



Methaanemissie op het melkveebedrijf

Impactanalyse voor reductiemaatregelen en doorrekening daarvan in de Kringloopwijzer

L. Šebek, M. de Haan en A. Bannink



LIVESTOCK RESEARCH
WAGENINGEN UR

Methaanemissie op het melkveebedrijf

Impactanalyse voor reductiemaatregelen en doorrekening daarvan in de Kringloopwijzer

L. Šebek, M. de Haan en A. Bannink



Dit onderzoek is uitgevoerd als onderdeel van de publiek-private samenwerking (PPS) "Feed4Foodure", en is medegefinancierd door het Ministerie van Economische Zaken, in het kader van het Beleidsondersteunend onderzoek (projectnummer BO31.03-005-001).

Wageningen UR Livestock Research
Wageningen, december 2014

Livestock Research Rapport 796

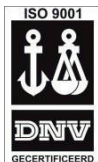


LIVESTOCK RESEARCH
WAGENINGEN UR

© 2014 Wageningen UR Livestock Research, Postbus 338 6700 AH Wageningen, T 0317 483 953, E info.livestockresearch@wur.nl, www.wageningenUR.nl/livestockresearch. Livestock Research is onderdeel van Wageningen UR (University & Research Centre).

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

Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden vermenigvuldigd en/of openbaar gemaakt worden door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke wijze dan ook zonder voorafgaande toestemming van de uitgever of auteur.



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

Inhoud

Woord vooraf	5
Samenvatting	7
1 Inleiding	11
1.1 Achtergrond	11
1.2 Onderzoeksvragen	11
1.3 Aanpak	11
1.4 Opbouw rapport	12
2 Bronnen van methaan op het melkveebedrijf	13
2.1 Algemeen	13
2.2 Reductie methaanemissie uit mestopslag	14
2.2.1 Minder mest in de opslag	14
2.2.2 Dagverse mest in gesloten opslag	15
2.2.3 Mestopslag koelen	15
2.2.4 Toevoegmiddelen	15
2.3 Reductie methaanemissie uit dieren	15
2.3.1 Minder dieren houden	16
2.3.2 Minder kg CH ₄ per gemiddeld aanwezig dier	16
2.4 Concretiseren van maatregelen	16
2.4.1 Handelingsperspectieven op het melkveebedrijf	16
3 Reductie methaanemissie op het melkveebedrijf	19
3.1 Methaanvorming in het dier	19
3.2 Rekenen met voerfactoren	19
3.3 Variatie in Y _m door voerfactoren	19
3.4 Reductie potentieel CH ₄ emissie melkvee	20
3.5 Conclusies	20
3.5.1 Variatie in CH ₄ emissie melkvee is groot	20
3.5.1 Sturen op verlagen CH ₄ emissie melkvee is relevant	21
3.5.2 Effect vertering op CH ₄ emissie is essentieel	21
3.5.3 Reductiepotentieel is groot	21
4 Methaanemissie op praktijkbedrijven: gemiddelde en spreiding	22
4.1 Data van praktijkbedrijven	22
4.2 Rekenwijze methaanemissie Koeien&Kansen	22
4.3 Resultaten methaanemissie Koeien&Kansen	23
5 Rekenmethodiek voor methaan in de kringloopwijzer	25
5.1 Achtergrond	25
5.2 Rekenmethodieken methaanemissie melkvee	25
5.2.1 KringloopWijzer	25
5.2.2 Tier 2	25
5.2.3 Tier 3	25
5.2.4 Empirische vergelijkingen	26
5.3 Het NL Tier 3 model in de Kringloopwijzer	26
5.3.1 Kanttekeningen	26
5.3.2 Producten	26
6 Statische of dynamische emissiefactoren	29
6.1 Statische emissiefactoren	29

6.2	Dynamische emissiefactoren	29
7	Naar minder emissies	30
7.1	Achtergrond	30
7.2	Kennisontwikkeling en communicatie	30
7.3	Actie bij veehouders via erfbetreders	30
	Literatuur	31

Woord vooraf

Voor u ligt het rapport 'Methaanemissie op het melkveebedrijf: Impactanalyse voor reductiemaatregelen en doorrekening daarvan in de KringloopWijzer'. Het rapport geeft antwoord op de vraag van het Nederlandse diervoederbedrijfsleven om inzicht te geven in de relevantie en mogelijkheden voor aanpassing van de rekenregels in de KringloopWijzer. Het betreft de rekenregels voor methaanemissie uit de veestapel met als doel het effect van sturen op voerfactoren volledig in te rekenen. Door volledig inrekenen van voerfactoren wordt, met betrekking tot de vermindering van de methaanemissie, het handelingsperspectief duidelijk van zowel diervoederbedrijfsleven als (melk)veehouder.

In dit project heeft een team van Wageningen UR Livestock Research samengewerkt met vertegenwoordigers van het Nederlandse diervoederbedrijfsleven: J. Goelema (de Heus), J. Temmink (ForFarmers), E. Weurding (Agrifirm) en S. van Zijderveld (Nutreco).

Het onderzoek is financieel mogelijk gemaakt door het onderzoeksprogramma Feed4Foodure, vanuit de ambitie om een substantiële bijdrage te leveren aan een duurzame en gezonde veehouderij in Nederland. Feed4Foodure is een publiek-private samenwerking tussen het ministerie van Economische Zaken en een consortium van verschillende partijen uit het diervoederbedrijfsleven en de dierlijke productieketen.

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

Met vriendelijke groeten,

Dr. Ir. G. (Gert) van Duinkerken
Afdelingshoofd Diervoeding

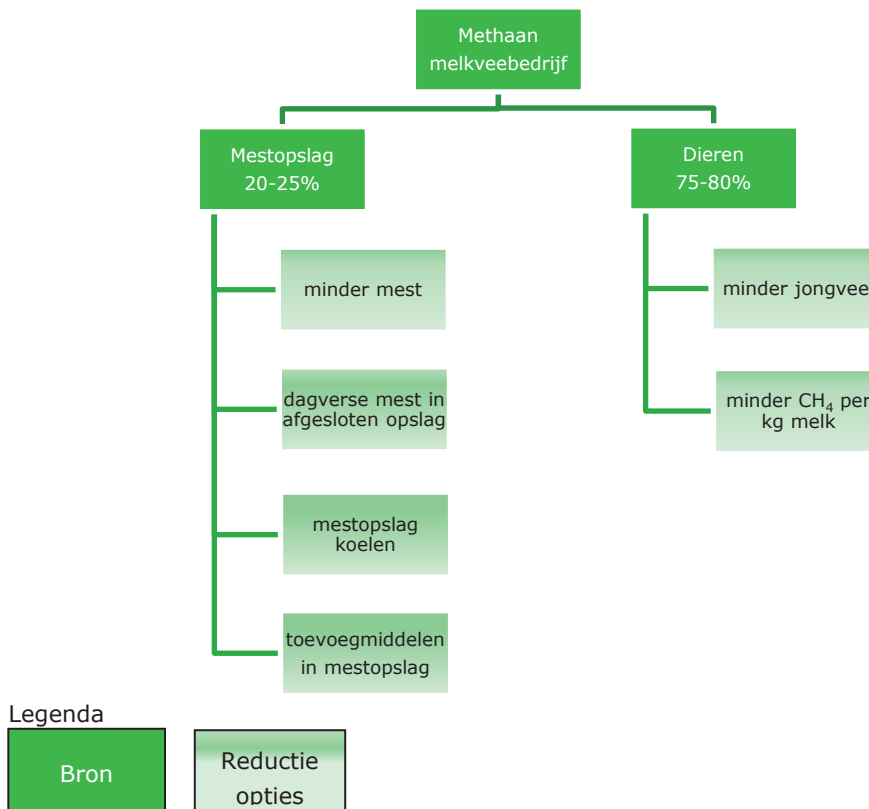
Samenvatting

Het Nederlandse diervoederbedrijfsleven is actief betrokken bij de mogelijkheden om de koolstofkringloop efficiënter te maken en de broeikasgasemissie (waaronder methaan) te reduceren. Ook de zuivelketen wil de C-kringloop efficiënter maken en heeft besloten om de emissie van methaan, kooldioxide en de mobiliteit van organische stof in de bodem bedrijfsspecifiek in beeld te brengen met de KringloopWijzer. Daarmee ligt de focus op de on-farm emissies. Het is de verwachting dat de voerketen een substantiële bijdrage kan leveren aan efficiëntieverbetering in de C-kringloop van het melkveebedrijf.

Vooralsnog ontbreekt het de Kringloopwijzer aan onderbouwde rekenregels om het effect van de bijdrage van de voerketen bedrijfsspecifiek door te rekenen. Of en welke mogelijkheden er zijn om dit gemis in te vullen is onderzocht in het project 'Methaanemissie op het melkveebedrijf: Impactanalyse voor reductiemaatregelen en doorrekening daarvan in de Kringloopwijzer'. De in dit rapport vastgelegde resultaten komen voort uit de volgende activiteiten:

- 1 Inventariseren van alle beschikbare maatregelen (inclusief effect), zowel vanuit perspectief melkveehouder als vanuit perspectief diervoederbedrijfsleven.
- 2 Relevantie aangeven van de rol van het diervoederbedrijfsleven bij het reduceren van de on-farm emissie van methaan.
- 3 Overzicht geven van de beschikbare kennis over en de beschikbare rekenregels voor de methaanemissie van de beloftevolle maatregelen.
- 4 Overzicht geven van de gebruikte rekenregels voor methaanemissie binnen de KringloopWijzer.
- 5 Vergelijking maken van de benodigde rekenregels (om impact handelen diervoederbedrijfsleven weer te geven) met de rekenregels die nu gebruikt worden in de KringloopWijzer.

De bronnen van methaanemissie en de mechanismen waarmee reductie van de methaanemissie op het melkveebedrijf gerealiseerd kan worden zijn schematisch weergegeven in Figuur 1.



Figuur 1. Bronnen en reductieopties naar werkingsmechanisme voor de methaanemissie op het melkveebedrijf

Op het melkveebedrijf is de CH₄ emissie afkomstig uit 2 bronnen. De mestopslag (ca. 20-25% van totaal) en de veestapel c.q. de fermentatie van voer in het maagdarmkanaal (ca. 75-80% van totaal). De CH₄ emissie (kg/jaar) uit mestopslag kan op 4 manieren gereduceerd worden: minder mest in opslag, mest zo snel mogelijk in een afgesloten opslag brengen en CH₄ afvangen, mesttemperatuur onder de 10 °C houden en toevoegen van zuren of additieven die de CH₄ productie remmen. De CH₄ emissie (kg/jaar) uit de veestapel kan op 2 manieren gereduceerd worden: minder dieren houden en minder kg CH₄ per gemiddeld aanwezig dier produceren. Voor iedere reductieoptie zijn rekenregels nodig zijn om het effect (in de KringloopWijzer) door te rekenen. Met deze rekenregels kan het effect van alle denkbare maatregelen (nu al bekend, maar ook eventueel toekomstige maatregelen) worden doorgerekend.

Het reductiepotentieel om de methaanvorming in het dier via rantsoenaanpassingen te beïnvloeden is groot. Voor het gemiddelde Nederlandse melkveebedrijf is het reductiepotentieel ingeschat op 20-25% ten opzichte van het IPCC referentiejaar 1990. Ten opzichte van het jaar 2013 is het reductiepotentieel ingeschat op 15-20%. Hoe groot het reductiepotentieel voor een individueel bedrijf is, hangt af van verschillende factoren: rantsoensamenstelling, voeropnameniveau en specifieke voerfactoren. In de IPCC rekenmethodiek wordt het gecombineerde effect van deze voerfactoren op de methaanemissie uitgedrukt in de factor Y_m. De Y_m geeft aan welk percentage van de door het dier opgenomen bruto energie (MJ/dag) als methaan het dier weer verlaat (MJ/dag). Er worden Y_m waarden gemeten variërend tussen de 4 en 8%, maar voor het gemiddelde Nederlandse melkvee varieert Y_m van ongeveer 5 tot 7%. Effecten van specifieke voerfactoren als toevoeging van vet of nitraat, kunnen een extra reducerend effect hebben op de Y_m en met inbegrip van dit extra reducerende effect kan de Y_m van Nederlandse voeropnames variëren van ongeveer 4 tot 7%. Daarmee kan de methaanemissie voor Nederlandse melkkoe variëren van ongeveer 240 tot 420 gram CH₄ per dier per dag. Deze grote variatie in methaanemissie maakt het verkennen van de mogelijkheid om te sturen op methaanemissie interessant.

