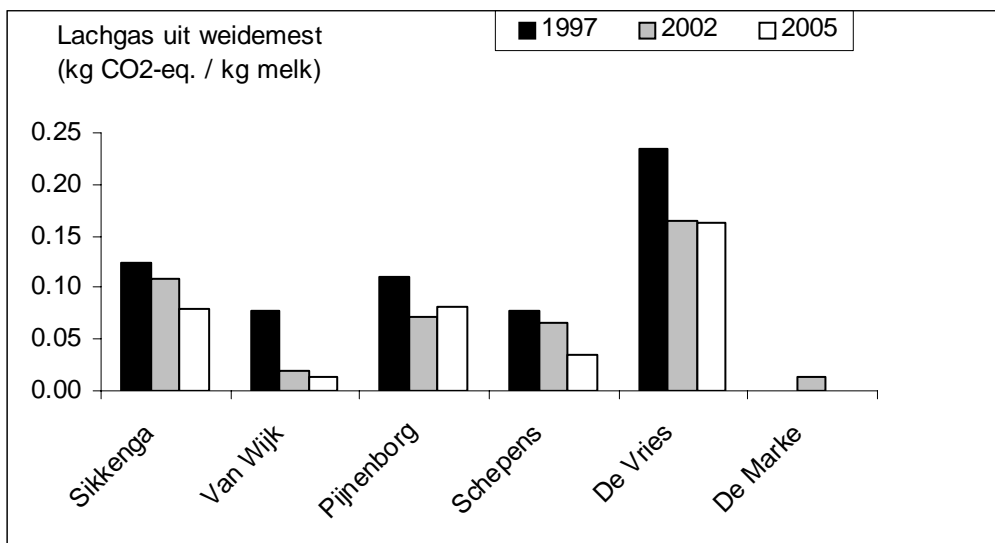
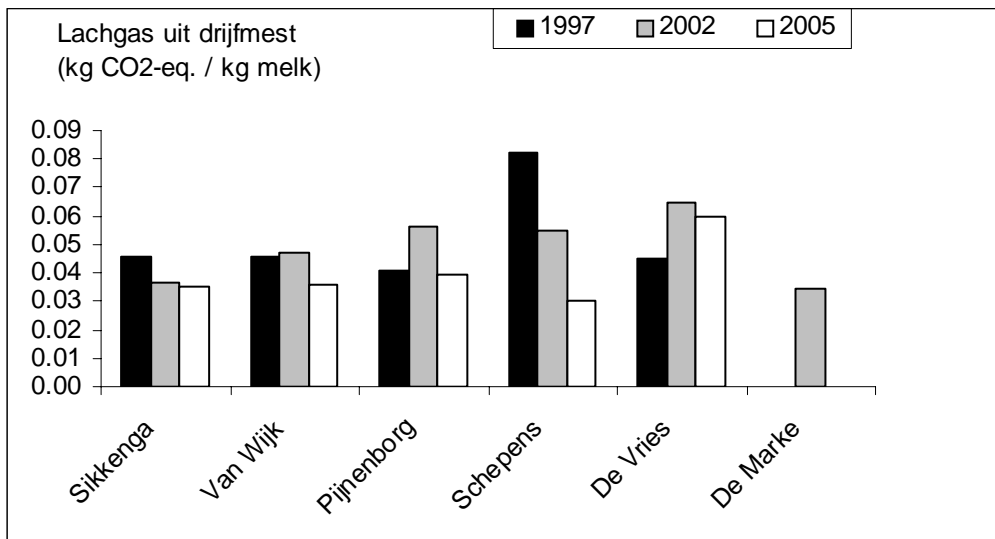
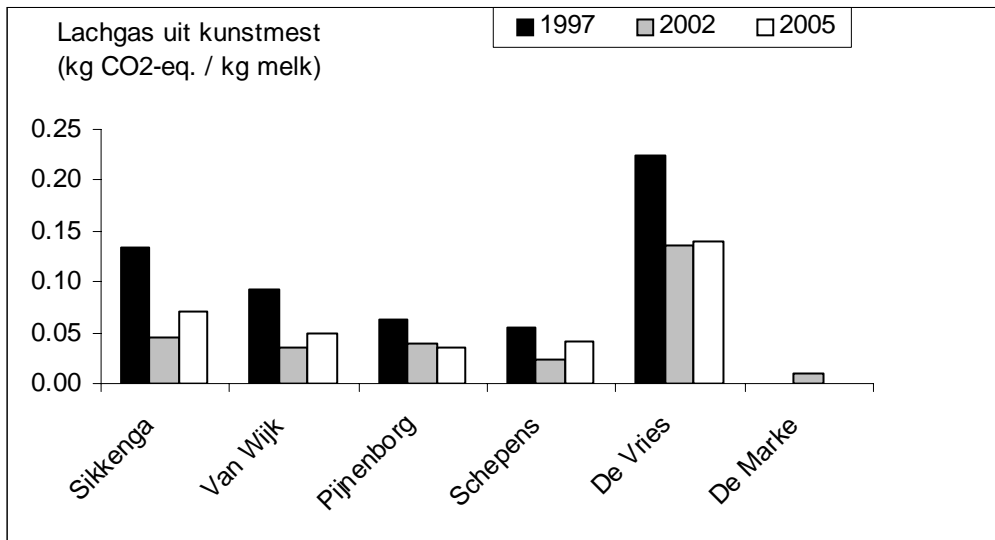
Op veengrond (De Vries) vormt de lachgasemissie door de mineralisatie van stikstof een significante bijdrage aan de totale lachgasemissie (25 à 30%). Omdat de emissie uit andere bronnen is afgenomen, neemt de relatieve bijdrage toe. Per kg melk bedraagt de emissie uit histosolen 0.33 kg CO₂-eq..

Indirecte emissie

De indirecte lachgasemissie door nitraatuitspoeling is vooral van belang op de bedrijven op zandgrond. Op het bedrijf van Pijnenborg nam de nitraatuitspoeling licht af gedurende de 3 meetjaren, respectievelijk 84, 81 en 78 mg/l. Op het bedrijf van Schepens nam de nitraatuitspoeling iets meer af, respectievelijk 82, 82 en 66 mg/l. Hierbij moet u bedenken dat er nog geen gemeten nitraatgehalten zijn die het resultaat zijn van het bedrijfsmanagement in 2005. Daarover is pas een uitspraak te doen als de nitraatgehalten in het voorjaar van 2006 zijn gemeten. De lachgasemissie door nitraatuitspoeling was in 1997, 2002 en 2005 op de zandbedrijven respectievelijk 0,073, 0,075 en 0,060 kg CO₂-eq./kg melk.

De ammoniakemissie is in de drie meetperioden licht gedaald. In 1997, 2002 en 2005 was de ammoniakemissie respectievelijk 60, 57 en 53 kg N/ha. De indirecte lachgasemissie door de emissie van ammoniak bedroeg in 1997, 2002 en 2005 gemiddeld respectievelijk 0,038, 0,034 en 0,029 kg CO₂-eq./kg melk.

Figuur 12 Lachgasemissie uit kunstmest, toegediende drijfmest en weidemest

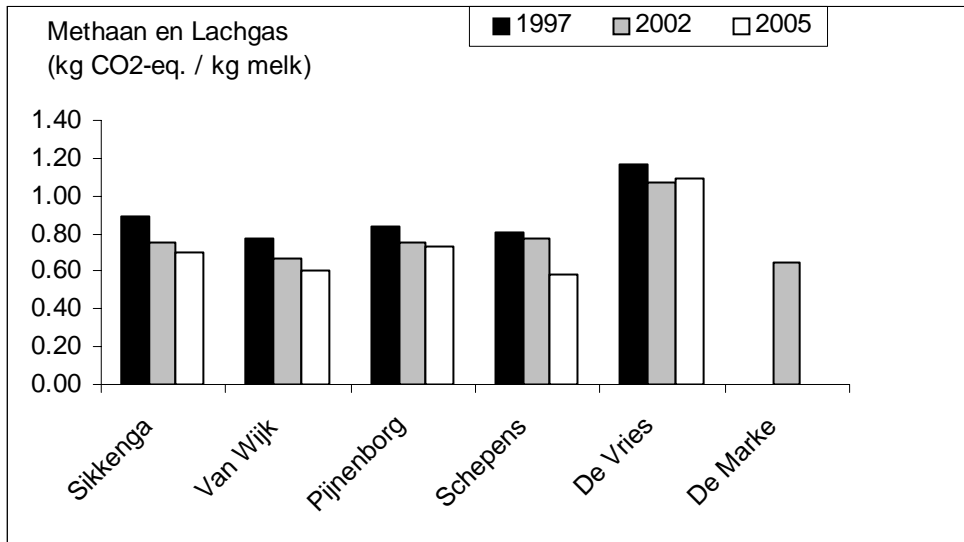


Totale emissie

De totale emissie van overige broeikasgassen is in de periode tussen 1997 en 2002 consistent gedaald (Figuur 13). Ook in de periode daarna is de emissie op de bedrijven op klei en zand verder gedaald. Op het bedrijf op veen is de emissie weer licht toegenomen.

In 1997 was de bijdrage van de methaanemissie gemiddeld 59%, met een variatie van 39 tot 69%. Omdat de lachgasemissies sterker zijn afgenomen dan de methaanemissies, is de relatieve bijdrage van methaan gemiddeld toegenomen tot 67% in 2002 en 68% in 2005. Op De Marke is de bijdrage van methaan aan de totale emissie zelfs 82%.

Figuur 13 Totale emissie



4.3 Conclusies

De emissie van lachgas en methaan zijn voor 3 verschillende jaren berekend op vijf geselecteerde 'Koeien&Kansen'-bedrijven. Met de 3 meetjaren worden twee tijdvakken gedefinieerd. Het eerste tijdvak is van 1997/1998 tot 2002/2003 en weerspiegelt de ontwikkelingen als gevolg van de implementatie van het Minas-beleid. Het tweede tijdvak, van 2002/2003 tot en met 2004/2005, weerspiegelt de ontwikkelingen als gevolg van de implementatie van de gebruiksnormen.

Bij de implementatie van **Minas** hebben de 'Koeien&Kansen'-bedrijven een aantal aanpassingen in de bedrijfsvoering genomen die tot de volgende veranderingen in het tactisch management hebben geleid:

1. lagere kunstmestgift
2. minder jongvee
3. hoger aandeel mais in het bouwplan en in de voeding
4. minder beweiding

Deze aanpassingen hebben bijgedragen aan de verlaging van de lachgasemissie, waarbij kunstmest en weidemest de grootste bijdrage hebben geleverd. De methaanemissie is echter nauwelijks veranderd.

ad 1 lagere kunstmestgift

De verlaging van de kunstmestgift is consistent toegepast op alle bedrijven. De verlaging van de kunstmestgift leidt direct tot een lagere lachgasemissie uit kunstmest. Omdat de verlaging van kunstmest gepaard is gegaan met minder beweiding en dus meer beschikbare dierlijke mest, is de totale werkzame stikstofgift minder sterk gedaald dan de kunstmestgift zelf.

ad 2 minder jongvee

De afname van het aantal stuks jongvee per melkkoe is op alle bedrijven vastgesteld. Hierdoor nemen alle emissies af, zowel van lachgas als methaan.

ad 3 hoger aandeel mais

Deze maatregel is op twee van de vijf bedrijven doorgevoerd. De verhoging van het aandeel mais leidt tot een lagere emissie uit pensfermentatie. Bovendien daalt op bedrijfsniveau de stikstofjaargift, waardoor de lachgasemissie eveneens afneemt.

ad 4 minder beweiding

Deze maatregel is op drie van de vijf bedrijven doorgevoerd. Minder beweiding is nauw verweven met overige maatregelen zoals meer mais en minder kunstmest. Het directe effect van minder beweiding is dat de lachgasemissie uit weidemest afneemt. Daartegenover staat een hogere emissie uit toegediende drijfmest. De betere werking van drijfmest leidt op haar beurt weer tot een lagere kunstmestgift. De lachgasemissie nam flink af. De hogere mestuitscheiding in de stal leidt echter tot een hogere methaanemissie uit de mestopslag.

De implementatie van de **gebruiksnormen** op de 'Koeien&Kansen'-bedrijven heeft tot de volgende veranderingen in het tactisch management geleid:

1. hogere kunstmestgift
2. minder jongvee
3. mestafvoer
4. lager aandeel mais in het bouwplan en in de voeding

Deze veranderingen hebben geleid tot een lichte verdere verlaging van de lachgasemissie, hoofdzakelijk door de lagere hoeveelheid toegediende dierlijke mest. De methaanemissie is licht afgenomen.

ad 1 hogere kunstmestgift

De verhoging van de kunstmestgift is toegepast op vier van de vijf bedrijven en leidt direct tot een hogere lachgasemissie uit kunstmest. Echter de verhoging van de kunstmestgift gaat gepaard met mestafvoer en dus een lagere hoeveelheid dierlijke mest. De verhoging van de emissie uit kunstmest wordt grofweg gecompenseerd door de verlaging van de emissie uit dierlijke mest.

ad 2 minder jongvee

De afname van het aantal stuks jongvee per melkkoe is op alle bedrijven vastgesteld. Hierdoor nemen alle emissies af, zowel van lachgas als methaan.

ad 3 mestafvoer

Op vier van de vijf bedrijven is in het kader van het nieuwe mestbeleid mestafvoer noodzakelijk. In de berekeningen is ervan uitgegaan dat de afgevoerde mest niet lang op het bedrijf wordt opgeslagen waardoor de methaanemissie uit de opslag afneemt. Mestafvoer leidt tot een directe afname van de lachgasemissie uit toegediende drijfmest, maar deze winst wordt vrijwel teniet gedaan door de hogere toegelaten kunstmestgiften.

ad 4 lager aandeel mais

Vanwege de eis van maximaal 30% mais om aan derogatie te kunnen voldoen, is het aandeel mais op drie van de vijf bedrijven afgenomen. De verlaging van het aandeel mais leidt tot een hogere emissie uit pensfermentatie, maar door de mestafvoer daalt de methaanemissie uit de mestopslag.

In aanvulling op de tactische aanpassingen hebben de bedrijven een belangrijke **strategische aanpassing** verricht door de melkproductie per ha uit te breiden. Dit heeft een gunstig effect gehad op de emissie per kg melk. Omdat op de vijf bedrijven telkens een combinatie van tactische en strategische maatregelen is toegepast is het niet mogelijk om per maatregel een keiharde kwantitatieve conclusie te trekken. Daarvoor zijn berekeningen met bedrijfsmodellen beter geschikt.

Uit de berekeningen op de vijf 'Koeien&Kansen'-bedrijven kunnen we concluderen dat het Minasbeleid een zeer gunstig effect had op de lachgasemissie en een gering positief effect op de methaanemissie. Het nieuwe mestbeleid voor 2006 heeft naar verwachting geen grote invloed op de emissies van broeikasgassen. Bij het aanscherpen van het beleid in 2008 en 2009 verwachten we dat de lachgasemissie verder afneemt.

