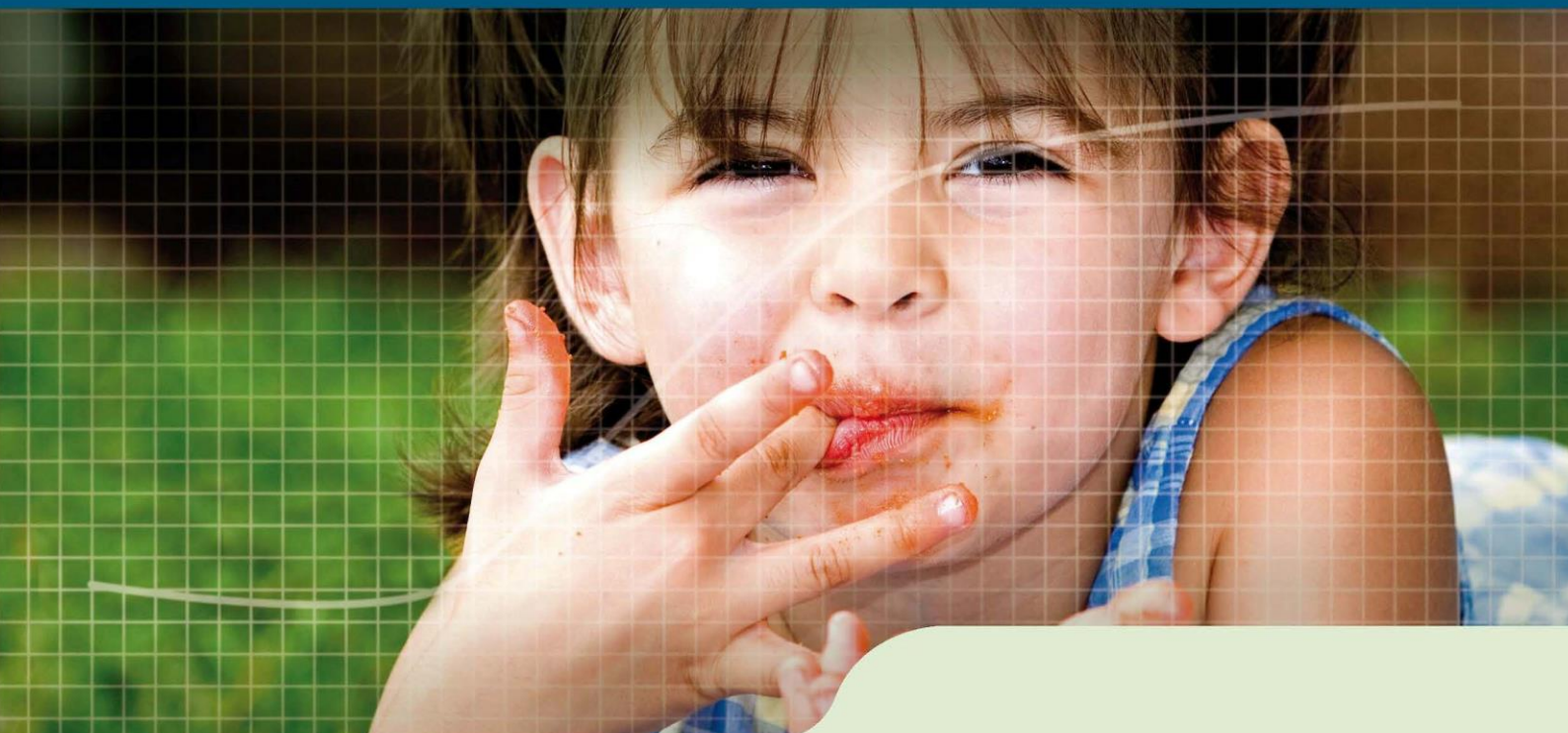


Wageningen UR Livestock Research

Partner in livestock innovations



Rapport 725

Kosteneffectiviteit reductiemaatregelen emissie broeikasgassen zuivel

Augustus 2013



LIVESTOCK RESEARCH
WAGENINGEN UR

Colofon

Uitgever

Wageningen UR Livestock Research
Postbus 65, 8200 AB Lelystad
Telefoon 0320 - 238238
Fax 0320 - 238050
E-mail info.livestockresearch@wur.nl
Internet <http://www.livestockresearch.wur.nl>

Redactie

Communication Services

Copyright

© Wageningen UR Livestock Research, onderdeel van Stichting Dienst Landbouwkundig Onderzoek, 2013

Overname van de inhoud is toegestaan, mits met duidelijke bronvermelding.

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.

Wageningen UR Livestock Research en Central Veterinary Institute, beiden onderdeel van Stichting Dienst Landbouwkundig Onderzoek vormen samen met het Departement Dierwetenschappen van Wageningen University de Animal Sciences Group van Wageningen UR (University & Research centre).

Losse nummers zijn te verkrijgen via de website.



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

Abstract

This report summarises measures for reducing greenhouse gas emissions in the dairy chain. The cost effectiveness of measures on dairy farms is shown.

Keywords

Greenhouse gases, emissions, cost effectiveness, dairy farming

Referaat

ISSN 1570 - 8616

Auteur(s)

Agnes van den Pol-Dasselaar
Hans Blonk, Blonk Consultants
Mark Dolman, LEI Wageningen UR
Aart Evers
Michel de Haan
Joan Reijs, LEI Wageningen UR
Léon Sebek
Theun Vellinga
Harm Wemmenhove

Titel

Kosteneffectiviteit reductiemaatregelen emissie broeikasgassen zuivel

Rapport 725

Samenvatting

Dit rapport geeft een overzicht van maatregelen voor de reductie van broeikasgassen in de zuivelketen. Voor maatregelen op melkveebedrijven wordt de kosteneffectiviteit gegeven.

Trefwoorden

Broeikasgassen, emissie, kosteneffectiviteit, melkveehouderij

Rapport 725

Kosteneffectiviteit reductiemaatregelen emissie broeikasgassen zuivel

Cost effectiveness of measures to reduce greenhouse gas emissions in the dairy sector

Agnes van den Pol-Dasselaar
Hans Blonk, Blonk Consultants
Mark Dolman, LEI Wageningen UR
Aart Evers
Michel de Haan
Joan Reijs, LEI Wageningen UR
Léon Sebek
Theun Vellinga
Harm Wemmenhove

Augustus 2013

Voorwoord

Voor u ligt het rapport dat tot stand gekomen is in het kader van het project 'Kosteneffectiviteit reductiemaatregelen emissie broeikasgassen zuivel'. Ik heb met genoegen bij kunnen dragen aan de offerte voor dit project waarin de vraag voorlag om de werkgroep 'extensieve dierlijke sectoren' van het convenant Schone en Zuinige Agrosectoren inzicht te geven in de mogelijkheden voor verbreding van de aanpak voor de reductie van broeikasgassen in de zuivelketen. Inzicht heeft dan betrekking op concrete maatregelen en de daarbij te verwachten effecten in reductie van broeikasgassen en de (laagste) kosten. Tijdens de uitvoering zijn energiebesparing, energieproductie en reductie van broeikasgassen verkend via de transitiepaden dier, bemesting, gewas en bodem, veevoeding, energie, bedrijf.

Het is fijn om te zien dat een enthousiast en professioneel team van Wageningen UR Livestock Research, Blonk Consultants en LEI Wageningen UR het werk in een korte tijd heeft weten uit te voeren. Dit kon ook dankzij een actieve participatie van de werkgroep 'extensieve dierlijke sectoren' waarin NZO, LTO, Ministerie van Economische Zaken, Friesland Campina en Agentschap NL vertegenwoordigd zijn. Tijdens een workshop op 22 april 2013 is deze groep aangevuld met experts en betrokkenen. Erwin Koenen (CRV), Henry Voogd (Partico), Hink Perdok (Cargill Animal Nutrition), Jan Borgman (veehouder), Bertus Menkveld, (veehouder, Koeien & Kansen), Frank Post (veehouder, Koeien & Kansen), Jan van Bergen (Min Infrastructuur en Milieu), Egbert Anne Andringa (LTO Noord Projecten), Arnoud Smit (LTO Noord Projecten), Menno Douma (LTO Noord), Mathieu Dumont (Agentschap NL), Jeanet Brandsma (LTO) en Mona van Spijk (NZO) wil ik daarvoor dank zeggen.

Het onderzoek is financieel mogelijk gemaakt door Agentschap NL en de Europese Unie. The research leading to these results has been conducted as part of the AnimalChange project which received funding from the European Community's Seventh Framework Programme (FP7/ 2007-2013) under the grant agreement n° 266018.

De samenwerking in uitvoering en financiering en betrokkenheid van mensen geeft aan dat de resultaten van dit rapport een (inter)nationaal belang dienen. Het blijft belangrijk om scherp te blijven op mogelijkheden om de emissiereductie vanuit de melkveehouderij te beperken. Ik vertrouw erop dat dit rapport daar in belangrijke mate aan bij kan dragen.

Met vriendelijke groeten,

Dr.ir. C. (Kees) Lokhorst
Afdelingshoofd Veehouderijsystemen

Samenvatting

De Nederlandse landbouw heeft te maken met emissies van de broeikasgassen kooldioxide (CO₂), methaan (CH₄) en lachgas (N₂O). De melkveehouderij draagt daar in belangrijke mate aan bij. Doel van dit onderzoek is inzicht te geven in de kosteneffectiviteit van maatregelen voor de reductie van broeikasgassen in de zuivelketen.

In dit rapport is op drie niveaus naar broeikasgasemissies gekeken: bedrijfsniveau, sectorniveau en ketenniveau. Bedrijfsniveau refereert aan het primaire melkveebedrijf. Sectorniveau refereert aan alle bedrijven die melk produceren in Nederland. Ketenniveau refereert aan de hele productieketen van zuivel, dus inclusief toeleverende en verwerkende industrie.

Deze studie geeft een overzicht van de huidige stand van zaken. Door nieuwe wet- en regelgeving of door veranderende prijsverhoudingen kunnen de kosten en daarmee de effectiviteit van bepaalde maatregelen veranderen.

Op bedrijfsniveau is een kosten/baten analyse gedaan van maatregelen voor reductie van emissie van broeikasgassen. Hierbij is geput uit beschikbare onderzoeken en expertise van de projectteamleden. Er zijn een behoorlijk aantal maatregelen in de bedrijfsvoering om broeikasgasemissies op bedrijfsniveau te reduceren. Sommige kosten geld, andere leveren geld op. Die laatste liggen voor de hand om te nemen. Soms gebeurt dit autonoom (betere benutting meststoffen, hogere melkproductie per koe), maar vaak zijn er bedrijfsspecifieke 'bezwaren' als onzekerheid om de kosteneffectieve maatregelen te nemen (minder jongvee, klaver in het grasland, zwaarder maaien).

Ongeveer twee derde van de emissies in de zuivelketen vindt plaats op melkveebedrijven. De maatregelen op individuele melkveebedrijven zijn opgeschaald naar sectorniveau. De opschaling van bedrijfs- naar sectorniveau is met een Marginal Abatement Cost Curve (MACC) gevisualiseerd. Hierdoor is snel inzichtelijk welke maatregelen geld kosten en welke maatregelen geld opleveren evenals het effect van die maatregelen op de broeikasgasreductie. Er is naar schatting (expert judgement) een emissiereductie van 1-2 Mton CO₂-equivalenten haalbaar door maatregelen op melkveebedrijven. Als alleen gekeken wordt naar kosteneffectieve maatregelen kan ongeveer 40% van deze emissiereductie gerealiseerd worden. Ongeveer 90% van de maatregelen kan worden uitgevoerd met relatief beperkte kosten.

De overige een derde van de emissies vindt buiten het bedrijf in de rest van de zuivelketen plaats. De potentiële reductie in de toeleverende industrie ligt naar schatting in de orde van grootte van 1 Mton CO₂-equivalenten en de potentiële reductie in de verwerkende industrie (Energie neutrale Zuivelketen) ligt in de orde van grootte van 2 Mton CO₂-equivalenten.

Door combinaties van maatregelen te maken (in het bedrijf én in de rest van de zuivelketen) is een duidelijke reductie in broeikasgasemissies te behalen. Er is echter ook een duidelijke beweging de andere kant op door de afschaffing van het melkquotum in 2015. Als gevolg hiervan wordt een groei in productievolume verwacht (meer melk), waardoor de emissie van broeikasgassen uit de melkveehouderij juist weer kan toenemen. Om ook dan tot emissiereducties te komen, zijn extra maatregelen nodig. Productie van energie op sector- en/of ketenniveau is een goede optie.

Het is mogelijk om een pakket met effectieve maatregelen te identificeren. De prioritering van deze maatregelen wordt wel bepaald door de criteria die gevolgd worden. Naast CO₂-reductie en kosteneffectiviteit zijn met name de inschatting van het belang van neveneffecten, toepasbaarheid en barrières van invloed op de prioritering. Met een eenvoudig voorbeeldpakket kan een aanzienlijke reductie worden behaald. Het pakket is echter maar een voorbeeld en kan naar gelang de weging van criteria bestaan uit andere of uit meer maatregelen en zal dan ook een ander totaal effect hebben. Een succesvolle uitvoering van mitigatiemaatregelen is gebaat bij een samenwerking tussen alle betrokken partijen: boeren, industrie (aanleverend en verwerkend), overheid en kennisinstellingen.

Summary

Dutch agriculture causes emissions of the greenhouse gases carbon dioxide (CO₂), methane (CH₄) and nitrous oxide (N₂O). Dairy farming makes a substantial contribution to these emissions. The aim of this study is to provide insight into the cost-effectiveness of measures for reducing greenhouse gas emissions in the dairy chain.

This report examines greenhouse gas emissions at three levels: the farm level, sector level and chain level. The farm level refers to the individual dairy farm (primary production). The sector level refers to all farms that produce milk in the Netherlands. The chain level refers to the entire dairy production chain, therefore including the supply and processing sectors.

This study provides an overview of the current situation. Due to new legislation or changing price relationships, the costs and associated effectiveness of certain measures can change.

At the farm level, a cost/benefit analysis has been conducted on measures for reducing greenhouse gas emissions. This analysis made use of available studies and the expertise of the project team members. When it comes to operational management in particular, there are many possible measures to reduce greenhouse gas emissions on the farm level. Some of these measures cost money, while others save money. Obviously, the latter measures are most appealing. These measures are sometimes implemented autonomously (improved utilisation of fertilisers, higher milk production per cow), but often there are farm-specific 'objections' like uncertainty on the overall effect of implementation (fewer young animals, sowing clover in the pasture, mowing more heavily).

Approximately two-thirds of the emissions in the dairy chain occur on dairy farms. The measures on individual dairy farms have been scaled up to the sector level. This was visualised with a Marginal Abatement Cost Curve (MACC), which provides rapid insight into measures that cost money, measures that save money and the effect of these measures on greenhouse gas reduction. According to estimates (expert judgement), an emission reduction of 1-2 Mton CO₂ equivalents is possible by taking measures on dairy farms. If only the cost-effective measures are considered, approximately 40% of this emission reduction can be realised. About 90% of the measures can be implemented for relatively limited costs.

The other one-third of the emissions occurs outside the farm in the remainder of the dairy chain. The potential reduction in the supply sector is estimated to be in the range of 1 Mton CO₂ equivalents, and the potential reduction in the processing sector (Energy-neutral Dairy Chain) is in the range of 2 Mton CO₂ equivalents.

Through combinations of measures on the farm and in the rest of the dairy chain, a clear reduction in greenhouse gas emissions can be attained. However, there is also a clear movement towards higher emissions caused by the abolition of the milk quota in 2015. As a result of this abolition, growth in production volume (more milk) is expected, which can cause emissions of greenhouse gases from dairy farms to actually increase. To achieve emission reductions under these circumstances, additional measures are needed. Production of energy at the sector and/or chain level may be the way forward.

It is possible to identify a package of effective measures. However, the prioritisation of these measures is determined by the criteria used. Besides CO₂ reduction and cost-effectiveness, this prioritisation is particularly affected by the estimated importance of side effects, applicability and barriers. With a simple package of example measures, a substantial reduction can be achieved. However, this package is only an example and can consist of more or different measures depending on how the criteria are weighted. The resulting package will therefore have a totally different effect. Successful implementation of mitigation measures benefits from cooperation between all stakeholders: farmers, industry (supply and processing sectors), government agencies, universities and research institutes.

Inhoudsopgave

Voorwoord

Samenvatting

Summary

1	Inleiding	1
2	Systeemaafbakening	3
3	Maatregelen op bedrijfsniveau	6
	3.1 Aanpak	6
	3.2 Resultaten	6
	3.3 Conclusies.....	17
4	Opschaling naar sectorniveau.....	18
	4.1 Aanpak	18
	4.2 Resultaten	20
	4.3 Conclusies.....	23
5	Maatregelen in de rest van de keten	24
	5.1 Toeleverende industrie.....	24
	5.2 Verwerkende industrie	25
	5.3 Conclusies.....	27
6	Een voorbeeldpakket van maatregelen	29
	6.1 Prioritering van maatregelen	29
	6.2 Samenstelling van een effectief voorbeeldpakket van maatregelen	30
	6.3 Conclusies.....	30
7	Verkenning overwegingen bij het toepassen van maatregelen	31
	7.1 De maatregelen in een bredere context plaatsen.....	31
	7.2 Conclusies.....	33

Literatuur

Bijlagen

1 Inleiding

Aanleiding

De Nederlandse landbouw draagt voor ongeveer tien procent bij aan de uitstoot van de broeikasgassen kooldioxide (CO₂), methaan (CH₄) en lachgas (N₂O). De zuivel heeft hierin het grootste aandeel. Belangrijkste emissies zijn:

- methaan uit de pens van rundvee en opgeslagen mest;
- lachgas dat vrijkomt uit de bodem bij bemesting;
- CO₂ door energiegebruik op melkveehouderijbedrijven en in de zuivelindustrie, en CO₂ en N₂O in de veevoer- en kunstmestindustrie.

Voor de melkveehouderij zijn ambitieuze doelstellingen geformuleerd voor klimaat & energie in het Convenant Schone en Zuinige Agrosectoren: 30 % reductie van broeikasgassen in 2020 ten opzichte van 1990. In de melkveehouderij is de uitstoot van broeikasgassen de afgelopen jaren al met circa 20% afgenomen sinds 1990. Dit is het gevolg van mestbeleid, melkquotering en efficiëntere bedrijfsvoering. Ook in de keten zijn er verschillende ontwikkelingen geweest. Kunstmestfabrikanten bijvoorbeeld hebben de lachgasemissie sterk teruggedrongen.

De Duurzame Zuivelketen (LTO/NZO) richt zich met het initiatief van de Energieneutrale zuivelketen op een 100% energieneutrale zuivelketen in 2020 met klimaatneutrale groei.