Deze variatie in methaanemissie is ook terug te zien op de praktijkbedrijven van het project Koeien&Kansen. In de periode 2009-2012 was de methaanemissie van de veestapel 57,6 kg CO₂ per 100 kg FPCM met een variatie coëfficiënt +/- 10,6%, ondanks dat het een groep bedrijven betreft die al gedurende meer dan 10 jaar bovengemiddeld veel aandacht besteden aan efficiënte kringlopen en voerefficiëntie. In de brede praktijk wordt daarom een grotere variatie verwacht, waarbij de hoeveelheid jongvee via een duidelijk invloed op de methaanemissie van de veestapel voor extra variatie zal zorgen.

De CH₄ rekenregels in de KringloopWijzer zijn in juli 2014 conform de IPCC rekenmethodiek die zich van Y_m bedient (Tier 2). Met deze rekenregels is het niet mogelijk om het effect te kwantificeren van gerichte inspanningen in de voerketen om de methaanemissie bedrijfsspecifiek te verminderen. Daarvoor dienen de rekenregels te worden aangepast van IPCC Tier 2 naar het niveau van Tier 3. Dat is mogelijk omdat Nederland een erkende IPCC Tier 3 heeft voor de berekening van methaanemissie uit het maagdarmkanaal van melkvee (het pensmodel van Bannink et al, 2011). Toepassing van dat model voor berekeningen op praktijkbedrijven is echter nog niet aan de IPCC ter toetsing voorgelegd en dus betreft het een niet erkende IPCC Tier 3. Daarom wordt die toepassing hier benoemd als 'Tier 3 niveau'. Daarbij wordt het Tier 3 pensmodel gebruikt om voor ieder voedermiddel (van mengvoedergrondstof tot ruwvoedermiddel) de methaanemissiefactor (EF, in g CH₄ per kg droge stof gevoerd voedermiddel) vast te stellen. Op die manier wordt het effect ingerekend van voerfactoren op de verteerbaarheid van het voer. Bij voedermiddelen waarbij de EF afhankelijk is van de productsamenstelling worden regressieformules gegeven om de actuele EF te berekenen. De dagelijkse methaanemissie van de veestapel (g CH₄) wordt berekend door het voerverbruik in kg ds per voedermiddel te vermenigvuldigen met de EF van dat voedermiddel en de resultaten op te tellen. Een kanttekening is dat de EF's op een dynamische of statische manier kunnen worden uitgerekend. Nader onderzoek moet duidelijk maken hoe hiermee het beste kan worden omgegaan in de Kringloopwijzer.

Rekenen op dynamisch 'Tier 3 niveau' betekent dat de actuele methaanemissie uit het maagdarmkanaal van de veestapel nauwkeurig berekend kan worden door rekening te houden met de

specifieke voer- en rantsoenkenmerken (=bedrijfsspecifiek). Rekenen op statisch 'Tier 3 niveau' geeft ook voor iedere specifieke bedrijfssituatie de actuele methaanemissie uit het maagdarmkanaal van de veestapel. Echter, de nauwkeurigheid en de bedrijfsspecificiteit is minder groot en het effect van specifieke voerfactoren is niet zichtbaar. Dit komt doordat detailinformatie over voer- en rantsoenkenmerken wordt samengevat in Nederlandse gemiddelden.

Het beschikbaar hebben van rekenregels om bedrijfsspecifiek het effect van inspanningen in de voerketen op de methaanemissie te kwantificeren, wil nog niet zeggen dat de praktijk hier ook gebruik van gaat maken. Er is aanleiding te veronderstellen dat implementatie niet vanzelf gaat. Het is immers voor zowel melkveehouder als adviseur een extra werkbelasting waarvan onduidelijk is of het financiële consequenties zal hebben. Het is daarom belangrijk om via een gestructureerde aanpak het gebruik van dit deel van de Kringloopwijzer te bevorderen.

1 Inleiding

1.1 Achtergrond

Het Nederlandse diervoederbedrijfsleven is actief betrokken bij de mogelijkheden om de koolstofkringloop efficiënter te maken en de broeikasgasemissie (waaronder methaan) te reduceren. Ook de zuivelketen wil de C-kringloop efficiënter maken en heeft besloten om de emissie van methaan, kooldioxide en de mobiliteit van organische stof in de bodem bedrijfsspecifiek in beeld te brengen met de KringloopWijzer. Deze ontwikkelingen zijn voor het diervoederbedrijfsleven van belang, omdat de verwachting is dat de voerketen een substantiële bijdrage kan leveren aan efficiëntieverbetering in de C-kringloop van het melkveebedrijf. Echter, vooralsnog ontbreekt het de Kringloopwijzer aan onderbouwde rekenregels om het effect van de bijdrage van de voerketen door te rekenen. Het onderzoeksprogramma Feed4Foodure¹ biedt daarom ruimte om te onderzoeken hoe een nauwe aanhechting van de voerketen met de KringloopWijzer te realiseren is. Daarmee ligt de focus van dat onderzoek op de on-farm emissies (conform de KringloopWijzer).

1.2 Onderzoeksvragen

Om aansluiting van de voerketen met de BEC module binnen de KringloopWijzer te realiseren zijn de volgende stappen voorzien:

- Identificeren van mogelijke maatregelen om de methaanemissie op het melkveebedrijf te verminderen. De maatregelen betreffen het handelingsperspectief van de veehouder en hebben betrekking op de directe dierhouderij (voeding, diergezondheid, leeftijdsopbouw veestapel, etc.)
- Globaal kwantificeren (orde van grootte) van het reductie effect van de geïdentificeerde maatregelen op de methaanemissie op het melkveebedrijf.
- Vaststellen van de onderzoeksvragen en -inspanningen die noodzakelijk zijn om geïdentificeerde beloftevolle maatregelen in te passen in de koolstofmodule in de KringloopWijzer (BEC).
- Maken van een onderzoeksplan vanuit het perspectief van het diervoederbedrijfsleven om de aansluiting met BEC te realiseren, inclusief het voorstellen van de onderzoeksprioriteiten en van systemen om algemeen aanvaarde relaties in te bedden in BEC.

1.3 Aanpak

Samenwerking

Om het handelingsperspectief vanuit verschillende invalshoeken te belichten is voor dit project een begeleidingsteam samengesteld met medewerkers van WUR Livestock Research en met vertegenwoordigers van het diervoederbedrijfsleven. Een samenvatting van de bevindingen van dit team is opgenomen in Bijlage 2.

Perspectief melkveehouder

- Overzicht van maatregelen die door de melkveehouder genomen kunnen worden om de methaanemissie op het melkveebedrijf (on-farm emissie) te verminderen, inclusief inschatting van de orde van grootte van de te verwachten reductie van de methaanemissie.
- Vaststellen of
 - o het reductie-effect van alle beloftevolle maatregelen goed kan worden ingeschat.
 - o alle beloftevolle maatregelen met de KringloopWijzer kunnen worden doorgerekend.

¹ Feed4Foodure is een publiek-private samenwerking tussen het ministerie van Economische Zaken en een consortium van verschillende partijen uit de diervoedingsindustrie en de dierlijke productieketen.

-
- Evaluatie van de 'maatregelen melkveehouder' met als doel kennishiaten in de eerste versie van de KringloopWijzer op te sporen en aan te geven welke onderzoeksinspanning nodig is om de hiaten in te vullen.

Perspectief diervoederbedrijfsleven

- Overzicht van maatregelen die door het diervoederbedrijfsleven genomen kunnen worden om de methaanemissie op het melkveebedrijf (on-farm emissie) te verminderen, inclusief de orde van grootte van de te verwachten reductie van de methaanemissie.
- Vaststellen of
 - o het reductie-effect van alle beloftevolle maatregelen goed kan worden ingeschat.
 - o alle beloftevolle maatregelen met de KringloopWijzer kunnen worden doorgerekend.
 - o de beloftevolle maatregelen effect hebben op de off farm broeikasgasemissies (in CO₂-equivalenten), inclusief inschatting van de orde van grootte van die effecten
- Evaluatie van de 'maatregelen diervoederbedrijfsleven' met als doel kennishiaten in de eerste versie van de KringloopWijzer op te sporen en aan te geven welke onderzoeksinspanning nodig is om de hiaten in te vullen.

Aansluiten bij KringloopWijzer

- Aanbevelingen voor een onderzoeksplan (vanuit het perspectief van het diervoederbedrijfsleven) om de geconstateerde hiaten in te vullen en gereed te maken voor implementatie in de KringloopWijzer, inclusief
 - o prioritering van de onderzoeksvragen
 - o inschatting van de onderzoeksinspanning

Toelichting bij enkele punten van de aanpak

- inschatting van de orde van grootte van de te verwachten reductie van de methaanemissie
 - o betreft het kwantitatieve effect van die maatregelen (kg CH₄ reductie) en de relevantie van die reductie voor de totale CH₄ emissie op het melkveebedrijf.
- Vaststellen of het reductie-effect van alle beloftevolle maatregelen goed kan worden ingeschat
 - o Betreft beoordeling van de beschikbare rekenregels plus benodigde input (data), inclusief een inschatting van de nauwkeurigheid van de berekening van de CH₄ emissie.
- Vaststellen kennishiaten
 - o Inclusief de reden waarom het doorrekenen van het effect van de betreffende maatregel (nog) niet is opgenomen in de KringloopWijzer.

1.4 Opbouw rapport

Hoofdstuk 1 geeft de achtergrond van de vraag weer. Hoofdstuk 2 geeft de bronnen van methaanemissie en maakt inzichtelijke via welke mechanismen reductie van de methaanemissie op het melkveebedrijf gerealiseerd kan worden. Vervolgens geeft hoofdstuk 3 aan wat de impact kan zijn van de reductieopties voor de beschreven bronnen. Dat gebeurt op basis van de theoretische spreiding. Hoofdstuk 4 geeft inzicht in de praktijkvariatie in methaanemissies en de relevantie van sturing op reductie. Hoofdstuk 5 geeft aan hoe de benodigde rekenregels er uit moeten zien en hoe die rekenregels aansluiten bij de rekenregels in de KringloopWijzer. Hierdoor wordt enerzijds duidelijk wat nog onvoldoende onderzocht is met betrekking tot de benodigde rekenregels en anderzijds wat voor aanpassingen in de KringloopWijzer nodig zijn. Daarbij komt de een belangrijke vraag naar voren die in hoofdstuk 6 wordt uitgeschreven. Het betreft de keuze tussen dynamisch of statisch rekenen met emissiefactoren. Tenslotte wordt in hoofdstuk 7 de vraag geadresseerd hoe de sector betrokken kan worden bij de reductie van de methaanemissie op het melkveebedrijf.

In Bijlage 1 is een inventarisatie gegeven van de nu bekende maatregelen om de methaanemissie op het melkveebedrijf te verminderen. In de bijlage worden de maatregelen kort toegelicht, het effect ingeschat en is aangegeven of ze passen bij het perspectief van de melkveehouder cq diervoedersector (adviseur). In Bijlage 2 wordt een samenvatting gegeven van de bevindingen van het begeleidingsteam.

