

2021

In hoeverre kan de
melkveehouder zelf de
methaanutstoot sturen bij
een rantsoen bestaande uit
gras, mais en krachtvoer ?



Irene Meijer

Aeres Hogeschool Dronten

5-8-2021

Onderzoeksrapport

In hoeverre kan een melkveehouder zelf de methaanuitstoot sturen bij een rantsoen bestaande uit mais, gras en krachtvoer.

In opdracht van: Aeres Hogeschool Dronten

Auteur: I.M.H. Meijer

Opleiding: Dier- en Veehouderij

Onderwijsinstelling: Aeres Hogeschool Dronten

Datum:

Afstudeerdocenten: G. Klop. W. Postma & H. Valk

DISCLAIMER

Dit rapport is gemaakt door een student van Aeres Hogeschool als onderdeel van zijn/haar opleiding. Het is géén officiële publicatie van Aeres Hogeschool. Dit rapport geeft niet de visie of mening van Aeres Hogeschool weer. Aeres Hogeschool aanvaardt geen enkele aansprakelijkheid voor enige schade voortvloeiend uit het gebruik van de inhoud van dit rapport.

Voorwoord

Deze afstudeeropdracht schreef ik als student aan de Aeres Hogeschool Dronten.

In dit afstudeeronderzoek is een literatuurstudie gedaan om melkveehouders en andere geïnteresseerden meer inzicht te geven in de methaanuitstoot bij melkvee en hoe deze bij een grondgebonden melkveehouder te reduceren zijn bij een rantsoen bestaande uit gras, mais en krachtvoer.

De onderzoeksvraag en dit onderzoeksplan zijn tot stand gekomen naar aanleiding van meerdere gesprekken met mijn ex-afstudeerbegeleider G. Klop en de actuele situatie rondom broeikasgassen en de melkveehouderij.

Afstudeerbegeleider G. Klop en W. Postma hebben mij begeleiding geboden bij het opstellen van dit onderzoeksplan binnen de kaders van de afstudeeropdracht. Tijdens de voorbereiding en uitvoering van dit onderzoek zijn beiden nauw betrokken geweest en bereid mij te helpen en te adviseren. Bij dezen bedank ik hen hartelijk voor de goede begeleiding. Tevens wil ik ook H. Valk bedanken voor de begeleiding als tweede examinerator.

Irene Meijer

Boekelo, 5-8-2021

Samenvatting

De uitstoot van broeikasgassen moet in alle sectoren omlaag. Hiervoor zijn nationale en internationale doelen afgesproken in het klimaatakkoord. Ondanks het akkoord blijft de mondiale uitstoot met 1,5% per jaar stijgen. Ook de landbouw in Nederland moet hiervoor op de schop. De overheid en zuivelorganisatie sturen de landbouw richting een extensieve beleidsvoering, zo wil men in de toekomst eiwit van eigen land en stimuleren ze grondgebonden melkveehouders met extra subsidies. Dit betekent dat gras een belangrijke factor wordt in de melkveehouderij. Het uiteindelijk doel van de overheid en zuivelorganisatie om 65% ruw eiwit van eigen land te halen, gekoppeld aan de derogatie-regeling betekent dus meer grasland en minder snijmais. Bij de fermentatie van gras komt methaan vrij. Aangezien de uitstoot van 1 kilogram methaan qua broeikasgas gelijk staat aan 25 kilogram CO₂, is methaan een zwaar emissie gas. Dit scenario is ongunstig vanuit het streven om de methaan emissie te verminderen. Voor melkveehouder is het belangrijk om te weten, waarom een koe methaan produceert en hoe ze zelf via voeraanpassing het kunnen sturen/reduceren.

In deze literatuurstudie is de volgende hoofdvraag opgesteld:

In hoeverre kan een melkveehouder zelf de methaanuitstoot sturen bij een rantsoen bestaande uit gras, mais en krachtvoer?

Om de hoofdvraag te kunnen beantwoorden is er een literatuurstudie uitgevoerd met als doel geïnteresseerden te informeren en hen concrete praktische handvaten te bieden voor in de praktijk. Er is gebruik gemaakt van wetenschappelijke onderzoeken waarin de melkkoeien daadwerkelijk in klimaatcontrolekamers werden onderzocht op de methaanuitstoot bij verschillende voerstrategieën, daarnaast is er nog veel gebruikt gemaakt van verschillende databanken en rapporten welke informatie bevatten over het reduceren van methaan bij een melkkoe. Hieruit komen de volgende resultaten:

- Elke melkkoe blijft methaan produceren, dit is werkingsmechanisme van het voedselsysteem in de pens van de koe. De mate van methaan is variabel.
- De methaanuitstoot kan verlaagd worden via verschillende manieren bij het oogsten van gras en mais, hierbij kan men denken aan het maaien van "jong" gras en geeft drogere mais minder methaanuitstoot.
- Krachtvoer heeft een groot verlagend effect op methaanuitstoot, maar kan niet onbeperkt ingezet worden t.o.v. de gezondheid van de koe.
- Door het veranderen van ruwvoersamenstellingen kan de methaanuitstoot verlaagd worden.
- Hoeveelheid zuivere stikstof/ha te verhogen kan reduceren werken op de methaanuitstoot.

De methaanuitstoot is beschreven in drie verschillende eenheden namelijk:

- Gram per koe/dag uitstoot
- Gram per Kg meetmelk/dag
- Gram per kg Drogestof inname

Hierdoor kan de melkveehouder zelf bepalen op welk gebied hij/zij wil proberen om de methaanuitstoot te verminderen.

Summary

Greenhouse gas emissions must be reduced in all sectors. National and international targets have been agreed for this in the climate agreement. Despite the agreement, global emissions continue to rise at an annual rate of 1.5%. Agriculture in the Netherlands also needs to be overhauled for this. The government and dairy organization are steering agriculture in the direction of extensive policy. In the future they want protein from their own land, and they stimulate land-based dairy farmers with extra subsidies. This means that grass is becoming an important factor in dairy farming. The goal of the government and dairy organization to obtain 65% crude protein from their own land, coupled with the derogation scheme, therefore means more grassland and less maize for silage. Methane is released during the fermentation of grass. Since the emission of 1 kilogram of methane is equivalent in terms of greenhouse gas to 25 kilograms of CO₂, methane is a heavy emission gas. This scenario is unfavourable from the perspective of reducing methane emissions. It is important for dairy farmers to know why a cow produces methane and how they can control/reduce it themselves through feed adjustment.

The following main question has been formulated in this literature study:

To what extent can a dairy farmer himself control the methane emissions with a ration consisting of grass, maize and concentrates?

To answer the main question, a literature study was carried out with the aim of informing interested parties and offering them concrete practical handles for practice. Scientific studies were used in which the dairy cows were actually examined in climate control rooms for methane emissions from different feeding strategies, in addition, extensive use was made of various databases and reports that contain information about reducing methane in a dairy cow.

From this come the following results:

- Dairy cow continues to produce methane, which is the mechanism of action of the food system in the cow's rumen. The level of methane is variable.
- Methane emissions can be reduced in various ways when harvesting grass and maize, such as mowing "young" grass and drier maize produces less methane emissions.
- Concentrated feed has a major reducing effect on methane emissions but cannot be used indefinitely regarding the health of the cow.
- By changing roughage compositions, methane emissions can be reduced.
- Increasing the amount of pure nitrogen/ha can reduce methane emissions.

Methane emissions are described in three different units, namely:

- Grams per cow/day emissions
- Gram per Kg measuring milk/day
- Grams per kg Dry matter intake

This allows the dairy farmer to decide for himself in which area he/she wants to try to reduce methane emissions.

Inhoud

Voorwoord	2
Samenvatting.....	3
Summary	5
Inleiding	8
1.1 Met het "huidige" boeren komen we er niet... ..	8
1.2 Methaan productie in een koe	10
1.2.2 Methaan vorming in de pens.....	11
1.3 Invloed van een melkveerantsoen in Nederland op de methaanemissie.....	12
1.4 Praktische mogelijkheden om methaanemissie te beïnvloeden d.m.v. het rantsoen.....	12
1.4.1 Weiden en/of maaien in jong/oud groeistadium.	13
1.4.2 Hoger bemestingsgift per ha.....	13
1.4.2 Aandeel mais/percentage zetmeel omhoog.....	13
1.4.3 Krachtvoer.....	14
1.5 overige managementkeuzes die methaanproductie beïnvloeden.	16
1.5.2 minder dieren houden.....	16
1.5.2 minder kg methaan per gemiddeld aanwezig dier.....	17
1.6 Knowledge gap en onderzoeksvragen.....	17
1.7 doelstelling:	18
2. Aanpak.....	20
2.1 Materiaal	20
2.2 Zoektermen	20
2.3 gegevensverwerking	22
3. Resultaten.....	25
3.1 Wat zijn de effecten op de methaanuitstoot bij meer of minder kuilgras/snijmais in het rantsoen?.....	25
3.1.1. Effect van hoeveelheid kuilgras in een rantsoen t.a.v. methaanuitstoot.....	25
3.1.2 effect van hoeveelheid snijmais in een rantsoen t.a.v. methaanuitstoot.....	26
3.2 Wat zijn de mogelijkheden in het sturen van de gras en mais kwaliteit en het effect hiervan op de methaanuitstoot.....	29
3.2.1 Effect graskwaliteit op methaanuitstoot in een melkveerantsoen	29
3.2.2. Effect van de snijmaiskwaliteit op de methaanuitstoot in een melkveerantsoen.....	31
3.3 Wat is effect op de krachtvoer kwaliteit in een gemengd rantsoen t.o.v. methaanuitstoot?.....	33
3.4 Welke praktische methodes zijn het effectiefst per verschillende eenheid om de methaanuitstoot te sturen?	36

3.4.1 Verschillende eenheden methaan.....	36
4. Discussie	38
4.1 Wat zijn de effecten op de methaanuitstoot bij meer of minder kuilgras/snijmais in het rantsoen?.....	38
4.2 Wat zijn de mogelijkheden in het sturen van de gras en mais kwaliteit en het effect hiervan op de methaanuitstoot.....	39
4.2.2 tijdstip maaien/hakselen	40
4.2.3 DS-gehalte bij de maisoogst.....	41
4.3 wat is het effect op de krachtvoer kwaliteit in een gemengd rantsoen t.o.v. de methaanuitstoot?	41
4.4 Welke praktische methodes zijn het effectiefst per verschillende eenheid om de methaanuitstoot te sturen?	41
5. Conclusie en aanbevelingen.	43
Conclusie	43
Aanbevelingen	45
Bronnenlijst.	46
Bijlagen	50
Bijlage 1 mogelijkheden reductie methaan bij gras	50
Bijlage 2 mogelijkheden reductie methaan bij gras.	51
Bijlage 3 mogelijkheden reductie methaan bij mais.	52