Binnen het Convenant Schone en Zuinige Agrosectoren is een werkgroep 'extensieve dierlijke sectoren' actief, die zich richt op de grondgebonden veehouderij, waaronder de melkveehouderij. De werkgroep wilde inzicht hebben in mogelijkheden voor verbreding van de aanpak voor reductie van broeikasgassen. Daartoe wilde de werkgroep in beeld krijgen welke concrete reductiemaatregelen er in de totale zuivelketen mogelijk zijn. De centrale vraag was welke maatregelen het grootste effect hebben en de laagste kosten met zich meebrengen. In de gehele keten gaat het dan naast energiebesparing en energieproductie ook om de reductie van broeikasgassen op onderdelen van het melkveebedrijf, zoals bemesting en veevoeding. Deze zijn beschreven in het Jaarwerkprogramma voor extensieve dierlijke sectoren. Achterliggend doel van de studie voor de partners in het Agroconvenant is het halen van de klimaatdoelstellingen door daar in de keten te investeren in maatregelen waar dat het meest oplevert tegen zo laag mogelijke kosten.

Doelstelling

Doel van het onderzoek is inzicht geven in de kosteneffectiviteit van maatregelen voor de reductie van broeikasgassen in de zuivelketen. Dit gebeurt via een kosten/baten analyse van maatregelen om op een kostenefficiënte manier de emissie van broeikasgassen te reduceren in de zuivelketen. De resultaten moeten bruikbaar zijn voor verdere sturing en vormgeving van de reductie van broeikasgasemissies.

Werkwijze

In dit rapport wordt op drie niveaus naar broeikasgasemissies gekeken: bedrijfsniveau, sectorniveau en ketenniveau. *Bedrijfsniveau refereert aan een primair melkveebedrijf. Sectorniveau refereert aan alle bedrijven die melk produceren in Nederland. Ketenniveau refereert aan de hele productieketen van zuivel.*

In het project is op basis van beschikbare data en informatie een kosten/baten analyse gedaan van maatregelen voor reductie van emissie van broeikasgassen op melkveebedrijven. Hierbij is geput uit al beschikbare onderzoeken en expertise van de projectteamleden. Gegevens zijn op een rij gezet en indien nodig geactualiseerd. Belangrijke aandachtspunten waren:

- Het belang om de effecten en kosten/baten zo goed mogelijk te kwantificeren in CO₂-equivalenten en in euro's. Basis daarvoor zijn benaderingen op bedrijfsniveau per onderdeel van het bedrijf. Resultaat is een overzicht van de kosteneffectiviteit per maatregel in jaarlijkse kosten (of baten) (in euro's per jaar) / jaarlijkse emissiereductie (in ton CO₂-equivalenten per jaar).
- Mogelijke neveneffecten om de afwenteling naar andere duurzaamheidssterreinen in beeld te hebben en zo veel mogelijk te voorkomen.

Voor het individuele melkveebedrijf zijn de maatregelen gerangschikt op basis van kosteneffectiviteit en CO₂-reductie. Opschaling van het individuele melkveebedrijf naar sectorniveau vraagt inzicht in de brede toepasbaarheid van iedere maatregel en kennis over de mate waarin maatregelen al zijn toegepast. Kwantitatieve informatie hierover is niet aanwezig, ook is er geen objectieve methode voor inschatting beschikbaar. Expert judgement is een bruikbaar alternatief om in te schatten welke maatregelen waar en in welke mate kunnen worden toegepast. Hiermee kunnen maatregelen, die op het primaire bedrijf in te voeren zijn, op sectorniveau worden gerangschikt op basis van kosteneffectiviteit en CO₂-reductie. Vervolgens zijn belangrijke maatregelen in de toeleverende en verwerkende industrie beschreven (ketenniveau). Het betreft dan vooral de deelsectoren veevoedingsindustrie, kunstmestindustrie en de zuivelbedrijven. De detailhandel en consument zijn niet meegenomen. Voor de toeleverende en verwerkende industrie zijn geen nieuwe berekeningen of analyses uitgevoerd. Het effect van maatregelen is ingeschat aan de hand van beschikbare informatiebronnen.

Er is een workshop georganiseerd samen met de werkgroep 'extensieve dierlijke sectoren', bedrijfslevenvertegenwoordigers en andere experts om maatregelen op bedrijfsniveau te bespreken en op sector- en ketenniveau te inventariseren en om maatregelen te prioriteren. Tijdens de prioritering bij de workshop is niet alleen gekeken naar kosteneffectiviteit en CO₂-reductie, maar zijn ook de neveneffecten en barrières voor invoering bij de overweging betrokken. Daarnaast zijn ook eventuele knelpunten rond verwachtingen bij beleidsmaatregelen geïnventariseerd. Dit heeft geholpen om zowel economische, praktische, technische als sociale afwegingen mee te nemen bij het inschatten van de toepasbaarheid van de maatregelen.

Om te laten zien hoe maatregelen op bedrijfsniveau doorwerken in beleid, handel en maatschappij is tenslotte een beperkt aantal maatregelen verder doordacht in de vorm van te verwachten knelpunten vanuit praktijk, beleid, handhaving, administratieve lasten, maatschappij, kennis, onderwijs en internationale ontwikkelingen. Ook is een voorbeeldpakket van maatregelen uitgewerkt.

Leeswijzer

Hoofdstuk 2 richt zich op systeemafbakening, wat helpt om onderscheid te maken tussen bedrijfs-, sector- en ketenniveau. In dit hoofdstuk wordt ook inzicht gegeven in het referentie emissieniveau. Hoofdstuk 3 bespreekt maatregelen op bedrijfsniveau. Hoofdstuk 4 beschrijft de toepasbaarheid en het potentiële effect van de maatregelen op bedrijfsniveau voor de Nederlandse melkveehouderij als geheel (sectorniveau). Hoofdstuk 5 richt zich op de rest van de keten, in het bijzonder de toeleverende en verwerkende industrie. Hoofdstuk 6 geeft verdere overwegingen bij het toepassen van maatregelen en in hoofdstuk 7 tenslotte wordt een voorbeeldpakket van maatregelen uitgewerkt. Elk hoofdstuk eindigt met conclusies.

2 Systemafbakening

Het melkveebedrijf is onderdeel van een gehele productieketen, de zuivelketen. De melk wordt op het bedrijf geproduceerd, maar er worden ook allerlei grondstoffen aangevoerd op het bedrijf, zoals kunstmest, krachtvoer, soms ook ruwvoer, brandstof en elektriciteit voor machines en verlichting. De geproduceerde melk wordt voor het overgrote deel verwerkt in de zuivelindustrie tot onder meer consumenten producten. De broeikasgasemissies die in deze gehele productieketen ontstaan en die toegerekend kunnen worden aan de productie van melk, kunnen met een LevensCyclus analyse (LCA) in beeld worden gebracht. Bij een LCA worden dus ook broeikasgasemissies berekend die niet op het melkveebedrijf zelf plaatsvinden. In de analyses in dit rapport worden die emissies buiten het bedrijf wel beschouwd als emissies van de melkveehouderijsector. Bij een LCA hoort altijd een duidelijke begrenzing van het geanalyseerde systeem. In veel uitgevoerde LCA's is dat een zogenoemde "cradle-to-farm gate", wat betekent dat alle emissies van stappen die voorafgaan aan de productie van melk worden meegenomen tot en met de productie van de melk zelf. De analyse stopt dan bij het moment dat de melk het bedrijf verlaat. In enkele gevallen wordt ook de verwerking in de analyse betrokken tot aan de afzet bij de retail (dus een "cradle-to-retail" LCA).

Als Nederland de broeikasgasemissies rapporteert aan het Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) in haar jaarlijkse National Inventory Report (NIR, Van der Maas *et al.*, 2011), wordt echter een andere indeling gehanteerd. In de NIR worden alleen de emissies van lachgas en methaan op het landbouwbedrijf bij de landbouwsector gerekend. Emissies van door de landbouw gebruikte diesel en elektriciteit horen bij de energiesector (zie Tabel 1). Emissies van producten uit het buitenland die in Nederland worden gebruikt, worden helemaal niet meegenomen in de NIR. De afspraken over beperking van de emissies op het niveau van landen (het Kyoto protocol) hebben betrekking op de emissie rapportages van de NIR. Dit betekent dus dat Nederland als land wordt afgerekend op slechts een deel van de emissies die volgens een ketenbenadering bij de productie en verwerking van melk zouden horen én dat die emissies ondergebracht zijn in verschillende categorieën.

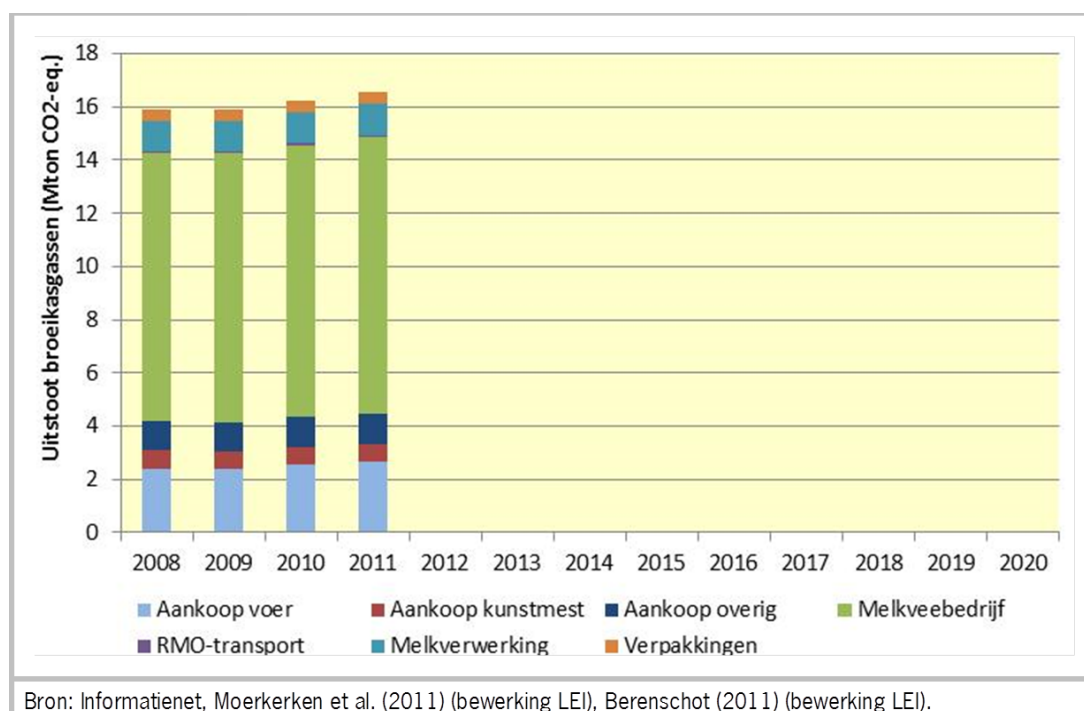
In de analyse in dit rapport staat de zuivelketen centraal. Er worden dus ketenanalyses (LCA's) gebruikt om de emissies in te schatten en om maatregelen te benoemen die de broeikasgasemissies van melk kunnen verlagen. Het kan dan soms het geval zijn dat een echte verlaging van de emissies op ketenniveau niet leidt tot een verlaging van de geregistreerde landbouwemissies of van de totale Nederlandse emissies volgens de NIR-methode. Het broeikasgas beleid kent in feite twee typen benaderingen; een nationale benadering, waar emissies zijn toebedeeld volgens de NIR en een ketengerichte benadering, waar emissies worden toebedeeld volgens de Life Cycle Analyse. De afspraken van het Convenant Schone en Zuinige Agrosectoren horen bij een ketengerichte benadering.

Bij een ketenbenadering kunnen er in de gehele keten maatregelen worden genomen. De hoofdaandacht in dit rapport gaat uit naar maatregelen op het melkveebedrijf. Die worden zoveel mogelijk kwantitatief in beeld gebracht (kosten en CO₂-reductie), zowel op bedrijfsniveau als op sectorniveau (alle melkveebedrijven bij elkaar). De maatregelen die de rest van de keten (vooral veevoer, kunstmestindustrie, zuivelindustrie) kan nemen, worden kwalitatief beschreven en de potentiële CO₂-reductie wordt gekwantificeerd.

Tabel 1. Systeemafbakening bij ketenanalyses (LCA) en de NIR-methode.

Broeikasgas	Bron/activiteit	Onderdeel van LCA		Onderdeel van Nederlandse monitoring broeikasgassen	Buiten Nederland
		In aanvoerketen (ca. 28% van broeikaseffect)	Op bedrijf (ca. 72% van broeikaseffect)		
N ₂ O	Kunstmestproductie	X		1. Energy 2. Industrial processes	1. Energy 2. Industrial processes
	Teelt van aangekocht voer	X		4. Agriculture	
	Kunstmestaanwending		X	4. Agriculture	
	Mestopslag		X	4. Agriculture	
	Mestaanwending		X	4. Agriculture	
	Gwasresten		X	4. Agriculture	
	Oxidatie van veengronden		X	4. Agriculture	
	Pensfermentatie		X	4. Agriculture	
	Mestopslag		X	4. Agriculture	
	Teelt van aangekocht voer	X			1. Energy 2. Industrial processes 5. Land use change and forestry
CO ₂	Kunstmestproductie	X		1. Energy 2. Industrial processes	1. Energy 2. Industrial processes
	Teelt van aangekocht voer	X		1. Energy	1. Energy 5. Land use change and forestry
	Verwerking van aangekocht voer	X		1. Energy 2. Industrial processes	1. Energy 2. Industrial processes
	Transport van aangekocht voer	X		1. Energy	1. Energy
	Mestbehandeling en aanwending		X	1. Energy	1. Energy
	Elektriciteitsverbruik op het melkveebedrijf (melken en koeling, verlichting)	X		1. Energy	1. Energy
	Brandstoffen voor mechanisatie, stal en voerproductie	X		1. Energy	1. Energy
	Oxidatie van veengronden		X	5. Land use change and forestry	

Ruim een kwart van alle emissies in de zuivelketen vindt plaats voor de poort van het melkveebedrijf, bij de productie van aangekochte grondstoffen en productiemiddelen (bv. voer en kunstmest). Ruim 60% van de emissies vindt plaats op het melkveebedrijf en de resterende ruim 10% is het gevolg van activiteiten bij de zuivelverwerkers (RMO, verwerking en verpakking (Figuur 1) (Reijs *et al.*, 2013). Deze getallen zijn berekend op basis van een cradle-to-retail levenscyclus analyse (LCA) met de kg geleverde melk als functionele eenheid. De keuzes die een melkveehouder maakt in zijn bedrijfsvoering zijn daarmee zeer belangrijk voor de totale broeikasgasemissies in de zuivelketen. Naast maatregelen op niveau van het melkveebedrijf, zijn er ook broeikasgasreductie mogelijkheden door in collectief (meerdere melkveebedrijven) maatregelen te nemen, of juist specifiek maatregelen in de eerdere (toeleverende industrie) of latere schakels van de zuivelketen (verwerkende industrie).



Figuur 1. De broeikasgasemissie uit de zuivelketen (melkveehouderij en zuivelverwerking) in Megaton CO₂-equivalenten voor de jaren 2008 tot en met 2011 (Reijs *et al.*, 2013).

De informatie uit Figuur 1 wordt verderop in dit rapport gebruikt om het reductiepotentieel voor de hele keten inzichtelijk te maken. Voor 2011 is de informatie uit Figuur 1 ook kwantitatief weergegeven in Tabel 2. De omrekening van nationaal niveau naar emissies per kg melk is berekend met behulp van de geleverde hoeveelheid melk in 2011 (11,64 miljoen ton) op basis van PZ statistieken (Productschap Zuivel, 2012).

Tabel 2. De broeikasgasemissie uit de zuivelketen (inclusief toeleverende en verwerkende industrie) in Megaton CO₂-equivalenten en kg CO₂ per kg geleverde melk voor 2011 (Reijs *et al.*, 2013).

	Totaal (Mton CO ₂ -eq)	CO ₂ -eq. per kg melk
Aankoop voer	2,65	0,23
Aankoop kunstmest	0,65	0,06
Aankoop overig	1,16	0,10
Melkveebedrijf	10,43	0,90
RMO	0,07	0,01
Melkverwerking	1,16	0,10
Verpakking	0,44	0,04
Totaal	16,55	1,42

3 Maatregelen op bedrijfsniveau

3.1 Aanpak

In hoofdstuk 2 bleek dat het overgrote deel van de broeikasgasemissies bij de productie van melk op het melkveehouderijbedrijf zelf plaatsvindt. Het is daarom logisch om op dat niveau te zoeken naar maatregelen om de emissies te verminderen.

Van de afgelopen 10 jaar zijn zowel wetenschappelijke literatuur (peer reviewed), rapporten, als relevante uitgevoerde berekeningen bij de samenwerkende partijen gescand op maatregelen voor emissiereductie (CO₂, CH₄ en N₂O) in de melkveehouderij. Daarnaast is wat er in de eerste maanden van 2013 nog beschikbaar kwam uit lopend onderzoek meegenomen. Onder andere is kennis meegenomen van actuele (maar nog niet gerapporteerde) berekeningen van de projecten Koeien & Kansen en Dairyman. Door deze werkwijze is de meest recente en actuele kennis gebruikt.

In de afgelopen jaren zijn veel onderzoeken uitgevoerd op bedrijfsniveau naar mitigatiemaatregelen voor broeikasgassen, zowel nationaal als internationaal. Via het EU-project AnimalChange is bijvoorbeeld een kwalitatief overzicht van mitigatie en adaptatiemaatregelen beschikbaar (Van den Pol-van Dasselaar, 2012). In veel Nederlandse studies zijn de effecten gekwantificeerd en is de kosteneffectiviteit berekend (Schils *et al.*, 2006, Vellinga *et al.*, 2011, Blonk *et al.*, 2009, Goselink *et al.*, 2013). Dit zijn gegevens van individuele bedrijven uit diverse projecten zoals Koeien en Kansen, Klimaat en Koeien, Noordelijke Friese Wouden en bedrijven in Overijssel ('kop in het zand'). Veel berekeningen zijn uitgevoerd met het model BBPR (in het Engels DairyWise) (Schils *et al.*, 2007). BBPR is één van de weinige modellen die zowel inzicht geven in de broeikasgasemissies als de economie. Met BBPR is daarom een kostenbatenanalyse te maken waarin de kosten per gereduceerde eenheid CO₂-equivalenten wordt aangegeven.

Per geïdentificeerde, perspectiefvolle maatregel is gekeken naar de grootte van de reductie, de kosten (of opbrengsten) van de reductie, de relatie met het bedrijfssysteem, de grondsoort en andere kenmerken, welke investeringen nodig zijn en welke afwenteling op kan treden. Voor een aantal maatregelen zijn in het kader van dit project de berekeningen met BBPR geactualiseerd. Het gaat hierbij met name om melkproductieverhoging, een 500 kg ds zwaardere maaisnede en het gebruik van een trekker met minder vermogen. Alle beschrijvingen zijn samengebracht in een systematisch overzicht: een matrix waarin alle gegevens over kosteneffectiviteit en afwenteling zijn verzameld.