2 Bronnen van methaan op het melkveebedrijf

2.1 Algemeen

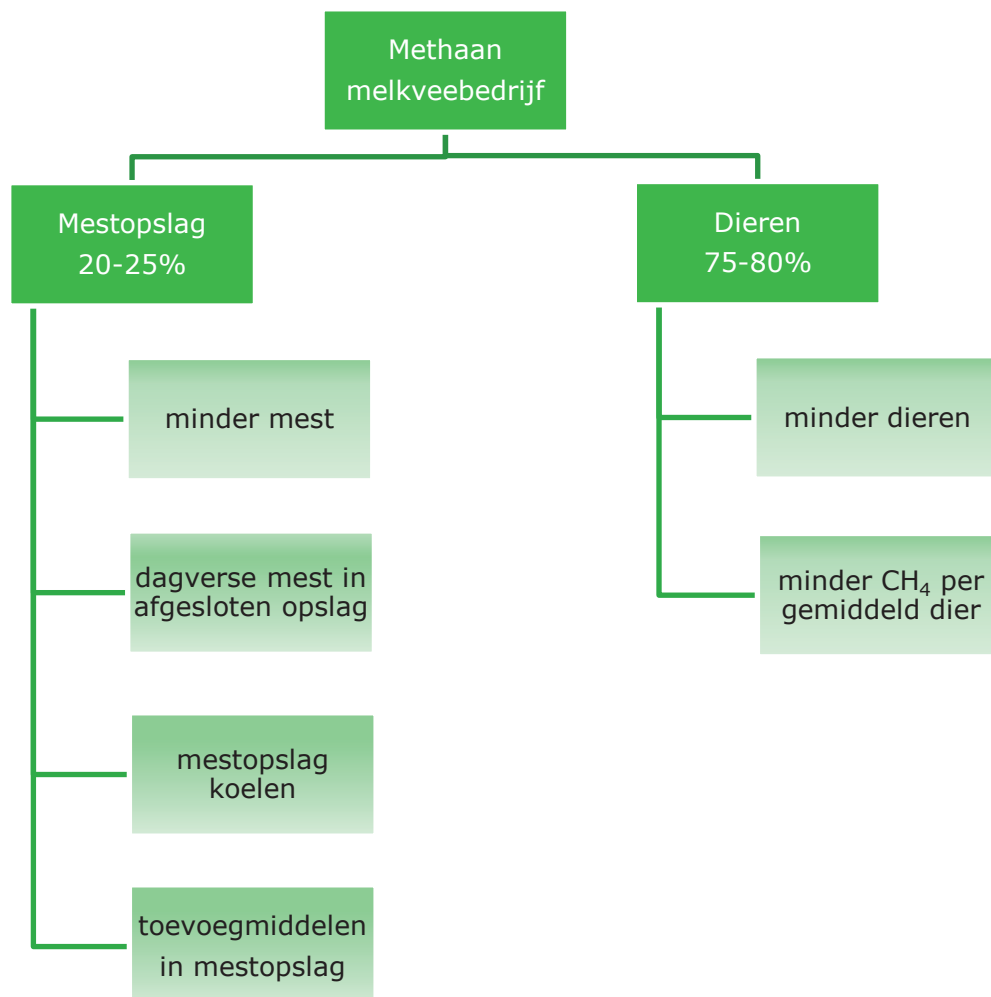
Op het melkveebedrijf is de CH₄ emissie afkomstig uit 2 bronnen:

- Mestopslag (ca. 20-25% van totaal)
- Dieren cq fermentatie maag/darmkanaal (ca. 75-80% van totaal)

Methaan is een broeikasgas met een Global Warming Potential (GWP) van 28²: het opwarmingseffect van 1 kg CH₄ is 28 keer groter dan het opwarmingseffect van 1 kg van het belangrijkste broeikasgas CO₂. Doel van methaanreductie is dan ook het terugdringen van de hoeveelheid CH₄ in de atmosfeer d.w.z. de absolute hoeveelheid CH₄ in kilogram per jaar. Voor het melkveebedrijf zijn de bronnen en de reductieopties naar werkingsmechanisme weergegeven in figuur 2.1.

De methaanemissie (al of niet omgerekend in CO₂ equivalenten) kan ook worden uitgedrukt in een verhoudingsgetal. Een verhoudingsgetal wordt gebruikt wanneer niet de absolute emissie, maar de emissie in relatie tot een ander kenmerk de belangstelling heeft. Bijvoorbeeld 'kg CH₄ per kg melk', welke inzicht geeft in de efficiëntie van de melkproductie met betrekking tot CH₄ emissies. Dit kengetal kan gebruikt worden als maat voor de milieubelasting via broeikasgassen van een kg voedsel (melk). De methaanemissie kan ook per grootvee eenheid worden uitgedrukt om de efficiëntie van de veestapel aan te geven en zegt dan wat over de combinatie van de voerefficiëntie en de verhouding tussen melkgevende dieren en droge dieren cq jongvee.

² De GWP van koolstofdioxide is per definitie gelijk aan 1. De GWP is afhankelijk van de gebruikte tijdsperiode; voor sommige gassen vergroot de GWP wanneer een langere tijdsperiode wordt beschouwd, voor andere gassen verkleint de GWP (o.a. methaan). Dit hangt af van de levensduur van de gassen in de atmosfeer. De snelheid waarmee de concentratie van een gas in de atmosfeer vermindert in de tijd is niet altijd even goed bekend en daarom zijn niet alle GWP waarden even betrouwbaar. Ook voor methaan vindt met enige regelmaat een update plaats. Zo is de GWP_{100jaar} van methaan al aangepast van 21, naar 25 en recent naar 28. Er is nog steeds discussie over de GWP van methaan en de kern van de discussie is dat ook de huidige 28 te laag zou zijn ingeschat.



Legenda Figuur 2.1

Bron	Reductieopties
------	----------------

Figuur 2.1. Bronnen en reductieopties naar werkingsmechanisme voor de methaanemissie op het melkveebedrijf

2.2 Reductie methaanemissie uit mestopslag

De absolute CH₄ emissie (kg/jaar) uit mestopslag kan op 4 manieren gereduceerd worden (Figuur 1):

- Minder mest in opslag
- Mest zo snel mogelijk in een afgesloten opslag brengen en CH₄ afvangen
- Mesttemperatuur onder de 10 °C houden
- Toevoegen van zuren of additieven die de CH₄ productie remmen

2.2.1 Minder mest in de opslag

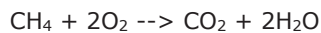
- a. Minder dieren: bij voorkeur dieren die geen of weinig melk produceren. Het kan ook gerealiseerd worden via een hogere melkproductie per dier bij gelijke melk (mits kg mest per kg melk vermindert).
- b. Minder mest per dier: beter verteerbaar voer (rantsoen) cq minder opname in kg droge stof bij gelijke melkproductie, samenstelling veestapel aanpassen nl zo weinig mogelijk dieren die geen melk produceren.

-
- c. Minder fermenteerbare organische stof per kg mest.
 - d. Minder opstallen / meer weiden. Bij weiden ontstaat nauwelijks methaan, omdat methanogenen anaeroob zijn. Zo gauw zuurstof bij de mest komt stopt de methaanvorming.
 - e. Mest minder lang in de opslag houden.

2.2.2 Dagverse mest in gesloten opslag

De geproduceerde mest zo snel mogelijk in een gesloten opslag brengen zodat de methaanproductie pas goed op gang komt als de mest al in de gesloten opslag is:

- a. De methaanproductie wordt geoptimaliseerd door vergisting, waarna de geproduceerde methaan als vervanging van fossiele brandstof kan dienen (als elektriciteit, groen gas, CNG of LNG). Dit geeft niet alleen een reductie van de methaanemissie van het melkveebedrijf, maar ook een reductie in het gebruik van fossiele brandstoffen. Deze reductie in gebruik van fossiele brandstoffen kan wellicht als compensatie gezien worden en dan op basis van CO₂ equivalenten verrekend worden met de broeikasgasemissies van het melkveebedrijf.
- b. De natuurlijke methaanproductie kan ook alleen worden opgevangen en worden afgafakkeld. In dit geval is er geen sprake van eventuele compensatie, maar het affakkelen vermindert de broeikasgasuitstoot aanzienlijk (voor deze bron met een factor 28), omdat methaan met een GWP van 28 wordt omgezet in kooldioxide met een GWP van 1.



Er kan ook beredeneerd worden dat na affakkelen de bijdrage aan het broeikasgaseffect gelijk aan 0 is, omdat de C uit methaan weer deel is geworden van kort cyclisch C (het was atmosferische C, werd voer C, werd mest C en dan weer atmosferische C).

Opmerking

- Het verdient aanbeveling om de praktische mogelijkheden te inventariseren voor het affakkelen van methaan uit mestopslag o.a. of de methaanconcentratie in de lucht in een afgesloten mestopslag voldoende hoog is en welke technische aanpassingen nodig zijn.
- Boven de mest in een afgesloten mestopslag komt niet alleen methaan maar bijvoorbeeld ook ammoniak voor. Deze ammoniak wordt mee verbrand. Op zich is dat een schoon proces, mits wordt uitgegaan van volledige verbranding. Als ammoniak verbrandt gaat dat volgens de chemische reactie $4 \text{NH}_3 + 3\text{O}_2 \rightarrow 2\text{N}_2 + 6\text{H}_2\text{O}$. N₂ is niet milieubelastend. Het verdient aanbeveling nader te onderzoeken of de condities bij affakkelen leiden tot volledige verbranding van ammoniak.

2.2.3 Mestopslag koelen

Het proces waarbij methaan wordt gevormd (methanogenese) stopt bij temperaturen beneden 10° C. In de winterperiode wordt weinig tot geen methaan gevormd. De maatregel heeft betrekking op de warme periode van het jaar.

2.2.4 Toevoegmiddelen

Het proces waarbij methaan wordt gevormd (methanogenese) stoppen of vertragen door toevoeging van producten zoals zuren en antibacteriële middelen

2.3 Reductie methaanemissie uit dieren

De absolute CH₄ emissie (kg/jaar) uit dieren kan via 2 principes gereduceerd worden (zie Figuur 1):

- Minder dieren houden
- Minder kg CH₄ per gemiddeld aanwezig dier produceren

2.3.1 Minder dieren houden

- a. Minder melk produceren: samenstelling veestapel gelijk houden door in alle diercategorieën naar rato het aantal dieren te verminderen.
- b. Evenveel melk produceren: samenstelling veestapel aanpassen door relatief meer melkgevende dier te houden door minder jongvee aan te houden bij gelijk aantal melkkoeien.
- c. Meer melk produceren: idem b, maar dan in combinatie met een efficiëntere voerbenutting (zie 3.2.2)

2.3.2 Minder kg CH₄ per gemiddeld aanwezig dier

Een efficiëntere veestapel via diermanagement

- a. Efficiëntie voerbenutting
 - i. Voedermiddelen kiezen met een lage emissiefactor (EF) voor methaan
 - ii. Penskarakteristieken optimaliseren naar geringere CH₄ productie
 - iii. Teelt & bemesting ruwvoer afstemmen op lage CH₄ emissie
- b. Hoge melkproductie per dier per jaar
 - i. Fokkerij
 - ii. Hogere nutriëntendichtheid rantsoen
 - iii. Betere verteerbaarheid rantsoen
 - iv. Hogere droge stof opname
- c. Duurzame veestapel
 - i. Hogere gemiddelde leeftijd
 - ii. Leeftijdsopbouw veestapel aanpassen
 - iii. Hogere levensproductie
 - iv. Minder jongvee aanhouden

2.4 Concretiseren van maatregelen

2.4.1 Handelingsperspectieven op het melkveebedrijf

De handelingsperspectieven om de methaanemissie te verminderen zijn in beeld gebracht volgens de aanpak van bronnen en reductieprincipes (weergegeven in Figuur 2.1) en de uitvoering daarvan op hoofdlijnen in de paragrafen 2.2 en 2.3. De laatste stap is het vertalen van de hoofdlijnen naar concrete handelingen op het melkveebedrijf (handelingsperspectief), zodat per reductieoptie over maatregelen kan worden nagedacht c.q. duidelijk is of alle maatregelen in beeld zijn. In tabel 2.1 is dat uitgewerkt. In Bijlage 1 is tabel 2.1 in uitgebreidere vorm opgenomen, inclusief een korte beschrijving van de maatregel, kennisbron, verwachte emissiereductie, handelingsperspectief voor melkveehouder en/of diervoedersector en een inschatting of een adviseur er mee kan werken.

Tabel 2.1.

