



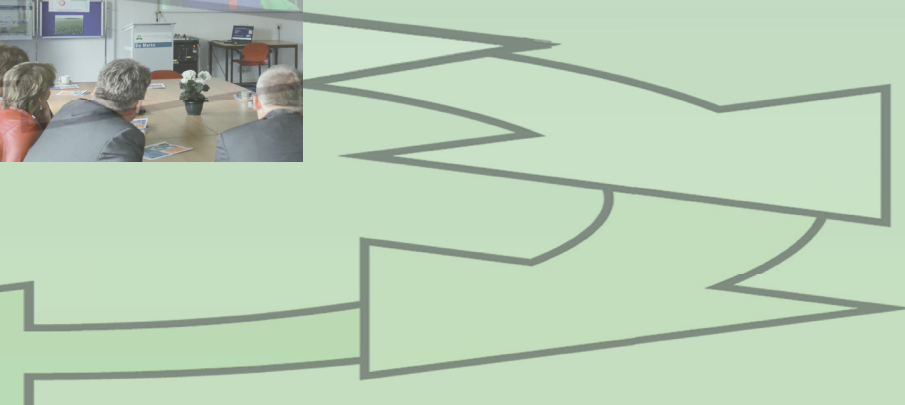
Inpassen van maatregelen ter reductie van gasvormige emissies in bedrijfsvoering van melkveebedrijven

Koeien & Kansen resultaten 2010-2013



Januari 2016

Rapport nr. 76





Colofon

Uitgever

Wageningen UR Livestock Research
Postbus 338, 6700 AH Wageningen
Telefoon 0317-480177
E-mail: info@koeienenkansen.nl
Internet: <http://www.koeienenkansen.nl>

Redactie

Koeien & Kansen

Aansprakelijkheid

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

Bestellen

ISSN 0169-3689

Dit rapport is gratis te downloaden op de website.

Koeien & Kansen werkt aan een toekomst voor 'schone melkers'.

Het project Koeien & Kansen is een samenwerkingsverband van 16 melkveehouders, proefbedrijf De Marke, Wageningen UR en adviesdiensten. Op verzoek van het ministerie van EZ en ZuivelNL toetst, evalueert en verbetert het project de effectiviteit en uitvoerbaarheid van (voorgenomen) mest- en milieuwetgeving onder praktijkomstandigheden en ondersteunt het de Nederlandse melkveehouderijsector bij de implementatie ervan.

Dit onderzoek is uitgevoerd binnen de PPS Meerwaarde Mest en mineralen (TKI-AF-12178). Dit onderzoek is gefinancierd door het Ministerie van EZ en de brancheorganisatie ZuivelNL



Inpassen van maatregelen ter reductie van gasvormige emissies in bedrijfsvoering van melkveebedrijven

Koeien & Kansen resultaten 2010-2013

Roselinde Goselink, Leon Šebek, Gerjan Hilhorst,
Aart Evers, Michel de Haan

Voorwoord

In het project Koeien & Kansen werken zestien melkveehouders, proefbedrijf De Marke, Wageningen UR en adviesdiensten aan een toekomst voor 'schone' melkers. Met financiering van het Ministerie van Economische Zaken (EZ) en Zuivel NL (voorheen Productschap Zuivel) toetst, evalueert en verbetert het project de effectiviteit en uitvoerbaarheid van (voorgenomen) mest- en milieuwetgeving. De deelnemers van Koeien & Kansen lopen voor omdat ze het bedrijfsmanagement afstemmen of (voorgenomen) beleid; ze implementeren maatregelen op hun bedrijf waarmee doelen van (toekomstig) beleid gehaald moeten worden. Op die manier wordt duidelijk wat het voor de melkveesector betekent wanneer voorgenomen beleid ook daadwerkelijk wordt uitgevoerd. Dat gaat niet alleen over of het gewenste effect wordt bereikt, maar ook over wat het betekent voor de melkveehouder. Kan de melkveehouder het bedrijfsmanagement aanpassen en zo ja, wat voor inspanning (arbeid, geld en sociaal) betekent dat? Deze informatie helpt de overheid, de sector en de melkveehouder bij het opstellen en voldoen aan doelen voor de kwaliteit van het milieu.

De voorloperbedrijven in het project hebben in de periode 2010-2013 de uitdaging opgepakt om de broeikasgasemissies (luchgas en methaan) te reduceren met 30% ten opzichte van het referentiejaar 1990 en tegelijkertijd te voldoen aan andere milieueisen (nitraat, fosfaat en ammoniak). Voor ammoniak lag er een extra uitdaging voor het project: een reductie van de individuele bedrijfsemmissie van ammoniak met 10% ten opzichte van 2009. Het streven was om deze doelen eind 2013 te bereiken. In eerdere rapporten (Koeien & Kansen-rapporten 68 en 74) is beschreven met welke uitgangssituatie in 2009 is gestart, welke reductiemaatregelen zijn toegepast en wat daarvan in 2010, 2011 en 2012 het effect is geweest. In het huidige rapport wordt het overall resultaat inclusief het projectjaar 2013 beschreven.

Roselinde Goselink en Léon Šebek

Samenvatting

In 2010 zijn de melkveehouders van K&K-bedrijven met hun adviseurs aan de slag gegaan met een nieuwe projectuitdaging: 'gasvormige emissies'. Om de voorlopersrol in de ontwikkelingen in de melkveehouderij goed in te vullen zijn de doelstellingen met betrekking tot economische duurzaamheid en het optimaliseren van de stikstof- en fosfaatkringloop, aangevuld met doelstellingen op het gebied van broeikasgasemissies en ammoniak. Voor de broeikasgassen werd gestreefd naar een emissiereductie van 30% in 2013 voor methaan (CH₄) en lachgas (N₂O) ten opzichte van het landelijk gemiddelde in referentiejaar 1990. Voor ammoniak (NH₃) werd gestreefd naar een verdere reductie van ca. 10% ten opzichte van de al scherpe individuele bedrijfssituatie in 2009.

In 2009 bleek de autonoom behaalde broeikasgasreductie op de Koeien & Kansen-bedrijven reeds 29% te zijn; in 2013 was de reductie 31%, waarmee het projectdoel behaald is. Eisen aan de economische duurzaamheid en aan de ammoniakemissie bleken de mogelijkheden voor het verder verminderen van de broeikasgasemissie te beperken. Desondanks is een verbetering in de broeikasgasreductie behaald door een verdere reductie van zowel N₂O als CH₄. De N₂O emissiereductie van 2009 (reeds 56%) was in 2013 verder verbeterd naar 62%, deels dankzij een gestegen productieintensiteit (kg meetmelk per ha). De behaalde reductie in de CH₄ emissie is minder groot geweest. In 2009 was de autonome reductie 12%, en dit bleef in de jaren 2010-2013 schommelen rond 13% reductie.

Naast emissiereductie voor broeikasgassen is ook gestreefd naar een verdere vermindering van de emissie van NH₃ naar gemiddeld 3,2 kg NH₃ per ton meetmelk (10% reductie t.o.v. 2009). Dit is in 2013 behaald waarmee het scherpe projectdoel haalbaar bleek naast het werken aan de andere projectdoelstellingen waaronder het verlagen van de CH₄ emissie. De daling in NH₃ emissie in K&K is echter volledig gerealiseerd op de zand- en veenbedrijven, terwijl de kleibedrijven gemiddeld gelijk zijn gebleven.

Bedrijfsspecifieke omstandigheden zoals het weer en de kwaliteit van de ruwvoeroogst beïnvloeden het effect van de toegepaste maatregelen, wat leidt tot schommelingen in de emissies over de jaren. Desondanks moet het ook voor de gemiddelde Nederlandse melkveehouder mogelijk zijn een reductie van ongeveer 25% van de broeikasgasemissie (ten opzichte van 1990) te behalen, als gekeken wordt naar de kosteneffectieve reductie binnen K&K. Een verdere emissiereductie van de broeikasgasemissie gaat meer (moeite) kosten. Als 50% van de Nederlandse melkveehouders er in slaagt om, naast 25% reductie in broeikasgassen, een aan K&K vergelijkbare daling van de NH₃ emissie te bereiken in 2020, zal de emissie uit de melkveehouderij dan ca. 3,6 kg NH₃ per 1000 kg meetmelk bedragen. Het vergt echter veel van de managementkwaliteiten van de melkveehouder, om jaarrond binnen een complex bedrijfssysteem tegelijkertijd aan uiteenlopende economische, maatschappelijke en milieudoelstellingen gewerkt moet worden.

Summary

In 2010 the dairy farmers of Cows & Opportunities have started working on a new project goal: gaseous emissions. To continue their role as pilot farm within the future developments in the dairy sector new goals have been added to their original goals on optimizing the nitrogen and phosphorus cycle: reducing greenhouse gas emissions and ammonia. The ultimate goal for 2013 was a 30% reduction of the average greenhouse gas emission of nitrous oxide (N₂O) and methane (CH₄) together, relative to the average Dutch dairy farm in 1990. In addition to the reduction of greenhouse gases, a second aim was to further reduce ammonia (NH₃) emissions with 10% relative to the individual farm level in 2009.

In 2009 the autonomously achieved reduction on greenhouse gas emissions turned out to be 29%, and this was further improved to 31% in 2013, reaching the project goal. This improvement was reached by both a reduction of N₂O and CH₄. The reduction of the N₂O emission reached already 56% in 2009, but unexpectedly grew to 62% in 2013, partly by an increase in production intensity (kg FPCM per ha). The reduction of CH₄ emission was less substantial, starting at 12% in 2009 and fluctuating around 13% in 2010-2013.

The second aim was to further reduce NH₃ emissions to an average of 3.2 kg NH₃ per 1000 kg FPCM (10% reduction relative to the individual farm level in 2009). This was reached in 2013, showing that this goal was realistic even while working on other project goals like CH₄ reduction in parallel. The decline in the NH₃ emission is mainly achieved at the project farms situated on sandy soils and peat, while the emission of project farms on clay soils stayed relatively constant.

Farm-specific circumstances such as the weather and roughage quality will influence the effect of measurements, thereby causing fluctuations in the emissions over the years. Working on the reduction of gaseous emissions is however possible on the average Dutch dairy farm and may lead to a reduction of 25% relative to 1990, looking at the autonomous reduction already reached in Cows & Opportunities in 2009. Further reduction of greenhouse gas emissions will cost more effort. If 50% of the Dutch dairy farmers also reaches a decrease in NH₃ emission in 2020 comparable to the farmers in Cows & Opportunities have reached in 2013, the emission of the dairy sector will be 3.6 kg NH₃ per 1000 kg FPCM. Dairy farmers will however need high management skills, as they have to run a complex farming system and work simultaneously on a variety of financial, social and environmental objectives all-year.

Inhoudsopgave

Voorwoord

Samenvatting

Summary

1	Inleiding.....	1
1.1	Koeien en Kansen	1
1.2	Broeikasgassen	1
1.2.1	Lachgas (N ₂ O)	2
1.2.2	Methaan (CH ₄)	2
1.2.3	Koolstofdioxide (CO ₂)	3
1.3	Ammoniak.....	3
1.4	Emissiedoelen melkveehouderij 2020	3
1.5	Projectdoelstellingen 2009-2013	4
1.6	Opbouw rapport.....	4
2	Methodiek.....	5
2.1	Algemeen.....	5
2.2	Model voor Broeikasgassen	6
2.3	Model voor Ammoniak	6
2.4	Neveneffecten.....	6
2.5	Meetweken melkveeantsoen	6
3	Resultaat emissiereductie.....	7
3.1	Lachgas (N ₂ O)	7
3.1.1	Algemeen.....	7
3.1.2	Resultaten.....	8
3.2	Methaan (CH ₄)	10
3.2.1	Algemeen.....	10
3.2.2	Resultaten.....	10
3.2.3	Maatregelen.....	12
3.2.4	Effectiviteit maatregelen	15
3.3	Ammoniak (NH ₃)	15
3.3.1	Algemeen.....	15
3.3.2	Rantsoen	15
3.3.3	Maatregelen.....	16
3.3.4	Resultaten.....	16
4	Interacties met andere milieuprestaties.....	21
4.1	Fosfaatexcretie	21
4.2	Grondgebruik en beweiding.....	21
4.3	Veemanagement	22
5	Discussie.....	23
5.1	Resultaten K&K	23
5.1.1	Lachgas (N ₂ O)	23
5.1.2	Methaan (CH ₄)	23
5.1.3	Ammoniak (NH ₃).....	23
5.2	Neveneffecten.....	24
5.2.1	Intensiveren	24

5.2.2	Jongveeopfok	24
5.3	Vertaling naar landelijk niveau.....	25
5.3.1	Broeikasgassen	25
5.3.2	Ammoniak.....	26
6	Conclusies	28
	Literatuur.....	29
	Bijlagen.....	31
	Bijlage 1: Reductiemaatregelen voor gasvormige emissies (CH₄, N₂O en NH₃) vanuit Bedrijfsontwikkelingsplannen (BOP)	31
	Bijlage 2: Rantsoenen melkgevende dieren per bedrijf in de periode 2009 t/m 2013	32

1 Inleiding

1.1 Koeien & Kansen

In het project Koeien & Kansen werken zestien melkveehouders in Nederland samen met hun agrarische adviseurs, Wageningen UR en melkvee­proef­bedrijf De Marke aan het verminderen van de belasting van het milieu door de veehouderij. Bij ieder milieuaspect wordt geëvalueerd wat het perspectief is van reductiemaatregelen: zijn ze effectief én praktisch uitvoerbaar, wat is de kosteneffectiviteit en vindt er afwenteling plaats bij bepaalde maatregelen door een verhoogde belasting op andere milieugebieden.

De geplande acties en doelstellingen op een Koeien & Kansen-pilotbedrijf worden vastgelegd en gemonitord. Voor ieder bedrijf is daarvoor een BedrijfsOntwikkelingsPlan (BOP) gemaakt. Deze BOP is het resultaat van samenwerking tussen de veehouder en zijn agrarisch adviseur, met ondersteuning van de onderzoekers in het project. In de BOP zijn op verschillende onderdelen (bijv. ammoniakemissie, stikstof- en fosfaatoverschot, maar ook ruwvoerwinning, melkproductie, etc.) de projectdoelstellingen voor ieder bedrijf vastgelegd. Daarbij is er op gestuurd dat het gezamenlijke resultaat van de zestien voorloperbedrijven voldoet aan de over-all projectdoelstelling. In de BOP zijn naast de projectdoelstellingen ook persoonlijke doelstellingen vastgelegd. Tot slot zijn in de BOP niet alleen de doelstellingen opgenomen, maar ook de maatregelen die uitgevoerd zullen worden om de verschillende doelstellingen te behalen.

Om de voorlopersrol in de ontwikkelingen in de melkveehouderij goed in te vullen wordt ieder 4 jaar geëvalueerd of het project de focus moet verbreden met nieuwe uitdagingen van de toekomst. In 2009 werd onderkend dat broeikasgassen een belangrijke randvoorwaarde voor de Nederlandse melkveehouderij kunnen worden, waarop 'gasvormige emissies' een centrale plaats kregen in het Koeien & Kansen werkplan 2010-2013. Dat betekende dat, onder behoud van de bereikte doelen uit vorige perioden van het project, de aandacht werd gericht op het verminderen van de gasvormige emissies op het melkveebedrijf: broeikasgassen en ammoniak. Voor ieder bedrijf is de BOP op deze extra doelstelling aangepast.

1.2 Broeikasgassen

De totale broeikasgasemissie in de melkveehouderij beslaat drie typen gas: koolstofdioxide (CO₂), lachgas (N₂O) en methaan (CH₄) (Van den Pol et al., 2013), zoals te zien in de vereenvoudigde weergave in Figuur 1.1.

Niet alle gassen hebben per gram uitstoot een even grote bijdrage aan de opwarming van de aarde. Om de emissie van verschillende broeikasgassen direct met elkaar te kunnen vergelijken, worden ze uitgedrukt in "CO₂-equivalenten": de hoeveelheid CO₂ uitstoot waarmee eenzelfde effect bereikt zou worden. Voor de hoeveelheid N₂O betekent dit een vermenigvuldiging met een factor 298; voor CH₄ is de vermenigvuldigingsfactor 25 (Solomon et al., 2007).

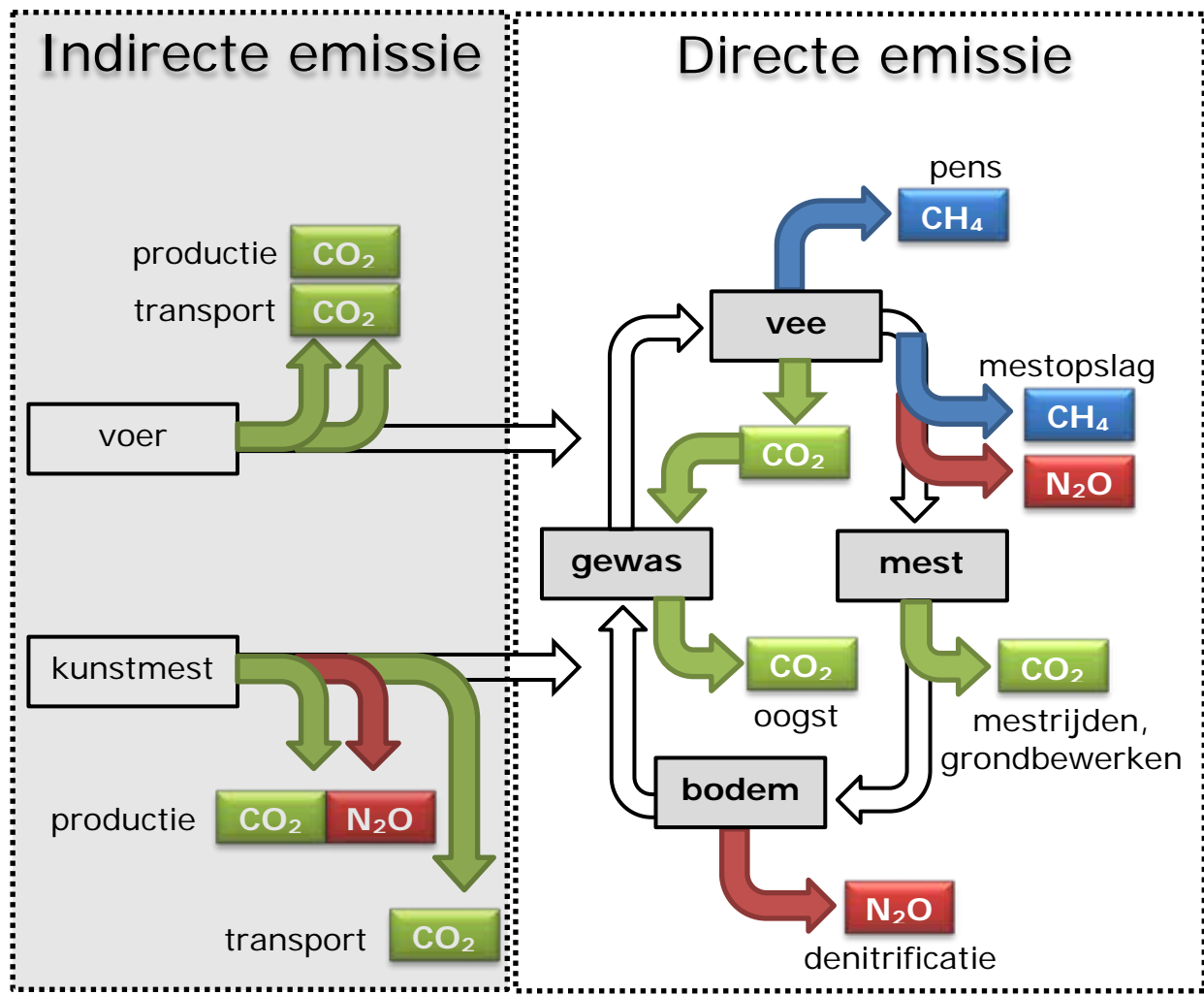
Om vast te stellen hoe "schoon" voedselproductie is, wordt de totale emissie van de productiekolom berekend (in kg CO₂ equivalenten) en vervolgens toegerekend aan het eindproduct of hoofddoel van de betreffende productiekolom. In de melkveehouderij wordt de emissie daarom uitgedrukt per kg geproduceerde melk, al dan niet gecorrigeerd voor het vet- en eiwitgehalte (Place and Mitloehner, 2010).