Deze studie geeft een overzicht van de huidige stand van zaken. Door nieuwe wet- en regelgeving of door veranderende prijsverhoudingen kunnen de kosten en daarmee de effectiviteit van bepaalde maatregelen veranderen.

3.2 Resultaten

Dit hoofdstuk geeft de maatregelen op bedrijfsniveau overzichtelijk weer in een matrix (zie tabellen volgende pagina's) en een korte toelichting per afzonderlijke maatregel (na weergave van de tabellen). In de tabellen staat een overzicht van beschikbare maatregelen en een kwantitatieve weergave van emissiereductie en kosteneffectiviteit. De tabellen geven inzicht in mogelijke afwenteling. Ook de toepasbaarheid van maatregelen en barrières worden weergegeven. In de tabellen staan uitsluitend maatregelen die leiden tot een daling van de totale broeikasgasemissies.

Per maatregel worden de volgende aspecten samengevat in Tabel 3:

- De emissiereductie per kg melk: inschatting van de maatregel op totale broeikasgasemissies (CH₄, N₂O en CO₂ gezamenlijk) (in kg CO₂-eq). Een negatief getal geeft aan dat de CO₂-uitstoot door de maatregel wordt verlaagd (verbetering). Bij de maatregelen waar kwantificatie niet mogelijk was, geeft op dezelfde wijze een "-" aan dat de maatregel positief uitwerkt en daardoor de uitstoot verlaagt.
- Kosteneffectiviteit: inkomensverandering per 1000 kg CO₂-reductie. Bij de kosteneffectiviteit geeft een positief getal aan dat de maatregel geld oplevert; een negatief getal geeft aan dat de maatregel leidt tot inkomensdaling. Wanneer het inkomenseffect klein is, dan is niet zoveel te

zeggen over de kosteneffectiviteit, immers bij een kleine wijziging van de omstandigheden of prijzen kan het economisch effect van de maatregel net zo makkelijk omslaan van positief naar negatief (of andersom).

- Afwenteling: treedt er afwenteling op, of zijn er mogelijk extra voordelen?
- Toepasbaarheid: hoe moeilijk of eenvoudig is dit toe te passen voor een individuele veehouder? (beoordeeld als 'eenvoudig', 'gemiddeld' of 'moeilijk').
- Barrières: wat houdt een veehouder tegen? (zowel qua technologie als sociaal).

In bijlage 1 staat per maatregel aanvullende informatie over de emissies van CH₄, N₂O en CO₂ afzonderlijk, het ingeschatte inkomenseffect (in euro per 100 kg melk) en de benodigde investeringen (hierbij zijn relevante afschrijvingstermijnen gebruikt om de investering om te rekenen naar jaarlijkse kosten).

Tabel 3. Beschikbare maatregelen voor vermindering van broeikasgasemissies (in kg CO₂-equivalenten per kg melk) op het melkveebedrijf, kwantitatieve weergave van reductie en kosteneffectiviteit, kwalitatieve weergave van afwenteling en/of extra voordelen, toepasbaarheid en eventuele barrières. De maatregelen zijn onderverdeeld in maatregelen op het gebied van a) dier, b) bemesting, c) gewas en bodem, d) voer, e) energie en f) bedrijf.

a) Dier

Maatregel	CO ₂ -tot (effect kg CO ₂ / kg melk	Kosteneffectiviteit (inkomen (€) / 1000 kg CO ₂ reductie)	Afwenteling / extra voordelen	Toepasbaarheid	Barrières (technologisch, sociaal)	Bron ¹⁾
Dier:						
+ 500 kg melk/koe (van 8100 naar 8600) door betere benutting ruwvoer met zelfde aantal koeien (zelfde stal, zelfde krachtvoer/koe, meer melk afleveren, geen quotumkosten)	-0.038	+326		Moeilijk	Omslag in denken bij de veehouder Vraagt veel van het management	2
+ 500 kg melk/koe (van 8100 naar 8600) door betere benutting ruwvoer, minder koeien (zelfde hvh krachtvoer, zelfde stal, zelfde melklevering)	-0.033	+229	Minder nutriëntenverliezen	Moeilijk	Omslag in denken bij de veehouder Vraagt veel van het management Boer wil niet minder koeien houden	2
1 stuks minder jongvee/10 melkkoeien (van 8 naar 7)	-0.019	+279	Langere levensduur koeien	Gemiddeld	Omslag in denken bij de veehouder Groei minder makkelijk Vraagt wat van management	1

¹⁾ 1=Goselink *et al.*, 2013; 2=aanvullende berekeningen met BBPR

500 kg meer melk per koe bij zelfde krachtvoergift en gelijkblijvend aantal koeien.

Door verbetering van de ruwvoerbenuiting (o.a. door management en fokkerij) wordt de melkproductie per koe verhoogd met 500 kg melk. De krachtvoergift per koe blijft gelijk. Het gaat dus vooral om verbeteren van de voerefficiëntie. Bij deze maatregel is gerekend met een gelijkblijvend aantal koeien. Door het gelijkblijvende aantal koeien neemt de melklevering van het bedrijf toe. Omdat in de toekomst het melkquotum vervalt zijn voor de extra productierechten geen kosten ingerekend.

500 kg meer melk per koe bij zelfde krachtvoergift en gelijkblijvend quotum

Deze maatregel lijkt op de vorige. Bij deze maatregel gaat het ook vooral om verbeteren van de voerefficiëntie. Door verbetering van de ruwvoerbenuiting (o.a. door management en fokkerij) wordt de melkproductie per koe verhoogd met 500 kg melk (van 8100 naar 8600 kg melk). De krachtvoergift per koe blijft gelijk. Bij deze maatregel is echter gerekend met een gelijkblijvende melkproductie op het bedrijf en een bijbehorende afname van het aantal koeien. Bij een gelijkblijvende melkproductie op het bedrijf en een verhoogde melkproductie per koe zijn immers minder koeien nodig. Er is gerekend met gelijkblijvende kosten voor huisvesting. Het effect (per kg melk) is vrijwel hetzelfde als bij de vorige maatregel.

1 stuks jongvee per 10 melkkoeien minder

Door een beter diermanagement (o.a. betere vruchtbaarheid, betere tochtigheidscontrole, beter management) wordt de levensduur van de melkkoeien vergroot. Hierdoor is minder vervanging van vee nodig en kan de jongveebezetting worden verminderd met 1 stuks jongvee per 10 melkkoeien. Er is gerekend met een afname van 8 naar 7 stuks jongvee per 10 melkkoeien. Op bedrijfsniveau leidt dit tot aanzienlijke emissiereductie; mogelijk vindt echter afwenteling naar elders in de keten plaats.

b) Bemesting

Vooraf: De effecten van de maatregelen zijn berekend met BBPR. BBPR rekent altijd met een nauwkeurige bemesting, zonder verspilling, welke optimaal is voor de gegeven grondsoort en het gemiddelde weer. Dit is vaak efficiënter dan in de praktijk. Er kan echter in de praktijk nog efficiëntere bemesting worden gerealiseerd, zoals door veehouders binnen Koeien & Kansen is aangetoond. In die gevallen zullen bemestingsmaatregelen positiever uitpakken.

Maatregel	CO ₂ -tot (effect kg CO ₂ / kg melk	Kosteneffectiviteit (inkomen (€) / 1000 kg CO ₂ reductie)	Afwenteling / extra voordelen	Toepasbaarheid	Barrières (technologisch, sociaal)	Bron ¹⁾
Bemesting:						
50 kg kunstmest N/ha grasland minder strooien	-0.031	-51	Lagere grasopbrengst per jaar	eenvoudig	Zorg om te weinig gras	4,5
Mestscheiding toepassen	-0.019	-142	Betere nutriënt use efficiency	gemiddeld	Investering	9
2 maanden meer mestopslag en uitrijden tot 1 juli	-0.008	-417	Minder nutriëntenverliezen	eenvoudig	Investering	5
Voorjaarsmeststof toepassen	-0.006	-107		eenvoudig		3
Geen mest uitrijden na 1 augustus	-0.006	+9		eenvoudig	Zorg om te weinig opslagcapaciteit	5

¹⁾ 3=Schils *et al.*, 2006; 4=Roertert, 2009; 5=Vellinga *et al.*, 2009; 9=Verloop *et al.*, 2013

Minder kunstmest strooien

De kunstmestgift wordt in deze variant met 50 kg N/ha verminderd. Hierdoor neemt de ruwvoerproductie af en moet meer voer (maiskuil) worden aangekocht.

Mestscheiding toepassen

Op een bedrijf met ongeveer 1 miljoen kg melk wordt het grootste gedeelte van de mest gescheiden met een vijzelpers, ook wel schroefpersfilter genoemd, zodat het bedrijf minder dierlijke mest in de vorm van dikke fractie hoeft af te voeren en kunstmest bespaart. Dat komt omdat de stikstof in dunne fractie beter benut kan worden. Wanneer de dikke fractie als boxstrooisel kan worden ingezet, is mest scheiden economisch aantrekkelijker. Bij de resultaten in de tabel is dikke fractie niet als boxstrooisel gebruikt. De effecten van het gebruik van boxstrooisel op economie en milieu zijn nog niet voldoende onderzocht.

Meer mestopslag en kortere periode van mest uitrijden

De mestopslag wordt met 30% (ongeveer 2 maanden) uitgebreid en alle drijfmest wordt uitgereden in de periode tussen half februari en half juli. In de periode van half juli tot september wordt geen drijfmest uitgereden.

Voorjaarsmeststof toepassen

In deze variant wordt in het voorjaar een nitraatkunstmeststof (kalkammonsalpeter) vervangen door een ammonium houdende kunstmeststof. Hierbij is risico op verhoogde ammoniakemissie.

Kortere periode van mest uitrijden

Dierlijke mest wordt niet meer uitgereden na 1 augustus. Uitgangspunt van deze maatregel is dat deze geen gevolgen heeft voor de mestopslag.

c) Gewas en bodem

Maatregel	CO ₂ -tot (effect kg CO ₂ / kg melk	Kosteneffectiviteit (inkomen (€) / 1000 kg CO ₂ reductie)	Afwenteling / extra voordelen	Toepasbaarheid	Barrières (technologisch, sociaal)	Bron ¹⁾
Gewas en bodem						
10% herinzaai minder toepassen	-0.020	+348	Meer onkruid	gemiddeld	Zorg over te weinig grasgroei	4
Van 10% naar 20% mais in het bouwplan	-0.014	+14	Minder organische stof in de bodem, minder N-excretie minder NH ₃	Meestal eenvoudig	"Lage" percelen, soms oogstrisico Landschappelijke bezwaren	5
Mais vervangen door MKS/CCM (10% grond), dit als krachtvoervanger	-0.012	+43		Eenvoudig	Niet bekend met teelt	1
500 kg ds/ha zwaardere maaisnede	-0.006	+748	Minder arbeid door minder sneden	eenvoudig	Zorg over slecht weer bij maaien	2
Doorzaai i.p.v. herinzaai	-0.006	+183	Hogere grasopbrengst per jaar	gemiddeld	Onzekerheid over slagingskans	4,5
10% areaal GPS voor jongvee ipv gras	-0.005	+61	Meer onkruid	Eenvoudig	Niet bekend met teelt	1
Onderwaterdrains veengrond	-		Langer beweidingseizoen Minder last van natte en droge + perioden	gemiddeld	Investering	6
Grasklaver toepassen			Meer nitraatuitspoeling	gemiddeld	Vraagt veel van het management	2,8

¹⁾ 1=Goselink et al., 2013; 2=aanvullende berekeningen met BBPR; 4=Roetert, 2009; 5=Vellinga et al., 2009; 6=Van den Pol-van Dasselaar et al., 2011; 8=Schils, 2002

Minder of geen herinzaai

Jaarijks wordt normaliter een deel van het grasland vernieuwd middels herinzaai (ongeveer 10 tot 15% van het areaal). In deze variant vindt herinzaai niet of nauwelijks meer plaats door het herinzaaipercentage te verminderen met 10% zodat er jaarijks nog 0-5% van het grasareaal vernieuwd wordt.

Meer maïs telen

Uitbreiding van het maïsareaal van 10% naar 20% van het totale grondoppervlak. Door deze uitbreiding neemt het maïsareaal in het rantsoen toe en het graskuilaandeel af. De uitbreiding van het maïsareaal blijft binnen de derogatiegrenzen (minimaal 70% van het grondareaal moet uit grasland bestaan). De toepassing is enigszins beperkt, omdat veel bedrijven die hun maïsareaal kunnen uitbreiden, dat al hebben gedaan. Als voor uitbreiding van het maïsareaal grasland gescheurd wordt, is er eenmalig veel verlies aan organische stof en extra broeikasgasemissies.

Maïs vervangen door MKS of CCM

Op 10% van het grondareaal waar eerst snijmaïs op werd geteeld, wordt nu maïskolvenschroot (MKS) of CornCobMix (CCM) geteeld. Deze voedermiddelen worden als krachtvoervervanger gevoerd. Het loof wordt niet als voedermiddel benut, maar blijft achter op het land of wordt afgevoerd als stro.

Zwaardere maaisneden

In deze variant wordt het grasland bij een zwaardere snede gemaaid. Gemiddeld over het jaar gebeurt dit bij een snedewaarde van ongeveer 2800 kg ds/ha (in het voorjaar wat zwaarder en in het najaar wat lichter). Bij deze variant ligt de gemiddelde snedewaarde rond de 3300 kg ds/ha. Door de zwaardere maaisneden is maaien en inkuilen minder vaak nodig. De grasopbrengst per jaar neemt toe. Er is ook effect op het rantsoen van het vee: het eiwitgehalte en de energie-inhoud van ruwvoer nemen beide iets af.

Doorzaai in plaats van herinzaai

In deze variant vindt graslandvernieuwing (jaarlijks 10%) niet meer plaats door grasland dood te spuiten, om te ploegen en opnieuw in te zaaien, maar door het gras door te zaaien in de bestaande zode. Grondbewerking en ploegen blijven achterwege, de kosten voor gewasbescherming blijven gelijk.

Deel grasland vervangen door GPS en dit aan jongvee voeren.

10% van het grondareaal waar eerst gras op werd geteeld wordt omgezet in gehele plantsilage van graan (GPS). Dit product wordt aan het jongvee gevoerd als vervanging van graskuil. Het aandeel voedergrassen blijft in deze variant lager dan 30% van het totale grondoppervlakte, zodat aan de derogatienorm wordt voldaan. Door scheuren van grasland treedt wel eenmalig verlies aan organische stof op en extra broeikasgasemissies uit de bodem.

Onderwaterdrains veengrond

Drainagebuizen in de veengrond aanleggen onder het slootpeil zodat versnelde watertoevoer van sloot naar bodem mogelijk is en het grondwaterpeil in drogere omstandigheden minder ver zakt.

Grasklaver toepassen

Bij extensieve omstandigheden en een vrij laag bemestingsniveau is het mogelijk om grasland zonder klaver te vervangen door grasland met een mengsel van gras en witte klaver (witte klaver is ook geschikt voor weiden). Omdat klaver stikstof uit de lucht bindt, is een lagere aanvoer van kunstmest nodig. Bij een te hoge kunstmestgift bindt klaver nauwelijks kunstmest meer uit de lucht en heeft het moeite zich te handhaven tussen het snel groeiende gras. Als klaver als vervanger van de kunstmeststikstof dient, is er enige kans op hogere nitraatuitspoeling bij zeer hoge klavergehalten in het grasland (Schils, 2002). Door het toepassen van grasklaver dalen de berekende broeikasgasemissies. N-binding door klaver wordt door de IPCC niet als emissie gezien en bovendien valt het energiegebruik voor N-productie weg. Nadeel is wel de wat lagere productie, waardoor je wat meer land nodig hebt. De teelt van grasklaver vraagt meer van het management dan de teelt van klaver zonder gras. De effecten van gras-klaver mengsels zijn nog niet gekwantificeerd.

d) Voer

Maatregel	CO2-tot (effect kg CO2/ kg melk	Kosteneffectiviteit (inkomen (€) / 1000 kg CO2 reductie)	Afwenteling / extra voordelen	Toepasbaarheid	Barrières (technologisch, sociaal)	Bron ¹⁾
Voer:						
2,5 kg krachtvoer vervangen door graan of CCM	-0.056	-14		eenvoudig		4,5
820 kg krachtvoer/koe vervangen door 500 kg Nutex/koe	-0.051	-165		gemiddeld	Gezondheidsrisico's vee	5
Nitraat voeren	-0.048	-107	Meer stikstof op bedrijf, oplossen via eiwitarmere krachtvoer	experimenteel	Nog experimenteel, Onzekerheid bij veehouder over gezondheid koe	10
Methaan-arm krachtvoer voeren zodat methaanemissie uit krachtvoer met 5% daalt	-0.035	+0		eenvoudig	Niet bij alle voerfirma's verkrijgbaar.	1
2 kg ds bijproducten/koe/dag bijvoeren	-0.009	+89		eenvoudig	Beschikbaarheid bijproducten Vaak aanpassingen rantsoen nodig op basis van beschikbaarheid	1,5
1,5 kg ds tarwegistconcentraat/koe/dag	-0.003	+1434		eenvoudig	Geen constante aanvoer Hoge P aanvoer Effect op kaaskwaliteit	1,5
10% lager RE-gehalte krachtvoer, zelfde prijs krachtvoer	-0.003	+167		eenvoudig	Niet altijd voor zelfde prijs Onbekendheid Angst voor productiedaling	4,5
Vet in krachtvoer		?	Diergezondheid/dierenwelzijn	eenvoudig	Diergezondheid	7
Additieven		-	Diergezondheid/dierenwelzijn - Maatschappelijke onrust	eenvoudig	Weerstand vanuit maatschappij Nog onzekerheid over kosten en effect	7

¹⁾ 1=Goselink *et al.*, 2013; 4=Roetert, 2009; 5=Vellinga *et al.*, 2009; 7=Kuikman *et al.*, 2004; 10=Hristov *et al.*, 2013

Krachtvoer vervangen door aangekochte krachtvoervervangers

2,5 kg krachtvoer per koe per dag wordt vervangen door aangekocht graan of CCM. In deze variant worden de krachtvoervervanger niet zelf geteeld en verandert het bouwplan niet.

Krachtvoer vervangen door Nutex

820 kg krachtvoer per koe vervangen door 500 kg Nutex per koe. De melkproductie en melkprijs veranderen bij deze variant niet. Bij teveel Nutex voeren bestaat de kans op pensverzuring.

Additieven - nitraat

Toevoegen van additieven aan rantsoen, zoals nitraat. De afgelopen tijd zijn veel additieven getest met het oogpunt van verminderen van broeikasgasemissies. Ondanks de grote onzekerheid mbt de effecten op dier- en bedrijfsniveau zijn de verwachtingen hoog. Tot op heden blijkt echter alleen de toevoeging van nitraat aan het rantsoen effectief om broeikasgasemissies te reduceren (Hristov *et al.*, 2013a). Voor andere additieven is het effect nog hoogst onzeker. De kosteneffectiviteit van nitraat zal afhangen van de stikstofhuishouding op het bedrijf. Dit is deels bedrijfsafhankelijk (mestoverschot). In de toekomst kan de eventuele erkenning van verwerkingsproducten ook een rol gaan spelen.