Concrete maatregelen emissiereductie methaan. Het nummer (nr) komt overeen met de nummering in Bijlage 1.

hoofdpijn	Detail	nr	Maatregel
Vee			
Minder dieren	Even veel melk	1	1 stuks jongvee per 10 melkkoeien minder aanhouden
Minder CH₄ per dier	Efficiëntie voerbenutting + Hoge melkproductie per koe per jaar	3	500 kg meer melk per koe bij gelijk aantal koeien (hogere melkleverantie)
Bemesting			
Minder CH ₄ per dier	Efficiëntie voerbenutting (via teelt en bemesting)	6	50 kg N/ha grasland minder kunstmest strooien, bij lagere gewasproductie maïs aankopen
Gewas			
Minder CH ₄ per dier	Efficiëntie voerbenutting (via teelt en bemesting)	7	Op 10% van grondareaal maïs vervangen door MKS of CCM
Minder CH ₄ per dier	Efficiëntie voerbenutting (via teelt en bemesting)	8	Op 10% van areaal GPS telen ipv gras voor jongvee
Minder CH ₄ per dier	Efficiëntie voerbenutting (via teelt en bemesting)	9	Van 10% naar 20% maïs in het bouwplan
Minder CH ₄ per dier	Efficiëntie voerbenutting (via teelt en bemesting)	10	Gras/klaver toepassen
Minder CH ₄ per dier	Efficiëntie voerbenutting (via teelt en bemesting)	11	500 kg ds/ha lichtere maaisnede
Minder CH ₄ per dier	Efficiëntie voerbenutting	12	Minder beheersland
Minder CH ₄ per dier	Efficiëntie voerbenutting (via teelt en bemesting)	13	Meer herinzaai
Minder CH ₄ per dier	Efficiëntie voerbenutting (via teelt en bemesting)	14	Betere graslandvernieuwing
Minder CH ₄ per dier	Efficiëntie voerbenutting (via teelt en bemesting)	15	Andere type gras
Voer			
Minder CH ₄ per dier	Efficiëntie voerbenutting (via voedermiddelen met lage EF)	16	2,5 kg krachtvoer/koe/dag vervangen door andere energierijke producten
Minder CH ₄ per dier	Efficiëntie voerbenutting (via voedermiddelen met lage EF)	17	Methaan-arm krachtvoer voeren
Minder CH ₄ per dier	Efficiëntie voerbenutting (via voedermiddelen met lage EF)	18	Extra vet in krachtvoer opnemen
Minder CH ₄ per dier	Efficiëntie voerbenutting (via penskarakteristieken)	19	Additieven toevoegen
Minder CH ₄ per dier	Efficiëntie voerbenutting	20	Jongvee op de norm voeren
Minder CH ₄ per dier	Efficiëntie voerbenutting (via voedermiddelen met lage EF)	21	Meer bestendig zetmeel voeren
Minder CH ₄ per dier	Efficiëntie voerbenutting (via voedermiddelen met lage EF + penskarakteristieken)	22	Meer onverzadigd vet voeren

Minder CH ₄ per dier	Efficiëntie voerbenutting	23	Gebruik inkuilmiddelen
Bedrijf			
Minder CH ₄ per dier	Efficiëntie voerbenutting (via teelt en bemesting)	26	Verbeteren bodemstructuur
Minder CH ₄ per dier	Efficiëntie voerbenutting (via voedermiddelen met lage EF)	27	Meer krachtvoer per koe
Minder CH ₄ per dier	Efficiëntie voerbenutting	28	Verbeteren beweiding
Minder CH ₄ per dier	Efficiëntie voerbenutting (via voedermiddelen met lage EF) +	29	Intensiveren
	Hoge melkproductie per koe per jaar		
Minder CH ₄ per dier	Duurzame veestapel (via hogere gemiddelde leeftijd)	30	Ligboxenstal aanpassen
Vee			
Minder CH₄ per dier + minder dieren	Efficiëntie voerbenutting + Hoge melkproductie per koe per jaar	2	500 kg meer melk per koe bij gelijke melkleverantie
Minder CH ₄ per dier + minder dieren	Efficiëntie voerbenutting + Duurzame veestapel	4	Betere vruchtbaarheid
Minder CH ₄ per dier + minder dieren	Efficiëntie voerbenutting + Duurzame veestapel	5	Betere diergezondheid
Bedrijf			
Minder mest		25	Meer gaan weiden
(dagverse) mest in afgesloten opslag		24	Mestvergisting toepassen

3 Reductie methaanemissie op het melkveebedrijf

3.1 Methaanvorming in het dier

Methaanvorming in het dier kan via rantsoenaanpassingen beïnvloed worden. Hoe de methaanvorming in vee reageert op rantsoenaanpassingen is afhankelijk van verschillende voerfactoren:

- Rantsoensamenstelling
- Voeropnameniveau
- Specifieke factoren

Het werkingsmechanisme waarmee deze factoren invloed hebben op de methaanemissie en de orde van grootte van hun effect wordt in dit hoofdstuk beschreven.

3.2 Rekenen met voerfactoren

In de IPCC rekenmethodiek wordt het gecombineerde effect van alle voerfactoren op de methaanemissie uitgedrukt in de factor Y_m . Het voordeel van Y_m is dat alleen informatie over de voeropname nodig is om de methaanemissie te berekenen. De Y_m geeft aan welk percentage van de door het dier opgenomen bruto energie (MJ/dag) als methaan het dier weer verlaat (MJ/dag). De IPCC Tier 2 geeft voor NW Europa als default waarde $Y_m = 6,5\%$. Bij een gemiddelde energieopname voor een Nederlandse melkkoe van 335 MJ/dag betekent een $Y_m = 6,5\%$ dat in een melkkoe per dag 21,8 MJ methaan wordt gevormd. Methaan heeft een calorische waarde van 55,5 MJ/kg, waarmee de IPCC default voor methaanemissie gelijk is aan 392 gram CH_4 per dier per dag. Het effect van voerfactoren kan worden uitgedrukt door aanpassing van de Y_m waarde.

3.3 Variatie in Y_m door voerfactoren

De rantsoensamenstelling en dan met name de chemische samenstelling en de afbraakeigenschappen van de gebruikte voedermiddelen geven variatie in Y_m . Voor melkvee is de range van deze variatie voor de IPCC default waarde in de orde grootte van 6,5 +/- 1% (=15,4% relatief). Het effect van rantsoensamenstelling kan de methaanemissie daarmee laten variëren van 332 tot 452 gram CH_4 per dier per dag (392 +/- 60 g/dag).

Met behulp van het pens- en darmmodel van Bannink en Dijkstra (de Nederlandse Tier 3) is de gemiddelde waarde van Y_m voor het huidige melkveerantsoen in Nederland berekend op 6,0%. Op dezelfde wijze is de gemiddelde Nederlandse Y_m in het referentiejaar 1990 op 6,3% uitgerekend. Het absolute verschil van 0,3% komt overeen met een relatief verschil van ongeveer 5% ofwel ongeveer 18 gram CH_4 per dier per dag. Het betreft hier de autonome reductie in methaanemissie uit de melkveestapel van het gemiddelde Nederlandse melkveebedrijf in de periode 1990-2014.

Naast de rantsoensamenstelling heeft ook het voeropnameniveau een grote invloed op Y_m . De door Bannink berekende Y_m waarde van 6,0% is geschat voor een gemiddelde, jaarrond voeropname van 18 kg DS/dag. Bij voeropnames van 5 en 25 kg DS/dag is de verwachte Y_m waarde respectievelijk 7,0% en 5,5%. De range in Y_m waarde ten gevolge van voeropnameniveau is dus +/- 0,5 tot 1% en daarmee tussen de 8,3 en 16,7% van de gemiddelde Nederlandse Y_m waarde. Het effect van voeropnameniveau kan de methaanemissie daarmee laten variëren van respectievelijk 365 tot 420 of 332 tot 452 gram CH_4 per dier per dag bij 0,5% en 1% variatie. Voeropname kan dus een even grote invloed op de CH_4 emissie van de melkveestapel hebben als rantsoensamenstelling.

Naast rantsoensamenstelling en voeropnameniveau zijn er nog een aantal specifieke factoren die de methaanemissie kunnen beïnvloeden en derhalve aandacht verdienen. Het effect van deze factoren op

de methaanemissie is lastig in te schatten, omdat ze mogelijk een remmend effect hebben op de voeropname, celwandvertering en dus ook melkproductie. Of en, zo ja, de mate waarin deze remmende effecten optreden, bepaalt uiteindelijk het methaanemissie reducerende effect van deze factoren. Het betreft de volgende factoren:

- Vettoevoeging.
- Voeren van grote hoeveelheden zetmeel en/of suikers (evt. ook eiwit).
- Veroorzaken van verzuurde omstandigheden in de pens (geeft een meer propionzuur georiënteerde pens fermentatie).
- Voeren van methaan reducerende additieven (b.v. nitraat).

Een factor die geen remmend effect op de voeropname en melkproductie heeft, maar wel op de vertering in de pens is:

- Veroorzaken van een sterke verhoging van de passagesnelheid in de pens.

De mogelijkheid dat er interacties optreden tussen de effecten van bovengenoemde factoren en die van veranderende voersamenstelling en/of voeropname maakt inschatten van de reductie in methaanemissie ingewikkeld. Feitelijk kan het gecombineerde effect van genoemde factoren op Ym alleen doorgerekend worden met het pens- en darmmodel van Bannink e.a. (2011).

Daarnaast kan voor vet- en nitraattoevoeging aan het rantsoen een extra reducerend effect op de Ym worden doorgerekend (bij een gegeven voersamenstelling en voeropnameniveau). Voor vet is geen verteringsdepressie te verwachten tot aan 7% ruw vet in rantsoen DS. Het toevoegen van 2% vet laat de Ym met zo'n 6 tot 10% dalen (ca. 23 tot 39 gram CH₄ per melkkoe per dag). Opnemen van 1% nitraat in het rantsoen geeft geen verteringsdepressie of lagere voeropname en resulteert in ongeveer 10% reductie van de Ym waarde (ca. 39 gram CH₄ per melkkoe per dag).

3.4 Reductie potentieel CH₄ emissie melkvee

De potentieel maximale reductie is gebaseerd op de theoretisch haalbare reductie in CH₄ emissie ten opzichte van de emissie van een referentiepunt (i.c. het IPCC referentiejaar 1990). Met behulp van het van model Bannink e.a. (2011) is voor het gemiddelde Nederlandse melkveerantsoen van 1990 de CH₄ emissie berekend. Hetzelfde is gedaan voor een theoretisch melkveerantsoen waarin voerfactoren maximaal zijn ingezet om de CH₄ emissie te reduceren. Voor een melkkoe met een gemiddelde jaar-rond voeropname van 18 kg DS/dag werd op deze manier een CH₄ emissie van 380 en 241 g CH₄ per dier per dag uitgerekend voor respectievelijk het referentiejaar 1990 en het theoretische minimum. De via voerfactoren potentieel maximale reductie in CH₄ emissie bedraagt daarmee 37%. Hoeveel van deze potentieel maximale reductie in CH₄ emissie ook daadwerkelijk in de praktijk van de Nederlandse melkveehouderij gerealiseerd kan worden is onduidelijk. Uitgaande van de (arbitraire) veronderstelling dat 50-75% van de potentie realiseerbaar is, komt de praktisch haalbare reductie neer op 18-27% ten opzichte van de gemiddelde CH₄ emissie in het referentiejaar 1990. Een deel van die haalbare reductie is anno nu (2014) al gerealiseerd door autonome ontwikkelingen in de Nederlandse melkveehouderij. Berekeningen met het model van Bannink e.a. (2011) voor het gemiddelde Nederlandse melkveerantsoen van 2013 schatten die autonome reductie op 5%. Volgens deze berekeningen is, ten opzichte van 2013, de in de praktijk van de Nederlandse melkveehouderij nog haalbare verlaging van de CH₄ emissie dus 13-22%.

3.5 Conclusies

3.5.1 Variatie in CH₄ emissie melkvee is groot

De combinatie van voeropname en voersamenstelling veroorzaakt een grote variatie in Ym. Er worden Ym waarden gemeten variërend tussen de 4 en 8% over de volledige range van voeropnames. Voor de gemiddelde Nederlandse voeropname (18 kg DS per melkkoe per dag) kan Ym variëren van 5 tot 7%. Aan deze variatie dragen de voersamenstelling en de voeropname ongeveer evenveel bij.

Effecten van specifieke factoren als toevoeging van vet of nitraat, kunnen een extra reducerend effect hebben op de Ym en met inbegrip van dit extra reducerende effect kan de Ym van Nederlandse voeropnames variëren van 4 tot 7%, wat overeen komt met een methaanemissie van 240 tot 420 gram CH₄ per melkkoe per dag.

