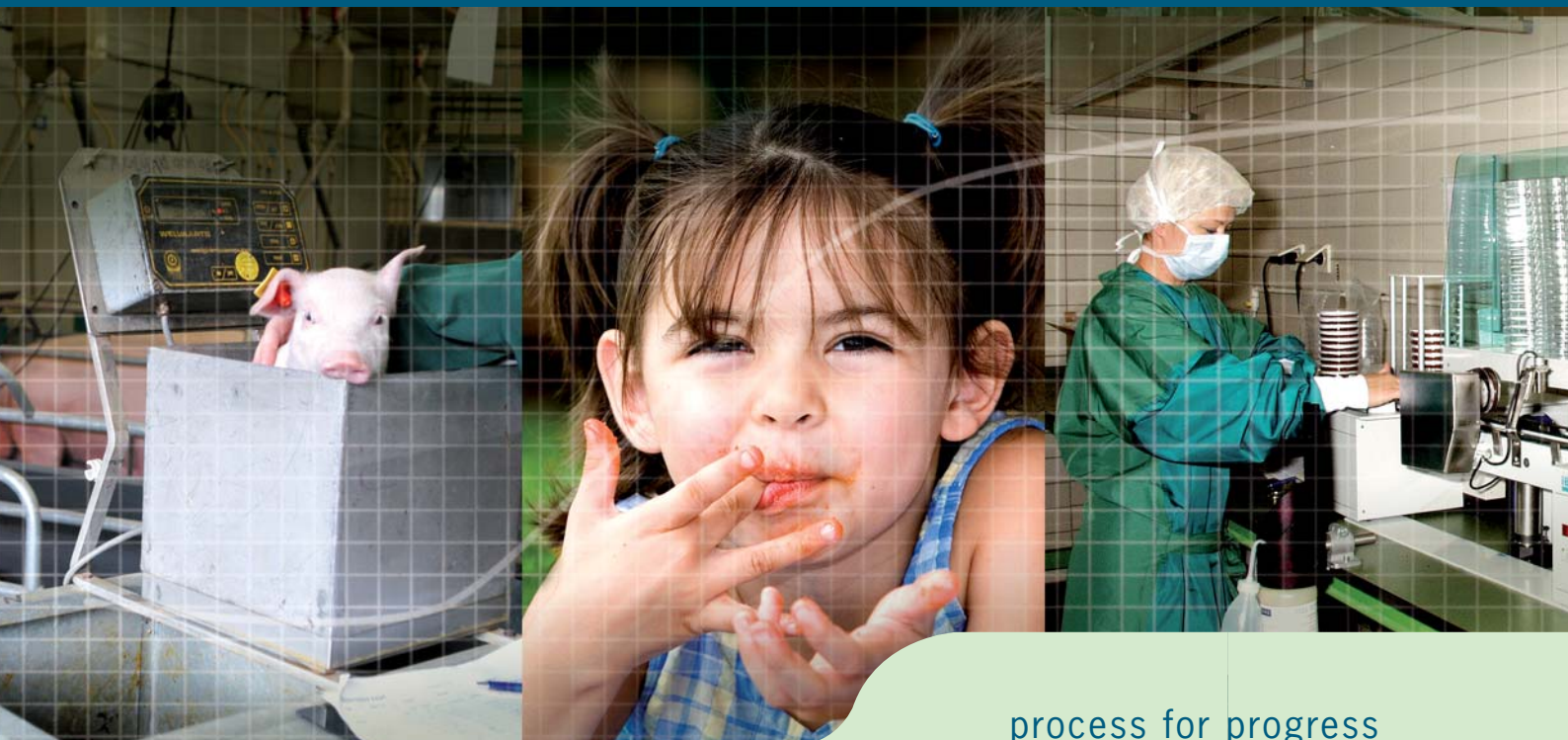


Animal Sciences Group

Kennispartner voor de toekomst



process for progress

Rapport 211

Vermindering van de uitstoot van
broeikasgassen op het melkveebedrijf

Berekeningen voor praktijkbedrijven

Maart 2009



ANIMAL SCIENCES GROUP
WAGENINGEN UR

Colofon

Uitgever

Animal Sciences Group van Wageningen UR
Postbus 65, 8200 AB Lelystad
Telefoon 0320 - 238238
Fax 0320 - 238050
E-mail Info.veehouderij.ASG@wur.nl
Internet <http://www.asg.wur.nl>

Redactie

Communication Services

Aansprakelijkheid

Animal Sciences Group aanvaardt geen aansprakelijkheid voor eventuele schade voortvloeiend uit het gebruik van de resultaten van dit onderzoek of de toepassing van de adviezen.

Liability

Animal Sciences Group does not accept any liability for damages, if any, arising from the use of the results of this study or the application of the recommendations.

Losse nummers zijn te verkrijgen via de website.



De certificering volgens ISO 9001 door DNV onderstreept ons kwaliteitsniveau. Op al onze onderzoeksopdrachten zijn de Algemene Voorwaarden van de Animal Sciences Group van toepassing. Deze zijn gedeponereerd bij de Arrondissementsrechtbank Zwolle.

Abstract

Calculations of greenhouse gas emissions on dairy farms and of mitigation options show that there is variation in cost-effectiveness of these options. An emission reduction of 100 to 200 gram can be realized by applying a combination of mitigation options. The farm income can vary from a slight decrease to a strong increase. The target of 30% reduction of emissions can be realized by adding the effects calculated to the reduction of emissions realized between 1990 and 2007.

Keywords

GHG emissions, mitigation options, abatement costs

Referaat

ISSN 1570 - 8616

Auteurs

Theun Vellinga, Michel de Haan, Aart Evers
(WUR - Animal Sciences Group)

Titel

Vermindering van de uitstoot van broeikasgassen op het melkveebedrijf. Berekeningen voor praktijkbedrijven.
Rapport 211

Samenvatting

Berekeningen van broeikasemissies voor een groep bedrijven en van maatregelen om de uitstoot te perken, tonen aan dat er tussen bedrijven verschil bestaat in kosteneffectiviteit van emissiebeperkende maatregelen. Met een combinatie van maatregelen kan een verdere reductie van 100 tot 200 gram per kg melk worden bereikt. Het bedrijfsresultaat zal licht kunnen dalen tot duidelijk toenemen. Samen met de gerealiseerde vermindering van de uitstoot tussen 1990 en 2007 is een emissiereductie van 30% haalbaar.

Trefwoorden

broeikasgassen, emissiereductie, kosteneffectiviteit



Rapport 211

Vermindering van de uitstoot van broeikasgassen op het melkveebedrijf

Berekeningen voor praktijkbedrijven

Decreasing greenhouse gas emissions on dairy farms

Theun Vellinga (Animal Sciences Group, WUR)

Michel de Haan (Animal Sciences Group, WUR)

Aart Evers (Animal Sciences Group, WUR)

Maart 2009

Voorwoord

De uitstoot van broeikasgassen en de gevolgen voor klimaatverandering staan volop in de belangstelling. Ook de landbouw draagt bij aan de uitstoot van broeikasgassen. Uit onderzoek is bekend wat de bijdrage van de landbouw is en er zijn projecten opgestart om de sector daarvan bewust te maken en te werken aan maatregelen om die uitstoot te verminderen. Met modelberekeningen voor gemiddelde bedrijven zijn perspectiefvolle maatregelen geselecteerd, die ook goed zijn voor het financiële bedrijfsresultaat.

De praktijk kent echter veel variatie rond het gemiddelde en bovendien is ze vaak veel weerbarstiger. In dit rapport wordt met behulp van gegevens van praktijkbedrijven getoond hoe groot de variatie is en wat het effect is van maatregelen om de emissie te verminderen bij verschillende bedrijfsvoering. Het onderzoek is gefinancierd door SenterNovem in het kader van de Reductie van Overige Broeikasgassen in de landbouw (ROB landbouw).

Ik hoop dat dit rapport een verdere bijdrage levert aan de bewustwording van de sector en aan de mogelijkheden om de uitstoot van broeikasgassen in de praktijk te verminderen, bij voorkeur met behoud van een goed financieel resultaat voor de veehouder.

Dr. Ir. Agnes van den Pol – van Dasselaar
Hoofd cluster Grondgebonden Veehouderij
Animal Sciences Group Wageningen UR

Samenvatting

Uit berekeningen in voorgaande jaren zijn kosteneffectieve maatregelen bekend om de uitstoot van broeikasgassen te beperken. Maar in de praktijk vertoont de werkelijke bedrijfsstructuur een enorme variatie waardoor de uitkomsten van het 'gemiddelde' bedrijf niet altijd goed vertaalbaar zijn naar een individueel bedrijf. Bovendien kan het zijn dat door de variatie tussen bedrijven emissiebeperkende maatregelen verschillen in effectiviteit en in de mate waarin ze het bedrijfsresultaat beïnvloeden. Het is gewenst inzicht te krijgen in de mate waarin de (kosten) effectiviteit van maatregelen varieert tussen bedrijven.

Daarom is de uitstoot van broeikasgassen berekend voor een groep bedrijven uit de praktijk. Vervolgens is voor bijna alle bedrijven berekend wat het effect is van emissiebeperkende maatregelen op de uitstoot van broeikasgassen en op het financiële bedrijfsresultaat.

Er zijn berekeningen uitgevoerd met het Bedrijfs Begrotings Programma BBPR voor 25 bedrijven, waarvan 23 op zand- en kleigrond en 2 op veen. Aanvullend zijn met BBPR vereenvoudigde berekeningen gedaan voor acht bedrijven.

Het gemiddelde niveau van de uitstoot van broeikasgassen per kg melk is voor de betrokken bedrijven 1060 gram CO₂-equivalenten, waarbij is gecorrigeerd voor de emissie van de veengrond. De spreiding tussen de bedrijven is redelijk groot en is vaak terug te voeren op een complex van bedrijfsfactoren. Er is een sterke interactie tussen de vele factoren die de uitstoot van broeikasgassen bepalen. Daardoor blijkt dat rond eenvoudige relaties als het gebruik van kunstmest N en de uitstoot van broeikasgassen al een grote spreiding optreedt. Uit de bedrijfsberekeningen kwam één factor naar voren waar een zeer helder verband bestond, zonder veel verstoringe spreiding. Dat is de relatie tussen de uitstoot van methaan en de voerefficiëntie van het vee, uitgedrukt in kilogrammen voer per kg melk. De spreiding in voerefficiëntie tussen bedrijven bedraagt ongeveer 200 gram voer per kg melk. De indruk bestaat dat bij lagere producties de voerefficiëntie minder goed is. Omgekeerd betekent een hogere productie per koe niet automatische en efficiëntere omzetting van voer in melk. De onnauwkeurige inschatting van de hoeveelheden voer en mest binnen het bedrijf maken een goede berekening van de uitstoot van broeikasgassen op basis van bedrijfsgegevens alleen erg lastig. Om bedrijven te laten zien dat emissiebeperkende maatregelen effect hebben, is het nodig dat dit wordt getoond aan de hand van een aantal eenvoudige kengetallen van het bedrijf zelf. Deels zijn dat bestaande en eenvoudig vast te stellen kengetallen, zoals het gebruik van kunstmest en de hoeveelheid jongvee per koe. Belangrijke kengetallen als de productie en consumptie van voer en de productie van mest zijn moeilijk te meten. Daarvoor moeten eenvoudig toepasbare meetmethoden worden ontwikkeld.

Door de verbetering van nutriëntenbenutting in 2007 is al een emissiereductie van 17% bereikt ten opzichte van 1990. Met een combinatie van maatregelen is nog een verdere emissiereductie te bereiken van 100 tot 200 gram CO₂-equivalenten per kg melk. De gekozen maatregelen leiden elk voor zich tot emissiebeperkingen van 0 tot maximaal 100 gram CO₂-equivalenten per kg melk. De meest perspectievolle maatregelen zijn vermindering van de kunstmestgift, verlenging van de levensduur van de veestapel en vervanging van aangekocht krachtvoer door droge, enkelvoudige grondstoffen, CCM of Nutex. Een hoge energieprijis maakt dat verlaging van de kunstmestgift leidt tot een toename van het bedrijfsresultaat. Verlenging van de levensduur van het vee is niet eenvoudig, maar wel zeer effectief in het beperken van de emissies en in het doen toenemen van het bedrijfsresultaat. De kosten van vervanging van krachtvoer zijn sterk afhankelijk van de kosten van het nieuwe product. Andere maatregelen die de emissie beperken met een soms licht negatief, neutraal of positief effect op het bedrijfsresultaat zijn warmteterugwinning, verhogen van het aandeel snijmaïs, vermindering van het N-gehalte van het krachtvoer en het oogsten van iets zwaardere sneden.

Er zijn geen duidelijke regels aan te geven dat maatregelen voor het ene bedrijf effectiever zijn dan voor het andere. Wel blijkt dat een verhoging van de melkproductie per koe alleen aantrekkelijk is op bedrijven waar die productie nu nog laag is (minder dan 6000 kg per koe).

De reeds bereikte emissiereductie kan, samen met de combinatie van maatregelen, zorgen dat de emissiebeperking van 30% ten opzichte van 1990 kan worden gehaald. Door energiebesparing en energiewinning zijn nog besparingen mogelijk. Binnen het melkveebedrijf zelf moet nog worden gezocht naar verdere mogelijkheden om de emissie te beperken.

Summary

Previous calculations have shown that in some cases mitigation options to reduce greenhouse gas emissions on dairy farms lead to an increase in farm income. Those are the cost-effective options. Due to the large between-farm variation, the average results calculated are not always applicable to dairy farms. Moreover, the cost-effectiveness of mitigation options can be affected by the farm structure. It is necessary to get more insight into the between-farm variation in the cost-effectiveness of mitigation options.

The level of greenhouse gas emissions has been calculated for a group of dairy farms. Farmers chose mitigation options and the cost-effectiveness of those options has been calculated. Calculations have been done for twenty-five dairy farms with the model DairyWise. Additional calculations have been done for another eight dairy farms, with a simplified version of the model.

The average greenhouse gas emission per kg of milk is 1060 grams of CO₂-equivalents. The emission level has been corrected for the extra emissions from peat soil. There is a relatively large variation between farms, which is related to multiple differences in farm structure. There is a strong interaction between all farm processes that cause emissions. As a consequence, plotting greenhouse gas emissions to e.g. fertilizer nitrogen use, shows much variation surrounding a relationship. In the case of methane emission and feed intake per kg of milk, a clear relationship without much variation has been found. There is a variation in feed intake per kg of milk of about 200 grams, on an average of about 1000 grams per kg of milk. There are indications that the feed intake per kg of milk is higher at low production levels per cow, but, on the other hand, a high milk production per cow does not automatically lead to a lower feed intake per kg of milk.

The amounts of feed produced and ingested and the amount of manure are important parameters that define the level of greenhouse gas emissions. However, these parameters can still not be measured accurately at farm level. To enhance the group of farmers who apply mitigation options, a feedback system with clearly defined parameters is very important. From that point of view, it is necessary to develop accurate techniques to measure the internal farm fluxes of feed and manure. Other parameters that can be helpful in such a feedback system are the use of fertilizer N and the ratio of young stock to dairy cows. These parameters can be measured quite simply.