5 Implementatie van emissiereducerende voedingsmaatregelen

Onderzoek heeft een lijst van circa 80 mogelijke maatregelen opgeleverd die melkveehouders kunnen nemen om de emissie van methaan (CH_4) en lachgas (N_2O) te verminderen. Binnen K&K is gekeken hoe deze lange lijst van maatregelen in bedrijfsverband geplaatst kunnen worden. Dit heeft geresulteerd in een veel kortere lijst van maatregelen (zie hoofdstuk 3). Die lijst is met de deelnemende melkveehouders besproken. Het bleek dat de meeste maatregelen al werden genomen in het kader van de reductie nitraatuitspoeling en ammoniakemissie. Deze autonome implementatie van ROB-maatregelen was voor vrijwel elke geschikte maatregel aan de orde, maar er werden ook twee mogelijke uitzonderingen geconstateerd. Het betrof mestvergisting en specifieke rantsoenaanpassing. Mestvergisting kreeg al voldoende aandacht in andere projecten, maar rantsoenoptimalisatie bleek veel vragen op te roepen. Het was met name onduidelijk of rantsoenoptimalisatie gericht op de reductie van de N-emissie, een verdere optimalisatie naar vermindering van de methaanemissie toelaat. Daarom is in een ondersteunend project van Schothorst Feed Research (SFR) onderzocht wat de mogelijkheden zijn om door rantsoenoptimalisatie de methaanuitstoot te verminderen (Van Straalen, 2006). Vervolgens is met de betrokken melkveehouders besproken wat voor hun specifieke situaties de (on)mogelijkheden zijn en welke argumenten de melkveehouder gebruikt voor het wel of niet implementeren van deze maatregelen. Daarbij is nadrukkelijk gelet op de consequenties voor management, kostprijs en het effect op de N-emissie.

5.1 Materiaal en methoden

Voorspelling methaanemissie bij pensfermentatie

Rantsoenoptimalisatie naar reductie van methaanemissie richt zich op het verminderen van de methaanvorming bij pensfermentatie. Om goed in beeld te krijgen welke voedertechische maatregelen effectief zijn, is het nodig een model te hebben waarmee de methaanemissie bij pensfermentatie voorspeld kan worden. De daarvoor beschikbare modellen vragen gedetailleerde gegevens over de rantsoenen. Het betreft gegevens die niet beschikbaar zijn op praktijkbedrijven. Daarom is een alternatief model nodig om voor praktijkbedrijven schatting van methaanemissies mogelijk te maken. Het ondersteunende project van SFR heeft aangetoond dat het model van Yan et al (2000) na aanpassing voldoet voor dit doel (van Straalen, 2006). Met behulp van dit model is een studie uitgevoerd naar het methaanemissie reducerende effect van voedertechische mogelijkheden. Dit heeft geresulteerd in het benoemen van vijf specifieke voedingstechnische maatregelen voor praktijkbedrijven. Vervolgens is hetzelfde model gebruikt om de methaanemissie op de deelnemende Koeien&Kansen bedrijven te berekenen voor de jaren 2001 en 2002 en voor het stalseizoen 2004/2005. Op deze wijze werd een indruk verkregen van het emissieniveau van deze bedrijven, verschillen in emissie tussen stal en weideseizoenen, van de actuele methaanemissie, maar bovenal van de wijze waarop het voermanagement werd uitgevoerd. Op basis van deze gegevens werd tijdens een bedrijfsbezoek voor elk specifiek bedrijf doorgesproken wat het emissieniveau is en of de vijf benoemde maatregelen de actuele methaanemissie kunnen verlagen.

Voorspellen van methaanproductie op basis van historische gegevens van K&K-bedrijven

Op de vijf deelnemende K&K-bedrijven is informatie verzameld over de rantsoenen in 2001, 2002 en 2005. De volgende gegevens waren beschikbaar:

- rantsoensamenstelling (type ruwvoer en type krachtvoer) in weide- en stalseizoen
- melkproductie en –samenstelling in weide- en stalseizoen
- gemiddelde ruwvoer kwaliteit in weide- en stalseizoen

Indien van voeders onvoldoende gegevens beschikbaar waren over de chemische samenstelling en voederwaardekenmerken zijn hiervoor aannames gedaan. Dit betrof met name krachtvoerders en bijproducten. Voor alle rantsoenen is op basis van de gemiddelde opname en voer kwaliteit de methaanproductie bij pensfermentatie berekend volgens het door SFR aangepaste model van Yan (van Straalen, 2006).

Motieven en argumenten van de melkveehouder

De modelstudie heeft geresulteerd in het benoemen van maatregelen om de methaanemissie als gevolg van pensfermentatie te verminderen. Het doorrekenen van de individuele bedrijven met het aangepaste model van Yan (van Straalen, 2006) verschafte inzicht in het voermanagement en vormde de basis voor overleg met de veehouder om de mogelijkheden voor reductie van de methaanemissie te beoordelen. Dit is gedaan door de resultaten van de modelstudie en van de berekende methaanemissie op het eigen bedrijf te bespreken met de melkveehouders. Doel van die bespreking was het in kaart brengen van de argumenten en motieven van de melkveehouder om de aangedragen maatregelen wel of juist niet te implementeren in het bedrijfsmanagement. Daarnaast is gevraagd naar de mening van de melkveehouder over zijn verwachtingen wanneer het gaat om het implementeren van dergelijke maatregelen door zijn collega melkveehouders in de brede praktijk.

5.2 Resultaten en discussie

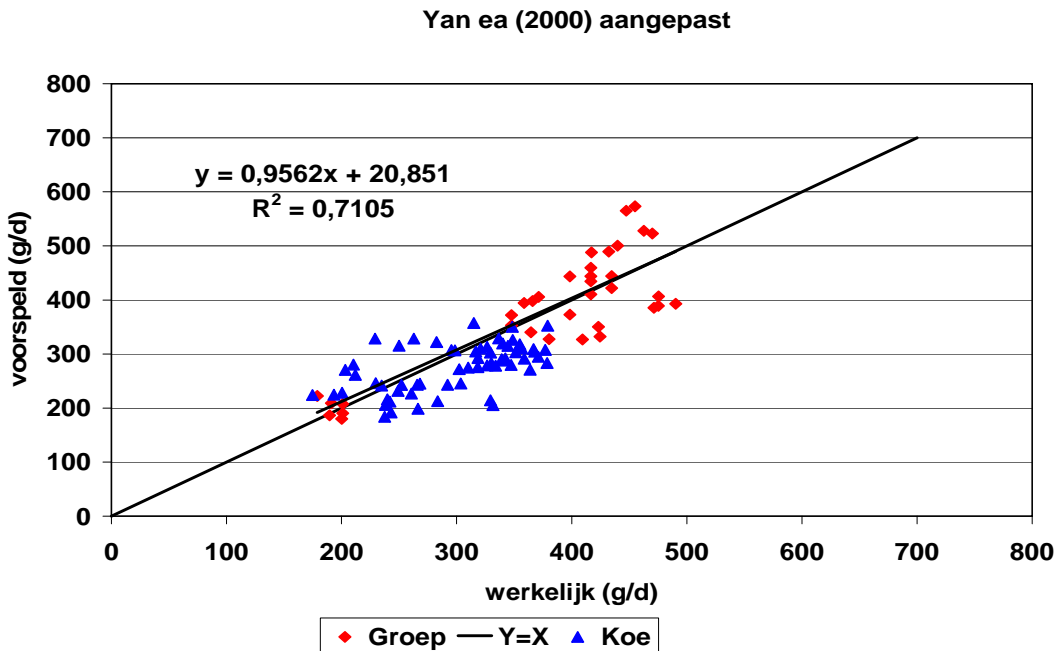
Voorspelling van de methaanemissie bij pensfermentatie

De kwaliteit van het gebruikte model (Yan et al, 2000) is getoetst aan de hand van een op basis van 14 publicaties samengestelde dataset met 97 waarnemingen. Van deze data hebben 35 waarnemingen betrekking op groepsgemiddelden en 62 waarnemingen op individuele koeien. In de dataset varieerde de gemeten methaanproductie van 175 tot 490 g/d (gemiddeld 328 g/d) en van 6,6 tot 20,5 g/kg melk (gemiddeld 13,4 g/kg melk). Het gebruikte model is als volgt:

$$\text{CH}_4 \text{ (MJ/d)} = ((0,096 + 0,035 \times \% \text{ruwvoer}) \times \text{DE (MJ/d)} - 2,298 \times 3 \text{ (APL)})$$

De voorspelde methaanproductie varieerde in de dataset van 180 tot 573 (g/d) (gemiddeld 315 g/d) en van 7,1 tot 23,3 g/kg melk (gemiddeld 13,0 g/kg melk). Figuur 14 geeft voor de betreffende dataset een grafische weergave van de voorspelde waarde tegen de bepaalde waarde.

Figuur 14 Vergelijking tussen werkelijke en voorspelde methaanproductie volgens het aangepaste model van Yan et al (2000), voor groepsgemiddelden (n=35) en individuele koeien (n=62).

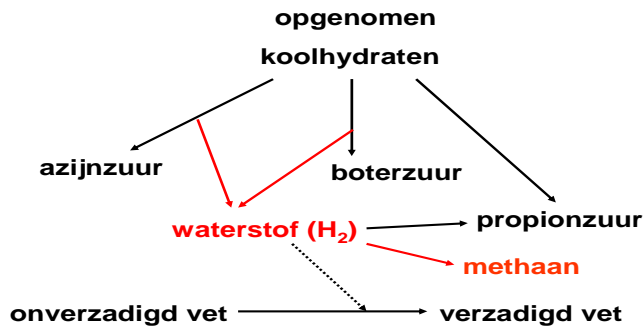


Uit Figuur 14 blijkt dat het gebruikte model een goede schatting geeft van de gemiddelde methaanemissie van zowel groepen als individuele dieren. De gemiddelde voorspelde methaanemissie ligt met -13 eenheden ongeveer 4% onder de gemiddelde gemeten methaanemissie. Dit is een acceptabele afwijking, maar geeft wel aan dat het model de neiging heeft om de emissie te onderschatten. Ook blijkt dat de variatie rondom dat gemiddelde vrij groot is. Zo varieert bij een gemeten methaanemissie van 300 gram/dag, de voorspelde emissie ongeveer van 250 tot 350 gram/dag ofwel circa 15% tot 20%. Die variatie is het kleinst rondom het gemiddelde (gemeten emissie tussen de 300-400 gram/dag). Voor gebruik op individuele praktijkbedrijven is het belangrijk om in het achterhoofd te houden dat het model een indicatie geeft van het absolute niveau van de emissie en dat de kracht van het model ligt in het aangeven van algemene trends.

Voedertechische maatregelen ter reductie van de methaanemissie

Bij de fermentatie in de pens zet de pensflora onder andere koolhydraten om in vluchtige organische zuren, waarvan onder normale omstandigheden azijnzuur, boterzuur en propionzuur de belangrijkste zijn. Deze vluchtige vetzuren zijn belangrijke nutriënten voor de herkauwer. Bij de vorming van azijnzuur en boterzuur wordt echter ook waterstof (H₂) gevormd. Het voor de pensflora giftige waterstof (H₂) wordt zo snel mogelijk omgezet in het voor de pensflora ongevaarlijke methaan. Waterstof wordt daarnaast ook gebruikt bij de vorming van propionzuur en (in veel mindere mate) bij het verzadigen van onverzadigde vetten (Figuur 15).

Figuur 15 Methaanvorming in de pens



Op basis van de modelstudie is gebleken dat de reductie van de methaanemissie bij pensfermentatie mogelijk is door vermindering van de waterstofproductie en/of door verhoging van het waterstofgebruik.

Vermindering van de waterstofproductie in de pens is op drie manieren te realiseren:

- verlaging van het aanbod fermenteerbare koolhydraten door uitwisseling met bestendig zetmeel en/of vet;
- verschuiving (relatief) van de azijnzuur- en boterzuurproductie naar de productie van propionzuur, door verbetering van de fermenteerbaarheid van het rantsoen;
- verschuiving (relatief) van de azijnzuurproductie naar de productie van propionzuur, door toevoeging van additieven zoals fumaarzuur en monensin.

Verhoging van het waterstofgebruik kan op twee manieren gerealiseerd worden:

- verhoging van de propionzuurproductie door verhoging van het aandeel (snel) fermenteerbare koolhydraten;
- toevoeging van vet, resulterend in remming van de celwandafbraak en, indien onverzadigd vet wordt toegevoegd, directe opname van waterstof;

Praktisch gezien kunnen we deze mogelijkheden vertalen in vijf maatregelen om bij een gegeven melkproductieniveau (verhogen van de melkproductie per koe op zich is ook een effectieve maatregel) de methaanproductie te verminderen. Daarbij is modelmatig berekend (van Laar en van Straalen, 2004) welke reductie van de methaanemissie we mogen verwachten (tussen haakjes) voor gemiddelde Nederlandse rantsoenen:

- vervangen grassilage door snijmaissilage (ca. 5%)
- verhogen kwaliteit (VEM) ruwvoer (ca. 5%)
- verhogen percentage krachtvoer in het rantsoen (ca. 2%)
- verhogen percentage vet in krachtvoer (ca. 4%)
- verhogen percentage zetmeel in krachtvoer (ca. 2-8 %)

De aangegeven reductie van de methaanemissie per maatregel heeft betrekking op het individueel toepassen van die maatregel in een gemiddeld rantsoen. Indien men meerdere maatregelen tegelijkertijd toepast, kan het effect niet opgeteld worden. Meestal kan men met één maatregel vrijwel de gehele mogelijke reductie van de methaanuitstoot bereiken. Het is voor een praktijkbedrijf dan ook zaak om de maatregel die het beste bij de bestaande bedrijfsvoering past te implementeren. De twee laatst genoemde maatregelen hebben geen directe invloed op het voermanagement, omdat het wijzigingen in het krachtvoer betreft die door de mengvoederfabrikant worden uitgevoerd. Indirect kunnen die maatregelen wel invloed hebben, omdat de eisen die aan de rest van het rantsoen gesteld worden, kunnen veranderen. De mogelijkheden die er voor dergelijk maatregelen zijn worden voornamelijk bepaald door het effect op de voerkosten.

Methaanproductie van K&K-bedrijven

De met het aangepaste model van Yan (van Straalen, 2006) berekende methaanemissies op de Koeien&Kansen bedrijven (**Tabel 15**) laten zien dat het belangrijk is in welke eenheid de emissie wordt uitgedrukt. Het bedrijf van Pijnenborg heeft de op één na laagste methaanproductie in g/dag, maar door het lagere melkproductieniveau de hoogste methaanproductie per kg melk. Voor het bedrijf van Van Wijk gaat een lage methaanemissie in g/dag echter wel gepaard met een lage methaanemissie in g/kg melk. Bij de meeste veehouders wordt gedurende het stalseizoen minder methaan geproduceerd dan gedurende het weideseizoen. Dit wordt veroorzaakt door het

hogere ruwvoeraandeel en de hogere opname aan energie (ME) gedurende de weideperiode. Dit seizoensverschil wordt kleiner wanneer de methaanproductie per kg melk wordt uitgedrukt, omdat de dieren gedurende de weideperiode meer melk produceren. Er was weinig verschil tussen beide jaren in methaanproductie. Gemiddeld werd volgens het aangepaste model van Yan (van Straalen, 2006) 320 g methaan per koe per dag geproduceerd. Doorberekend naar methaanproductie per kg melk en per kg DS opname was dit respectievelijk 11,8 g/kg melk en 15,4 g/kg DS. Hiermee is de voorspelde methaanproductie lager dan het gemiddelde uit de dataset in de literatuur. Er zit een duidelijk verschil in voorspelde methaanproductie tussen de veehouders, maar door de nauwkeurigheid van het model kan niet aangetoond worden dat het significante verschillen betreft.