3.5.2 Sturen op verlagen CH₄ emissie melkvee is relevant

De grote variatie in methaanemissie maakt het verkennen van de mogelijkheid om te sturen op methaanemissie interessant. Voeropname en rantsoensamenstelling zijn de belangrijkste bronnen van variatie en dus zal sturing zich daarop moeten richten. Om de weg te vinden in het sturen binnen de variatie en om eventuele afwentelingen (naar prestaties melkvee, of naar andere broeikasgasemissies) goed in te schatten, is meer informatie nodig dan het IPCC Tier 2 model geeft. Gemeten verschillen van 30-60 gram methaan per melkkoe per dag bij gelijke voeropnames (8-17% van de methaanproductie) bevestigen het belang van een beter model.

3.5.3 Effect vertering op CH₄ emissie is essentieel

Voor de Nederlandse rantsoenen is een beperkte range in voeropnames als uitgangspunt genomen (nl rondom 18 kg DS per melkkoe per dag). Hierdoor wordt de invloed van voersamenstelling relatief belangrijker. Daarnaast kan de invloed van specifieke extra factoren op de Ym zeer groot zijn en het effect van de combinatie van voeropname en voersamenstelling overtreffen. Een belangrijk aspect om in te calculeren bij ieder van deze factoren is de (pens)verteerbaarheid van het rantsoen. De effecten van vertering van het voer en de locatie waar deze vertering plaats vindt (pens of darm) zijn bepalend voor de Ym waarde. Het is daarom noodzakelijk om bij het vaststellen van de Ym (of een ander type emissiefactor zoals bijvoorbeeld g methaan/kg voer DS) deze effecten op een logische wijze mee te wegen.

3.5.4 Reductiepotentieel is groot

Het in de praktijk van de Nederlandse melkveehouderij realiseerbare reductiepotentieel ten opzichte van het IPCC referentiejaar 1990 is ongeveer 20-25% (de berekening op basis van aannames kwam op 18-27%). Omdat een deel van het reductiepotentieel ten opzichte van het referentiejaar 1990 al gerealiseerd was in het jaar 2013, is het realiseerbare reductiepotentieel ten opzichte van 2013 nog ongeveer 10 -15%.

4 Methaanemissie op praktijkbedrijven: gemiddelde en spreiding

4.1 Data van praktijkbedrijven

Het is niet mogelijk om de enterische methaanemissie op praktijkbedrijven nauwkeurig te meten en het is tot nu toe slechts beperkt mogelijk om deze methaanemissie op praktijkbedrijven bedrijfsspecifiek te berekenen. Rekenregels zijn wel voorhanden, maar om daarmee te werken zijn specifieke data nodig. Dergelijke data worden niet standaard op melkveebedrijven verzameld. Het project Koeien&Kansen (K&K) herbergt 16 praktijkbedrijven waar metingen worden verricht om de N, P en C-kringloop in beeld te brengen. De data van K&K zijn dusdanig gedetailleerd dat voerbalansen vastgesteld kunnen worden en dat gebruik kan worden gemaakt van rekenregels die verder gaan dan de IPCC Tier 2. Voor die bedrijven is dus voldoende informatie beschikbaar om de methaanemissie nauwkeuriger te berekenen.

4.2 Rekenwijze methaanemissie Koeien&Kansen

Het project K&K voert meetweken uit waarin de actuele voeropname van het melkvee (melkgevend en droog) wordt gemeten en waarin de rantsoensamenstelling via bemonstering en analyse nauwkeurig wordt vastgelegd (Goselink e.a., 2013). Op basis van die gegevens en de emissiefactoren (EF) uit het model Feedprint wordt de actuele methaanemissie van de melkveestapel berekend. Ook de methaanemissie van de hele veestapel wordt berekend. Hiervoor wordt het Bedrijfs Begrotings Programma Rundvee (BBPR; Schils e.a., 2006) gebruikt, omdat er voor jongvee geen meetweken worden uitgevoerd en BBPR een model voor de schatting van de voeropname bevat. BBPR gebruikt in dit verband de invoergegevens van BEX cq de Kringloopwijzer, zodat bedrijfsspecifieke informatie wordt gebruikt voor de rantsoenberekening.

De in K&K berekende methaanemissies zijn bedrijfsspecifiek en beschrijven meer variatie dan IPCC Tier 2, omdat ze rekening houden met de voeropname en de rantsoensamenstelling. Echter, de berekening houdt niet volledig rekening met de effecten van voeropname en rantsoensamenstelling, omdat gebruik wordt gemaakt van de EF's uit Feedprint. De EF's uit Feedprint zijn weliswaar herleid met het IPCC Tier 3 model van Bannink e.a. (2011), maar dat is gebeurd voor het gemiddelde Nederlandse melkveerantsoen in 2009 bij een voeropname van 18 kg droge stof per dier per dag. Het zijn dus vaste EF's waarin voor specifieke bedrijven noch het aanvullende effect van een variërende voeropname noch het effect van een variërende verteerbaarheid als gevolg van rantsoensamenstelling wordt meegenomen. Voor een optimale bedrijfsspecifieke berekening van de methaanemissie zouden variabele EF's moeten worden afgeleid, gebaseerd op de gerealiseerde droge stof opname van dat bedrijf, de rantsoensamenstelling en de kenmerken van de rantsoenbestanddelen zoals die op dat bedrijf ook werkelijk zijn gevoerd. De daarvoor benodigde programmatuur is echter (nog) niet beschikbaar.

Voor jongvee zijn geen meetweekgegevens voorhanden vanwege praktische belemmeringen. Daarom kan voor deze diercategorie niet met EF's worden gewerkt en wordt teruggegrepen op de methodiek volgens IPCC Tier 2 met $Y_m = 6,5\%$.

Bij de interpretatie van de K&K gegevens is het belangrijk om rekening te houden met het feit dat het effect van zowel voeropname als van rantsoensamenstelling op de methaanemissie slechts ten dele zijn ingerekend. Met name extrapolatie van de K&K resultaten naar bedrijfsomstandigheden buiten de K&K range is daarom af te raden.

4.3 Resultaten methaanemissie Koeien&Kansen

De dataset van K&K is gebruikt om inzicht te krijgen in het niveau en de spreiding van de methaanemissie op Nederlandse melkveebedrijven (Tabel 4.1).

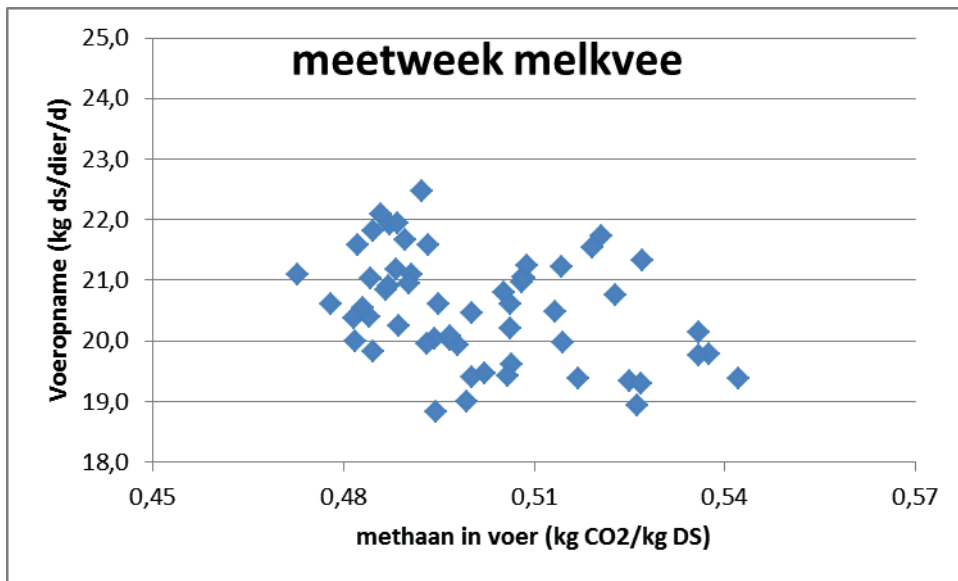
Tabel 4.1

Gemiddelde methaanemissie ($CH_4_{gem.}$, in kg CO_2 equivalenten per 100 kg FPCM), aantal observaties (n), spreiding (sd), variatie coëfficiënt (VC), en geobserveerde minimum en maximum methaanemissie (CH_4_{min} en CH_4_{max}) voor de gehele veestapel en voor de melkveestapel.

	n	$CH_4_{gem.}$	SD	VC	CH_4_{min}	CH_4_{max}	
2009	17	58,1	2,9	8,1	52,4	63,1	Veestapel
2010	17	57,4	3,0	8,7	53,0	62,6	Veestapel
2011	17	57,7	3,6	12,0	50,8	64,0	Veestapel
2012	17	57,3	3,8	13,4	50,2	62,8	Veestapel
Overall	68	57,6	3,3	10,6	50,2	64,0	Veestapel
2009	11	37,1	2,8	7,2	33,5	41,3	Melkveestapel
2010	17	36,1	2,6	6,4	32,2	40,8	Melkveestapel
2011	15	36,4	3,1	8,8	32,7	43,0	Melkveestapel
2012	14	36,9	3,5	11,2	32,4	44,5	Melkveestapel
Overall	57	36,6	2,9	8,5	32,2	44,5	Melkveestapel

Uit Tabel 4.1 blijkt dat de berekende methaanemissie op veestapelniveau voor de K&K bedrijven in de periode 2009-2012 op 57,6 kg CO_2 per 100 kg FPCM uitkwam met een spreiding van +/- 10,6%. Voor de melkveestapel is het beeld vergelijkbaar. K&K betreft een groep bedrijven die al gedurende meer dan 10 jaar bovengemiddeld veel aandacht besteden aan efficiënte kringlopen en voerefficiëntie. Ze hebben op die manier al een reductie in methaanemissie bereikt ongeveer 14% (Goselink e.a., 2014). Toch is er nog steeds veel variatie in methaanemissie hetgeen aangeeft dat er in principe nog mogelijkheden zijn om op methaanemissie te sturen. Het is niet de verwachting dat die variatie kleiner wordt als er rekenprogramma's beschikbaar komen waarmee meer rekening wordt gehouden met de effecten van de bedrijfsspecifieke voeropname, rantsoensamenstelling en rantsoenkenmerken. Bij een nauwkeurigere berekening van de methaanemissie neemt het inzicht in sturingsmogelijkheden toe en kunnen de melkveebedrijven binnen K&K de methaanemissie wellicht verder verminderen.

Sturen op methaanemissie via voerfactoren is mogelijk via verschillende maatregelen. Het effect van die sturing wordt door de in K&K gebruikte rekenmethodiek (vaste EF's uit Feedprint) via 2 variabelen in beeld gebracht: enerzijds het effect van rantsoensamenstelling (via de g CH_4 per kg droge stof rantsoen c.q. EF) en anderzijds het effect van voeropname (via de kg droge stof per dier per dag). Figuur 4.1 geeft het verband weer tussen deze beide variabelen (met CH_4 omgerekend in CO_2 equivalenten).



Figuur 4.1 Relatie tussen rantsoensamenstelling ($g\ CO_2 / kg\ ds$) en voeropname ($kg\ ds/dier\ per\ dag$)

Figuur 4.1 laat een zwak verband zien tussen het effect van voeropname en het effect van rantsoensamenstelling op de methaanemissie per kg ds (EF). In geval er een verband is dan lijkt dit een afnemende methaanemissie per kg voer DS te zijn met een toenemende voeropname. Dit is logisch wanneer een hogere voeropname samengaat met een andere rantsoensamenstelling (bijv. meer snijmais, of meer (bestendig) zetmeel en eiwit in krachtvoer in plaats van suikers en celwandrijke producten). Omgekeerd, wanneer een veehouder op vermindering van de voeropname stuurt bij gelijke melkproductie dan moet de voederwaarde per kg ds en de verteerbaarheid toenemen en dus zal er mogelijk ook meer methaan per kg ds gevormd worden. Met een model met variabele EF's kan het effect van sturing op verteerbaarheid beter in beeld gebracht worden en zal het verband in Figuur 4.1 waarschijnlijk beter worden.

Verder laat Figuur 4.1 zien dat binnen K&K de variatie in zowel voeropname als in EF groot is en dat sturing op voerfactoren in principe nog steeds een grote verandering in methaanemissie teweeg kan brengen.