Er is onderscheid te maken in directe en indirecte emissie. De directe (on-farm) emissie betreft de gassen die op het melkveebedrijf zelf vrij komen; de indirecte (off-farm) emissie is de broeikasgasemissie die elders vrijkomt bij de productie van zaken die op het melkveebedrijf aangevoerd worden. Van de emissie in de zuivelketen is ongeveer 2/3 on-farm emissie. De belangrijkste off-farm emissies zijn de CO₂-uitstoot bij de productie en vervoer van mengvoer en de CO₂ en N₂O emissie bij de productie en vervoer van kunstmest.

De uitstoot van off-farm emissies en de on-farm CO₂ emissie hebben geen directe aandacht gekregen binnen de projectdoelstellingen, omdat deze emissies beter via de ketenbenadering gekwantificeerd kunnen worden. Koeien & Kansen heeft de opdracht gekregen om onderzoek te doen naar de reductie van de on-farm emissie van de overige broeikasgassen.

1.2.1 Lachgas (N_2O)

Lachgas levert een belangrijke bijdrage aan de on-farm broeikasgasemissie van de Nederlandse melkveehouderij (gemiddeld ca 25% van het totaal). De emissie van N_2O ontstaat overal in de N kringloop waar nitraat (NO_3) wordt gevormd of afgebroken (bij nitrificatie en denitrificatie). De grootste bijdrage komt doorgaans uit de bodem, van de denitrificatie van nitraat naar luchtstikstof (N_2) door denitrificerende bacteriën. Denitrificatie van nitraat treedt op bij aanwezigheid van gemakkelijk afbreekbare organische stof onder zuurstofloze omstandigheden. De hoeveelheid lachgas die daarbij gevormd wordt neemt toe door onvolledige denitrificatie (bv door hogere zuurstofconcentraties en lagere pH). Denitrificatie vindt met name plaats in de bodem na bemesting (of beweiding), en voor een klein gedeelte ook in stal en mestopslag. In veengrond vindt relatief veel denitrificatie plaats door hoge hoeveelheden nitraat en afbreekbare organische stof, soms in combinatie met onvolledige denitrificatie door aanwezigheid van zuurstof (met name bij een lage waterstand). Daardoor is op veengrond de N_2O emissie hoog.



Figuur 1.1: Vereenvoudigd schema van emissie van broeikasgassen op het melkveebedrijf

1.2.2 Methaan (CH_4)

Methaan levert de grootste bijdrage aan de on-farm broeikasgasemissie in de Nederlandse melkveehouderij (gemiddeld ca. 65% van het totaal). CH_4 emissie ontstaat in het maag-darmkanaal van de koe (ca. 75-80% van de totale methaanemissie op het melkveebedrijf) en in de mestopslag (ca. 20-25%). Met name de micro-organismen in de pens produceren veel CH_4 , om een overschot aan waterstof (H_2) in de pens af te voeren. Deze H_2 komt vrij tijdens de pensfermentatie, met name tijdens de productie van de vluchtige vetzuren azijnzuur en boterzuur (respectievelijk acetaat en butyraat). Bij

de productie van propionzuur (propionaat) wordt H_2 juist gebruikt. Een overschot aan H_2 is schadelijk voor de pensflora, en wordt daarom omgezet in CH_4 dat onder andere via de “ructus”, het opboeren van gas, uit de koe verdwijnt. De rantsoensamenstelling is daarmee van groot belang voor de emissie van CH_4 . Daarnaast is het belangrijk dat zo efficiënt mogelijk melk geproduceerd wordt, omdat het de methaanemissie per kg melk vermindert. Om dezelfde reden is het verlagen van het vervangingspercentage van de melkveestapel effectief: jongvee produceert namelijk wel CH_4 , maar geen melk.

1.2.3 Koolstofdioxide (CO_2)

De uitstoot van CO_2 is met name afkomstig van de verbranding van fossiele brandstoffen bij het gebruik van werktuigen, apparaten en elektriciteit. Dit is op het gemiddelde Nederlandse melkveebedrijf ongeveer 10% van de on-farm broeikasgasemissie. De CO_2 die het vee uitademt wordt niet meegenomen in de berekening van de broeikasgasemissie, omdat diezelfde hoeveelheid CO_2 tijdens de fotosynthese in plantaardig materiaal (het opgenomen voer) is vastgelegd. Deze CO_2 is dus een onderdeel van de koolstofcyclus tussen dier en voer (Steinfeld et al., 2006). Maatregelen om de CO_2 uitstoot op het bedrijf te verminderen zijn bijvoorbeeld het gebruik van groene stroom, vermindering van het brandstofgebruik bij grondbewerking door meer beweiding toe te passen, terugwinnen van warmte bij koelapparatuur, etc.

1.3 Ammoniak

Ammoniak (NH_3) is ook een belangrijke gasvormige emissie op melkveebedrijven. Het draagt niet direct bij aan het broeikasgaseffect, maar levert schade aan het milieu door een overmatige stikstofbelasting. Bovendien draagt ammoniak indirect bij aan de lachgasemissie elders wanneer depositie van ammoniak in de N kringloop wordt genitrificeerd en gedenitrificeerd. De belangrijkste ammoniakbronnen vanuit de melkveehouderij zijn de emissie uit de stallen en de emissie bij bemesting van het land. Een overmaat aan stikstof in het rantsoen leidt tot een hogere concentratie ureum in de urine, wat in combinatie met enzymen uit de mest (ureasen) wordt omgezet in NH_3 . Het deel van de totale N-excretie dat in potentie kan vervluchtigen in de vorm van NH_3 (ca. 50-70%), wordt de totale ammoniakale stikstof genoemd (TAN, in kg). Voermaatregelen die de NH_3 emissie reduceren zijn er op gericht de geproduceerde kilogrammen TAN te verminderen. Hoeveel van de TAN daadwerkelijk vervluchtigt hangt af van het type huisvesting/mestopslag en het bedrijfsmanagement, zoals bijvoorbeeld de mate van beweiding, de verhouding grasland/bouwland en de manier van mest uitrijden.

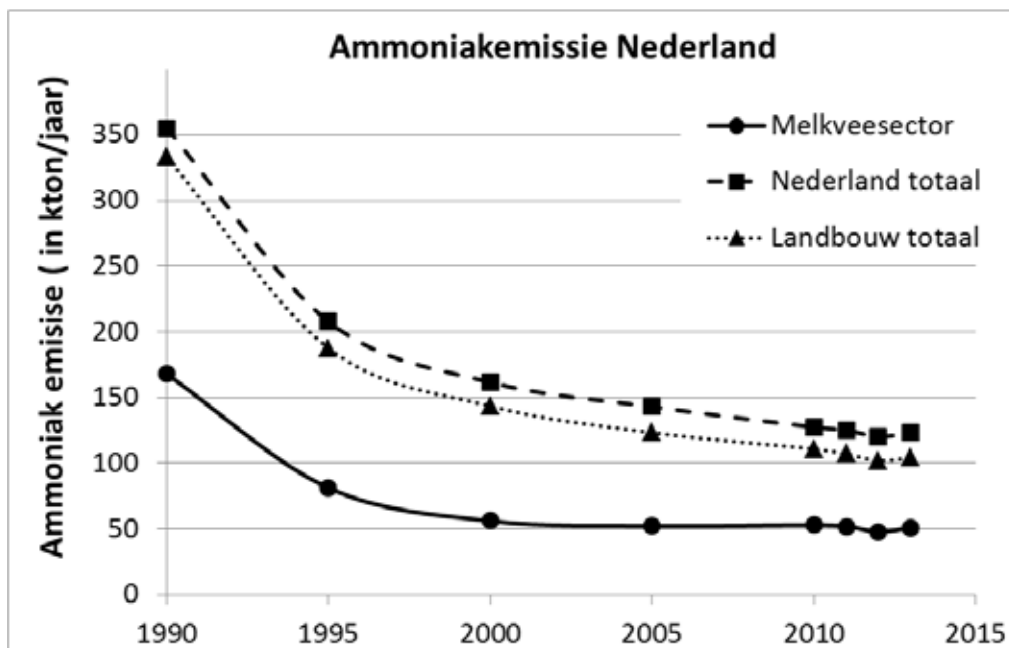
1.4 Emissiedoelen melkveehouderij 2020

Op 10 juni 2008 is het ‘Convenant Schone en Zuinige Agrosectoren’ ondertekend door de toenmalige minister van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit en verschillende partijen in de agrosector waaronder LTO, de levensmiddelenindustrie en de diervoederindustrie. In dit convenant is onder andere afgesproken dat er in de veehouderij in 2020 ten minste 30% minder uitstoot van broeikasgas zal zijn ten opzichte van het referentiejaar 1990. Een deel van die reductie is reeds autonoom behaald (zonder bewuste sturing op broeikasgasemissie), maar voor de resterende reductie zal extra inspanning geleverd moeten worden.

Voor ammoniak is het Europees vastgestelde emissieplafond¹ voor Nederland in totaal 128 kiloton ammoniak per jaar. Verschillende sectoren moeten maatregelen treffen om het nationale emissieplafond niet te overschrijden. De melkveehouderij speelt daarbij een belangrijke rol (Figuur 1.2). Ongeveer 90% van de Nederlandse ammoniakemissie is gerelateerd aan landbouw (veehouderij) en daarvan is ongeveer de helft afkomstig uit de melkveehouderij.

De ammoniakemissie in de Nederlandse melkveehouderij is sinds 1990 sterk gedaald, maar deze daling is in de jaren na 2005 praktisch gestagneerd en blijven hangen rond de 50 kiloton per jaar; de totale emissie uit de landbouw is sinds 2010 ongeveer 100-110 kiloton per jaar (Figuur 1.2). Uit een verkennende studie bleek dat de emissie uit de Nederlandse melkveehouderij in 2020, rekening houdend met 10-15% groei van de nationale melkproductie, gereduceerd moet worden naar ca. 3,2 kg NH_3 per 1000 kg meetmelk, om te kunnen voldoen aan het Europees vastgestelde NH_3 emissieplafond.

¹ Richtlijn 2001/81/EG van het Europees Parlement en de Raad van 23 oktober 2001 inzake nationale emissieplafonds voor bepaalde luchtverontreinigende stoffen.



Figuur 1.2: Totale jaarlijkse ammoniakemissie in Nederland als geheel, in de Nederlandse landbouwsector en in de Nederlandse melkveehouderij, uitgedrukt in kiloton per jaar (naar: Van Bruggen et al., 2014)

1.5 Projectdoelstellingen 2009-2013

Het optimaliseren van de stikstof- en fosfaatkringloop heeft vanaf de start van het project Koeien & Kansen in de kern gestaan van het werkplan (inclusief het verminderen van de ammoniakemissie). In 2009 is de kerntaak van het project, op basis van verwachte ontwikkelingen in de melkveehouderij, uitgebreid met het verminderen van de gasvormige emissies op het melkveebedrijf (de "on farm" emissies). Uitbreiden betekent hier focussen op gasvormige emissies met behoud van de behaalde efficiëntie in de N- en P-kringloop.

Voor wat betreft de broeikasgassen is afgesproken te onderzoeken of het haalbaar is om, vooruitlopend op de doelstellingen voor 2020 in het 'Convenant Schone en Zuinige Agrosectoren', in 2013 al een totale emissiereductie van 30% te behalen voor de broeikasgassen methaan (CH₄) en lachgas (N₂O) ten opzichte van het landelijk gemiddelde in referentiejaar 1990.

Op basis van de uitgangssituatie op de pilotbedrijven in 2009 (zie Koeien & Kansen rapport 68) is dit doel verder uitgesplitst in twee subdoelstellingen:

- het behouden van de behaalde reductie van 56% op N₂O emissie ten opzichte van 1990
- het verbeteren van de behaalde reductie van 12% naar 14% op CH₄ emissie ten opzichte van 1990, wat overeenkomt met ongeveer 15% reductie ten opzichte van 2009.

Voor wat betreft de NH₃ emissie wordt gestreefd naar een verdere vermindering richting de geschatte limiet voor het ammoniakplafond, door in 2013 ca. 10% reductie te behalen ten opzichte van de individuele bedrijfssituatie in 2009. Uitgedrukt als projectgemiddelde is dat ongeveer 3,2 kg NH₃ emissie per 1000 kg meetmelk in 2013.

In de afgelopen jaren is telkens een tussenstand opgemaakt en verschenen in tussenrapportages (Goselink et al. 2013, Goselink et al. 2014). In het voorliggende eindrapport wordt het overall resultaat beschreven van de volledige periode 2009-2013 en de balans opgemaakt voor de reductie van gasvormige emissies op het melkveebedrijf.

1.6 Opbouw rapport

In het voorliggende rapport wordt achtereenvolgens besproken welke uitgangspunten en rekenmethodieken zijn gebruikt (Hoofdstuk 2), waarna de resultaten voor de gasvormige emissies in de periode 2009-2013 worden weergegeven (Hoofdstuk 3). Potentiële neveneffecten van het sturen op gasvormige emissies worden beschreven in Hoofdstuk 4, waarna in Hoofdstuk 5 de conclusies worden besproken evenals de implicaties van dit project voor de Nederlandse melkveehouderijsector.

2 Methodiek

2.1 Algemeen

Binnen K&K worden zoveel mogelijk kengetallen van veestapel, bodem en gewas gemeten om inzicht te krijgen in relaties en interacties en verkregen resultaten te kunnen onderbouwen. Uit deze inzichten is o.a. de basis voor de KringloopWijzer gelegd. Niet alle kengetallen zijn echter direct te meten. Het direct meten van gasvormige emissies (NH₃ en de broeikasgassen N₂O en CH₄) is gespecialiseerd werk. Voor goede en betrouwbare meetresultaten worden hoge eisen gesteld aan de meetomgeving (b.v. stal) en de meetopstelling. Daarom zijn kwalitatief betrouwbare metingen vrijwel alleen mogelijk onder experimentele omstandigheden, gedurende relatief korte periodes (b.v. een week). Metingen op praktijkbedrijven zijn wel mogelijk, maar duur en van geringere betrouwbaarheid (grote variatie tussen herhaalde metingen).

Het alternatief is dat de emissie wordt berekend met behulp van indirecte bepalingen: variabelen die wél goed en betrouwbaar in de praktijk te meten zijn en een goed verband hebben met de doelvariabele. Dat goede verband moet dan wel zijn vastgesteld onder experimentele omstandigheden en gevalideerd onder praktijkomstandigheden. Als dat geborgd is kan zo'n verband als model gebruikt worden voor de praktijk. Het eenvoudigste model is een enkelvoudige (1 op 1) relatie tussen een beschikbare variabele X en de doelvariabele Y (b.v. $Y = aX + c$). Ingewikkelde modellen zijn combinaties van meerdere enkelvoudige en/of meervoudige verbanden.

Omdat de gasvormige emissie niet op praktijkbedrijven gemeten kunnen worden, maakt K&K gebruik van modellen voor het schatten van de N₂O-, CH₄- en NH₃ emissie. Voor de broeikasgasemissies draaien deze modellen binnen het Bedrijfs Begrotings Programma Rundvee (BBPR) en voor ammoniak in de KringloopWijzer (module voor de Bedrijfsspecifieke Emissie Ammoniak). Deze modellen zijn gebaseerd op variabelen die beschikbaar en/of meetbaar zijn op K&K praktijkbedrijven (Tabel 2.1).

Tabel 2.1: Belangrijkste invoergegevens en meetwaarden van K&K-bedrijven die gebruikt worden bij de jaarlijkse berekening van gasvormige emissies per individueel melkveebedrijf en hun toepassing in BBPR (Schils et al., 2006) voor de berekening van lachgas (N₂O) en methaan (CH₄) en in BEA (Schröder et al., 2014) voor ammoniak (NH₃)

	BBPR		BEA
	N₂O	CH₄	NH₃
Algemeen			
Grondsoort en grondwatertrap	R	£	£
Oppervlak gewasteelt + eventueel vanggewas	R	£	R
Aantal stuks melkvee	R	R	R
Aantal stuks jongvee (<1 jaar en >1 jaar)	R	R	R
Melkproductie per koe per jaar	R	R	R
Vet en eiwitgehalte melk	R	R	R
Type stal en (externe) mestopslag	£	£	R
Mest en bodem			
Soort mest (drijfmest, vaste mest)	R	£	R
Aanvoer / afvoer mest	£	£	R
Toegediende dierlijke mest	R	£	R
Toegediende kunstmest (type, hoeveelheid)	R	£	R
Methode van bemesting	R	£	R
Systeem en hoeveelheid graslandvernieuwing	R	£	£
Bodembalans stikstof	R	£	£
Rantsoen en beweiding			
Beweidingssysteem	R	R	R
Aantal dagen weidegang per jaar	R	R	R
Totale droge stof opname veestapel per jaar, per voersoort (kuilgras, snijmaïs, etc.)	R	R	R
Ruw eiwitgehalte per voersoort	R	R	R
Verteerbaarheid ruw eiwit per voersoort	£	£	R
Energiegehalte per voersoort	R	R	R

2.2 Model voor Broeikasgassen

Het effect van managementmaatregelen op technische, milieutechnische en bedrijfseconomische kengetallen kan worden ingeschat met BBPR. BBPR biedt een modelmatige schatting van de effecten van o.a. veemanagement, ruwvoerproductie en voedingsmaatregelen. Ook de broeikasgasemissies (CH_4 , N_2O en CO_2) worden hierin meegenomen en uitgedrukt in kg CO_2 emissie equivalenten per bedrijf, per ha of per dier (Schils et al., 2006). In deze modelmatige benadering moeten met name voor de berekening van de CH_4 emissie enkele aannames en schattingen worden gedaan omdat werkelijke gegevens ontbreken. Dat geldt bijvoorbeeld voor de gemiddelde voeropname per dier per jaar (voor kalveren, pinken en melkvee) en gemiddelde emissiefactoren per kg droge stof van individuele voerpartijen. Om deze schattingen te verbeteren wordt voor berekeningen ten behoeve van de K&K-bedrijven de BBPR berekening afgestemd op de bedrijfsspecifieke voeropnames. Wellicht leiden onderzoeksresultaten en analyses uit het lopende onderzoeksprogramma Emissiearm Veevoer (EAV) tot aanscherping van de rekenregels. Binnen EAV wordt fundamenteel onderzoek gedaan naar de voeding van melkvee met het doel de CH_4 emissie te verminderen en wordt kennis opgedaan waarmee de berekening van de CH_4 emissie uit het maagdarmkanaal verbeterd kan worden.

2.3 Model voor Ammoniak

De NH_3 emissie per bedrijf is gebaseerd op de jaarresultaten berekend met de KringloopWijzer (module BEA). De achterliggende rekenregels van dit model zijn vastgelegd in een separaat rapport (Schröder et al., 2014). Met behulp van de KringloopWijzer zijn de jaarlijkse NH_3 emissies van de K&K-bedrijven berekend en uitgedrukt in kg NH_3 per ton meetmelk.

2.4 Neveneffecten

De gevolgen van maatregelen ter reductie van gasvormige emissies op andere bedrijfsonderdelen zijn doorgerekend met behulp van de monitoringsgegevens uit de kringlopen. Met behulp van deze data zijn veranderingen in de periode 2009-2013 afgeleid voor o.a. de P- en N-efficiëntie, de bedrijfsomvang, de productieintensiteit en de opbouw van de veestapel (jongvee vs. lacterende dieren).

2.5 Meetweken melkveerantsoen

Op alle K&K melkveebedrijven worden jaarlijks 8 tot 12 meetweken uitgevoerd. In iedere meetweek wordt de dagelijkse voeropname van de melkveestapel bepaald door de voergift en de voerresten te wegen, zowel voor de lacterende als de droogstaande dieren. In de weideperiode kan de opname van weidegras niet gemeten worden. Daarom is de weidegrasopname (in kVEM) berekend als het verschil tussen de energiebehoefte (kVEM) en de energieopname (kVEM) uit de overige gemeten rantsoencomponenten. Daarbij is aangenomen dat de gemiddelde energiebalans (VEM-dekking) van de veestapel tijdens de stalperiode gelijk is aan de VEMdekking in de weideperiode.

In de meetweken wordt iedere voerpartij bemonsterd om de actuele chemische samenstelling en voederwaarde te kunnen bepalen, zodat de nutriëntenopname exact berekend kan worden. Hiermee worden de eerder beschreven modellen gevoed zodat de bedrijfsspecifieke CH_4 emissie (kg CH_4) en hoeveelheid totaal ammoniakaal stikstof (TAN) berekend kan worden.