Inleiding

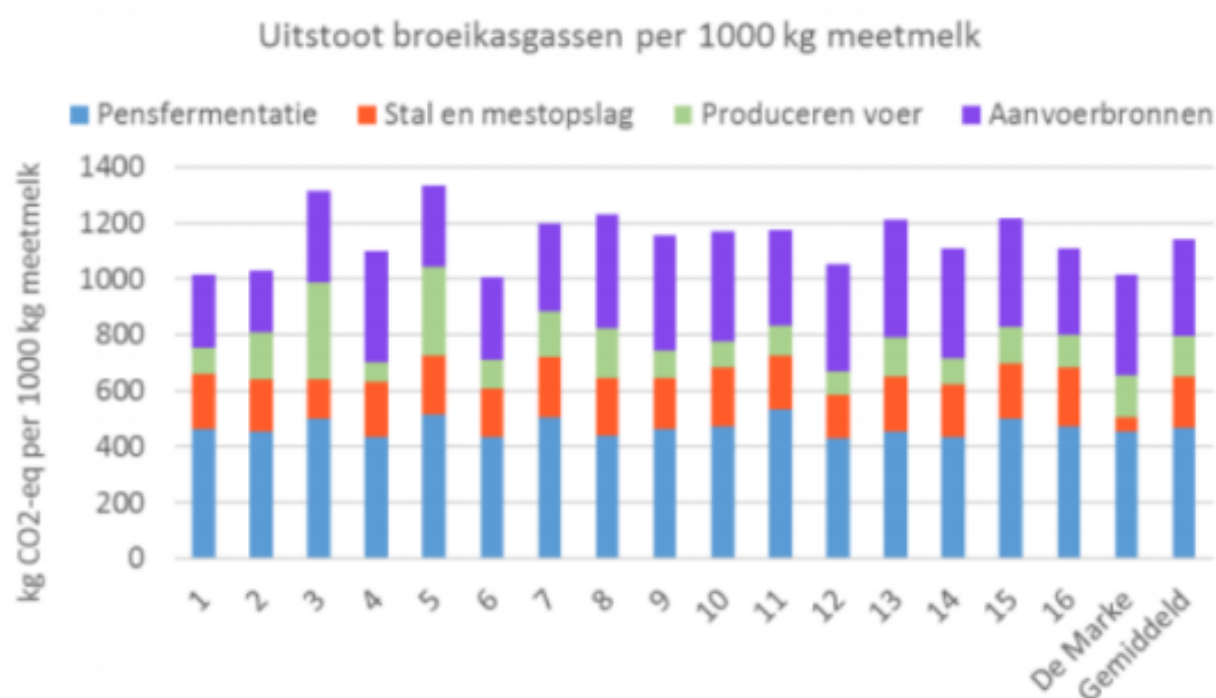
In dit hoofdstuk wordt beschreven wat de aanleiding is voor het onderzoek. Ook wordt er beschreven wat de doelstelling van het onderzoek is. Daarnaast wordt de hoofdvraag voor dit onderzoek met de daarbij horende deelvragen beschreven.

1.1 Met het “huidige” boeren komen we er niet...

De uitstoot van broeikasgassen moet in alle sectoren omlaag. Hiervoor zijn nationale en internationale doelen afgesproken in het klimaatakkoord. Ondanks het akkoord blijft de mondiale uitstoot met 1,5% per jaar stijgen (Peters&Olivier, 2020). De rijksoverheid heeft met allerlei partijen afspraken gemaakt over hoe Nederland deze doelen moet gaan halen (Rijksoverheid, Klimaatbeleid, 2019). Ook de landbouw moet hiervoor op de schop, een toekomst bestendige melkveehouderij betekent: beperking van emissie gassen en grondgebonden melkveebedrijven met een regionale kringloop. Dit betekent praktisch gezien dat er voldoende eigen ruwvoer moet zijn voor het vee, liever geen aankopen meer en indien nodig komt de aankoop van voer uit de regio. De geproduceerde mest wordt op eigen grond geplaatst of in de regio afgezet. Dit betekent dat gras een hoofdbestanddeel wordt in het rantsoen bestemd voor melkvee, de bedrijven zullen hierdoor meer grondgebonden worden. Mede door de huidige derogatie-verlening en het doel van de overheid en NZO om minimaal 65% eiwit van eigen land te produceren is gras een belangrijk gewas. Daarnaast leent gras zich uitstekend als voer voor de melkproductie vanwege de plantaardige eiwitten. Gras groeit uitstekend op de Nederlandse bodem en past bij het zeeklimaat in Nederland.

“Het lijkt zo mooi een grote koppel koeien in de wei, maar misschien vindt er wel een plaatselijke milieuramp plaats als de “onschuldige” koe haar behoefte in de wei doet (Meijer, 2021)?”

Koolstofdioxide, methaan, stikstof, ammoniak en lachgas zijn bekende broeikasgassen die in grote hoeveelheden vrijkomen en slecht zijn voor het milieu. Ook op melkveebedrijven worden deze gassen uitgestoten. Kan een melkveehouder dit voorkomen? Het antwoord is nee, want op een melkveebedrijf zullen altijd emissie-gassen/broeikasgassen voorkomen. De gemiddelde broeikasgasemissie van (Nederlandse) melkveebedrijven is 1145 kilogram CO₂-equivalenten per ton meetmelk. In 2018 werd 86% van de totale uitstoot van broeikasgassen aan melk toegerekend en 14% aan vlees. In 2017 lag het percentage voor melk op 82% (Hillhorst&Evers, 2018). Wel zijn er technische en praktische mogelijkheden om dit te verlagen. Hier zijn melkveehouders, overheden en zuivelketens al jaren mee bezig. Op een melkveebedrijf wordt een footprint bijgehouden van de emissiegassen. De emissie van methaan, kooldioxide en de mobiliteit van organische stof in de bodem worden bedrijfsspecifiek in beeld gebracht met de Koolstof kringloopwijzer. Daarmee wordt de focus op de on-farm emissies gelegd. Het is de bedoeling dat de kringloopwijzer (c-kringloop) melkveebedrijven een inzicht biedt in de emissie gassen op hun bedrijf en de aanvoer of-farm emissies. Wat opvalt in de kringloopwijzers is dat methaan het grootste emissiegas is op een melkveebedrijf. Een gemiddelde melkkoe stoot 125kg/CH₄ per jaar uit, dit komt op een kleine 400 gram methaan per dag uit (Evers, 2018).



Figuur 1 Broeikasgasemissie op Koeien&Kansen bedrijven, ingelezen uit de kringloopwijzer (Hilhorst, 2018)

Koeien en andere herkauwers zijn unieke dieren, dankzij hun magencomplex kunnen ze plantaardig voedsel (eiwitten) omzetten in hoogwaardige producten (eiwitten) zoals melk en vlees. Echter komt er bij deze fermentatie methaan vrij. In de pens van de koe wordt methaan gevormd als mechanisme om waterstofgas te verwijderen en de voortgezette productie van waterstofgas tijdens de fermentatie van voer mogelijk te maken. Door het verteringsproces in de herkauwer wordt er methaan geproduceerd. Het is mogelijk om de vorming van methaan te beïnvloeden doormiddel van rantsoen aanpassingen. Kuilgras en vers gras zorgen tijdens het fermentatieproces in de koe voor een hoge methaanuitstoot, het voeren van snijmais reduceert juist weer methaan (McAllister&Newbold, 2008). Aangezien de uitstoot van 1 kilogram methaan qua broeikasgas gelijk staat aan 25 kilogram CO₂, is methaan een zwaar emissie gas (CBS, Uitstoot broeikasgas lager in 2019, 2020)

Kort samengevat is het duidelijk dat de toekomst van de melkveehouderij en de gehele agrarische sector gaat veranderen. De overheid en andere instantie sturen op kringlooplandbouw met voldoende ruwvoer van eigen land, zodat er minder aankoop (ruwvoer/krachtvoer/bijproducten) elders wordt aangekocht. Met name wordt blijvend grasland gestimuleerd t.o.v. snijmais. Snijmais als teeltgewas heeft het nadeel dat het een laat stikstofoverschot achterlaat in de bodem, deze stikstof kan uitspoelen en in het grondwater terecht komen. Zoals boven vermeld is juist snijmais als voer geschikt om de methaan emissie te verminderen, terwijl gras weer juist meer methaan wordt gevormd.

Het uiteindelijke doel van de overheid en zuivelorganisatie om 65% ruw eiwit van eigen land te halen, gekoppeld aan de derogatie-regeling betekent dus meer grasland en minder snijmais. Dit scenario is ongunstig vanuit het streven om de methaan emissie te verminderen. Het is daarom van belang dat melkveehouders praktische handvaten krijgen om de methaan emissie te reduceren/sturen op hun bedrijven in de context van de bovenstaande ontwikkelingen.

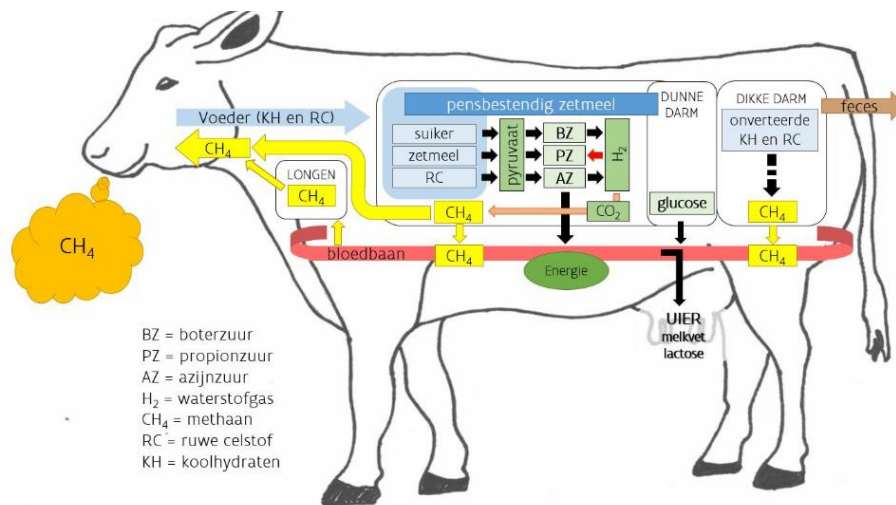
1.2 Methaan productie in een koe

Om melkveehouders handvaten te kunnen geven voor het reduceren van methaan is het belangrijk om te weten hoe en waarom een koe methaan produceert. Ook is het belangrijk om te kijken of reductie van methaan überhaupt mogelijk is in de koe. Uit de tekst hierboven is aangegeven dat ruwvoer en weidegras zorgen voor uitstoot van methaan, in dit deelonderwerp wordt er uitgelegd hoe er methaan geproduceerd wordt uit ruwvoer en krachtvoer en waarom een koe dit doet.

1.2.1 Penswerking

Koeien en andere herkauwers zijn unieke dieren. Dankzij hun magencomplex kunnen ze plantaardig voedsel dat voor de mens onbruikbaar is, omzetten in hoogwaardige producten zoals melk en vlees. Dit is mogelijk door het grote 'vergistingsvat', de pens, waarin miljarden bacteriën en protozoa het opgenomen voer als voedingsbron benutten. Tijdens deze zogenoemde fermentatie worden vluchtige vetzuren gevormd en microbieel eiwit geproduceerd. Daarnaast worden er bij de fermentatie warmte, ammoniak, methaan, CO₂ en water geproduceerd. De vluchtige vetzuren leveren tot 2/3^{de} van de beschikbare energie voor de melkkoe. De overige energie wordt gehaald uit voedingsstoffen die bestendig zijn voor de pens en via de vertering in de lebmaag en dunne darm opgenomen worden. De afbraak van voedingsstoffen verschilt per soort voedermiddel. Celwanden kunnen alleen afgebroken worden door fermentatie in de pens. Er zijn grofweg drie typen vluchtige vetzuren: propionzuur, azijnzuur en boterzuur. Afhankelijk van het rantsoen is er een verschil in verhouding van aanmaak van de vluchtige vetzuren. Structuurrijke, verteerbare voedermiddelen geven bijvoorbeeld een hogere productie van azijnzuur. Azijnzuur is nodig voor de vorming van melkvet en een verhoogde azijnzuurproductie geeft dan ook een hoger melkvet in de melk. Producten met een snelle fermentatie leveren meer propionzuur. Zetmeel kan bijvoorbeeld veel propionzuur leveren. Propionzuur wordt omgezet in glucose en levert veel energie op voor de koe en is melkdrijvend. In snel fermenteerbare rantsoenen wordt meer propionzuur en minder azijnzuur geproduceerd en hierdoor ontstaat een hoge melkproductie met een lager vetgehalte. (Newbold, 2009).