5 Rekenmethodiek voor methaan in de kringloopwijzer

5.1 Achtergrond

De IPCC rekenmethodiek kent 3 verschillende sets van rekenregels (Tier 1 t/m 3), waarbij Tier 1 de meest basale en Tier 3 de meest gedetailleerde rekenmethode en invoerdata gebruikt. In tegenstelling tot Tier 1 en 2, is Tier 3 de verantwoordelijkheid van ieder individueel land. Tier 3 staat daarmee een land toe om de methaanemissie te berekenen op basis van de lokale situatie en volgens lokale inzichten, mits de methodiek is vastgelegd in een peer reviewed wetenschappelijke publicatie, is opgenomen in het protocol voor uitvoering van de Emissieregistratie van broeikasgassen en is goedgekeurd door de daartoe geauthoriseerde instantie (in Nederland het Ministerie van Infrastructuur en Milieu).

5.2 Rekenmethodieken methaanemissie melkvee

5.2.1 KringloopWijzer

De rekenmethodiek in de Kringloopwijzer verwijst naar de IPCC methodologie: in principe volgt de kringloopwijzer de IPCC methodologie (momenteel de Tier 2), maar de Kringloopwijzer kan rekenmethodieken gebruiken die (nog) niet zijn goedgekeurd door IPCC.

5.2.2 Tier 2

De IPCC Tier 2 methodologie berekent de methaanemissie als een vast % (Y_m) van de opgenomen bruto energie. Deze rekenmethodiek berekent de opname in MJ bruto energie, waarna de bruto energieopname via de factor Y_m wordt omgerekend naar methaanemissie in MJ per dag. Vervolgens kan de methaanemissie worden omgerekend in gram CH_4 per dier per dag of in gram CH_4 /kg DS. De bruto energie inhoud van Nederlandse rundveerantsoenen kent weinig variatie en wordt daarom meestal default op 18,5 MJ/kg DS gezet.

5.2.3 Tier 3

Nederland heeft voor melkvee een verdiepingsslag gemaakt ten opzichte van IPCC Tier 2³. Deze verdiepingsslag is wetenschappelijk gedocumenteerd door Bannink e.a. (2011) en is als Tier 3 opgenomen in het protocol voor uitvoering van de Emissieregistratie. Bannink e.a. (2011) onderbouwen in detail dat het door hun beschreven mechanistisch model gebruikt kan worden voor nauwkeurige schatting van de methaanemissie uit melkvee. Het model omvat de weergave van de vertering- en fermentatieprocessen in het maagdarmkanaal van melkvee. Met deze NL Tier 3 voor methaan worden schattingen gemaakt en formules afgeleid om per voedermiddel te berekenen hoeveel methaan er na opname wordt geproduceerd (in gram CH_4 per kilogram opgenomen droge stof). De methaanemissie van een rantsoen (g CH_4 per dier per dag) wordt onder aanname van additiviteit berekend door de methaanemissies van de verschillende voedermiddelen in het rantsoen op te tellen.

De NL Tier 3 berekent de methaanemissie op basis van een weergave van het mechanisme voor het verloop van de fermentatieprocessen. Het gaat daarmee uit van een logisch verband (een

³ Tier 3 is nauwkeuriger dan Tier 2, maar vereist meer gedetailleerde informatie. IPCC doet de aanbeveling om waar mogelijk voor de belangrijkste bronnen volgens Tier 3 te gaan werken, omdat de nauwkeurigheid van Tier 2 gering is.

mechanisme en additiviteit van waarden van grondstoffen) tussen de benodigde kenmerken en de berekende methaanemissie.

5.2.4 Empirische vergelijkingen

Naast een kengetal per grondstof en de veronderstelling van additiviteit (Tier 3 en KringloopWijzer) is het mogelijk om de methaanemissie met empirische vergelijkingen te voorspellen. Dit kan op basis van enkele algemene rantsoenkenmerken en de voeropname. In dit geval hoeft er geen logisch verband te bestaan (geen mechanisme, of additiviteit van waarden van grondstoffen) tussen de benodigde kenmerken en de berekende methaanemissie.

5.3 Het NL Tier 3 model in de Kringloopwijzer

5.3.1 Kanttekeningen

- Het is niet duidelijk of methaanemissies per kg voedermiddel, die berekend zijn met het NL Tier 3 model (Bannink e.a., 2011), mogen worden aangemerkt als Tier 3 berekende methaanemissies. Wellicht moet deze toepassing van het model, waarbij emissies worden afgeleid met Nederlandse 'State of the Art' kennis, per voedermiddel worden vastgelegd in wetenschappelijke artikelen voor officiële autorisatie mogelijk is.
Het is wel duidelijk dat geen van de hieronder beschreven uitwerkingen in een peer reviewed artikel is gepubliceerd. Voor de Kringloopwijzer hoeft dat niet bezwaarlijk te zijn, mits de gevolgde rekenmethodiek goed beschreven is, zodat een onafhankelijk expert review mogelijk is.
- Voor een nauwkeurig schatting van de methaanemissie is het belangrijk om de variatie in methaanemissie als gevolg van voerfactoren mee te nemen. Dit kan, zoals hieronder beschreven, voor de invloed van de kwaliteit van ruwvoer op methaanemissie. Daarnaast zal het nodig zijn het effect van enkele specifieke voermaatregelen door te rekenen, zoals de toevoeging van vet (stelregel 1% meer vet geeft 3 - 5% minder methaan), nitraat (stelregel 1% nitraat geeft 10% minder methaan), en mogelijk ook organische zuren.
- De berekening van de methaanemissies per kg voedermiddel (met het NL Tier 3 model van Bannink e.a., 2011), gaat uit van een gestandaardiseerde koe cq pens. Dat is de gemiddelde Nederlandse koe met een gemiddeld Nederlands rantsoen. Het is de vraag of de berekende EF veel of weinig varieert met het gevoerde rantsoen. Uitgaande van een standaard rantsoen kunnen de berekende EF statisch genoemd worden (ze variëren niet met rantsoenverschillen). Het pensmodel kan echter ook met verschillende rantsoenen rekenen en dan kunnen de berekende EF dynamische EF genoemd worden (bv de EF per kg ds raapzaadschroot is in een grasrantsoen x1 en in een maisrantsoen x2). Zie voor nadere uitwerking van deze gedachte hoofdstuk 5 'Statische of dynamische emissiefactoren'.

5.3.2 Producten

5.3.2.1 Vers gras

Op basis van de resultaten van een modelsimulatiestudie met vers gras, gegroeid na verschillende bemestingsschema's (Bannink et al. 2010), is een correlatie van de CH₄-emissie met het VEM-niveau per kg DS vers gras verondersteld :

$$\text{Methaan}_{\text{vers gras}} \text{ (g/kg DS)} = 43.9 - \text{VEM} / 42.9$$

Deze schattingsformule voor vers gras wordt in de komende jaren mogelijk verbeterd op basis van meetresultaten en aanvullend modelleerwerk in het onderzoeksprogramma Emissiearm Veevoer.

5.3.2.2 Graskuil

Op basis van de resultaten van een modelsimulatiestudie met verschillende graskuilen (Bannink et al. 2010), is verondersteld dat de CH₄-emissie uit graskuil correleert met het RE en NDF gehalte:

$$\text{Methaan}_{\text{graskuil}} \text{ (g/kg DS)} = 35.52 - \text{RE} / 35.2 - \text{NDF} / 48.6$$

Deze schattingsformule voor graskuil wordt in de komende jaren mogelijk verbeterd op basis van meetresultaten en aanvullend modelleerwerk in het onderzoeksprogramma Emissiearm Veevoer.

Opmerking

Het NDF-gehalte van graskuil wordt (nog) niet in de KringloopWijzer ingevoerd. Als alternatief kan de methaanemissie op basis van het VEM en RE-gehalte worden geschat (persoonlijke mededeling R. Goselink, niet in een publicatie gedocumenteerd):

$$\text{Methaan}_{\text{graskuil}} \text{ (g/kg DS)} = 6.4 + \text{VEM} / 48.1 - \text{RE} / 40$$

Opmerking

Deze relatie is nog onvoldoende onderbouwd en verdient verdere aandacht in onderzoek.

5.3.2.3 Snijmaïskuil

Verschillende typen snijmaïskuil zullen variëren in methaanemissie afhankelijk van het (onbestendig) zetmeelgehalte, de hoeveelheid NDF en de invloed van het maaistadium op de verteerbaarheid hiervan. Hiervoor worden schattingsformules ontwikkeld binnen het onderzoeksprogramma Emissiearm Veevoer.

Tot die tijd wordt gerekend met de emissiefactor (EF) van Feedprint (Vellinga et al., 2013):

$$\text{Methaan}_{\text{maïskuil}} \text{ (g/kg DS)} = 17.74$$

Opmerking

Onderzocht moet worden of deze EF aangepast kan worden op basis van de zetmeelbestendigheid die op het analyserapport van het bedrijfslaboratorium wordt weergegeven. Overigens is er binnen de diervoedersector geen consensus over de zin hiervan en dat moet meegewogen worden. Bovendien moet de Kringloopwijzer deze informatie nog wel gaan vastleggen, want dat gebeurt nog niet.

5.3.2.4 Veevoedergrondstoffen

Voor iedere veevoedergrondstof kan met het model van Bannink e.a. (2011) worden berekend hoeveel methaan er na opname wordt geproduceerd (in gram CH₄ per kilogram opgenomen droge stof). Deze methaanemissie wordt gebruikt als emissiefactor (EF) van die grondstof. Het project Feedprint (Vellinga et al., 2013) heeft dit uitgevoerd en de Kringloopwijzer gebruikt die EF.

5.3.2.5 Mengvoer

De EF of methaanemissie van een mengvoer (g CH₄ per kg ds) kan onder aanname van additiviteit berekend worden als het gewogen gemiddelde van de methaanemissies van de verschillende voedermiddelen in het mengvoer. De mengvoerbakfabrikant beschikt over de benodigde gegevens en kan in principe de EF van een mengvoer berekenen en afdrucken op het analyserapport. Voorlopig kan deze emissiefactor nog niet geleverd worden, maar de Kringloopwijzer ambiert voor mengvoerders in principe het gebruik van een emissiefactor (EF) op basis van de specifieke grondstoffsamenstelling gebruiken.

Vooralsnog wordt voor mengvoerders de volgende regressieformule gehanteerd (persoonlijke mededeling R. Goselink, niet in een publicatie gedocumenteerd):

$$\text{Methaan}_{\text{mengvoer}} \text{ (g/kg DS)} = 23.1 - \text{RE} / 84.0$$

Opmerking

Deze regressieformule is gebaseerd op de grondstoffsamenstelling van een serie commerciële "standaard" krachtvoerders met verschillende DVE-gehalten van respectievelijk 90, 105, 120, 150 en 180 g DVE/kg (persoonlijke mededeling R. Goselink, 2013), waarvoor de EF is berekend met de in FeedPrint beschikbare EF per grondstof.

5.3.2.6 Overig ruwvoer en bijproducten

Ook voor de methaanemissie van de "overige ruwvoerders en bijproducten" worden in de KringloopWijzer de EF uit Feedprint gebruikt (Tabel 4.1)

Tabel 4.1.

Emissiefactoren (EF, in gram methaan per kg opgenomen droge stof) voor enkele bijproducten en ruwvoersoorten (bron: Feedprint).

Product	g CH ₄ per kg DS
Aardappelpersvezel	21.54
Aardappelsnippers	21.44
Aardappelstoomschillen	22.02
Bierbostel	15.53
Bietenperspulp	24.37
CCM	19.51
GPS granen	20.00
Graszaadhooi	15.00
Luzernekuil	20.24
Maïsglutenvoer	19.78
MKS	20.51
Stro	10.00
Voederbieten	25.00
Voeraardappelen	19.95

5.3.2.7 Melkpoeder

De pens van kalveren is nog in ontwikkeling. Bovendien bevat kalvermelk veel vet. Hierdoor zal er weinig fermentatie in de pens van kalveren plaatsvinden en mag van melkpoeder een zeer lage EF verwacht worden.

Voorlopig:

Methaan = 0 g/kg

6 Statische of dynamische emissiefactoren

6.1 Statische emissiefactoren

Statische emissiefactoren zijn constant en zijn in officiële lijsten vastgelegd per grondstof/voedermiddel (bv in CVB Veevoedertabel, een lijst in Feedprint, of anders). De diervoederindustrie gebruikt die EF's door ze in optimaliseringsprogramma's mee te nemen.