Tabel 15 Gemiddelde opname (DS en ME), ruwvoeraandeel, melkproductie en voorspelde methaanproductie volgens het aangepaste model van Yan (van Straalen, 2006) voor het totaal, per seizoen, jaar en veehouder

	Opname Kg DS/d	Ruwvoer %	ME MJ/d	Melk Kg/d	g/koe/d	Methaan g/kg melk	g/kg DS
Sikkenga	20,3	0,66	230	26,9	307	11,4	15,2
Van Wijk	20,6	0,67	231	31,2	311	10,0	15,1
Schepens	21,2	0,79	236	26,9	334	12,5	15,8
Pijnenborg	20,4	0,76	226	24,4	312	12,8	15,3
De Vries	21,6	0,73	241	26,8	336	12,6	15,6
De Marke	21,2	0,83	225	27,1	318	11,8	15,0
Weide	21,1	0,74	238	28,2	332	11,9	15,8
Stal	20,6	0,72	227	26,3	308	11,8	15,0
2001	21,0	0,71	237	27,6	327	12,0	15,5
2002	20,7	0,74	232	27,1	320	11,9	15,5
2004/2005	20,7	0,73	229	27,1	314	11,7	15,1
Gemiddelde K&K	20,8	0,73	233	27,2	320	11,8	15,4
<i>Minimum</i>	<i>18,4</i>	<i>0,58</i>	<i>212</i>	<i>22,7</i>	<i>276</i>	<i>8,9</i>	<i>14,2</i>
<i>Maximum</i>	<i>22,8</i>	<i>0,88</i>	<i>252</i>	<i>34,8</i>	<i>369</i>	<i>14,1</i>	<i>16,2</i>

Het ligt voor de hand om de methaanproductie van de K&K-bedrijven tegen de achtergrond van de Nederlandse melkveehouderij te plaatsen. De gemiddelde Nederlandse methaanproductie op melkveehouderijbedrijven is echter zeer moeilijk vast te stellen en kan alleen met veel nuancering gebruikt worden. Daarom wordt die vergelijking alleen in algemene termen beschreven.

De deelnemende K&K-bedrijven zijn gemiddeld intensiever in productie. Dat blijkt uit een hogere drogestofopname, hogere energieopname, hogere melkproductie en een hogere methaanproductie per koe. Deze hogere methaanproductie per koe betekent niet dat de absolute methaanemissie ook hoger is dan het Nederlandse gemiddelde. Door de hoge productie intensiteit op de K&K-bedrijven wordt per kg geproduceerde melk minder methaan geproduceerd. Uitgaande van een vast nationaal melkproductiequotum betekent dat een geringere methaanuitstoot door de melkveehouderij, wanneer het gemiddelde Nederlandse melkveehouderijbedrijf dezelfde emissie zou realiseren als de K&K-bedrijven. Dat neemt niet weg dat de absolute methaanemissie op de K&K-bedrijven lager kan zijn. De bedrijven kenmerken zich door rantsoenen met een hoog ruwvoeraandeel, waardoor de methaanproductie per kg opgenomen droge stof relatief hoog is. Het hoge ruwvoeraandeel is het gevolg van geïmplementeerde maatregelen om de ammoniakemissie en nitraatuitspoeling te beperken door minimale N-aanvoer naar het bedrijf. Het verder reduceren van de methaanemissie door verlaging van het aandeel ruwvoer in het rantsoen is omwille van afwenteling van problemen uitgesloten. Uit de analyse van SFR bleek dat juist deze maatregel het voor de deelnemende K&K-bedrijven theoretisch mogelijk maakt om de methaanproductie verder te verminderen. Daarentegen kon het effect van de overige benoemde maatregelen (minder gras, betere kwaliteit ruwvoer en aanpassen samenstelling krachtvoer) niet eenduidig worden ingeschat. De mogelijkheden om de methaanproductie via deze maatregelen te verminderen zijn besproken met de melkveehouders.

Uit **Tabel 15** blijkt dat er geen duidelijke 1:1 relaties bestaan tussen de methaanemissie en de gebruikte voorspellende bedrijfskenmerken (drogestofopname, percentage ruwvoer, energieopname en melkproductie van de gemiddelde koe). Dat geeft aan dat de waarde van die kenmerken als voorspeller van de methaanemissie afhankelijk is van de specifieke bedrijfsomstandigheden. Ook het effect van toe te passen maatregelen moet om die reden per bedrijf bekeken worden, voordat men de waarde van een maatregel voor de reductie van de methaanemissie kan inschatten. Daarmee wordt het onmogelijk om concreet aan te geven wat bedrijven moeten doen om de methaanemissie uit pensfermentatie te verlagen. De bedrijfssituatie moet men betrekken in de te

adviseren maatregelen. De punten die daarbij aandacht verdienen zijn achtereenvolgens de kwaliteit van het ruwvoer, de samenstelling van het basisrantsoen en de samenstelling van het krachtvoer.

Motieven en argumenten van de melkveehouder

De resultaten van het onderzoek van SFR zijn met de individuele bedrijven besproken. Daarbij is aandacht besteed aan uitleg van de werkwijze en de (on)mogelijkheden die de resultaten bieden om het rantsoen verder te optimaliseren naar reductie van de methaanemissie. Vervolgens is over de situatie van het bedrijf gesproken. Ook is de mening gevraagd van de melkveehouder over mogelijke aanknopingspunten om de beperking van de uitstoot aan broeikasgassen op de agenda te krijgen van de gemiddelde Nederlandse melkveehouder.

Het meest aansprekende deel van beperking van methaanemissie bij pensfermentatie is voor de melkveehouder dat verlies van methaan ook verlies van energie voor de koe betekent. Gemiddeld gaat van de totale energieopname door de koe ongeveer 6% verloren door methaanemissie. Dat is energie die anders voor productie of onderhoud gebruikt kan worden. Het reduceren van de methaanproductie betekent dus ook het verhogen van de efficiëntie van de energiebenutting. De vijf deelnemende melkveehouders denken daarbij direct aan kostenbesparing en dus aan mogelijkheden om het saldo te verbeteren. Bovendien betekent minder energieverlies een verandering in de verhouding tussen benutte energie en benutte nutriënten (b.v. stikstof en fosfor). Daardoor wordt het mogelijk om dezelfde melkproductie te realiseren met een geringere uitstoot aan stikstof en fosfor. Dat levert in de nieuwe mestwetgeving voordelen op.

Bedrijf van Wijk (klei)

De resultaten van het SFR model (zie **Tabel 15**) voor de gemiddelde methaanuitstoot van de vijf K&K-bedrijven bedroeg 320 g CH₄ /koe/dag en 11,8 g CH₄ /kg melk, bij een gemiddelde melkproductie van 27,2 kg melk/dag. Het bedrijf van Van Wijk scoorde beter dan gemiddeld met 311 g CH₄ per dag en 10,0 g CH₄ per kg melk bij gemiddeld 31,2 kg melk/dag. Op basis van de modelstudie werd verwacht dat er nauwelijks reductie van de methaanemissie mogelijk was.

Tabel 16 Implementatie maatregelen rantsoenoptimalisatie naar methaanemissie bedrijf van Wijk

Maatregel	Toegepast in 2005 ?	Theoretische aanscherping mogelijk ?	Praktische aanscherping mogelijk ?	Korte toelichting waarom praktische aanscherping niet mogelijk is
Vervangen grassilage door snijmaïssilage	+ ¹	+	-	- derogatie - beperken mestafzet
Verhogen kwaliteit ruwvoer (VEM/kg ds)	+	-	-	krijgt maximale aandacht
Verhogen aandeel krachtvoer in het rantsoen	-	+	+ / -	Alléén optie wanneer voerautomaat een extra krachtvoer aankan
Verhogen aandeel zetmeel in het krachtvoer	+	+ / -	-	Maximaal toegepast, maar wel afgestemd op suikergehalte gras
Verhogen aandeel vet in het rantsoen	-	+	-	- effect op melksamenstelling - hoge kosten

¹ + = vraag in kolomhoofd wordt met ja beantwoord; - = vraag in kolomhoofd wordt met nee beantwoord ; +/- = vraag in kolomhoofd kan niet éénduidig beantwoordt worden

Toelichting Tabel 16

Vervangen grassilage door snijmaïssilage

Het aandeel snijmaïssilage wordt eigenlijk gestuurd door de grasproductie. Deze is afgestemd op derogatie, d.w.z. 70% van het areaal bestaat uit grasland. Het bedrijf heeft door de hoge melkproductie ook een hoge mestproductie en moet de gedwongen mestafvoer zoveel mogelijk beperken om de mestafzetkosten te drukken. Door het grote areaal gras wordt ook veel gras gevoerd, de hoogproductieve dieren krijgen circa 60% van de droge stof in het rantsoen uit grassilage en de laagproductieve dieren ongeveer 70%. Voor de hoogproductieve dieren zou Van Wijk wel naar 50% snijmaïssilage willen, maar dat past niet bij de grasproductie op zijn bedrijf.

Verhogen kwaliteit ruwvoer

Hoge ruwvoer kwaliteit hoort bij Van Wijk tot de standaardbedrijfsvoering. De kwaliteit van grassilage heeft blijvend ruim voldoende aandacht. De ruwvoer kwaliteit is zelfs zo hoog dat er gedroogde luzerne is bijgevoerd als structuurbron om (subklinische) pensverzuring te voorkomen.

Verhogen van de krachtvoergift

Hieronder worden ook zetmeelrijke (natte) bijproducten verstaan. Van Wijk wijst natte bijproducten af, omdat het extra arbeid vraagt. Het is wel een optie om een derde krachtvoer (naast standaardbrok en geplette tarwe) via de voercomputer te verstrekken.

Verhogen percentage zetmeel in krachtvoer

Van Wijk gebruikt brok met een hoog gehalte aan snel fermenteerbare koolhydraten. Daarnaast heeft hij geplette tarwe gevoerd en staat hij open om dat opnieuw te voeren. De reden van stoppen was de kwaliteit van het gras, die in het voorjaar een hoog gehalte aan suiker bevat en dus snelle pensfermentatie tot gevolg heeft. Bij grof pletten kan volgens SFR tarwe toch interessant zijn, omdat dan het zetmeel hoofdzakelijk bestendig is. Hetzelfde effect kan men ook bereiken met maïsmeel dat trager fermenteert en meer bestendig is. Dit product laat zich echter slecht met de vijzel doseren en daarmee valt die optie af.

Verhogen percentage vet in krachtvoer

Dit is misschien een optie, maar Van Wijk wil eerst weten wat de consequenties daarvan zullen zijn. Het effect is dat er in het begin van de lactatie waarschijnlijk meer melk gegeven wordt met een wat lager vetgehalte. Indien bestendige vetzuren (sturen direct het uier aan) aan het krachtvoer worden toegevoegd, kan het vetpercentage in de melk gelijk blijven of wat stijgen en het eiwitpercentage in de melk gelijk blijven of wat dalen. Dit lijkt Van Wijk geen aantrekkelijke optie, omdat dan minder melk binnen het quotum kan worden afgeleverd en hij de extra krachtvoerkosten niet terug verdient.

Algemeen

Het bedrijf van Wijk past al een deel van de beschreven maatregelen ter reductie van de methaanemissie bij pensfermentatie toe. Het gaat daarbij om verbeteren van de ruwvoer kwaliteit, maximaal grassilage vervangen door snijmaïssilage en het voeren van zoveel mogelijk snel fermenteerbare koolhydraten. Met deze maatregelen mag men verwachten dat de maximale reductie van de methaanemissie wordt bereikt. Als enige andere opties zijn het verhogen van het vetgehalte in krachtvoer en het verhogen van de krachtvoergift open. Hier mag men in deze situatie echter geen verdere reductie van de methaanemissie van verwachten. Toch is het aanpassen van de krachtvoersamenstelling voor Van Wijk altijd bespreekbaar, maar het moet wel tot een productiestijging leiden om de extra kosten te dekken. Ook aanpassing van de voercomputer om een derde krachtvoersoort te kunnen voeren is bespreekbaar, mits dat bedrijfseconomische voordelen biedt.

De algemene conclusie is dat het bedrijf van Van Wijk een optimaal rantsoen heeft vanuit ROB bekeken. Dit komt omdat Van Wijk veel aandacht heeft voor een efficiënte benutting van de energie in het rantsoen.

ROB-maatregelen werken in de richting van een betere energie benutting en natuurlijk omgekeerd ook. Dat laatste speelt bij Van Wijk. De enige mogelijke verbetering kan een hoger aandeel zetmeelrijk krachtvoer in het rantsoen zijn, mits dat meer melk oplevert. Verhoging van de krachtvoergift kan maximaal circa 2% CH₄ reductie opleveren per kg geproduceerde melk, maar aangezien dat reeds andere maatregelen worden genomen, mag geen wezenlijke reductie van de methaanuitstoot worden verwacht van extra maatregelen.

ROB is (nog) geen onderwerp bij excursies. De bezoekers praten er niet over en Van Wijk vindt het ook geen onderwerp om over te beginnen, omdat alle aandacht naar de nieuwe mestwetgeving gaat.

Misschien kan dat veranderen wanneer de mengvoerleverancier een aangepast krachtvoer maakt met op het adviesformulier ook de geschatte CH₄ productie. Van Wijk denkt dat daardoor ROB misschien meer gaat leven bij de gemiddelde melkveehouder, maar dat hangt waarschijnlijk sterk af van de betrokken adviseur.

Bedrijf Sikkenga (klei)

De resultaten (Tabel 15) van het model voor de gemiddelde methaanuitstoot van de vijf K&K-bedrijven bedroeg 320 g CH₄/koe/dag en 11,8 g CH₄/kg melk, bij een gemiddelde melkproductie van 27,2 kg melk/dag.

Het bedrijf van Sikkenga scoort redelijk goed ten opzichte van het gemiddelde van de K&K-bedrijven (zeker voor een grasbedrijf), met methaanemissie van 307 g CH₄ per dag en 11,4 g CH₄ per kg melk bij gemiddeld 26,9 kg melk/dag, maar op basis van de modelstudie werd verwacht dat verdere reductie van de CH₄-uitstoot technisch mogelijk is.

Tabel 17 Implementatie maatregelen rantsoenoptimalisatie naar methaanemissie bedrijf Sikkenga

Maatregel	Toegepast in 2005 ?	Theoretische aanscherping mogelijk ?	Praktische aanscherping mogelijk ?	Korte toelichting waarom praktische aanscherping niet mogelijk is
Vervangen grassilage door snijmaissilage	- ¹	+	-	- grasbedrijf door grondsoort - aankoop maïs minimaal i.v.m. kosten
Verhogen kwaliteit ruwvoer (VEM/kg ds)	+	-	-	Maximale aandacht
Verhogen aandeel krachtvoer in het rantsoen	-	+	-	Bedrijfsvoering is gericht op maximaal benutten aanwezige gras
Verhogen aandeel zetmeel in het krachtvoer	-	+	+ / -	- prijs krachtvoer - ongewenste melksamenstelling - risico afwenteling, eiwitaanvoer nodig
Verhogen aandeel vet in het rantsoen	-	+	-	- gering effect - niet kosteneffectief

¹ + = vraag in kolomhoofd wordt met ja beantwoord; - = vraag in kolomhoofd wordt met nee beantwoord ; +/- = vraag in kolomhoofd kan niet éénduidig beantwoordt worden

Tabel 17

Vervangen grassilage door snijmaissilage

Het aandeel snijmaissilage is op dit grasbedrijf in principe zo laag mogelijk. Snijmaissilage wordt alleen bijgevoerd in de weideperiode om een basis te leggen, waarmee eventueel tegenvallende energieopnames uit gras worden aangevuld. De prioriteit van dit kleibedrijf ligt bij benutting van het aanwezige gras, waarbij gekozen is voor beweiding. Snijmaïs kan men vanwege de grondsoort niet rendabel op het eigen bedrijf telen en moet dus worden aangekocht. De gebruikte snijmaïs wordt aangekocht op basis van ras met een hoog percentage droge stof en een hoog zetmeelgehalte. Er zal dus niet meer snijmaïs worden gevoerd, ook al zou dat kunnen om de CH₄ productie te verminderen. Bovendien betekent meer snijmaïs voeren tevens meer gras overhouden, wat vanuit bedrijfseconomische overwegingen geen reële optie is.