Methaan-arm krachtvoer voeren

Krachtvoer op het bedrijf aanvoeren van een andere samenstelling zodat de methaanemissie uit krachtvoer vermindert met 5%. Op basis van praktijkervaringen is berekend dat er tot een vermindering van 5% geen extra kosten aan zijn verbonden. Het gaat hier uitsluitend om een andere samenstelling van het krachtvoer, gebaseerd op "normale" componenten van krachtvoer. Er worden geen additieven toegevoegd.

Extra bijproducten voeren

Het rantsoen aanvullen met 2 kg ds per koe per dag via bijproducten. Deze bijproducten kunnen o.a. bierbostel, aardappelvezels of perspulp zijn. De bijproducten worden aangekocht en niet zelf geteeld. Deze bijproducten vervangen daarbij andere voedermiddelen.

Tarwegistconcentraat voeren

1,5 kg ds per koe per dag tarwegistconcentraat voeren. Dit product wordt gevoerd als krachtvoervervanger in natte vorm. Om deze te kunnen voeren moet het bedrijf een aparte opslag aanschaffen. De markt is wat grillig voor beschikbaarheid van tarwegistconcentraat. Sommige verwerkers vrezen negatieve invloed op kaaskwaliteit.

Lager RE-gehalte van krachtvoer

Krachtvoer op het bedrijf aanvoeren van een andere samenstelling zodat het gemiddelde ruw-eiwitgehalte met ongeveer 15 g RE (10%) afneemt. Uitgangspunt hierbij is dat de krachtvoerprijs gelijk blijft.

Vet in krachtvoer

Vet toevoegen aan rantsoen zal de CH₄-emissie onderdrukken; dit blijkt onder meer uit een recente wereldwijde review (Hristov *et al.*, 2013b). Bij veel vetten toevoegen aan het rantsoen (meer dan 6%) bestaat de kans op pensverzuring en daarmee een risico voor diergezondheid.

Additieven anders dan nitraat

Toevoegen van additieven aan rantsoen. De afgelopen tijd zijn veel additieven getest met het oogpunt van verminderen van broeikasgasemissies. Ondanks de grote onzekerheid mbt de effecten op dier- en bedrijfsniveau zijn de verwachtingen hoog. Voor additieven anders dan nitraat is het effect nog hoogst onzeker.

e) Energie

Maatregel	CO2-tot (effect kg CO2/ kg melk)	Kosteneffectiviteit (inkomen (€) / 1000 kg CO2 reductie)	Afwenteling / extra voordelen	Toepasbaarheid	Barrières (technologisch, sociaal)	Bron ¹⁾
Energie:						
Co-vergisting toepassen	-0.132	-866	Mogelijke concurrentie met veevoer	Moelijk	Investering Onzeker rendement Niet mogelijk op veel bedrijven Vraagt veel van het management	3
Zonne-energie	-0.029	+203		Eenvoudig	Meer mestafzet Investering	6
Wind-energie	-0.029	+323	Effect op landschap	Moelijk	Investering Niet overal mogelijk Vergunningen	6
Trekker 65 kw ipv 85 kw bij zelf maaien, harken, schudden, ploegen en bemesten.	-0.010	+836		Eenvoudig	Trekkers met lage capaciteit niet altijd beschikbaar	2
Inkullen in loonwerk	-0.007	+200		Eenvoudig	Nieuwe kopen niet altijd zinvol	4,5
Warmteterugwinning	-0.002	+192		Eenvoudig		5
Voorcoeler gebruiken					Investering Niet mogelijk op veel bedrijven Vraagt veel van het management	6
Mestvergisting	-			Moelijk		

1) 2=aanvullende berekeningen met BBPR; 3=Schils *et al.*, 2006; 4=Roetert, 2009; 5=Vellinga *et al.*, 2009; 6=Van den Pol-van Dasselaar *et al.*, 2011 en aanvullende berekeningen. NB bij co-vergisting, zonne-energie en windenergie is uitgegaan van 100% saldering van het energieverbruik op het melkveebedrijf.

Co-vergisting toepassen

Co-vergisting levert een reductie van methaanemissie op vanuit de mestopslag. Bij berekening is uitgegaan van drijfmest aangevuld met snijmais (50%). Middels een warmte kracht koppeling (WKK) wordt het biogas omgezet in elektriciteit. Toepassen van co-vergisting brengt een forse investering met zich mee. Investerings zijn nodig voor een vooropslag, een vergister, een WKK, een voerinbrengsysteem, extra voeropslag voor mais en de nodige aanpassingen aan het lichtnet om energie te kunnen terug leveren. Om een goed rendement te halen, moet de vergister dagelijks "nauwkeurig gevoed" worden, dit vraagt een aanzienlijke inzet van management. Het economisch rendement wordt ook beïnvloed door stroomtarieven en eventuele subsidie. Er is ook de nodige afwenteling door transport van de co-producten. Door het vergistingsproces wordt ca. 50% organische stikstof omgezet in minerale stikstof. Hierdoor neemt de werkingscoëfficiënt toe (van 50 naar 63% bij zodebemesting op grasland). Voor de wet wordt digestaat ook gezien als drijfmest.

Alternatieve energie (zon, wind)

Alternatieve energiebronnen kunnen een optie zijn. Momenteel zijn er veel ontwikkelingen in met name zonne- en windenergie.

Trekker

Als geïnvesteerd moet worden in een nieuwe trekker, is (voor zover praktisch uitvoerbaar) het kiezen van een trekker die past bij de te verrichten werkzaamheden goed voor het verlagen van de broeikasgasemissies en goed voor de portemonnee. Daarbij past ook zuinig rijden (het "nieuwe rijden").

Warmteterugwinning

Naast voorverkoeling kan ook de warmte die vrijkomt bij het koelen van melk worden benut voor de productie van warm water. Het rendement wordt bepaald door de hoeveelheid warm water die men verbruikt. Hoe meer warm water men kan benutten, hoe hoger het rendement. In de berekening is geen rekening gehouden met privé gebruik. Het economisch rendement wordt mede bepaald door de energiebron. Bij aardgas is het rendement vrijwel nihil, bij elektriciteit kan het voordeel oplopen tot een paar duizend euro, afhankelijk van de grootte van het bedrijf.

Voorverkoeling

Veel (directe) energie wordt gebruikt rondom het melken, en de melkverkoeling. Energiebesparing kan door voorverkoeling; hierbij wordt melk met water gekoeld voordat het in de melkkoeltank komt. Meestal kan hier bronwater voor worden gebruikt. In een enkel geval is de kwaliteit van bronwater onvoldoende en dient men over te schakelen op leidingwater. Met voorverkoeling kan ca. 40% van de koelkosten worden bespaard. In de berekening is bronwater als uitgangspunt gekozen. Het (koel)water wordt gebruikt als drinkwater voor het vee.

Mestvergisting

Het gaat hierbij om zogenaamde monovergisters, waarbij alleen mest wordt vergist en omgezet in biogas/ groengas. Hierdoor ontstaat een reductie van CO₂. Doordat mest direct uit de stallen wordt verwijderd, is er een reductie van met name methaanemissie. Systemen zijn momenteel volop in onderzoek. Systemen vragen een behoorlijke investering en vragen de nodige aanpassingen van het management de veehouder. De kosteneffectiviteit is nog niet bekend en zou nader uitgewerkt moeten worden.

f) Bedrijf

Maatregel	CO ₂ -tot (effect kg CO ₂ / kg melk	Kosteneffectiviteit (inkomen (€) / 1000 kg CO ₂ reductie)	Afwenteling / extra voordelen	Toepasbaarheid	Barrières (technologisch, sociaal)	Bron ¹⁾
Bedrijf:						
Beperkter gaan weiden (ongeveer 4 kg ds ruwvoer extra per dag bijvoeren)	-0.085	-92	Minder nitraatuitspoeling	eenvoudig		3,5
25% van de grond 6 km dichter bij huis	-0.002	+1202	Minder transportbewegingen Minder arbeid	Moeilijk	Grond vaak niet beschikbaar Soms weerstand bij grondruil Arbeid	4
Intensiveren bij minder dan 15.000 kg/ha	-		Meer nutriëntenverliezen per ha + Meer arbeid	gemiddeld	Management	6

¹⁾ 3=Schils *et al.*, 2006; 4=Roertert, 2009; 5=Vellinga *et al.*, 2009; 6=Van den Pol-van Dassel *et al.*, 2011

Beperkter gaan weiden

De koeien worden ongeveer 5 uur korter geweid en krijgen 4 kg ds uit ruwvoer in de weideperiode extra bijgevoerd. Het emissiereducerende effect ontstaat vrijwel geheel als gevolg van een verminderde lachgasemissie. Tijdens beweiden ontstaan namelijk hotspots van lachgas op die plaatsen waar veel N terecht komt: urineplekken en faeces. Als beperkter gaan weiden zo ver wordt doorgevoerd dat er geen beweiding meer overblijft, zal maatschappelijk draagvlak een barrière gaan vormen.

Grond dichter bij huis

25% van het totale grondoppervlak wat op afstand ligt, komt door een betere verkaveling of grondruil 6 km dichter bij huis te liggen. Uitgangspunt hierbij is dat de grondkosten niet wijzigen en ook de kwaliteit van de grond dichter bij huis gelijk blijft.

Intensiveren bij minder dan 15.000 kg melk per ha

Globale aanduiding van de maatregel waarbij de melkproductie per hectare wordt uitgebreid tot een niveau dat het bedrijf zelfvoorzienend is voor de ruwvoerproductie en geen ruwvoeroverschot meer heeft.

3.3 Conclusies

Er zijn een behoorlijk aantal maatregelen in de bedrijfsvoering om broeikasgasemissies *op bedrijfsniveau* te reduceren. Sommige kosten geld, andere leveren geld op. Die laatste liggen voor de hand om te nemen. Soms gebeurt dit autonoom (betere benutting meststoffen, hogere melkproductie per koe), maar vaak zijn er bedrijfsspecifieke 'bezwaren' als onzekerheid om de kosteneffectieve maatregelen te nemen (minder jongvee, klaver in het grasland, zwaarder maaien).

Deze studie geeft een overzicht van de huidige stand van zaken op het melkveebedrijf. Door nieuwe wet- en regelgeving of door veranderende prijsverhoudingen kunnen de kosten en daarmee de effectiviteit van bepaalde maatregelen veranderen .

De meest kosteneffectieve maatregelen zijn tarwegistconcentraat voeren, verbeteren van de verkaveling en tractoren gebruiken zonder overcapaciteit. Maar de effecten op de emissies zijn hierbij beperkt en de maatregelen zijn erg bedrijfsspecifiek en dus niet altijd even praktisch (kosteneffectiviteit van €1400 tot €800 per 1000 kg reductie CO₂-equivalenten).

Ook erg kosteneffectief zijn maatregelen die te maken hebben met een efficiëntere bedrijfsvoering, voeding en gewasgroei. Denk hierbij aan verhogen van de melkproductie per koe, minder jongvee houden en zwaardere sneden oogsten (kosteneffectiviteit van €750 tot €230 per 1000 kg CO₂ equivalenten reductie).

Daarna volgen energiemaatregelen. Een voorcoeler en warmteterugwinning leiden tot besparing van energie. Windenergie en zonne-energie opwekken kunnen het inkomen verhogen en voorkomen uitstoot van CO₂ via fossiele energie.

Maatregelen als vervangen van voedermiddelen en gewassen (bijproducten voeren, GPS voor jongvee, meer mais in bouwplan, methaanarm krachtvoer, krachtvoer vervangen door CCM of graan) efficiëntere bemesting (minder kunstmest, na 1 augustus geen mest meer uitrijden) en beperkter weiden, verlagen de totale emissies maar kosten weinig of leveren net iets op (kosteneffectiviteit van €100 tot - €100 per 1000 kg CO₂ equivalenten reductie).

Voorjaarsmeststoffen gebruiken en nitraat voeren zullen beperkte kosten met zich meebrengen, maar effectief de emissies verlagen (kosten ca. 1 €100 per 1000 kg CO₂ equivalenten reductie).

Mestscheiding (zonder toepassing van de dikke fractie als boxstrooisel), Nutex voeren, vergroten van de mestopslag en co-vergisting reduceren de broeikasgasemissies, maar kosten €150 - €870 per 1000 kg CO₂ equivalenten reductie.

4 Opschaling naar sectorniveau

4.1 Aanpak

In dit hoofdstuk worden de maatregelen op bedrijfsniveau uit hoofdstuk 3 waar mogelijk opgeschaald naar de gehele sector (alle melkveebedrijven in Nederland). De centrale vraag daarbij is: welk effect hebben de maatregelen op nationaal niveau? Er zijn op basis van expert judgement van het projectteam (mede gevoed door de besprekingen in de workshop met de Werkgroep en andere experts op 22 april) inschattingen gemaakt bij hoeveel bedrijven een bepaalde maatregel opgevolgd zou kunnen worden. De vertaling van bedrijfs- naar sectorniveau wordt met een Marginal Abatement Cost Curve (MACC) gevisualiseerd.

Ter voorbereiding op de opschaling is een indeling gemaakt van alle steekproefbedrijven uit het Bedrijven-Informatienet die voldoen aan het criterium gespecialiseerde melkveebedrijven volgens de NSO-typering (type 4500). Dit zijn graasdierbedrijven (meer dan twee derde van de gestandaardiseerde opbrengst heeft betrekking op het houden van graasdieren en het telen van voedergewassen) waarvan minimaal driekwart van de gestandaardiseerde opbrengst het resultaat is van het houden van melk- en kalfkoeien. Voor de opschaling maken we gebruik van uitsluitend melkveebedrijven met een niet-biologische bedrijfsvoering. Deze bedrijven zijn tevens opgenomen in de sectorrapportage van de Duurzame Zuivelketen (Reijs *et al.*, 2013).

Voor de opschaling naar sectorniveau, is onderscheid gemaakt in vier groepen op basis van grondsoort en de mate van intensiteit (kg melk per hectare voedergewas). Dit zijn voor de hand liggende criteria om de toepasbaarheid en kosteneffectiviteit van maatregelen op de broeikasgasemissie te beoordelen. Het perspectief van veel maatregelen wordt immers bepaald door de intensiteit en de grondsoort. Van elke variant worden in Tabel 4 een aantal bedrijfskenmerken gegeven. In Bijlage 2 staan meer kenmerken, o.a. de broeikasgasemissies en saldo kengetallen.

De volgende indeling van grondsoort en intensiteit is gebruikt om de melkveebedrijven in het Bedrijven-Informatienet te verdelen:

- Veen
- Extensief (<12.500 kg meet melk per ha)
- Gemiddeld (12.500 – 16.000 kg meet melk per ha)
- Intensief (>16.000 kg meet melk per ha)

Voor veen is geen onderscheid gemaakt in intensiteit. Voor de overige grondsoorten wel. De groepen extensief, gemiddeld en intensief bevatten alle grondsoorten, uitgezonderd veen.

Voor elk van deze vier groepen is op basis van expertkennis (van de projectteamleden in combinatie met de resultaten van de workshop op 22 april 2013) bepaald in hoeverre de maatregelen uit hoofdstuk 3 toepasbaar zijn. De ene maatregel is bij uitstek geschikt om toe te passen op veenbedrijven, terwijl een andere maatregel praktisch gezien alleen mogelijk is op intensieve melkveebedrijven. De mogelijkheden om maatregelen op individuele melkveebedrijven op te schalen naar de sector hangt samen met de inschattingen van toepasbaarheid en barrières, zoals weergegeven in Tabel 3.

Tabel 4. Bedrijfskenmerken van de groepen die gebruikt zijn voor opschaling van maatregelen van bedrijfsniveau naar sectorniveau.

Productie intensiteit					
Kengetal	Totaal	Veen	Extensief	Gemiddeld	Intensief
Aantal steekproefbedrijven	224	31	41	71	81
Aantal gerepresenteerde bedrijven	14.496	2.086	3.056	4.779	4.575
Melkproductie [miljoen kg]	9.826	1.207	1.385	3.167	4.067
Meetmelkproductie [miljoen kg]	10.368	1.266	1.475	3.355	4.272
Groepsindeling					
Ondergrens meetmelk productie [kg/ha]				12.500	16.000
Bovengrens meetmelk productie [kg/ha]			12.500	16.000	
Dieren					
Aantal melkkoeien	82,5	73,6	63,6	81,1	100,7
Aantal jongvee <1 jaar	30,9	26,0	23,1	30,7	38,4
Aantal jongvee >1 jaar	32,1	27,2	27,2	33,0	36,6
Oppervlakte en bouwplan [ha]					
Totaal	46,5	44,2	44,3	49,5	46,0
Grasland	37,6	39,6	37,3	39,8	34,7
Bouwland	8,9	4,6	7,0	9,6	11,3
Melkproductie [kg meetmelk]					
Totaal	715.164	606.806	482.594	701.992	933.837
Per koe	8.669	8.245	7.588	8.656	9.273
Per ha cultuurgrond	15.380	13.729	10.894	14.182	20.301

De gevolgde procedure om in te schatten welke impact een maatregel op sectorniveau kan hebben, geeft een hoge kans om een reëel beeld te schetsen van de potentiële reductiemogelijkheden. Dat is te beredeneren vanuit het samenvoegen van het expert judgement van meerdere deskundigen en vanuit het optellen van het effect van alle maatregelen. In beide gevallen is sprake van uitmiddelen van extremen en/of individuele missers. Zoals in de inleiding al is aangegeven betekent dat echter ook dat het niet zinvol is om het reductiepotentieel van afzonderlijke maatregelen weer te geven. Dat geeft een schijn van nauwkeurigheid omdat geen exacte kwantitatieve methode is gevolgd. Bovendien is die potentiële reductie onderhevig aan verandering als gevolg van innovaties in de melkveehouderij of eventuele randvoorwaarden in het denkkader (bv restrictie dat dierenaantallen niet mogen toenemen bij toename van de nationale melkproductie).

Een inschatting door experts heeft altijd zijn beperkingen. Ten eerste zijn de gegevens (en de kwaliteit daarvan) over de maatregelen soms verschillend. Dan is het lastig om een oordeel te vellen over de bruikbaarheid. Maar dat bezwaar geldt ook als je een andere methode van maatregelen kiezen gebruikt. Ten tweede heeft iedere expert zijn of haar eigen invalshoek of specialisme, waardoor inschatting van maatregelen wordt bepaald. Specialisten kunnen vaak wel goed inschatten in hoeverre maatregelen al zijn ingevoerd. Ten derde kan een optimistische of pessimistische kijk op de uitvoerbaarheid van maatregelen een rol spelen. Ondanks deze tekortkomingen is een inschatting van een groep van experts toch een bruikbare benadering, omdat het totale resultaat van de groep een breed (over alle expertises heen) en een gemiddeld beeld geeft van de mogelijkheden van maatregelen. De resultaten zijn te beschouwen als belangrijke indicaties voor het realiseren van emissievermindering. Ze moeten echter niet als harde getallen worden gezien.