Mogelijke handelswijze:

- Het optimaliseringsprogramma berekent de EF voor CH₄ van het samengestelde mengvoer op basis van additiviteit en vaste EF's voor CH₄ per voedermiddel. Op het voederanalyseformulier wordt de EF voor CH₄ van het samengestelde mengvoer vermeld, net zoals dat voor VEM, DVE, ruw eiwit etc gebeurt.
- Het optimaliseringsprogramma berekent niet alleen de EF voor het samengestelde voer, maar optimaliseert het voer mede op basis van EF's (randvoorwaarde cq max waarde aan EF CH₄ meegeven).

Opmerkingen:

- Eénduidig systeem, controleerbaar en handhaafbaar
- Iedere mengvoerfabrikant kan dit en kan daarmee de informatie leveren voor een Tier 3 benadering in de KringloopWijzer.
- De berekende CH₄ emissie per kg brok is onafhankelijk van samenstelling van het rantsoen waarin het gebruikt wordt. Er wordt geen rekening gehouden met specifieke verteringskarakteristieken in de pens.
- Het reductiepotentieel is nog onduidelijk en moet nader onderzocht worden

6.2 Dynamische emissiefactoren

Dynamische emissiefactoren zijn niet constant, omdat ze afhankelijk zijn van het gevoerde rantsoen en de daarbij horende specifieke verteringskarakteristieken in de pens. De diervoederindustrie kan hier in principe mee werken, maar moet daarvoor over specifieke programmatuur beschikken. Die programmatuur moet de EF van een grondstof/voedermiddel kunnen berekenen in afhankelijkheid van penskarakteristieken. Met deze dynamische EF's kan het mengvoer worden afgestemd op de verwachte rantsoensamenstelling indien de dynamische EF's worden meegenomen in de optimaliseringsprogramma's van de diervoederindustrie.

Mogelijke handelswijze:

- idem als bij statisch, maar het gaat nu niet om EF's uit een standaard lijst, maar om de zelf berekende EF's
- het gaat niet meer alleen om de grondstoffensamenstelling van het mengvoer (actie molenaar), maar ook om de keuze van ruwvoerders cq de onderlinge verhouding daarvan in het rantsoen (actie melkveehouder/adviseur)

Opmerkingen:

- Ideaal zou zijn wanneer de diervoederindustrie beschikt over een eigen 'pensmodel' waarmee voor ieder rantsoen de actuele EF's van grondstoffen kunnen worden berekend.
- Alternatief is het (laten) maken van meerdere standaardlijsten met EF's (zoals bij 'statisch') die gekoppeld worden aan strak gedefinieerde veel voorkomende rundveerantsoenen.
- Minder éénduidig systeem dan statisch (wat is nu de EF van een grondstof?), maar even goed controleerbaar en handhaafbaar als 'statisch'.
- Het reductiepotentieel is nog onduidelijk en moet nader onderzocht worden

7 Naar minder emissies

7.1 Achtergrond

In dit project is informatie verzameld waarmee de emissie van methaan verminderd kan worden. Ook is geïnventariseerd welke inspanning nodig is om de informatie bruikbaar te maken voor de KringloopWijzer. Echter, het gebruik in de praktijk is geen onderdeel van dit project, maar wel relevant voor het uiteindelijke resultaat in de sector. Onderstaande beelden proberen dit in perspectief te schetsen.

7.2 Kennisontwikkeling en communicatie

Uiteindelijk zal de melkveehouderijsector minder fosfaat, ammoniak en broeikasgassen moeten uitstoten. Om dat te kunnen realiseren vraagt specifieke kennis. Over de materie (wat is het en waarom is het schadelijk?), over de werking (hoe ontstaan deze stoffen en hoe zijn ze te beïnvloeden) en over de maatregelen die er zijn om de uitstoot te beperken. Bovendien is het belangrijk dat aanleiding en doelstelling duidelijk zijn; waarom moet ik eigenlijk wat doen? Dus kennisontwikkeling en goede communicatie is een belangrijke stap. Het is belangrijk dat de sector zich daar van bewust wordt. Mogelijk via LTO en de zuivelindustrie.

7.3 Actie bij veehouders via erfbetreders

De kans is groot dat communicatie over het verminderen van de uitstoot uit de melkveehouderij niet direct zal leiden tot actie bij de veehouders. LTO en zuivelindustrie zullen daar dan ook gericht actie op zetten en het is begrijpelijk dat hiervoor een beroep wordt gedaan op de voeradviseurs. Deze komen immers regelmatig bij de veehouders op het erf en hebben kennis van een groot deel van deze aspecten. Van de andere kant is het niet erg waarschijnlijk dat communicatie over reductie van uitstoot (in algemene zin) tot het takenpakket van de voeradviseur hoort. De werkgever, de mengvoerindustrie, zal een andere focus hebben. Het mag dan begrijpelijk zijn dat de sector de mengvoerindustrie wil mobiliseren om de veehouder te informeren en te bewegen, maar het is zeker niet vanzelfsprekend.

Vervolgens hebben de sector en de zuivelindustrie hierin ook hun rol. En die gaat verder dan communicatie hierover. Namelijk organiseren van 'prikkel' en 'stimulansen' om de gestelde doelen te halen. Hiervoor is het verstandig dat sectorvertegenwoordigers, zuivel- en voerindustrie samen optrekken. Waarbij doelen gedeeld worden en rollen onderkend, zodat gezamenlijk gewerkt wordt om het gewenste resultaat te halen.

Literatuur

- Bannink, A., M.W. van Schijndel and J. Dijkstra, 2011. A model of enteric fermentation in dairy cows to estimate methane emission for the Dutch National Inventory Report using the IPCC Tier 3 approach. *Animal Feed Science and Technology* 166-167 (2011). - ISSN 0377-8401 - p. 603 - 618.
- 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.
- Goselink, R.M.A., L.B.J. Šebek, G.J. Hilhorst, A.G. Evers, M.H.A. de Haan, 2014. Inpassen van maatregelen ter reductie van gasvormige emissies in de bedrijfsvoering van melkveebedrijven; Koeien & Kansen resultaten 2010-2012. K&K rapport 74.
- 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.
- Van den Pol-Dasselaar, A., H. Blonk, M. Dolman, A. Evers, M. de Haan, J. Reijs, L. Šebek, T. Vellinga en H. Wemmenhove, 2013. Kosteneffectiviteit reductiemaatregelen emissie broeikasgassen zuivel. Rapport 725 Lelystad, Wageningen UR Livestock Research, 126 p.

Bijlage 1 Inventarisatie maatregelen om de methaanemissie te verminderen: effectiviteit en uitvoerders.

nr	Maatregel	Beschrijving	bron	Inschatting reductie methaanemissie (obv basisuitscheiding 0,7 kg CO2 eq in 1990), kwalitatief: + = gering effect, ++ is aanzienlijk effect, +++ is groot effect	Maatregel voor boer of industrie	door adviseur logisch om te benoemen
	<i>Veemanagement</i>					
1	1 stuks jongvee per 10 melkkoeien minder aanhouden	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.	r 725	1.5%	boer	ja
2	500 kg meer melk per koe bij gelijk aantal koeien (hogere melkleverantie)	Door verbetering van de ruwvoerbenutting (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.	r 725	2.8%	boer	ja
3	500 kg meer melk per koe bij gelijke melkleverantie	Door verbetering van de ruwvoerbenutting (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 gelijkblijvende melkproductie op het bedrijf en een bijbehorende afname van het aantal koeien.	r 725	3.1%		
4	Betere vruchtbaarheid	De vruchtbaarheid van de veestapel verbeteren door beter management zodat minder dieren ter vervanging hoeven worden aangehouden en mogelijk de tussenkalftijd kan worden verminderd. Een lagere tussenkalftijd verhoogt de voerefficiëntie en de melkgift per gemiddeld aanwezige koe.	PP K&K	+	boer	ja

5	Betere diergezondheid	Verbeteren diergezondheid door managementmaatregelen en verbetering huisvesting zodat minder dieren ter vervanging hoeven worden aangehouden. Verder hebben gezondere dieren een hogere voeropname en betere melkproductie, de voerefficiëntie stijgt doordat ze meer melk produceren per kg voer.	PP K&K	+	boer	ja
	<i>Bemesting</i>					
6	50 kg N/ha grasland minder kunstmest strooien, bij lagere gewasproductie maïs aankopen	De kunstmestgift wordt in deze variant met 50 kg N/ha vermindert. Hierdoor neemt de ruwvoerproductie af en moet meer voer (maïskuil) worden aangekocht. Maïs leidt tot een lagere methaanemissie dan gras.	r 725	0.5%	boer	ja
	<i>Gewas</i>					
7	Op 10% van grondareaal 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 krachtvoervanger gevoerd. Het loof wordt niet als voedermiddel benut, maar blijft achter op het land of wordt afgevoerd als stro. Omdat minder ruwvoer wordt geteeld, zal een ruwvoertekort worden opgevangen door extra aankoop van snijmaïs.	r 725	0.9%		
8	Op 10% van areaal GPS telen ipv gras voor jongvee	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 voedergewassen blijft in deze variant lager dan 30% van het totale grondoppervlakte, zodat aan de derogatienorm wordt voldaan.	r 725	1.8%		
9	Van 10% naar 20% maïs in het bouwplan	Uitbreiding van het maïsareaal van 10% naar 20% van het totale grondoppervlak. Door deze uitbreiding neemt het maïsaandeel 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.	r 725	1%		
		<i>Onderstaande teeltmaatregelen gaan om verbeteren van de graskwaliteit in het rantsoen</i>				

10	Gras/klaver toepassen	Het grasland inzaaien met een mengsel van gras en klaver zodat op deze manier stikstof in de bodem gebonden wordt. Rantsoensamenstelling zal wijzigen. Grasklaver heeft een wat lagere opbrengst dan alleen grasland, door aanvullen van ruwvoertekort met maïs verandert rantsoen. Door een mogelijk betere voerefficiëntie van grasklaver ten opzichte van gras kan ook reductie van ammoniakemissie optreden. De emissiefactoren van gras en grasklaver zijn overigens gelijk.	r 725	+/-		
11	500 kg ds/ha lichtere maaisnede	In deze variant wordt het grasland bij een lichtere snede gemaaid. Gemiddeld over het jaar gebeurt dit bij een snedezwaarte van ongeveer 2800 kg ds/ha (in het voorjaar wat zwaarder en in het najaar wat lichter). Bij deze variant ligt de gemiddelde snedezwaarte rond de 2300 kg ds/ha. Door de lichtere maaisneden is maaien en inkuilen vaker nodig. De grasopbrengst per jaar neemt af. Er is ook effect op het rantsoen van het vee: het eiwitgehalte en de energie-inhoud van ruwvoer nemen beide toe. De emissiefactor van kort gemaaid gras is circa 10% lager dan van graskuil gewonnen met een normale snedezwaarte.	r 725	0.2-1%		
12	Minder beheersland	Grasland in beheersland vervangen door gewoon grasland, hierdoor wordt de eerste snede eerder gemaaid en zal de gemiddelde snedezwaarte afnemen. Zoals bij maatregel hierboven omschreven heeft een lichtere snede een lagere emissiefactor. Wanneer i.p.v. beheersgras andere voeders met structuur worden gevoerd, heeft minder beheersgrasland geen positief effect op methaanemissie.	PP K&K	+		
13	Meer herinzaai	Herinzaaipercentage met 10% verhogen zodat er meer grasland vernieuwd wordt en er beter gras gevoerd kan worden.	r 725	0.2%		
14	Betere graslandvernieuwing	Een zorgvuldige manier van graslandvernieuwing toepassen zodat de nieuwe grasmatten een betere kwaliteit gras produceert dan de oude zode.	PP K&K	+		
15	Andere type gras	Grassoorten gebruiken met een betere kwaliteit zodat het ruw-eiwit gehalte van het gras toeneemt en methaanemissie daalt. Wanneer naast betere kwaliteit gras ook de productie van gras toeneemt heeft het een negatieve invloed op methaanemissie wanneer dit gras methaanarme producten zoals maïs verdringen.	PP K&K	+		
	<i>Voer</i>					
16	2,5 kg krachtvoer/koe/dag vervangen door andere energierijke producten	Hier is doorgerekend als 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. Effect is afhankelijk van soort krachtvoer wordt vervangen. Resultaat weergegeven bij gelijkblijvende melkproductie.	r 725	2.5%	boer	