Since 1990, a reduction of greenhouse gas emissions of 17 % has been realized, due to the increased nutrient efficiency that was enhanced by the manure legislation. A further reduction of 100 to 200 grams of CO₂-equivalents per kg of milk can be realized by a combination of a number of mitigation options. All individual mitigation options will reduce greenhouse gas emissions by 0 to 100 grams of CO₂-equivalents per kg of milk. The most effective options in reducing emissions are reduction of fertilizer N input, an increased lifespan of the herd and replacement of concentrates by other products such as wheat, CCM and Nutex. Reducing fertilizer N input increases farm income, when the energy price is high. An increased lifespan has a high management demand, but is very profitable. The financial effect of the replacement of concentrates strongly depends on the price of the alternative. Other mitigation options with a low to moderate emission reduction are reduction of energy use by utilization of heat from milk, increasing the amount of maize in the ration, reduction of the concentrate N content and cutting the herbage at a later stage. On some farms these mitigation options lead to small increases in farm income, on other to small decreases. No clear indications can be found for these differences in cost-effectiveness. Increasing milk production per cow is cost-effective in the case of a low productivity of the herd, of less than 6000 kg of milk per cow.

The combination of mitigation options calculated, together with the reduction of greenhouse gas emissions realized between 1990 and 2007, can result in a 30 % reduction of greenhouse gas emissions on dairy farms. By introducing energy saving options and energy production by manure digestion even a stronger reduction can be realized.

Inhoudsopgave

Voorwoord

Samenvatting

Summary

1	Inleiding	1
2	Werkwijze	2
	2.1 Deelnemende bedrijven	2
	2.2 Methode van berekening	3
	2.3 Een overzicht van de deelnemende bedrijven	4
3	Resultaten	6
	3.1 Emissies van broeikasgassen	6
	3.2 Maatregelen	12
	3.2.1 Diermaatregelen	15
	3.2.2 Stikstofefficiëntie	16
	3.2.3 Voedingsmaatregelen	17
	3.2.4 Energie	19
4	Discussie en conclusies	20
	4.1 Discussie	20
	4.2 Conclusies	22
	Literatuur	23
	Bijlagen	24
	Bijlage 1 Invulgegevens voor berekening met Bedrijfsbegrotingsprogramma Rundveehouderij (BBPR)	24
	Bijlage 2 Lijst van maatregelen voor de reductie van de emissie van broeikasgassen methaan (CH ₄), lachgas (N ₂ O) en kooldioxide (CO ₂)	26

1 Inleiding

De Nederlandse melkveehouderij draagt door de emissies van lachgas en methaan bij aan de broeikasgasproblematiek. In het kader van het onderzoek uitgevoerd voor ROB landbouw (www.senternovem.nl/roblandbouw) zijn diverse emissiereducerende maatregelen gedefinieerd. In de komende jaren zullen melkveehouders gestimuleerd worden om deze maatregelen op het bedrijf te implementeren. Belangrijke voorwaarden voor de implementatie van maatregelen zijn de technische uitvoerbaarheid en de kosteneffectiviteit van de maatregelen.

In 2005 is het BedrijfsBegrotingsProgramma Rundvee (BBPR) in opdracht van SenterNovem uitgebreid met een broeikasgasmodule. Daarmee is het mogelijk om de inpasbaarheid en de kosteneffectiviteit van emissiereducerende maatregelen in één rekengang te berekenen. Tegelijkertijd met de ontwikkeling van de broeikasgasmodule zijn enkele ROB-maatregelen ('meer maïs', 'minder weidegang', 'voorjaarsmeststoffen' en 'mestvergisting'), en combinaties daarvan, doorgerekend voor gemiddelde bedrijven op zand, klei en veen. De uitkomsten laten globaal zien of de maatregelen kansrijk zijn uit het oogpunt van broeikasgasreductie en kosteneffectiviteit. Voor de 'gemiddelde' melkveebedrijven in Nederland is berekend dat:

- (i) Het verhogen van het aandeel maïs in het rantsoen de emissie slechts in geringe mate verlaagt, maar wel financieel voordeel oplevert.
- (ii) Minder weidegang resulteert in een aanzienlijke emissiereductie, vooral op klei en veengronden, maar een dure maatregel is.
- (iii) De combinatie van beide maatregelen (minder weidegang en meer maïs) beter is, zowel gezien vanuit de emissiereductie als vanuit de kosteneffectiviteit.
- (iv) Het gebruik van voorjaarsmeststoffen slechts een geringe bijdrage levert aan de emissiereductie tegen hogere kosten.
- (v) Mestvergisting, volgens het principe van covergisting van aangevoerde snijmaïskuil, de emissie fors kan reduceren, maar voor een 'gemiddeld' bedrijf te duur is.

Echter, in de praktijk vertoont de werkelijke bedrijfsstructuur een enorme variatie waardoor de uitkomsten van het 'gemiddelde' bedrijf niet altijd goed vertaalbaar zijn naar een individueel bedrijf. Bovendien is het mogelijk dat voor niet-'gemiddelde' bedrijven andere maatregelen aantrekkelijker zijn dan de hierboven genoemde maatregelen. Momenteel ontbreekt het inzicht om voor individuele, niet 'gemiddelde', bedrijven een reële inschatting te maken van de haalbare emissiereductie en de daarmee gepaard gaande kosten.

Het hier beschreven project wil het effect van ROB-maatregelen op emissiereductie en kosteneffectiviteit kwantificeren voor een breder scala aan bedrijfssituaties. Daardoor is het mogelijk om voor individuele melkveehouders een herkenbaar bedrijf te presenteren, waardoor communicatie van ROB-maatregelen wordt ondersteund.

2 Werkwijze

2.1 Deelnemende bedrijven

Om voor een breed scala aan praktijkbedrijven berekeningen te kunnen doen zijn veel data nodig over de opzet van het bedrijf, de bedrijfsvoering, de intensiteit e.d. In het project "ROB-bedrijfsplannen" zijn een aantal van deze berekeningen gepland. Om bedrijfsgegevens te verzamelen is aansluiting gezocht bij praktijkprojecten die uitgevoerd zijn in opdracht van Senter Novem (SN). Naast de bedrijven uit de "klimaatprojecten" heeft ook Dirksen Management Support (DMS) uit Beusichem gegevens van negen bedrijven geleverd. Voor alle bedrijven zijn berekeningen uitgevoerd. Ter vergelijking zijn berekeningen uitgevoerd voor De Marke en voor een referentiebedrijf 1990-2007. Het referentiebedrijf geeft aan welke emissiereductie al is bereikt in de afgelopen 17 jaren.

Er zijn voor het uitvoeren van de berekeningen geen voorwaarden gesteld aan de bedrijven. Omdat het allemaal bedrijven zijn die actief deelnemen aan een project over broeikasgassen of die op eigen kosten zich laten begeleiden door DMS, zullen de betrokken ondernemers een meer dan gemiddelde betrokkenheid hebben bij hun bedrijfsmanagement en bij de invloed die de veehouderij heeft op de leefomgeving.

Voor wat betreft de technische kenmerken van de bedrijven is niet bewust gezocht naar bedrijven met een zekere intensiteit of bedrijfsvoering.

In totaal zijn berekeningen uitgevoerd voor 33 bedrijven (tabel 1). Van hen hebben er 29 ook maatregelen opgegeven waarvan zij wilden verkennen wat de effecten zijn op de uitstoot van broeikasgassen en wat die betekenden voor hun technische en economische bedrijfsresultaten. Voor het referentiebedrijf is de verandering in bedrijfssituatie en mineralenmanagement van de periode 1990 – 2007 als maatregel berekend.

Op acht van de 33 bedrijven is omwille van de beschikbare tijd een eenvoudiger methode gebruikt om de veevoeding te berekenen. De berekeningen van deze bedrijven zijn niet gebruikt om het niveau van de emissies in beeld te brengen, omdat door de iets afwijkende berekening van de veevoeding de emissies ook iets anders zijn. In die paragrafen waar het niveau van de emissies wordt besproken, worden dus gegevens van slechts 25 bedrijven gebruikt.

Bij de bespreking van de maatregelen om emissies te beperken worden de maatregelen van de andere acht bedrijven wel meegenomen, als ze geen betrekking hebben de voeding van het vee. Ze bieden dan wel een goed inzicht in de kosteneffectiviteit van maatregelen.

Tabel 1 Overzicht van de bedrijven waarvoor berekeningen zijn uitgevoerd om de kosteneffectiviteit van emissiebeperkende maatregelen vast te stellen

	Aantal deelnemers waarvan emissies in uitgangssituatie zijn berekend	Aantal deelnemers dat maatregelen heeft opgegeven
Klimaatprojecten	22	19
<i>Waarvan vereenvoudigde rekenmethode</i>	8	8
DMS	9	9
De Marke	1	0
Referentie 1990-2007	1	1
Totaal	33	29

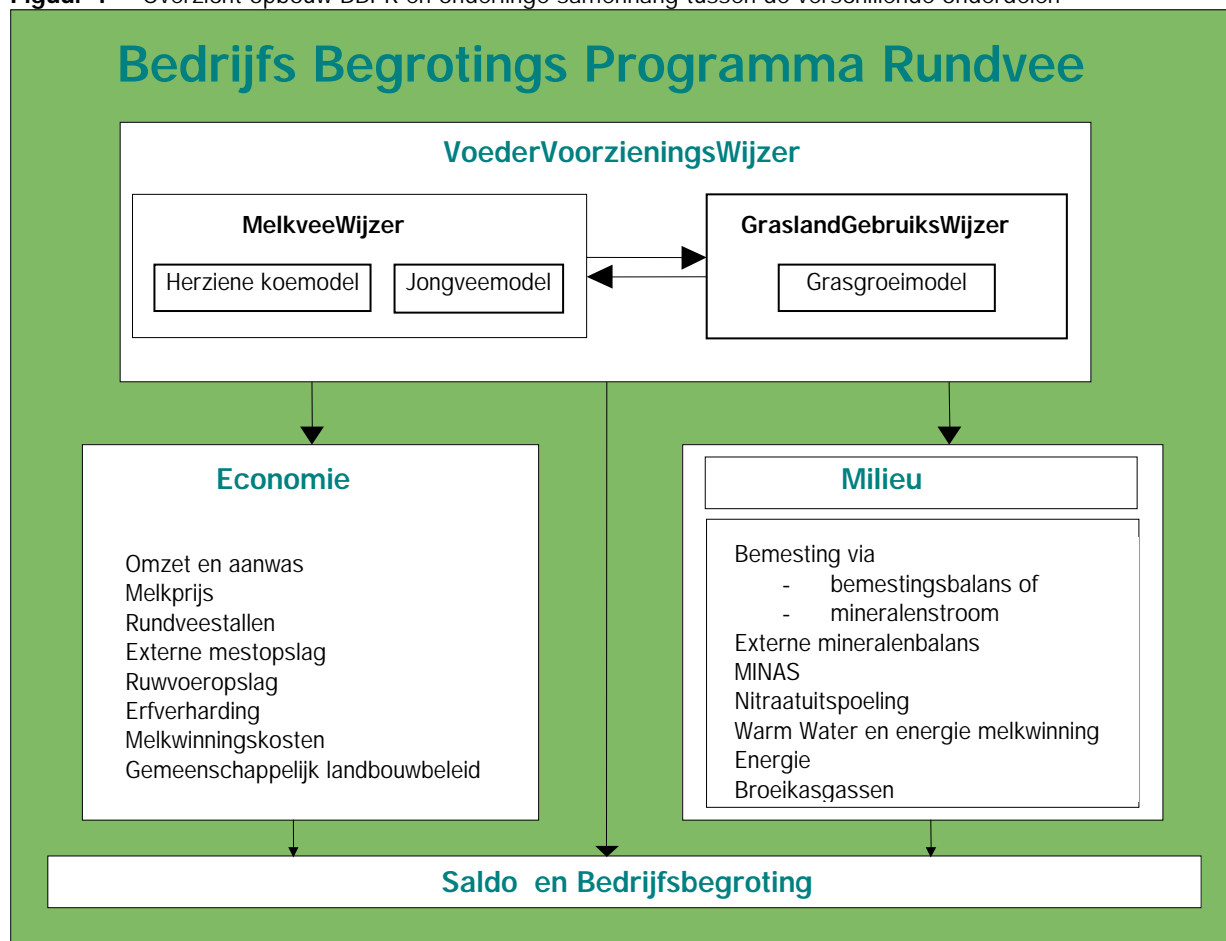
Alle bedrijven hebben een vragenlijst toegestuurd gekregen, samen met een lijst van mogelijke maatregelen om de uitstoot van broeikasgassen te verminderen. Bedrijven hebben één tot vier maatregelen opgegeven. De vragenlijst en het lijstje met mogelijke maatregelen zijn te vinden in de bijlagen 1 en 2.

De gegevens zijn verwerkt in beknopte bedrijfsrapporten die naar de deelnemers toe zijn gestuurd. De deelnemers van het project "Klimaat en koeien" in Overijssel hebben hun gegevens via de projectuitvoerder Stimuland teruggekoppeld gekregen. Voor de klimaatprojecten in Drenthe en Friesland zijn door ASG presentaties gegeven van de resultaten.

2.2 Methode van berekening

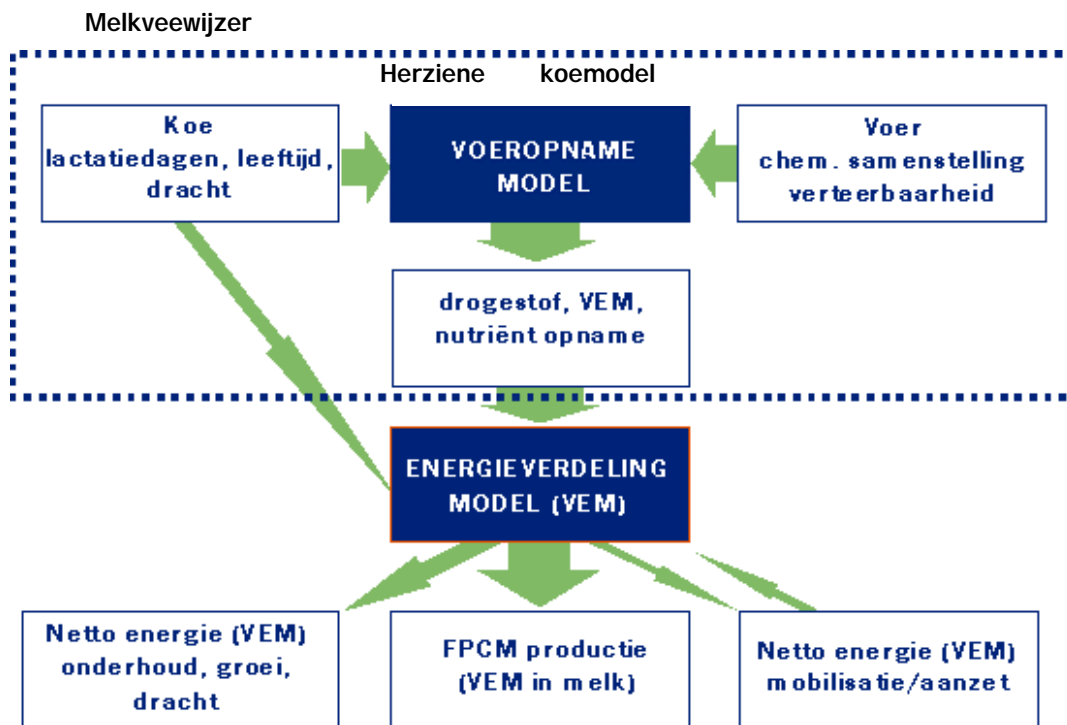
De berekeningen in deze studie zijn uitgevoerd met het Bedrijf Begrotings Programma Rundvee (BBPR), ontwikkeld door ASG. Rekeninghoudend met specifieke bedrijfsomstandigheden, berekent BBPR technische, milieutechnische en bedrijfseconomische kengetallen (Van Alem & Van Scheppingen, 1993; Schils et al., 2007). Uitgangspunt bij berekeningen met BBPR is steeds de huidige landbouwkundige advisering bij onder meer de voeding en bemesting. Vergelijking van resultaten van de huidige bedrijfsvoering met kengetallen uit BBPR geeft inzicht in de rentabiliteit van het bedrijf en de doelmatigheid op technisch en milieutechnisch gebied. Door alternatieven voor de huidige bedrijfsvoering door te rekenen, is het mogelijk de gevolgen van een verandering in het bedrijf in te schatten. BBPR is opgebouwd uit verschillende modules.