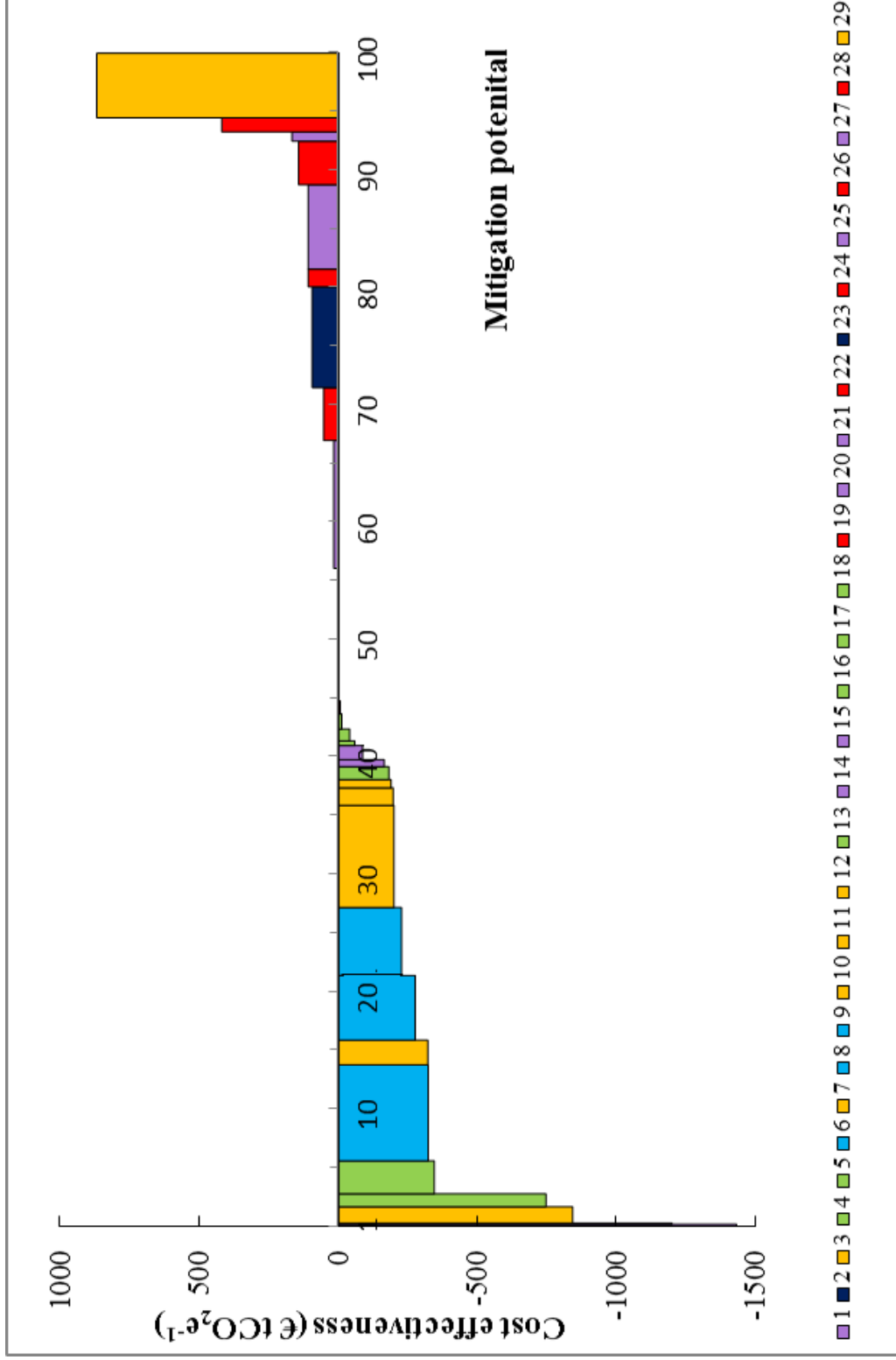
Er zijn twee sporen te herkennen in de inschattingen van de experts. Het eerste spoor is een inschatting van wat technisch mogelijk is, ongeacht motivatie, kosten of complexiteit in uitvoering. Daarmee kan een bovengrens worden aangegeven van technische mitigatie. Een tweede spoor is een inschatting van wat realistisch gezien haalbaar zou kunnen zijn. De haalbaarheid wordt dan bepaald door de mate van complexiteit om de maatregel uit te voeren en de mate waarin de maatregelen appelleren aan de ambities van de veehouder (een goede melkproductie, geen onzekerheden, geen arbeidsintensieve activiteiten). In dit rapport is het tweede spoor, het spoor van de haalbare maatregelen, gevolgd.

4.2 Resultaten

Het resultaat is een globale inschatting van het percentage bedrijven per groep dat een bepaalde maatregel toe kan passen. Vervolgens zijn die percentages vermenigvuldigd met de hoeveelheid melk en wordt de vermindering van de emissies door de maatregel op sectorniveau berekend. Van alle maatregelen is dus zowel de potentiële emissievermindering als het financiële effect bekend. De maatregelen zijn gerangschikt naar grootte van de kosteneffectiviteit en vervolgens bijeengebracht in één figuur: een zogenaamde “Marginal Abatement Cost Curve (MACC)” (Moran *et al.*, 2011). Op de horizontale as is het mitigatiepotentieel van de maatregelen weergegeven en op de verticale as de kosteneffectiviteit. Het idee achter de “Marginal Abatement Cost Curve” is dat sommige maatregelen geld opleveren, die zijn vaak het meest aantrekkelijk om uit te voeren. Andere maatregelen kosten geld. Uitvoering van deze maatregelen zal de winst van eerdere teniet doen. De MACC zet deze maatregelen overzichtelijk op een rij en biedt de mogelijkheid de totale kosteneffectiviteit in beeld te brengen.

In Figuur 2 zijn de maatregelen uit hoofdstuk 3 waarvan kwantitatieve gegevens van kosten en van CO₂ reductie beschikbaar waren, gepresenteerd in een MACC. Maatregelen die onder de horizontale as zitten (negatieve kosten) zitten aan de linkerkant van de figuur. Deze leveren geld op. Maatregelen boven de horizontale as zitten aan de rechterkant van de figuur en kosten geld. De breedte van de balken (op de x-as) geeft aan in hoeverre deze maatregel bijdraagt aan CO₂ reductie; hoe breder de balk, hoe meer CO₂-reductie

Een beperking van de MACC is dat de maatregelen allemaal in één figuur worden gecombineerd, zonder dat de interacties van maatregelen bekend zijn. Sommige maatregelen kun je niet combineren. Er zijn ook maatregelen die het effect van andere maatregelen verminderen. Een voorbeeld hiervan is uitbreiding van het areaal mais; dit vermindert het effect dat je kunt bereiken met doorzaaien van gras i.p.v. herinzaai. Er zijn ook meerdere mogelijkheden om methaanemissies van koeien te verminderen, die je niet zomaar kunt optellen. Omdat de interacties van maatregelen niet bekend zijn, is de CO₂-reductie in Figuur 2 niet weergegeven in Mton CO₂-equivalenten, maar als percentage van de potentiële emissievermindering op alle melkveebedrijven in Nederland (de x-as loopt daardoor van 0% tot 100%). De potentiële emissievermindering is niet exact bekend, maar zal naar schatting (expert judgement) 1-2 Mton CO₂-equivalenten bedragen als wordt gecorrigeerd voor overlap en interactie. Een meer precieze inschatting is niet mogelijk door gebrek aan gegevens.



Figuur 2.

Marginal Abatement Cost Curve, waarbij de CO₂-reductie op sectorniveau door diverse maatregelen (mitigation potential) is uitgezet tegen de kosteneffectiviteit (cost effectiveness). Er zijn 29 maatregelen uit 6 categorieën opgenomen: lichtblauw = dier; rood = bemesting; groen = gewas en bodem; paars = voer; donkergroen = energie; donkerblauw = bedrijf. De CO₂-reductie is weergegeven als percentage van de potentiële emissievermindering op alle melkveebedrijven in Nederland (de x-as loopt daardoor van 0 tot 100%). De breedte van de balken geeft aan hoeveel CO₂ gereduceerd wordt: hoe breder de balk hoe groter de te bereiken CO₂-reductie met deze maatregel. De kosteneffectiviteit (y-as) is weergegeven in € per 1000 kg CO₂-reductie.

De maatregelen uit Figuur 2 zijn hieronder gerangschikt op basis van de kosteneffectiviteit (dus van de maatregelen die het meeste opleveren per kg bespaarde CO₂-equivalenten tot de maatregelen die het meeste kosten per kg bespaarde CO₂-equivalenten). Bij elke maatregel is de globale inschatting van het percentage bedrijven per groep dat een bepaalde maatregel toe kan passen weergegeven. De 10 maatregelen met het grootste CO₂-reducerende effect (de breedste balken) zijn vetgedrukt en worden hieronder ook nog afzonderlijk weergegeven.

1. Paars - Voer: 1,5 kg ds tarwegistconcentraat/koe/dag, 0-20%
2. Donkerblauw - Bedrijf: 25% van de grond 6 km dicht bij huis, 0-20%
3. Donkergeel - Energie: Trekker 65 kW ipv 85 kW bij zelf maaien, harken, schudden, ploegen en bemesten. Inkuilen in loonwerk, 20-40%
4. Groen - Gewas en bodem: 500 kg ds/ha zwaardere maaisnede, 20-40%
5. Groen - Gewas en bodem: 10% herinzaai minder toepassen, 20-40%
- 6. Lichtblauw - Dier: + 500 kg melk/koe (van 8100 naar 8600) door betere benutting ruwvoer met zelfde aantal koeien (zelfde stal, zelfde krachtvoer/koe, meer melk afleveren, geen quotumkosten), 20-40%**
7. Donkergeel - Energie: Wind-energie, 0-20%
- 8. Lichtblauw - Dier: 1 stuks minder jongvee/10 melkkoeien (van 8 naar 7), 40-60%**
- 9. Lichtblauw - Dier: + 500 kg melk/koe (van 8100 naar 8600) door betere benutting ruwvoer, minder koeien (zelfde hvh krachtvoer, zelfde stal, zelfde melklevering), 20-40%**
- 10. Donkergeel - Energie: Zonne-energie, 40-60%**
11. Donkergeel - Energie: Warmteterugwinning, 20-40%
12. Donkergeel - Energie: Voorcoeler gebruiken, 40-60%
13. Groen - Gewas en bodem: Doorzaai i.p.v. herinzaai, 20-40%
14. Paars - Voer: 10% lager RE-gehalte krachtvoer, zelfde prijs krachtvoer, 20-40%
15. Paars - Voer: 2 kg ds bijproducten/koe/dag bijvoeren, 20-40%
16. Groen - Gewas en bodem: 10% areaal GPS voor jongvee ipv gras, 0-20%
17. Groen - Gewas en bodem: Mais vervangen door MKS/CCM (10% grond), dit als krachtvoervervanger, 0-20%
18. Groen - Gewas en bodem: Van 10% naar 20% mais in het bouwplan, 0-20%
19. Rood - Bemesting: Geen mest uitrijden na 1 augustus, 20-40%
- 20. Paars - Voer: Methaan-arm krachtvoer voeren zodat methaanemissie uit krachtvoer met 5% daalt, 40-60%**
- 21. Paars - Voer: 2,5 kg krachtvoer vervangen door graan of CCM, 20-40%**
- 22. Rood - Bemesting: 50 kg kunstmest N/ha grasland minder strooien, 20-40%**
- 23. Donkerblauw - Bedrijf: Beperkter gaan weiden (ongeveer 4 kg ds ruwvoer extra per dag bijvoeren), 0-20%**
24. Rood - Bemesting: Voorjaarsmeststof toepassen, 40-60%
- 25. Paars - Voer: Nitraat voeren, 20-40%**
26. Rood - Bemesting: Mestscheiding toepassen, 20-40%
27. Paars - Voer: 820 kg krachtvoer/koe vervangen door 500 kg Nutex/koe, 0-20%
28. Rood - Bemesting: 2 maanden meer mestopslag en uitrijden tot 1 juli, 20-40%
- 29. Donkergeel - Energie: Co-vergisting toepassen, 0-20%**

De 10 maatregelen met het grootste CO₂-reducerende effect (maatregelen met de breedste balken) zijn in afnemende volgorde:

- 20 – paars – voer: Methaan-arm krachtvoer voeren zodat methaanemissie uit krachtvoer met 5% daalt
- 21 – paars – voer: 2,5 kg krachtvoer vervangen door graan of CCM
- 10 – donkergeel – energie: Zonne-energie
- 23 – donkerblauw – bedrijf: Beperkter gaan weiden (ongeveer 4 kg ds ruwvoer extra per dag bijvoeren)
- 6 – lichtblauw – dier: + 500 kg melk/koe (van 8100 naar 8600) door betere benutting ruwvoer met zelfde aantal koeien (zelfde stal, zelfde krachtvoer/koe, meer melk afleveren, geen quotumkosten)
- 25 – paars – voer: Nitraat voeren
- 9 – lichtblauw – dier: + 500 kg melk/koe (van 8100 naar 8600) door betere benutting ruwvoer, minder koeien (zelfde hvh krachtvoer, zelfde stal, zelfde melklevering)
- 8 – lichtblauw – dier: 1 stuks minder jongvee/10 melkkoeien (van 8 naar 7)
- 29 – donkergeel – energie: Co-vergisting toepassen
- 22 – rood – bemesting: 50 kg kunstmest N/ha grasland minder strooien.

Wat opvalt bij Figuur 2 is dat de belangrijkste kosteneffectieve maatregelen in de categorieën dier (lichtblauw), energie (donkergeel) en gewas en bodem (groen) zitten. Wat verder opvalt bij Figuur 2 is dat veel maatregelen in het traject van -250 tot +250 € zitten. Bij een kleine wijziging van de omstandigheden of prijzen kan het economisch effect van de maatregel net zo makkelijk omslaan van positief naar negatief (of andersom). Er zijn maar een beperkt aantal maatregelen die echt veel geld opleveren. In feite zijn dit er maar vier (de eerste vier uit de lijst hierboven) en het totale effect van deze vier maatregelen is relatief klein, enerzijds omdat de maatregelen zelf relatief weinig effect hebben, anderzijds ook omdat de toepasbaarheid van deze maatregelen beperkt is. Er zijn ook slechts een paar zeer kostbare maatregelen, helemaal rechts in de curve. De emissiebesparing van de dure maatregelen is ook vrij beperkt.

Bij uitvoering in de praktijk moet rekening gehouden worden met variatie tussen bedrijven. Dat betekent dat voor de maatregelen in de range van -250 tot +250 € een maatregel op het ene bedrijf economisch gezien meer positief zal uitpakken en op het andere bedrijf meer negatief. Uit Figuur 2 blijkt dat ongeveer 40% van de CO₂ reductie *gemiddeld genomen* met een positief inkomenseffect voor het melkveebedrijf uitgevoerd kan worden. En dat ongeveer 90% van de maatregelen uitgevoerd kan worden met relatief beperkte kosten.

4.3 Conclusies

Ongeveer twee derde van de emissies in de zuivelketen vindt plaats op melkveebedrijven (zie Figuur 1 en Tabel 2). Als de in hoofdstuk 3 geïdentificeerde maatregelen om CO₂ te reduceren op melkveebedrijven worden genomen en opgeschaald worden naar de gehele Nederlandse melkveesector (sectorniveau) (volgens expert judgement waarbij rekening wordt gehouden met interactie tussen maatregelen), dan is een emissiereductie van 1-2 Mton CO₂-equivalenten haalbaar. De totale besparing is dan 10-20% van de totale emissie op melkveebedrijven (Figuur 1, Tabel 2). Als alleen gekeken wordt naar kosteneffectieve maatregelen kan ongeveer 40% van deze emissiereductie (dus 4-8% van de totale emissie op melkveebedrijven) gerealiseerd worden. Ongeveer 90% van de maatregelen kan worden uitgevoerd met relatief beperkte kosten (dat is dus 9-18% van de totale emissie op melkveebedrijven).

Bij de vaststelling van mogelijke emissiereductie is nog geen rekening gehouden met de verwachte stijging in het productievolume. Als de melkproductie stijgt, stijgt de totale broeikasgasemissie op nationaal niveau mee en kan de besparing geheel of gedeeltelijk teniet gedaan worden. Het is goed mogelijk dat de emissie per kg melk door invoering van maatregelen daalt, maar dat dit teniet wordt gedaan door een groter melkvolume.

5 Maatregelen in de rest van de keten

5.1 Toeleverende industrie

Mengvoeder

De productie- en transportketen van mengvoeder en enkelvoudige (vochtrijke bij-)producten heeft ongeveer een bijdrage van 20% in de emissies van broeikasgassen bij de productie van melk af boerderij. In deze keten zijn diverse verbeteringen mogelijk. Het potentieel van vier type verbeteringen is o.a. verkend in een studie voor Cono Kaasmakers met een groep van mengvoederproducenten (Tabel 5). Overigens bleken twee van de mogelijke verbeteringen in die studie geen duidelijke emissievermindering op te leveren: vervanging van soja door lokaal geteelde eiwitgewassen en een hoger aandeel van bijproducten in het voer.

Tabel 5. Conclusies van verkenning potentiële verbeteringen in Cono-project (Blonk *et al.*, 2009)

	Broeikasemissie voor productie mengvoerders vanwege gebruik van energie, materialen en meststoffen
1. Verduurzaming teelt voedergewassen door inkoop of op een andere wijze financieel stimuleren van productie van gecertificeerd product (Biologische teelt is niet in beschouwing genomen)	Bij palmfruit producten reductie mogelijk van ongeveer 67% op broeikasemissie. Op totaal mengvoer is dat een reductie van ongeveer 10% (ofwel 30 kg CO ₂ eq per ton voer) Bij overige mengvoeder- grondstoffen zijn thans geen alternatieven beschikbaar met een duidelijk lager broeikasemissie
2. Meer lokale voedergewassen vanuit EU in plaats van Zuid Amerika (Enige vervanging die bestudeerd kon worden met beschikbare gegevens, is soja door lokale productie)	Vervanging van soja leidt niet tot een verlaging van broeikasemissie vanwege emissies gerelateerd aan gebruik van meststoffen, materialen en energie.
3. Hoger aandeel hergebruik in het voer (meer co-producten oftewel minder hele granen)	Geen duidelijk effect uitgaande van huidige voersamenstelling
4. Optimalisatie van mengvoedergrondstoffen mix op lagere broeikasemissiescore van de totale mix	Reductie van 13-17% op broeikasemissie is berekend bij basisbrok (40-50 kg CO ₂ eq). In hoeverre deze toegerekende reductie leidt tot reductie op wereldschaal is niet onderzocht.