1.2.2 Methaan vorming in de pens.



Figuur 1 schematische weergave methaanvorming (wesemael, 2016).

Bij de anaerobe afbraak van voedermiddelen (gras, kuilvoer, hooi, mais etc.) in de pens worden dus vluchtige vetzuren gevormd, voornamelijk azijnzuur, propionzuur en boterzuur. Tijdens deze afbraak komt er waterstof (H²) vrij. Te veel waterstof remt de activiteit van de micro-organismen en vermindert de vezelafbraak. Om de hoeveelheid waterstof weg te werken, zitten er naast bacteriën ook ‘methanogenen’ in de pens, die H² en CO² omzetten in methaan en water (Schils, 2008). Het methaangas verlaat de koe voor ongeveer 90% via de uitgeademde lucht. Een verminderde vezelafbraak door ophoping van H₂ zorgt voor tragere passage van voer in de pens, er kan dan dus per dag minder voer door de pens (Klop, 2020).

In tabel 1 wordt een schematische weergave gegeven van het aandeel vluchtige vetzuren in de pens en welke zorgen voor de productie van methaan en welke juist methaan reduceren.

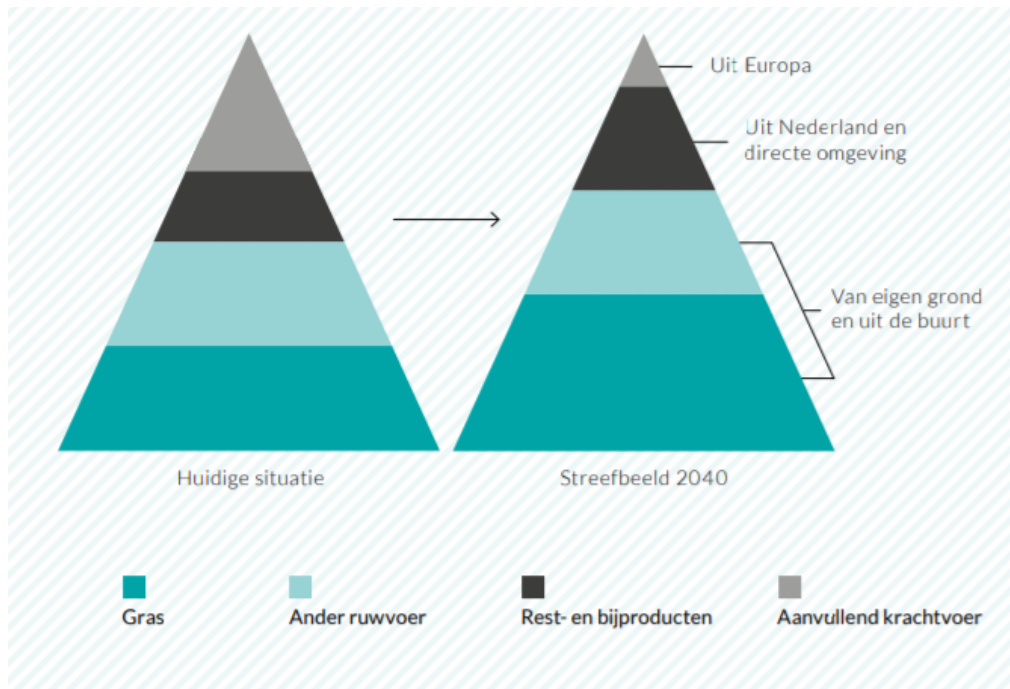
Tabel 1 voornaamste afbraakproducten van voedingsbestanddelen in de pens en darm (Valk, 2019).

Voedingsbestanddeel	Pens	Aandeel vluchtige vetzuren in de pens %	Waterstof productie	Darm
Koolhydraten o.a. Celwanden Suikers Zetmeel	Azijnzuur Boterzuur/melkzuur propionzuur	60% 10% 20%	+ + -	- - glucose
Eiwit	Microbieel eiwit			Aminozuren, peptiden

Kortom de pens mechanisme van een koe kan niet functioneren zonder het uitstoten van methaan.

1.3 Invloed van een melkveerantsoen in Nederland op de methaanemissie.

Uit het vorige hoofdstuk is het duidelijk geworden waarom en hoe een koe methaan produceert. Om methaan productie te verminderen is het belangrijk om naar het rantsoen te kijken. Dit bestaat grotendeels uit 75% kuilgras/gras en 25% snijmais als ruwvoeraandeel in het rantsoen.



Figuur 2 grondgebonden melkveehouderij in 2040 (grondgebondenheid, 2018).

Uit dit vooronderzoek blijkt dat de afbraaksnelheid en de mate van methaanproductie ligt aan hoeveelheid vezels (NDF) en type energie (celinhoud).

- Gras bevat vooral NDF, suiker en eiwit.
- Snijmais vooral NDF en zetmeel
- Krachtvoer bevat afhankelijk van de samenstelling van het rantsoen, zetmeeltypes of eiwittypes. Over het algemeen bevat krachtvoer weinig NDF.

Kortom de uitstoot van methaan is een afspiegeling van de voervertering in de pens. Het ligt daarom voor de hand om via de voeding in te spelen op het verlagen van die uitstoot. (Dijkstra&Bannink, 2014). Voor melkveehouders is het belangrijk om te weten hoe ze kunnen sturen op het NDF-gehalte en het type energie aanwezig in de celinhoud.

1.4 Praktische mogelijkheden om methaanemissie te beïnvloeden d.m.v. het rantsoen.

Nu de melkveehouder weet hoe er in de koe methaan wordt geproduceerd en wat het rantsoen daarop voor invloed heeft, is het belangrijk om praktische mogelijkheden te evalueren zodat de melkveehouder zelf een keuze kan maken die bij het bedrijf en zijn management past. Want het

grootste deel van het rantsoen namelijk het grasaandeel zorgt voor de productie van relatief veel methaan. In theorie blijkt dat vezelrijk voer (NDF) en het type energie in de celinhoud zorgt voor een hogere methaanuitstoot. Toch blijken er mogelijkheden te zijn om met het huidige melkveerantsoen met veel vezelrijk voer de methaanuitstoot te kunnen beperken. Hieronder worden de praktische mogelijkheden uitgelegd.

1.4.1 Weiden en/of maaien in jong/oud groeistadium.

Jong weidegras bevat minder harde celwanden dan oud weidegras. De microben in de pens kunnen dus makkelijker de celwanden verteren. Ook bij het inkuilen zit er verschil in de kwaliteit van de graskuil. Een lichte maaisnede bevat jonger gras dan een zware maaisnede. Ook bevat een jonge lichte snede meer VEM, suikers en eiwitten. Doordat het aandeel VEM en eiwitten hoger zijn is het te sneller en makkelijk te verteren voor de pens, echter is de kans op pensverzuring dan ook groter. Voor de methaanuitstoot is een hoger VEM gunstiger (Warner, Hatew & Podesta, et al, 2015).

Een oudere maai snede bevat ouder gras, het aandeel celinhoud (energie) wordt verbruikt door de plant voor de pluinvorming en verdere bloei. Het aandeel VEM en eiwitten nemen af omdat ze door de plant zelf worden verbrand. De celwanden verouderen door lignificatie en worden dus harder. Doordat er minder energie in de plant zit wordt het aandeel NDF in de plant meer. (Macome, Pellikaan, Hendriks & et al, 2018)

1.4.2 Hoger bemestingsgift per ha.

Meer bemesting van meststoffen geeft meer voedingswaarden in de plant bevat (VEM, suikers, zetmeel en Eiwit). In combinatie met een vroege maaisnede is de methaan reductie het grootst (Warner, Podesta, Hatew, et al, 2015). Dit komt doordat de plant sneller kan groeien door de bemesting en een hogere voedingswaarde bevat. Deze hogere voedingswaarde komt doordat er voldoende bouwstoffen uit de bemesting gehaald kan worden. Een hogere VEM en Eiwit waarde geven een lagere methaanuitstoot. Dit komt doordat het gras sneller verteerbaar is in de pens.

De samenstelling van lignine (NDF) is een belangrijke factor of een celwand wel of niet afgebroken wordt met behulp van micro-organismen in de pens. (Cone, 2014)

Echter met de huidige bemestingsnormen is zwaar bemesten niet meer mogelijk. De uitdaging is dus om zo vroeg mogelijk te weiden of te maaien en toch te zorgen voor voldoende grasopbrengst. Ook kan men perceel gericht bemesten om bepaalde percelen zwaarder te bemesten dan andere percelen.

Ook tijdig doorzaaien van de graszode en opnieuw inzaaien, zorgt voor een frissere grasmat met jong gras. Dit geeft een smakelijke en hoge voederwaarde dat uiteindelijk resulteert in de verlaging van methaan. (Bannink&Dijkstra, 2015)

1.4.2 Aandeel mais/percentage zetmeel omhoog.

Zoals eerder vermeld wordt er van mais in de pens propionzuur gemaakt. Bij de vorming van propionzuur wordt waterstof onttrokken. Zetmeel is een belangrijke bron van glucose en komt met

name voor in granen en snijmais. Glucose is de meest essentiële bron voor de vorming van lactose in melk. Zetmeel in het rantsoen is deels bestendig (wordt niet afgebroken in de pens) en deels onbestendig. De zetmeelbestendigheid is afhankelijk van de afbraaksnelheid. Het onbestendige zetmeel wordt door pensmicroben gefermenteerd, waarbij relatief veel propionzuur wordt gevormd. Het bestendige zetmeel komt terecht in de dunne darm en wordt daar via enzymen afgebroken tot glucose. Dit levert een grotere bijdrage aan de glucosevoorziening dan het onbestendige zetmeel.

De belangrijkste zetmeelleverancier van het rantsoen is snijmais. Het zetmeelgehalte loopt uiteen van 250 tot ruim 450 g/kg DS, afhankelijk van het ras en afrijpingsstadium. Daarmee is de hoeveelheid NDF ook groot. De hoeveelheid zetmeel neemt in de plant toe naarmate het afrijpingsstadium vordert, net als bij gras geldt bij mais ook, hoe ouder de plant hoe hoger het NDF-gehalte. Wanneer je te vroeg oogst bijv. bij 25% DS is er nog niet voldoende zetmeel gevormd in de kolf.

De te vroege mais bevat minder zetmeel en heeft een hoge afbraaksnelheid doordat de celwanden nog zacht zijn en de suikers nog niet volledig zijn omgezet naar zetmeel. Bij deze twee eigenschappen van te vroeg of te laat geoogste mais zit voordelen en nadelen aan t.o.v. methaanreductie. Te weinig zetmeel, geeft minder propionzuur, de snelle afbraaksnelheid geeft aan dat de celwanden zachter zijn, doordat er weinig lignificatie heeft plaatsgevonden (Bannink, Hatew & Dijkstra 2015).