Figuur 1 Overzicht opbouw BBPR en onderlinge samenhang tussen de verschillende onderdelen



De voeropname en melkproductie zijn berekend met het herziene koemodel (Zom, 2002). Dit koemodel bestaat uit twee afzonderlijke delen (zie figuur 2). Het eerste deel voorspelt de voeropname op basis van voerfactoren (zoals chemische samenstelling en verteerbaarheid) en koefactoren (zoals lactatiestadium, leeftijd en dracht). Als de voeropname bekend is, kan ook de opname van energie (VEM) en eiwit (DVE) worden berekend. Het tweede deel voorspelt hoe de opgenomen energie wordt verdeeld over onderhoud, dracht, gewichtsonwikkeling, melkproductie en de aanzet of mobilisatie van lichaamsreserves. Dit is schematisch weergegeven in figuur 2. Aan de hand van de voeding berekent het model ook de mest samenstelling. De melkprijs, vee prijzen en overige prijzen zijn gebaseerd op het prijsniveau van 2008 (KWIN-Veehouderij, 2008-2009). De uitstoot van broeikasgassen is beschreven in Schils et al. (2006).

Figuur 2 Schematische weergave van de melkveewijzer met het herziene koemodel (onderdeel van BBPR)



2.3 Een overzicht van de deelnemende bedrijven

Van de 25 bedrijven die in het overzicht worden betrokken lagen er 17 op zandgrond, 6 op kleigrond en 2 op veengrond.

Het grote aandeel bedrijven op zandgrond werd veroorzaakt doordat de praktijkprojecten van Senter Novem allemaal op zandgrond uitgevoerd werden. De bedrijven van klei en veen zijn afkomstig van DMS. Van de gebruikte bedrijven had 60% een melkquotum van 600 000 kg tot 800 000 kg (zie tabel 2).

Tabel 2 Het bedrijfsquotum (x 1000 kg melk) van de bedrijven waarvan de emissies van broeikasgassen zijn berekend

Bedrijfsquotum (x 1000 kg melk)	Aantal bedrijven
200 – 299	1
300 – 399	1
400 – 499	1
500 – 599	3
600 – 699	9
700 – 799	5
800 – 899	2
900 – 999	0
1000 – 1099	2
1500 - 1599	1
Totaal	25

De intensiteit van de melkveebedrijven varieerde van ruim 6000 tot ruim 20.000 kg per ha, tweederde van de bedrijven heeft een quotum tussen 12.000 en 18.000 kg melk per hectare. De melkproductie per koe varieerde van bijna 5000 kg tot ruim 9000 kg, op ongeveer de helft van de bedrijven is de melkproductie tussen de 8000 en 9000 kg per koe (zie tabel 3).

Tabel 3 De melkproductie per koe en het melkquotum per ha grond van de bedrijven waarvan de broeikasgasemissies zijn berekend

Quotum/ha (kg/ha)	Melkproductie per koe						Totaal
	4000 – 4999	5000 – 5999	6000 – 6999	7000 – 7999	8000 – 8999	9000 – 9999	
6000 – 7999		1					1
8000 – 9999		1	1				2
10000 – 11999	1						1
12000 – 13999			1	2	3		6
14000 – 15999				2	4	2	8
16000 – 17999					2	2	4
18000 – 19999					1	1	2
20000 – 21999					1		1
Totaal	1	2	2	4	11	5	25

Op 22 van de 25 bedrijven worden de koeien geweid, de overige drie bedrijven hebben de koeien op stal en voeren geconserveerd ruwvoer (het summerfeedingsysteem). Van de 22 bedrijven waar de koeien weiden, zijn er 18 die beperkt weiden toepassen. Op de overige vier bedrijven wordt dag en nacht geweid met het melkvee.

Een ander aspect waarin de bedrijven duidelijk van elkaar verschillen is de hoeveelheid jongvee die ze op hun eigen bedrijf hebben (tabel 4). De bedrijven met zeer weinig jongvee (drie of minder per tien koeien) hebben de opfok uitbesteed. De pinken komen hoogdrachtig weer terug op het bedrijf om na het kalven als melkkoe mee te "draaien".

Tabel 4 Het aantal stuks jongvee per 10 melkkoeien op de bedrijven waarvan de broeikasgasemissies zijn berekend

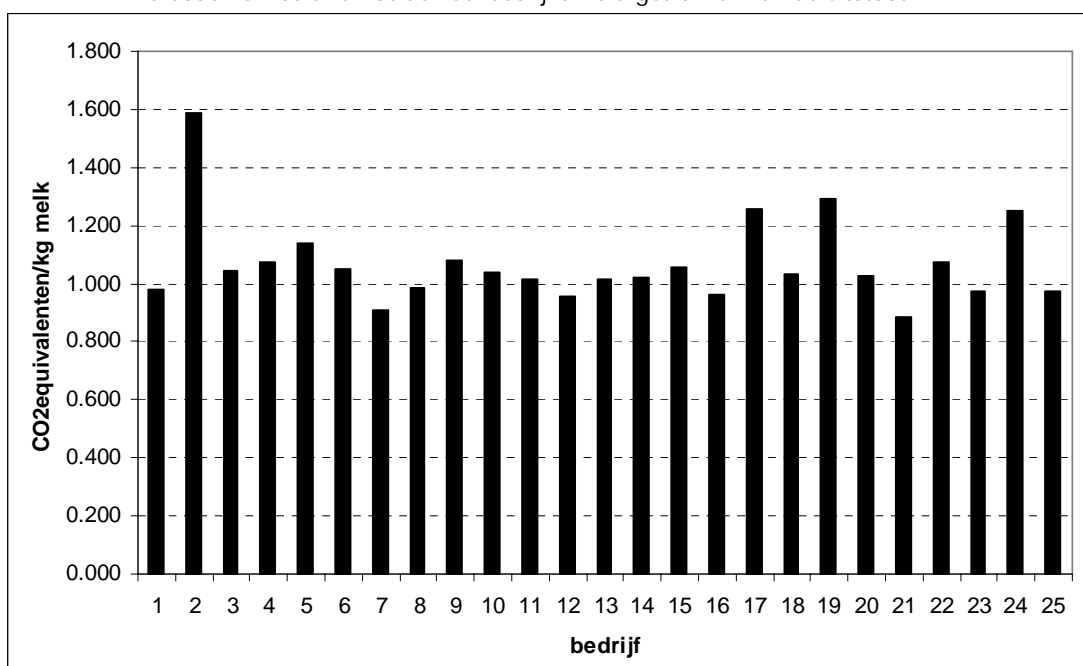
Stuks jongvee per 10 koeien	Aantal bedrijven
0	3
1	1
2	2
3	1
4	3
5	2
6	10
7	2
8	1
Totaal	25

3 Resultaten

3.1 Emissies van broeikasgassen

De emissie van broeikasgassen per kg melk voor alle bedrijven staat weergegeven in figuur 3. Voor de twee bedrijven op veengrond is de lachgasemissie van de veengrond zelf (7,4 kg N₂O per hectare) afgetrokken van de berekende emissie. De in de figuur weergegeven emissies zijn geheel terug te voeren op de bedrijfsvoering. Alle bedrijven op één na, zitten tussen de 0,8 en 1,3 kg CO₂-equivalenten per kg melk. In figuur 3 is te zien dat de spreiding vrij groot is en dat het gemiddelde duidelijk wordt beïnvloed door vier uitschieters met een emissie van meer dan 1200 gram CO₂-equivalenten per kg melk. Er is één forse uitschieter. Dat is een bedrijf op veengrond met dag en nacht weiden en een lage melkproductie per koe. De gemiddelde uitstoot van alle bedrijven is 1067 gram CO₂-equivalenten per kg melk.

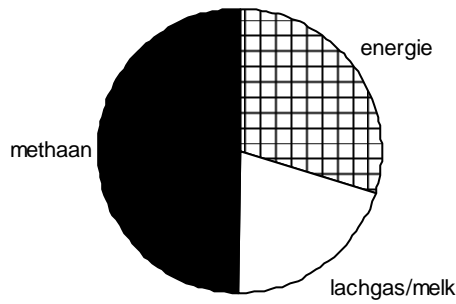
Figuur 3 De uitstoot van broeikasgassen in CO₂-equivalenten per kg melk voor de 25 deelnemende bedrijven. De bodememissie van beide veenbedrijven is afgetrokken van de uitstoot.



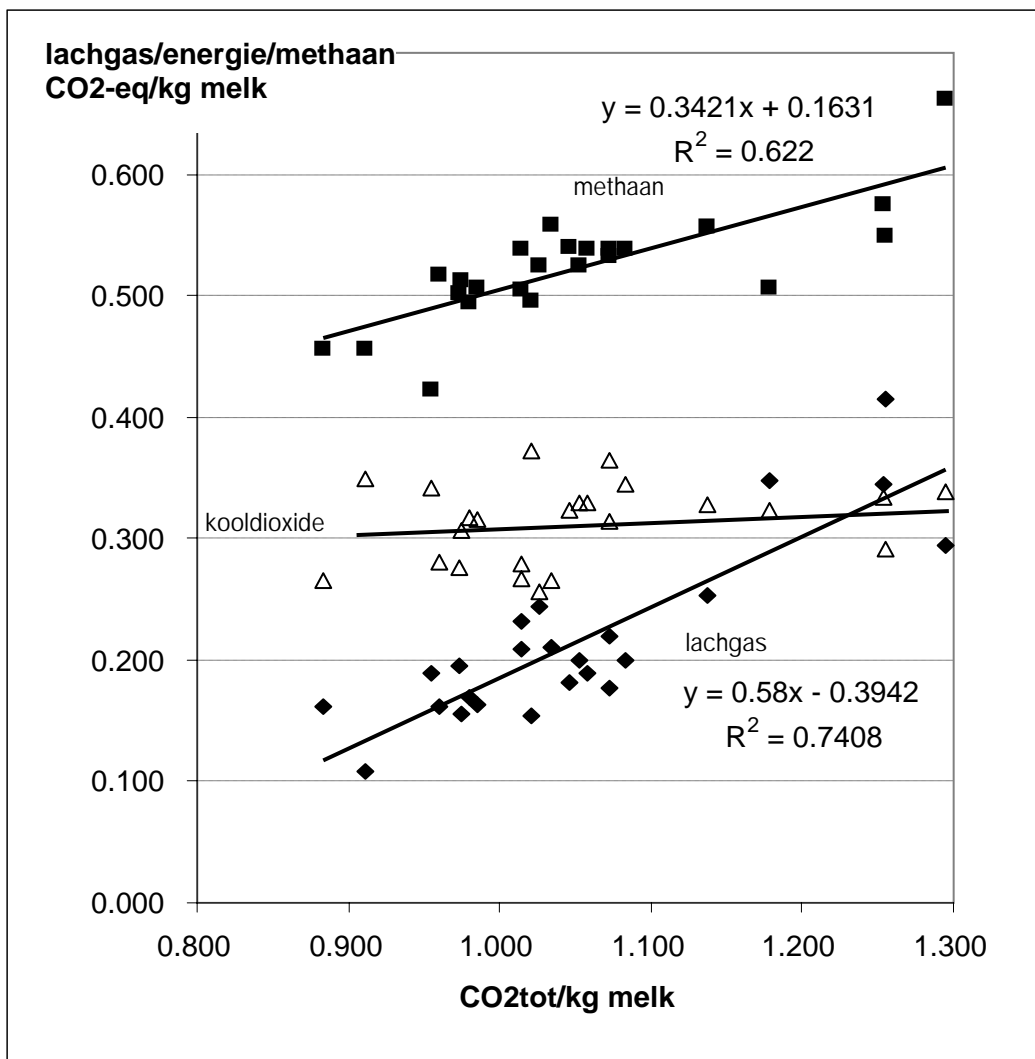
De emissie is op de zandbedrijven het laagst, met gemiddeld 1040 gram CO₂-equivalenten per kg melk, daarna volgen de kleigronden met 1060 gram CO₂-equivalenten. Het ene bedrijf op veengrond heeft een (voor lachgas van veengrond gecorrigeerde emissie van 1030 gram CO₂-equivalenten per kg melk, de andere bijna 1600.

Op de deelnemende bedrijven bestaat de totale uitstoot van broeikasgassen voor 50% uit methaan, voor 30% uit kooldioxide en voor 20% uit lachgas (alle drie uitgedrukt in CO₂-equivalenten; figuur 4). Voor methaan varieert het aandeel van 41 tot 65%, voor kooldioxide van 25 tot 40% en voor lachgas van 10 tot 65%. Er zit tussen de bedrijven dus nog veel variatie.

Figuur 4 Het aandeel van lachgas, methaan en kooldioxide in de uitstoot van broeikasgassen op melkveebedrijven



Figuur 5 De relatie tussen de totale uitstoot van broeikasgassen en die van lachgas (onderste lijn, gesloten ruit), kooldioxide (middelste lijn, open driehoek) en methaan (bovenste lijn, gesloten blokje) voor de 25 deelnemende bedrijven



In figuur 5 is de relatie tussen de totale broeikasgasemissie en de drie componenten (methaan, lachgas en kooldioxide) weergegeven. Hoewel geen gedetailleerde en grondige statische analyse is uitgevoerd, is wel te zien dat een hogere totale emissie van broeikasgassen vooral wordt verklaard uit een stijging van de uitstoot van lachgas en methaan. Hoewel methaan ruim 50% vormt van de totale emissie van broeikasgassen (figuur 4), blijkt dat bij een hogere uitstoot van broeikasgassen van de deelnemende bedrijven dit vooral wordt veroorzaakt door een stijging van de uitstoot van lachgas (de lijn heeft een richtingscoëfficiënt van 0,58) en in iets mindere mate door een stijgende uitstoot van methaan (deze lijn heeft een richtingscoëfficiënt van 0,34). De uitstoot van kooldioxide heeft geen verband met de uitstoot van de totale broeikasgassen.

Figuur 5 geeft aan dat bij de hogere niveaus van uitstoot van broeikasgassen het aandeel lachgas groter wordt ten koste van het aandeel kooldioxide en methaan.

De relaties in de grafiek zijn met zeer eenvoudige lineaire regressie bepaald. Een meer gedegen analyse kan relaties tussen bedrijfsomstandigheden beter in beeld brengen.