Verhogen kwaliteit ruwvoer

De aangekochte snijmaïs voldoet aan de kwaliteit die ook gewenst is vanuit oogpunt van CH₄ emissie reductie. De kwaliteit van grassilage is voor het bedrijf zeer belangrijk en krijgt daarom veel aandacht. De graswinning wordt uitbesteedt aan een loonwerker. De kwaliteit van de aanwezige kullen is prima, goed asgehalte en het eiwit- en suikergehalte is zo goed dat bijvoeding niet gauw nodig is. Extra structuur met bijvoorbeeld gedroogde luzerne kan het rantsoen wat extra's geven, maar wordt door de melkveehouder afgewezen, omdat dat als te luxe wordt gezien (hoge kosten die niet doorwerken in de opbrengsten). Er liggen met betrekking tot ROB geen mogelijkheden in de maatregel 'verhogen kwaliteit ruwvoer'.

Verhogen van de krachtvoergift

De melkveehouder wijst meer krachtvoer af. Alle koeien krijgen hetzelfde basisrantsoen en het onderscheidt naar productie wordt gemaakt via de krachtvoergift. Losse bijproducten wijst men af omdat het daarvoor benodigde voerhek ontbreekt en omdat het de werkdruk verhoogt. Bovendien vervangen die producten een deel van het krachtvoer, zodat per saldo geen hogere krachtvoergift wordt bereikt.

Verhogen zetmeelpercentage krachtvoer

De krachtvoersamenstelling is in principe afgestemd op een goede pensfermentatie, onder voorwaarde dat de prijs van de brok zo laag mogelijk is. Veranderen van de samenstelling omwille van een reductie van de CH₄-emissie is alléén bespreekbaar indien dat kostentechnisch interessant is. Geplette tarwe als extra krachtvoer is wel een optie. Zeker voor het noordelijk kleigebied waar tarwe wordt verbouwd. Geplette tarwe past ook goed bij een grasrantsoen. Het product brengt bovendien het melkureumgehalte omlaag (lukt ook met ander bestendig zetmeel bijvoorbeeld uit maïsmeel), maar heeft als risico's dat de gehalten in de melk wat zakken en dat er eiwit aangekocht moet worden. Wanneer dat qua kosten kan en wanneer dat geen verhoging van de N-emissie veroorzaakt (afwenteling), is dat geen probleem.

Verhogen vetpercentage in krachtvoer

Dit is volgens Sikkenga geen goede optie. Het te verwachten effect op de methaanemissie is te gering en de gemaakte kosten worden niet terugverdiend. Ook speciale vetten zijn niet interessant, ze zijn niet kosteneffectief.

De algemene conclusie is dat Sikkenga de principes van pensfermentatie kent en dus ook de mogelijkheden van de sturing op vermindering van de methaanemissie. De mogelijke maatregelen vat hij samen als managen op een zo hoog mogelijke melkproductie per koe. Dat wordt door hem zo veel als mogelijk gedaan, tenzij dat tegenstrijdig is met de biologie van de koe. Dat zou voor ROB-maatregelen kunnen gelden, omdat de oplossingsrichtingen voor emissiereductie tevens richting (sub)klinische acetonaemie gaan. Dat laatste wil dit bedrijf beslist niet, omdat het een onnodige extra belasting van de koe betekent met een (te) hoog risico voor de productie. Daarnaast vindt Sikkenga dat de beschikbare maatregelen voor CH₄-reductie voor het noordelijk kleigebied weinig waarde hebben, omdat het neerkomt op een scheiding tussen grasbedrijven (=kleigrond) en maïsbedrijven (= zandgrond).

Het bedrijf van Sikkenga heeft vanuit ROB-oogpunt bekeken binnen de eigen mogelijkheden/randvoorwaarden reeds een goed rantsoen. Dat blijkt ook uit de berekende emissies die voor een grasbedrijf relatief laag zijn. Ook daarom is bijvoorbeeld gras scheuren om de grasproductie te verlagen en daarmee ruimte te scheppen voor andere producten geen optie. De omstandigheden voor snijmaïs zijn ongunstig en zelf voedertarwe verbouwen is lastig, duur en gaat ten koste van de organische stofopbouw in de bouwvoor en dus van toekomstige productie. Reductie van broeikasgas uitstoot is (nog) geen onderwerp bij excursies. Dat betekent niet dat er geen affiniteit is met ROB. Per slot van rekening is er autonoom reeds veel bereikt. Daar valt wat over te vertellen. Alleen moet dat in de communicatie langzaam gebracht worden. Op dit moment is ROB niet echt bespreekbaar, omdat de energie in andere, meer urgente onderwerpen moet worden gestoken. De aandacht voor de problematiek rondom broeikasgassen is te veranderen door een positieve sfeer rond ROB te creëren en vervolgens met kleine stapjes het onderwerp op te bouwen. Wanneer er in één keer een groot item wordt gemaakt, werkt het waarschijnlijk averechts.

Wanneer de mengvoerleverancier een aangepast krachtvoer maakt kan op het adviesformulier ook de geschatte CH₄-productie worden meegenomen. Dit is volgens Sikkenga een goed idee.

Bedrijf de Vries (veen)

De resultaten (tabel 15) van het model voor de gemiddelde methaanuitstoot van de vijf K7K-bedrijven bedroeg 320 g CH₄/koe/dag en 11,8 g CH₄/kg melk, bij een gemiddelde melkproductie van 27,2 kg melk/dag. Het bedrijf van de Vries laat een hogere voorspelde methaanproductie zien dan gemiddeld: 336 g CH₄ per dag en 12,6 g CH₄ per kg melk bij gemiddeld 26,8 kg melk/dag. Op basis van deze resultaten en de modelstudie werd een verdere reductie van de CH₄ uitstoot technisch mogelijk geacht.

Tabel 18 Implementatie maatregelen rantsoenoptimalisatie naar methaanemissie bedrijf de Vries

Maatregel	Toegepast in 2005 ?	Theoretische aanscherping mogelijk ?	Praktische aanscherping mogelijk ?	Korte toelichting waarom praktische aanscherping niet mogelijk is
Vervangen grassilage door snijmaïssilage	- ¹	+	-	- grasbedrijf door grondsoort - aankoop maïs minimaal i.v.m. kosten
Verhogen kwaliteit ruwvoer (VEM/kg ds)	+	+	-	Voor veenweidegebied is graskwaliteit goed
Verhogen aandeel krachtvoer in het rantsoen	+	+	-	Bedrijfsvoering is gericht op maximaal benutten aanwezige gras. Extra krachtvoer kost grasopname
Verhogen aandeel zetmeel in het krachtvoer	+	+ / -	+ / -	Wordt op gestuurd, maar misschien kan voerleverancier via optimaliseren verder verhoging realiseren
Verhogen aandeel vet in het rantsoen	-	+	+ / -	Risico diergezondheid hoog en antipathie tegen veel vetsoorten

¹ + = vraag in kolomhoofd wordt met ja beantwoord; - = vraag in kolomhoofd wordt met nee beantwoord ; +/- = vraag in kolomhoofd kan niet éénduidig beantwoordt worden

Toelichting Tabel 18

Vervangen grassilage door snijmaïssilage

Het aandeel snijmaïssilage wordt eigenlijk gestuurd door de grasproductie. De prioriteit van dit veenweidebedrijf ligt bij de benutting van het aanwezige gras. Bovendien heeft het bedrijf gekozen voor beweiding. Daarom ligt het percentage snijmaïssilage in het rantsoen op ongeveer 30% van de droge stof. Deze snijmaïssilage wordt aangekocht op basis van maisrassen met een hoog percentage droge stof en een hoog zetmeelgehalte. Er wordt dus niet meer snijmaïssilage gevoerd, ook al zou dat kunnen om de CH_4 -productie te verminderen.

Verhogen kwaliteit ruwvoer

De kwaliteit van de aangekochte snijmaïssilage heb je niet helemaal zelf in de hand, omdat er een staand gewas wordt gekocht. De kwaliteit van grassilage is ten opzichte van andere veenbedrijven redelijk goed, maar minder dan het Nederlandse gemiddelde. Ook zijn de kuilen op dit bedrijf vrij nat. Hier wordt momenteel aandacht aan besteed, zo wordt o.a. bij inkuilen een toevoegmiddel gebruikt. In 2005 is er extra aandacht besteed aan het ds-gehalte van de kuilen. Gezien de omstandigheden is er weinig verbetering van de graskuilkwaliteit mogelijk. De grondsoort en de natte omstandigheden bepalen de kwaliteit van het gras (iets minder goede soorten gras zoals veldbeemd in plaats van engels raai).

Verhogen van de krachtvoergift

De hoogte van de krachtvoergift is al optimaal afgestemd op het rantsoen. Verdere verhoging kan alleen ten koste van de snijmaïssilage en/of de grasopname. Vermindering van de snijmaïssilage om de krachtvoeropname te kunnen verhogen zal weinig voordeel bieden voor de methaanemissie. Het verminderen van de grasopname past niet binnen de bedrijfsvoering en is bedrijfseconomisch onaantrekkelijk. Onder krachtvoer worden ook zetmeelrijke (natte) bijproducten verstaan. De Vries wijst natte bijproducten af in verband met gebrek aan goede opslagmogelijkheden. Aanleggen van nieuwe kuilplaten is geen optie, omdat kuilplaten met heipalen ondersteund moeten worden en dus te hoge kosten meebrengen. Met droge bijproducten (bietenpulp en geplette tarwe) is reeds ervaring opgedaan. Dit aandeel verhogen ligt niet voor de hand, omdat het ten koste van de reguliere krachtvoeropname zal gaan.

Verhogen zetmeelpercentage krachtvoer

De mengvoederfabrikant optimaliseert de krachtvoersamenstelling aan de hand van rantsoenberekening. Daarbij speelt vermindering van de methaanemissie (nog) geen rol. Wat wel speelt is de noodzaak om de conditie van alle koeien op te vijzelen. Dit komt door het hoge grasaanbod en de beweiding en de wat mindere kwaliteit gras in het veenweidegebied. De conditie van de dieren wordt verbeterd door een krachtvoer met veel bestendig zetmeel te voeren. Wanneer het krachtvoer meer snel fermenteerbare koolhydraten zou bevatten, kan dat een vermindering van de methaanemissie opleveren. De mengvoederfabrikant kan eens doorrekenen of een hoger gehalte snel fermenteerbaar zetmeel past binnen dit rantsoen.

Verhogen vetpercentage in krachtvoer

Hier staat de Vries gereserveerd tegenover. De gezondheid van de dieren staat voorop. De Vries wil de dieren niet naar de grens van hun kunnen duwen, maar een duidelijke veiligheidsmarge aanhouden. Dat betekent ook voorkomen van subklinische acidose. Dit past in zijn management dat gericht is op duurzaam produceren. Lijnolie is echter een product dat bespreekbaar is als vettoevoeging. Het heeft dezelfde vetzuren samenstelling als vers gras. Dat betekent wel dat je moet oppassen voor een depressie van het percentage melkvet. Ook bierbostel bevat relatief veel linoleenzuur en is dus in principe wel goed, maar door de traag fermenteerbare koolhydraten levert het waarschijnlijk geen reductie van de CH_4 emissie op. Bovendien bevat bierbostel veel OEB en is in dit rantsoen dus slecht voor de N benutting (hoog melkureum).

De algemene conclusie is dat het bedrijf van de Vries reeds een optimaal rantsoen heeft vanuit ROB bekeken. Dat het bedrijf toch een relatief hoge CH_4 heeft komt door de, in dit opzicht, ongunstige bedrijfsomstandigheden. De enige mogelijke verbetering kan een hoger aandeel vet in het krachtvoer zijn, mits dat bestaat uit lijnolie.

Verhoging van het vetgehalte in krachtvoer kan theoretisch maximaal circa 5% CH_4 -reductie opleveren. Het is onduidelijk of dat in de situatie van de Vries ook kan, omdat dit niet met het aangepaste model van Yan (van Straalen, 2006) doorgerekend kan worden.

ROB is (nog) geen onderwerp bij excursies. De bezoekers praten er niet over en de Vries vindt het ook geen onderwerp om over te beginnen. Ook vindt hij het geen onderwerp om in de aankondiging van een cursus te noemen. De reden is dat de boeren volledig in beslag genomen worden door de gevolgen van de nieuwe mestwetgeving en daarom niet willen komen voor andere onderwerpen.

Om ROB gespreksonderwerp te laten zijn is volgens de Vries nog veel 'reclame' nodig. De motivatie bij melkveehouders om wat aan reductie van broeikasgassen te doen komt volgens de Vries altijd indirect. Dat wil zeggen dat het om autonome implementatie moet gaan. Er komt al zoveel op de melkveehouder af dat ROB daar voorlopig niet bij kan. Pas wanneer het een echt probleem voor de bedrijfsvoering wordt, komt ROB bij de melkveehouder op de agenda.

De Vries denkt dat het kan helpen wanneer de mengvoederleverancier een aangepast krachtvoer maakt en op het adviesformulier ook de geschatte CH₄-productie afdruckt. De mengvoederleverancier is in zijn optiek een heel belangrijke sturende factor voor de melkveehouder.

De Vries vraagt zich af hoe het zit met de CH₄-productie op biologische bedrijven. Deze is waarschijnlijk (veel) hoger. Wat betekent dat voor die bedrijven wanneer er op broeikasgassen gestuurd moet worden?

Bedrijf Pijnenborg (zand)

De resultaten van het model voor de gemiddelde methaanuitstoot van de vijf K7K-bedrijven bedroeg 320 g CH₄ /koe/dag en 11,8 g CH₄ /kg melk, bij een gemiddelde melkproductie van 27,2 kg melk/dag.

Het bedrijf van Pijnenborg - van Kempen scoort goed met een methaanemissie van 312 g CH₄ per koe per dag, maar slecht met een emissie van 12,8 g CH₄ per kg melk bij gemiddeld 24,4 kg melk/dag. Dit laatste door een lagere melkproductie dan de andere deelnemende K&K-bedrijven. Inmiddels is de melkproductie op het bedrijf toegenomen, zodat het waarschijnlijk is dat de methaanemissie per kg melk gunstiger is.

Op basis van de modelstudie werd verwacht dat verdere reductie van de CH₄-uitstoot voor dit bedrijf technisch waarschijnlijk wel mogelijk is, maar is het de vraag of dat praktisch reëel is.

Tabel 19 Implementatie maatregelen rantsoenoptimalisatie naar methaanemissie bedrijf Pijnenborg

Maatregel	Toegepast in 2005 ?	Theoretische aanscherping mogelijk ?	Praktische aanscherping mogelijk ?	Korte toelichting waarom praktische aanscherping niet mogelijk is
Vervangen grassilage door snijmaissilage	+ ¹	+	-	Grasaanbod is sturend en derogatie bepaald grasareaal
Verhogen kwaliteit ruwvoer (VEM/kg ds)	+	-	-	Heeft maximale aandacht
Verhogen aandeel krachtvoer in het rantsoen	+ / -	+	-	Bedrijfsvoering is gericht op maximaal benutten aanwezige gras
Verhogen aandeel zetmeel in het krachtvoer	-	+	+ / -	- moet passen binnen het rantsoen - kosteneffectiviteit
Verhogen aandeel vet in het rantsoen	-	+	+ / -	kosteneffectiviteit

¹ + = vraag in kolomhoofd wordt met ja beantwoord; - = vraag in kolomhoofd wordt met nee beantwoord ; +/- = vraag in kolomhoofd kan niet eënduidig beantwoordt worden

Tabel 19

Vervangen grassilage door snijmaissilage

Het aandeel snijmaissilage in het rantsoen is in principe zo hoog mogelijk, maar het grasaanbod c.q. de grasproductie is sturend. Vervolgens worden eventuele tekorten aangevuld met snijmaissilage. Als extra optie kan een deel van de maïs weer door (zetmeelrijke) bijproducten worden vervangen indien dat financieel aantrekkelijk is. Het snijmaïsras wordt bepaald op basis van een hoog percentage droge stof en een hoog zetmeelgehalte. Dit als reactie op het verminderde aandeel snijmaïs in het rantsoen (ongeveer 50% op basis van droge stof) als gevolg van het in aanmerking willen komen voor derogatie. Er wordt dus niet meer snijmaïs gevoerd, ook al zou dat de CH₄ productie verminderen.