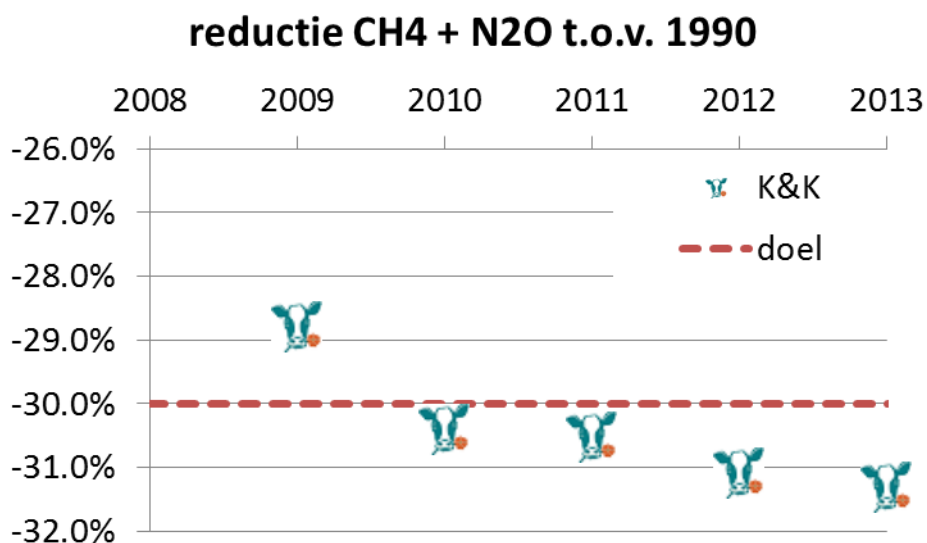
Per melkveehouder wordt het gemiddelde rantsoen tijdens de weideperiode (indien er vers gras in het rantsoen is opgenomen) en het gemiddelde rantsoen tijdens de stalperiode berekend. Deze twee waarden worden naar gelang het aantal weide- en staldagen per jaar omgerekend naar een gewogen jaargemiddelde voor het melkveerantsoen.

Tijdens een meetweek vindt tevens de melkproductieregistratie (MPR) plaats, zodat ook melkgift, melkeiwit- en melkvetgehalte bekend zijn en een meetmelkproductie (in kg FPCM) uitgerekend kan worden.

3 Resultaat emissiereductie

Aan de hand van de individuele bedrijfsontwikkelingsplannen zijn ook in 2013 op alle K&K-bedrijven maatregelen toegepast ter reductie van de gasvormige emissies (zie Bijlage 1). Het resultaat daarvan op de bedrijfsemissies in 2013 ten opzichte van de in Koeien & Kansen-rapport 74 beschreven jaren 2009 t/m 2012 zijn in dit hoofdstuk weergegeven.

De algemene projectdoelstelling voor broeikasgassen voor 2013 is een emissiereductie van 30% voor het totaal van methaan (CH₄) en lachgas (N₂O), ten opzichte van het landelijk gemiddelde in referentiejaar 1990. De gemiddelde broeikasgasemissie van de K&K-bedrijven is dankzij de bedrijfsspecifieke BOP's jaarlijks gedaald tot 31% in 2013 (Figuur 3.1). Naast de dalende gemiddelde broeikasgasemissie zijn er per bedrijf of per grondsoort tussen de jaren schommelingen in broeikasgasemissie waargenomen.



Figuur 3.1: Gemiddelde emissiereductie broeikasgassen CH₄ + N₂O (in CO₂ equivalenten) gerealiseerd binnen Koeien & Kansen (n=16 bedrijven) ten opzichte van het landelijk gemiddelde anno 1990). Inclusief tevens is het doel voor 2013 weergegeven: 30% reductie.

De onderliggende reducties van N₂O en CH₄ zijn in de paragrafen 3.1 en 3.2 verder uitgewerkt. In paragraaf 3.3 wordt ingegaan op de reductie van NH₃.

3.1 Lachgas (N₂O)

3.1.1 Algemeen

De belangrijkste emissieplaats van lachgasemissie is de **bodem**:

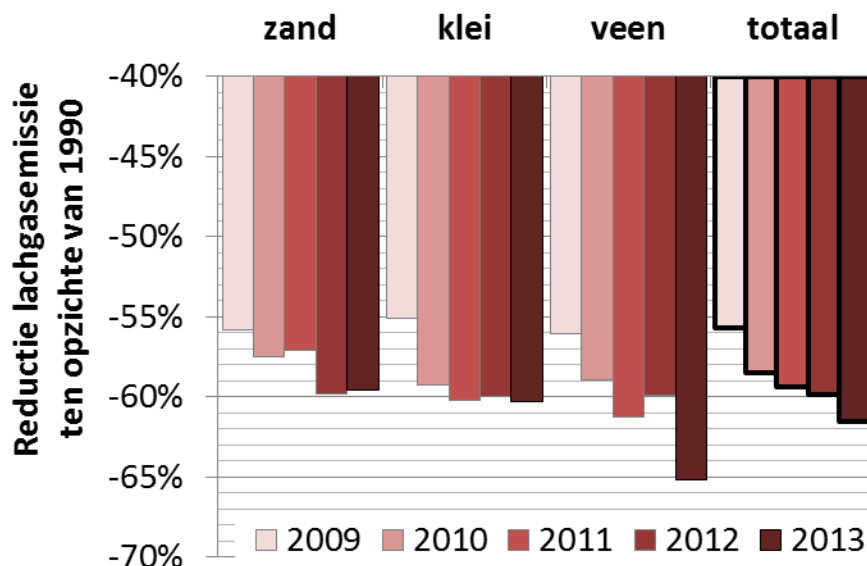
- Type grondgebruik: op grasland komt meer lachgas vrij dan op bouwland
- Bemestingsniveau: hoe hoger het N overschot, hoe meer lachgas
- Areaal (intensiteit): hoe hoger het aantal ha dat bewerkt wordt op het bedrijf, hoe hoger de totale emissie

Voor N₂O was in de periode 2009-2013 de doelstelling om de reeds behaalde emissiereductie te handhaven (-56% ten opzichte van 1990). Er is door de veehouders niet actief gestuurd op een verdere reductie van N₂O, maar een aantal maatregelen voor andere doelstellingen heeft wel een direct verlagend effect op de N₂O emissie:

- Type grondgebruik: grasland omzetten in maïsland
- Bemestingsniveau: minder kunstmest N toepassen
- Intensiteit: verhogen melkproductie per dier en melkproductie per ha om de N₂O emissie vanuit de bodem te 'verdunnen' (minder N₂O per kg melk)

3.1.2 Resultaten

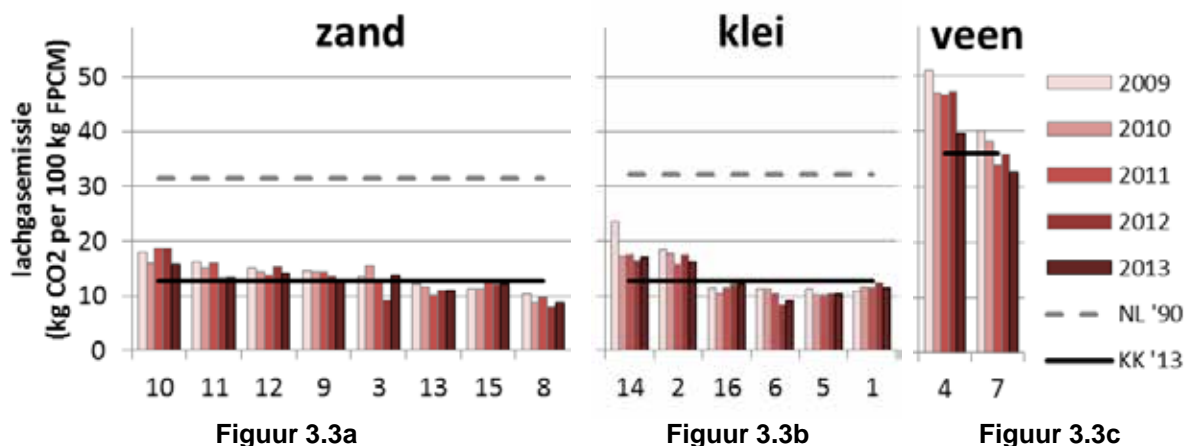
Voor de N₂O emissie per kg melk zijn de gemiddelde reductieresultaten van de K&K-bedrijven per grondsoort weergegeven in Figuur 3.2. Bij aanvang van de onderzoeksperiode in 2009 was de gemiddelde K&K N₂O emissie bijna 56% lager dan het landelijk gemiddelde van 1990. De projectdoelstelling voor de N₂O emissie was dan ook handhaven van de hoge emissiereductie van 56% ten opzichte van 1990. Conform de doelstelling wisten de bedrijven de N₂O emissie niet alleen te handhaven, maar zelfs verder te verbeteren in de periode 2009-2013 naar 62% in 2013 (Figuur 3.2).



Figuur 3.2: Gemiddelde emissiereductie lachgas (N₂O) per kg melk die is bereikt binnen Koeien & Kansen in de periode 2009-2013, onderverdeeld naar grondsoort (zand, klei, veen) met daarnaast een totaal gemiddelde (totaal, n=16 bedrijven)

Figuur 3.2 laat zien dat de gemiddelde N₂O emissie per eenheid melk ieder jaar verminderde. De reductie op de beide veenbedrijven is sterk verbeterd (naar 65% reductie), dankzij aanpassingen in de bemesting en een toegenomen melkproductie per ha. De klei- en zandbedrijven hebben zich in 2013 gemiddeld gehandhaafd op 60% reductie. Nadere analyse van het projectresultaat voor de verschillende type grond volgt uit de resultaten van de individuele bedrijven. Aangezien bij N₂O de bodem een belangrijke rol speelt, worden de resultaten van de individuele bedrijven niet alleen als emissie per kg melk, maar ook als emissie per ha bedrijfsoppervlak getoond. De resultaten per eenheid melk zijn voor de individuele bedrijven weergegeven in Figuur 3.3. De individuele resultaten per kg melk weerspiegelen de trend voor de overall resultaten. Ook laten ze zien dat er tussen bedrijven verschillen zijn en dat er twee klei bedrijven zijn die wat tegen de dalende trend ingaan.

De zandbedrijven 10, 11 en kleibedrijf 2 hebben in hun bedrijfsontwikkelingsplannen specifiek aangegeven te werken aan het verder beperken van de N₂O emissie, omdat er naar verwachting op deze bedrijven nog een effect te behalen was (Bijlage 1). Dit heeft op elk van de bedrijven daadwerkelijk geleid tot een afname van de lachgasemissie per 100 kg FPCM in de periode 2009-2013 (Figuur 3.3).



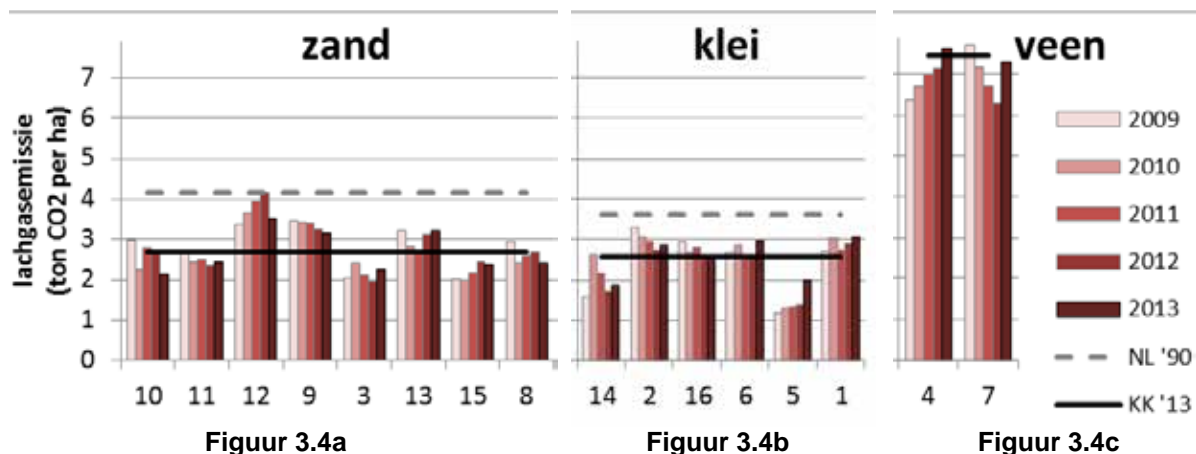
Figuur 3.3: Totale lachgasemissie per bedrijf (N₂O, uitgedrukt in CO₂-equivalenten per 100 kg FPCM), uitgesplitst naar a) kleigrond; b) zandgrond; en c) veengrond. Per bedrijf worden achtereenvolgens de resultaten getoond van de jaren 2009 t/m 2013, waarbij tevens de referentie-emissie (Nederlands gemiddelde in 1990; onderbroken grijze lijn) en de gemiddelde emissie op Koeien & Kansen-bedrijven in 2013 (zwarte lijn) per grondsoort staan weergegeven. NB: voor veengrond valt de referentie-emissie van 1990 buiten de figuur, met 104 kg CO₂ per 100 kg FPCM.

Omdat N₂O met name gerelateerd is aan grondgebruik (bemesting), is de N₂O emissie eveneens uitgedrukt *per hectare* (Figuur 3.4). Daarmee kunnen de bedrijven op bemestingsmanagement worden vergeleken. Als bij gelijkblijvend bemestingsmanagement de melkproductie per ha namelijk toeneemt, wordt de N₂O emissie per 100 kg meetmelk lager. Als bijvoorbeeld een hogere melkproductie wordt gerealiseerd middels voeraankoop, valt de N₂O emissie van dit aangekochte voer buiten de berekende on-farm emissies. De emissies per ha laten een ander beeld zien dan de emissie per 100 kg FPCM. Er zijn grotere verschillen tussen de bedrijven en er is geen overwegend dalende trend te zien, maar bijna net zo veel bedrijven met een stijgende als een dalende trend.

Uit Figuur 3.4 blijkt verder dat de bedrijven die stuurden op verlaging van de lachgasemissie (zandbedrijven 10, 11 en kleibedrijf 2) er in geslaagd zijn om de N₂O emissie niet alleen *per kg melk*, maar ook *per hectare* te laten dalen. Dit hebben ze gerealiseerd door middel van maatregelen op het gebied van bodem en bemesting, zoals grasland omzetten in maaisland en minder kunstmest N toepassen.

Ook de zandbedrijven 8, 9 en veenbedrijf 7 hebben in de periode 2010-2013 een daling behaald in emissie *per 100 kg meetmelk* (Figuur 3.3) in combinatie met een daling in emissie *per ha* (Figuur 3.4). Het lijkt er dus op dat maatregelen in het algemeen hetzelfde effect hebben op deze twee kengetallen. Een uitzondering is veenbedrijf 4, waar de emissie *per 100 kg meetmelk* is gedaald en de emissie *per ha* juist is gestegen. Dit komt doordat bedrijf 4 de daling per 100 kg meetmelk heeft behaald door intensivering (van 13.200 kg meetmelk per ha in 2009 naar 19.100 kg per ha in 2013).

Opvallend is dat de emissie *per ha* op zandbedrijf 12, 15 en kleibedrijf 5 is toegenomen. Op bedrijf 12 werd dat met name veroorzaakt door een toegenomen aandeel beweiding, dat in 2013 weer is teruggebracht. Bedrijf 15 had in 2009 een erg lage uitgangspositie en heeft in de jaren daarna weer iets meer emissie uit bemesting en beweiding van het jongvee gekregen, maar blijft daarmee nog onder het gemiddelde van de zandbedrijven in 2013. Bij bedrijf 5 had de toename met name plaats in 2013, waarin meer percelen intensiever zijn bemest, terwijl bedrijf 5 nog onder het gemiddelde van de kleibedrijven in 2013 blijft.



Figuur 3.4: Totale luchtasmissie per bedrijf (N_2O , uitgedrukt in ton CO_2 -equivalenten *per ha*), uitgesplitst naar a) kleigrond; b) zandgrond; en c) veengrond. Per bedrijf worden achtereenvolgens de resultaten getoond van de jaren 2009 t/m 2013, waarbij tevens de referentie-emissie (Nederlands gemiddelde in 1990; onderbroken grijze lijn) en de gemiddelde emissie op Koeien & Kansen-bedrijven in 2013 (zwarte lijn) per grondsoort staan weergegeven. NB: voor veengrond valt de referentie-emissie van 1990 buiten de figuur, met 11,7 ton CO_2 per ha.

3.2 Methaan (CH_4)

3.2.1 Algemeen

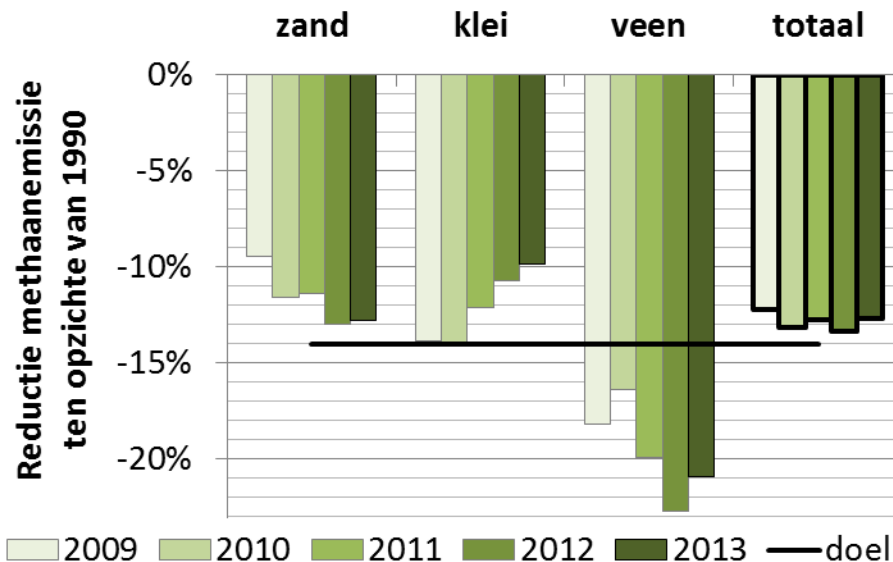
De belangrijkste bron van methaanemissie is de pensfermentatie van het aanwezige vee (75-80%), de overige methaanemissie komt uit mest en mestopslag. De geïmplementeerde maatregelen hebben dan ook voornamelijk betrekking op het rantsoen en de productie efficiëntie, bijvoorbeeld:

- De rantsoensamenstelling moet gericht zijn op een hoog aandeel propionzuur en lager aandeel azijnzuur en boterzuur, bijv. door meer zetmeel (maïs) in het rantsoen
- Een zo hoog mogelijk voerefficiëntie (veel melk per kg voer) om de CH_4 emissie per kg melk te verminderen.
- Een laag jongvee-aandeel, jongvee produceert namelijk wel CH_4 , maar geen melk.

3.2.2 Resultaten

Bij handhaving van de N_2O reductie die in 2009 reeds behaald was (56% t.o.v. 1990), wordt een totale broeikasgasreductie van 30% bereikt bij een CH_4 emissiereductie van ca. 14%, zoals aangegeven in Koeien & Kansen-rapport nr. 68. Een gemiddelde reductie van 14% van de CH_4 emissie op de K&K-bedrijven was dan ook de projectdoelstelling voor 2013 (Figuur 3.5, zwarte lijn).