Het verminderen van de broeikasgasemissies van de productieketen van veevoer kan ongeveer 20-30% opleveren. Denk daarbij aan:

- 1) Het stimuleren van een milieu efficiëntere teelt bij leveranciers van gewassen. Er liggen nog grote mogelijkheden om emissies te reduceren door het aanbod aan nutriënten beter af te stemmen op de vraag en door belemmerende factoren (wateraanbod) duurzaam weg te nemen. Dit potentieel is niet verder kwantitatief verkend, maar in regio's als Zuid Amerika en Rusland kan de productie nog sterk worden verhoogd. In landen waar voldoende kennis en technologie beschikbaar is, kan precisie landbouw meer worden toegepast. Beter genetisch uitgangsmateriaal kan de productiviteit verder verhogen.
- 2) Kiezen voor energie-efficiënte verwerkers van voedergrondstoffen
- 3) Het reduceren van transportemissies door het verminderen van kilometers door een goede planning, door het kiezen voor milieu-efficiënte transportvormen (scheepvaart) en door het kiezen voor de leverancier met het laagste emissies bij een transportmiddel.
- 4) Het verminderen van energiegebruik in de mengvoederproductie zelf. Door het niet persen van brok bijvoorbeeld kan het energiegebruik worden verlaagd.

In de praktijk kan dit potentieel nog moeilijk worden benut. De belangrijkste reden is de wijze waarop de markt van inkoop van veevoedergrondstoffen is georganiseerd. Dit is wat betreft de droge mengvoedergrondstoffen een echte commodity markt waarbij er geen sprake is van een keten die beheerd kan worden vanuit het mengvoederbedrijf omdat er geen sterke relatie is met de leverancier. Aan de andere kant is het aanbod van herkenbare broeikasgasvriendelijke mengvoedergrondstoffen nog zeer beperkt. Met enige moeite kunnen mengvoederbedrijven wel palmpitschroot van Round Table on Sustainable Palm Oil (RSPO) bedrijven inkopen. Deze bedrijven (gecombineerde plantages en crushers) hebben een lagere emissie voor palmpitschroot dan niet gecertificeerde bedrijven. Maar er zijn (nog) geen leveranciers op de markt die "broeikasgasvriendelijke" voedertarwe aanbieden.

Een maatregel die effect zou kunnen sorteren maar waaraan nog grote onzekerheden kleven, is reductie van de broeikasgasemissies van voer door bij de optimalisatie van mengvoer niet alleenrekening te houden met de prijs, maar ook met de broeikasgasemissies van de grondstoffen. In de Cono-studie is berekend dat 13-17% reductie gehaald kon worden zonder grote meerkosten op voerniveau (tenminste op basis van een prijsberekening gebaseerd op de prijs van mengvoedergrondstoffen, de uiteindelijke prijs die er voor gerekend zou worden is uiteraard onbekend). De grote onzekerheid is echter of deze strategie van optimalisatie op minder emissies ook op wereldschaal tot een reductie in emissies leidt en niet alleen maar in een verschuiving van emissies naar andere productiesystemen. Veel mengvoedergrondstoffen zijn immers bijproducten van voedingsmiddelenindustrieën die hun productievolume vooral laten hangen van de vraag naar het hoofdproduct (bijvoorbeeld: de suikerindustrie verwerkt suikerbieten voor de suiker en de afzet van bietenpulp als veevoer is slechts een mooie bijkomstigheid). Wanneer de vraag naar bietenpulp zou wegvallen vanuit de Nederlandse mengvoederindustrie dan zal het vrijkomen van de pulp niet verminderen maar zullen er andere afzetmarkten worden gezocht. Dat kan een buitenlandse voerhandelaar zijn (verhoging transport afstand) of een andere toepassing (vergisting voor bio-energie). Voordat geconcludeerd kan worden dat optimalisatie op een lagere broeikasgasemissie een goede strategie is moet het vraagstuk van reallocatie verder worden uitgezocht.

Overigens moet in dit kader ook worden opgemerkt dat veel bedrijven de afzet van bijproducten naar de mengvoederindustrie en veehouderij heroverwegen vanwege mogelijk betere economische perspectieven aan de (gesubsidieerde) energiemarkt. Ook hierdoor kan er een verschuiving optreden die op macroschaal tot meer broeikasgasemissies leidt, maar die nu vanuit de toepassing van biomassa als energiebron vaak niet wordt meegenomen.

Bijproducten

Door natte bijproducten in de buurt van de fabriek af te zetten kan het energie-intensieve drogen achterwege blijven en blijven ook de emissies van transport beperkt. Van oudsher worden veel natte bijproducten afgezet in de melkveehouderij. Er zijn een aantal ontwikkelingen die deze afzet bedreigen, zoals valorisatie tot meer waardevolle producten voor de fabrikant (food) het al dan niet gesubsidieerd gebruiken voor bio-energie en het vermijden van bedrijfsrisico's die gekoppeld zijn aan het bewaren en verhandelen van voer (zoals GMP+ certificering).

Kunstmest en mest

De productie van N kunstmest bepaalt voor ca. 5% de totale broeikasgasemissies bij de productie van melk als het de boerderij verlaat. KAS is in Nederland de meest gebruikte N-kunstmest in de melkveehouderij. De emissiefactor voor de productie van KAS kan sterk variëren (circa factor 3) afhankelijk van energie-efficiency, al dan niet afvangen van N₂O-emissies en mate van benutting van reststromen (CO₂ en stoom). Deze variatie is in de markt nu niet zichtbaar. In berekeningen wordt uitgegaan van een emissiefactor voor de productie van kunstmest van ca. 8 kg CO₂eq/kg N voor KAS. Er is echter inmiddels KAS op de markt met een emissiefactor lager dan 3 kg CO₂eq/kg (EU, 2007). Dat is vooral gerealiseerd door het voorkomen van lachgasemissies tijdens het productieproces. Dit zou ongeveer overeenkomen met een reductie van 3% van de broeikasgasemissies van melk als het de boerderij verlaat. Wanneer boeren gericht N-kunstmest kunnen inkopen met een lage carbon footprint kunnen reductie-inspanningen bij de industrie verder worden gestimuleerd. Door de kwaliteit van het voer te verbeteren (o.a. aminozuursamenstelling) hoeft minder mest verwerkt te worden. Dit leidt tot een verlaging van lachgasemissies bij opslag en aanwending.

5.2 Verwerkende industrie

Verbeteren energie-efficiency zuivelverwerking

Ook in het verwerkingsproces van rauwe melk tot eindproduct, vindt emissie van broeikasgassen plaats. Deze emissie komt voort uit energiegebruik bij verwerking, verpakking en transport (van melkveebedrijf naar zuivelverwerker en van zuivelverwerker naar retail). De broeikasgasemissie bij de verwerkingsketen is beperkt ten opzichte van de emissie die plaatsvindt op het melkveebedrijf en in de toeleverende industrie. Schattingen voor de Nederlandse situatie liggen rond de 12% (zie Figuur 1) Reijs *et al.*, 2013; Van Middelaar *et al.*, 2011). Dat betekent een extra emissie van ongeveer 0,15 kg CO₂-eq. per kg melk, ten opzichte van de emissie die al is ontstaan bij de productie van de melk na aflevering van de boerderij. Ongeveer 2/3^e hiervan (0,10 kg CO₂-eq. per kg melk) heeft betrekking op het energieverbruik op zuivelfabrieken.

De Nederlandse zuivel neemt deel aan de Meerjarenaafspraken energie-efficiency. De Meerjarenaafspraken energie-efficiency (MJA) is een convenant tussen de Nederlandse overheid en het Nederlandse bedrijfsleven. Dit convenant omvat de ambitie dat deelnemende sectoren een energie-efficiëntieverbetering van 2% per jaar realiseren tot 2020. Dit moet resulteren in een efficiëntieverbetering van 30% in 2020 ten opzichte van 2005. In het kader van deze meerjarenaafspraken voeren zuivelondernemingen diverse procesverbeteringen door in fabrieken en bij het transport (Agentschap NL, 2012). Bedrijven die deelnemen aan MJA verplichten zich ertoe:

- zich in te spannen om gezamenlijk 30% verbetering te bereiken in de periode 2005-2020;
- vierjaarlijks een energie-efficiencyplan (EEP) op te stellen;
- zogenoemde 'zekere' besparingsmaatregelen uit te voeren (terugverdientijd < vijf jaar);
- systematische energiezorg in te voeren;
- zich in te spannen ketenefficiency te realiseren en duurzame energie te gebruiken;
- jaarlijks te rapporteren over de voortgang van de uitvoering van het convenant.

Er van uitgaande dat in 2011 al een derde deel van de MJA doelstelling (30% in 2005-2020) is gerealiseerd bij de zuivelverwerkers, ligt het potentieel reducerend effect van MJA maatregelen door de zuivel verwerkende industrie in de orde van grootte van 0,02 CO₂-eq. per kg melk ($\frac{2}{3} * 30\% * 0,10$).

Duurzame energieproductie: Energieneutrale zuivelketen

De ambities van de Nederlandse zuivelsector (Duurzame Zuivelketen, 2013) gaan verder dan de MJA afspraken. De doelstelling 'energieneutrale zuivelketen' houdt in dat de Duurzame Zuivelketen ervoor zorgt dat in 2020 alle Nederlandse zuivelproducten, van melkveebedrijf tot en met zuivelfabriek, energieneutraal geproduceerd worden. Dit betekent dat alle directe energie (elektriciteit, gas en diesel) die nodig is in de sector, duurzaam (of hernieuwbaar) wordt opgewekt en bij voorkeur direct binnen de eigen keten wordt gebruikt. Met het realiseren van deze ambitie wordt een flinke stap gemaakt in het verminderen van broeikasgasemissie.

Krebbekx *et al.* (2011) hebben een routekaart ontwikkeld voor het realiseren van deze doelstelling. De beschreven oplossingsrichtingen en hun reductiepotentieel worden samengevat in Tabel 6. Hierbij wordt per maatregel steeds een minimum en een maximum waarde gegeven in Mton CO₂-eq voor de gehele sector.

Tabel 6 laat zien dat de maatregelen zoals beschreven in Krebbekx *et al.* (2011) de emissies aanzienlijk kunnen verminderen voornamelijk door:

- het ontwikkelen van collectieve windparken (400 molens van 3MW toe te rekenen aan de melkveehouderij)
- grootschalige biovergistingsinstallaties in combinatie met zuivelverwerkers en/of afvalverwerkers (+/- 80 systemen van 1 MW)
- grootschalige toepassing van microvergistings (3.000 – 4.000 melkveebedrijven)
- grootschalige toepassing van zonnepanelen op staldaken (2,7 miljoen m²).

Tabel 6. De potentiële positieve effecten op broeikasgasemissies in de zuivelketen van besparingen in de veehouderij en de productie van duurzame energie (zon, wind, biovergisting) (Krebbekx *et al.*, 2011).

Categorie	Maatregel	Gehele sector (Mton CO₂-eq.)	
		Min	Max
Besparingen melkveehouderij	Verlichting, melkwinning, ventilatie	0,01	0,05
	Vergroenen tractoren	Niet gekwantificeerd	
Zonnepanelen (PV)	Staldaken	0,10	0,20
	Staldaken N/Z	0,09	0,10
	Kleinere centrales	0,00	0,00
	Cowports	0,00	0,00
Wind	Solitaire molens	0,03	0,04
	Collectieve windmolenparken	1,30	1,70
	Micro molens	0,00	0,00
Biovergisting	Groot icm zuivelfabriek	0,14	0,62
	Groot icm afvalverwerker	0,05	0,11
	Groot collectief	0,05	0,13
	Medium bestand upgrade	0,16	0,27
	Microvergisting / raffinage	0,80	1,34
	Vergroenen RMO vervoer	Niet gekwantificeerd	
Totaal		2,7	4,6

Deze emissievermindering overlapt echter deels met de maatregelen op bedrijfsniveau zoals genoemd in hoofdstuk 3 en grotendeels met de vermindering zoals beschreven voor de MJA omdat het gebruik van duurzame energie door zuivelverwerkers ook bijdraagt aan de MJA. Ook is de emissiereductie die volgens Krebbekx *et al.*, 2011 kan worden gehaald groter dan de totale emissie als gevolg van energiegebruik die momenteel plaatsvindt in de zuivelketen. Dit komt onder andere doordat in deze berekeningen meer energie wordt geproduceerd door de zuivel dan er wordt gebruikt.

Als wordt verondersteld dat een energieneutrale zuivelketen inhoudt dat alle emissies die plaatsvinden als gevolg van energiegebruik in de melkveehouderij (0,80), tijdens RMO-transport (0,07) en bij de melkverwerkers (1,16) dienen te worden gecompenseerd door het produceren van duurzame energie, kan globaal een emissiereductie van 2,0 Mton, oftewel 0,17 CO₂-eq. per kg geleverde melk, worden verwacht als gevolg van het realiseren van een energieneutrale zuivelketen. Dit is ongeveer 12% van de totale emissie van cradle-to-retail in 2011.

Beperking van verliezen bij retail en consumenten

In de schakel van retail naar consument en bij de consument vinden aanzienlijke verliezen plaats waardoor een aanzienlijk deel van de geproduceerde melk uiteindelijk niet geconsumeerd wordt. In dit onderzoek zijn de detailhandel en de consument niet meegenomen. Het beperken van deze verliezen zal echter wel een aanzienlijke daling van broeikasgasemissies per kg geconsumeerde melk met zich mee kunnen brengen. Onderzoek uit Zweden (Gustavsson *et al.*, 2011) geeft voor Europa een verlies van 10% voor de keten vanaf de boerderij, waarvan ruim de helft bij de consument ligt. Westerhoven en Steenhuisen (2010) schatten de verliezen in Nederlandse huishoudens op 13%.

5.3 Conclusies

Uit hoofdstuk 4 is gebleken dat op het melkveehouderijbedrijf een potentiële reductie van 1-2 Mton CO₂-eq. kan worden gerealiseerd. In dit hoofdstuk zijn perspectievolle maatregelen geïdentificeerd in de rest van de keten (toeleverende en verwerkende industrie). In Tabel 7 wordt de potentiële reductie in diverse schakels van de keten weergegeven. De potentiële reductie in de toeleverende industrie ligt

in de orde van grootte van 1 Mton CO₂-equivalenten en de potentiële reductie in de verwerkende industrie (Energie neutrale Zuivelketen) ligt in de orde van grootte van 2 Mton CO₂-equivalenten. Deze laatste reductie wordt bereikt door de productie van duurzame energie (zon, wind, biovergisting). Er is hierbij enige overlap met maatregelen op het melkveebedrijf. Tegelijkertijd is het volgens berekeningen ook mogelijk meer energie te produceren door de zuivel dan er wordt gebruikt.

Tabel 7. De broeikasgasemissie uit de zuivelketen (inclusief toeleverende en verwerkende industrie) in Megaton CO₂-equivalenten voor 2011 (Reijs *et al.*, 2013) en potentiële emissiereductie in diverse schakels van de zuivelketen.

	Totaal (Mton CO₂-eq)	Reductiepotentie (%)	Reductiepotentie (Mton CO₂-eq)
Aankoop voer	2,65	20-30	0,5-0,8
Aankoop kunstmest	0,65	60-65	0,4
Aankoop overig	1,16		
Melkveebedrijf	10,43	10-20	1-2
RMO	0,07		
Melkverwerking	1,16		
Verpakking	0,44		
Duurzame energieproductie Energie neutrale Zuivelketen			2,0
Totaal	16,55		3,9-5,2

Door combinaties van maatregelen te maken (in het bedrijf én in de rest van de zuivelketen) is een duidelijke reductie in broeikasgasemissies te behalen. Er is echter ook een beweging de andere kant op door de afschaffing van het melkquotum in 2015. Als gevolg hiervan wordt een groei in productievolume verwacht (meer melk), waardoor de emissie van broeikasgassen uit de melkveehouderij juist weer kan toenemen. Om ook dan tot emissiereducties te komen, zijn extra maatregelen nodig. Extra productie van energie op sector- en/of ketenniveau is een goede optie. Via het initiatief van de Energie neutrale Zuivelketen kan immers meer energie worden geproduceerd door de zuivel dan er wordt gebruikt. Om de huidige doelstellingen mbt emissiereductie te combineren met de ambitie van de melkveehouderijsector om te groeien is waarschijnlijk een combinatie van aanpassen van de bedrijfsvoering in de zuivelketen (toeleverend, verwerkend en primair bedrijf) nodig, én zorgdragen voor verhoogde opwekking van energie (zon, wind, biomassa).

6 Een voorbeeldpakket van maatregelen

6.1 Prioritering van maatregelen

Er zijn diverse manieren om de maatregelen in de vorige hoofdstukken te prioriteren. Het resultaat van prioritering is afhankelijk van de criteria die gebruikt worden. De keuze voor bepaalde criteria zal sterk afhangen van de groep die de prioritering uitvoert en de doelstellingen die beoogd worden bij prioritering. Op 22 april 2013 is een workshop gehouden met de werkgroep 'extensieve dierlijke sectoren', vertegenwoordigers van het bedrijfsleven en andere experts. In deze workshop zijn maatregelen op bedrijfsniveau en ketenniveau geprioriteerd. Daarbij zijn zowel economische, praktische, technische als sociale afwegingen meegenomen. Tijdens de prioritering bij de workshop is dus niet alleen gekeken naar kosteneffectiviteit en CO₂-reductie, maar zijn ook punten zoals neveneffecten en barrières voor invoering bij de overweging betrokken. Het is belangrijk om hier nogmaals te benoemen dat dit een subjectieve inschatting is, gemaakt door een groep van experts. Door het inzetten van een grotere groep en het middelen van hun uitspraken, wordt de uitkomst stabiel gemaakt. Het is echter niet uit te sluiten dat een andere groep van experts tot een wat andere volgorde zou zijn gekomen. De hiernavolgende lijst is dus een indicatie van belangrijke maatregelen.

Op bedrijfsniveau worden de volgende maatregelen gezien als maatregelen met het meeste perspectief (in afnemende volgorde, de meest perspectievolle staat bovenaan, 1 stuks minder jongvee werd als meest perspectiefvol gezien) (expert judgement):

- Dier: 1 stuks minder jongvee
- Dier: +500 kg melk/koe, zelfde melklevering, minder koeien
- Bedrijf: intensiveren bij minder dan 15.000 kg/ha
- Energie: mestvergisting
- Voer: nitraat voeren
- Gewas en bodem: 500 kg ds/ha zwaardere maaisnede
- Gewas en bodem: doorzaai ipv herinzaai
- Energie: zonne-energie
- Energie: voorcoeler gebruiken
- Bemesting: voorjaarsmeststof toepassen
- Energie: warmteterugwinning
- Energie: trekker 65 kW ipv 85 kW
- Voer: methaan-arm krachtvoer voeren
- Dier: +500 kg melk/koe, meer melk, zelfde aantal koeien, geen quotumkosten
- Bemesting: geen mest uitrijden na 1 augustus
- Energie: windenergie
- Bedrijf: 25% van de grond 6 km dichter bij huis
- Bedrijf: beperkter gaan weiden
- Voer: 2 kg ds bijproducten/koe/dag bijvoeren
- Voer: 10% lager RE-gehalte krachtvoer
- Voer: 1,5 kg ds tarwegistconcentraat/koe/dag
- Gewas en bodem: onderwaterdrains veengrond.