Verhogen kwaliteit ruwvoer

De kwaliteit van grassilage is voor het bedrijf zeer belangrijk en krijgt veel aandacht. Veel verbetering is daarom niet te verwachten. De kwaliteit van de aanwezige kuilen is goed. Pijnenborg voorziet echter als gevolg van de nieuwe mestwetgeving een vermindering van de graskwaliteit in het verschiep liggen. Hij denkt erover om de eerste snede volop te bemesten, zodat een goede kuil voor het melkvee kan worden gewonnen. De vervolgsnedes worden dan niet of in ieder geval veel minder bemest en die kunnen dan voor het jongvee gebruikt worden. Ook de maïskwaliteit krijgt veel aandacht. Deze wordt afgestemd op de rest van het rantsoen (m.n. aandeel gras). Dat komt neer op kiezen voor een hoger zetmeelgehalte bij een toenemend aandeel gras in het rantsoen.

Verhogen van de krachtvoergift

Meer krachtvoer is alleen een optie wanneer daarmee de productie verhoogd kan worden. In principe wordt gestuurd op een zo hoog mogelijke grasopname. Er is wel onderscheid naar productie gemaakt via de krachtvoergift. Losse bijproducten worden alleen ingezet wanneer de rantsoenoptimalisatie dit vraagt. Wel wordt er over de snijmais een laag aardappelsnippers gekuild, maar de reden is om, ondanks de verminderde snijmaisgift, toch voldoende voersnelheid te halen.

Verhogen zetmeelpercentage krachtvoer

De krachtvoersamenstelling is afgestemd op het basisrantsoen. De bedrijfsbegeleider optimaliseert zo het rantsoen, met oog voor de kosteneffectiviteit. Veranderen van de samenstelling omwille van een reductie van de CH₄-emissie is bespreekbaar, maar moet ook kostentechnisch interessant zijn.

Verhogen vetpercentage in krachtvoer

Dit is voor Pijnenborg in principe een optie, maar de gemaakte kosten moeten wel worden terugverdiend. Dit zal niet makkelijk zijn. Ook speciale vetten zijn waarschijnlijk niet kosteneffectief en daarom niet interessant.

De algemene conclusie is dat het bedrijf van Pijnenborg binnen de mogelijkheden/randvoorwaarden een goed rantsoen heeft vanuit ROB bekeken. Dat blijkt ook uit de berekende methaanemissies. Pijnenborg vat de principes voor vermindering van methaanemissie bij pensfermentatie samen als sturen op minder ruwvoer met daarin meer mais. Hij merkt daarbij op dat het bestendige zetmeel uit mais wel gunstig mag zijn voor ROB, maar meer mais is strijdig met wat het nieuwe mestbeleid van de bedrijfsvoering vraagt. Dat laatste is nu belangrijker. Het gebruik van additieven om het aantal methanogene bacteriën flink te verlagen wordt te risicovol geacht, omdat dan het waterstofgas onvoldoende uit de pens wordt weggevangen, waardoor fermentatie problemen kunnen ontstaan. Datzelfde geldt voor het gericht sturen op een lagere pens PH (= meer propionzuur en minder methanogenen). ROB is (nog) geen onderwerp bij excursies. Pijnenborg treedt de beperking van de methaan (en lachgas) emissie open tegemoet en wil kijken wat er mogelijk is. Echter: door het ontbreken van een echte impuls (b.v. wet- en regelgeving) is de kosteneffectiviteit leidend. Voor communicatie hierover met collega melkveehouders ziet Pijnenborg nog geen echte mogelijkheden. De gemiddelde boer voelt zich niet aangesproken door ROB en zal pas maatregelen willen nemen als dat bedrijfseconomisch aantrekkelijk wordt. Gezien de autonome reductie als gevolg van bijvoorbeeld de maatregelen met betrekking tot het nieuwe mestbeleid, is er in de praktijk waarschijnlijk nog wel het een en ander mogelijk. Voordat ROB de gemiddelde boer aanspreekt moet er nog heel wat gebeuren. Daar moet stapgewijs naar toe worden gewerkt, maar bovenal moet er een echte (externe) prikkel zijn om de boer voor ROB in beweging te krijgen. Het idee om op het adviesformulier van de mengvoerleverancier ook de geschatte CH₄-productie af te drukken kan goed werken, mits er bij wordt aangegeven wat je er mee kunt.

Bedrijf Schepens (zand)

De resultaten van het model voor de gemiddelde methaanuitstoot van de vijf K&K-bedrijven bedroeg 320 g CH₄ /koe/dag en 11,8 g CH₄ /kg melk, bij een gemiddelde melkproductie van 27,2 kg melk/dag. Het bedrijf van Schepens gedraagt zich gemiddeld met 334 g CH₄ /dag en 12,5 g CH₄ /kg melk bij gemiddeld 26,9 kg melk/dag. Op basis van deze resultaten is enige reductie van de CH₄-uitstoot technisch mogelijk.

Tabel 20 Implementatie maatregelen rantsoenoptimalisatie naar methaanemissie bedrijf Schepens

Maatregel	Toegepast in 2005 ?	Theoretische aanscherping mogelijk ?	Praktische aanscherping mogelijk ?	Korte toelichting waarom praktische aanscherping niet mogelijk is
Vervangen grassilage door snijmaissilage	- ¹	+	-	- zelf eiwit verbouwen dmv gras - snijmaisareaal maximaal voor derogatie
Verhogen kwaliteit ruwvoer (VEM/kg ds)	+	-	-	Heeft maximale aandacht
Verhogen aandeel krachtvoer in het rantsoen	+ / -	-	-	Is optimaal
Verhogen aandeel zetmeel in het krachtvoer	+	-	-	Is optimaal
Verhogen aandeel vet in het rantsoen	-	+	+ / -	- risico melksamenstelling - kosteneffectiviteit

¹ + = vraag in kolomhoofd wordt met ja beantwoord; - = vraag in kolomhoofd wordt met nee beantwoord ; +/- = vraag in kolomhoofd kan niet éénduidig beantwoordt worden

Toelichting Tabel

Vervangen grassilage door snijmaissilage

Tijdens MINAS werd eiwit aangekocht als sturing in het rantsoen. Onder de nieuwe gebruiksnormen is het belangrijk zelf het eiwit te verbouwen en dus heeft het bedrijf nu meer gras. Dat staat los van derogatie. Ze willen graag veel melk per dier en daarom wordt zoveel mogelijk snijmaissilage in het rantsoen opgenomen. Door de nieuwe mestwetgeving worden ze echter gedwongen het maïsandaal in het rantsoen te verminderen, omdat nu de economische aspecten sturend zijn. Op basis daarvan zit Schepens met circa 40% snijmaissilage in de droge stof van het rantsoen op het maximum. De rassenkeuze voor snijmaïs gebeurt op basis van zetmeelproductie. Dat past bij ROB en is voor het bedrijf Schepens een prima keuze. Als regel kan gesteld worden dat bij meer dan 60% snijmaïs in het rantsoen beter gekozen kan worden voor drogestofproducerende rassen met een hoge celwandvertering en een wat lager zetmeelgehalte.

Verhogen kwaliteit ruwvoer

De kwaliteit van grassilage heeft ruim voldoende aandacht. Bij inkuilen wordt zondig een toevoegmiddel gebruikt om de kwaliteit van de kuil te borgen/verhogen.

Verhogen van de krachtvoergift

Hieronder worden ook zetmeelrijke (natte) bijproducten verstaan. Schepens heeft veel ervaring met bijproducten, maar is er mee gestopt omdat het totaal plaatje van managen, melkproductie en kosten tegenviel. Eventueel zijn enkele producten met een relatief constante samenstelling een optie, zoals aardappelvezel en perspulsilage. Dat zou alleen gebeuren vanuit kostenbeperking, niet vanuit ROB. Overigens levert deze maatregel bij Schepens waarschijnlijk geen enkel voordeel voor ROB, omdat het grasareaal vastligt en dus worden bijproducten uitgewisseld met krachtvoer. Het krachtvoer is optimaal voor ROB, zodat uitwisseling met krachtvoer geen winst op zal leveren.

Verhogen zetmeelpercentage krachtvoer

Tijdens de eerste 100 dagen van de lactatie wordt zetmeelrijke brok gevoerd. Dat is prima voor ROB. Ook de productiebrok lijkt goed qua zetmeelgehalte. De algemene informatie van de voerleverancier geeft aan dat het om snel fermenteerbare zetmeel gaat, maar dat is op basis van de globale samenstelling van de brok moeilijk te beoordelen. Indien het inderdaad snel fermenteerbaar zetmeel betreft, dan is het met betrekking tot ROB een prima brok.

Verhogen vetpercentage in krachtvoer

Dit is misschien een optie, maar Schepens wil eerst weten wat de consequenties daarvan zullen zijn. Waarschijnlijk zal de verhouding vet/eiwit in de melk veranderen door een lager vetgehalte in de melk. Dit kan voor Schepens interessant zijn, omdat er dan binnen het quotum meer liters geleverd kunnen worden.

De algemene conclusie is dat het bedrijf van Schepens reeds een optimaal rantsoen heeft vanuit ROB oogpunt bekeken. Dit komt omdat Schepens veel aandacht heeft voor een efficiënte benutting van de energie in het rantsoen. ROB-maatregelen werken in de richting van een betere energiebenutting en natuurlijk omgekeerd ook. Dat laatste speelt bij Schepens. De enige verbetering kan een hoger vetpercentage in het krachtvoer zijn. Dat kan maximaal ca. 4% CH₄ reductie opleveren. Dat is bij Schepens waarschijnlijk minder zijn, omdat reeds andere maatregelen worden genomen. Bovendien zal Schepens niet gauw autonoom deze maatregel toepassen, tenzij het past in de bedrijfsfilosofie van meer liters melken bij hetzelfde quotum. Aanpassen van de krachtvoersamenstelling is voor Schepens alleen een optie, wanneer een nieuwe brok tot een productiestijging leidt waarmee de extra kosten worden terugverdiend. Een productiestijging kunnen we alleen verwachten bij minder optimale rantsoenen, waarvan bij Schepens geen sprake is. ROB is (nog) geen onderwerp bij excursies. De bezoekers praten er niet over en Schepens vindt het ook geen onderwerp dat bovenaan de agenda van melkveehouders staat. Het zal volgens Schepens moeilijk worden om ROB wel bovenaan de agenda van melkveehouders te krijgen. De melkveehouderij wordt al met zoveel beperkingen en regelgeving geconfronteerd, dat de algemene houding is dat zolang er geen "moeten" is er ook niets extra's wordt gedaan. Tenzij het bedrijfseconomisch resultaat er door verbeterd. Toch is het zo dat er een stimulerende werking van uitgaat wanneer er een lijstje is waarop bedrijven onderling vergelijkbaar zijn. Als ondernemer wil je immers geen uitzondering in negatieve zin zijn. Ben je dat wel en is dat voor iedereen te zien, dan wil je wel maatregelen nemen om naar het gemiddelde te komen.

Proefbedrijf De Marke (zand)

De resultaten van het model voor de gemiddelde methaanuitstoot van de vijf K&K-bedrijven bedroeg 320 g CH₄ /koe/dag en 11,8 g CH₄ /kg melk, bij een gemiddelde melkproductie van 27,2 kg melk/dag.

Het bedrijf De Marke scoort gemiddeld ten opzichte van het gemiddelde van de K&K-bedrijven, met een methaanemissie van 318 g CH₄ per dag en 11,8 g CH₄ per kg melk bij 27,1 kg melk.

Voor De Marke is naast bovenstaande berekening ook een nauwkeuriger model gebruikt, omdat gedetailleerde gegevens van de (kracht)voerders beschikbaar zijn. Dat model berekende een methaanemissie (323 g CH₄ per dag en 11,9 g CH₄ per kg melk) die vrijwel gelijk was aan het gemiddelde van de K&K bedrijven. De modellen sporen goed met elkaar voor wat betreft de data van De Marke.

Op basis van de modelstudie is reductie van de CH₄-uitstoot op De Marke waarschijnlijk niet mogelijk.

Tabel 21 Implementatie maatregelen rantsoenoptimalisatie naar methaanemissie bedrijf De Marke

Maatregel	Toegepast in 2005 ?	Theoretische aanscherping mogelijk ?	Praktische aanscherping mogelijk ?	Korte toelichting waarom praktische aanscherping niet mogelijk is
Vervangen grassilage door snijmaissilage	+ ¹	-	-	Er wordt maximaal maïs gevoerd om eiwitaanvoer te beperken
Verhogen kwaliteit ruwvoer (VEM/kg ds)	+	+	-	Bemesting is afgestemd op minimaal N-overschot
Verhogen aandeel krachtvoer in het rantsoen	-	+	-	Uitgangspunt is maximale (ruw)voerproductie om mineralaanvoer te beperken
Verhogen aandeel zetmeel in het krachtvoer	+	+ / -	+ / -	Wordt op gestuurd, maar misschien kan voerleverancier via optimaliseren verder verhoging realiseren
Verhogen aandeel vet in het rantsoen	-	+	-	Verder reductie emissie door deze maatregel wordt niet verwacht

¹ + = vraag in kolomhoofd wordt met ja beantwoord; - = vraag in kolomhoofd wordt met nee beantwoord ; +/- = vraag in kolomhoofd kan niet eënduidig beantwoordt worden

Toelichting Tabel 21

Vervangen grassilage door snijmaissilage

De verhouding tussen gras en maïs is op De Marke reeds gunstig voor de emissie van methaan. Overigens wordt de gras/maïs verhouding bepaald door de efficiëntie van de mineralenbenutting in de bodem/gewas component van het systeem. Hiervoor worden momenteel scenario studies uitgevoerd. Als daaruit blijkt dat er meer maïs verbouwd kan worden, gebeurt dat ook. Die beslissing wordt niet beïnvloedt door de overweging de methaanemissie te verminderen, tenzij er binnen een vastgestelde range geschoven kan worden (voorkomen van elk risico van afwenteling).

Verhogen kwaliteit ruwvoer

De kwaliteit van grassilage (gras/klaver) is voor het bedrijf zeer belangrijk en krijgt daarom veel aandacht. Binnen de omgeving van het strak gedefinieerde managementsysteem van De Marke is de kwaliteit echter nauwelijks te verbeteren. De groei van het gras is door de krappe bemesting relatief laag en dat resulteert bij de oogst in een wat ouder gewas met lage eiwitgehalten. Daarnaast wordt er vrij veel herfstgras gewonnen waarvan de kwaliteit te wensen overlaat (met name vanwege hoge vochtgehalten die resulteren in een minder goed inkuilproces). Dit is een blijvend zorgpunt dat nauwelijks te verbeteren valt. De maïskwaliteit is afhankelijk van de raskeuze en het tijdstip van oogsten. De raskeuze wordt bepaald door kwaliteitseisen voor Maïskolvensilage (MKS), waarvoor een vroege rijping (veel zetmeel in de korrel) moet samenvallen met goed in te kuilen maïsstro ten behoeve van de jongvee voeding. De oogst van snijmaissilage is vrij vroeg, omdat er veel maïs (incl. MKS) wordt gevoerd, zodat het percentage droge stof (inkuilkwaliteit) van de maïs belangrijker is dan het percentage zetmeel. Deze handelswijze voor maïs stuurt tevens op een vermindering van de methaanemissie, zodat er van de maatregel "verhogen ruwvoer kwaliteit" niets extra's te verwachten is.

Verhogen van de krachtvoergift

De krachtvoergift verder verhogen is geen reële optie, omdat dat indruist tegen een uitgangspunt van de bedrijfsvoering. De Marke probeert zoveel mogelijk krachtvoervangers (MKS en GPS evt. met erwten) zelf te verbouwen om de aanvoer van krachtvoer te minimaliseren.