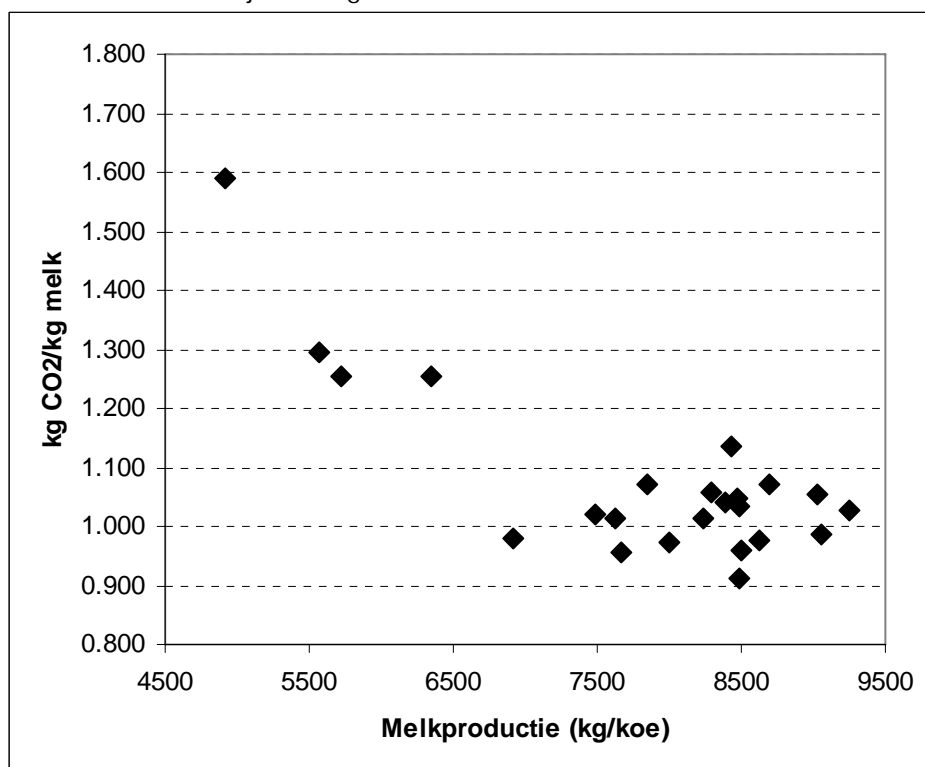
In tabel 5 is de broeikasgasemissie uitgesplitst naar beweidingssysteem. De broeikasgasemissie is het hoogst bij onbeperkt weiden. Dat heeft evenwel weinig te maken met onbeperkt weiden, maar veel meer dat het gaat om relatief extensieve bedrijven met een laag quotum per hectare en een lage productie per koe, waarvan één bedrijf op veengrond ligt. In één geval ligt de broeikasgasemissie op een bedrijf met onbeperkt weiden zelfs lager dan bedrijven met een vergelijkbare productie per koe met beperkt weiden of summerfeeding. Er is een klein verschil in emissie tussen beperkt weiden en summerfeeding. Ook daar kan niet de conclusie aan worden verbonden dat het ene beweidingssysteem beter is dan het andere. Door de spreiding om de gemiddelde waarden is er geen betekenisvol onderscheid te maken tussen de beweidingssystemen. Het is altijd een combinatie van factoren die bepaalt hoe groot de uitstoot van broeikasgassen is. Naast de hier genoemde beweiding is dat bemestingsniveau, melkproductie per koe, voeding, hoeveelheid jongvee e.d.

Tabel 5 De emissie van lachgas, methaan en kooldioxide en de totale emissie in kg CO₂-equivalenten per kg melk van de bedrijven waarvoor berekeningen zijn uitgevoerd, uitgesplitst naar de drie beweidingssystemen

Data	Beweidingssysteem			Totaal
	Beperkt Weiden	Onbeperkt Weiden	Summer feeding	
Aantal bedrijven	18	4	3	25
Emissie CO ₂ -equivalenten per kg melk	1.039	1.323	1.009	1.081
Emissie CO ₂ uit energie per kg melk	0.307	0.357	0.326	0.317
Emissie lachgas (in CO ₂ -eq.) per kg melk	0.214	0.408	0.166	0.239
Emissie methaan (in CO ₂ -eq.) per kg melk	0.519	0.557	0.517	0.525

De melkproductie per koe is vaak als een factor genoemd waarmee de efficiëntie van de melkproductie opgevoerd kon worden. In de berekeningen die zijn uitgevoerd voor de beperking van de mineralenoverschotten is de productieverhoging per koe vaak genoemd als mogelijkheid om het mineralenoverschot te verkleinen. Ook in het National Inventory Report 2007 (MNP, 2007) komt dat beeld naar voren: de uitstoot van methaan door de Nederlandse melkveehouderij is gedaald door de afname van het aantal koeien. Uit de berekeningen die zijn gedaan voor de deelnemende bedrijven is er wel enigszins een lijn te zien in figuur 6, beginnende bij een hoog punt op bijna 1,6 kg CO₂-equivalenten per kg melk, gaande langs de punten bij 1,3 kg CO₂-equivalenten naar de puntenwolk rond de 1,0 kg CO₂-equivalenten. Echter de vier "hoge" punten links in figuur 6 zijn alle afkomstig van bedrijven met een lage melkproductie per hectare en met rantsoenen die voor 100% uit puur gras bestaan. Dan blijft er een puntenwolk over met een bandbreedte van ruim 2000 kg melk, waarin er geen verband lijkt te bestaan tussen melkproductie en uitstoot van broeikasgassen. Wel is er sprake van een spreiding rond de 1,0 kg CO₂-equivalenten per kg melk.

Figuur 6 De relatie tussen de melkproductie per koe en de uitstoot van broeikasgassen in kg CO₂-equivalenten per kg melk op de 25 deelnemende bedrijven. De bodememissie van de beide veeën bedrijven is afgetrokken van de emissie.



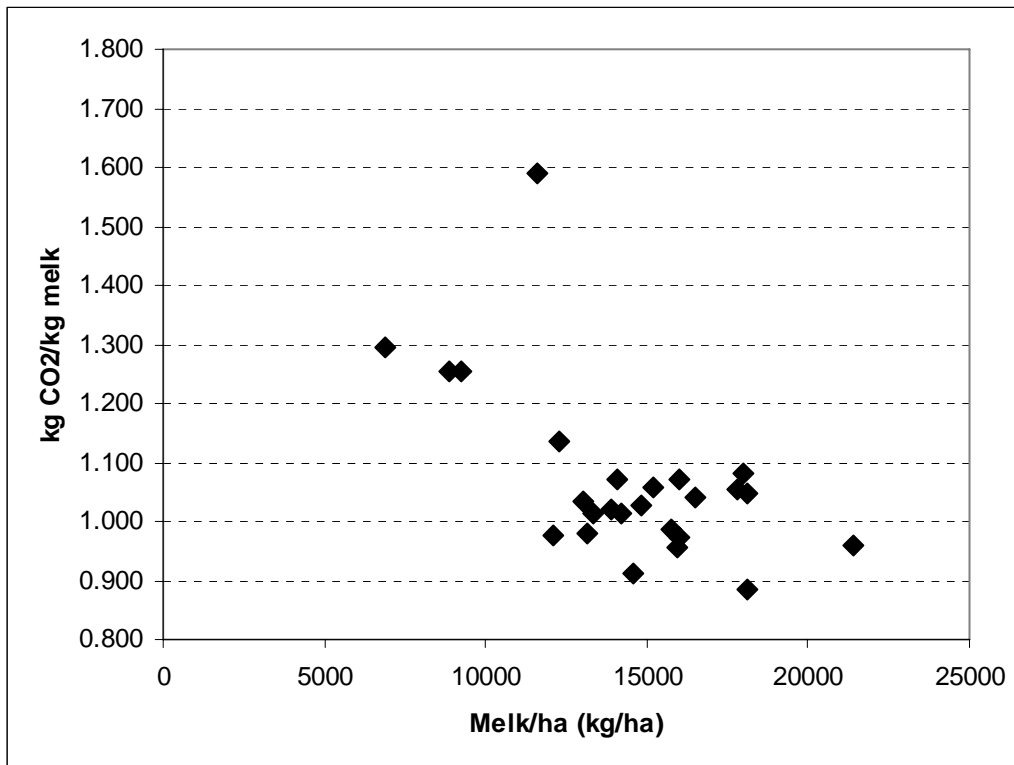
In figuur 7 is een zelfde beeld te zien als in figuur 6, er zijn enkele "hoge" emissiewaarden aan de kant van de lage melkproductie per hectare. Bij de hogere quota per hectare van meer dan 12.000 kg per ha, waar het gros van de bedrijven zit, is er geen sprake van een verband tussen de melkproductie per hectare en de uitstoot van broeikasgassen per kg melk.

In figuur 8 is de relatie tussen de lachgasemissie (per hectare) en de bemesting weergegeven. In de puntenwolk is enigszins een verband te zien tussen de N-bemesting per hectare en de lachgasemissie. Er zijn echter weer genoeg situaties die ver buiten dit verband liggen.

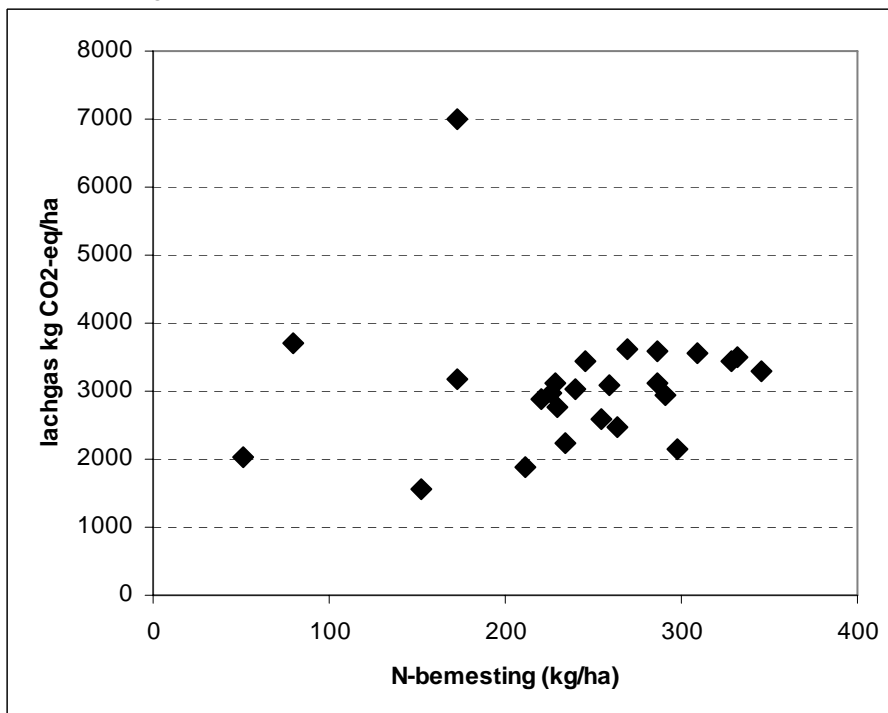
Uit onderzoek blijkt echter duidelijk dat de lachgas emissie stijgt bij een hogere stikstofbemesting, daardoor stijgt ook vaak de totale emissie van broeikasgassen. In het model BBPR is de eenduidige relatie tussen lachgasemissie en stikstofbemesting ingebouwd. In de hier getoonde berekeningen komt die relatie niet duidelijk naar voren, omdat het niveau van de emissies ook nog door andere factoren dan alleen stikstofbemesting wordt bepaald. Dat zijn onder meer de mestopslag- en aanwending, de beweiding en het N-gehalte van het rantsoen. Omdat op alle bedrijven er verschillen zijn in mestmanagement, beweiding en voeding, ontstaat er spreiding rond de eenduidige relatie die in principe wel degelijk aanwezig is. Het blijkt dus dat de variatie in bedrijfsvoering tussen bedrijven zodanig is, dat de relatie tussen stikstofbemesting en lachgasemissie en totale emissie van broeikasgassen niet goed tot uiting komt. Bij berekeningen binnen bedrijven, waarbij alle andere bedrijfsfactoren nagenoeg onveranderd blijven, blijkt dat de lachgasemissie en de totale emissie van broeikasgassen wel degelijk kunnen afnemen door een lagere stikstofbemesting.

Deze variatie in bedrijfsvoering zorgt ook voor spreiding in de figuren 6 en 7.

Figuur 7 De relatie tussen de melkproductie per hectare en de uitstoot van broeikasgassen in kg CO₂-equivalenten per kg melk op de 25 deelnemende bedrijven. De bodememissie van de beide veen bedrijven is afgetrokken van de emissie.



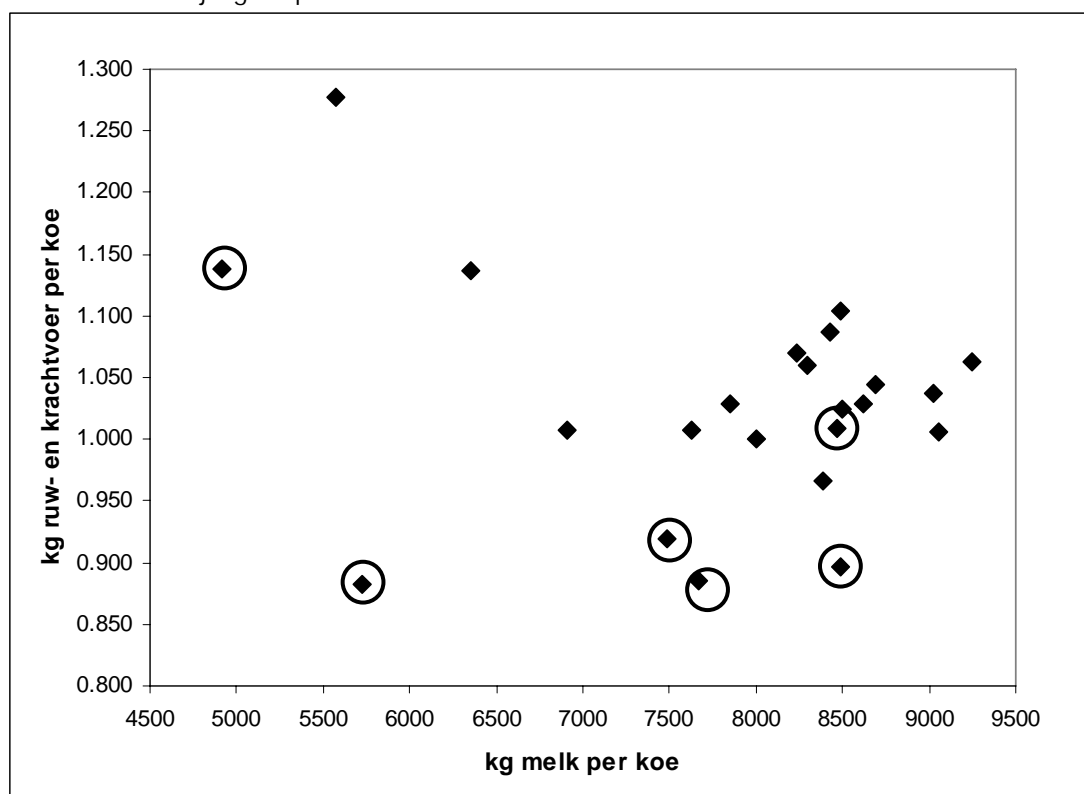
Figuur 8 De relatie tussen de N-bemesting per hectare en de uitstoot van lachgas in kg CO₂-equivalenten per kg melk op de 25 deelnemende bedrijven. De bodememissie van de beide veen bedrijven is afgetrokken van de totale emissie.