Voor de toeleverende en verwerkende industrie worden de volgende maatregelen gezien als maatregelen met het meeste perspectief (in afnemende volgorde, emissies uit de veevoedingsindustrie verminderen werd als meest perspectiefvol gezien) (expert judgement):

- Emissies veevoer verminderen
- Minder mest verwerken door beter voer
- Zuivel: houdbaarheidsdatum oprekken
- Genetisch uitgangsmateriaal (dier en plant)
- Voer: meer bemesten in Z Amerika, Rusland
- Voer: niet drogen van bijproducten
- Kunstmestproductie verbeteren, zodat energiegebruik daalt.
- Zuivel: groene energie gebruiken
- Teelt optimaliseren
- Transport via land en water verminderen

- Groene energie
- Voer: herkomst grondstoffen
- Kunstmest: gebruik/maken groene mest optimaliseren (minder kunstmest gebruik)
- Kunstmest: spuiwater gebruiken (minder kunstmest gebruiken)
- Zuivel: efficiënter poeder maken
- Gezamenlijke mestverwerking
- Groen gas afnemen, buitenlandse productie kopen
- Energie besparen.

6.2 Samenstelling van een effectief voorbeeldpakket van maatregelen

In dit onderdeel van het rapport wordt een voorbeeld gegeven van een combinatie van te kiezen maatregelen. Een dergelijk voorbeeld geeft inzicht in afwegingen over het omgaan met een set van maatregelen. Er zijn zowel op bedrijfs- als op sectorniveau een aantal maatregelen te vinden die heel effectief emissies reduceren tegen acceptabele kosten. Bij de uiteindelijke keuze van een effectief pakket aan maatregelen spelen echter ook nog andere overwegingen een rol. Belangrijke overwegingen zijn reeds genoemd: afwenteling/extra voordelen, toepasbaarheid, technologische en sociale barrières. Bij vergelijking van maatregelen op het primaire bedrijf en maatregelen in de rest van de keten spelen ook nog andere overwegingen mee. In de maatregelen op bedrijfsniveau zijn bijvoorbeeld geen kosten opgenomen voor kennisverspreiding, demonstraties e.d. (transitiekosten). Het is redelijk om aan te nemen dat er sprake zal zijn van dergelijke kosten. Ook zal de termijn waarop het overgrote deel van de bedrijven de maatregel toepast een aantal jaren bedragen. Daarentegen zullen de transitiekosten van maatregelen op ketenniveau lager zijn en zal de snelheid waarmee een maatregel gerealiseerd kan worden veel hoger liggen. Het gaat immers om een beperkt aantal partners in de keten. Vanuit dat oogpunt kunnen ketenmaatregelen aantrekkelijker zijn dan bedrijfsgerichte maatregelen. Daar tegenover staat dat het alleen toepassen van ketenmaatregelen de potentie van klimaatvriendelijke melk niet volledig benut. Een combinatie van maatregelen is dan gewenst.

Er zou bijvoorbeeld gekozen kunnen worden om in de toeleverende industrie te kiezen voor maatregelen op het gebied van kunstmest N en in de verwerkende industrie voor verbeteren van de energie-efficiency in de zuivelverwerking. Dit betreft namelijk maatregelen met grote effectiviteit en goede uitvoerbaarheid. Maatregelen op het gebied van veevoer en energie zijn wel sterk, maar vergen relatief meer inspanning en tijd. Op bedrijfsniveau zijn verminderen van het aantal stuks jongvee per koe, verhogen van de melkproductie en nitraat voeren hoog scorende maatregelen. De eerste twee maatregelen zijn ook maatregelen die aanspreken bij veehouders. Het voeren van nitraat is een nog redelijk onbekende ontwikkeling in de veehouderij. Introductie zal enige tijd kosten en er zijn ook aanpassingen nodig in het eiwitgehalte van het krachtvoer. Maar het is wel een maatregel die aangrijpt op de grootste emissiepost op het bedrijf: pensfermentatie. De combinatie van de maatregelen in dit voorbeeldpakket zal tot een aanzienlijke emissiereductie leiden.

6.3 Conclusies

Het is goed mogelijk om een pakket met effectieve maatregelen te identificeren. De prioritering van deze maatregelen wordt wel bepaald door de criteria die gevolgd worden. Naast CO₂-reductie en kosteneffectiviteit zijn met name de inschatting van het belang van neveneffecten, toepasbaarheid en barrières van invloed op de prioritering. Met een eenvoudig voorbeeldpakket kan een aanzienlijke reductie worden behaald. Het pakket is echter maar een voorbeeld en kan naar gelang de weging van criteria bestaan uit andere of uit meer maatregelen en zal dan ook een ander totaal effect hebben.

7 Verkenning overwegingen bij het toepassen van maatregelen

7.1 De maatregelen in een bredere context plaatsen

De maatregelen op niveau van het melkveebedrijf zijn in hoofdstuk 3 gedetailleerd beschreven. Daarop is ook de MACC gebaseerd (Figuur 2). Er is echter nog meer over maatregelen te zeggen. In sommige gevallen wil je dat er wordt gecontroleerd of maatregelen worden uitgevoerd. Soms is de controle eenvoudig, soms heel lastig. Ook kunnen de maatregelen effect hebben op andere aspecten, zoals maatschappelijke aspecten of onderwijs. Om de effecten te illustreren zijn enkele maatregelen verder uitgewerkt en zijn de te verwachten knelpunten en risico's vanuit praktijk, beleid, handhaving, administratieve lasten, maatschappij, kennis, onderwijs en internationale ontwikkelingen in beeld gebracht. De voorbeelden van maatregelen zijn uit verschillende onderdelen van de zuivelketen gekozen om een breed inzicht te geven in de effecten bij verschillende typen maatregelen. Het verkennen van maatregelen is niet gedaan om het nemen van maatregelen te ontmoedigen, maar om aanbevelingen te formuleren voor het stimuleren van maatregelen en het toepassen van het juiste instrumentarium.

Minder jongvee

Praktijk: In de praktijk wordt vaak wat meer jongvee aangehouden als voorzorgsmaatregel / verzekeringsmaatregel. Als er immers te weinig jongvee is om uitgevallen dieren te vervangen, zullen mogelijk dieren aangekocht moeten worden met gezondheidsrisico's en kans op vervallen van gezondheidsstatus van bedrijven. De mate waarin op het scherpst van de snede gemanaged wordt m.b.t. het aantal stuks jongvee hangt af van de structuur van het bedrijf, van het management en van de risicobereidheid van de veehouder. Een ander aandachtspunt is de groei van bedrijven. Als bedrijven in een groeifase zitten, zullen zij eerder meer dan minder stuks jongvee per koe aanhouden.

Beleid: Het mestbeleid stimuleert een ontwikkeling naar minder jongvee. Het wegvallen van het quotum is voor deze maatregel wel een knelpunt, want dit leidt ertoe dat melkveehouders juist meer jongvee willen aanhouden om alvast in te spelen op de mogelijke en gewenste groei.

Handhaving: Geen knelpunten.

Administratieve lasten: Geen extra administratieve lasten, wordt nu ook al bijgehouden.

Maatschappij: Geen problemen. Mogelijk staat de maatschappelijke wens van afname van het antibioticagebruik enigszins in tegenspraak met het houden van minder stuks jongvee.

Kennis: Er is meer kennis nodig om de levensduur van de koe te verhogen.

Onderwijs: Meer aandacht voor levensduur van de koe.

Internationale ontwikkelingen: Als er minder jongvee wordt aangehouden, zullen er ook minder stierkalveren beschikbaar komen uit de melkveehouderijsector in Nederland. Wel komen er meer vaarskalveren op de markt omdat er minder vaarskalveren tot koe worden opgefokt. Deze verschuivingen kunnen leiden tot aanpassingen van de markt voor mestkalveren.

Minder weiden

Praktijk: De maatregel is eenvoudig uit te voeren. Beweiding wordt momenteel echter door ongeveer 70% van de melkveehouders als effectief voor hun bedrijf gezien, waardoor minder weiden wellicht minder logisch is. Voordelen van weidegang liggen met name op het gebied van economie en arbeid. Recent onderzoek (Van den Pol-van Dasselaar *et al.*, 2013) heeft echter aangetoond dat de economische voordelen van weidegang alleen gerealiseerd worden als de grasopname meer dan 500-700 kg ds per jaar is. Vermindering van beweiding leidt dus tot vermindering van het economische voordeel en/of additionele kosten.

Beleid: Minder weiden gaat in tegen de afspraken die door meer dan 50 partijen, waaronder het Ministerie van EZ, gemaakt zijn in het Convenant Weidegang. In dit Convenant geven de ondertekenaars aan dat zij een afname in weidegang tegen willen gaan.

Handhaving: Het is goed te controleren of koeien al dan niet in de wei lopen. Het aantal uren dat zij daar lopen is echter moeilijker te controleren. Controle zou plaats kunnen vinden via het al bestaande controlesysteem van zuivelfabrieken in het kader van de weidepremie (hiervoor dienen koeien minimaal 120 dagen per jaar minimaal 6 uur per dag buiten te lopen).

Administratieve lasten: Beperkt.

Maatschappij: Weidegang is een belangrijke drager van het goede imago van de melkveehouderijsector. Dit is ook onderstreept in het Convenant Weidegang. Vermindering van weidegang heeft daarom mogelijk een afbreukrisico. Het effect zal afhangen van de mate waarin beweiding verminderd wordt. In het algemeen wordt verder aangenomen dat weidegang bijdraagt aan

het dierenwelzijn, maar het is nog onduidelijk of beperking met een aantal uren van invloed is op het dierenwelzijn.

Kennis: Effecten van vermindering van weiden op dierenwelzijn zijn nog onvoldoende in kaart gebracht. Kennis over beweiding op grootschalige melkveebedrijven is nog onvoldoende in beeld.

Onderwijs: Het vakmanschap van beweiden verdient meer aandacht.

Internationale ontwikkelingen: Geen bijzonderheden.

Methaanarm krachtvoer (te realiseren door een andere samenstelling van het krachtvoer, vermindering van methaanemissie van 5%)

Praktijk: In theorie is deze maatregel goed mogelijk. Het is echter nog niet duidelijk hoe deze in de praktijk uit zal pakken en wat de effecten op rantsoenniveau zijn. Er is mogelijk een risico op pensverzuring. Inmiddels wordt in de praktijk enige ervaring opgedaan met deze maatregel en die ervaring is in de berekeningen meegenomen. Het prijseffect is daarbij, ook op basis van ervaringen, niet meegenomen. Tot 5% vermindering van methaanemissie is momenteel mogelijk zonder een hogere prijs voor het krachtvoer te bepalen. Als deze maatregel echter op grote schaal wordt ingevoerd, verwachten we een effect op de prijs.

Beleid: vraag vanuit de melkveebedrijven zal helpen om dit te realiseren, maar deze maatregel dient toch met name op het niveau van de mengvoerindustrie plaats te vinden, daar ligt de echte opgave. Eventueel te ontwikkelen instrumentarium bij voorkeur inzetten op het niveau van de mengvoerindustrie.

Handhaving: De bewijslast en controleerbaarheid is moeilijk. Handhaving is op niveau van industrie overigens makkelijker dan op bedrijfsniveau. De industrie moet bereid zijn data beschikbaar te stellen en te ontsluiten voor controle. De controle zal op voerniveau plaats moeten vinden.

Administratieve lasten: Deze maatregel gaat met administratieve lasten gepaard – bewijslast. Bij de krachtvoerders moet de samenstelling bekend zijn en door te geven zijn.

Maatschappij: Geen effect. Deze maatregel gaat uit van een andere samenstelling van het krachtvoer met “normale” grondstoffen en niet van speciale toevoegingen. De maatschappij is wel huiverig voor bijzondere additieven of genetisch gemodificeerde grondstoffen, maar dat is in de huidige vorm van deze maatregel niet van toepassing.

Kennis: Bij de mengvoerindustrie is de kennis beschikbaar, bij de meeste bedrijfsadviseurs nog niet. Er wordt wel een andere denkwijze bij de industrie gevraagd.

Onderwijs: Geen bijzonderheden.

Internationale ontwikkelingen: De internationale voerstromen zijn niet altijd even transparant vanwege de open grenzen in de EU. Het is bijvoorbeeld lastig te bepalen welk percentage van de grondstoffen die Nederland binnenkomen ook daadwerkelijk in Nederland worden gebruikt, er vindt doorvoer plaats en ook niet al het geproduceerde voer is voor de Nederlandse markt. Daarnaast vraagt deze maatregel een andere samenstelling en andere grondstoffen en de vraag is of deze voldoende beschikbaar zijn als de maatregel op grote schaal toegepast gaat worden. Het aanbod pulp wordt bijvoorbeeld beperkt door de vraag naar het hoofdproduct. Verder is het de vraag of er bij verschuiving van grondstofstromen bijvoorbeeld geen afwenteling naar andere sectoren of naar andere landen plaatsvindt. Mogelijk is er ook winst te behalen door verschuiving tussen diersoorten. De methaanemissie is direct gerelateerd aan rundvee. De methaanarme componenten zouden meer aan het rundvee gevoerd kunnen worden en andere grondstoffen aan varkens en kippen. Er zal in ieder geval een effect zijn op beschikbaarheid en prijs en logistiek.

Natte bijproducten voeren

Praktijk: Er dient bewaarmogelijkheid op het bedrijf te zijn. Extra transport noodzakelijk. Het voeren van natte bijproducten leidt tot verdringing van ruwvoer en is daarmee voor extensieve bedrijven minder interessant.

Beleid: Het beleid beïnvloedt de markt door subsidies voor groene energie. Door de aantrekkelijke energiemarkt zijn veel natte bijproducten niet langer beschikbaar als veevoer, maar worden bestemd voor energieproductie. Hierbij blijft wel voer als restproduct over, maar echter van een mindere kwaliteit. Als veel bedrijven deze maatregel toe gaan passen, ontstaat extra schaarste op de markt. Wellicht is hier inzet van fiscale instrumenten mogelijk.

Administratieve lasten: Nemen toe.

Maatschappij: Voedselveiligheid is mogelijk een discussiepunt. Van voer via dier naar melk.

Kennis: Kennis is beschikbaar.

Onderwijs: Geen bijzonderheden

Internationale ontwikkelingen: Geen bijzonderheden.

Mestbewerking/mestverwerking (deze maatregel omvat diverse technieken)

Praktijk: Er is nog veel onzekerheid over de technische en economische aspecten. Er zijn veel recente ontwikkelingen, die nog slechts aan het begin staan en waar nog geen zekerheid is over de effecten. Er is een nieuw type ondernemer nodig, die innovatie en goed management combineert.

Beleid: Diverse regelgeving en vergunningsaspecten, waardoor deze initiatieven vaak moeilijk van de grond komen (Ruimtelijke Ordening, SDE). De mestwet heeft ook effect. Met name bij covergisting ontstaan problemen omdat via deze methodiek juist meer mest wordt geproduceerd. Het co-product krijgt zo ook de definitie 'mest'. Het mestoverschot wordt zo juist groter. Stimulering van mestbewerking/mestverwerking kan door vanuit het beleid goede voorwaarden te creëren voor ondernemers. Wellicht zijn fiscale instrumenten mogelijk. Ook een link maken met de Maatlat Duurzame Veehouderij zou een optie kunnen zijn. Voor de combinatie met mestvergisting zijn al financiële prikkels via de SDE+, Mia/Vamil en EIA.

Handhaving: Controle is moeilijk, met name bij de producten van covergisting. Voor covergisting bestaat inmiddels een vrijwillige certificering.

Administratieve lasten: Toename van administratieve lasten om controle mogelijk te maken.

Maatschappij: Hier zijn diverse aandachtspunten. Denk aan ruimtelijke ordening (met name bij grootschalige initiatieven), veiligheid (ontploffingsgevaar), stank. De techniek om mest te scheiden en de dikke fractie als strooisel te gebruiken is een risico voor het imago van de melkveehouderijsector. Bij collectieve mestverwerking speelt een toename van het aantal transportbewegingen ook een rol.

Kennis: Er is meer kennis en innovatie nodig om de eindproducten toepasbaar te maken; dit staat nu nog in de kinderschoenen.

Onderwijs: Aandacht in het onderwijs nodig over kaders en technieken.

Internationale ontwikkelingen: Bepaalde fracties kunnen worden afgezet als exportproduct. Ontwikkelen van nieuwe markten.

Uit de hierboven beschreven voorbeelden blijkt dat elke maatregel zijn specifieke knelpunten en risico's heeft. Bovendien liggen deze knelpunten op verschillende terreinen. Dat betekent dat een succesvolle uitvoering van mitigatiemaatregelen gebaat is bij een samenwerking tussen alle betrokken partijen: boeren, industrie (aanleverend en verwerkend), overheid en kennisinstellingen.

7.2 Conclusies

De ervaringen met de invoering van de mestwetgeving en de toepassing van de nitraatrichtlijn in de negentiger jaren van de 20^e eeuw leren dat een gecombineerde aanpak door boeren, overheden, bedrijven en kennisinstellingen succesvol kan werken. Hierbij werd een combinatie van wetgeving en stimulering ingezet. Op het gebied van broeikasgassen ligt op dit moment (met het huidige kennisniveau over maatregelen en het ontbreken van een goede monitoringstool op bedrijfsniveau) stimulering van het invoeren van mitigatiemaatregelen het meest voor de hand. Bij stimulering valt bijvoorbeeld te denken aan fiscale stimulering of inbedden in de Maatlat Duurzame Veehouderij. Bepaalde maatregelen zouden ook via het Gemeenschappelijk Landbouwbeleid (GLB) opgepakt kunnen worden. Denk bijvoorbeeld aan maatregelen op het gebied van herinzaai, bouwplan en bemesting.

Bij stimuleringsmaatregelen gaat het uiteindelijk om het aanspreken van het vakmanschap van de boer en van het verder vergroten daarvan. In grote lijnen zullen de instrumenten die bij de mestwetgeving zijn gebruikt ook bij de vermindering van de broeikasgasemissies een belangrijke rol kunnen spelen. Verbetering in het management op melkveebedrijven kan bijvoorbeeld gestimuleerd worden door:

- Voorlichting (vanuit overheid, zuivel- en mengvoerindustrie).
- Workshops voerefficiëntie en stikstofefficiëntie (efficiëntie op deze gebieden is de sleutel bij vermindering van emissies van broeikasgassen). Bredere toepassing van de KringloopWijzer is daarbij een uiterst belangrijk instrument.
- Voorloperbedrijven: bedrijven die laten zien zonder veel kosten de doelstelling te kunnen realiseren.
- Onderwijs (aandacht voor broeikasgassen en hoe te verminderen, bijvoorbeeld via de broeikasgaswijzer), introductie van de KringloopWijzer.