De latere geoogste mais bevat meer zetmeel en een hoger NDF-gehalte. Ondanks het hoger NDF-gehalte geeft hoge hoeveelheid zetmeel voldoende propionzuur waardoor de methaanuitstoot lager is dan bij te vroeg geoogste mais (Hatew, Bannink, van Laar & et al, 2016). De hoeveelheid zetmeel in de plant is bepalend voor de hoeveelheid geproduceerde methaan. Naarmate het percentage drogestof stijgt het zetmeel toe.

1.4.3 Krachtvoer

Krachtvoer zijn er in veel verschillende soorten, het belangrijkste is dat er krachtvoer al weinig NDF bevat en weinig bijdraagt aan de methaan productie. Ook zijn er onbestendige en bestendige krachtvoerders. Bestendige krachtvoerders werken op darmniveau en dragen niet bij aan de productie van methaan. Onbestendige krachtvoerders werken op pensniveau en kunnen een kleine of grote bijdragen leveren in de reductie van methaan mits de juiste grondstof wordt gebruikt. Soja zit bijvoorbeeld lager in methaanuitstoot dan raap. Naast dat het weinig NDF bevat, werkt krachtvoer verdringend in het melkveerantsoen, dit betekent dat wanneer de koe krachtvoer eet er minder ruwvoer wordt opgenomen (Booij, 2013).

Afhankelijk van het type rantsoen wordt er krachtvoer bijgevoerd. Krachtvoer bestaat uit verschillende grondstoffen, hieronder worden de meest gebruikt beschreven:

- **Sojaschroot:** Sojaschroot is een eiwitaanvulling in het rantsoen en levert zowel bestendig als onbestendig eiwit. Het wordt gebruikt als eiwit aanvulling, zowel bestendig als onbestendig eiwit. Het werkt verhogend op de melkproductie en het melkeiwit wordt gestimuleerd. Sojaschroot heeft meestal geen effect op het vetgehalte in de melk. (Blik, 2020)

- **Citruspulp** is een zeer energierijk product met een constante samenstelling en veel suiker en ruwe celstof. Door het hoge suikergehalte geeft het een hoog energiegehalte. Hierdoor past het mooi naast een traag rantsoen. De kans op pensverzuuring is aanwezig bij overmatige gebruik van citruspulp. (Nevedi, 2015)
- **Palmpitschilfers** hebben een hoge energetische waarde en zijn ook een bron van eiwit. (Nevedi, 2015)
- **Raapschroot** is een eiwitrijk product met een relatief hoog aandeel aan ruwe celstof. Ook levert het vooral eiwit op pensniveau. Hierdoor past raapschroot goed bij eiwitarme graskuilen of een maisrijk rantsoen. Raapschroot kan sojaschroot (deels) vervangen. (WeidseBlik, 2020)
- **Granen** (tarwe) zijn zetmeelrijk en daardoor een energierijk voedermiddel met een relatief laag eiwitgehalte. Ze hebben een hoge voedingswaarde en zijn makkelijk verteerbaar ook voor jonge dieren. Teveel snel afbreek zetmeel vanuit de granen kan de pens fermentatie verstoren. Dit komt doordat een groot deel van de energie vrij komt in de pens. Dit zorgt voor meer microbieel eiwit en bouwstof voor melkeiwit. De bewerkingsmethode van het graan heeft veel invloed op de snelheid waarmee zetmeel in de pens wordt afgebroken. De graankorrel moet mechanisch bewerkt worden (Blik, 2020).

Tabel 2 De hoofdbestanddelen van de meest gebruikte krachtvoerders. (CVB, 2012) (WeidseBlik, 2020)

Hoofdbestanddelen krachtvoerders					
	Sojaschroot 44/7	Citruspulp	Palmpitten RC>180g/kg	Raapzaadschroot	Granen Tarwe
Droge stof (DS)	88-90%	91%	91%	88-90%	87-90%
VEM	1151/kg DS	1067/kg	1059/kg DS	1048/kg DS	1183/kg DS
Ruweiwit (RE)	511gr/kg DS	69gr/kg DS	172gr/kg DS	402gr/kg DS	128gr/kg DS
DVE	278gr/kg DS	89gr/kg DS	112gr/kg DS	185gr/kg DS	113gr/kg DS
OEB	221gr/kg DS	-80 gr/kg DS	-23gr/kg DS	129 gr/ kg DS	-50gr/kg DS
Zetmeel	9gr/kg DS	11gr/kg DS	2gr/kg DS	11 gr/kg DS	642gr/kg DS
Suikers	117gr/kg DS	226 gr/kg DS	18gr/kg DS	107gr/kg DS	31gr/kg DS
Structuurwaarde	0.12/kg DS	0.19/kg DS	0.40/kg DS	0.30gr/kg DS	-0.18gr/kg DS
Verzadigingswaarde	0.29gr/kg DS	0.31gr/kg DS	0.40gr/kg DS	0.35gr/kg DS	0.29gr/kg DS
Ruwe celstof	70gr/kg DS	133 gr/kg DS	194g/kg DS	135gr/kg DS	26gr/kg DS

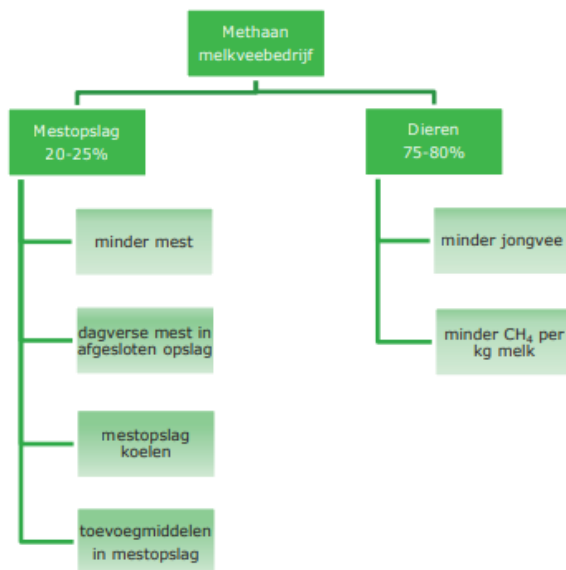
Dus bij krachtvoer is het belangrijk om te kijken naar het type krachtvoer, wanneer het op darmniveau werkt draagt het niks bij aan de methaanuitstoot. Het kan dus ook geen reducerende werking hebben dan. Krachtvoer op pensniveau draagt wel bij aan de methaanuitstoot. Het verschil in grondstof zorgt ervoor dat het snel of juist langzaam fermenteerbaar is, dit heeft ook weer deels te maken met het NDF-gehalte (Hart, Huntington, Wilkinson & et al, 2015). Voor de reductie van methaan is het van belang om te kiezen voor langzaam energierijk/zetmeel krachtvoer op pensniveau. (Hatew, Podesta, van Laar & et al, 2015)

Ook past dit uitstekend bij een rantsoen bestaande uit groot aandeel gras.

1.5 overige managementkeuzes die methaanproductie beïnvloeden.

Nu we weten waarom een koe methaan produceert, wat een rantsoen daaraan bijdraagt en hoe we het praktische mogelijkheden kunnen beïnvloeden is het ook belangrijk om te kijken naar andere managementkeuzes. Vind er op een melkveebedrijf alleen door de koe methaanuitstoot plaats of zijn er andere mogelijkheden en wat kunnen we daaraan doen?

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



Figuur 5 bronnen en reductieopties naar werkingsmechanisme voor de methaanemissie op het melkveebedrijf (Sebek, de Haan & Bannink, 2014)

Op een melkveebedrijf is de methaan emissie afkomstig uit 2 bronnen:

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

Zoals al eerder is aangegeven speelt de mestopslag in kleine percentage mee aan de broeikasgas problematiek, de melkkoeien produceren het meeste. In figuur hierboven wordt er uitgelegd welke keuze de melkveehouder kan maken om methaan bij de mestopslag te reduceren. Toevoegmiddelen en emissiearme vloeren zijn de meest voor de hand liggende keuzes.

Kortom er kan op verschillende manieren gekeken worden naar de reductie methaanemissie uit melkvee (Sebek, de Haan & Bannink, 2014):

1.5.2 minder dieren houden

- Minder melk produceren: samenstelling veestapel gelijk houden door in alle diercategorieën naar rato het aantal dieren te verminderen.

- Evenveel melk produceren: samenstelling veestapel aanpassen door relatief meer melkgevende dieren te houden, dus het jongvee verminderen maar wel dezelfde melkveekoppel behouden.
- Meer melk produceren per aanwezig dier, dus bijv. voer efficiëntere benutting

1.5.2 minder kg methaan per gemiddeld aanwezig dier

Een efficiëntere veestapel via diermanagement (Sebek, de Haan & Bannink, 2014)

A: efficiëntie voerbenutting

- Voedermiddelen kiezen met een lage emissiefactor voor methaan
- Penskarakteristieken optimaliseren naar geringe methaan productie
- Teelt&bemesting ruwvoer afstemmen op lage methaan emissie

B: hoge melkproductie per dier per jaar

- Fokkerij
- Hogere nutriëntendichtheid in het rantsoen (meer VEM)
- Betere verteerbaarheid in het rantsoen
- Hogere drogestof opname

C: duurzame veestapel

- Hogere gemiddelde leeftijd aanwezige dieren op het bedrijf creëren.
- Leeftijdsopbouw veestapel aanpassen.
- Hogere levensproductie
- Minder jongvee aanhouden

Voor een melkveehouder is het belangrijk om te kijken naar de keuzes dat methaan reducerend is maar deze kunnen op verschillende manieren worden uitgewerkt. Namelijk kunnen sommige keuze betrekking hebben op de reductie per KG/DS opgenomen voer in melkkoe, andere mogelijkheden zijn om te kijken naar minder kg methaan per gemiddeld aanwezig dier en er kan gekeken worden naar de hoeveelheid methaanuitstoot per kg melk. Zo zijn er veel mogelijkheden die reducerend zijn, maar de keuze is bij de melkveehouder om hierin een keuze te maken. Wanneer de melkveestapel duurzaam is en dus lang in leven blijft op een bedrijf zal dit voor de kg methaan per kg melk gunstig zijn in de reductie, maar voor kg methaan per dier gemiddeld aanwezig genomen minder.

1.6 Knowledge gap en onderzoeksvragen

Uit bovenstaand literatuuronderzoek komt naar voren dat er haalbare mogelijkheden liggen voor de reductie van methaan. Het is belangrijk dat deze mogelijkheden zo dicht mogelijk bij het rantsoen van een grondgebonden melkveehouder ligt. Grondgebonden melkveehouders voeren voornamelijk gras, mais en krachtvoer. Uit de theorie komt naar voren dat het aandeel voer in een rantsoen bestaat 75% bestaat uit gras, 25% uit mais en 5% krachtvoer. Ruwvoer geeft een verhoging in de

uitstoot van methaan en dit blijkt ook nog het hoofdbestanddeel van het rantsoen te zijn. De overheid en de maatschappij “eisen” verlaging in de emissie-gassen maar pleiten ook voor een kringlooplandbouw en zoveel mogelijk ruwvoer en krachtvoer van eigen bodem. Ook de wens in weidegang en blijvend grasland is groot, in de toekomst moet er meer blijvend grasland zijn en tevens de 65% eiwit van eigen bodem te halen.

In het literatuuronderzoek zijn er mogelijkheden beschreven om voor de melkveehouder handvaten uit te rijken om methaanproductie te reduceren. Het is echter nog niet bekend in welke hoeveelheid methaan reducerend is. Ook is het aan de melkveehouder zelf een keuze te maken naar mate van reductie in KG melk, kg per koe of kg per DS en welke gezondheidsproblemen erbij kunnen komen.