Een bedrijfsaspect dat wel enige invloed kan hebben is de voerefficiëntie. Ook bij het verminderen van de mineralenoverschotten is het voeren op de energie- en eiwitbehoefte een belangrijke stap geweest. Figuur 9 laat zien welke hoeveelheid ruw- en krachtvoer gebuikt is per kg geproduceerde melk. Dan is er sprake van een redelijke spreiding van ongeveer 880 gram tot 1280 gram voer per kg melk. Het lijkt erop dat verhoging van de melkproductie zorgt voor een betere voerefficiëntie. Er is in elk geval bij de producties lager dan 6500 kg per koe meer voer nodig dan bij producties van meer dan 6500 kg per koe.

In het traject van 7000 tot bijna 9500 kg melk per koe is er echter geen sprake van een verdere verbetering van de voerefficiëntie. Wel is er sprake van een redelijke spreiding van ongeveer 900 tot 1100 gram voer per kg melk. De punten die omgeven zijn door een rondje zijn bedrijven die 2,5 stuks jongvee en minder hebben per tien koeien. Zij hebben de opfok van jongvee uitbesteed. Als deze omcirkelde punten buiten beschouwing blijven, is de spreiding in de voerefficiëntie binnen de puntenwolk nog ongeveer 150 gram.

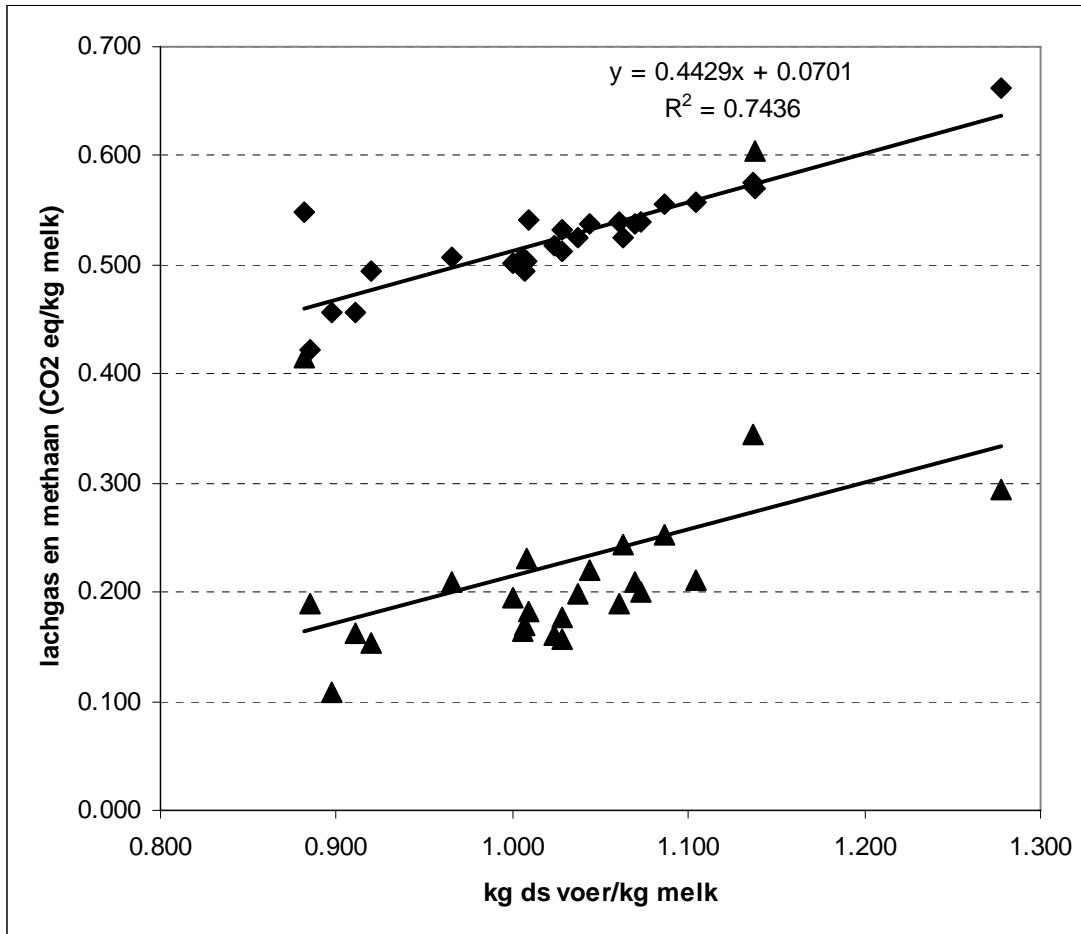
Figuur 9 Het verband tussen de melkproductie per koe en de hoeveelheid drogestof aan ruw- en krachtvoer die is gegeven per kg melk. De omcirkelde punten zijn bedrijven die minder dan 2,5 stuks jongvee per 10 koeien hebben.



Daarmee is de bandbreedte waarbinnen de voerefficiëntie zich beweegt misschien wel enigszins gerelativeerd, maar met name bij de lagere melkproducties per koe is nog wel enige winst te boeken.

In figuur 10 is op de x-as de hoeveelheid ruw- en krachtvoer uitgezet die nodig is om 1 kg melk te produceren. Het betreft al het voer dat op het bedrijf is gebruikt, dus ook voor het jongvee. Op de verticale as is de uitstoot van broeikasgassen in CO₂-equivalenten weergegeven. De bovenste serie punten en lijn geeft aan hoeveel methaan er geproduceerd wordt. Er is met eenvoudige regressie een goed verband te beschrijven tussen de voerefficiëntie (in kg voer per kg melk) en de methaanemissie per kg melk. De emissie van lachgas stijgt ook enigszins als meer voer nodig is per kg melk. Maar er is sprake van een zwak verband en een grote spreiding. Voor elke gram voer (ruw- en krachtvoer) die extra nodig is om een kilogram melk te produceren stijgt de totale emissie van broeikasgassen met ongeveer 0,6 gram. Dat geeft aan dat het bereiken van een goede voerefficiëntie een zinvolle actie kan zijn, zowel voor de vermindering van de emissie van broeikasgassen als voor een goed bedrijfsresultaat.

Figuur 10 Het verband tussen de hoeveelheid voer die nodig is om één kg melk te produceren en de emissie van lachgas in CO₂-equivalenten (gesloten driehoek en onderste trendlijn) en methaan (gesloten ruit en bovenste trendlijn). Verband is gebaseerd op de 25 deelnemende bedrijven.



3.2 Maatregelen

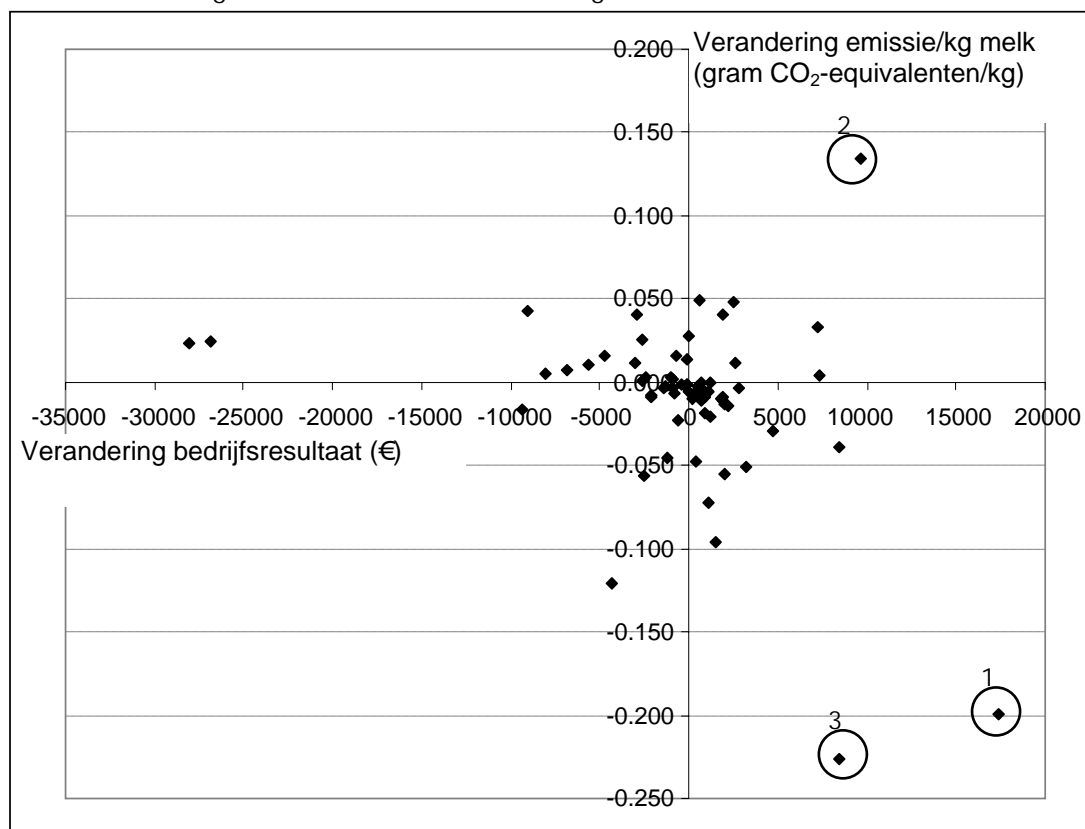
Er is aan de bedrijven gevraagd welke maatregelen zij willen nemen om de uitstoot van broeikasgassen te verkleinen. Bijna iedereen heeft maatregelen gekozen uit de voorgestelde lijst. In een aantal gevallen hebben boeren juist andere maatregelen gekozen, zoals bijvoorbeeld verhoging van de kunstmestgift. Dat deden ze om een beeld te krijgen van de effecten en omdat hun kunstmestgift vaak al aan de lage kant was. Anderen noemden investeringsplannen en wilden de effecten weten op de broeikasgasemissies. De maatregelen zijn onderverdeeld in de volgende categorieën: wijzigingen in de voeding, verbetering van de N-efficiëntie, diermanagement, energiebesparing en nog een groep diverse maatregelen (tabel 6).

Tabel 6 De maatregelen die door de 33 bedrijven zijn gekozen om de emissie van broeikasgassen te verminderen of om in beeld te krijgen wat het effect is van veranderingen in de bedrijfsvoering in het verleden

Maatregelen	Aantal keren genoemd
<i>A) Wijzigingen in de voeding</i>	
Vervanging krachtvoer door bijproducten	9
Meer maïs verbouwen	5
Maïs aankopen i.p.v. graskuil	1
Meer maïs voeren i.p.v. gras	1
Geen maïs meer verbouwen	1
Minder beweiden	3
Meer bijvoeding bij weiden	1
Meer krachtvoer verstrekken	1
<i>B) Verbetering van de N-efficiëntie</i>	
Minder kunstmest N	5
Meer kunstmest N	3
Verlaging N-gehalte in krachtvoer	3
Grotere mestopslag	1
Drijfmest beter benutten, niet meer in nazomer aanwenden	1
Zwaardere sneden oogsten	1
Wat als de productiviteit van de grond 10% hoger is	1
<i>C) Diermanagement</i>	
Meer melk per koe en groter quotum	11
Lager vervangingspercentage, minder jongvee	3
<i>D) Energiebesparing</i>	
Warmtepomp/voorkoeler	6
Doorzaai i.p.v. herinzaai	3
Land dichterbij het bedrijf	2
<i>E) Diversen</i>	
Aanschaf AMS	2
Drie keer per dag melken	1
Zelfvoorzienend met ruwvoer	1
Meer vee uitscharen elders	1
Meer in loonwerk laten doen	1
Verdubbeling veestapel	1

In de hierna volgende paragrafen worden de verschillende categorieën apart besproken. Eerst wordt een totaal overzicht gegeven van alle maatregelen.

Figuur 11 De verandering in totale broeikasgasemissie en in bedrijfsresultaat door het nemen van maatregelen die de uitstoot van broeikasgassen beïnvloeden



In de vierkwadranten figuur is elke stip een maatregel op een bedrijf, zoals genoemd in tabel 6. Op de horizontale as staat de verandering van het bedrijfsresultaat door het nemen van de maatregel en op de verticale as de verandering in de totale emissie van broeikasgassen (methaan, lachgas en kooldioxide) door het nemen van de maatregel. Positieve waarden op de horizontale as (rechterkant van de figuur) betekenen een toename van het bedrijfsresultaat, terwijl negatieve waarden op de verticale as (onderste helft van de grafiek) een daling van emissie per kg melk betekenen. Het kwadrant rechtsonder is dus het meest interessante, daar zitten de kostenefficiënte maatregelen, waarmee je de emissie beperkt en die tegelijk geld opleveren.

Er zijn veel maatregelen die dicht bij het kruispunt van de assen zitten, hetgeen betekent dat de verandering in emissie en bedrijfsresultaat niet zo groot is. Een verandering van 0,050 kg (50 gram) is ongeveer een verandering van 5%. Er zijn enkele uitschieters in figuur 11. Aan de linkerkant van de grafiek zitten twee bedrijven die een melkrobot aanschaffen. Deze investering leidt niet tot emissievermindering. De kosten van deze investering leiden uiteraard wel tot een verandering in de hoeveelheid arbeid, maar dat is geen onderwerp van dit project.

Efficiëntere mineralenbenutting 1990 – 2007 blijkt ook kostenefficiënt voor de beperking van broeikasgassen

In de kleine cirkel met nummer 1 staat het zogenoemde referentiebedrijf in 2007 dat sinds 1990 de bedrijfsvoering heeft veranderd om te voldoen aan de mestwetgeving. Tegelijkertijd is het bedrijf enigszins gegroeid, is de melkproductie verhoogd, de bemesting fors verminderd en het voermanagement sterk verbeterd. Er is te zien dat de emissie is verminderd met 200 gram CO₂-equivalenten per kg melk, terwijl het bedrijfsresultaat is toegenomen met ruim € 17.000,-. Het betekent dat de toen toegepaste maatregelen ook kostenefficiënte maatregelen zijn voor de beperking van broeikasgassen.

Op melkveebedrijven is sinds 1990 al een emissiereductie van ongeveer 17% bereikt. Vanuit die uitgangspositie moeten bedrijven nu verdere maatregelen nemen om de emissie nog verder terug te dringen.

Afwenteling van emissies

In de kleine cirkel met nummer 2 in de rechterbovenhoek van de grafiek staat een bedrijf dat met een forse stijging van de emissie een beter bedrijfsresultaat weet te halen. Dat is echter maar schijn. Het bedrijf in kwestie heeft als maatregel gekozen voor meer land, zodat het zelfvoorzienend is met ruwvoer.

Dat betekent dat de emissies die bij de teelt van het ruwvoer horen, nu ineens bij het bedrijf worden gerekend, terwijl dat bij aankoop van het ruwvoer niet het geval was. Dan wordt alleen de energie voor transport en verwerking meegeteld.