17	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.	r 725	1.3%	industrie	ja, sparren met boer
18	Extra 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 (tot meer dan 6% in het rantsoen) bestaat de kans op verstoorte pensfermentatie en daarmee een risico voor diergezondheid.	r 725	5 tot 10%	industrie	ja, sparren met boer
19	Additieven toevoegen	Toevoegen van nitraat aan rantsoen blijkt effectief om broeikasgasemissies te reduceren (Hristov et al., 2013a).	r 725	1.4%	zowel industrie als boer	ja, sparren met boer
20	Jongvee op de norm voeren	Door de dieren zo efficiënt mogelijk te laten groeien zijn de dieren eerder rijp (juiste gewicht) en kan de afkalftijd vervroegd worden. Door een betere groei (hogere voerefficiëntie) wordt methaanemissie verminderd.	PP K&K	+		
21	Meer bestendig zetmeel voeren	Verhogen van het aandeel bestendig zetmeel in het rantsoen kan bijvoorbeeld door het later oogsten van snijmaïs zodat het aandeel zetmeel en daarvan ook het bestendige deel toeneemt.	PP K&K	++	zowel boer als industrie	
22	Meer onverzadigd vet voeren	Onverzadigd vet vangt H2 weg uit de pens en verlaagt daarmee emissiefactor van het voer wat is opgenomen.	PP K&K	+ (<1%)	industrie	
23	Gebruik inkuilmiddelen	Door gebruik van inkuilmiddelen wordt het inkuilproces verbeterd en neemt de smakelijkheid en verteerbaarheid toe. Er zijn minder inkuilverliezen en er kan meer melk per kg ds worden geproduceerd. Voorbeelden van inkuilmiddelen zijn melasse of producten die celwanden ontsluiten (pioneer proef De Marke).	PP K&K	+	industrie en boer (keus van boer)	
	Bedrijf					
24	Mestvergisting toepassen	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 en wordt vergist, is er een reductie methaanemissie uit de opslag. Systemen zijn momenteel volop in onderzoek.	r 725	+++		
25	Meer gaan weiden	Het aantal uren weiden vermeerderen door bijvoeding in de weideperiode met 4 kg ds/dag te verminderen is op zich ongunstig voor de methaanemissie omdat vers gras een hoge emissie heeft (ten opzichte van maïs en veel krachtvoersoorten). Omdat bij meer weiden echter de graskuilproductie en de ruwvoerproductie op bedrijfsniveau afneemt, kan deze maatregel toch positief werken wanneer hierdoor meer snijmaïs moet worden aangekocht om het ruwvoertekort op te heffen.	r 725	1%		

	Verbeteren bodemstructuur	Zorgen voor een goede ontwatering en structuur van de bodem zodat goede grassen minder verdrongen worden door onkruid en slechte grassen. Door een betere kwaliteit gras (o.a. meer RE) neemt de voerefficiëntie toe en de methaanemissiefactor van het gras af.	PP K&K	+		
26						
27	Meer krachtvoer per koe	Verhogen krachtvoergift per koe zodat dieren minder ruwvoer opnemen en/of zodat de melkproductie per koe toeneemt. Effect zal afhankelijk zijn welk soort ruwvoer door krachtvoer wordt verdrongen. Door meer krachtvoer per koe wordt de voerefficiëntie verhoogd omdat de koeien per kg voer meer melk produceren.	PP K&K	+		
28	Verbeteren beweiding	Een goed beweidingsregime zorgt voor inscharen op het juiste moment, de kwaliteit van het gras neemt toe (meer VEM en RE) en door meer melk per kg voer zal de voerefficiëntie verbeteren.	PP K&K	+		
29	Intensiveren (meer melk per ha)	Wanneer deze maatregel leidt tot een betere benutting van het voer door minder verliezen kan de methaanemissie worden verminderd. In de praktijk zal echter bij intensiveren de beweiding lastiger worden en kunnen mogelijk meer beweidingsverliezen optreden. Effect is sterk afhankelijk van intensiteit in uitgangssituatie en mogelijkheden efficiënt de beweiding rond te kunnen blijven zetten. Wanneer door intensiveren maïsaankoop toeneemt, zal dit gunstig zijn voor methaanemissie.	PP K&K	++		
30	Ligboxenstal aanpassen	Verbeteren van ligboxenstal door meer ruimte en een beter klimaat leiden tot een beter welzijn en gezondere dieren. Hierdoor verbetert de voerefficiëntie.	PP K&K	++		
	R725: Van den Pol-Dasselaar e.a., 2013					
	PP K&K :					

Bijlage 2

Samenvatting van de bevindingen van het begeleidingsteam

Het begeleidingsteam van het Feed4Foodure project 'Methaanemissie op het melkveebedrijf: Impactanalyse voor reductiemaatregelen en doorrekening daarvan in de KringloopWijzer' is 2 keer fysiek bij elkaar geweest op 11 en 24 juni 2014.

Samenstelling team (alfabetisch):

André Bannink	WUR Livestock Research
Jacob Goelema	de Heus
Michel de Haan	WUR Livestock Research
Léon Šebek	WUR Livestock Research
Johan Temmink	Forfarmers
Eddy Weurding	Agrifirm
Sander van Zijderveld	Nutreco

Het begeleidingsteam heeft de rapportage gereviewed en gediscussieerd over aanpak en uitwerking van de projectopdracht. Hierna volgt een korte samenvatting van 6 onderdelen van de rapportage waarover het begeleidingsteam zich heeft uitgesproken.

1. Het rapport beschrijft de bronnen van methaanemissie en via welke mechanismen reductie van de methaanemissie op het melkveebedrijf gerealiseerd kan worden. Voor ieder mechanisme/reductieoptie is aangegeven welke rekenregels nodig zijn om het effect (in de KringloopWijzer) door te rekenen. Het effect van alle denkbare maatregelen (de nu al bekende, maar ook eventueel toekomstige maatregelen) kan op die manier worden doorgerekend.

Het begeleidingsteam heeft geconcludeerd dat de beschrijving in de concept rapportage een goede aanpak/benadering is.

2. Het rapport geeft aan wat de impact kan zijn van de reductieopties voor de beschreven bronnen door inzicht te geven in de theoretische spreiding en praktijkvariatie in methaanemissies.

Het begeleidingsteam heeft geconcludeerd dat deze informatie aangeeft dat het verminderen van de methaanemissie op het melkveebedrijf relevant is (voldoende reductiemogelijkheden met een voldoende reductiepotentieel).

3. Het rapport geeft aan hoe de benodigde rekenregels er uit moeten zien en hoe de rekenregels in de huidige KringloopWijzer daarbij aansluiten. Hierdoor wordt enerzijds duidelijk wat nog onvoldoende onderzocht is mbt de benodigde rekenregels en anderzijds wat voor aanpassingen in de KringloopWijzer nodig zijn.

Het begeleidingsteam heeft geconcludeerd dat het voor de diervoedersector van belang is dat de rekenregels in de KringloopWijzer aangepast worden naar de in dit concept rapport benoemde benodigde rekenregels

-
4. In het rapport is naar voren gekomen dat voor de KringloopWijzer een belangrijke keuze gemaakt moet worden tussen dynamisch of statisch rekenen met emissiefactoren. Deze vraag is op advies van het begeleidingsteam in het rapport uitgeschreven.

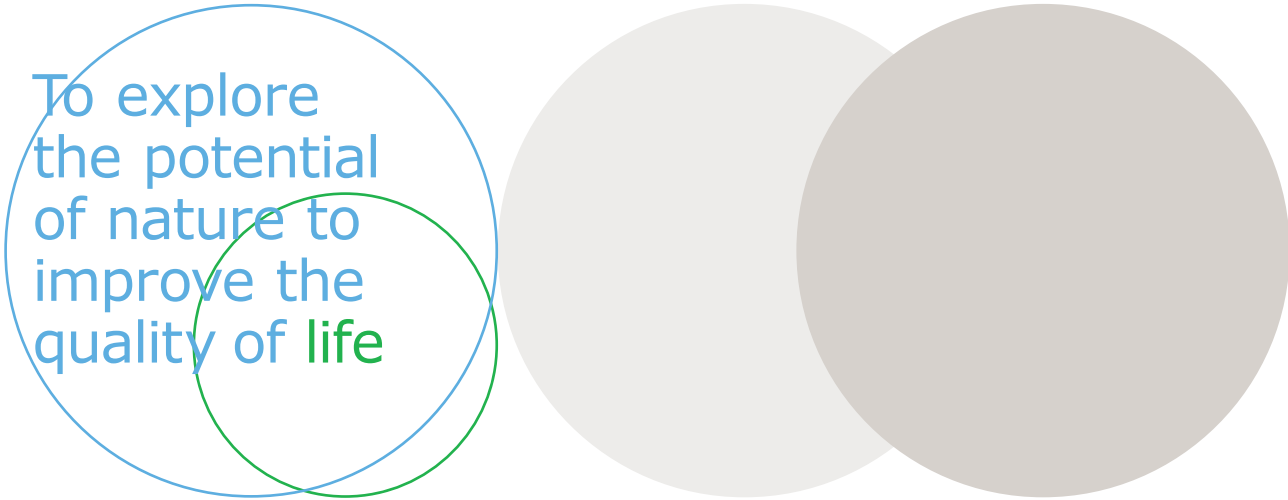
Het begeleidingsteam heeft geconcludeerd dat het voor de diervoedersector van belang is dat nader onderzocht wordt hoe invulling moet worden gegeven aan dynamisch of statisch rekenen en ziet daarbij ook mogelijkheden tot een gecombineerde aanpak.

5. Het rapport sluit af met een hoofdstuk over de manier waarop de sector betrokken kan worden bij de reductie van de methaanemissie. Dit hoofdstuk is niet afgesproken met de opdrachtgever, maar op advies van het begeleidingsteam opgenomen.

Het begeleidingsteam acht een goed doordachte communicatie van wezenlijk belang voor het slagen van dit onderdeel van de Kringloopwijzer.

6. Het rapport geeft een inventarisatie van de anno 2014 bekende maatregelen voor methaanreductie op melkveebedrijven. De inventarisatie is als tabel weergegeven, waarbij de maatregelen zijn ingedeeld volgens de benoemde werkingsmechanismen. De maatregelen worden kort toegelicht, het effect ingeschat en er is aangegeven of ze passen bij het perspectief van de melkveehouder cq diervoedersector (adviseur).

Het begeleidingsteam heeft geconcludeerd dat deze tabel heel informatief is, maar geen wezenlijke bijdrage levert aan de inhoud van het rapport. De tabel is daarom als Bijlage in het rapport opgenomen



To explore
the potential
of nature to
improve the
quality of life

Wageningen UR Livestock Research
Postbus 338
6700 AH Wageningen
T 0317 480 10 77
E info.livestockresearch@wur.nl
www.wageningenUR.nl/livestockresearch

Livestock Research Rapport 796



Wageningen UR Livestock Research ontwikkelt kennis voor een zorgvuldige en renderende veehouderij, vertaalt deze naar praktijkgerichte oplossingen en innovaties, en zorgt voor doorstroming van deze kennis. Onze wetenschappelijke kennis op het gebied van veehouderijsystemen en van voeding, genetica, welzijn en milieu-impact van landbouwhuisdieren integreren we, samen met onze klanten, tot veehouderijconcepten voor de 21e eeuw.

De missie van Wageningen UR (University & Research centre) is 'To explore the potential of nature to improve the quality of life'. Binnen Wageningen UR bundelen 9 gespecialiseerde onderzoeksinstituten van stichting DLO en Wageningen University hun krachten om bij te dragen aan de oplossing van belangrijke vragen in het domein van gezonde voeding en leefomgeving. Met ongeveer 30 vestigingen, 6.000 medewerkers en 9.000 studenten behoort Wageningen UR wereldwijd tot de aansprekende kennisinstellingen binnen haar domein. De integrale benadering van de vraagstukken en de samenwerking tussen verschillende disciplines vormen het hart van de unieke Wageningen aanpak.