Tijdens mijn literatuuronderzoek kwam al gauw het idee naar boven hoe een melkveehouder, met voornamelijk gras in het rantsoen de methaan productie kan verlagen zonder dat dit tot grote veranderingen leiden. Er blijken veel praktische mogelijkheden te zijn in de reductie van methaan die uitstekend bij melkveehouders passen. Melkveehouders met voldoende eigen ruwvoer zijn vaak de grondgebonden, voor hen is het aankopen van energie/eiwit rijke bijproducten of krachtvoerders dat een verlagend effect heeft op de methaanuitstoot minder interessant omdat men vaak al genoeg voer zelf heeft.

De hoofdvraag is te omschrijven als:

In hoeverre kan een melkveehouder zelf de methaanuitstoot sturen bij een rantsoen bestaande uit gras, mais en krachtvoer?

De deelvragen zijn te omschrijven als:

1. Wat zijn de effecten op de methaanuitstoot bij meer of minder kuilgras/snijmais in het rantsoen?
2. Wat zijn de mogelijkheden in het sturen op de gras en maiskwaliteit en het effect hiervan op de methaanuitstoot?
3. Wat is het effect op de krachtvoer kwaliteit in een gemengd rantsoen t.o.v. de methaanuitstoot?
4. Welke praktische methodes zijn het effectiefst per verschillende eenheid om de methaanuitstoot te sturen?

1.7 doelstelling:

Een melkveehouder met voldoende eigen ruwvoer en een gesloten kringloop is de toekomst van de melkveehouderij, hoe meer eigen geproduceerd ruwvoer er door de koe gaat hoe beter... Uit het onderzoek komt naar voren dat methaan een zwaar emissie gas is, namelijk 25 keer zwaarder dan dat van koolstofdioxide. Methaan wordt gevormd tijdens de pensfermentatie van vezelrijk voer. Gras en mais zijn opgebouwd uit verschillende celwanden en tijdens de afbraak van de vertering van voornamelijk celwanden en het type energie in de celinhoud wordt methaan geproduceerd. Ook is het voor de melkveehouder belangrijk om te weten wat er gebeurt met de koe en de melkproductie bij de verschillende reducerende mogelijkheden. Dit is belangrijk zodat de melkveehouder een wel overwogen keuze kan maken.

De doelstelling is dan ook om de melkveehouder handvaten en kennis te geven om via een praktische manier toch de methaanuitstoot te reduceren.

2. Aanpak

In dit hoofdstuk wordt het plan van aanpak beschreven. De onderzoeksvraag is duidelijk en het breder en theoretische kader zijn bekend, nu kan er met behulp van een literatuuronderzoek de benodigde informatie opgezocht worden. In het plan wordt beschreven met welke databanken er wordt gewerkt, wat zijn de zoektermen en waarom worden ze gehanteerd. Uiteindelijk worden de gegevens verwerkt per deelvraag.

2.1 Materiaal

Door middel van een literatuuronderzoek wordt de benodigde informatie geleverd om vervolgens de data te bekijken, analyseren, bespreken, vergelijken en uiteindelijk een antwoord te geven op de hoofdvraag van dit onderzoek.

Voor het beantwoorden van de hoofd- en deelvragen wordt er gebruik gemaakt van meerdere wetenschappelijke databanken:

- Wageningen Research
- Agrimatie
- Koeien&kansen-bedrijven (samenwerking met Wageningen research)
- Green I
- Internetzoekmachine Google Scholar
- Journal of Dairy Science
- ScienceDirect
- Cambridge University

2.2 Zoektermen

De volgende zoektermen worden gebruikt in de wetenschappelijke databanken die hierboven beschreven staan:

- Methaan
- Methaanreductie
- Klimaat
- Klimaatambitie
- Emissieuitstoot
- Emissiegassen wereldwijd
- Emissiegassen Europa
- Emissiegassen Nederland
- Emissie Melkveehouderij
- Herkauwers
- Penswerking
- Vluchtige vetzuren

- Celwanden
- NDF
- Waterstofproductie
- Gras
- Mais
- Krachtvoer
- Additief
- Grondgebonden melkveehouderij
- Derogatie
- Melkproductie
- Gezondheid
- Klimaatkamers

Ook wordt er gebruikt gemaakt van Engelse zoektermen om wereldwijde wetenschappelijke onderzoeken mogelijk te kunnen gebruiken:

- Methane
- Cell walls
- Emissions
- Grass silage
- Mais silage
- Forage source
- Climate change
- Volatile fatty acids
- Hydrogen production
- Propionic acid
- CRC climate respiration chambers
- VIVO

Deze zoektermen leiden tot Wetenschappelijke onderzoeken, krantenartikelen, webpagina's en veel andere mogelijke nuttige informatie. Voor dit onderzoek is het belangrijk om te kijken naar de bron. We willen uiteindelijk wel een onderzoek dat is gebaseerd op feiten, zodat de melkveehouder uiteindelijk ook echt methaan kan reduceren als hij dat wil. Landbouw webpagina's zoals: Boerderij, Veeteelt, Nieuwe Oogst en Vee en Gewas kunnen worden gebruikt als opstapje naar het wetenschappelijke artikel.

Het is daarom belangrijk dat de bronvermelding voldoet aan één van de volgende eisen:

- Recent wetenschappelijk onderzoek binnen de afgelopen 10 jaar.
- Auteurs werken/werkte voor een Wetenschappelijk onderzoeksinstituut
- Artikels bevatten knipsel uit een wetenschappelijk onderzoek of zijn geschreven door wetenschappelijk auteurs.
- Sites met statistieken als RVO, CBL en Agrimatie bevatten betrouwbare informatie
- Schoolleraars kunnen ook zinvolle auteurs zijn

2.3 gegevensverwerking

Het is een theoretisch onderzoek, om een antwoord op de hoofdvraag te krijgen, wordt er per deelvraag een plan van aanpak beschreven. Uiteindelijk is het de bedoeling om met de antwoorden op deze deelvragen de hoofdvraag (In hoeverre kan een melkveehouder zelf de methaanuitstoot sturen bij een rantsoen bestaande uit gras, mais en krachtvoer?)

Voor dit onderzoek worden onderzoeken gebruikt die in VIVO onderzocht zijn, dit betekent dat de grondstoffen zoals bijv. gras/kuil, mais, krachtvoer etc. in de koe verteerd worden en getest. Het testen gebeurt in de koe zelf en doormiddel van de klimaatkamers waarin de koe zich bevindt. Het methaan in dit geval, wordt gemeten tijdens testen met de verschillende grondstoffen. De in VITRO onderzoeken worden niet gebruikt, dit komt omdat ze in het laboratorium nabootsen wat er in de koe gebeurt. Dit is minder betrouwbaar dan de in VIVO onderzoek en worden dus voor dit onderzoek ook niet gebruikt.

Ook wordt er specifiek alleen gekeken naar het rantsoen met kuilgras, snijmais en krachtvoer. Dit omdat het onderzoek de melkveehouder een praktische makkelijke oplossing wil bieden dat zonder aankopen gerealiseerd kan worden.

Er wordt geen gebruik gemaakt van enquêtes en interviews.

- Deelvraag 1:

Wat zijn de effecten op de methaanuitstoot bij meer of minder kuilgras, snijmais in het rantsoen?

De losse componenten kuilgras, snijmais en krachtvoer worden bekeken. Om te kijken wat een bepaald rantsoen met alleen kuilgras en krachtvoer of alleen snijmais en krachtvoer voor een effect hebben op de methaanuitstoot. Ook wordt er gekeken naar de effecten met meer kuilgras t.o.v. snijmais in een melkveerantsoen en juist andersom.

De uitwerking van de praktijkonderzoeken worden verwerkt in tabellen zodat er een snel-overzicht komt van de belangrijkste effecten.

Tabel 3: Overzicht van de uitkomsten van het literatuuronderzoek (Klop, 2021)

Doel van het onderzoek	Aantal koeien	DIM (days in milk)	Drogestof opname (Kg/d)	Melkproductie (Vet/eiwit%)	Methaanuitstoot in verschillende eenheden	Methode	Bron

- Deelvraag 2:

Wat zijn de mogelijkheden in sturen op de gras en snijmaiskwaliteit om de methaanuitstoot te sturen?

Uit theoretisch onderzoek komt naar voren dat wanneer het gras jonger gemaaid wordt de graskwaliteit omhooggaat. De verteerbaarheid is hoog en hierdoor daalt het NDF-gehalte. Het type energie in de celinhoud van de plant is van een hogere kwaliteit, doordat het gras jonger is geeft het minder verhouting/lignine dit geeft ook een lager NDF-gehalte.

Jonger gras met een hogere kwaliteit en minder houtstof geeft een lagere methaanuitstoot.

Uit theorie blijkt dat het sturen op jong/oud gras in combinatie met een hoge bemesting ook minder methaanuitstoot moet opleveren. De bemesting draagt bij aan de graskwaliteit, bij een hoge bemesting is de kwaliteit en verteerbaarheid hoger en is de kans op verhouting minder groot, hierdoor zou er een lager NDF-gehalte gerealiseerd kunnen worden.

De kwaliteit van snijmais kan worden beïnvloed door de hakseldatum. Wanneer snijmais op tijd geoogst wordt is het zetmeelgehalte in de plant lager. Hoe hoger het aandeel zetmeel in de plant hoe meer propionzuur een koe kan produceren en dit verlaagt de methaanuitstoot.

De uitwerking van de praktijkonderzoeken worden verwerkt in tabellen zodat er een snel-overzicht komt van de belangrijkste effecten.

Tabel 4: Overzicht van de uitkomsten van het literatuuronderzoek (Klop, 2021)

Doel van het onderzoek	Aantal koeien	DIM (days in milk)	Drogestof opname (Kg/d)	Melkproductie (Vet/eiwit%)	Methaanuitstoot in verschillende eenheden	Methode	Bron

- Deelvraag 3:

Wat is effect op de krachtvoer kwaliteit in een gemengd rantsoen t.o.v. methaanuitstoot?

Uit het literatuuronderzoek blijkt dat energierijke/zetmeel grondstoffen positieve effecten hebben op de reductie van methaan, bij het mengvoer wordt er gekeken naar de invloed van een geconcentreerdere brok t.o.v. een arme brok m.b.t. methaanuitstoot.

De uitwerking van de praktijkonderzoeken worden verwerkt in tabellen zodat er een snel-overzicht komt van de belangrijkste effecten.

Tabel 3: Overzicht van de uitkomsten van het literatuuronderzoek (Klop, 2021)

Doel van het onderzoek	Aantal koeien	DIM (days in milk)	Drogestof opname (Kg/d)	Melkproductie (Vet/eiwit%)	Methaanuitstoot in verschillende eenheden	Methode	Bron

- Deelvraag 4:

Welke praktische methodes zijn het effectiefst per verschillende eenheid om de methaanuitstoot te sturen?

Uit deelvraag 1, 2 en 3 worden de uitkomsten vertaald naar de mogelijkheden (praktijk) voor de melkveehouder. Elk melkveebedrijf is anders en elke veehouder heeft andere doelen. Het is daarom van belang dat de melkveehouder uiteindelijk zelf een passend "handvat" kiest om het methaan te reduceren. In deze deelvraag worden de eenheden in reductie beschreven, praktische en de meest effectieve oplossingen beschreven. (Klop, 2021)

- Top 3 met maatregelen die het effectiefs zijn op de methaan reductie (g/d per koe, g/kg Ds opname of g/kg Vet/eiwit gecorrigeerde melk).