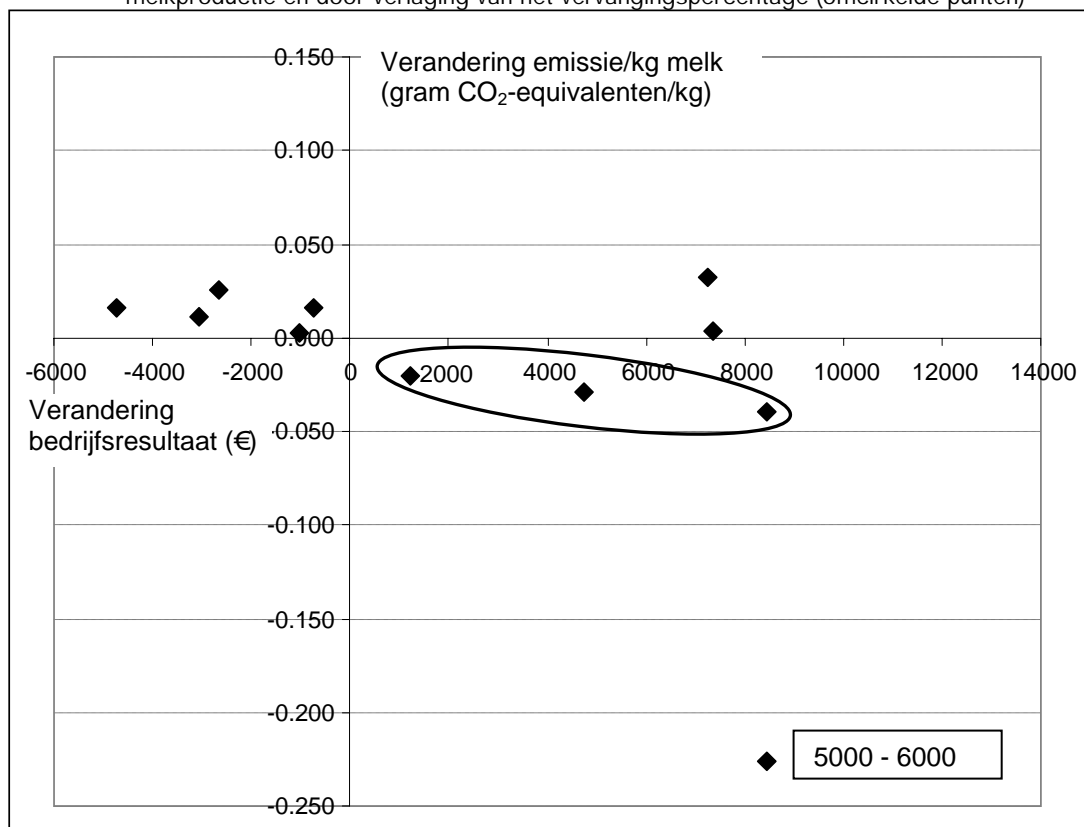
In werkelijkheid verandert de emissie van het geproduceerde voer niet, maar omdat het nu formeel op het eigen bedrijf wordt geteeld, wordt het meegeteld. Dat lijkt dus een verslechtering, maar is dat in werkelijkheid dus niet. Een vergelijkbaar verschijnsel doet zich voor bij de uitbesteding van de opfok van het jongvee. In figuur 9 wordt het meest efficiënt gevoerd (de minste hoeveelheid voer per kg melk) als er weinig jongvee is. Dat zijn allemaal bedrijven met een lage emissie per kg melk. Die bedrijven hebben de opfok van het jongvee echter uitbesteed, waardoor ze in feite ook de emissie hebben "uitbesteed". Eigenlijk hoort die emissie wel bij hun bedrijf. Bij het toepassen van een volledige Levens Cyclus Analyse (LCA) wordt de volledige emissie van de teelt van gewassen of de opfok van het jongvee wel toegerekend aan het aankopende bedrijf en aan de geproduceerde melk. Door in de toekomst de LCA methode in BBPR te bouwen kunnen alle emissies die bij de productie van melk (en vlees) horen ook aan die producten worden toegerekend.

Bedrijven met dubbeldoel koeien komen slechter uit

In het kwadrant rechtsonder staat een bedrijf in de cirkel met nummer 3. Dat is een bedrijf dat nu een lage melkproductie heeft per koe en dat zich sterker richt op de productie en verkoop van dieren voor vlees. De emissie wordt echter alleen maar toegerekend aan de geproduceerde melk en niet aan het vlees. Zolang alle bedrijven allemaal maar een beperkt deel van het inkomen uit omzet en aanwas halen (5 – 8%) is dat niet zo'n probleem. Ze blijven allemaal nog vergelijkbaar. Maar een bedrijf dat zich relatief iets meer richt op de productie vlees (omzet en aanwas is 13%) komt dan met een hoge emissie per kg melk uit de bus. Zodra dat bedrijf de melkproductie verhoogt van minder dan 5000 kg per koe naar 6000 kg per koe, daalt de emissie per kg melk fors. Dat komt omdat omzet en aanwas een kleiner deel van het inkomen wordt, maar ook omdat de dieren op het bedrijf met gemak deze productieverhoging kunnen realiseren. Ze zaten kennelijk nog niet aan de top van hun productie.

3.2.1 Diermaatregelen

Figuur 12 De verandering in uitstoot van broeikasgassen en in bedrijfsresultaat door verhoging van de melkproductie en door verlaging van het vervangingspercentage (omcirkelde punten)



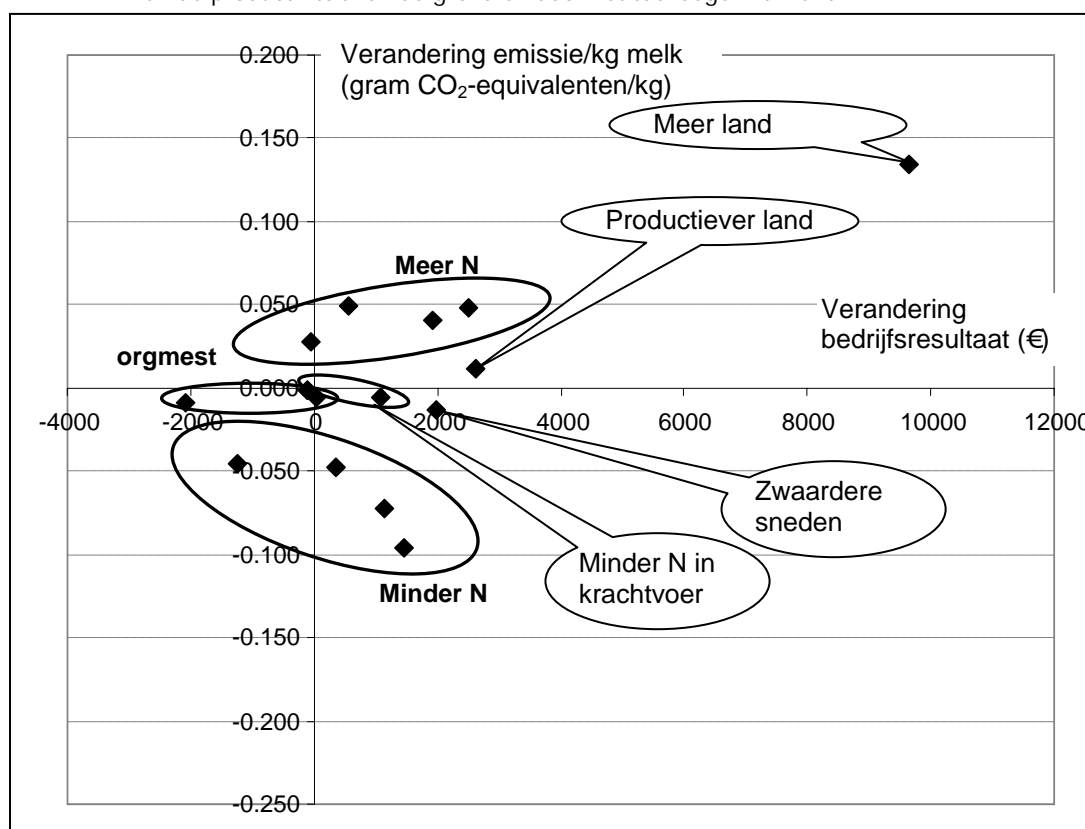
In figuur 12 staan de maatregelen verhoging melkproductie per koe (met vergroting van het quotum) en verlaging van het vervangingspercentage van de veestapel. De drie punten van het vervangingspercentage staan in de ellips. Het blijkt dat het verminderen van het vervangingspercentage van de veestapel een vermindering van de emissie betekent (20 tot 40 gram CO₂ per kg melk) en financieel zeer aantrekkelijk is. Het levert € 2000,- tot ruim € 8000,- op in de berekende situaties.

Verhoging van de melkproductie is een gecompliceerder verhaal. Er is één bedrijf dat nu een lage melkproductie heeft (minder dan 5000 kg per koe) en deze verhoogt tot 6000 kg. Dat leidt tot een forse daling van de emissie per kg melk en tot een duidelijke toename van het bedrijfsresultaat. In alle andere situaties wordt de melkproductie verhoogd van 8000 – 9000 kg naar 9000 tot ruim 10.000 kg per koe. Dan blijkt de emissie te stijgen. In vijf van de zeven gevallen daalt het inkomen. Dat wordt vooral veroorzaakt door de quotumkosten. In die situaties waar het inkomen stijgt, zijn er geen quotumkosten in het geding. Het blijkt ook dat bij de productieverhoging de voerefficiëntie minder wordt, er is 30 tot 70 gram meer voer nodig per kg melk dan in de situatie zonder productieverhoging. Alleen in de situatie van de laagproductieve koeien daalt de voerhoeveelheid per kg melk met maar liefst 110 gram per kg melk! Kennelijk hebben deze dieren de hele tijd onder hun kunnen gepresteerd. Dat wordt nu te gelde gemaakt.

Als bedrijven er dus in slagen om de melkproductie van hun koeien te verhogen, zonder extra voerkosten per kg melk, zal dat zowel de emissies beperken, als het bedrijfsinkomen verhogen.

3.2.2 Stikstofefficiëntie

Figuur 13 De verandering in uitstoot van broeikasgassen en in bedrijfsresultaat door aanpassingen in N-gebruik en grondgebruik. Verandering van de bemesting (meer en minder kunstmest, benutten organische mest), door verlaging van het N-gehalte van het krachtvoer, zwaardere sneden oogsten, verhoging van de productiviteit van de grond en door het toevoegen van land.



Vermindering van de kunstmestgift blijkt nog steeds een goede manier te zijn om de uitstoot van broeikasgassen te verminderen. In de berekende situaties gaat het om 50 tot 100 gram CO₂-equivalenten per kg melk. In alle gevallen is er minder graskuilproductie, en moet meer maïs worden gekocht. Door de hogere energiewaarde van maïs t.o.v. gras, hoeft minder krachtvoer te worden gekocht. In drie van de vier gevallen is het bedrijfsresultaat

beter bij minder bemesting, variërend van € 300,- tot € 1500,-. Dat wordt veroorzaakt door de prijzen waarmee is gerekend: verhoogde prijzen voor kunstmest en krachtvoer en een minder verhoogde prijs voor aangekochte maïs. Dit resultaat is daarmee sterk afhankelijk van de energieprijzen. De emissiebeperking door minder kunstmest zal in werkelijkheid iets minder gunstig zijn, omdat er buiten het bedrijf meer land nodig is om maïs te verbouwen. Deze emissies worden nu niet meegerekend. Door vermindering van de bemesting wordt in feite een stukje emissie afgewenteld op maïssteelt buiten het bedrijf. Nu de kunstmestprijs weer is gedaald, zal ook het positieve effect op het bedrijfsresultaat weer veranderen in een licht negatief resultaat.

In de ellips met "orgmest" staan twee maatregelen. De eerste is een betere benutting van de dierlijke mest door niet meer in de nazomer aan te wenden, maar eerder in het groeiseizoen. Dat levert een lichte daling op van de emissie met 6 gram CO₂-equivalenten en maakt het bedrijfsresultaat een beetje beter. Vergroting van de mestopslag en daarmee ook een betere mestbenutting vermindert de emissie met 8 gram CO₂-equivalenten per kg melk, maar het bedrijfsresultaat daalt met € 2000 vanwege de kosten voor de mestopslag.

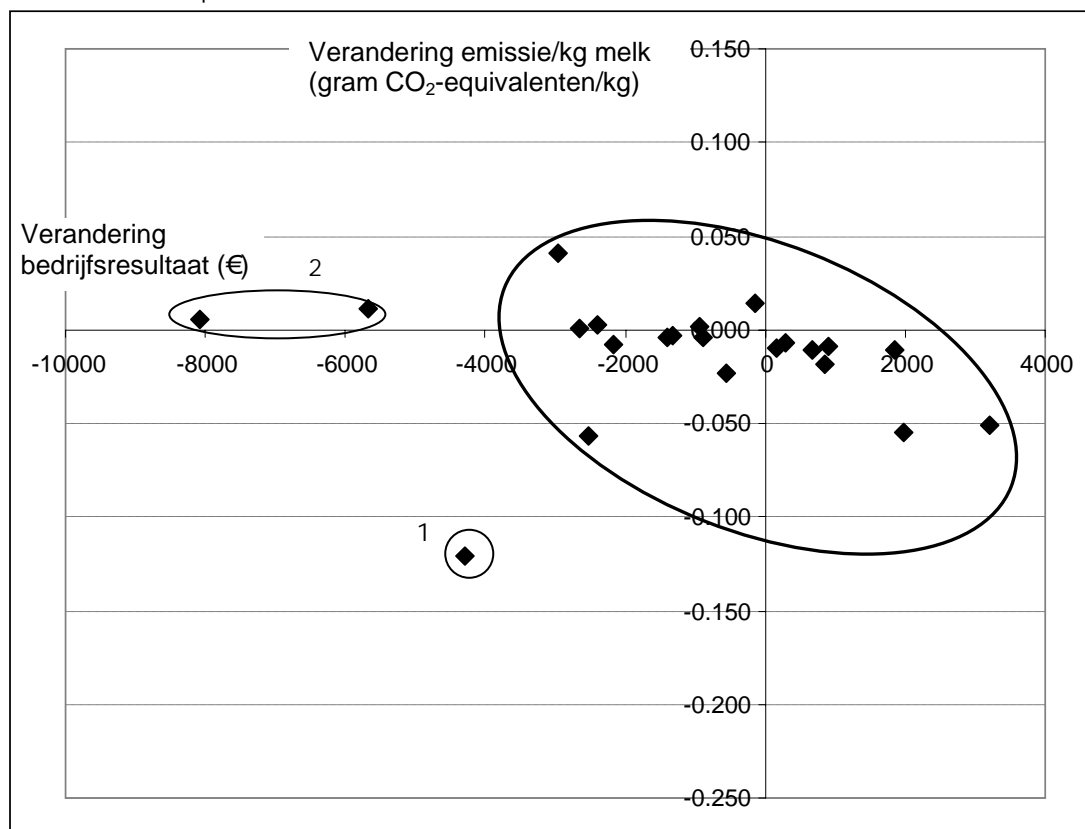
Vermindering van het N-gehalte in het krachtvoer zorgt voor een beperkte afname van de emissie met 1 tot 6 gram CO₂-equivalenten per kg melk, terwijl het bedrijfsresultaat verandert van € -110,- tot € + 1000,-.