- 'Bewegingsvrijheid' voor de ondernemer bij aangetoonde goede prestatie, bijvoorbeeld via KringloopWijzer.
- Puntensysteem (bijvoorbeeld bij zuivel), bij te weinig punten -> cursus, bij veel punten een bonus.

Ook in de rest van de zuivelketen kunnen maatregelen gestimuleerd worden:

- Wegnemen van barrières voor duurzame energieproductie (wind, zon, biomassa).
- Stimuleren / in gang zetten van de genoemde oplossingsrichtingen in toeleverende en verwerkende industrie.

Over de gehele zuivelketen heen zijn tenslotte de volgende punten van belang:

- Ontwikkelen van methoden om mitigatiemaatregelen slim te monitoren en effecten op eenvoudige wijze in te schatten.
- Een permanente vorm van overleg tussen de stakeholders om onvoorziene knelpunten op te lossen en de werkwijzen nauwgezet op elkaar af te stemmen.

Literatuur

Blonk, T.J., A. Kool, T. Ponsioen, 2009. Duurzaam voeren voor duurzame kaas. Blonk Consultants, Gouda, 46p.

EU, 2007. Reference Document on Best Available Techniques for the Manufacture of Large Volume Inorganic Chemicals - Ammonia, Acids and Fertilisers August 2007, http://eippcb.jrc.ec.europa.eu/reference/BREF/lvic_aaf.pdf

Goselink, R., L.B.J. Šebek; M.H.A. de Haan, A.G. Evers, 2013. Bedrijfsontwikkeling voor verminderen gasvormige emissies op het melkveebedrijf. K&K rapport 68.

Gustavsson, J., C. Cederberg, R. van Otterdijk, A. Meybeck, 2011. Global food losses and food waste. Extent, causes and prevention. Food and Agriculture Organization of the United Nations, 29 p.

Hristov, A.N., J. Oh, C. Lee, R. Meinen, F. Montes, T. Ott, J. Firkins, A. Rotz, C. Dell, A. Adesogan, W. Yang, J. Tricarico, E. Kebreab, G. Waghorn, J. Dijkstra, S. Oosting, P.J. Gerber, B. Henderson, H. Makkar, 2013a. Nutritional and Management Strategies to Mitigate Animal Greenhouse Gas Emissions. Florida Ruminant Nutrition Symposium: 90 – 96.

Hristov, A.N., J. Oh, C. Lee, R. Meinen, F. Montes, T. Ott, J. Firkins, A. Rotz, C. Dell, A. Adesogan, W. Yang, J. Tricarico, E. Kebreab, G. Waghorn, J. Dijkstra, S. Oosting, 2013b. Mitigation of greenhouse gas emissions in livestock production – A review of technical options for non-CO₂ emissions. Edited by P.J. Gerber, B. Henderson, H.P.S. Makkar. FAO Animal Production and Health Paper No. 177. FAO, Rome, Italy.

Krebbekx, J., E. Lambregts, W. de Wolf en M. van Seventer 2011. Melk, de groene motor. Routekaart voor een 100% energie-neutrale zuivelketen in 2020 met klimaat-neutrale groei. Utrecht: Berenschot.

Kuikman, P.J., D.A. Oudendag, A. Smit, K.W. van der Hoek, 2004. ROB maatregelen in de landbouw en vermindering van emissies van broeikasgassen, zichtbaarheid van effecten in de nationale berekening en suggesties ter verbetering van de berekeningssystematiek. Alterra rapport 994, RIVM rapport 680.125.004. Alterra, Wageningen.

Maas, C.W.M. van der; P.W.H.G. Coenen, P.J. Zijlema, K. Baas, G. van den Berghe, J.D. te Biesebeek, A.T. Brandt, G. Geilenkirchen, K.W. van der Hoek, R. te Molder, R. Dröge, C.J. Peek, J. Vonk, I. van den Wyngaert, 2011. Greenhouse Gas Emissions in the Netherlands 1990-2009. National Inventory Report 2011 Netherlands Environmental Assessment Agency (PBL), Bilthoven, the Netherlands, p. 280.

Moran, D., M. Macleod, E. Wall, V. Eory, A. McVittie, A. Barnes, R. Rees, C.F.E. Topp, A. Moxey, 2011. Marginal Abatement Cost Curves for UK Agricultural Greenhouse Gas Emissions. Journal of Agricultural Economics 62: 93-118.

Productschap Zuivel. Zuivel in cijfers 2011 - update 27 juni 2012. <http://www.prodzuivel.nl/pz/productschap/publicaties/zic/zicind2011.pdf> (geraadpleegd op 11 december 2012).

Reijs, J.W., G.J. Doornewaard, A.C.G. Beldman, 2013. Sectorrapportage Duurzame Zuivelketen; Nulmeting in 2011 ten behoeve van realisatie van de doelen. Den Haag : LEI, onderdeel van Wageningen UR, (LEI-rapport 2013-013) - p. 108.

Roetert, 2009. Project Klimaat en Koeien in Overijssel, eindrapportage. Stichting Stimuland, Ommen.

Schils, R.L.M., 2002. White clover utilisation on dairy farms in the Netherlands. PhD Thesis Wageningen University.

Schils, R.L.M., D.A. Oudendag, K.W. van der Hoek, J.A. de Boer, A.G. Evers, M.H. de Haan, 2006. Broeikasgasmodule BBPR. PraktijkRapport. Rundvee 90 / Alterra-rapport, nr 1268, 50 p.

Schils, R.L.M., M.H.A. de Haan, J.G.A. Hemmer, A. van den Pol-van Dasselaar, J.A. de Boer, A.G. Evers, G. Holshof, J.C. van Middelkoop, R.L.G. Zom, 2007. Dairy Wise, a whole farm model. *J. Dairy Sci.* 90: 5334–5346.

Van den Pol-van Dasselaar, A. van, 2012. Qualitative overview of mitigation and adaptation options and their possible synergies & trade-offs. Wageningen. *AnimalChange* (FP7/266018).

Van den Pol-van Dasselaar, A., J.J.H. van den Akker, A. Bannink, C.L. van Beek, H.J.C. van Dooren, M.H.A. de Haan, I.E. Hoving, P.J. Kuikman, F.A.J. Lenssinck, N. Verdoes, 2011. Kansen voor een toolbox voor het veenweidegebied : voorstudie. Rapport, nr 471, 48 p.

Van den Pol-van Dasselaar, A., A.P. Philipsen, M.H.A. de Haan, 2013. Economisch weiden. Rapport 679, Lelystad, Wageningen UR Livestock Research, 126 p.

Van Middelaar, C.E., P.B.M. Berentsen, M.A. Dolman, I.J.M. de Boer, 2011. Eco-efficiency in the production chain of Dutch semi-hard cheese. *Livestock Science* 139: 91 – 99.

Vellinga, Th.V., M.H.A. de Haan, A.G. Evers, 2009. Vermindering van de uitstoot van broeikasgassen op het melkveebedrijf, berekeningen voor praktijkbedrijven. Rapport 211. Animal Sciences Group, Lelystad.

Vellinga, Th.V., M.H.A. de Haan, R.L.M. Schils, A.G. Evers, A. van den Pol-van Dasselaar, 2011. Implementation of mitigation on intensive dairy farms: farmers' preferences and variation in cost effectiveness *Livestock Science* 137: 185 – 195.

Verloop, K., R. Geerts, J. Oenema, G. Hilhorst, M. de Haan, A. Evers, 2013. Gebruik van de dunne en dikke fractie van rundveemest getest op Koeien & Kansen-melkveebedrijven, Resultaten 2010, 2011 en 2012. Koeien en Kansen rapport 69/PRI rapport 504. Plant Research International, Wageningen.

Westerhoven, M., F. Steenhuisen, 2010. Bepaling voedselverliezen bij huishoudens en bedrijfscatering in Nederland. CREM, Amsterdam, 32 p.

Bijlagen

Bijlage 1. Achtergrondinformatie bij de maatregelen op bedrijfsniveau uit hoofdstuk 3.

Per maatregel worden de volgende aspecten samengevat in de tabel:

- De emissiereductie per kg melk: inschatting van de maatregel op totale broeikasgasemissies en emissies van CH₄, N₂O en CO₂ afzonderlijk (in kg CO₂-eq). Een negatief getal geeft aan dat de emissie door de maatregel wordt verlaagd en een positief getal dat de emissie hoger wordt. Bij de maatregelen waar kwantificatie niet mogelijk was, geeft op vergelijkbare wijze een "-" aan dat de maatregel positief uitwerkt en daardoor de uitstoot verlaagt, bij een "+" wordt de uitstoot verhoogd.
- Geschat inkomenseffect (in euro per 100 kg melk). Een positief getal bij inkomen betekent dat het inkomen door de maatregel verbetert.
- Investering: betreft het een investering en hoe hoog is deze? Dit helpt om te begrijpen of het een 'drempel' voor de melkveehouder is om de maatregel te nemen. De kosten van een investering (rente, afschrijving en onderhoud) zijn overigens wel meegenomen bij de bepaling van de kosten en de kosteneffectiviteit.

Dier

Maatregel	CH4 (effect kg CO2/ kg melk)	N2O (effect kg CO2/ kg melk)	CO2 (effect kg CO2/ kg melk)	Verandering inkomen (euro / 100 kg melk)	Investering * € 1000	Bron ¹⁾
Dier:						
+ 500 kg melk/koe (van 8100 naar 8600) door betere benutting ruwvoer met zelfde aantal koeien (zelfde stal, zelfde krachtvoer/koe, meer melk afleveren, geen quotumkosten)	-0.022	-0.010	-0.006	+1.22	0	2
+ 500 kg melk/koe (van 8100 naar 8600) door betere benutting ruwvoer, minder koeien (zelfde hvh krachtvoer, zelfde stal, zelfde melklevering)	-0.020	-0.001	-0.013	+0.76	0	2
1 stuks minder jongvee/10 melkkoeien (van 8 naar 7)	-0.010	-0.003	-0.006	+0.53	0	1

¹⁾ 1=Goselink *et al.*, 2013; 2=aanvullende berekeningen met BBPR

Bemesting

Maatregel	CH4 (effect kg CO2/ kg melk)	N2O (effect kg CO2/ kg melk)	CO2 (effect kg CO2/ kg melk)	Verandering inkomen (euro / 100 kg melk)	Investering * € 1000	Bron ¹⁾
Bemesting:						
50 kg kunstmest N/ha grasland minder strooien	-0.004	-0.021	-0.006	-0.16	0	4,5
Mestscheiding toepassen				-0.26	0-50	9
2 maanden meer mestopslag en uitrijden tot 1 juli	+0.000	-0.007	-0.001	-0.35	10-50	5
Voorjaarsmeststof toepassen	+0.000	-0.006		-0.06	0	3
Geen mest uitrijden na 1 augustus	+0.000	-0.004	-0.002	+0.01	0	5

¹⁾ 3=Schils *et al.*, 2006; 4=Roetert, 2009; 5=Vellinga *et al.*, 2009; 9=Verloop *et al.*, 2013

Gewas en bodem

Maatregel	CH4 (effect kg CO2/ kg melk)	N2O (effect kg CO2/ kg melk)	CO2 (effect kg CO2/ kg melk)	Verandering inkomen (euro / 100 kg melk)	Investering * € 1000	Bron ¹⁾
Gewas en bodem						
10% herinzaai minder toepassen	+0.001	+0.000	-0.021	+0.68	0	4
Van 10% naar 20% maïs in het bouwplan	-0.007	-0.001	-0.007	+0.02	<1	5
Mais vervangen door MKS/CCM (10% grond), dit als krachtvoervanger	-0.006	-0.000	-0.005	+0.05	0	1
500 kg ds/ha zwaardere maaisnede	+0.001	-0.002	-0.005	+0.46	0	2
Doorzaai i.p.v. herinzaai	+0.000	-0.005	-0.001	+0.11	0	4,5
10% areaal GPS voor jongvee ipv gras	-0.013	+0.003	+0.005	+0.03	0	1
Onderwaterdrains veengrond	0/-	-	-	0/+	5-25	6
Grasklaver toepassen				+/-0.06	0	2,8

¹⁾ 1=Goselink *et al.*, 2013; 2=aanvullende berekeningen met BBPR; 4=Roetert, 2009; 5=Vellinga *et al.*, 2009; 6=Van den Pol-van Dasselaar *et al.*, 2011; 8=Schils, 2002

Voer

Maatregel	CH4 (effect kg CO2/ kg melk)	N2O (effect kg CO2/ kg melk)	CO2 (effect kg CO2/ kg melk)	Verandering inkomen (euro / 100 kg melk)	Investering * € 1000	Bron ¹⁾
Voer:						
2,5 kg krachtvoer vervangen door graan of CCM	-0.018	-0.001	-0.037	-0.08	0	4,5
820 kg krachtvoer/koe vervangen door 500 kg Nutex/koe	-0.023	-0.006	-0.022	-0.84	0	5
Nitraat voeren	-2%	+0.000	+0.000	-0.23	0	10
Methaan-arm krachtvoer voeren zodat methaanemissie uit krachtvoer met 5% daalt	-0.035	+0.000	+0.000	+0.00	0	1
2 kg ds bijproducten/koe/dag bijvoeren	-0.004	+0.000	-0.005	+0.08	0	1,5
1,5 kg ds tarwegistconcentraat/koe/dag	+0.005	+0.002	-0.010	+0.46	5	1,5
10% lager RE-gehalte krachtvoer, zelfde prijs krachtvoer	+0.000	-0.001	-0.002	+0.05	0	4,5
Vet in krachtvoer	-4%			?	0	7
Additieven	-1%			-	0	7

¹⁾ 1=Goselink *et al.*, 2013; 4=Roetert, 2009; 5=Vellinga *et al.*, 2009; 7=Kuikman *et al.*, 2004; 10=Hristov *et al.*, 2013

Energie

Maatregel	CH4 (effect kg CO2/ kg melk)	N2O (effect kg CO2/ kg melk)	CO2 (effect kg CO2/ kg melk)	Verandering inkomen (euro / 100 kg melk)	Investering * € 1000	Bron ¹⁾
Energie:						
Co-vergisting toepassen	-0.112	+0.010	-0.029	-11.43	>100	3
Zonne-energie	+0.000	+0.000	-0.029	+0.59	10-50	6
Wind-energie	+0.000	+0.000	-0.029	+0.94	>100	6
Trekker 65 kW ipv 85 kW bij zelf maaien, harken, schudden, ploegen en bemesten.						
Inkuielen in loonwerk	+0.000	+0.000	-0.010	+0.84	0	2
Warmteterugwinning	+0.000	+0.000	-0.007	+0.14	3-5	4,5
Voorkoeler gebruiken	+0.000	+0.000	-0.002	+0.05	2-3	5
Mestvergisting	--	+/-			>100	6

¹⁾ 2=aanvullende berekeningen met BBPR; 3=Schils *et al.*, 2006; 4=Roetert, 2009; 5=Vellinga *et al.*, 2009; 6=Van den Pol-van Dasselaar *et al.*, 2011 en aanvullende berekeningen. NB bij co-vergisting, zonne-energie en windenergie is uitgegaan van 100% saldering van het energieverbruik op het melkveebedrijf, vandaar dat de CO₂-effecten hetzelfde zijn. Alleen bij vergisting is een effect op CH₄ en N₂O aanwezig.

Bedrijf

Maatregel	CH4 (effect kg CO2/ kg melk)	N2O (effect kg CO2/ kg melk)	CO2 (effect kg CO2/ kg melk)	Verandering inkomen (euro / 100 kg melk)	Investering * € 1000	Bron ¹⁾
Bedrijf:						
Beperkter gaan weiden (ongeveer 4 kg ds ruwvoer extra per dag bijvoeren)	+0.007	-0.102	+0.010	-0.78	0	3,5
25% van de grond 6 km dichterbij huis	+0.000	+0.000	-0.002	+0.28	pm	4
Intensiveren bij minder dan 15.000 kg/ha	-	-	-	+	0	6

¹⁾ 3=Schils *et al.*, 2006; 4=Roetert, 2009; 5=Vellinga *et al.*, 2009; 6=Van den Pol-van Dasselaar *et al.*, 2011

Bijlage 2. Bedrijfskenmerken groepen**Tabel.** Bedrijfskenmerken van de groepen die gebruikt zijn voor opschaling van maatregelen van bedrijfsniveau naar sectorniveau

Kengetal	Productie intensiteit				
	Totaal	Veen	Extensief	Gemiddeld	Intensief
Groepsindeling					
Ondergrens meetmelk productie [kg/ha]				12.500	16.000
Bovengrens meetmelk productie [kg/ha]			12.500	16.000	
Mineralen [kg/ha] bedrijfsbalans					
Stikstof balans	167	160	147	166	184
Fosfaat balans	12	13	16	13	9
Broeikasgassen [kg CO₂-eq/100 kg meetmelk]					
<i>Totaal</i>	118	147	126	118	107
<i>Bedrijf</i>	85	112	93	85	74
Pens- en darmfermentatie (methaan)	46	50	52	48	43
Mest (methaan en lachgas)	13	12	13	13	14
Bodem	19	45	22	18	12
Energiegebruik (incl. loonwerk)	6	5	6	6	6
<i>Buiten bedrijf</i>	33	35	33	33	33
Voer	21	23	19	21	22
Kunstmest	5	6	6	6	4
Overige	6	6	8	6	6
Saldo [euro excl. BTW / 100 kg meetmelk]					
<i>Marge</i>	-6,66	-5,95	-10,59	-6,68	-5,49
<i>Kosten</i>	50,11	50,77	56,24	49,01	48,67
Arbeid	12,09	14,12	16,75	11,96	9,99
Werk door derden	2,37	1,73	2,67	2,55	2,33
Afschrijvingen machines	3,04	2,74	2,76	2,93	3,31
Grond en afschrijving op gebouwen	4,38	3,98	5,07	4,32	4,31
Onderhoud en huur	2,64	2,66	3,21	2,72	2,38
Veevoer	9,00	8,73	8,44	8,20	9,90
Diergezondheid	1,14	1,02	1,17	1,15	1,15
Veeverbetering	0,90	0,87	0,87	0,92	0,90
Overige kosten plant e/o dier	2,39	1,92	2,24	2,30	2,65
Quota	3,26	3,37	2,86	3,04	3,53
Meststoffen	1,01	1,06	1,35	1,07	0,82
Berekende rente op activa	3,84	4,27	4,02	3,88	3,62
Algemene kosten	2,11	2,47	2,71	2,06	1,84
Overige kosten	1,94	1,83	2,12	1,91	1,94
<i>Opbrengsten</i>	43,45	44,82	45,65	42,33	43,18
Melk en zuivel	36,01	36,42	36,17	35,30	36,39
Overige	7,44	8,40	9,48	7,03	6,79



Wageningen UR Livestock Research

Edelhertweg 15, 8219 PH Lelystad T 0320 238238 F 0320 238050

E info.livestockresearch@wur.nl | www.livestockresearch.wur.nl