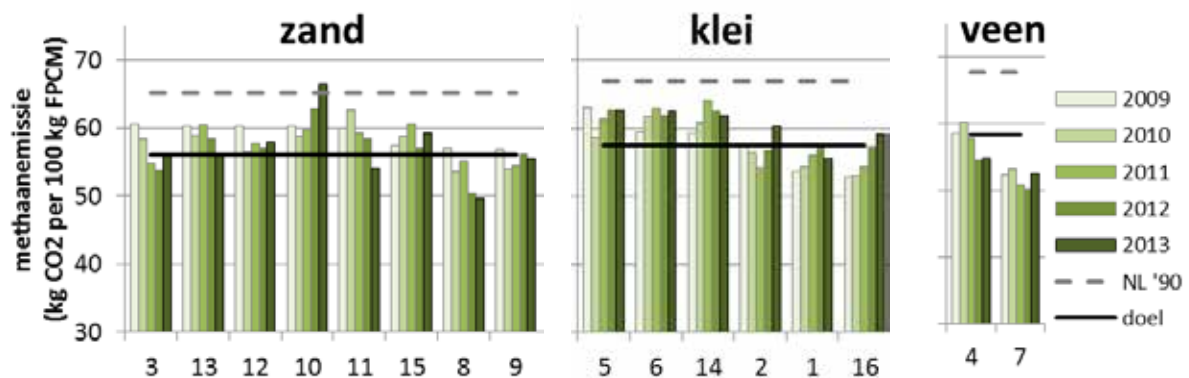
Het projectgemiddelde vertoonde in de periode 2009-2013 een licht dalende trend, maar bleef schommelen rond de 13% (Figuur 3.5). Met name de kleibedrijven zijn er niet in geslaagd de uitgangspositie van 2009 te verbeteren, terwijl de zand- en veenbedrijven dat gemiddeld wel lukte.



Figuur 3.5: Gemiddelde emissiereductie methaan (CH_4) die is bereikt binnen Koeien & Kansen, onderverdeeld naar grondsoort (zand, klei, veen) met daarnaast een overall gemiddelde (totaal). De zwarte lijn geeft de projectdoelstelling voor eind 2013 aan (reductie van 14% t.o.v. gemiddelde Nederlandse emissie in 1990)

De gemiddelde emissiereductie op veen lijkt in Figuur 3.5 het grootst. Dit beeld is echter vertekend, doordat het om slechts twee bedrijven gaat, waarbij op één bedrijf geen jongvee wordt gehouden. De CH_4 uitstoot uit de veestapel is daarmee lager dan op bedrijven met jongvee, waar ook de pensfermentatie en mestopslag van jongvee een bijdrage levert aan de CH_4 uitstoot. De dalende trend op de veenbedrijven in de periode 2009-2013 is niettemin duidelijk.

De resultaten van de individuele bedrijven op het gebied van CH_4 emissie zijn gerangschikt per grondsoort in Figuur 3.6. Hieruit blijkt dat het getoonde gemiddelde per grondsoort (Figuur 3.5) een goede afspiegeling is van de individuele bedrijven, zodat het totaalbeeld niet sterk wordt beïnvloed door enkele uitschieters.



Figuur 3.6: Totale methaanemissie per bedrijf (CH_4 , uitgedrukt in CO_2 -equivalenten per 100 kg FPCM), uitgesplitst naar a) kleigrond; b) zandgrond; en c) veengrond. Per bedrijf worden achtereenvolgens de resultaten getoond van de jaren 2009 t/m 2013, waarbij tevens de referentie-emissie (Nederlands gemiddelde in 1990; onderbroken grijze lijn) en het emissiedoel (-14% t.o.v. 1990, zwarte lijn) per grondsoort staan weergegeven

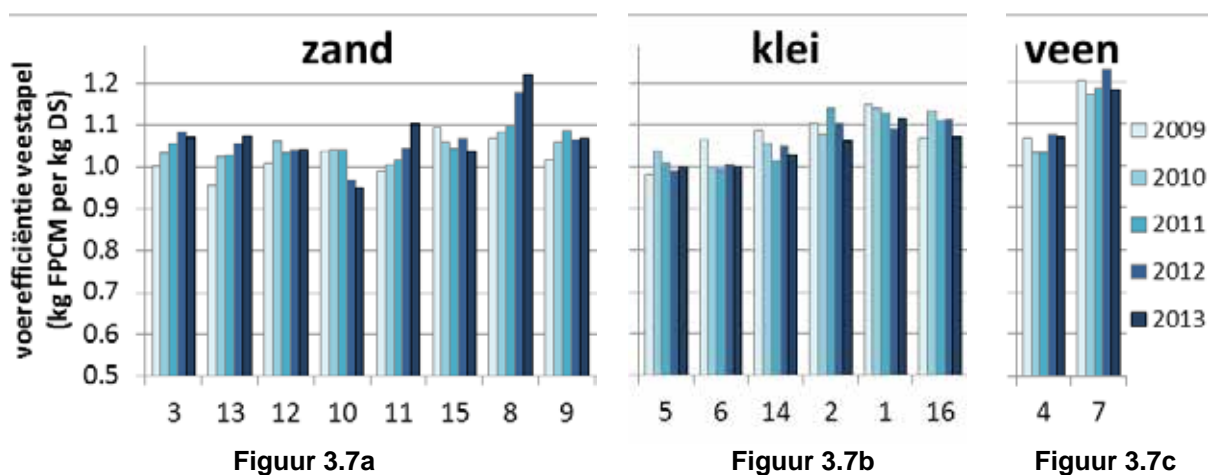
In Figuur 3.6 is te zien dat zeven bedrijven de gewenste dalende trend hebben gerealiseerd in de periode 2009 t/m 2013 (de zandbedrijven 3, 13, 11, 8, 9, kleibedrijf 1 en veenbedrijf 4); 5 van die bedrijven (11, 8, 9, 1 en 4) hebben zelfs een hogere reductie gerealiseerd dan het gestelde doel.

In de bedrijfsontwikkelingsplannen zijn verschillende maatregelen benoemd die een effect hebben op de gasvormige emissies (Bijlage 1). Het resultaat van deze inspanningen voor de belangrijkste maatregelen op het gebied van methaanemissie wordt hierna besproken.

3.2.3 Maatregelen

Rantsoenmaatregel: optimaal rantsoen

Aangezien het grootste deel van de methaanemissie uit pensfermentatie afkomstig is, en de fermentatie toeneemt bij een hogere voeropname, is het van belang een zo hoog mogelijke voerefficiëntie te behalen – waarbij per kg voer zoveel mogelijk melk geproduceerd wordt. Als de voerefficiëntie van de bedrijven grafisch wordt weergegeven op een vergelijkbare manier als de methaanemissie (Figuur 3.7), valt op dat de zeven bedrijven met een dalende methaanemissie in Figuur 3.7 (3, 13, 11, 8, 9, 1 en 4) in dezelfde periode ook bijna allemaal een verbetering van de voerefficiëntie hebben weten te behalen. Hierbij moet opgemerkt worden dat de opvallende verbetering van zandbedrijf 8 in 2012 en 2013 in de totale voerefficiëntie van de veestapel met name te relateren is aan het uitbesteden van de jongveeopfok (vanaf 2012). Hierdoor nam het aantal stuks jongvee per 10 melkkoeien af van 7 in 2009 naar 3,5 in 2012 en 1,6 in 2013.

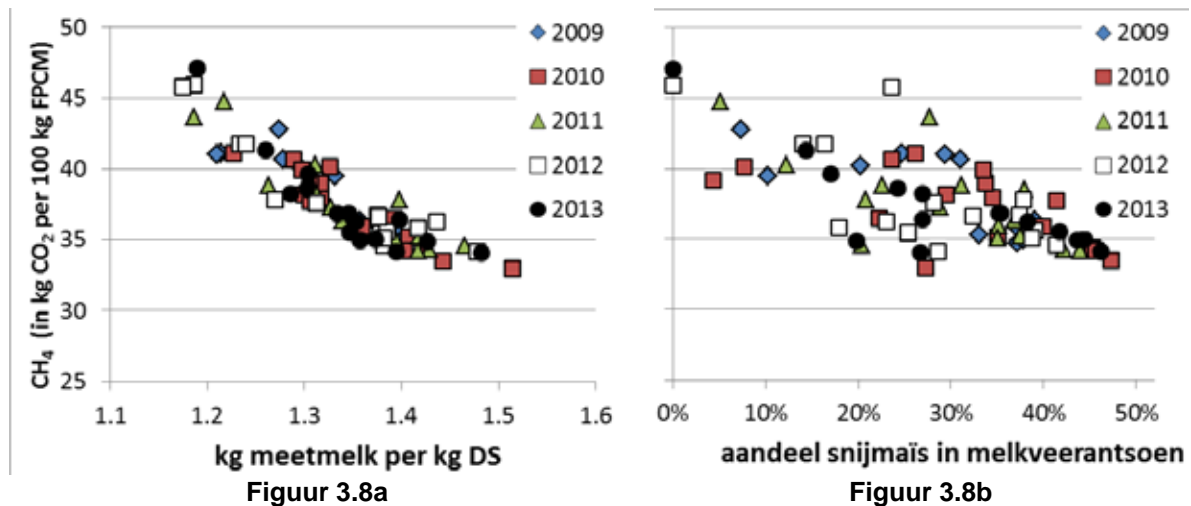


Figuur 3.7: Voerefficiëntie van de gehele veestapel per bedrijf (kg FPCM per kg DS), uitgesplitst naar a) kleigrond; b) zandgrond; en c) veengrond. Per bedrijf worden achtereenvolgens de resultaten getoond van de jaren 2009 t/m 2013

Het grootste aandeel van de CH₄ emissie van de veestapel komt vanuit de pensfermentatie (75-80%), en van de pensemissie 'veestapel' neemt het volwassen melkvee ca. 70-80% voor haar rekening. Veranderingen in de rantsoensamenstelling van de *melkgevende koppel* hebben dan ook het grootste effect. Een aantal bedrijven heeft aangegeven aan rantsoenoptimalisatie te werken om de CH₄ emissie te verlagen – maar deze inspanning komt niet altijd terug in een verlaging op bedrijfsniveau. De bedrijfsresultaten in Figuur 3.6 en 3.7 zijn echter gebaseerd op de BBPR modellering voor het *hele* bedrijf (jongvee, melkvee, mestopslag, etc.). Om de gevolgen van een ander melkveerantsoen nader te onderzoeken is naar de meetweken gekeken. Tijdens meetweken is van ieder bedrijf het melkveerantsoen, de daadwerkelijke voeropname en de melkproductie geregistreerd en geanalyseerd. De gemiddelde rantsoensamenstellingen op basis van de meetweken in de tijd staan per bedrijf weergegeven in Bijlage 2. In de methaanberekening binnen het BBPR model, wordt de voeropname geschat op basis van de melkproductie, en voor de samenstelling de kuilanalyse gebruikt; met de meetweekgegevens kan de methaanemissie vanuit de pensfermentatie van melkgevende dieren specifiekere worden uitgerekend met behulp van de werkelijke opname, chemische analyse van het voer op moment van opname, en de bijbehorende melkproductie.

Bedrijf 3 en 6 hebben specifiek aangegeven in hun bedrijfsontwikkelingsplan hun melkveerantsoen te willen optimaliseren en meer melk per koe te realiseren. Daarin zijn ze inderdaad geslaagd: op basis van de melkgevende koppel is de voerefficiëntie toegenomen en de methaanemissie met 7-8% afgenomen. Bij bedrijf 3 werkt dat ook door in de resultaten van de totale veestapel (Figuur 3.6); bij bedrijf 6 is dat niet het geval, mogelijk door stijging van de methaanemissie bij de droogstaande dieren en het jongvee.

De productie van CH₄ tijdens pensfermentatie is positief gerelateerd aan de voeropname (een hogere opname betekent meer fermentatie en CH₄ productie). Anderzijds neemt de emissie per kg melk af wanneer er per koe meer melk wordt geproduceerd. Hieruit volgt dat wanneer de voerefficiëntie verbetert (meer melk per kg DS voer), de methaanemissie afneemt. Deze relatie is inzichtelijk gemaakt in Figuur 3.8a. Voerefficiëntie is een herkenbaar en meetbaar kengetal voor melkveehouders. Sturen op een hogere voerefficiëntie kan economisch aantrekkelijk zijn én biedt mogelijkheden om te werken aan een verlaging van de CH₄ emissie.



Figuur 3.8: Correlatie tussen voerefficiëntie en methaan (CH₄) emissie (a) en tussen het snijmaïsaandeel in het rantsoen en CH₄ emissie (b), gebaseerd op het melkveerantsoen (melkgevende + droogstaande koeien) gemeten tijdens de meetweken van 2009 t/m 2013 van de melkveehouders in Koeien & Kansen. Ieder punt in de grafiek is een bedrijfsjaargemiddelde.

Rantsoenmaatregel: methaanarm krachtvoer

Op de *bedrijven 4 en 11* heeft het toepassen van CH₄-arm krachtvoer een kleine bijdrage geleverd aan de totale emissiereductie van de veestapel. Omdat het hier een klein aandeel van het totale rantsoen betreft (één krachtvoersoort, van de melkgevende koppel) is de reductie van de totale methaanemissie ca. 0,5-1% geweest.

Rantsoenmaatregel: meer snijmaïs of specifieke bijproducten

Het verhogen van het snijmaïsaandeel in het rantsoen wordt door Hristov et al (2013b) beschreven als optie om de CH₄ emissie per 100 kg meetmelk te verminderen. Dat wordt duidelijk op basis van de in Koeien & Kansen verzamelde gegevens van het melkveerantsoen, al zit daar duidelijk meer spreiding op dan wanneer gekeken wordt naar de voerefficiëntie (Figuur 3.8a vs. 3.8b). Uit onderzoeksresultaten van het project Emissiearm Veevoer is al gebleken dat het voeren van een hoger zetmeelaandeel weliswaar minder methaan kan geven, maar dat andere rantsoencomponenten, melkproductie- en voeropnameniveau het effect weer kunnen verminderen. Bovendien is het totale zetmeelaanbod per koe per dag ook van belang (Hatew et al., 2015).

De *veenbedrijven 4 en 7* hebben aangegeven meer snijmaïs te willen gaan aankopen en toepassen in het rantsoen om de methaanemissie verder te verminderen. Beide bedrijven hebben op hun grondsoort geen mogelijkheid tot eigen maïsteelt, waarmee het aandeel grasland dus 100% is gebleven. *Bedrijf 4* heeft inderdaad in de periode 2009-2013 meer maïs aangekocht (snijmaïs in het melkveerantsoen van 10% naar 18% op droge stof basis). Op *Bedrijf 7* is dat niet gelukt vanwege een grote eigen ruwvoorraad, waardoor het praktisch en economisch onaantrekkelijk was om meer snijmaïs aan te kopen (en dan eigen gras over te houden).

Veemaatregel: minder jongvee aanhouden

Bedrijven 2, 8 en 9 hebben aangegeven het jongvee-aandeel ten opzichte van melkvee te verkleinen. Daar zijn ze inderdaad in geslaagd: *Bedrijf 2* is teruggedaan van 9 naar 8 stuks jongvee, *Bedrijf 9* van 8 naar 7 stuks jongvee per 10 stuks melkvee. *Bedrijf 8* is in 2012 gestart met het uitbesteden van het jongvee en is daarmee teruggedaan van 7 naar 2 stuks per 10 stuks melkvee. Net als bij *Bedrijf 7*, dat al vanaf het begin van het project het jongvee heeft uitbesteed, moet hierbij aangetekend worden dat

de emissies van de jongveeopfok niet verdwenen zijn, maar nu elders plaatsvinden. Voor een objectieve vergelijking zouden de emissies van het jongveeopfokbedrijf meegenomen moeten worden.

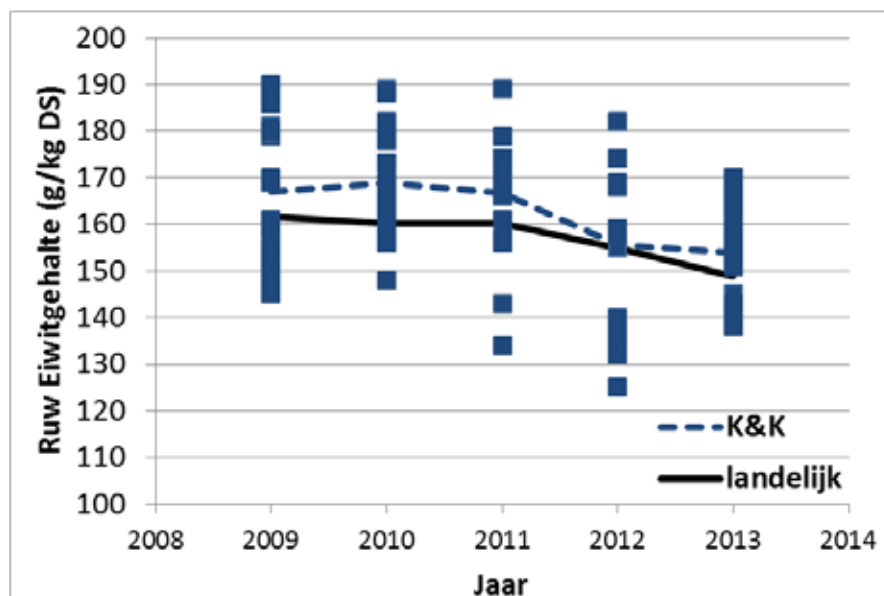
Overige veemaatregelen

Het betreft het verbeteren van de vruchtbaarheid (*Bedrijven 8, 15 en 16*), gezondheid en huisvesting (*Bedrijf 4* heeft een nieuwe stal in gebruik genomen). Deze maatregelen zullen hun effect hebben via het verbeteren van de melkproductie en de voerefficiëntie, waardoor relatief minder methaan wordt geproduceerd per 100 kg meetmelk (Hristov et al., 2013a). Om effectief te zijn hebben dergelijke maatregelen een langere tijd nodig dan de looptijd van dit projectthema. Als echter gekeken wordt naar de totale melkproductie per koe, zijn de *Bedrijven 8 en 15* er inderdaad al in geslaagd om de productie te verhogen t.o.v. 2009 met respectievelijk 7% en 8%; *Bedrijf 16* is op eenzelfde niveau gebleven als in 2009 en *Bedrijf 4* heeft een stijging van liefst 16% behaald.

Gewasmaatregel: graslandvernieuwing

Op basis van analyses van het onderzoeksprogramma Emissiearm Veevoer is gebleken dat de graskwaliteit een belangrijke rol speelt in de methaanproductie; het bemestingsniveau en het ouderdomsstadium bij oogst zijn daarbij belangrijke aspecten (Heeren et al., 2014). Een hoger bemestingsniveau heeft nadelen voor de N efficiëntie op het bedrijf, en verhoogt de N₂O en NH₃ emissie (zie ook Dijkstra et al, 2011). Een aantal bedrijven (1, 3, 8 en 10) heeft daarom aangegeven graslandvernieuwing te willen toepassen om met jonge, nieuwe rassen een hogere kwaliteit gras (beter verteerbaar en met een hoger eiwitgehalte) te bereiken, en daarmee een verlaging van de CH₄ emissie per 100kg meetmelk te realiseren. Bedrijf 12 wil zich meer focussen op het jonger oogsten van gras om een betere kwaliteit graskuil te bereiken. Deze maatregel wordt als tamelijk eenvoudig en kosteneffectief beschouwd, zeker in vergelijking met het toevoegen van methaanremmende supplementen als alternatieve opties (Van Middelaar et al., 2014). Op elk van deze bedrijven is het ruw eiwitgehalte in de graskuil echter licht afgenomen in de periode 2010-2013. Behalve een vernieuwd gewasbestand, spelen hierbij ook de weersomstandigheden waarbij de groei en oogst heeft plaatsgevonden een rol en daar is erg moeilijk op in te spelen. Zowel binnen het project als landelijk gezien is het gemiddelde ruw eiwitgehalte van graskuil in de afgelopen jaren wat gedaald (Figuur 3.9).

Bedrijf 1 heeft specifiek gekozen voor een nieuw grasbestand met een later doorschiettijdstip om de verteerbaarheid te verbeteren. Deze “snellere” graskuilen bleken echter de voerefficiëntie juist te verminderen, waardoor de melkproductie per koe in de periode 2009-2013 wat gezakt is en de CH₄ emissie per 100 kg meetmelk is gestegen.



Figuur 3.9: Verloop in ruw eiwitgehalte van graskuilen van de melkveehouders van Koeien & Kansen, gemiddeld per jaar van 2009 t/m 2013. Ieder punt in de grafiek is een bedrijfsjaargemiddelde. Daarnaast is het projectgemiddelde weergegeven met de onderbroken lijn (K&K) en het landelijk gemiddelde met de doorgetrokken lijn (op basis van cijfers CBS, Werkgroep Uniformering Mest- en Mineralencijfers).

3.2.4 Effectiviteit maatregelen

Een stijgende trend in de CH₄ emissie is te zien bij zandbedrijf 10 en de kleibedrijven 14, 1 en 16 (Figuur 3.6). Deze trend valt deels samen met een afname van de voerefficiëntie (Figuur 3.7).