Het oogsten van iets zwaardere sneden laat de emissie dalen met 13 gram CO₂-equivalenten per kg melk, terwijl het bedrijfsresultaat toeneemt met € 2000,-. De netto kVEM opbrengst van het grasland neemt toe, terwijl de voederwinningskosten dalen.

Verhoging van de productiviteit van het land (een meer theoretische optie) en toevoegen van land om zelfvoorzienend te worden met ruwvoer, zorgen voor een toename van de emissies. Dat lijkt een rare zaak, maar komt omdat alle emissies die bij de teelt van het product behoren nu worden toegerekend aan het eigen bedrijf. Er is dan geen sprake meer van afwenteling van emissies.

3.2.3 Voedingsmaatregelen

Figuur 14 De verandering in uitstoot van broeikasgassen en in bedrijfsresultaat door aanpassingen in krachtvoer en ruwvoer en in beweiding van het melkvee. De punten in de grote ovaal staan voor verandering van het aandeel maïs in het rantsoen, deels door aankoop, deels door eigen teelt en de vervanging van een deel van het krachtvoer door bijproducten. De punt in cirkel 1 is de overgang van onbeperkt naar beperkt weiden, de punten in ovaal 2 staan voor de overgang van beperkt weiden naar opstallen.



In veel gevallen leidt de vervanging van krachtvoer door bijproducten niet tot een betekenisvolle verlaging van de uitstoot van broeikasgassen, de vermindering ligt tussen de 0 en 20 gram CO₂-equivalenten per kg melk. Er zijn drie situaties waarbij de uitstoot sterker daalt, namelijk met ongeveer 50 gram CO₂-equivalenten per kg melk. In die gevallen gaat het om vervanging van krachtvoer door Nutex, direct aangekochte tarwe of door het oogsten van CCM in plaats van ingekuilde mais van de gehele plant. Vervanging van krachtvoer door Nutex levert in het hier berekende geval geld op, omdat Campina hiervoor een bonus geeft, zonder die toeslag leidt het gebruik van Nutex tot een daling van het bedrijfsresultaat. Aankoop van tarwe is goedkoper dan aankoop van krachtvoer, waardoor het bedrijfsresultaat dus verbetert. Het gebruiken van CCM leidt door hogere kosten voor het oogsten tot een lager bedrijfsresultaat.

De transportenergie blijkt soms een grote rol te spelen. De aangekochte tarwe die hiervoor is genoemd, is een droog product en komt uit de buurt van het bedrijf. Bij de vervanging van krachtvoer door natte bijproducten is er veel transportenergie nodig en daalt de uitstoot van broeikasgassen niet of nauwelijks. De transportenergie van natte bijproducten is namelijk hoog, er moet voor een zelfde hoeveelheid droge stof meer (nat) materiaal worden vervoerd. Maar ook hier kan het beeld iets anders worden als alle emissies die verbonden zijn aan de productie van krachtvoer of tarwe of natte bijproducten worden toegerekend aan het bedrijf. Ook hier kan een Levens Cyclus Analyse een completer beeld geven.

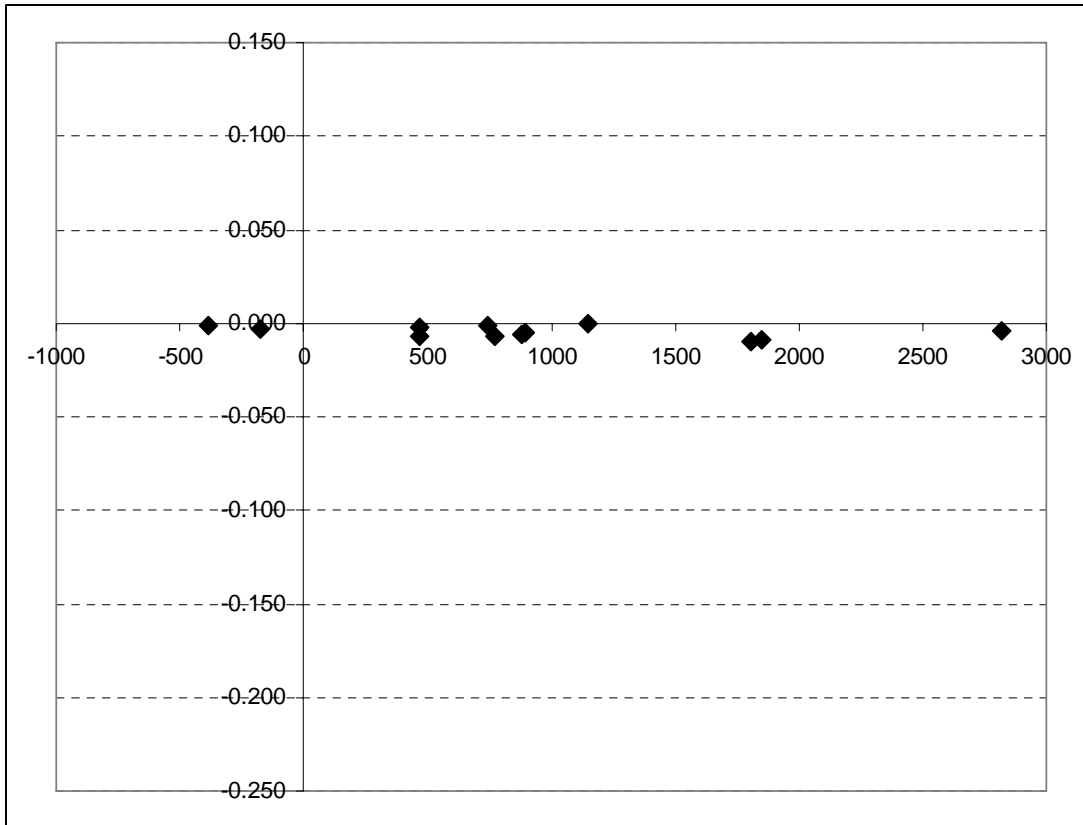
Het verhogen van het aandeel snijmais in het rantsoen zorgt voor vermindering van de emissie met 5 tot 10 gram CO₂-equivalenten per kg melk, terwijl het bedrijfsresultaat soms iets stijgt en soms iets daalt.

Een aspect dat bij de teelt van mais niet in de berekeningen wordt meegenomen is de eventuele verandering in het organische stofgehalte van de bodem. Onder grasland wordt organische stof en daarmee ook koolstof, vastgelegd. Deze koolstof wordt voor langere tijd aan de kringloop onttrokken. Als er grasland wordt geploegd om meer mais te telen, komt er weer veel koolstof vrij en kan het positieve effect van mais in het rantsoen teniet worden gedaan.

Verandering van het onbeperkt weiden naar beperkt weiden op een extensief bedrijf met een lage productie per koe (cirkel met nummer 1) zorgt voor een daling van de uitstoot met 120 gram CO₂-equivalenten per kg melk, maar ook voor een daling van het bedrijfsresultaat met ruim € 4000,-. Overschakelen van beperkt weiden met veel bijvoeding naar opstallen en geconserveerd voer geven (Summerfeeding) leidt tot iets hogere emissies (10 gram CO₂-equivalenten per kg melk) en tot een daling van het bedrijfsresultaat van € 6000,- tot € 8000,- (cirkel met nummer 2).

3.2.4 Energie

Figuur 15 De verandering in uitstoot van broeikasgassen en in bedrijfsresultaat door warmteterugwinning bij koeling van melk, verkorten van rijafstanden en doorzaai i.p.v. herinzaai of minder herinzaai. De horizontale as geeft een beperkter traject weer dan de voorgaande figuren.



Alle maatregelen in figuur 15 leiden niet of nauwelijks tot een vermindering van de uitstoot van broeikasgassen. Warmteterugwinning bij melk is een financieel aantrekkelijke zaak, als er gebruik wordt gemaakt van een voorcoeler en een warmtepomp. Alleen een warmtepomp is financieel niet aantrekkelijk. Het is financieel altijd aantrekkelijk om het land dichterbij huis te hebben, maar de besparing zit vooral in de kosten en nauwelijks in de uitstoot van broeikasgassen. Vermindering van herinzaai, eventueel vervangen door doorzaai leidt tot een iets beter bedrijfsresultaat, maar in de huidige berekeningen niet of nauwelijks tot een lagere uitstoot van broeikasgassen. De verandering van de voorraad aan organische stof en daarmee van vastgelegde koolstof, is niet in de berekeningen meegenomen. Uit veldonderzoek blijkt het verlies aan koolstof bij herinzaai beduidend groter is dan bij doorzaai. De effecten van graslandvernieuwing op de verandering in organische stof in de bodem worden in 2009 verwerkt in een adviesprogramma over graslandvernieuwing.

4 Discussie en conclusies

4.1 Discussie

Het niveau van de uitstoot van broeikasgassen

Het niveau van de uitstoot van broeikasgassen varieert tussen bedrijven. Dat heeft te maken met de variatie in bedrijfsvoering. Omdat alle aspecten van de bedrijfsvoering effect hebben op de uitstoot van broeikasgassen is het totale effect altijd een optelsom van vele individuele en eenduidige effecten. Zelfs met een modelmatige benadering, zoals in deze studie is uitgevoerd, blijkt er al zoveel variatie te zijn dat de individuele effecten, zoals melkproductie, bemesting en beweiding al moeilijk uit de resultaten zijn te destilleren. Dat maakt de interpretatie van het niveau van de emissie lastig. In vergelijkende situaties, zoals bij het nemen van één maatregel per keer, is beter aan te duiden welk effect een maatregel heeft. Dan veranderen namelijk de andere aspecten van de bedrijfsvoering niet.

Voerefficiëntie

Ondanks de variatie tussen bedrijven, is er wel een duidelijk verband tussen de hoeveelheid verstrekt voer per kg melk en de uitstoot van methaan. Tussen de bedrijven blijkt er een variatie te zijn van 200 gram voer per kg melk. Dat geeft aan dat er binnen bedrijven mogelijkheden zijn efficiënter te voeren en daarmee ook de uitstoot van methaan te verminderen. Uit de berekeningen blijkt dat een verhoging van de melkproductie niet automatisch betekent dat er efficiënter wordt geproduceerd. In veel gevallen stijgt juist de hoeveelheid voer per kg melk iets.

Het belang van goede terugkoppeling en kengetallen

Er is nog een ander aspect dat de berekeningen over de uitstoot van broeikasgassen complex maakt. De berekeningswijze werkt goed; er is een uniforme rekenwijze (Schils et al. 2006) welke is gebaseerd op de officiële rekenmethoden zoals de IPCC ze voorschrijft (IPCC, 2006). Het niveau van de uitstoot wordt echter sterk bepaald door de hoeveelheid voer die het vee krijgt en door de hoeveelheid mest die wordt geproduceerd. Deze bepalen de volledige methaanemissie en een aanzienlijk deel van de lachgasemissie. Voerproductie, voeropname en mestproductie zijn interne stromen op een bedrijf, die alle drie moeilijk nauwkeurig zijn te meten of te schatten. Meetmethoden voor eigen geteeld ruwvoer en mest van het eigen bedrijf zijn nog altijd vrij onnauwkeurig. Verschillen van 20% ten opzichte van de werkelijke waarden zijn geen uitzondering. Schatting van hoeveelheden zeggen soms meer over het optimisme of pessimisme waarmee de schatter aan het werk gaat, dan dat zij een goede benadering van de werkelijkheid zijn.

Dat is een groot verschil ten opzichte van de situatie met MINAS, waarbij geen interne stromen werden gemeten, maar alleen alle transporten van en naar het bedrijf nauwkeurig werden geregistreerd, zowel in kilogrammen als in gehalten. De stromen binnen het bedrijf bleven bij MINAS dus buiten beeld. Door deze nauwkeurigheid van MINAS was het een systeem dat een goede terugkoppeling gaf aan de veehouder. Voor verandering in de bedrijfsvoering is een goede terugkoppeling met eenduidige kengetallen van groot belang.

Omdat de inschatting van de hoeveelheden van de interne stromen onder praktijkomstandigheden erg moeilijk is vast te stellen kan in de praktijk geen goede schatting worden gegeven van de emissie. Daardoor ontbreekt het aan een goede terugkoppeling naar de veehouder. Terugkoppeling is een eerste vereiste bij verandering en verbetering in de bedrijfsvoering.

Uit de voorgaande berekeningen blijkt dat de hoeveelheden voer en mest belangrijke kengetallen zijn. Daarom moeten goede, uniforme en snel uitvoerbare methoden worden ontwikkeld om de hoeveelheden voer en mest nauwkeuriger te bepalen op melkveebedrijven. Daarnaast zijn vermindering van de kunstmesthoeveelheid, vervanging van krachtvoer door andere grondstoffen en de hoeveelheid jongvee per melkkoe effectieve maatregelen. Deze kengetallen zijn momenteel al goed vast te stellen op een bedrijf. De ontwikkeling van een eenvoudig systeem van terugkoppeling, waarin deze kengetallen zijn verwerkt, kan veehouders stimuleren om de uitstoot van broeikasgassen te verminderen.

Maatregelen

Hoewel er per individuele maatregel soms beperkte emissievermindering is te bereiken, blijkt dat het nemen van een combinatie van maatregelen wel degelijk effect sorteert, zoals blijkt uit tabel 7.

Tabel 7 De maatregelen om de uitstoot van broeikasgassen te verminderen, hun effect en een aanduiding van de kosteneffectiviteit

Maatregel	Emissievermindering (g/kg melk)	Kosteneffectief ?
Minder kunstmest N	50 – 100	Sterk afhankelijk van prijzen
Minder jongvee / langere levensduur	20 – 40	Ja
Vervanging krachtvoer	10 – 20	Ja
Meer mais	5 – 10	Wisselend
Zwaardere sneden	10	Ja
Minder N in krachtvoer	1 – 6	Licht negatief tot positief
Mestbenutting	6 – 8	Wisselend
Warmteterugwinning	1 – 3	Neutraal tot positief
Totaal	103 - 197	Neutraal tot positief

De vermindering van de kunstmestgift is een effectieve maatregel die nog een duidelijke bijdrage levert in de orde van 50 tot 100 gram CO₂-equivalenten per kg melk. In de situatie met een hoge prijs voor kunstmest en krachtvoer, dus met een hoge energieprijis, is deze vermindering kosteneffectief. Deze maatregel is ook vrij eenvoudig uit te voeren.

Vermindering van het aandeel jongvee op het bedrijf zorgt voor een vermindering van de emissies met 20 tot 40 gram per kg melk en levert ook nog geld op. Deze maatregel vergt echter wel duidelijk aanpassingen in het gehele bedrijfsmanagement, omdat het ook een langere levensduur van het melkvee vereist.

Als krachtvoer wordt vervangen door droge, enkelvoudige grondstoffen die op korte afstand beschikbaar zijn, kan het de emissie beperken en ook een beter bedrijfsresultaat opleveren.

Het verhogen van het aandeel snijmais in het rantsoen is niet voor alle bedrijven een optie, maar kan toch nog zorgen voor een iets lagere emissie. Het financiële resultaat is wisselend.