Verhogen zetmeelpercentage krachtvoer

De krachtvoersamenstelling is al afgestemd op het verhogen van de snelheid van pensfermentatie. Het gehalte snelfermenteerbaar zetmeel in de brok is daarom hoog. Dat neemt niet weg dat de mengvoederfabrikant kan onderzoeken of de samenstelling van het krachtvoer verder geoptimaliseerd kan worden op minimale methaanemissie. Bijproducten zijn voor De Marke wel een optie, maar mogen niet ten koste gaan van de opname van eigen geteeld voer. De Marke heeft als uitgangspunt dat er minimale aanvoer van buiten het bedrijf wordt nagestreefd. Dat betekent geen aanvoer van (kunst)mest en een maximale voerproductie. Alleen het strikt noodzakelijke voer wordt aangekocht. In de praktijk gaat de aankoop van bijproducten ten koste van de aankoop van krachtvoer. Het is moeilijk in te schatten of dat leidt tot een reductie van de methaanemissie.

Verhogen vetpercentage in krachtvoer: Er kan een wat vetrijkere brok gevoerd worden, zodat de methaanemissie in principe nog wat verder omlaag kan. Gezien de inzet op de overige maatregelen is het te verwachten extra effect op de methaanemissie gering. Daardoor zijn extra vetten (incl. speciale vetten) niet interessant, zeker niet omdat ze niet kosteneffectief zijn.

De algemene conclusie is dat het bedrijf De Marke een goed tot optimaal rantsoen heeft vanuit ROB oogpunt bekeken. Dat blijkt ook uit de berekende emissies. Uit de rantsoenanalyse blijkt dat De Marke een traag fermenterend rantsoen voert, waarbij je mag verwachten dat er relatief veel onverteerde voerdelen in de mest komen. De oorzaak ligt in de ruwvoer kwaliteit en de huidige ruwvoer/krachtvoerverhouding, zodat sturing via het krachtvoer de fermentatiesnelheid niet verder kan verbeteren.

Bezoekers van De Marke (althans de melkveehouders onder de bezoekers) hebben geen interesse in het onderwerp broeikasgassen. Er is nog te weinig affiniteit bij melkveehouders voor dit onderwerp. Om dit te veranderen is nog heel wat inspanning nodig. Kern is dat er goede informatie verstrekt moet worden en dat aan sector en periferie duidelijk wordt gemaakt waar we als melkveehouders staan in het gehele broeikasgasverhaal. Maak vervolgens het probleem duidelijk, laat zien wat andere sectoren doen aan beperking van de broeikasgasuitstoot en vertel welke bijdrage de melkveehouderij moet/kan leveren en wat daarvoor de mogelijkheden zijn.

5.3 Conclusies

Op het gemiddelde Nederlandse melkveehouderijbedrijf kan de methaanemissie bij pensfermentatie via rantsoenoptimalisatie effectief verlaagd worden. De mate van de emissiereductie op individuele bedrijven is afhankelijk van het voermanagement op dat bedrijf. Beoordeling van het actuele voermanagement in relatie tot de emissie van methaan is mogelijk wanneer de methaanemissie modelmatig berekend kan worden. De beschikbare modellen voor de berekening van de methaanemissie bij pensfermentatie zijn echter ongeschikt voor praktijktoepassing, omdat de door de modellen gevraagde gegevens niet beschikbaar zijn op praktijkbedrijven. Schothorst Feed Research (SFR) heeft in een modelstudie vastgesteld dat het model van Yan e.a. (2000) na een aanpassing voldoet voor schatting van de methaanemissie bij pensfermentatie op individuele praktijkbedrijven (van Straalen, 2006). Het aangepaste model kent echter een grote spreiding rondom de geschatte emissies. Dit betekent dat er geen grote waarde aan de berekende absolute emissies kan worden toegekend. Ook is het moeilijk om verschillen tussen bedrijven statistisch te onderbouwen wanneer de methaanemissie met dit model is berekend. De toegevoegde waarde van het gebruik van dit model is dat het een concreet uitgangspunt biedt voor de bespreking van het voermanagement door (kwantitatieve) aanwijzingen te geven over welke maatregelen in die specifieke situatie mogelijk zijn en welk effect ervan verwacht mag worden op de methaanemissie.

De rantsoenoptimalisatie naar minimale methaanemissie richt zich op verbetering van de kwaliteit van het rantsoen. SFR geeft daarvoor vijf maatregelen (van Straalen 2006) waarvan er twee betrekking hebben op het ruwvoerdeel van het rantsoen (grassilage vervangen door snijmaissilage en de energiedichtheid van het ruwvoer verhogen) en drie op het krachtvoerdeel van het rantsoen (meer krachtvoer, meer zetmeel in het krachtvoer en meer vet in het krachtvoer). Uit het voorliggende onderzoek blijkt dat deze maatregelen uitsluitend kwalitatief zijn en dat het effect op emissiereductie sterk door de bedrijfsomstandigheden wordt bepaald. Zo is het bijvoorbeeld afhankelijk van de samenstelling van het basisrantsoen of een bepaald percentage zetmeel in het krachtvoer hoog of laag genoemd wordt. De samenstelling van het basisrantsoen wordt weer grotendeels bepaald door de ruwvoercomponent, die weer afhankelijk is van de grondsoort en ligging van het bedrijf (kan er rendabel mais geteeld worden) en de intensiteit van productie (alleen bij een ruwvoertekort is structurele aankoop van bijvoorbeeld energie- en zetmeelrijke maisproducten bedrijfseconomisch verantwoord). De rantsoenoptimalisatie naar minimale methaanemissie zal zich daarom eerst moeten richten op het maximaliseren van het areaal (snij)mais, vervolgens op het maximaliseren van de verteerbaarheid en energiedichtheid van zowel gras als mais

en tot slot op het maximaliseren van de krachtvoergift en het zetmeel- en vetgehalte van het krachtvoer. Wat dat maximaliseren concreet inhoud is afhankelijk van de specifieke bedrijfsomstandigheden en heersende wet- en regelgeving.

Op de deelnemende Koeien&Kansen-bedrijven is deze aanpak gevolgd. In eerste instantie als deskstudie door SFR, gevolgd door bespreking met de individuele bedrijven. Er bleken verschillen te bestaan tussen de mogelijkheden op papier en de mogelijkheden volgens de melkveehouder (**Tabel 22**). Met name het aandeel snijmaïssilage in het rantsoen, het aandeel krachtvoer in het rantsoen en het aandeel vet in het krachtvoer kunnen theoretisch verhoogd worden, maar de deelnemende melkveehouders zien daar om praktische redenen vanaf.

Tabel 22 Overzicht implementatie maatregelen rantsoenoptimalisatie naar methaanemissie op 6 bedrijven

Maatregel	Antwoord	Aantal antwoorden: Toegepast in 2005 ?	Aantal antwoorden: Theoretische aanscherping mogelijk ?	Aantal antwoorden: Praktische aanscherping mogelijk ?	Korte toelichting waarom praktische aanscherping niet mogelijk is
Vervangen grassilage door snijmaïssilage	+ ¹	3	5	0	Er wordt maximaal mais gevoerd
	-	3	1	6	
	+ / -	0	0	0	
Verhogen kwaliteit ruwvoer (VEM/kg ds)	+	6	2	0	Kwaliteit ruwvoer krijgt veel aandacht
	-	0	4	6	
	+ / -	0	0	0	
Verhogen aandeel krachtvoer in het rantsoen	+	1	5	0	Benutten eigen (ruw)voer en beperken mineralen aanvoer zijn belangrijker
	-	3	1	5	
	+ / -	2	0	1	
Verhogen aandeel zetmeel in het krachtvoer	+	4	2	0	Wordt toegepast, wellicht meer mogelijk via voer optimalisatie fabriek
	-	2	1	2	
	+ / -	0	3	4	
Verhogen aandeel vet in het rantsoen	+	0	6	0	Risico penswerking en geringe meerwaarde voor mineralenmanagers
	-	6	0	3	
	+ / -	0	0	3	

¹ + = vraag in kolomhoofd wordt met ja beantwoord; - = vraag in kolomhoofd wordt met nee beantwoord ; +/- = vraag in kolomhoofd kan niet eënduidig beantwoordt worden

Uit de discussie met de melkveehouders bleek dat andere randvoorwaarden op het bedrijf volledige implementatie van theoretisch mogelijk maatregelen belemmeren; het aandeel snijmaïssilage wordt beperkt door de derogatie eisen (beperken mestafvoer is sturend), de hoeveelheid krachtvoer wordt beperkt door zowel de hoeveelheid beschikbaar ruwvoer als de wens om de mineralenaanvoer te beperken (wederom beperken mestafvoer) en een hoog aandeel vet in het krachtvoer wordt als te risicovol voor een goede penswerking beschouwd en biedt bovendien weinig meerwaarde naast de andere maatregelen. De eindconclusie was dat er op deze bedrijven (naar omstandigheden) een maximale implementatie van methaanemissie reducerende maatregelen wordt gerealiseerd. De reden daarvoor is dat deze voorloperbedrijven zich bewust zijn van de noodzaak om zo efficiënt mogelijk te voeren. Ieder bedrijf paste daardoor al minimaal twee van de vijf genoemde maatregelen (kwaliteit ruwvoer, percentage snijmaïssilage en/of aandeel zetmeel in krachtvoer) toe in hun voermanagement. Gezien de conclusie van het SFR-modelonderzoek dat men met één of twee maatregelen de maximale reductie van de methaanemissie kan bereiken, is dat voldoende om de methaanemissie bij pensfermentatie maximaal te reduceren. Ook bleek dat de noodzaak van efficiënt voermanagement niet vanuit de broeikasgasproblematiek werd ondervonden, maar vanuit beperking van de ammoniakemissie en nitraatuitspoeling in combinatie met bedrijfseconomische redenen.

Uit het onderzoek op de Koeien&Kansen bedrijven bleek dat rantsoenoptimalisatie naar reductie van methaanemissie bij pensfermentatie autonoom gerealiseerd wordt. De belangrijkste maatregelen die leiden tot een reductie van de methaanemissie bij pensfermentatie, leiden ook tot een hogere efficiëntie van de voerbenutting en tot een vermindering van de nitraatuitspoeling en ammoniakemissie. Autonome reductie van de methaanemissie kan daarom gerealiseerd worden door het belang van efficiënte voeding te onderstrepen. Dit kan gebeuren vanuit de mineralen problematiek (mestwetgeving), vanuit de ammoniakemissie problematiek, maar vooral vanuit bedrijfseconomische overwegingen. Het blijkt namelijk dat melkveehouders zich laten sturen door wet- en regelgeving en daarbij gedreven worden door het beperken van kosten via efficiëntie verbetering. Daarnaast hebben ondernemers voortdurend oog voor verbetering van het bedrijfsresultaat.

De betrokken voorloper bedrijven (die veel melkveehouders op hun bedrijf ontvangen) geven aan dat melkveehouders momenteel te druk zijn met het inventariseren van en reageren op de gevolgen van de nieuwe mestwetgeving om aandacht te hebben voor de broeikasgasproblematiek. Dat neemt niet weg dat er mogelijkheden zijn om de emissie van broeikasgassen op de agenda van melkveehouders te zetten. Dat gaat echter niet vanzelf, omdat de gemiddelde melkveehouder zich niet laat sturen door maatschappelijke betrokkenheid. Het is noodzakelijk om de sector ervan te doordringen dat de emissie van broeikasgassen voor de melkveehouderij een duidelijk en belangrijk probleem is, dat in de toekomst voor beperking van het ondernemerschap kan zorgen en/of hoge kosten met zich mee kan brengen. Zo gauw de sector zich daarvan bewust is, kan met behulp van de resultaten van het ROB-programma worden aangetoond dat er mogelijkheden zijn om die bedreigingen het hoofd te bieden.

6 Aanbevelingen

Het voorliggende onderzoeksproject heeft zich gericht op maatregelen die kunnen leiden tot een vermindering van de lachgas- en methaanemissie van melkveehouderijbedrijven. Het ging daarbij om de implementatie van maatregelen in het bedrijfsmanagement van praktijkbedrijven: welke maatregelen worden autonoom genomen, wat is de invloed van het nieuwe mestbeleid op de (autonome) implementatie, welke emissiereductie kan via autonome implementatie van maatregelen gerealiseerd worden, welke maatregelen worden niet genomen en hebben waarschijnlijk wel een emissiereductie tot gevolg, welke drijfveren hebben melkveehouders als het om implementatie van maatregelen gaat.

De belangrijkste conclusies van dit onderzoek waren:

- Emissiereductie van broeikasgassen op melkveehouderijbedrijven lift mee met het mestbeleid (autonome implementatie van maatregelen). Dit was heel duidelijk het geval bij het oude mestbeleid (MINAS). Bij het nieuwe mestbeleid (gebruiksnormen) is dat wat minder duidelijk, maar er zijn geen aanwijzingen dat het nieuwe mestbeleid averechts zal werken op broeikasgasemissies.
- De autonome implementatie van maatregelen kan waarschijnlijk aangevuld worden met mestvergisting en een (verdere) verbetering van de voerefficiëntie. Het is onduidelijk in welke mate deze maatregelen de broeikasgasemissie kunnen verminderen, omdat implementatie afhankelijk is van specifieke bedrijfsomstandigheden.
- De aan het onderzoek deelnemende voorloperbedrijven waren redelijk geïnformeerd over de broeikasgasproblematiek. Door het project zijn ze goed geïnformeerd en in staat de consequenties voor de eigen bedrijfsvoering te overzien. Dit wordt ook mogelijk geacht voor de gemiddelde Nederlandse melkveehouder.
- De deelnemende voorloperbedrijven hebben ervaring met de implementatie en consequenties van ROB-maatregelen, omdat ze de benoemde maatregelen al enige jaren toepassen om de nitraatuitspoeling en ammoniakemissie te minimaliseren.
- De deelnemende voorloperbedrijven hebben zelf affiniteit met de broeikasgasproblematiek, omdat ze als voorloper gevoelig zijn voor het imago van de melkveehouderij, op tijd willen inspringen op toekomstige ontwikkelingen en oog hebben voor efficiënte bedrijfsvoering. Ze geven echter duidelijk aan dat de gemiddelde melkveehouder waarschijnlijk weinig affiniteit heeft met de broeikasgasproblematiek, omdat deze zich laat sturen door actuele wet- en regelgeving en hoofdzakelijk op korte termijn werkt.

Dit onderdeel in de verslaggeving geeft aan waarom het nodig is om de broeikasgasproblematiek breder onder de aandacht van de sector te brengen en welke acties daartoe ondernomen kunnen worden.