Bij een nadere analyse van de bedrijven wordt voor *bedrijf 10* duidelijk dat er in 2009 op bedrijfsniveau een lagere emissie en een betere voerefficiëntie was dan in de jaren daarna. Echter, op basis van de melkveekoppel (meetweken) verbeterde de voerefficiëntie en een daalde de CH₄ emissie in 2013. De toegenomen emissie op bedrijfsniveau moet hier door het jongvee zijn veroorzaakt. Kwalitatief minder goede ruwvoerpartijen zullen niet aan de melkgevende koppel, maar aan de droogstaande dieren en het jongvee zijn verstrekt. Het jongvee-aandeel is inderdaad opgelopen van 7,5 naar 9,7 stuks jongvee per 10 melkkoeien.

Bedrijf 14 heeft zowel op bedrijfsniveau als op basis van de melkveekoppel (meetweken) een toenemende CH₄ emissie en een afnemende voerefficiëntie in de periode 2009-2013. Het is door de specifieke bedrijfsomstandigheden niet goed mogelijk om snijmaïs te telen of aan te kopen – het maïsaandeel in het rantsoen varieerde dan ook van zeer laag tot 0 en de mogelijkheden om te sturen met bijproducten en krachtvoer zijn sterk beperkt. Het bedrijfsmanagement is erop gericht zoveel mogelijk melk uit gras te produceren, maar levert daardoor op emissiereductie wat in.

De *bedrijven 1 en 16* zaten bij aanvang in 2009 op een erg lage CH₄ emissie per 100 kg meetmelk en waren niet in staat deze emissie te handhaven of verder te reduceren. De voerefficiëntie lag behoorlijk hoog maar is in dezelfde jaren wat gedaald. Op bedrijf 1 is in de meetweken van het melkveerantsoen terug te zien dat de voerefficiëntie wat is gedaald, en de CH₄ emissie gestegen. De gemiddelde graskuilkwaliteit (eiwit, energiegehalte) is hier wat afgenomen. Bij bedrijf 16 is in de meetweken de voerefficiëntie wel wat toegenomen, en de CH₄ emissie uit pensfermentatie melkvee, met wat schommeling, afgenomen.

Uit de individuele bedrijfsresultaten blijkt, dat de CH₄ emissie niet eenvoudig te verminderen is. De verwachting was in 2009 hoger dan uiteindelijk haalbaar is gebleken. Alle 16 bedrijven hebben in de periode 2009-2013 gestreefd naar een lagere CH₄ emissie langs verschillende wegen: rantsoenoptimalisatie, krachtvoeraanpassingen, etc. (Bijlage 1). Deze inspanningen lijken slechts op enkele bedrijven beloond te zijn met een verlaging van de emissie, op basis van de gebruikte rekenmethodiek. Hiervoor zijn verschillende redenen aangemerkt, welke worden besproken in Koeien & Kansen-rapport 75. Een van de belangrijkste redenen is dat het samenstellen van een rantsoen dat aan alle huidige eisen voldoet (zowel nutritioneel als milieutechnisch) erg complex is. Vanwege het grote aandeel ruwvoer in het rantsoen is de kwaliteit van het ruwvoer sterk bepalend voor de CH₄ emissie, en de invloed die de veehouders daarop hebben wordt soms belemmerd door weersomstandigheden die het succes van bemesting en het oogstmoment bepalen. Geplande maatregelen pakten daarbij niet altijd uit zoals werd verwacht. Ook rantsoenmaatregelen zijn een zaak van het hele bedrijf. Toch hebben de gemaakte stappen geleid tot een kleine verbetering, van in totaal 12% naar bijna 13% reductie.

3.3 Ammoniak (NH₃)

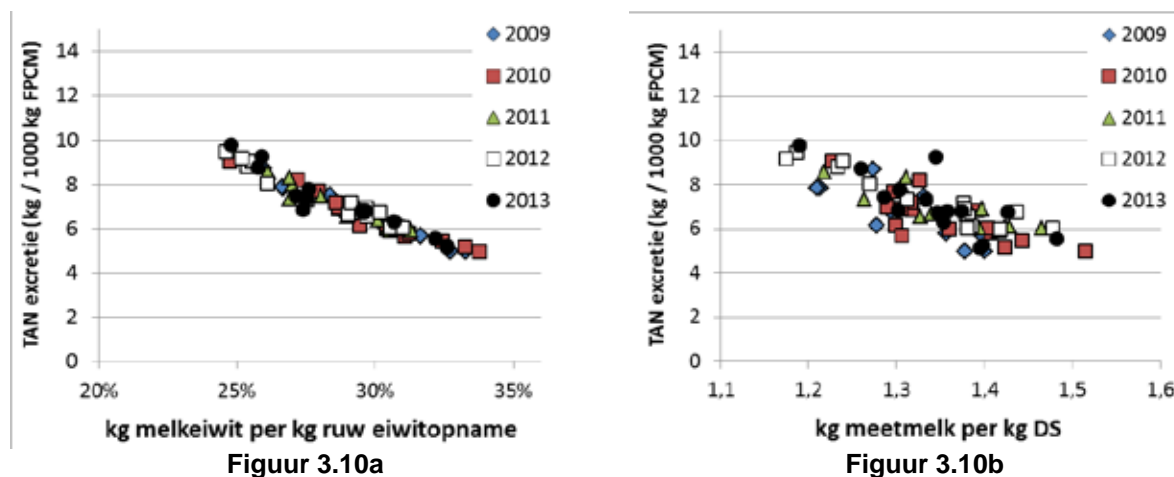
3.3.1 Algemeen

Naast het sturen op verminderen van de broeikasgassen, hebben de veehouders ook gestuurd op een verdere reductie van de NH₃ emissie. Sommige CH₄ rantsoenenmaatregelen kunnen conflicteren met rantsoenmaatregelen voor reductie van de NH₃ emissie, maar andere gaan goed samen. Na rantsoenmaatregelen en diermanagement kan de NH₃ emissie verder verlaagd worden via aanpassingen in huisvesting, beweiding en mest aanwenden.

3.3.2 Rantsoen

Bij reductie van de NH₃ emissie gaat het allereerst om het verminderen van de uitscheiding van Totaal Ammoniakaal N via urine (TAN, de bron van de NH₃ emissie). Hiervoor moeten rantsoenmaatregelen worden genomen en/of diermanagement maatregelen (bv minder jongvee en een veestapel met hogere N-efficiëntie). Op rantsoengebied moet men zich met name richten op het verbeteren van de voerefficiëntie, en meer specifiek de eiwit- of stikstofbenutting. Het verteerde en door de darm

opgenomen eiwit dat niet wordt omgezet in melkeiwit, wordt namelijk door de koe afgebroken en uitgescheiden als TAN (Totaal Ammoniakaal Stikstof) in de urine. Dit is de hoeveelheid stikstof die omgezet kan worden in NH_3 . Een deel zal werkelijk vervluchtigen, afhankelijk van de omstandigheden waarin deze TAN terecht komt. Dat hangt bijvoorbeeld af van de locatie (weidemest, op de stalvloer of in afgesloten mestopslag), de temperatuur, verdunning met water, en omstandigheden bij mest uitrijden. Het verbeteren van de stikstofbenutting door de veestapel zal de uitscheiding van TAN verlagen en daardoor de NH_3 emissie verlagen. Deze relatie is met behulp van de meetweekresultaten inzichtelijk gemaakt in Figuur 3.10. Als de benutting van stikstof in het melkveerantsoen wordt berekend (totale melkeiwitproductie vs. totale eiwitopname), wordt een sterke relatie zichtbaar met de TAN excretie (Figuur 3.10a). Een vergelijkbaar verband is gevonden tussen de TAN excretie en de voerefficiëntie, maar dan met meer variatie veroorzaakt door verschillen in eiwitgehalten van de rantsoenen, met name op weiderantsoenen met vers gras (Figuur 3.10b).



Figuur 3.10: Relatie tussen de totale ammoniakale stikstofexcretie (TAN) voor melkveerantsoenen (totaal melkgevende + droogstaande dieren) en (a) de eiwitbenutting of (b) de voerefficiëntie, gebaseerd op de meetweken van 2009 t/m 2013 van de melkveehouders in Koeien & Kansen. Ieder punt in de grafiek is een bedrijfsjaargemiddelde.

De Koeien & Kansen-bedrijven hebben zich vanaf het begin van het project in 1997 gericht op een hoge N-efficiëntie in de voeding. Daarmee hebben ze een lage ammoniakemissie per kg melk bereikt. Desondanks was de NH_3 doelstelling voor periode 2010-2013 voor de individuele bedrijven binnen K&K om, naast de gestelde doelen voor N_2O en CH_4 , 10% NH_3 emissiereductie te behalen ten opzichte van de eigen NH_3 emissie in 2009. Deze doelstelling is scherp, omdat de gemiddelde NH_3 emissie op de K&K-bedrijven in 2009 met bijna 3,6 kg NH_3 per 1000 kg melk (Figuur 3.11) al meer dan 20% lager was dan het landelijke gemiddelde. De doelstelling voor het K&K projectgemiddelde in 2013 (10% lager dan de eigen NH_3 emissie in 2009) is 3,2 kg NH_3 per 1000 kg melk.

3.3.3 Maatregelen

Aangezien voermaatregelen al vanaf de projectstart werden genomen, hebben de meeste bedrijven zich gericht op andere reductiemogelijkheden voor ammoniak.

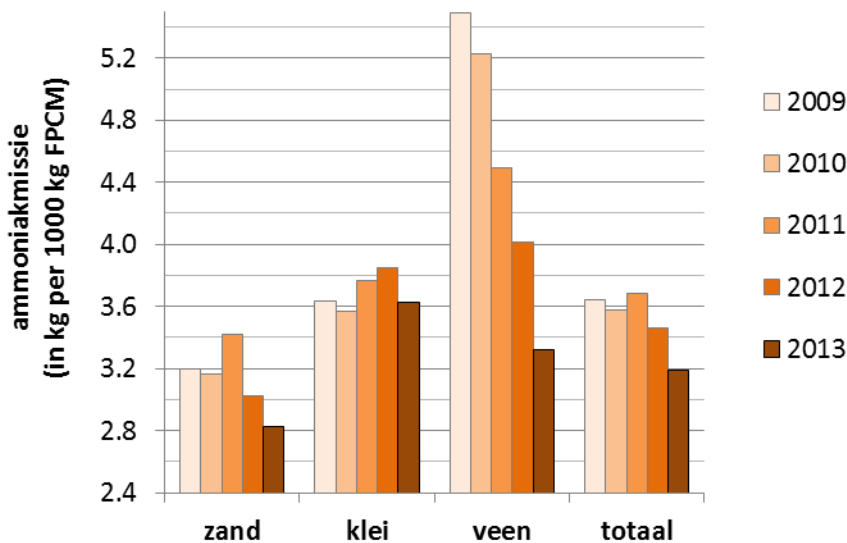
Negen bedrijven (zandbedrijven 10, 15, 11, 13, kleibedrijven 14, 1 en 6 en de veenbedrijven 4 en 7) hebben aangegeven dat zij via reductiemaatregelen op het gebied van bemesting (o.a. type en hoeveelheid kunstmest) de NH_3 emissie op hun bedrijf verder wilden laten dalen.

Vier bedrijven (11, 6, 4 en 7) hebben aangegeven ook maatregelen te willen treffen op het gebied van voeding die de eiwit efficiëntie zullen beïnvloeden (zie ook Bijlage 1). Daarvan hebben 2 bedrijven (6 en 11) aangegeven dat via 'verbeteren benutting rantsoen' te gaan doen. De beide veenbedrijven (4 en 7) hebben aangegeven de ammoniakemissie te willen verlagen via 'meer snijmaïs in het rantsoen'.

3.3.4 Resultaten

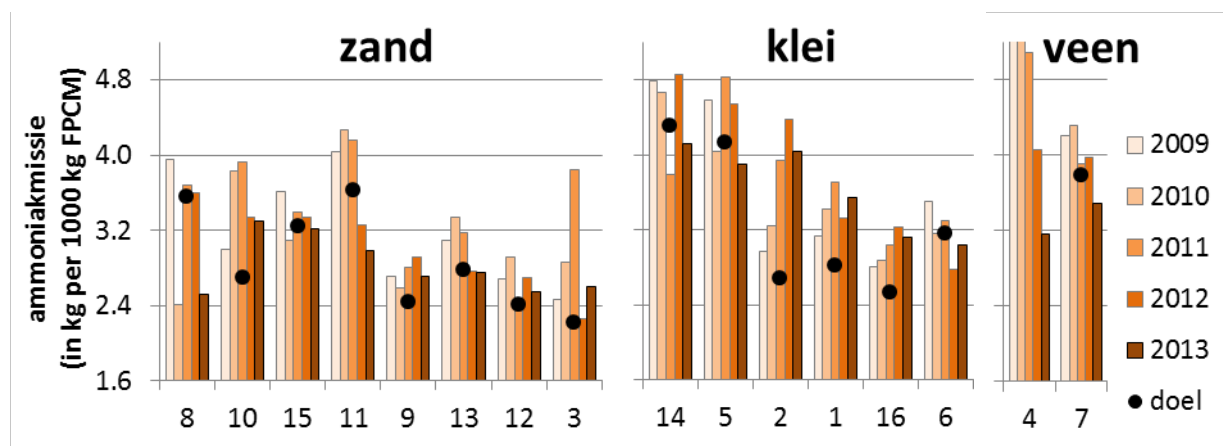
Uit Figuur 3.11 blijkt dat de gemiddelde NH_3 emissie van de K&K-bedrijven in de periode 2009-2013 een dalende trend liet zien, resulterend in een projectgemiddelde van 3,2 kg NH_3 per 1000 kg FPCM waarmee het scherpe projectdoel toch haalbaar bleek. Het is mogelijk gebleken om binnen het project gemiddeld een reductie te behalen op de emissie van zowel CH_4 als NH_3 . De daling in NH_3 emissie in

K&K is echter volledig gerealiseerd op de zand- en veenbedrijven, terwijl de kleibedrijven gemiddeld gelijk zijn gebleven.



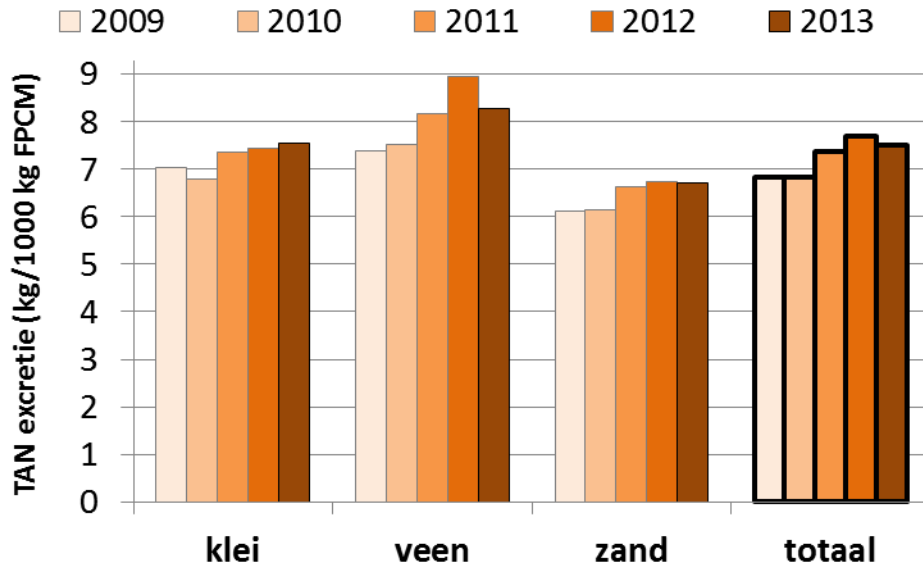
Figuur 3.11: Gemiddelde ammoniak (NH₃) emissie binnen Koeien & Kansen in 2009 t/m 2013, onderverdeeld naar grondsoort (zand, klei en veen) en over het hele project (totaal).

In Figuur 3.12 zijn de individuele resultaten weergegeven van de NH₃ emissie op de 16 K&K-bedrijven in de periode 2009 t/m 2013. Met een zwarte stip is daarbij per bedrijf aangegeven waar de individuele bedrijfsdoelstelling voor eind 2013 lag (10% reductie t.o.v. het bedrijfsresultaat in 2009).



Figuur 3.12: De ammoniak (NH₃) emissie in de jaren 2009 t/m 2013 (in kg per 1000 kg FPCM) op K&K-bedrijven, uitgesplitst naar a) kleigrond; b) zandgrond; en c) veengrond. Met een zwarte stip is het bedrijfsspecifieke doel voor 2013 (10% reductie t.o.v. de individuele uitgangssituatie in 2009) weergegeven. NB emissie op veenbedrijf 4 valt voor 2009 en 2010 buiten de range met respectievelijk 6,78 en 6,14 kg per 1000 kg FPCM (met bedrijfsdoel 6,10 kg per 1000 kg FPCM op basis van emissie 2009)

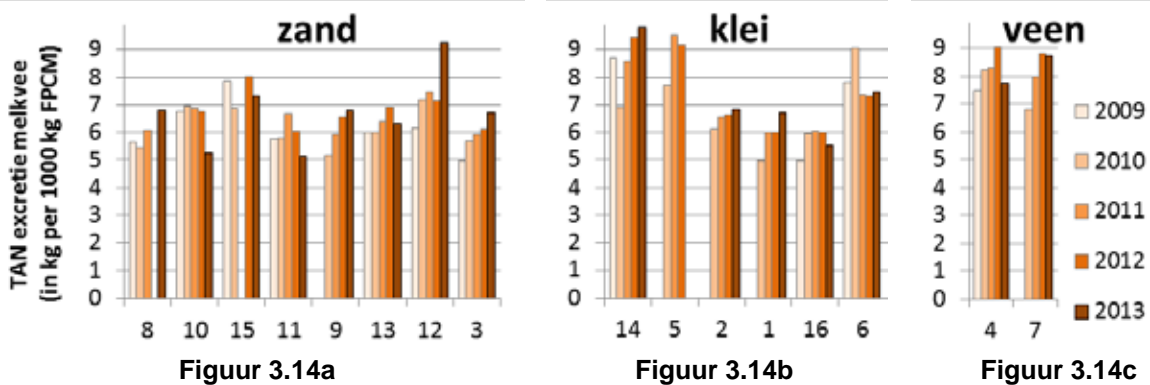
Het resultaat voor ammoniak is vooral gehaald op basis van andere maatregelen dan rantsoenaanpassingen (zie 3.3.3). Het is nog wel de vraag of de voedingsmaatregelen met betrekking tot de methaanemissie een effect hebben gehad op de ammoniakemissie. Dat is af te lezen aan het verloop van de TAN excretie. Dat verloop in de TAN uitscheiding (Figuur 3.13) is op basis van de meetweergegevens berekend voor de melkveestapel (melkgevende + droogstaande dieren).



Figuur 3.13: Gemiddelde ammoniak (NH_3) emissie binnen Koeien & Kansen in 2009 t/m 2013, onderverdeeld naar grondsoort (zand, klei en veen) en over het hele project (totaal).

Uit Figuur 3.13 blijkt dat de gemiddelde TAN excretie van de melkveestapel van 2009 tot 2013 een stijgende trend vertoont. Dat betekent dat de gemiddelde rantsoenen steeds wat minder op reductie van de ammoniakemissie waren afgestemd. Het sturen op reductie van de methaanemissie via het voerspoor heeft dus een negatieve invloed op de ammoniakemissie. Echter, de toename in TAN excretie is gering (klei 6,5%, veen 7,3%, zand 5,7% en gemiddeld 6,5%) en de TAN excretie is nog steeds laag. Bovendien hebben andere maatregelen (huisvesting, bemesting en diermanagement) ervoor gezorgd dat de gemiddelde ammoniakemissie van de K&K-bedrijven toch met 0,4 kg ammoniak per 1000 kg FPCM gedaald is.

Detailinformatie volgt uit de resultaten voor de TAN excretie van de individuele Koeien & Kansen-bedrijven (Figuur 3.14)



Figuur 3.14: De totaal ammoniakale N (TAN) uitscheiding in de periode 2009 t/m 2013 (in kg per 1000 kg FPCM) van de melkkoeien (lacterend + droog) op de K&K-bedrijven op basis van de meetweken, uitgesplitst naar a) kleigrond; b) zandgrond; en c) veengrond.