Deze combinatie van maatregelen kan zorgen voor een emissievermindering van 100 tot 200 gram CO₂-equivalenten per kg melk. Dat is grofweg 10 tot 20%. Als we deze emissievermindering voegen bij deal gerealiseerde 200 gram emissiebeperking tussen 1990 en 2007 van het referentiebedrijf, dan is een totale emissiebeperking mogelijk van 300 tot 400 gram CO₂-equivalenten ten opzichte van het niveau van 1990. Bij een niveau van ongeveer 1200 gram in 1990 betekent dat een emissiereductie van 25 tot 33%. Daarmee is de 30% emissiebeperking die Nederland als algemene doelstelling heeft een haalbare optie.

In het voorgaande zijn er bij de verschillende maatregelen neveneffecten die de emissiereductie enigszins teniet kunnen doen. Genoemd zijn onder meer de afwenteling van emissies naar andere hectares bij vermindering van de bemesting en de verlaging van het organische stofgehalte als grasland wordt gescheurd voor mais.

Daartegenover staat dat in andere gevallen de emissiebeperking nog wel iets sterker kan zijn dan nu is berekend. Nieuwe inzichten in de effecten van snijmais op de emissie van methaan (Bannink, 2007) zijn nog niet in de berekeningen verwerkt. Als deze inzichten worden verwerkt, kan een betere inschatting worden gegeven en zal naar verwachting de voeding van snijmais tot een iets sterkere daling van de emissies leiden.

Het gebruik van krachtvoer met grondstoffen uit andere werelddelen zorgt voor meer emissies dan in de berekeningen van BBPR worden meegenomen. Vervanging van aangekocht krachtvoer door regionaal geteeld voer kan dus een groter effect opleveren dan nu is berekend. Het verbeteren van de voerefficiëntie kan ook een bijdrage leveren, maar dat vereist goede meetmethoden. Er is daarom nu geen inschatting te geven wat dat kan opleveren. Al met al is een reductie van 100 gram CO₂-equivalenten of meer nog wel een mogelijkheid voor melkveebedrijven.

De stijging van de melkproductie wordt vaak genoemd als een belangrijke maatregel om verliezen te verminderen en om het bedrijfsresultaat te verbeteren. In de hier getoonde berekeningen blijkt het effect van productiestijging nogal tegen te vallen. Het lukt niet om nog efficiënter om te gaan met voer door de productie te verhogen.

Daardoor neemt ook de uitstoot van broeikasgassen niet af. Alleen bij laagproductieve dieren is de productieverhoging nog een maatregel die werkt en geld oplevert.

De daling in het bedrijfsresultaat bij stijging van de melkproductie is grotendeels toe te schrijven aan gestegen quotumkosten. Als de quotumkosten lager worden, verandert het financiële resultaat.

De kosten en baten van maatregelen zijn altijd afhankelijk van de prijzen die worden gehanteerd in de berekeningen. Dat blijkt het sterkst bij de kosteneffectiviteit van vermindering van de N-bemesting. In de tijd dat de prijzen van kunstmest en krachtvoer hoog waren, in de eerste helft van 2008, was het financieel aantrekkelijk om minder kunstmest N te gebruiken. De prijs van snijmais was ook wel verhoogd, maar minder sterk dan die van kunstmest en krachtvoer. Dat hing uiteraard sterk samen met de energieprijis. Na de hoge energieprijzen is er

weer een daling opgetreden, waardoor de kosteneffectiviteit van minder kunstmest N weer licht negatief zal zijn. Ook het financiële resultaat van maatregelen als de warmteterugwinning en de vervanging van krachtvoer door enkelvoudige, droge grondstoffen uit de omgeving zal sterk worden beïnvloed door de energieprijzen. Andere maatregelen, zoals de vermindering van de hoeveelheid jongvee, is veel minder afhankelijk van de prijzen. Algemeen geldt nog steeds dat verbetering van de efficiëntie altijd financieel aantrekkelijk is.

Naast de al genoemde maatregelen voor emissiereductie, zijn er nog een aantal andere mogelijkheden. Dat zijn een verdergaande energiebesparing en productie van eigen energie. Kooldioxide van directe energie (aangekochte brandstof) en indirecte energie (elektriciteit en energie in grondstoffen en kunstmest) is nog altijd zo'n 25% van de totale emissie. Ellen & Kasper (2008) hebben voor intensieve veehouderij aangetoond dat een energieneutrale bedrijfsvoering in elk geval haalbaar is via energiebesparende technieken en energieopwekking. Een andere mogelijkheid om emissies te verminderen is het toepassen van mestvergisting. Daarmee kan ongeveer 20% van de methaanemissie worden voorkomen en wordt bovendien nog energie geleverd.

4.2 Conclusies

Het gemiddelde niveau van de uitstoot van broeikasgassen is voor de berekende bedrijven 1060 gram CO₂-equivalenten per kg melk, exclusief de emissies van de veengronden.

De totale uitstoot van broeikasgassen op een melkveebedrijf is het resultaat van veel processen in de hele bedrijfsvoering, die elkaar bovendien beïnvloeden. Van al die individuele processen zijn vaak duidelijke relaties bekend tussen proceskenmerken en de uitstoot van broeikasgassen. Door al deze processen samen te brengen in één totaal bedrijf, waarbij ook de processen elkaar beïnvloeden, zijn heldere één op één relaties zoals bijvoorbeeld tussen emissies en stikstofbemesting minder zichtbaar. Dat blijkt dan als een groep bedrijven wordt geanalyseerd. Dat wil echter niet zeggen dat die relaties niet meer bestaan.

Bij het berekenen van maatregelen om de emissie te beperken blijkt dat de verandering van één bedrijfskenmerk, zoals bijvoorbeeld bemesting, wel degelijk de uitstoot van broeikasgassen kan verminderen.

Door een combinatie van een aantal maatregelen kan op bedrijven nog een vermindering van de uitstoot van broeikasgassen worden bereikt van 100 tot 200 gram per kg melk. De belangrijkste maatregelen zijn vermindering van de kunstmestgift; verlenging van de levensduur van koeien met bijbehorende verlaging van de hoeveelheid jongvee en vervanging van aangekocht krachtvoer door droge, enkelvoudige grondstoffen, CCM of Nutex. Zij kunnen samen zorgen voor ruim tweederde van de potentiële emissievermindering. Verlenging van de levensduur van melkvee is altijd kosteneffectief. Verminderen van de kunstmest N bleek bij hoge energieprijzen kosteneffectief te zijn, maar zal bij lagere energieprijzen weer leiden tot een lager bedrijfsresultaat. Aankoop van enkelvoudige grondstoffen is kosteneffectief, Nutex (zonder extra vergoeding) en CCM zorgen voor een slechter financieel bedrijfsresultaat.

Er is sprake van spreiding in de kosteneffectiviteit van emissiebeperkende maatregelen tussen bedrijven. Deze spreiding in emissiebeperking is echter beperkt. De spreiding van de verandering in bedrijfsresultaat is soms iets groter. Verhoging van de melkproductie per koe is een zeer populaire maatregel, maar alleen effectief als de productie van de dieren nog niet hoog is (minder dan 6000 kg melk per koe). Bij hogere melkproducties per dier (meer dan 7000 a 8000 kg per koe) is de winst van verdere productieverhoging vaak beperkt tot afwezig. Verbetering van de voerefficiëntie is een sleutelwoord in de emissiebeperking via de voeding van het vee.

De gerealiseerde vermindering van de uitstoot van broeikasgassen tussen 1990 en 2007 en de voorgestelde combinatie van maatregelen bieden de mogelijkheid om de doelstelling van 30% emissiereductie te bereiken.

Een goede terugkoppeling naar de veehouder om te laten zien dat maatregelen die de uitstoot van broeikasgassen beperken, is essentieel. Deze terugkoppeling kan betrekking hebben op een set van bedrijfskenmerken, zoals hoeveelheid jongvee per koe, gebruik van kunstmest N, productie van eigen voer, het voerverbruik per kg melk en een nauwkeurige inschatting van de mestproductie.

De onnauwkeurige inschatting van de hoeveelheden voer en mest binnen het bedrijf maken een goede berekening van de uitstoot van broeikasgassen erg lastig. Daardoor ontbreekt het aan een goede terugkoppeling naar de veehouder. Voor vaststelling van de hoeveelheden voer en mest moeten eenvoudig toepasbare meetmethoden worden ontwikkeld.

Bij een aantal maatregelen bestaat het gevaar van afwenteling of worden emissies niet helemaal in beeld gebracht. Door gebruik van de Levens Cyclus Analyse in combinatie met BBPR kunnen alle emissies in de gehele productieketen van melk in kaart worden gebracht.

Literatuur

- Alem, van G.A.A. en A.T.J. van Scheppingen, 1993, The developement of a farm budgeting program for dairy farm. Proceedings XXV CIOSTA-CIGR v congress, P. 326-331.
- Bannink, A., 2007. Modelling Volatile Fatty Acid Dynamics and Rumen Function in Lactating Cows. Proefschrift, Wageningen Universiteit.
- Ellen, H. & G.J. Kasper, 2008. CO₂-neutrale stallen. ASG-rapport 127. Animal Sciences Group, Lelystad, 27 pp.
- Hemmer, Hans, Bert Bosma, Aart Evers, Izak Vermeij, 2006. Kwantitatieve Informatie Veehouderij 2006-2007. Animal Sciences Group, Lelystad. Handboek 1.
- Schils R.L.M., D.A. Oudendag, K.W. van der Hoek, J.A. de Boer, A.G. Evers, M.H. de Haan, 2006. Broeikasgasmodule BBPR. Praktijk Rapport 90. Animal Sciences Group, Lelystad, 51 pp.
- Schils, R.L.M., M.H.A. de Haan, J.G.A. Hemmer, A. van den Pol-van Dasselaar, J.A. de Boer, A.G. Evers, G. Holshof, J.C. van Middelkoop, & R.L.G. Zom, 2007. Dairy Wise, a whole farm model. Artikel in Journal of Dairy Science.
- Zom, R.L.G., september 2002. Voorspelling voeropname met Koemodel 2002, PraktijkRapportRundvee 11, Praktijkonderzoek Veehouderij Lelystad.

Bijlagen

Bijlage 1 Invulgegevens voor berekening met Bedrijfsbegrotingsprogramma Rundveehouderij (BBPR)

Naam bedrijf:

<i>Omschrijving</i>	<i>Basis (2007)</i>
Kg melkquotum (gebruiksquotum)	..... kg quotum
% vet gebruiksquotum	..... % vetreferentie
Kg melk aan de fabriek geleverd (A)	..... kg melk
Kg melk niet aan fabriek (eigen verbruik, kalveren) (B)	.....kg melk
Aantal koeien (C)	..... stuks
Melkproductie ¹ per koe (A + B) / C	..... kg melk per koe
Stuks jongvee (kalveren + pinken)	..... stuks
% vet geleverde melk	..... % vet
% eiwit geleverde melk	..... % eiwit
Ureumgehalte in de melk	..... mg/100 ml
Aanvoer krachtvoervangers (kg ds totaal)	..... kg ds (soort:.....)
Aanvoer ruwvoer (kg ds totaal)	..... kg ds (soort:.....)
Afvoer ruwvoer (kg ds totaal)	..... kg ds (soort:.....)
Oppervlakte gras (ha)	..... ha normaal grasl. waarvan..... ha beweidbaar
Oppervlakte mais (ha)	..... ha mais
Oppervlakte overige voedergewas.	..... ha (soort)
Oppervlakte pacht vs oppervlakte eigendom (ha)	..... ha pacht en ha eigendom
Pachtprijs (€/ha)	€...../ha
Beweidingsstelsel (O, B, S, Z) + .. kg ds bijvoeding ²⁾	O/B/S/Z +.....kg ds graskuil + kg ds maïskuil
Ruwvoer winter: aandeel graskuil en maïskuil	± % graskuil en ± % maïskuil
Jongvee weiden in de zomer?	Pinken: stal/wei Kalveren: stal/wei
Aanvoer kg krachtvoer per koe per jaar incl jongvee	.....1220..kg krachtvoer/koe/jr incl. jongvee
Grondsoort en grondwatertrap (of droog/gem/nat)	Zand/Klei Grondwatertrap:
m ³ mestaanvoer + soort	..... m ³ .....mest
m ³ mestafvoer	..... m ³
Stikstofgift kunstmest gras (kg N/ha)	..... kg N/ha uit kunstmest
Fosfaatgift kunstmest gras (kg P2O5/ha)	..... kg P2O5/ha uit kunstmest
Stikstofgift kunstmest mais/voedergewas (kg N/ha)	..... kg N/ha uit kunstmest
Fosfaatgift kunstmest mais/voedergew. (kg P2O5/ha)	..... kg P2O5/ha uit kunstmest

Loonwerk (als loonwerk tarief per ha of m³ invullen)	
	Maaien: zelf/loonwerk, €...../ha
	Schudden: zelf/loonwerk, €/ha
	Harken: zelf/loonwerk, €...../ha
	Inkuilen: zelf/loonwerk, €...../ha
	Ploegen: zelf/loonwerk, €...../ha
	Bemesten grasland: zelf/loonwerk, €...../m ³
	Bemesten maïsland: zelf/loonwerk, €...../m ³
	Zaaien: zelf/loonwerk, €...../ha
	Cultivateren: niet/zelf/loonwerk, €...../ha
	Maïs oogsten: niet/zelf/loonwerk, €...../ha
	Eggen: niet/zelf/loonwerk, €...../ha
	Sputen: niet/zelf/loonwerk, €...../ha
Eventueel hier ontbrekende werkzaamheden invullen	.....: loonwerk, €...../ha
	.....: loonwerk, €...../ha

¹⁾ Melkproductie op basis van geleverde melk en melk eigen gebruik, dus **GEEN NRS** productief! LET OP dat met ingevoerde melkproductie en werkelijk vetgehalte het vetquotum niet (teveel) wordt overschreden, houdt hier rekening mee bij het invullen.

²⁾ O = dag en nacht weiden, B = alleen overdag weiden, S = volledig op stal met hele jaar rantsoen van geconserveerd ruwvoer, Z = volledig op stal met in de zomer vers gras rantsoen. Doorstrepen wat niet van toepassing.

Bijlage 2 Lijst van maatregelen voor de reductie van de emissie van broeikasgassen methaan (CH₄), lachgas (N₂O) en kooldioxide (CO₂)

	Maatregel	Nu	Nieuwe situatie
	minder jongvee/jongvee uitscharen		
	meer melk per koe		
	meer krachtvoer i.p.v. ruwvoer		
	meer mais i.p.v. gras voeren		
	meer mais i.p.v. gras telen		
	minder beheersland		
	bijproducten voeren		
	afvoer dierlijke mest		
	minder kunstmest-N		
	betere benutting meststoffen (tijd, dosering, plaatsing)		
	minder beweiden		
	ander beweidingssysteem		
	telen van vanggewas na mais		
	warmtepomp bij melkwinning		
	warmteterugwinning bij melkwinning		
	meer of minder werkzaamheden in loonwerk		
	doorzaai i.p.v. herinzaai		
	wisselbouw		
	lager N-gehalte rantsoen, door andere voedermiddelen zoals ...		
	.....(<i>zelf in te vullen</i>)		

U kunt uit bovenstaande lijst drie maatregelen kiezen door ze in de eerste kolom aan te kruisen. Vervolgens kunt u in de derde en vierde kolom aangeven wat u anders wilt gaan doen.

Als u zelf een maatregel weet die niet in het lijstje staat, dan kunt u deze bij de laatste regel invullen.