6.1 Draagvlak bij melkveehouders

Het draagvlak om actief te sturen op vermindering van de broeikasgasemissie van melkveehouderijbedrijven is gering bij de gemiddelde Nederlandse melkveehouder. Het merendeel van de melkveehouders wil de bedrijfsvoering pas aanpassen wanneer er (dwingende) wet- en regelgeving is of wanneer er economisch gewin te behalen is. Dit geven de voorloperbedrijven aan, waar veel veehouders op excursie komen. Het signaal werd bevestigd in gesprekken met adviseurs (van DLV en voerleveranciers) die melkveehouderijbedrijven bezoeken. Er worden verschillende redenen voor dit geringe draagvlak genoemd. Allereerst herkennen de (melk)veehouders de broeikasgasproblematiek niet als agrarisch probleem, waardoor de vraag om sturing voor hen een academische vraag is. Vervolgens constateren melkveehouders dat ze momenteel geconfronteerd worden met dwingende wet- en regelgeving behorende bij het nieuwe mestbeleid. Deze wet- en regelgeving bepaalt de realiteit van het inpassen van maatregelen in het bedrijfsmanagement. Voor andere maatregelen, bijvoorbeeld voor vermindering van de uitstoot van broeikasgassen, is geen aandacht en daarom ook geen plaats bij bedrijfsaanpassingen. Bovenstaande constatering is gedeeltelijk toe te schrijven aan de tot nu toe weinig gerichte aandacht aan het vergroten van draagvlak voor ROB in de melkveesector. Daarvoor ontbrak de noodzaak, maar er zijn goede mogelijkheden om bij melkveehouders draagvlak voor de broeikasgasproblematiek te creëren. Uit de ervaringen met MINAS blijkt dat de sector in staat is om tot draagvlak voor een vermeende bedreiging te komen. De aanvankelijke weerstand tegen MINAS werd door gedoseerde en voortdurende communicatie omgezet in een groot draagvlak binnen de melkveehouderij. Dit was mogelijk doordat de communicatie gesteund werd door positieve praktijkvoorbeelden (boer – boer communicatie) en instrumenten om het bedrijfsmanagement te ondersteunen. In dat proces heeft het project Koeien & Kansen een belangrijke rol gespeeld. Met betrekking tot de uitstootreductie van broeikasgassen is hetzelfde mogelijk, omdat via het project Koeien & Kansen positieve praktijkvoorbeelden voorhanden zijn en omdat er praktisch toepasbare instrumenten beschikbaar zijn voor het

bedrijfsmanagement. Daarnaast is het vertrekpunt voor ROB makkelijker dan voor MINAS. De sector kent immers geen weerstand tegen ROB, maar wordt slechts in beslag genomen door andere, meer dwingende eisen die om directe aanpassing van het bedrijfsmanagement vragen. Verdere (autonome) aanpassing van het bedrijfsmanagement in het kader van ROB is mogelijk wanneer dit als logisch vervolg op het nieuwe mestbeleid wordt gepresenteerd. In het voorliggende onderzoek zijn hiervoor aanknopingspunten gevonden die in de volgende paragrafen worden toegelicht.

6.2 Autonome implementatie ROB-maatregelen

Het ontbreken van draagvlak hoeft geen reden te zijn voor het niet implementeren van maatregelen die een vermindering van de uitstoot van broeikasgassen bewerkstelligen. Uit het voorliggende onderzoek is immers gebleken dat die maatregelen ook passen binnen een bedrijfsvoering die gericht is op het voldoen aan het nieuwe mestbeleid. Sterker nog, op de voorloperbedrijven die niet alleen volgens de richtlijnen van het mestbeleid van 2009 werken, maar ook sturen op het maximaliseren van de efficiëntie van de benutting van meststoffen en voedermiddelen, bleek dat er sprake was van een autonome reductie van de lachgas- en methaanemissie die bijna niet vergroot kon worden door implementatie van aanvullende maatregelen. Wanneer deze voorloperbedrijven model staan voor de ontwikkeling die het gemiddelde melkveehouderijbedrijf op korte of middellange termijn gaat doormaken, mogen we verwachten dat de uitstoot van broeikasgassen uit de melkveehouderij via autonome implementatie van maatregelen optimaal verminderd wordt. Helaas is dat niet het meest waarschijnlijke scenario. Het nieuwe mestbeleid is dwingend voor de totale mestaanwending (N + P) en dat kan onder andere vertaald worden in de ROB-maatregel 'terugdringen van het N-overschot'. Daarmee zal het mestbeleid ook de broeikasgasemissie van de melkveehouderij beperken. Een verdere emissiereductie is voor de melkveehouderij mogelijk wanneer ook andere ROB-maatregelen worden toegepast. De overige ROB-maatregelen zijn met betrekking tot het nieuwe mestbeleid interessant voor bijvoorbeeld bedrijven met een productie-intensiteit die hoger ligt dan ongeveer 13.500 kg melk/ha. Volgens LTO Nederland zullen tussen de 5000 en 7500 bedrijven daadwerkelijk de bedrijfsvoering aanpassen door, naast de opgelegde vermindering van de N-aanwending, extra maatregelen te implementeren om de gedwongen mestafvoer te beperken. De in het voorliggende ROB onderzoek deelnemende voorloperbedrijven kunnen model staan voor deze laatste groep bedrijven. Vanuit dit gegeven mag van ca. 20% tot 30% van de Nederlandse melkveehouderijbedrijven verwacht worden dat ze daadwerkelijk de methaanemissie zullen beperken via autonome implementatie van maatregelen die verder gaan dan de verplichte verminderde N-aanwending. Voor de overige circa 70 - 80% van de Nederlandse melkveehouderijbedrijven is een extra impuls nodig voordat men tot implementatie van ROB-maatregelen overgaat.

6.3 Extra impulsen voor autonome implementatie ROB-maatregelen

De beste garantie om (volledige) implementatie van ROB-maatregelen te realiseren, is het formuleren van duidelijke beleidsdoelen gekoppeld aan dwingende wet- en regelgeving. Zolang dat niet aan de orde is moet implementatie van maatregelen komen uit betrokkenheid (werkt slecht, omdat draagvlak ontbreekt), via autonome implementatie als gevolg van ander beleid (werkt, maar betreft gedeeltelijke reductie) of via autonome implementatie als gevolg van bedrijfsontwikkeling (kan werken).

In de laatste mogelijkheid liggen kansen voor extra impulsen voor implementatie van ROB-maatregelen. De Nederlandse melkveehouderij sector is zich bewust van de noodzaak om maatregelen te nemen ter verbetering van de efficiëntie van de bedrijfsvoering. Melkveehouderijbedrijven die daarin niet meegaan zullen op middellange termijn verdwijnen. Om die reden verwachten belangenorganisaties een flinke krimp in het aantal melkveebedrijven bij een gelijkblijvend Nederlands melkquotum. Dat betekent dat de resterende bedrijven zullen groeien in melkquotum. Ook de melkproductie per hectare zal intensiveren, omdat grond een duur productiemiddel is waardoor de uitbreiding in melkquotum geen gelijke tred zal houden met de uitbreiding in areaal. Deze ontwikkeling sluit aan bij de ontwikkeling van omstandigheden waarin ROB-maatregelen autonoom worden genomen. Uit het voorliggende project is immers gebleken dat ROB-maatregelen de efficiëntie van het gebruik van meststoffen en voedermiddelen verhogen. Hierdoor is directe verbetering van het bedrijfseconomisch presteren mogelijk en wordt het mogelijk om de productie-intensiteit te verhogen zonder met dwingende wet- en regelgeving van het mestbeleid geconfronteerd te worden. Binnen het project Koeien & Kansen is aangetoond dat het mogelijk is om, door het implementeren van maatregelen, de melkproductie per ha waarbij mestafvoer verplicht wordt, te verhogen van ongeveer 13.500 naar 17.500 kg melk. Melkveehouders die mee willen gaan in deze ontwikkelingen zullen in toenemende mate gevoelig zijn voor argumenten die gericht zijn op

efficiëntieverbeteringen van het gehele bedrijfssysteem. Door hierop in te spelen kunnen extra impulsen voor de implementatie van ROB-maatregelen verkregen worden.

6.4 Verbrede implementatie van ROB-maatregelen

Als gevolg van het nieuwe mestbeleid zullen ROB-maatregelen autonoom geïmplementeerd worden. Dit gebeurt voor intensieve bedrijven (meer dan ongeveer 13.500 kg melk/ha) waarschijnlijk zo goed, dat verdere reductie van de emissie van broeikasgassen nauwelijks haalbaar is. Helaas betreft dit slechts circa 30% van de melkveehouderijbedrijven, zodat voor de melkveehouderij als sector een groot deel van de mogelijkheden tot emissiereductie niet benut worden. Om die mogelijkheden voor emissiereductie wél te benutten is verbrede implementatie van ROB-maatregelen (= toepassen van maatregelen op de resterende ca. 70% van de melkveebedrijven) nodig. Dat kan vooralsnog niet gerealiseerd worden vanuit draagvlak voor de broeikasgasproblematiek, maar wel vanuit draagvlak voor de ROB-maatregelen zelf. De sleutel voor implementatie van deze maatregelen is koppeling aan bedrijfseconomische efficiëntie (duurzaamheid) en noodzaak voor verdere intensivering. Melkveehouders moeten geprikkeld worden om het belang te herkennen van tijdig nadenken over toekomstige veranderingen met als doel de nieuwe inzichten om te zetten in het nemen van managementmaatregelen, waarbij het wijzigen van het bedrijfsmanagement gericht is op het voldoen aan toekomstige eisen zonder negatief effect op bedrijfseconomische duurzaamheid. Bij het prikkelen van de melkveehouder (via gerichte communicatie en ondersteund door praktijkvoorbeelden) moet de nadruk worden gelegd op die maatregelen die tevens als ROB-maatregel zijn herkend. Dit kan gebeuren door in te spelen op de actuele situatie, waarin de sector vanuit bedrijfseconomische duurzaamheid doordrongen is van de noodzaak om maatregelen te nemen ter verbetering van de efficiëntie van de N-benutting in de componenten dier, bodem en gewas. De stap van efficiënt management van de N-kringloop op het bedrijf naar reductie van de lachgasemissie is eenvoudig te zetten. Datzelfde geldt voor efficiënt voermanagement en de reductie van methaanemissie. De argumenten van de melkveehouder voor implementatie van deze maatregelen zijn het verbeteren van de bedrijfseconomische prestaties en de mogelijkheid tot intensivering. Wanneer dat geborgd is, kan er gewezen worden op andere effecten van de genomen maatregelen, zoals emissiereductie van nitraat en ammoniak die verder gaat dan het mestbeleid voorschrijft én reductie van de emissie van broeikasgassen. Op die wijze werkt implementatie deze maatregelen mee aan een positief beeld van de melkveehouderij en/of het creëren van maatschappelijk draagvlak voor de productiewijze. Daarmee wordt implementatie van (ROB) maatregelen voor melkveehouders extra aantrekkelijk, omdat de sector zich bewust is van het feit dat toekomstige melkveehouderij alleen mogelijk is wanneer daar voldoende maatschappelijk draagvlak voor is.

6.5 Kennisoverdracht

Om de verbrede implementatie van ROB-maatregelen te ondersteunen is kennisoverdracht over het hoe en waarom van efficiënte bedrijfsvoering nodig. Het belang dat de sector toekent aan deze implementatie kan vergroot worden door ook te zorgen voor verbreding van de bewustwording van de (mogelijke) rol van de melkveehouderij met betrekking tot de broeikasgasproblematiek. De deelnemende praktijkbedrijven binnen het project Koeien & Kansen hebben laten zien dat via die weg een geringe aandacht voor de broeikasgasproblematiek kan worden omgezet in affiniteit voor de problematiek. Datzelfde kan gerealiseerd worden voor het gemiddelde Nederlandse melkveebedrijf. De kennisoverdracht moet gericht zijn op de gebruiksvriendelijkheid en effectiviteit van de maatregelen. Essentieel is daarbij het aantonen van de positieve bedrijfseconomische gevolgen. Daartoe kan de nieuwe BBPR module worden ingezet, zodat via voorbeelden van praktijkbedrijven de boodschap duidelijk gemaakt kan worden. De informatie daarvoor is (deels) beschikbaar via de rapportage van het project ROB-BBPR waarin de bandbreedte is onderzocht van de te behalen emissiereductie en de daarmee samenhangende kosteneffectiviteit van ROB-maatregelen.

Het voorliggende project resulteerde in de verwachting dat Nederlandse melkveehouder met kleine stapjes aan de broeikasgasemissie gewend moet raken. Dit kan door de kennisoverdracht in 2 sporen op te zetten. Het eerste spoor loopt via efficiënte bedrijfsvoering om bedrijfseconomische redenen en het tweede spoor richt zich op de positieve effecten van het eerste spoor voor de reductie van de broeikasgasemissie. In beide sporen moet de melkveehouder overtuigd worden door praktijkvoorbeelden. Daar zijn verschillende opties voor. Een concept dat goed bleek te werken bij vergelijkbare vragen om kennisoverdracht, is informatieverbreiding via studiegroepen. Deze studiegroepen zijn meestal geformeerd rond een kernbedrijf dat als voorloper een voorbeeld stelt en vervolgens als vliegwiel functioneert (bijvoorbeeld een K&K bedrijf). Binnen zo'n studiegroep kan de nieuwe BBPR module een belangrijke bijdrage leveren aan de beeldvorming met betrekking tot de

aantrekkelijkheid van het implementeren van (ROB) maatregelen. De studiegroepen moeten duidelijk gericht zijn op brede communicatie van hun bevindingen, zodat de kennis zich binnen de sector verspreidt (olievlekwerking).

6.6 Conclusies

Het verminderen van de uitstoot van broeikasgassen op Nederlandse melkveehouderijbedrijven zal in de komende jaren autonoom plaatsvinden. Dit is een indirect resultaat van het nieuwe mestbeleid. Het effect van het nieuwe mestbeleid is echter onvoldoende groot om de volledige potentie van vermindering van de uitstoot van broeikasgassen vanuit de melkveesector te bewerkstelligen. De reden is dat voor een groot deel van de melkveebedrijven het mestbeleid niet dwingend genoeg is om het hele palet aan ROB-maatregelen te implementeren. Deze bedrijven kunnen op basis van bedrijfseconomische argumenten overtuigd worden van de noodzaak van implementeren van maatregelen die ook de broeikasgasemissie verminderen. Om deze verbrede implementatie van ROB-maatregelen te bereiken is het nodig om via kennisoverdracht op basis van praktijkvoorbeelden de Nederlandse melkveehouder te overtuigen. Er liggen goede mogelijkheden om de gemiddelde melkveehouder te overtuigen van de zin van implementatie van (ROB)-maatregelen. De reden voor deze constatering is 4-ledig: de sector heeft onder MINAS laten zien positief te reageren op dergelijke kennisoverdracht, implementatie van deze maatregelen is een logisch vervolg van de weg die (verplicht) wordt ingeslagen door het nieuwe mestbeleid, implementatie verbeterd de bedrijfseconomische resultaten en/of maakt intensivering van de bedrijfsvoering mogelijk, implementatie draagt bij aan duurzaamheid van de sector via toename van het maatschappelijk draagvlak voor melkveehouderij.