De zandbedrijven 10, 15, 11, 13, kleibedrijven 14, 1 en 6 en de veenbedrijven 4 en 7 hebben aangegeven dat zij de NH_3 emissie op hun bedrijf verder wilden laten dalen.

Zandbedrijf 10 is succesvol geweest in het terugbrengen van de *totale* bedrijfsemmissie van 2600 naar 2000 kg NH_3 in 2013 door krimp van de veestapel, minder te bemesten (minder emissie uit drijf- en kunstmest) en een lagere veebezetting (minder stalemissie). De totale melkproductie per ha is door de krimp in de veestapel afgenomen van 17.000 naar 13.600 kg per ha, waardoor de ammoniakemissie per ton meetmelk niet is afgenomen maar is gestegen van ca. 2,8 naar 3,3 kg NH_3 per 1000 kg FPCM

(Figuur 3.12). Dit ondanks het feit dat door voermaatregelen een fors lagere TAN excretie per 1000 kg FPCM, van ca. 6,7 naar 5,2 kg per 1000 kg FPCM, is gerealiseerd (Figuur 3.14).

Zandbedrijf 15 heeft een vergelijkbare hoeveelheid emissie uit drijfmest en kunstmest, maar is er in geslaagd de NH₃ emissie te laten dalen door via rantsoenmaatregelen een hogere eiwitbenutting te halen. Door rantsoenoptimalisatie is de melkproductie gestegen en de voerefficiëntie van de veestapel verbeterd van 1,02 naar 1,09 kg meetmelk per kg DS voer. De stikstofbenutting van de veestapel is gestegen van 23,5 naar 24,9% hetgeen resulteert in een lager TAN-excretie. Dat is ook gerealiseerd via het melkveerantsoen waar een toename van het maïsaandeel (van 30% naar 35%, Bijlage 2) resulteerde in een ongeveer 10% lagere TAN excretie (Figuur 3.14).

Zandbedrijf 11 heeft een aanpassing gedaan in de kunstmesttoepassing in 2012 waardoor de emissie in 2012 en 2013 aanmerkelijk is gedaald ten opzichte van de jaren daarvoor. Daarnaast is er gewerkt aan een verbetering van het rantsoen en een afname van het jongveeaandeel (van 8 naar 6 stuks jongvee per 10 melkkoeien), waardoor de voerefficiëntie van de veestapel is verbeterd van 1,03 naar 1,13 kg meetmelk per kg DS voer. Het gemiddelde eiwitgehalte van het rantsoen is in de periode 2009 t/m 2013 licht afgenomen en de stikstofbenutting van de veestapel is verbeterd (van 24,7 naar 27,3%) waarmee de bedrijfsdoelstelling van 10% NH₃ reductie in 2012 reeds behaald was. Ook in het melkveerantsoen zoals gemonitord in de meetweken is terug te zien dat de TAN excretie gedaald is (Figuur 3.14).

Zandbedrijf 13 heeft zich niet gericht op rantsoenmaatregelen. De TAN excretie per 1000 kg FPCM is dan ook licht gestegen (Fig 3.14). Het bedrijf heeft in 2012 en 2013 wel wat minder bemest (minder emissie uit kunst- en drijfmest) en is daarnaast efficiënter gaan produceren (verbeterde voerefficiëntie door lager jongveeaandeel) waardoor in 2012 en 2013 een duidelijke daling behaald is ten opzichte van eerdere jaren. Ook hier is de bedrijfsdoelstelling van 10% NH₃ reductie in 2012 reeds behaald en in 2013 gehandhaafd.

Kleibedrijf 14 heeft zich gericht op ammoniakemissiereductie via bemestingsmaatregelen. In 2011 werd een relatief lage NH₃ emissie gerealiseerd, doordat vanwege een droog voorjaar veel minder drijfmest was aangewend dan normaal. Kunstmest wordt op dit bedrijf niet toegepast. Rantsoenmaatregelen voor het verbeteren van de eiwitbenutting zijn niet goed mogelijk gebleken door beperkte sturingsmogelijkheden i.v.m. de biologische bedrijfsvoering. Toch is in 2013 de bedrijfsdoelstelling behaald door een afname van het jongveeaandeel (van 6,5 naar 5,9 stuks per 10 melkkoeien).

Kleibedrijf 1 heeft meer kunstmest en drijfmest toegepast omdat het bedrijfsoppervlak wat is toegenomen t.o.v. 2009 (van bijna 42 naar 45-50 ha) en om een hogere ruwvoeropbrengst (en N-benutting van het gewas) te halen. De geschatte totale NH₃ verliezen bij bemesting zijn hierdoor opgelopen. Dat werd niet gecompenseerd via voermaatregelen, maar zelfs wat verstrekt, omdat de voerefficiëntie van de veestapel iets is afgenomen t.o.v. van het hoge niveau van 2009 (van 1,15 naar 1,11-1,13 kg melk/kg DS voer) en de TAN excretie is gestegen (Figuur 3.14).

Kleibedrijf 6 heeft ingezet op zowel bemesting als voeding om de ammoniakemissie verder te verlagen en heeft ook een lagere emissie gerealiseerd. De verlaging van de emissie is deels gerealiseerd door een kleiner landbouwareaal (en daarmee samenhangende bemesting), waarbij de productieintensiteit is toegenomen (van 25.000 naar 33.000 kg melk/ha) en meer voer is aangekocht. Daarnaast is gewerkt aan een verbetering van het rantsoen. De stikstofbenutting van de veestapel is iets toegenomen (24,4 naar 25,2%) en specifiek in het melkveerantsoen is het maïsaandeel toegenomen (Bijlage 2). De TAN excretie vertoont dan ook een dalende trend, met uitzondering van 2010 (Figuur 3.14).

Ook *Veenbedrijf 4* heeft ingezet op zowel bemesting als voeding om de ammoniakemissie verder te verlagen. De bedrijfsemisatie is sterk verlaagd door aanpassingen in de bemesting (hoeveelheid dierlijke mest, type kunstmest). Verder is het aantal melkgevendende dieren gegroeid, waarbij het jongveeaandeel afnam (van 6,6 naar 4,7 stuks per 10 melkkoeien). Het eigen areaal is daarbij niet uitgebreid waardoor er meer voer is aangekocht en het snijmaïsaandeel is toegenomen (van 0 naar 16%). Al met al verbeterde de voerefficiëntie van de totale veestapel inclusief jongvee (van 0,98 naar 1,12 kg melk / kg DS voer) en de stikstofbenutting (van 21 naar 25%). Deze verbetering van de N

efficiëntie is geheel toe te schrijven aan het jongveeaandeel, want de TAN excretie van de melkveestapel is licht gestegen (Figuur 3.14).

Veenbedrijf 7 heeft in 2013 het bedrijfsoppervlak verkleind waardoor de productieintensiteit toenam van 19.000 naar 22.600 kg/ha. Er is daardoor per liter melk relatief minder ammoniak geproduceerd via bemesting van het areaal, waardoor het bedrijfsdoel gehaald is. Aan de andere kant is meer voer aangekocht om deze intensiteit op te kunnen vangen en is de TAN excretie op het melkveerantsoen gestegen (Figuur 3.14).

Op de kleibedrijven 2 en 16 is de NH₃ emissie in de periode 2009-2013 gestegen.

Kleibedrijf 2 heeft in de jaren 2011-2013 relatief meer ammoniak geproduceerd bij bemesting, door keuze van kunstmesttype en bemestingsmanagement. De stikstofbenutting en voerefficiëntie van de veestapel schommelen daarnaast wat over de jaren en waren in 2013 wat lager dan gewoonlijk (van 28% naar 26% stikstofefficiëntie en 1,16 naar 1,07 kg meetmelk per kg voer), maar voor het melkvee vertoont de TAN excretie een stijgende trend.

De stijgende lijn in ammoniakemissie per 1000 kg FPCM bij *kleibedrijf 16* is veroorzaakt door een afnemende voerefficiëntie (van ca. 1,20 naar 1,14 kg melk per kg DS voer) en stikstofbenutting (van 29 naar 27%). Daarnaast is wordt dat versterkt door een afnemende melkproductie bij gelijke aan bemesting gerelateerde emissie. Hierdoor stijgt de bijdrage van bemesting gerelateerde emissie per eenheid melk. De absolute bedrijfsemmissie is in de periode 2009-2013 gelijk gebleven.

4 Interacties met andere milieuprestaties

Het K&K doel was een reductie van de gasvormige emissies op het melkveebedrijf, zonder afwenteling op andere gebieden. Door toepassing van verschillende managementmaatregelen gericht op het verminderen van gasvormige emissies, ontstaan er mogelijk ook effecten (gewenst of ongewenst) op andere milieuprestaties. De gevolgen van de genomen reductiemaatregelen op de fosfaatbenutting, grondgebruik, beweiding en de veestapel worden in dit hoofdstuk besproken.

4.1 Fosfaatexcretie

De maatregelen ter reductie van de emissie van CH₄ en NH₃ zijn grotendeels gericht op aanpassingen in het rantsoen. Wijzigingen in de rantsoensamenstelling ten behoeve van een daling van CH₄ of NH₃ kunnen een effect hebben op andere excreties, waaronder de fosfaatexcretie.

In Tabel 4.1 is te zien dat de fosfaatexcretie en –benutting wat kleine variaties vertonen over de jaren, maar in elk geval niet negatief zijn beïnvloed. Sturen op gasvormige emissies hoeft daarmee niet noodzakelijkerwijs samen te gaan met een verslechtering van de efficiëntie waarmee P wordt benut door de veestapel.

Opvallend is dat ook het eiwitgehalte van het rantsoen relatief constant is gebleven, maar de stikstofbenutting is verbeterd van 25,1% in 2009 naar 25,9% in 2013.

Tabel 4.1: Gemiddelde fosfaat- en stikstofbenutting van de veestapel op Koeien & Kansen-bedrijven in de periode 2009-2013

	Jaar				
	2009	2010	2011	2012	2013
<i>Fosfor</i>					
P gehalte rantsoen (g/1000 VEM*)	3,87	3,77	3,78	3,81	3,85
Fosfaatexcretie (kg/1000 kg FPCM)	5,25	4,98	4,94	4,92	5,02
Fosfaatbenutting (%)	32,2%	33,2%	33,5%	33,2%	32,7%
<i>Stikstof</i>					
Eiwitgehalte rantsoen (g/1000 VEM*)	160	159	163	161	159
Stikstofbenutting (%)	25,1%	25,5%	25,3%	25,7%	25,9%

*de eenheid g/1000 VEM (voedereenheid melkvee, de netto energiewaarde van het voer) wordt gebruikt om de gehalten N en P te corrigeren voor de variatie in energiedichtheid van het rantsoen

4.2 Grondgebruik en beweiding

De genoemde maatregelen die gericht zijn op het rantsoen kunnen ook consequenties hebben voor het grondgebruik op bedrijfsniveau, door veranderingen in het bouwplan (gras vs. snijmaïs). Het omzetten van grasland naar bouwland heeft bovendien een effect op de emissies (zogenaamde LULUC of 'land-use and land-use change' emissie; Van Middelaar et al., 2013); het netto effect van deze emissies moet op de langere termijn (15 tot 30 jaar) worden beoordeeld en in het huidige resultaat van K&K wordt alleen de korte termijn (= 1 jaar) via de gebruikte rekensystematiek doorgerekend. Daarom wordt het effect van LULUC niet meegenomen.

Ook kunnen er verschuivingen plaatsvinden in het beweidingsmanagement. Voor het reduceren van de NH₃ emissie is extra beweiding gunstig, terwijl anderzijds soms de voorkeur wordt gegeven aan een stalrantsoen om nauwkeuriger te sturen op een hoge voerefficiëntie en lage CH₄ emissie. In Tabel 4.2 staan enkele kenmerken op een rijtje.

Tabel 4.2: Grondgebruik en beweiding Koeien & Kansen in de periode 2009-2013

	Jaar				
	2009	2010	2011	2012	2013
<i>Grondgebruik</i>					
Bedrijfsintensiteit (kg FPCM/ha)	20.299	20.794	21.082	21.434	21.534
Bedrijfsomvang (ha)	55,6	57,2	56,6	59,2	59,3
Aandeel bouwland	18,0%	20,3%	20,1%	19,8%	20,9%
<i>Beweiding*</i>					
Dagen per jaar	144	160	158	146	165
Uren per dag	5,8	6,1	5,4	5,9	5,6

*gemiddelde van de 10 bedrijven die in de gehele periode 2009-2013 beweiding toepasten

De bedrijfsomvang in ha is in de periode 2009-2013 gemiddeld iets toegenomen; ook het landelijk gemiddelde is in deze periode 4% gestegen van gemiddeld 47,0 naar 48,8 ha per melkveebedrijf (CBS, 2015). Tegelijkertijd is de bedrijfsintensiteit in kg FPCM per ha toegenomen ten gevolge van een hogere totale melkproductie. De K&K-bedrijven groeiden van 20,2 naar 21,5 ton FPCM melk per ha. Het landelijk gemiddelde steeg van 13,7 naar 14,7 ton melk per ha (CBS, 2015).

Het aandeel bouwland is in 2010 iets toegenomen naar gemiddeld 20% en is daarna redelijk stabiel gebleven. Door de Europese regelgeving voor de Nitraatrichtlijn en de door de Nederlandse overheid vastgestelde eisen voor aanvraag van derogatie (o.a. tenminste 70% van het areaal in de vorm van grasland), zal het percentage bouwland dan ook niet snel toenemen (Van Middelaar et al., 2013). Met het beleid voor 2014 (tenminste 80% grasland) zal het aandeel bouwland op melkveebedrijven mogelijk zelfs afnemen, waarmee snijmaïs van andere bedrijven betrokken zal moeten worden om een toename van het aandeel snijmaïs t.o.v. gras te realiseren.

In 2009 pasten 13 van de 16 bedrijven beweiding toe, maar in 2010 zijn drie van de bedrijven daarmee gestopt om redenen die niets te maken hebben met de reductiemaatregelen voor broeikasgassen en NH₃ (o.a. bedrijfsgroei, robotefficiëntie, arbeidsbesparing). Op de 10 bedrijven die gedurende de hele periode 2009-2013 hebben beweïd varieerde de beweïding per jaar, maar de totale hoeveelheid is gemiddeld ongeveer gelijk gebleven (in dagen per jaar en in uren per dag).

4.3 Veemanagement

De reductiemaatregelen op het gebied van veemanagement zijn het verhogen van de melkproductie per koe, het verlagen van het aantal stuks jongvee per koe en het verhogen van de gemiddelde leeftijd van de veestapel (duurzame veestapel). Jongvee produceert gasvormige emissies, terwijl daar nog geen productie van melk tegenover staat. Een effectieve reductiemaatregel is dan ook om het aandeel jongvee ten opzichte van de productieve melkkoeien te verlagen, waarmee de gasvormige emissies per liter melk afnemen. Bedrijven die willen groeien en bedrijven die ruimte willen hebben om gericht te selecteren geven echter aan belang te hebben bij een wat hoger jongveeaandeel. Met gericht selecteren kan beter gebruik gemaakt worden van de genetische vooruitgang voor zowel melkproductie als duurzaamheid.

In tabel 4.3 is een overzicht gemaakt van enkele kengetallen van de veestapel. Het betreft een gemiddelde van 15 bedrijven, aangezien één bedrijf de jongveeopfok heeft uitbesteed.

Tabel 4.3: Jongvee aandeel Koeien & Kansen in de periode 2009-2013, excl. Bedrijf 7*

	Jaar				
	2009	2010	2011	2012	2013
<i>Jongvee aandeel per 10 melkkoeien</i>					
Jongvee <1 jaar	3,8	3,5	3,3	3,3	3,5
Jongvee >1 jaar	3,7	3,8	3,6	3,3	3,1
Jongvee totaal	7,5	7,3	6,9	6,6	6,5
Jongvee totaal, excl. Bedrijf 8 [#]	7,6	7,3	6,9	6,8	6,9
<i>Bedrijfsomvang</i>					
Aantal stuks melkvee	120,2	122,3	123,7	127,4	134,5
<i>Productieintensiteit</i>					
Kg FPCM per jaar per koe	8.935	9.223	9.127	9.126	8.996
Kg FPCM per jaar per ha	20.400	20.907	21.153	21.702	21.459

* Gemiddelde van 15 bedrijven, excl. Bedrijf 7 dat jongveeopfok in de gehele periode 2009-2013 heeft uitbesteed.

[#] Bedrijf 8 heeft vanaf 2012 eveneens de jongveeopfok uitbesteed; jaargemiddelden indien zowel Bedrijf 7 als Bedrijf 8 niet worden meegenomen in de berekening van het jongveeaandeel per 10 melkkoeien.

De totale bedrijfsomvang in aantallen melkkoeien is in de periode 2009-2013 wat toegenomen van gemiddeld 120 naar ruim 134 dieren in 2013. Deze toename is representatief voor de landelijke trend; in dezelfde periode is de gemiddelde bedrijfsgrootte van Nederlandse melkveebedrijven toegenomen van 73 naar 83 stuks melkvee (CRV, 2014). Het aantal stuks jongvee wat hier tegenover staat is op de K&K-bedrijven tegelijkertijd afgenomen van 7,5 naar 6,5 stuks per 10 melkkoeien.

De jaarproductie in kg meetmelk *per koe* is daarbij in de afgelopen jaren ongeveer gelijk gebleven rond de 9.000 kg per koe; ook landelijk is het rollend jaargemiddelde in deze periode gelijk gebleven, op een niveau van 8.200 kg per koe (CRV, 2014). De bedrijfsintensiteit (kg meetmelk *per ha*) is wel toegenomen van 20.400 kg naar 21.500 kg per ha.

5 Discussie

5.1 Resultaten K&K

De melkveehouders van K&K-bedrijven zijn er in de periode 2010-2013 in geslaagd om de projectdoelstelling voor broeikasgas- en NH₃ emissie te behalen: in 2013 gemiddeld 30% reductie van de som van de CH₄ + N₂O emissie ten opzichte van het referentiejaar 1990 in combinatie met een NH₃ emissie van 3,2 kg per 1000 kg meetmelk.

Het behalen van deze doelstellingen was niet eenvoudig. Een groot deel van de broeikasgasreductie sinds 1990 was reeds behaald in de periode voor aanvang van het thema 'Gasvormige emissies' binnen K&K. Dat was vooral het resultaat van het ruim 10 jaar structureel sturen op een hoge N efficiëntie in bodem en gewas, met als neveneffect een autonome reductie van de lachgasemissie van bijna 60% (ten opzicht van het Nederlandse gemiddelde in 1990). Ook het structureel sturen op een efficiënte veestapel heeft via een lagere methaanemissie bijgedragen aan de bereikte broeikasgasreductie in K&K. Opgeteld resulteerde dat in 2009 in een gemiddelde broeikasgasreductie van de K&K veehouders van 27% ten opzichte van het Nederlandse gemiddelde in 1990.

5.1.1 Lachgas (N₂O)

De door K&K behaalde broeikasgasreductie in de periode vóór 2009 bestond voornamelijk uit een sterke reductie van de N₂O emissie (-56% ten opzichte van 1990), via het verbeteren van de mineralenefficiëntie en de productie-efficiëntie in bodem en gewas. Met een verwachte maximale reductie van de lachgasemissie van 60-70%, leek een verdere daling in de periode 2009-2013 niet eenvoudig, waarmee "handhaving van de reeds behaalde N₂O emissiereductie" als doelstelling voor 2013 werd gesteld. In de periode 2009-2013 is men er echter toch in geslaagd om de N₂O emissie per 100 kg meetmelk verder te reduceren naar 62% reductie t.o.v. 1990. De emissie per ha is gelijk gebleven, zoals verder uitgewerkt onder paragraaf 5.2 "Neveneffecten", maar door groei en intensivering van de bedrijven (meer melk per ha) is de emissie per 100 kg meetmelk gezakt.