3. Resultaten

In dit hoofdstuk worden de verzamelde gegevens gepresenteerd die nodig zijn om antwoord te kunnen geven op de onderzoeksvragen. De resultaten worden per deelvraag beschreven.

In de volgende Alina's wordt er per deelvraag de effecten op de methaanuitstoot weergegeven.

Er wordt gebruikt gemaakt van 11 wetenschappelijke onderzoeken in VIVO, die zijn uitgevoerd in de Climate respiration chambers (klimaatkamers). Per onderzoek wordt er een overzicht met literatuur weergegeven in een tabel.

3.1 Wat zijn de effecten op de methaanuitstoot bij meer of minder kuilgras/snijmais in het rantsoen?

3.1.1. Effect van hoeveelheid kuilgras in een rantsoen t.a.v. methaanuitstoot

Onderzoek 1: onderzoek methaanproductie bij lacterende Holstein-Friesian koeien die op kuilgras en/of snijmais gevoerd worden.

Er wordt gebruikt gemaakt van een blokontwerp met 4 dieetbehandelingen en 32 lacterende HF koeien tussen de 192 en 87 dgn. in melk. De koeien waren in 4 groepen van 12 koeien verdeeld aan de hand van lactatiestadium, pariteit en melkproductie. In de Klimaatkamers werd er tussen dag vijf en acht de methaan uitstoot gemeten.

De samenstelling van het voer (80% ruwvoer en 20% krachtvoer) was voor alle 4 behandelingen hetzelfde, terwijl het ruwvoer bestond uit gras, mais of een mengsel van beide (Van Gastelen, Antunes-Fernandes & Hettinga et al, 2015).

- 1, 100% kuilvoer (grassilage)
- 2, 67% kuilvoer en 33% snijmais
- 3, 33% kuilvoer en 67% snijmais

Tabel 8 Overzicht 4 van de uitkomsten van het literatuuronderzoek naar het effect van gras op de methaanuitstoot (Van Gastelen, Antunes-Fernandes & Hettinga et al, 2015).

Doel van het onderzoek			
Behandeling	100% grassilage	67% grassilage and 33% Cornsilage	33% grassilage and 67% cornsilage
	Gs 100	Gs 67	Gs 33
Aantal melkkoeien	32	32	32
Days in milk (DIM)	192/87 dgn	192/87dgn	192/87dgn
Drogestof opname koe (kg ds/dag)	16.2	16.7	16.6
NDF intake (g/d of DM)	431	396	360
Melkproductie kg	22.6kg	23.2 kg	24.2 kg
Vet en Eiwit in %	4.61% vet en 3.44% eiwit	4.77% Vet en 3.49% Eiwit	4.72%Vet en 3.34% Eiwit
Methaan uitstoot in gram/dag/koe	399	414	411
Methaan uitstoot in DMI (dry matter intake) g/kg/DMI	24.6	25.0	24.5
Methaanuitstoot in g/kg of FPCM	16.6	17.0	16.2
Meetmethode	Climate Control Chambers (CRC)		
Bron:	Enteric methane production, rumen volatile fatty acid concentrations, and milk fatty acid composition in lactating Holstein-Friesian cows fed grass silage- or corn silage-based diets.		

3.1.2 effect van hoeveelheid snijmais in een rantsoen t.a.v. methaanuitstoot

Onderzoek 2: Kuilgras vervangen door snijmais, wat voor effect heeft dit op de methaanproductie bij HF lacterende koeien.

Bij dit onderzoek zijn 9 lacterende melkkoeien gebruikt. De melkkoeien zitten in de lactatie tussen 18 en 82 dagen. De experimentele behandelingen waren gebaseerd op het verhogen van het aandeel snijmais in een TMR (total mixed rantsoen) met 60% ruwvoer en 40% krachtvoer. De melkkoeien kregen in een blokontwerp 3 verschillende dieeten. Na 14 dagen werden een x aantal koeien in de klimaatkamers gemeten op de uitstoot van methaan. (Hassanat, Gervais, Julien & et al, 2013)

- CS1: 0% Cornsilage (56,4% grassilage en 43,6% krachtvoer)
- CS2: 50% Cornsilage (28,2% grassilage, 28,2% cornsilage en 43,6% krachtvoer)
- CS3: 100% Cornsilage (56,4% cornsilage en 43,6% krachtvoer)

Tabel 10 Overzicht 7 met de uitkomsten van het literatuuronderzoek naar effect van mais op de methaanuitstoot (hassanat, Gervais, Julien & et al, 2013).

Doel van het onderzoek			
Behandeling	0% Cornsilage	50% Cornsilage	100% cornsilage
	CS 1	CS 2	CS3
Aantal melkkoeien	9	9	9
Days in milk (DIM)	18/82dgn	18/82dgn	18/82dgn
Drogestof opname koe (kg ds/dag)	21.7	23.0	22.8
NDF intake (g/d of DM)	664	681	643
Melkproductie kg	32.3 kg	35.3kg	34.3 kg
Vet en Eiwit in %	3.88% Vet en 3.04% Eiwit	3.47%Vet en 3.16% Eiwit	3.26% Vet en 3.22% Ewit
Methaan uitstoot in gram/dag/koe	440	483	434
Methaan uitstoot in DMI (dry matter intake) g/kg/DMI	20.3	20.7	17.7
Methaanuitstoot in g/kg of FPCM	14.3	15.3	14.6
Meetmethode	Climate Control Chambers (CRC)		
Bron:	Replacing alfalfa silage with corn silage in dairy cows diets: Effects on enteric methane production, ruminal fermentation digestion, n balance, and milk production.		

Onderzoek 3 Methaanproductie bij lacterende HF koeien met een rantsoen bestaande uit alleen snijmais of een mengsel met kuilgras.

Ook dit keer wordt er gebruikt gemaakt van een blokontwerp met 4 diëetbehandelingen en 32 lacterende HF koeien tussen de 192 en 87 dgn in melk. De koeien waren in 4 groepen van 12 koeien verdeeld aan de hand van lactatiestadium, pariteit en melkproductie. In de Klimaatkamers werd er tussen dag vijf en acht de methaan uitstoot gemeten.

De samenstelling van het mengvoer (80% ruwvoer en 20% krachtvoer) was voor alle 4 behandelingen hetzelfde, terwijl het ruwvoer bestond uit gras, mais of een mengsel van beide (Van Gastelen, Antunes-Fernandes, Hettinga & et al, 2015).

- 1, 33% snijmais en 67% kuilvoer
- 2, 67% snijmais en 33% kuilvoer
- 3, 100% snijmais

Tabel 10, Overzicht 6 met de uitkomsten van het literatuuronderzoek naar het effect van mais op de methaanuitstoot (van Gastelen, Antunes-Fernandes, Hettinga & et al, 2015)

Doel van het onderzoek			
Behandeling	33% Cornsilage and 67% grassilage	67% cornsilage and 33% grassilage	100% cornsilage and 0% grassilage
	Gs 67	Gs 33	Gs 0
Aantal melkkoeien	32	32	32
Days in milk (DIM)	192/87dgn	192/87dgn	192/87dgn
Drogestof opname koe (kg ds /dag)	16.7	16.6	17.5
NDF intake (g/d of DM)	396	360	325
Melkproductie kg	23.2 kg	24.2 kg	23.6 kg
Vet en Eiwit in %	4.77% Vet en 3.49% Eiwit	4.72% Vet en 3.34% Eiwit	4.62% Vet en 3.67% Eiwit
Methaan uitstoot in gram/dag/koe	414	411	387
Methaan uitstoot in DMI (dry matter intake) g/kg/DMI	25.0	24.5	22.0
Methaanuitstoot in g/kg of FPCM	17.0	16.2	15.3
Meetmethode	Climate Control Chambers (CRC)		
Bron:	Enteric methane production, rumen volatile fatty acid concentrations, and milk fatty acid composition in lactating Holstein-Friesian cows fed grass silage- or corn silage-based diets.		

Kortom,

In de eerste praktijkonderzoeken in overzichten 1 tot en met 6 (tabellen 12 t/m 15) wordt het effect op de methaanuitstoot per los voedercomponent beschreven, wat er gebeurt met het aandeel kuilgras/snijmais in een rantsoen en de kwaliteit van het krachtvoer in combinatie met een gemengd rantsoen bestaande uit gras en mais.

De methaanuitstoot loopt uiteen 377,3 tot 483 gram per koe per dag. De hoeveelheid methaan wordt omschreven in verschillende variabelen:

- Gram per dag per koe.
- Gram per kilogram Dry matter intake (DS opname).
- Gram per kilogram FPCM (Fat Protein Corrected milk).

3.2 Wat zijn de mogelijkheden in het sturen van de gras en mais kwaliteit en het effect hiervan op de methaanuitstoot.

3.2.1 Effect graskwaliteit op methaanuitstoot in een melkveerantsoen

Onderzoek 4: effect van de graskwaliteit en voeropname niveau op de methaanproductie bij lacterende koeien.

Het eerste onderzoek wordt er naar vier verschillende graskuilen gekeken en wat het effect is op de methaanuitstoot. De vier verschillende graskuilen bestaan uit twee eerste snedes en twee tweede snedes. De eerste snede is gemaaid op 6 mei en 25 mei. De tweede snede is gemaaid op 4 juli en 12 juli. De eerste snede is bemest 70kg N/Ha rundveedrijfmest en aangevuld met 160kg/ N uit kunstmest (calciumammonium nitraat). Bij de tweede snede is alleen gebruik gemaakt van een kunstmest bron 167 kg/N/Ha. Het grasmengsel bestaat uit BG Superplus, een mix van Engels raaigras, thimonthee, beemdlangbloem en veldbeemdgras. Voor het onderzoek worden 56 melkgevende HF koeien gebruikt, gegroepeerd in een blokontwerp van de vier verschillende rantsoenen. De koeien kregen 12 dagen het te onderzoeken rantsoen, waarvan 5 dagen in de klimaatbeademing kamers. Het experimentele voer bestaat uit 70% kuilgras, 10% snijmais en 20% mengvoer. (Warner, Bannink, hatew & et al, 2017)

Tabel 5 Overzicht 1 van de uitkomsten van het literatuur onderzoek naar het effect van gras op methaanuitstoot (Warner, Bannink, Hatew & et al, 2017)

Doel van het onderzoek	6 Mai, eerste snede G1	25 Mai, eerste snede G2	4 juli, tweede snede G3	12 juli tweede snede G4
Behandeling gras, Vier verschillende oogststadia 's jong naar oud				
Aantal melkkoeien	56			
Days in milk (DIM)	90/98 dgn			
Drogestof opname koe (kg ds/dag)	16.8	16.4	16.9	16.2
NDF (g/kg of DM)	580	650	730	720
Melkproductie kg/d	29.5	27.6	28.5	28.0
Vet en Eiwit in %	4.78 Vet en 3.10 Eiwit	4.92 Vet en 3.03 Eiwit	4.42 Vet en 2.92 Eiwit	4.37 Vet en 2.90 Eiwit
Methaan uitstoot in g/d	321	354	365	364
Methaan uitstoot in DMI (dry matter intake) g/kg/DMI	19.3	21.4	21.7	22.8
Methaanuitstoot in g/kg of FPCM	10.3	11.9	12.6	13.2
Meetmethode	Climate Control Chambers (CRC)			
Bron:	Effects of grass silage quality and level of feed intake on enteric methane production in lactating dairy cows.			

Onderzoek 5: effect van stikstofbemesting en rijpheid gras op de methaanuitstoot bij lacterende koeien.