Literatuur

- Beever, D.E., 1993. In: J.M. Forbes en J. France (Editors), Quantative aspects of ruminant digestion and metabolism. CAB International, Wallingford, pp. 187-215.
- Brown, L., Jarvis, S.C. en Headon, D., 2001. A farm-scale basis for predicting nitrous oxide emissions from dairy farms. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 60(1-3): 149-158.
- Corré, W.J., 2002. Agricultural land use and emissions of methane and nitrous oxide in Europe. Report 40, Plant Research International, Wageningen.
- De Mol, R.M. en Hilhorst, M.A., 2003. Methaan-, lachgas- en ammoniakemissie bij productie, opslag en transport van mest. 2003-03, Instituut voor Milieu- en Agritechniek, Wageningen.
- Firestone, M.K. and Davidson, E.A., 1989. Microbiological basis of NO and N₂O production and consumption in soil. In: Andreae, M.O. and Schimel, D.S. (eds). *Exchange of trace gases between terrestrial ecosystems and the atmosphere*, pp 7-21. John Wiley and sons, Chichester
- Freibauer, A., 2003. Regionalised inventory of biogenic greenhouse gas emissions from European agriculture. *European Journal of Agronomy*, 19(2): 135-160.
- IPCC, 1997. Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Intergovernmental Panel on Climate Change.
- Kirchgessner, M., Windisch, W. en Müller, H.L., 1995. Nutritional factors for the quantification of methane production. In: W. Von Engelhardt, S. Leonard-Marek, G. Breves en D. Giesecke (Editors), *Ruminant Physiology: Digestion, Metabolism, Growth and Reproduction*, pp. 291-315.
- Klein Goldewijk, K., J.G.J. Olivier, J.A.H.W. Peters, P.W.H.G. Coenen en H.H.J. Vreuls, 2005. Greenhouse Gas Emissions in the Netherlands 1990-2003. National Inventory Report 2005. RIVM report 773201009/2005.
- Kuikman, P.J. et al, 2004. Eindrapportage MITERRA, Alterra rapport nr. x (In voorbereiding).
- Oudendag, DNA. en Kuikman, P.J., 2003. Effecten van extensivering van de melkveehouderij op de emissies van broeikasgassen. 649, Alterra, Wageningen.
- Oudendag, DNA. en P.J. Kuikman, 2004. Handleiding ROB-DS; versie 2.0; Decision support in het Reductieplan Overige Broeikasgassen: cluster landbouw. Alterra, Wageningen.
- Reijneveld, J.A., Habekotté, B., Aarts, H.F.M. en Oenema, J., 2000. "Typical Dutch", zicht op verscheidenheid binnen de Nederlandse melkveehouderij. 8, Plant Research International, Wageningen.
- Sanders, W.T.M., 2001. Anaerobic hydrolysis during digestion of complex substrates., Wageningen University, Wageningen, 101 pp.
- Schils, R.L.M., Verhagen, A., Aarts, H.F.M. en Šebek, L.B.J., 2004. A farm level approach to define successful mitigation strategies for greenhouse gas emissions from dairy systems. in prep.
- Schils, R.L.M., Šebek, L.B.J., Aarts, H.F.M., Jongschaap, R.E.E., de Boer, H.C. en van Dooren, H.J.C., 2004. Verlaging van de methaan- en lachgasemissie uit de Nederlandse melkveehouderij ; Startnotitie in het kader van implementatie Reductieplan Overige Broeikasgassen in Koeien & Kansen. ASG divisie Praktijkonderzoek, Lelystad.
- Sibma, L., 1987. Ontwikkeling en groei van Mais onder Nederlandse omstandigheden. *Gewassenreeks*. Pudoc, Wageningen, 57 pp.
- Sibma, L. en Ennik, G.C., 1988. Ontwikkeling en groei van productiegroen onder Nederlandse omstandigheden. *Gewassenreeks*. Pudoc, Wageningen, 53 pp.
- UNFCCC, 1997. Kyoto Protocol to the United Nations Framework Convention on Climate Change, www.unfccc.int.
- Van Amstel, A.R. et al., 1993. Methane, the other greenhouse gas. Research and policy in the Netherlands. 481507001, Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu, Bilthoven.
- Van Den Pol-Van Dasselaar, A., 1998. Methane emissions from grasslands, Wageningen University, 179 pp.
- Van Den Pol-Van Dasselaar, A. en Lantinga, E.A., 1995. Modeling the Carbon-Cycle of Grassland in the Netherlands under Various Management Strategies and Environmental-Conditions. *Netherlands Journal of Agricultural Science*, 43(2): 183-194.
- Van Den Pol-Van Dasselaar, A., Van Beusichem, M.L. en Oenema, O., 1997. Effects of grassland management on the emission of methane from intensively managed grasslands on peat soil. *Plant and Soil*, 189(1): 1-9.
- Van Der Honing, Y., Van Vuuren, A.M. en Ten Cate, R.H., 1994. Measurements of methane release by productive dairy cows on various rations and evaluation of factors involved., 45th Annual Meeting of the European Association for Animal Production, Edinburgh.
- Van Laar, H. en W.M. van Straalen, 2004. Ontwikkeling van een rantsoen voor melkvee dat de methaanproductie reduceert. Proefverslag nr. BET-2004-24, Schothorst Feed Research, Lelystad.
- Van Straalen, W.M., 2006. Voorspelling van de methaanproductie op een aantal praktijkbedrijven op basis van de rantsoensamenstelling en productieniveau. Proefverslag nr. RM-04-15, Schothorst Feed Research, Lelystad.
- Veen, W.A.G., 2000. Veevoedermaatregelen ter vermindering van methaanproductie door herkauwers, Schothorst Feed Research, Lelystad.

- Velthof, G., 1997. Nitrous oxide emissions from intensively managed grasslands, Wageningen University, 195 pp.
- Velthof, G.L. en Oenema, O., 1997. Nitrous oxide emission from dairy farming systems in the Netherlands. *Netherlands Journal of Agricultural Science*, 45(3): 347-360.
- Wrage, N., Velthof, G.L., van Beusichem, M.L. en Oenema, O., 2001. Role of nitrifier denitrification in the production of nitrous oxide. *Soil Biology & Biochemistry*, 33(12-13): 1723-1732.
- Yan, T., R.E. Agnew, F.J. Gordon, M.G. Porter, 2000. Prediction of methane energy output in dairy and beef cattle offered grass silage-based diets. *Livestock Production Science* 64, 253-263

Bijlage 1 Kengetallen van gemiddelde melkveebedrijven op zand, klei en veen

	Zand	Klei	Veen
Melkkoeien	63.1	71.1	63.7
Jongveebezetting (stuks/10 mk)	7.0	6.8	6.2
Oppervlakte (ha)	35.1	41.8	39.3
- gras	27.1	37.4	37.0
- maïs	8.0	4.4	2.3
Beweidingsstelsel*	B+8	B+6	O+3
Melkproductie per koe (kg)	7620	7750	7440
Quotum (kg)	480822	551025	473928
Ontwatering (grondwatertrap)	VI	IV	III
Methode mesttoediening grasland	Zodebemester	Zodebemester	Sleufkouter
Vervangingspercentage grasland (%)	10	10	10
Aankoop bij ruwovertkort	Snijmais	Snijmais	Snijmais
Vanggewas na snijmais	Ja	Nee	Nee
Inkuilen in loonwerk	Ja	Ja	Ja

* B=Beperkt weiden, O=Onbeperkt weiden, getal is bijvoeding in kg ds/koe/dag

Bijlage 2 Overzicht rapporten ROB

Zie voor actuele informatie www.robklimaat.nl

Cornelissen Consulting Services BV - Business plan Agri-Power boerderij (4800000444.pdf)

Schothorst Feed Research, Lelystad - Haalbaarheidsstudie veevoedermaatregelen ter vermindering van methaanemissies bij herkauwers (3.1) (3742990110.pdf)

Ecofys - Internationale verkenning mestvergisting (4700003707.pdf)

IMAG - Inventariseren emissie en reductieopties van methaan bij transport van mest bij verschillende typen veehouderijbedrijven (3730020220.pdf)

Ecofys - Mestvergisting in bestaande opslagsystemen (3730020230.pdf)

Alterra (DLO-AB) - Ontwikkelen richtlijnen voor beheer, omzetting en herinzaai van grasland (1.5) (3742990050.pdf)

Alterra Wageningen bv - Ontwikkelen van richtlijnen voor beheer, omzetting en herinzaai van grasland om de emissie van lachgas uit de bodem te verminderen (3730020151.pdf)

Alterra (DLO-AB) - Perspectiefstudie co-vergisting (2.2.) (3742990100.pdf)

Praktijkonderzoek Rundvee - Praktijk/demostudie mestvergisting (2.1.) (3742990090.pdf)

Alterra bv - Reductie N₂O door behandeling van gewasresten (4700001165.pdf)

Alterra bv - Reductie N₂O door ontwikkeling van richtlijnen voor beheer van klaver in grasland (4700001166.pdf)

Alterra (DLO-AB) - Richtlijnen voor beheer en behandeling gewasresten vermindering N₂O uit bodem (1.3) (3742990030.pdf)

Alterra - Richtlijnen voor beheer en behandeling gewasresten vermindering N₂O uit bodem (lab- en veldproeven)(1.3) (3742990031.pdf)

Alterra (DLO-AB) - Richtlijnen voor beheer van klaver in grasland (1.4) (3742990040.pdf)

Alterra - Richtlijnen voor beheer van klaver in grasland (1.4)(lab- en veldonderzoek) (3742990041.pdf)

Alterra (DLO-AB) - Strategieën in waterbeheer om de lachsemisatie uit de bodem te verminderen (1.6) (3742990060.pdf)

Alterra - Strategieën in waterbeheer om de lachsemisatie uit de bodem te verminderen (1.6)(veldproeven) (3742990061.pdf)

Alterra (DLO-AB) - Vermindering lachgasemissie door aanpassing strategieën/technieken toediening meststoffen (1.2.) (3742990020.pdf)

Alterra - Vermindering lachgasemissie door aanpassing strategieën/technieken toediening meststoffen; lab en veldmetingen) (1.2.) (3742990021.pdf)

Alterra (DLO-AB) - Vermindering lachgasemissie door optimalisering bijvoeding en beweiding (1.1) (3742990010.pdf)

Bijlage 3 Overzicht reductiemaatregelen

De maatregelen worden in deze tabel in korte bewoordingen benoemd. Een uitgebreide beschrijving is te lezen in de rapportage over MITERRA (Kuikman et. al, 2004)

+ = hogere emissie
- = lagere emissie

Compartiment										
Cluster	Groep		Optie	ROB-id	Kostencategorie	CH4	N2O	NH3	NO3	
Bedrijf										
Bedrijfs- strategie	Intensiteit	Verlaag	Veebezetting			-	-	-	-	
			Biologische veehouderij				-			
	Beweidingsysteem	Verlaag	Beweidingsduur	x		+	-	+	-	
			dagelijkse graastijd	23	BO	+	-	+	-	
			Geen beweiding na 1 september	25	BO	+	-	+	-	
			Alleen maaien	24	BO	+	-	+	-	
	Goede Landbouw Praktijk	Verlaag	Vervanging melkvee	26	BO	-	-	-	-	
	Dier									
	Dier- management	Dier productie	Verhoog	Dierproductie	27/48		-	-	-	-
				Hormoonbehandeling			-	-	-	-
Verhoog		Vruchtbaarheid								
		Fokkerij programma's (voederconversie)	x			-				
Voer		Verhoog	Aandeel krachtvoer	x		-				
			Manipulatie pensflora	47		-				
		Verhoog	Efficientie microbiele groei in pens	44		-		-		
		Verhoog	Vetgehalte krachtvoer	45		-				
		Verhoog	Ruwvoer kwaliteit (vc_os)			-				
		Verhoog	Aandeel maïs (hoog zetmeel)	x		-				
		Verhoog	Celwandverteerbaarheid	43		-				
			Visolie	49		-				
Verhoog		Toevoegingen		46		-				
Goede Landbouw Praktijk	Verlaag	Eiwitgehalte in rantsoen	22	OS		-	-	-		
		Gebalanceerde voeding			-	-	-	-		
Mest										
Dierlijke-Mest- management	Huisvesting en opslag		Verbeterde stal- en opslagsystemen	55		-		-		
			Afgesloten mestopslag			-	-	-		
			Verander meststelsel (stal- naar drijfmest)				-			
		Verhoog	Opslagduur			+		-		
		Verlaag	Opslagtemperatuur			-		-		
			Anaerobe opslag			+	-			
	Mestbehandeling			Luchtzuivering	x		-		-	
				Anaerobe (co)vergisting	50/58/73	BO/OS	-	-	+	
				Mestscheiding	63	OS				
				Mestscheiding + vergisting			-			

Rapport 16

Compartiment									
Cluster	Groep	Optie		ROB-id	Kostencategorie	CH4	N2O	NH3	NO3
		Mest niet mixen				-			
		Mestbeluchting				-	+	-	
		Aanzuren				-	+	-	
		Verbranding/Affakkelen		x		-			
	Verlaag	Aandeel makkelijk verteerbare OS				-	-		
	Mesttoediening	Efficient mestgebruik (tijdstip, methode)		13	BS	-	-	-	
		twee dagen tussen mest en kunstmest				-			
		Geen drijf- en kunstmest op zelfde perceel		14	BE	-			
		Oppervlakkige toediening/sleepslangen				-		+	
	Verlaag	Mest naar bouwland		x		-			
	Verhoog	Mestaanvoer				+	+	+	
	Goede Landbouw Praktijk	Optimaal mest management		x		-	-	-	-
Kunstmest-management	Toediening	Verlaag	Stikstofniveau	20/21	BO	+	-	-	-
			Gedeelde kunstmestgift	12	BE	-			-
			Vermijd natte omstandigheden			-			
			Nitrificatiereemers	17/18	OD	-			
			Hoger aandeel ammonium	x		-	-	+	-
			Rijenbemesting			-			-
			Geen ureum onder droge omstandigheden			-		-	
			Geen nitraat op natte gronden	15	BE	-			
			Geen drijf- en kunstmest op zelfde perceel	14	BE	-			
	Goede Landbouw Praktijk	Uniforme (kunst)mestverdeling		x		-	-	-	
		Volg bemestingsadviezen				-	-	-	
Bodem									
Bodem-management	Grondbewerking	Verlaag	Intensiteit van grondbewerking	x		-	-		-
			Doorzaaien grasland	38	BS	-			-
			Pleksgewijs doorzaaien	39	BS	-			-
			Geen herinzaai na 1 augustus	37	BO	-			-
			Verbeterde grondbewerking zand/	3	BO	-			
			Verbeterde grondbewerking KLEI	4	BS	-			
	Bodembeheer	Verhoog	Erosiepreventie						
			Organische afvalstoffen			+	+	+	
			Voorkom bodemverdichting			-			
			Behoud ph boven 5			-			
			Bekalking			-			
			Bodembemonstering			-		-	-
Water-management	Grondwater	Verlaag	Grondwater op natte zandgronden	29	OS	-	-		+
		Verlaag	Grondwater op natte kleigronden	30	OS	-	-		+
		Verhoog	Grondwater op veen	28	OS	+	-		
			Plas/dras op veengronden	31	OS	+	-		
			Voorkom grondwaterfluctuaties			-			
			Voorkom overstromingen			-	-		-

Rapport 16

Compartiment								
Cluster	Groep	Optie	ROB-id	Kostencategorie	CH4	N2O	NH3	NO3
		Gecontroleerde drainage	36	RO	-			
		Bemestingsstrategie op basis grondwater	35	RO	-			
	Beregening	Geen beregening	32	OS	-			
		Beregeningsintensiteit	34	RO	-			
		Integratie beregening en bemesting	33	RO	-			
	Goede Landbouw Praktijk	Voorkom afspoeling			-		-	
		Voorkom anaerobe omstandigheden			-	-		
		Optimaal water management	x		-			
Gewas								
Gewas- management	Teeltplan	Vlinderbloemigen	1	BO	-			
		Vanggewassen	x		-		-	
		Wintergewassen	11	BA	-		-	
		Tijdelijk gras in korte rotatie/bouwland langer	40	OS	-		-	
		Behoud permanent grasland	x		-		-	
		Geen vruchtwisseling	41	BS	-		-	
	Gewasresten	Verwijder gewasresten	10	BE	-			
		Inwerken van stro						
		Meng gewasresten	5	BE	-			
	Verlaag	kunstmest op gewasresten	x		-			
		Geen herfsttoediening dierlijke mest	7/8	BE	-			
		Verwijder stro	9	BO	-			
		Composteren gewasresten	2	OS	-			
	Goede Landbouw Praktijk	Optimaal beweidingsmanagement	x		-			
		Graslandmanagement (P,K, beregening)			-	-	-	
		Verbeterde rassen						
		Gewasbescherming			-	-	-	
		N efficiënte gewassen in bouwplan			-			
		Optimaal graslandgebruik	x		-	-	-	-
Voer								
Voer- management	Goede Landbouw Praktijk	Optimaal oogst, opslag, voer management			-	-	-	-
	Verlaag	Ruwe celstof			-			

BE = Kosten bekend, maar verdienen evaluatie

BA = Kosten deels bekend, maar behoeven aanvulling

BS = Kosten zijn kwalitatief bekend, maar vereisen nadere studie voor omrekening

BO = Kosten bekend, maar moeten worden omgerekend

OD = Kosten onbekend, dummy

OS = Kosten onbekend, kostenefficiëncy wordt laag ingeschat, vereist een andere studie

RO = Reductie en kosten onbekend