5.1.2 Methaan (CH₄)

De CH₄ emissiereductie was in 2009 ca. 12% ten opzichte van het Nederlandse gemiddelde van 1990. Uitgaande van 56% reductie van de N₂O emissie en 30% reductie voor de som van N₂O en CH₄ (projectdoel), is voor CH₄ een reductie van 14% nodig. Die reductie bleek moeilijk realiseerbaar. De CH₄ emissie schommelde wat in de jaren 2010-2013 maar bleef in 2013 op 13% reductie hangen. Door de gerealiseerde verdere reductie van de N₂O emissie is de reductie van de som van de broeikasgassen N₂O en CH₄ daarmee toch op 30% gekomen. Daarbij moet opgemerkt worden dat het effect van een aantal voer- en managementmaatregelen op de CH₄ emissie mogelijk onvoldoende belicht wordt met de gebruikte rekenmethodiek in BBPR. Deze rekenmethodiek wordt in de komende tijd verbeterd via extra gegevensverzameling in een uitbreiding van de KringloopWijzer met de koolstofkringloopmodule "BEC" (Schröder et al., 2014), aangevuld met onderzoeksresultaten en ervaringen uit het de onderzoeksprogramma's Feed4Foodure en Emissiearm Veevoer. Ook is het effect van diermanagement maatregelen (bv een duurzamere veestapel) niet direct zichtbaar in een relatief korte periode van 4 jaar, zodat het reductie-effect van de CH₄ maatregelen mogelijk wat onderschat wordt.

5.1.3 Ammoniak (NH₃)

Naast de gestelde doelen voor de broeikasgassen N₂O en CH₄, is gewerkt aan een verdere daling van de NH₃ emissie. Dit om na te gaan of sturen op een lage CH₄ emissie kan samengaan met een lage NH₃ emissie. Het ammoniakdoel voor 2013 was voor ieder individueel bedrijf gedefinieerd als 10% reductie ten opzichte van de bedrijfseigen prestaties in 2009. Daarmee zou de gemiddelde emissie van 3,6 kg NH₃ per 1000 kg meetmelk in 2009 dalen naar 3,2 kg NH₃ per 1000 kg meetmelk in 2013. Aanvankelijk bleef de gemiddelde NH₃ emissie gelijk, maar in 2012 en 2013 is een daling gerealiseerd op de zand- en veenbedrijven waardoor de gemiddelde emissie van het project in 2013 inderdaad de 3,2 kg NH₃ per 1000 kg meetmelk heeft bereikt. In totaal zijn 10 bedrijven erin geslaagd in 2013 een lagere ammoniakemissie te bereiken dan in 2009, waarvan 9 bedrijven zelfs meer dan 10% reductie hebben behaald.

Van de 8 bedrijven die in 2009 al erg laag zaten qua NH₃ emissie (<3,2 kg NH₃ per 1000 kg) zijn er 2 verder gedaald, 1 gelijk gebleven en 5 gestegen; van de stijgers zijn er in 2013 uiteindelijk 3 boven het

plafond van 3,2 kg beland. Hieruit blijkt dat het mogelijk is een lage NH₃ emissie te combineren met andere milieudoelen (zoals de reductie van broeikasgassen), maar dat handhaving van een NH₃ emissie van rond de 3,2 kg NH₃ per 1000 kg meetmelk niet eenvoudig is.

5.2 Neveneffecten

De getroffen maatregelen om de gasvormige emissies te verminderen hebben geen negatief effect gehad op de efficiëntie waarmee P en N worden benut door de veestapel. Ook de melkproductie heeft niet geleden onder de genomen maatregelen en is ongeveer gelijk gebleven rond de 9.000 kg meetmelk per koe per jaar. Het aandeel beweiding is vrijwel onveranderd gebleven in de periode 2009-2013. Wel zijn er enkele veranderingen ontstaan in de bedrijfsintensiteit (kg melk per ha) en de jongveeopfok. Dezelfde trends (groeiende bedrijven qua dieren en qua oppervlak, toenemende bedrijfsintensiteit) is ook landelijk terug te zien (CRV, 2014; CBS, 2015).

5.2.1 Intensiveren

De omvang van het bedrijfsareaal (aantal ha per bedrijf) is in de periode 2009-2013 gemiddeld iets toegenomen. De omvang van de veestapel (aantal melkkoeien per bedrijf) is in dezelfde periode wat sneller toegenomen (van gemiddeld 120 naar ruim 134 dieren in 2013), waardoor ook de bedrijfsintensiteit in kg FPCM per ha is toegenomen van 20.400 kg naar 21.500 kg per ha.

Door deze intensivering werd indirect de N₂O emissie per 100 kg meetmelk verder verlaagd. Het gas N₂O ontstaat met name bij bemesting; de gemiddelde N₂O emissie per ha is in de periode 2009-2013 vrij constant gebleven. Doordat er per ha echter meer melk is geproduceerd, is de emissie per 100 kg meetmelk gedaald.

Tegelijkertijd is door de intensivering meer voer aangekocht, waardoor de N₂O emissie uit bemesting van voedergewassen voor een groter deel buiten het melkveebedrijf ligt. Dergelijke afwentelingen naar andere bedrijven worden niet meegenomen in de *on-farm* emissie berekening, maar zijn wel van belang indien gekeken wordt naar de totale footprint.

Ook NH₃ ontstaat voor een deel bij bemesting, maar de daling in de NH₃ emissie in de periode 2009-2013 is niet alleen het resultaat van intensivering. Door aanpassingen in de bemesting (m.n. type kunstmest) is in de periode 2009-2013 de NH₃ emissie uit bemesting afgenomen, zowel totaal als uitgedrukt in emissie per ha.

5.2.2 Jongveeopfok

Eén van de zestien bedrijven had bij aanvang van het thema in 2009 de jongveeopfok reeds uitbesteed (*Bedrijf 7*). Op de andere bedrijven is het aantal stuks jongvee per 10 melkkoeien in de periode 2009-2013 wat gedaald. Bedrijf 8 heeft in 2012 zelfs de stap gemaakt het jongvee uit te besteden. De overige 14 bedrijven zijn door het sturen op de dieraantallen gemiddeld van 7,6 naar 6,9 stuks jongvee per 10 melkkoeien gezakt, een afname van 10%.

Een daling van het jongveeaandeel op een gesloten bedrijf heeft een positief effect op de productie-efficiëntie en is een goede maatregel om ook emissies naar het milieu (per kg melk) te verlagen. De aanwas van nieuwe vaarzen moet wel afgestemd zijn op de uitstroom van de melkveestapel; het is dan ook belangrijk om aan de levensduur van de veestapel te werken, om zo het vervangingspercentage omlaag te krijgen en met minder jongvee toe te kunnen.

Een mogelijk nadelig effect van een lager vervangingspercentage is een verminderde genetische vooruitgang in de koppel. Door gebruik te maken van de genetische vooruitgang in (fokwaarden voor) nutriëntefficiëntie, voerefficiëntie, vruchtbaarheid en gezondheid, kan de vermindering van gasvormige emissies versterkt worden (Hristov et al., 2013a). Een aantal veehouders geeft dan ook aan dat ze liever een klein overschot aan jongvee hebben, om op basis van de prestaties als vaars nog te kunnen selecteren in de koppel. Bovendien kan er door onvoorziene omstandigheden (bijv. een dierziekteuitbraak) plotseling een grotere behoefte zijn aan instroom, waarmee men met een gesloten bedrijf met een krap jongveeaandeel klem komt te zitten.

Het uitbesteden van jongvee geeft een vertekend beeld van de individuele bedrijfsemissie en de bedrijfsefficiëntie. De nutriëntverliezen en emissies die bij de jongveeopfok horen, worden dan toegerekend aan een ander bedrijf, terwijl ze in principe wel bij de bedrijfsvoering horen. Het heeft de

betreffende K&K-melkveehouders dan ook ruimte gegeven om meer melkgevende dieren aan te houden binnen de huidige bedrijfsomvang. Het is echter niet mogelijk om de efficiënties en verliezen van de jongveeopfokbedrijven op een goede manier mee te nemen in de modelberekeningen voor het melkveebedrijf.

5.3 Vertaling naar landelijk niveau

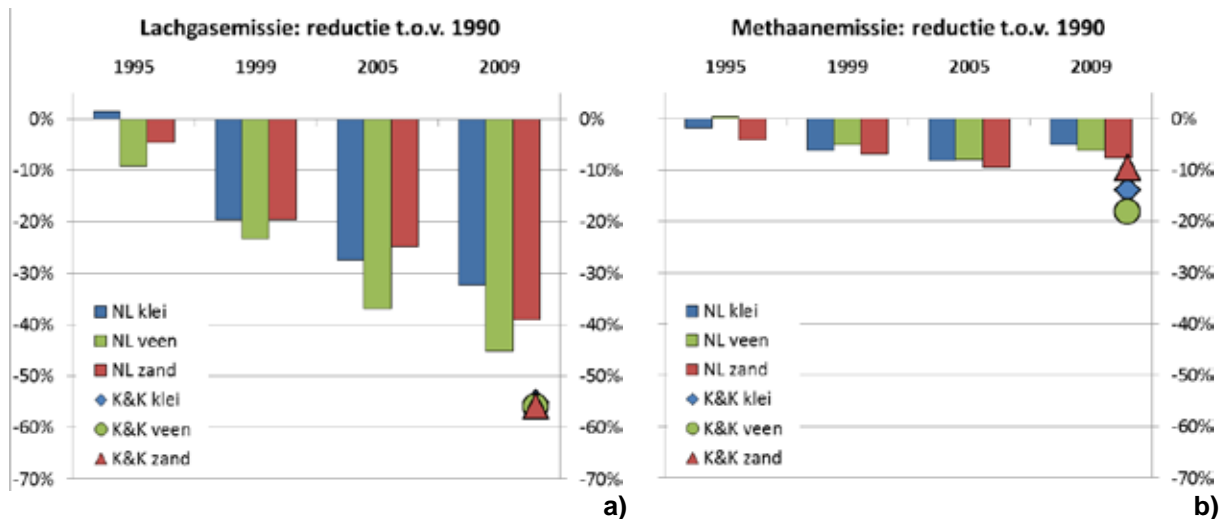
De doelstellingen van het 'Convenant Schone en Zuinige Agrosectoren' (een reductie van 30% van de broeikasgasemissie in 2020) en de verwachte doelen met het oog op een landelijk NH₃ plafond blijken op basis van de ervaringen van de melkveehouders in K&K zeer scherp, zeker wanneer ze uitsluitend met vee- en voermanagementmaatregelen gerealiseerd moet worden. Bovendien kunnen in sommige gevallen maatregelen ter reductie van de CH₄ emissie conflicteren met de N-efficiëntie en de NH₃ emissie (Dijkstra et al., 2011; Ellis et al., 2012).

Op basis van de ervaringen van de melkveehouders binnen K&K blijkt dat het werken aan gasvormige emissies veel vergt van de managementkwaliteiten van de melkveehouder (Šebek et al, 2015). Naast de 'dagelijkse' werkzaamheden heeft de veehouder de complexe taak om niet alleen zijn dieren gezond en productief te houden en de stikstof- en fosfaatefficiëntie te verbeteren, maar ook de NH₃- en broeikasgasemissies te reduceren. Al deze (sub)doelen moeten bovendien economisch en maatschappelijk inpasbaar zijn. Goede ondersteuning met advies op maat en goede monitoringssystemen zijn daarom een voorwaarde voor het oppakken van doelstellingen door de melkveesector.

Het is de voorloperbedrijven van K&K desondanks met veel inzet en moeite gelukt, om de gestelde doelen voor de reductie van gasvormige emissies in 2020 al in 2013 te behalen. Daarbij is gebleken dat omstandigheden zoals het weer en de kwaliteit van de ruwvoeroogst het effect van de toegepaste maatregelen kan beïnvloeden, wat leidt tot schommelingen in de emissies over de jaren. Er is daarom voorzichtigheid geboden bij het doortrekken van de K&K resultaten naar Nederland gemiddeld in 2020. Daar staat tegenover dat de grootste reductie van gasvormige emissies binnen K&K reeds behaald is vóór 2009. Dat gebeurde op basis van een efficiëntieslag in de gewas- en melkproductie met goede bedrijfseconomische resultaten. Dat deel van de broeikasgasreductie moet dus ook voor de gemiddelde Nederlandse melkveehouder aantrekkelijk en haalbaar zijn, waarmee een reductie van ongeveer 25% van de broeikasgasemissie (ten opzichte van 1990) mogelijk moet zijn. Verdere emissiereductie van de broeikasgasemissie gaat meer moeite te kosten, zoals de in dit rapport beschreven resultaten van het project K&K laten zien.

5.3.1 Broeikasgassen

De gemiddelde melkveehouder in Nederland heeft, net als de Koeien & Kansen-bedrijven, reeds een verbetering behaald richting de doelstellingen voor gasvormige emissies in de tijd sinds 1990 zonder dat er bewust op deze emissies gestuurd is. Met name het sturen op de stikstof- en fosfaatbenutting in de voormalige MINAS, het daaropvolgende mestbeleid, en de regelgeving omtrent het uitrijden van (dierlijke) mest, heeft ervoor gezorgd dat de N₂O emissie landelijk al flink is gedaald. Het verloop van de reductie van de broeikasgasemissie op de Nederlandse bedrijven wordt duidelijk aan de hand van de gegevens van de ca. 290 melkveebedrijven van het Bedrijveninformatienet (BIN) van het LEI (Figuur 5.1). Uit figuur 5.1 blijkt dat het gemiddelde Nederlandse melkveebedrijf in de periode 1990-2009 een reductie van 38% van de N₂O emissie en 7% van de CH₄ emissie heeft behaald (Figuur 5.1). De gemiddelde reductie op de K&K-bedrijven was in 2009 met 56% N₂O reductie en 12% CH₄ reductie respectievelijk ongeveer 1,5 en 1,7 zo groot.



Figuur 5.1: Verloop van de emissiereductie op het gemiddelde Nederlandse melkveebedrijf in de periode 1995-2009 ten opzichte van de gemiddelde emissie in 1990, onderverdeeld naar grondsoort (klei, veen, zand) voor lachgas (5.1 a) en methaan (5.1 b).

Wanneer de emissiereducties van de broeikasgassen N_2O en CH_4 worden uitgedrukt in CO_2 equivalenten en worden opgeteld, is in Nederland in 2009 gemiddeld een reductie van 20% behaald ten opzichte van referentiejaar 1990.

Het gemiddelde K&K resultaat kan omgerekend worden naar een gewogen landelijk gemiddelde (Tabel 5.1), op basis van de verdeling van melkveebedrijven over Nederlandse grondsoorten: 53% van de melkveebedrijven is gevestigd op zandgrond, 28% op kleigrond en 19% op veengrond (Aarts et al., 2008).

Tabel 5.1: Behaalde reductie aan broeikasgasemissie t.o.v. referentiejaar 1990 voor de K&K-bedrijven gemiddeld per grondsoort en over het gehele project (n=16), tevens omgerekend naar het landelijk gemiddelde

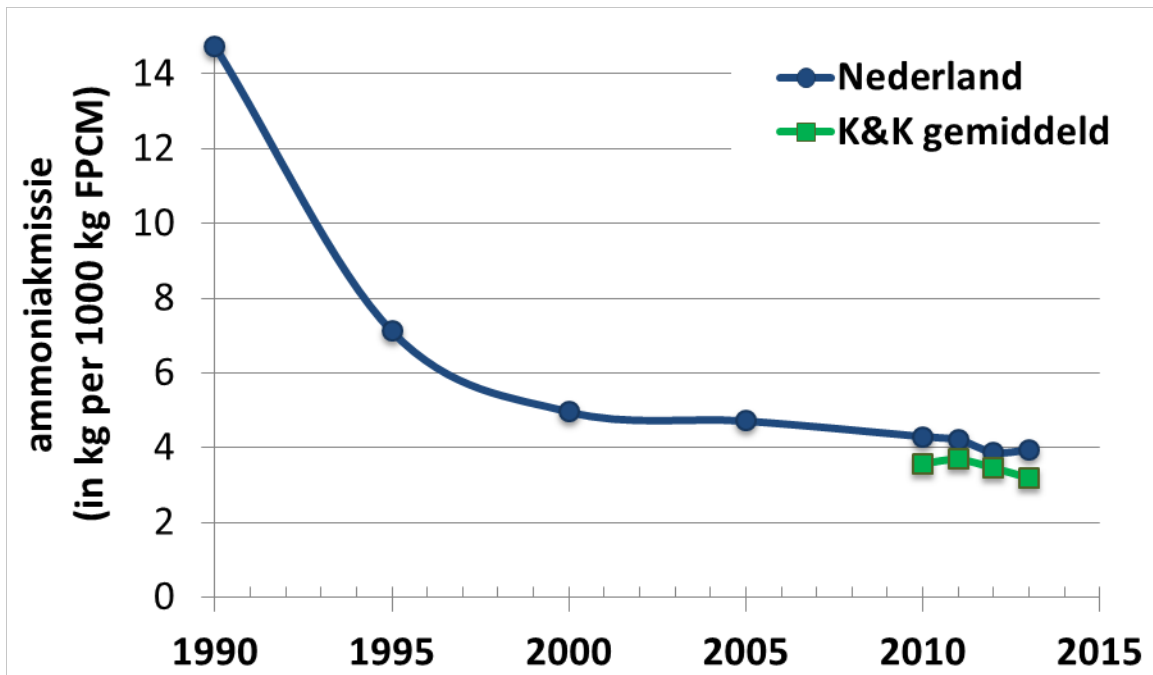
	2009	2010	2011	2012	2013
Zandgrond	-24,5%	-26,5%	-26,3%	-28,2%	-28,0%
Kleigrond	-27,3%	-28,8%	-27,8%	-26,7%	-26,2%
Veengrond	-41,1%	-42,1%	-44,9%	-45,2%	-47,7%
<i>Totaal</i>					
K&K gemiddeld (n=16)	-28,8%	-30,4%	-30,5%	-31,1%	-31,3%
K&K Gewogen naar NL*	-30,0%	-31,6%	-32,1%	-32,8%	-33,3%

*K&K resultaat per grondsoort omgerekend naar landelijke verdeling van melkveebedrijven over grondsoorten in Nederland (gewogen gemiddelde met 53% van de melkveebedrijven op zandgrond, 28% op kleigrond en 19% op veengrond).

Als de emissie op het gemiddelde melkveebedrijf in Nederland in het jaar 2020 daalt tot halverwege het resultaat van de bedrijven in het project Koeien & Kansen in 2013, zal de landelijke emissie verder verbeteren van 20% naar 26% reductie.

5.3.2 Ammoniak

De landelijke ammoniakemissie wordt jaarlijks berekend voor de Nationale Emissieregistratie (www.emissieregistratie.nl; Van Bruggen et al., 2014). Sinds 1990 is de NH_3 emissie uit de melkveehouderij sterk afgenomen naar zo'n 4 kg NH_3 per 1000 kg meetmelk (Figuur 5.2). De binnen K&K gestelde en ook gehaalde doelemissie van 3,2 kg NH_3 per 1000 kg meetmelk is ongeveer 20% lager. Daar kan uit worden afgeleid dat er voor de NH_3 emissie nog een flinke reductiepotentie is voor het gemiddelde Nederlandse melkveebedrijf.



Figuur 5.2: Gemiddelde ammoniakemissie in kg per 1000 kg meetmelk vanuit de melkveehouderij in Nederland (op basis van Van Bruggen et al., 2014) met daarnaast de gemiddelde emissie voor de Koeien & Kansen-bedrijven.

Op basis van de gerealiseerde gemiddelde NH_3 emissie op de K&K-bedrijven (3,19 NH_3 kg per 1000 kg meetmelk in 2013) kan geconcludeerd worden dat de NH_3 doelstelling binnen K&K haalbaar is in combinatie met het sturen op andere gasvormige emissies. Als 50% van de Nederlandse melkveehouders erin slaagt om een vergelijkbare daling van de NH_3 emissie te bereiken in 2020, zal de emissie uit de melkveehouderij dan ca. 3,6 kg NH_3 per 1000 kg meetmelk bedragen. Afhankelijk van de verdere ontwikkelingen in de melkveehouderij en in de andere landbouwsectoren in de komende jaren, wordt de ammoniakemissie daarmee mogelijk beperkend voor bedrijfsuitbreiding om aan het Europees gestelde landelijk emissieplafond te kunnen voldoen.