Het betreft zes dieetbehandelingen met 54 lacterende HF-melkkoeien. Lacterend tussen de 11 en 168 dgn in lactatie. De melkkoeien kregen graskuil (voornamelijk raaigras) en mengvoer op 80:20 DS basis. De melkkoeien werden gedurende 12 dagen aangepast aan het dieet en de CH₄ productie werd gedurende 5 dagen gemeten in de klimaatbeademingskamers (Warner, Hatew & Podesta, et al, 2015).

De dieetbehandelingen bestonden uit verschillende bemestingen (laag 65N/ha en hoog 150N/ha) en drie oogst stadia. De oogststadia bestaat uit:

- Vroeg, 28 dgn na hergroei
- Midden, 41 dgn na hergroei
- Laat, 62 dgn na hergroei

Tabel 6 Overzicht 2 van de uitkomsten van het literatuuronderzoek naar het effect van gras op de methaanuitstoot (Warner, Hatew & Podesta, et al, 2015).

Doel van het onderzoek	Stikstofbemesting 65N/Ha			Stikstofbemesting 150N/Ha		
Aantal melkkoeien	54			54		
Days in milk	11 tot 168 dgn in lactatie					
Drogestof opbrengst grasland in kg/ha	2023kg ds/ha	3214 kg ds/ha	3535 kg ds/ha	2055 kg ds/ha	3609 kg ds/ ha	5793kg ds/ha
NDF intake in g/kg of DM	490	480	460	500	490	430
Drogestof opname koe (kg DS/dag)	15.8kg DS	14.9 kg DS	14.9 kg DS	16.0 kg DS	14.5 kg DS	13.3 kg DS
Melkproductie kg	26.0kg melk	21.5 kg melk	20.6 kg melk	25.4 kg melk	23.6 kg melk	18.7 kg melk
Vet en eiwit in kg	5.00 Vet en 3.27 eiwit	4.43 Vet en 3.45 eiwit	4.52 Vet en 3.26 eiwit	4.50 Vet en 3.26 eiwit	4.80 Vet en 3.34 Eiwit	4.57 Vet en 3.35 Eiwit
Methaanuitstoot in g/d/ per koe	361	356	347	347	352	322
Methaanuitstoot in g/kg FPCM	12.8	16.0	16.8	13.2	14.0	16.2
Methaanuitstoot (g/kg of DMI)	23.0	24.0	23.4	21.7	24.4	24.6
Meetmethode	Climate control chambers (CRC)					
Bron	Effects of nitrogen fertilisation rate and maturity of grass silage on methane emission by lactating dairy cows					

Onderzoek 6: effect van stikstofbemesting en hergroei-interval van gras op de methaanuitstoot bij lacterende koeien op stal.

Het onderzoek is uitgevoerd met 28 lacterende melkkoeien. Totaal zijn er 4 experimenten m.b.t. tot verschillende hoeveelheden bemesting en interval her groei dagen van het gras. De melkkoeien kregen een rantsoen met 85% graskuil en 15% mengvoer.

Het grasmengsel dat is gebruikt bestaat uit BG-superplus van barenburg, dit bevat Engels raaigras, timothee, beemdlangbloem en veldbeemdgras.

Het grasmengsel is ingezaaid op 3 verschillende percelen. De percelen kregen bij de eerste bemesting aanvankelijk 80kg N/Ha dierlijke mest en 30 kg N/ Ha kunstmest. (Calciumammonium nitraat). Na de eerste snede werden de percelen opnieuw verdeeld, dit keer in 60 verschillende percelen. Per perceel werd er bemest met een lage (20kg N/ha) en een hoge (90kg N/ha) gift met kunstmest (calciumammoniumnitraat). Na 3 weken R3 of 5 weken R5 werd het gras gemaaid en direct gevoerd aan de koeien in de klimaatkamers (Warner, Podesta, Hatew, et al, 2015).

Tabel 7 Overzicht 3 van de uitkomsten van het literatuuronderzoek naar het effect van gras op de methaanuitstoot (Warner, Podesta & hatew et al, 2015)

Doel van het onderzoek	Stikstofbemesting 20N/Ha	Stikstofbemesting 20N/Ha		Stikstofbemesting 90N/Ha	Stikstofbemesting 90N/Ha
	3 weken oud gras	5 weken oud gras		3 weken oud gras	5 weken oud gras
Aantal Melkkoeien	28	28		28	28
Days in milk	137 dgn tot 193 dgn	137 dgn tot 193 dgn		137dgn tot 193dgn	137dgn tot 193dgn
Drogestof opname (kg/ds/day)	14.9	14.9		15.0	15.1
NDF intake in g/d of DMI	390	416		412	454
Melkproductie in kg	19.6	16.6		20.1	19.8
Veten Eiwit in kg	4.62 Vet en 3.38 Eiwit	4.22 Vet en 3.32 Eiwit		4.87 Vet en 3.52 Eiwit	4.80 Vet en 3.44 Eiwit
Methaanuitstoot in g/d	306	297		326	337
Methaanuitstoot in g/kg of FPCM	14.9	17.4		14.6	16.2
Methaanuitstoot in DMI (kg/ds)	20.4	19.9		21.5	22.4
Meetmethode	Climate control chambers (CRC)				
Bron	Effect of nitrogen fertilization rate and regrowth interval of grass herbage on methane emission of zero-grazing lactating dairy cows				

3.2.2. Effect van de snijmaiskwaliteit op de methaanuitstoot in een melkveerantsoen.

Onderzoek 7 effect van verhoogde rijpheid van snijmais bij de oogst op conservering, melkproductieprestaties en methaanuitstoot.

Het onderzoek is uitgevoerd met 64 verse HF melkkoeien. Deze melkkoeien werden verdeeld over acht blokken, met acht verschillende rantsoenen. De acht behandelingen bestonden uit 4 basisrantsoenen met snijmais geoogst bij 30, 34, 38 en 42% DS, graskuil en krachtvoer. Er werd naar de dier prestaties en het effect op methaanuitstoot gekeken bij het basisrantsoen met verschillende snijmais oogsten. De vier maiskuilen werden aangeboden in een ruwvoersamenstelling van (Zom, Bannink & Goselink, 2012):

- 61% maiskuilvoer
- 28% graskuilvoer
- 10% krachtvoer

Tabel 11, Overzicht 8 met de uitkomsten van het literatuuronderzoek naar effect van mais op de methaanuitstoot (Zom, Bannink & Goselink, 2012).

Doel van het onderzoek				
Behandeling mais, Vier verschillende oogststadia 's jong naar oud	30% DS T1	34% DS T2	38% DS T3	42% DS T4
Aantal melkkoeien	64			
Days in milk (DIM)	X			
Drogestof opname koe (kg ds/dag)	23.2	23.5	23.7	22.8
NDF (kg/D/ DIM)	8.58	8.45	8.39	8.06
Melkproductie kg/d	40.2	40.8	40.8	39.5
Vet en Eiwit in %	4.25 Vet en 3.17 Eiwit	4.17 Vet en 3.22 Eiwit	4.21 Vet en 3.28 Eiwit	4.05 Vet en 3.29 Eiwit
Methaan uitstoot in g/d	426	434	435	416
Methaan uitstoot in DMI (dry matter intake) g/kg/DMI	18.3	18.5	18.4	18.2
Methaanuitstoot in g/kg of FPCM	9.9	10.0	10.0	10.0
Meetmethode	Climate Control Chambers (CRC)			
Bron:	Effect of increased maturity of silage maize at harvest on conservation, dairy cow performance and methane emission.			

Onderzoek 8: Verhoging van de oogstrijpheid van snijmais vermindert de methaanemissie bij lacterende koeien.

In dit onderzoek wordt er gekeken naar verschillende maisrassen in verschillende stadia van rijpheid. Het doel is om te kijken wat het effect is bij verschillende stadia in rijpheid op de methaanuitstoot.

Voor dit onderzoek zijn Nederlandse maisrassen gebruikt, de rassen zijn uitgekozen na populariteit bij de Nederlandse melkveehouders. Ze werden gehakseld bij 4 verschillende rijpingsstadia:

- Zeer vroeg (25% DS)
- Vroeg (28% DS)
- Normaal (32% DS)
- Laat (40% DS)

Op de zandgrond van proefboerderij Wageningen Research, werden de verschillende rassen gezaaid met 100.000 zaden per ha en een rijafstand van 0,78m. Er is bemest met 40kuub/ha (3.8kg N, 1.5kg P2O5 en 4.8kg K2O) naast de drijfmest werd er triple superfosfaat (75kg/ha) en calciumammoniumnitraat (125kg/ha). Tijdens de oogst werd er op 5 verschillende rijpheidengeoogst. De 28 melkkoeien verdeeld over 7 blokken van elk 4 koeien met dezelfde lactatie dagen (103/18dgn). In de klimaatkamers krijgen ze 12 dagen lang, de 4 verschillende rantsoenen bestaande uit 75% mais, 20% concentraat en 5% tarwestro. (80% ruwvoer: Mais, stro en 20% krachtvoer). Het concentraat/krachtvoer bestond uit: sojameel, raapzaadmeel, kalksteen, ureum, natriumchloride en premix met mineralen. (Hatew, Bannink, van Laar & et al, 2016)

Tabel 9 Overzicht 5 met de uitkomsten van het literatuuronderzoek naar het effect van mais op de methaanuitstoot (Hatew, Bannink, van Laar & et al, 2016)

Doel van het onderzoek				
Behandeling mais, Vier verschillende oogststadia 's jong naar oud	Zeer vroeg 25% DS T1	Vroeg 28% DS T2	Normaal 32% DS T3	Laat 40% DS T4
Aantal melkkoeien	28			
Days in milk (DIM)	103/18 dgn			
Drogestof opname koe (kg ds/dag)	18	17.5	18.5	18.0
NDF (g/kg of DM)	407	394	359	349
Melkproductie kg/d	30.8	28.9	28.6	28.7
Vet en Eiwit in kg	4.01 Vet en 3.1 Eiwit	4.43 Vet en 3.15 Eiwit	4.33 Vet en 3.27 Eiwit	4.54 Vet en 3.23 Eiwit
Methaan uitstoot in g/d	390	400	386	361
Methaan uitstoot in DMI (dry matter intake) g/kg/DMI	21.7	23.0	21.0	20.1
Methaanuitstoot in g/kg of FPCM	13.0	13.4	13.2	12.1
Meetmethode	Climate Control Chambers (CRC)			
Bron:	Increasing Harvest maturity of whole-plant corns silage reduces methane emission of lactating dairy cows.			

3.3 Wat is effect op de krachtvoer kwaliteit in een gemengd rantsoen t.o.v. methaanuitstoot?

Onderzoek 9: Effecten van het zetmeelgehalte in de voeding en de fermentatiesnelheid op de methaanproductie bij lacterende koeien.

Het doel van dit onderzoek was om het effect op de methaanuitstoot te meten bij het voeren van hoogwaardig zetmeel variërend in fermentatiesnelheid. Het hoogwaardige zetmeel is in dit onderzoek verwerkt in een krachtvoeder.

Het onderzoek is uitgevoerd in de klimaatkamers van de Universiteit Wageningen Research, dit keer worden er 40 HF melkkoeien gebruikt, gegroepeerd in 10 blokken van elk 4 koeien. Alle 40 koeien zitten tussen de 89 en 215 lactatie dagen. Koeien binnen een blok werden willekeurig toegewezen aan 1 van de 4 dieetbehandelingen. Deze dieetbehandelingen bestaan uit:

- 1. 270gram langzaam fermenteerbaar zetmeel per kilogram concentraat.
- 2. 530gram langzaam fermenteerbaar zetmeel per kilogram concentraat.
- 3. 270gram snel fermenteerbaar zetmeel per kilogram concentraat.
- 4. 530gram snel fermenteerbaar zetmeel per kilogram concentraat.