6 Conclusies

- Het moeten voldoen aan steeds meer milieurandvoorwaarden vraagt veel aandacht en gaat gepaard met een geringe relatieve effectiviteit van maatregelen. Er is een sterke motivatie of prikkel nodig om de melkveehouder in beweging te krijgen.
- Bedrijfsspecifieke omstandigheden zoals het weer en de kwaliteit van de ruwvoeroogst beïnvloeden het effect van de toegepaste maatregelen, wat leidt tot schommelingen in de emissies over de jaren.
- De optimalisatiestappen in o.a. de nutriëntenkringloop die in de jaren 1990-2009 reeds gemaakt waren, hebben op het gemiddelde Nederlandse melkveebedrijf geresulteerd in een autonome reductie van de on-farm broeikasgasemissie van ongeveer 20%.
- De K&K-bedrijven hebben in dezelfde periode een autonome reductie van bijna 29% behaald.
- De projectdoelstelling voor de N₂O emissie was de reeds hoge emissiereductie van 56% ten opzichte van 1990 handhaven. De K&K-bedrijven zijn door verdere optimalisatie van hun bedrijfsvoering erin geslaagd deze reductie zelfs verder te verlagen naar 62% in 2013.
- De CH₄ emissie is iets gedaald maar bleef rond de 13% reductie schommelen. Het bleek lastig om op bedrijfsniveau een sterkere daling in CH₄ te bereiken. Dit hangt mogelijk samen met een aantal beperkende factoren op het bedrijf (zoals bijv. ruwvoer kwaliteit en –aanbod) en wordt verder besproken in K&K rapport 75. Daarnaast is het effect van een aantal voer- en managementmaatregelen mogelijk onvoldoende beloond met de gebruikte rekenmethodiek in BBPR.
- Een verlaging van de NH₃ emissie met gemiddeld 10% in de looptijd 2009-2013 bleek te combineren met de andere milieudoelen, maar de variatie binnen bedrijven duidt erop dat handhaving van een NH₃ emissie rond een dergelijk laag niveau (3,2 kg NH₃ per 1000kg meetmelk) niet eenvoudig is.
- CH₄ reductie via rantsoenmaatregelen heeft in K&K een licht negatief effect gehad op de ammoniakemissie (TAN excretie). Echter, de TAN excretie bevond zich bij aanvang van de onderzoeksperiode al op een bijzonder laag niveau. Daardoor is het niet aannemelijk dat het gemiddelde Nederlandse melkveebedrijf een negatief effect op de ammoniakemissie zal krijgen bij implementatie van CH₄ reducerende voermaatregelen, mits beide emissies worden betrokken in de sturing.
- Ook voor de gemiddelde Nederlandse melkveehouder moet een reductie van ongeveer 25% van de broeikasgasemissie (ten opzichte van 1990) mogelijk zijn, als gekeken wordt naar de autonome reductie binnen K&K; een verdere emissiereductie van de broeikasgasemissie gaat meer moeite te kosten. Als 50% van de Nederlandse melkveehouders er eveneens in slaagt om een aan K&K vergelijkbare daling van de NH₃ emissie te bereiken in 2020, zal de emissie uit de melkveehouderij dan ca. 3,6 kg NH₃ per 1000 kg meetmelk bedragen.

Literatuur

- Aarts, H.F.M., C.H.G. Daatselaar en G. Holshof. 2008. Bemesting, meststofbenutting en opbrengst van productiegrasland en snijmaïs op melkveebedrijven. Wageningen UR Plant Research International, rapport 208.
- CBS, 2015. www.cbs.nl – Statline, Landbouwtellingen. Centraal Bureau voor de Statistiek, Den Haag/Heerlen.
- CRV. 2014. CRV-Jaarstatistieken 2014. CRV BV, Arnhem, februari 2014.
- Dijkstra, J., O. Oenema en A. Bannink. 2011. Dietary strategies to reducing N excretion from cattle: Implications for methane emissions. *Current Opinion in Environmental Sustainability* 3:414-422.
- Ellis, J.L., J. Dijkstra, J. France, A.J. Parsons, G.R. Edwards, S. Rasmussen, E. Kebreab en A. Bannink. 2012. Effect of high-sugar grasses on methane emissions simulated using a dynamic model. *Journal of Dairy Science* 95:272-285.
- Goselink, R.M.A., L.B. Šebek, M.H.A. de Haan en A.G. Evers. 2013. Bedrijfsontwikkeling voor het verminderen van gasvormige emissies op het melkveebedrijf : Koeien & Kansen resultaten 2010-2011. Wageningen UR Livestock Research, Rapport Koeien & Kansen 68.
- Goselink, R.M.A., L.B. Šebek, G.J. Hilhorst, A.G. Evers en M.H.A. de Haan. 2014. Inpassen van maatregelen ter reductie van gasvormige emissies in de bedrijfsvoering van melkveebedrijven: Koeien & Kansen resultaten 2010-2013. Wageningen UR Livestock Research, Rapport Koeien & Kansen 74.
- Hatew, B., S.C. Podesta, H. Van Laar, W.F. Pellikaan, J.L. Ellis, J. Dijkstra, and A. Bannink. 2015. Effects of dietary starch content and rate of fermentation on methane production in lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science* 98:486-499.
- Heeren, J.A.H., S.C. Podesta, B. Hatew, G. Klop, H. Van Laar, A. Bannink, D. Warner, L.H. De Jonge and J. Dijkstra. 2014. Rumen degradation characteristics of ryegrass herbage and ryegrass silage are affected by interactions between stage of maturity and nitrogen fertilisation rate. *Animal Production Science* 54:1263-1267.
- Hristov, A.N., T. Ott, J.M. Tricarico, A. Rotz, G. Waghorn, A.T. Adesogan, J. Dijkstra, F. Montes, J. Oh, E. Kebreab, S.J. Oosting, P.J. Gerber, B. Henderson, H.P.S. Makkar and J.L. Firkins. 2013a. Mitigation of methane and nitrous oxide emissions from animal operations: III. A review of animal management mitigation options. *Journal of Animal Science* 91: 5095-5113.
- Hristov, A.N., J. Oh, J.L. Firkins, J. Dijkstra, E. Kebreab, G. Waghorn, H.P.S. Makkar, A.T. Adesogan, W. Yang, C. Lee, P.J. Gerber, B. Henderson and J.M. Tricarico. 2013b. Mitigation of methane and nitrous oxide emissions from animal operations: I. A review of enteric methane mitigation options. *Journal of Animal Science* 91:5045-5069.
- Onderzoeksprogramma Emissiearm Veevoer voor Herkauwers, <http://www.wageningenur.nl/nl/project/Innovatieprogramma-Emissiearm-Veevoer-voor-Herkauwers.htm>
- Onderzoeksprogramma Feed4Foodure. <http://www.wageningenur.nl/nl/Onderzoek-Resultaten/Projecten/Feed4Foodure.htm>
- Place, S.E. and F.M. Mitloehner. 2010. Invited review: Contemporary environmental issues: a review of the dairy industry's role in climate change and air quality and the potential of mitigation through improved production efficiency. *Journal of Dairy Science* 93:3407-3416.
- Richtlijn 2001/81/EG van het Europees Parlement en de Raad van 23 oktober 2001 inzake nationale emissieplafonds voor bepaalde luchtverontreinigende stoffen.
- Schils, R.L.M., D.A. Oudendag, K.W. van der Hoek, J.A. de Boer, A.G. Evers en M.H. de Haan. 2006. Broeikasgasmodule BBPR. Wageningen UR PraktijkRapport Rundvee 90.
- Schröder, J.J., L.B. Šebek, J.W. Reijs, J. Oenema, R.M.A. Goselink, J.G. Conijn en J. de Boer. 2014. Rekenregels van de Kringloopwijzer – achtergronden van BEX, BEA, BEN, BEP en BEC. Wageningen UR Plant Research International Rapport 553.
- Šebek, L.B., R.M.A. Goselink, A.G. Evers, M. Vrolijk en M.H.A. de Haan. 2015. Minder gasvormige emissies op het melkveebedrijf; Praktijkervaringen met voer- en diermanagement als sturing voor methaan en ammoniak. Wageningen UR Livestock Research, Rapport Koeien & Kansen 75.
- Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M. Tignor and H.L. Miller (eds.). 2007. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, 2007. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- Steinfeld, H., P. Gerber, T. Wassenaar, V. Castel, M. Rosales and C. de Haan. 2006. Livestock's long shadow – Environmental issues and options. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, Italy.

- Van Bruggen, C., A. Bannink, C.M. Groenestein, B.J. de Haan, J.F.M. Huijsmans, H.H. Luesink, S.M. van der Sluis, G.L. Velthof en J. Vonk. 2014. Emissies naar lucht uit de landbouw in 2012. Berekeningen van ammoniak, stikstofdioxide, lachgas, methaan en fijn stof met het model NEMA. Wageningen, WOT Natuur & Milieu, WOt technical report 3. 79 blz.
- Pol, A. van den, H. Blonk, M.A. Dolman, A.G. Evers, M.H.A. de Haan, J.W. Reijs, L.B. Sebek, T.V. Vellinga en H. Wemmenhove. 2013. Kosteneffectiviteit reductiemaatregelen emissie broeikasgassen zuivel. Wageningen UR Livestock Research rapport 725.
- Van Middelaar, C.E., P.B.M. Berentsen, J. Dijkstra and I.J.M. De Boer. 2013. Evaluation of a feeding strategy to reduce greenhouse gas emissions from dairy farming: The level of analysis matters. *Agricultural Systems* 121:9-22
- Van Middelaar, C.E., J. Dijkstra, P.B.M. Berentsen and I.J.M. De Boer. 2014. Cost-effectiveness of feeding strategies to reduce greenhouse gas emissions from dairy farming. *Journal of Dairy Science* 97:2427-2439.

Bijlagen

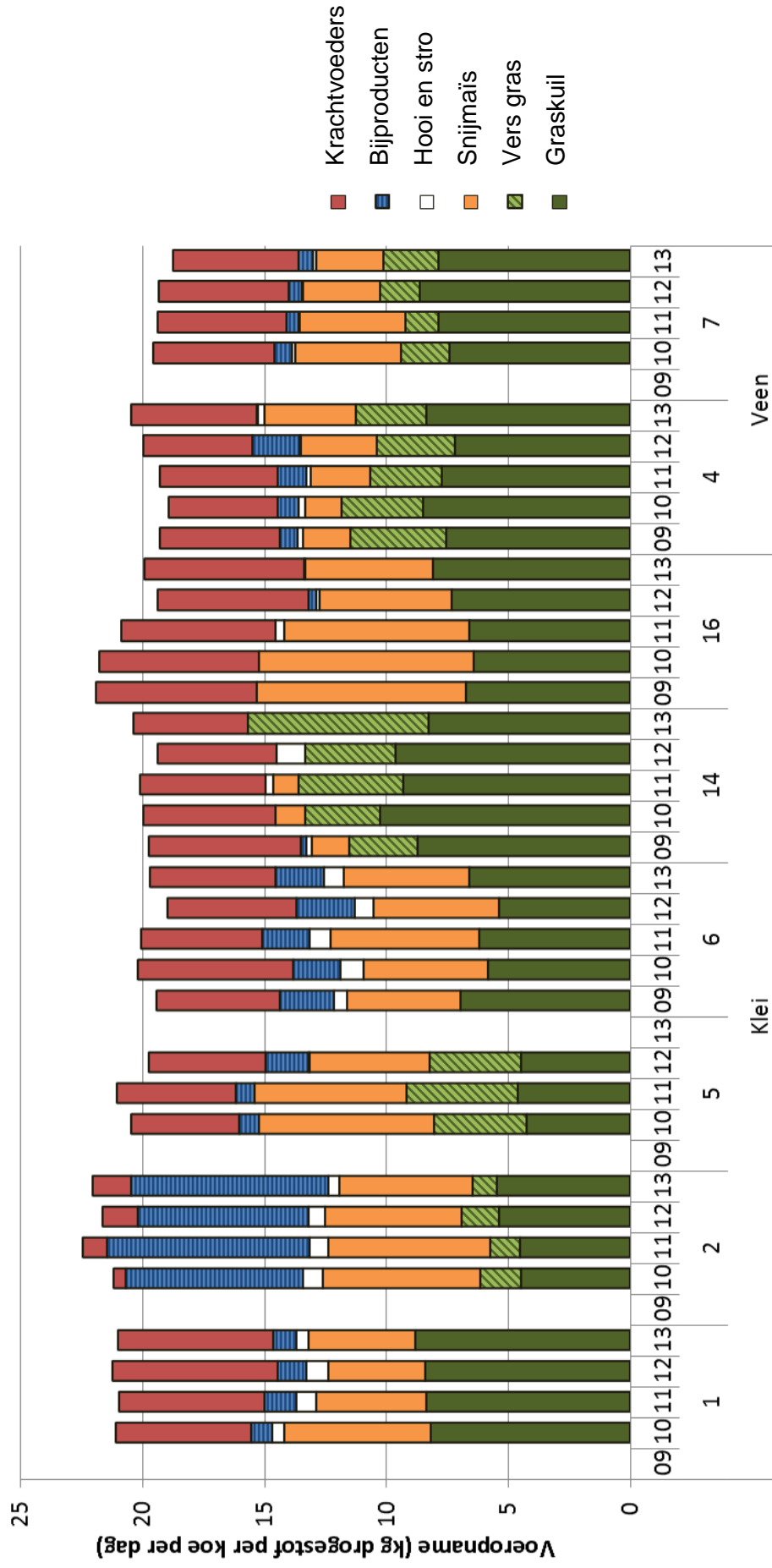
Bijlage 1: Reductiemaatregelen voor gasvormige emissies (CH₄, N₂O en NH₃) vanuit Bedrijfsontwikkelingsplannen (BOP)

Samenvatting toegepaste maatregelen (bedrijfsspecifiek) op de Koeien & Kansen-bedrijven, gebaseerd op de Bedrijfsontwikkelingsplannen (BOP) voor de periode 2010-2013

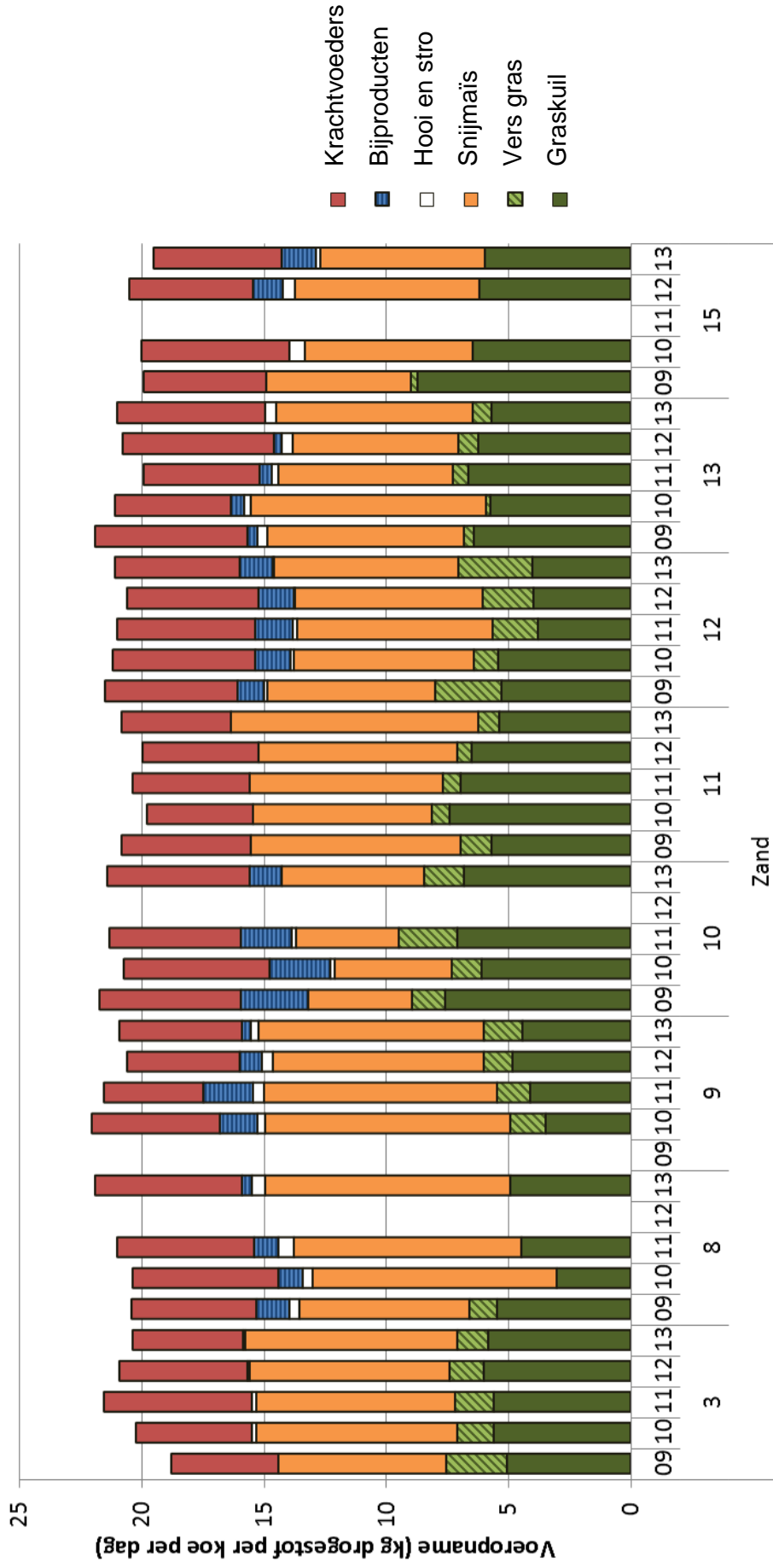
Veehouder	Doel emissiereductie 2013 t.o.v. 2009*			Maatregelen in BOP															
	CH ₄ reductie	N ₂ O reductie	NH ₃ reductie	Methaanarm krachtvoer	Optimaal melkveerantsoen	Optimaal jongveerantsoen	Meer snijmais	Meer maïskolvensilage	Meer bierpostel	Tarwegistconcentraat	GPS telen en voeren	Verbeteren vruchtbaarheid	Minder jongvee aanhouden	Huisvesting verbeteren	Meer melk per koe	Optimaliseren bemesting	Graslandvernieuwing	Minder kunstmest	Mestscheiding
01	6%	Handhaven	10%													X			X
02	9%	12%	10%										X			X	X		X
03	10%	Handhaven	10%												X		X		
04	4%	Handhaven	10%				X												
05	10%	Handhaven	10%																
06	9%	Handhaven	10%		X			X							X	X			X
07	4%	Handhaven	10%				X												
08	9%	Handhaven	10%									X	X			X	X		
09	4%	Handhaven	10%						X				X						
10	9%	6%	10%								X						X		
11	9%	3%	10%			X													
12	9%	Handhaven	10%																
13	9%	Handhaven	10%																
14	4%	Handhaven	10%																
15	4%	Handhaven	10%						X							X			
16	2%	Handhaven	10%									X	X						X

*betreft een absoluut reductiepercentage (vb in 2009 was de reductie tov 1990 10%; dan betekent 2% extra reductie dat gestreefd wordt naar 12% reductie in 2013). Deze doelen zijn de veehouders voorgesteld bij eerste kennismaking met de reductiemaatregelen gasvormige emissies voor gebruik in de bedrijfsontwikkelingsplannen (eind 2010).

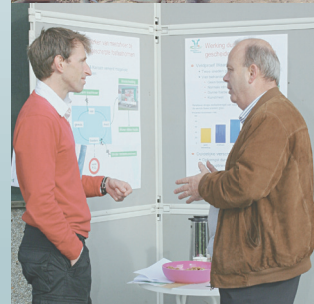
Bijlage 2: Rantsoenen melkgevende dieren per bedrijf in de periode 2009 t/m 2013



NB: Bedrijf 1, 2, 5 en 7 zijn in 2010 gestart met de meetweken en hebben geen gegevens van 2009. Bedrijf 5 had onvoldoende meetweken van 2013 voor de berekening van een gemiddeld rantsoen.



Bedrijf (jaar '09 t/m '13)
 NB: Bedrijf 9 is in 2010 gestart met de meetweken en heeft geen gegevens van 2009. Bedrijven 8 en 10 hebben door omstandigheden geen meetweekgegevens verzameld in 2012; voor bedrijf 15 geldt hetzelfde voor het jaar 2011.



Secretariaat Koeien & Kansen
Postbus 338
6700 AH Wageningen
tel. 0317-480177
info@koeienenkansen.nl
www.koeienenkansen.nl