De koeien kregen dit in een totaal gemengd rantsoen uit kuilgras en krachtvoer gemengd (TMR). De verhouding in het rantsoen 60:40, dus 60% kuilvoer en 40% krachtvoer. Het krachtvoer was in de vorm van een meelproduct. (Hatew, Podesta, van Laar & et al, 2015)

Tabel 12 Overzicht 9 met de uitkomsten van het literatuuronderzoek naar het effect van krachtvoer op de methaanuitstoot (Hatew, Podesta, van Laar & et al, 2015).

Doel van het onderzoek				
Behandeling: 60%grassilage/40%krachtvoer	Langzaam 270g Zet/kg	Langzaam 530g Zet/kg	Snel 270g Zet/kg	Snel 530g Zet/kg
Aantal melkkoeien	40			
Days in milk (DIM)	89/215			
Drogestof opname koe (kg ds/dag)	19.4	18.5	19.4	18.6
NDF (g/D/ DM)	441	385	440	378
Melkproductie kg/d	24.5	22.5	24.4	24.7
Vet en Eiwit in %	5.25 Vet en 3.61 Eiwit	5.11 Vet en 3.58 Eiwit	4.97 Vet en 3.68 Eiwit	4.88 Vet en 3.68 Eiwit
Methaan uitstoot in g/d	436	397	427	401
Methaan uitstoot in DMI (dry matter intake) g/kg/DMI	22.4	21.5	22.2	21.6
Methaanuitstoot in g/kg of FPCM	15.7	15.9	15.9	15.0
Meetmethode	Climate Control Chambers (CRC)			
Bron:	Effects of dietary starch content and rate of fermentation on methane production in lactating dairy cows.			

Onderzoek 10: Invloed van graskuil/maiskuilverhouding en krachtvoersamenstelling op de methaanemissie, presentatie en melksamenstelling bij lacterende koeien.

Het doel van dit onderzoek was om het effect op dierprestaties en methaanuitstoot van twee verschillende types krachtvoerders (laag zetmeel en hoog in NDF) (hoog zetmeel en laag NDF) op aandeel ruwvoer met verschil in hoeveelheid gras of mais.

In dit onderzoek werden 20 lacterende HF melkkoeien gebruikt in een 4x4 blokontwerp met vier perioden van 28 dagen. De groepen bestonden uit melkkoeien met een lactatiestadium tussen de 3 tot 129 dagen. De dieetbehandelingen bestonden uit (Hart, Huntington, Wilkinson & et al, 2015):

- Gras/mais in % (70:30) + 6,1kg krachtvoer (385g NDF en 60g/kg DM zetmeel)
- Gras/mais in % (70:30) + 6,1kg krachtvoer (190g NDF en 390g/kg DM zetmeel)
- Gras/mais in % (30:70) + 6,1kg krachtvoer (385g NDF en 60g/kg DM zetmeel)
- Gras/mais in % (30:70) + 6,1kg krachtvoer (190g NDF en 390g/kg DM zetmeel)

Tabel 14 Overzicht 10 met de uitkomsten van het literatuuronderzoek naar het effect van krachtvoer op de methaanuitstoot (Hart, Huntington, Wilkinson & et al, 2015)

Doel van het onderzoek	70% Grassilage : 30% Cornsilage		30% Grassilage : 70% Cornsilage	
Type geconcentreerd krachtvoer	1 385NDF : 60g/kg DM Zetmeel	2 190NDF : 390g/kg DM Zetmeel	3 385NDF : 60g/kg DM Zetmeel	4 190NDF : 390g/kg DM Zetmeel
Aantal Melkkoeien	20			
Days in milk	3/129dgn			
NDF intake in kg/dag	8.27	7.55	8.71	7.92
Drogestof opname koe (kg DMI/dag)	20.7	21.3	22.1	22.5
Melkproductie kg/dag	27.7	26.8	28.4	27.9
Vet en eiwit in kg	4.88 Vet en 3.63 eiwit	4.06 Vet en 3.76 eiwit	5.01 Vet en 3.66 eiwit	4.92 Vet en 3.75 Eiwit
Methaanuitstoot in g/d/ per koe	412	46	410	385
Methaanuitstoot in g/kg milk yield	15.0	15.9	15.0	14.4
Methaanuitstoot (g/kg of DMI)	19.6	19.5	18.6	17.1
Meetmethode	Climate control chambers (CRC)			
Bron	The influence of grass silage-to-maize silage ratio and concentrate composition on methane emissions, performance and milk composition of dairy cows.			

Onderzoek 11: effecten van het gehalte aan ruw eiwit in concentraat op de verteerbaarheid van nutrienten, het energieverbruik en de methaanemissies bij lacterende koeien.

De huidige studie was bedoeld om de effecten te evalueren van het verlagen van het CP (crude protein) gehalte van concentraat (met weinig invloed op het zetmeel-en vezelgehalte) bij een weidegras rantsoen.

Bij het onderzoek zijn 12 lacterende melkkoeien gebruikt. Ze kregen in een blokontwerp van 25 dagen 3 verschillende diëten. De diëten waren samengesteld uit niet-begraasd Engels raaigras en verschillende concentraties aan voedercomponenten in het krachtvoer. De voersamenstelling bestond uit 67,2% Engels raaigras en 32,8% krachtvoer (concentraten)e (Hynes, Stergiadis, Gordon & et al, 2016).

- Low CP (protein) concentraat (14,1% DS)
- Medium CP (Protein) concentraat (16.1% DS)
- High CP (protein) concentraat (18.1 % DS)

Tabel 15 Overzicht 11 met de uitkomsten van het literatuuronderzoek naar het effect van krachtvoer op de methaanuitstoot (Hynes, Stergiadis, Gordon & et al, 2016)

Doel van het onderzoek			
Behandeling: 67% Fresh gras /32.8% krachtvoer	Low protein CP (14.1% DM)	Medium protein CP (16.1% DM)	High protein CP (18.1% DM)
Aantal melkkoeien	12		
Days in milk (DIM)	x		
Drogestof opname koe (kg ds/dag)	20.5	19.8	19.0
Methaan uitstoot in g/d	381.6	381.3	377.3
Methaan uitstoot melkgift (g/kg)	14.35	14.85	14.30
Methaan uitstoot in DMI (dry matter intake) g/kg/DMI	20.15	20.25	20.0
Meetmethode	Climate Control Chambers (CRC)		
Bron:	Effects of concentrate crude protein content on nutrient digestibility, energy utilization, and methane emissions in lactating dairy cows fed fresh cut grass		

3.4 Welke praktische methodes zijn het effectiefst per verschillende eenheid om de methaanuitstoot te sturen?

Nu het bekend is via de 11 wetenschappelijke onderzoeken wat het effect van voedercomponenten gras, mais en krachtvoer op de methaanuitstoot is. Is het belangrijk om voor de melkveehouder de verschillende mogelijkheden in reductie, praktische en meest effectieve oplossing te beschrijven. Elk melkveebedrijf is anders en elke veehouder heeft andere doelen. Wanneer de melkveehouder weet welke mogelijkheden er zijn, kan er zelf een keuze gemaakt worden welke bij hen past.

3.4.1 Verschillende eenheden methaan.

Zoals in H.3.1, 3.2 en 3.3 is weergegeven zijn er verschillende eenheden om mee te werken:

- Methaanuitstoot in gram/per koe/per dag.
- Methaanuitstoot in FPCM (Fat, Protein Corrected Milk) gram/kg
- Methaanuitstoot in DMI (Dry Matter Intake) g/kg

In tabellen X1 t/m X3 zijn de eenheden samengevat in een snel leesbaar overzicht. Het overzicht is samengesteld voor het rantsoen met ruwvoer samenstelling voor gras, mais en krachtvoer in samenhang. Per onderzoek zijn er verschillende samenstelling in hoeveelheid % gras, % mais en % krachtvoer. De tabellen X1 t/m X3 staan weergegeven in de bijlage op pagina's 49, 50 en 51.

De keuze voor FPCM wordt de methaanuitstoot bekeken aan de hand van de geleverde kg melk. Wanneer deze het laagst scoort, betekent dit niet dat de koe ook per dag het minste methaanuitstoot of per kg opgenomen DS. Ditzelfde geldt voor de methaanuitstoot per koe en voor de DMI.

Het is dus aan de veehouder welke eenheid hij/zij kiest en wat past bij de doelstelling

Uit de 11 praktijkonderzoeken en tabel X1, X2 en X3 kan een top 3 met maatregelen per eenheid worden gemaakt, met meest effectiefst en makkelijkst toepasbaar. In tabel 16 hieronder bevindt zich een overzicht met de meest effectieve en makkelijkste toepasbare reductie methaan methoden per eenheid beschreven.

Tabel 16 overzicht X4 met de meest effectieve en makkelijkst toepasbare maatregelen per eenheid beschreven.

X4

Makkelijkste en effectiefste maatregelen in ruwvoer						
meetmethode	Uitstoot g/per koe/ per dag	Uitstoot g/per koe/ per dag	Uitstoot in FPCM g/kg	Uitstoot in FPCM g/kg	Uitstoot in DMI g/kg	Uitstoot in DMI g/kg
	Top 3 Eenvoudigst in te passen	Top 3 Meest effectiefst	Top 3 Eenvoudigst in te passen	Top 3 Meest effectiefst	Top 3 Eenvoudigst in te passen	Top 3 Meest effectiefst
Plek 1/2/3						
1.	3 <u>wkn</u> oud gras maaïen bij een bemesting van 90N/ha	3 <u>wkn</u> oud gras maaïen bij een bemesting van 90N/ha	<u>Maishakselen</u> bij 30% <u>drogestof</u>	<u>Maishakselen</u> bij 30% <u>drogestof</u>	<u>Maishakselen</u> bij 42% <u>drogestof</u>	Rantsoen zonder mais 0%
2	5 <u>wkn</u> oud gras maaïen bij bemesting van 20N/ha	5 <u>wkn</u> oud gras maaïen bij bemesting van 20N/ha	<u>Maishakselen</u> bij 34/38/42% <u>drogestof</u>	<u>Maishakselen</u> bij 34/38/40/42% <u>drogestof</u>	<u>Maishakselen</u> bij 40% <u>drogestof</u>	Rantsoen met 100% mais
3.	<u>Maishakselen</u> bij een <u>drogestof</u> percentage van 40%	3 <u>wkn</u> oud gras maaïen bij bemesting van 20N/ha	<u>Maishakselen</u> bij 40% <u>droge stof</u> .	Vroege eerste snede maaïen	Vroege eerste snede maaïen	Rantsoen met 50% mais

4. Discussie

Een melkveehouder met voldoende eigen ruwvoer en hierdoor een gesloten kringloop heeft op het eigen bedrijf met ruwvoer en mest, is de toekomst in de Nederlandse melkveehouderij. Deze bedrijven worden als grondgebonden melkveebedrijven gezien. Hoe meer eigen geproduceerd ruwvoer er door de koe gaat hoe beter... Koeien en andere herkauwers zijn unieke dieren. Dankzij hun magencomplex kunnen ze plantaardig voedsel dat voor de mens onbruikbaar is, omzetten in hoogwaardige producten zoals melk en vlees. Uit dit onderzoek komt naar voren dat er bij de fermentatie van vezelrijkvoer (plantaardig voedsel) in de pens methaan wordt geproduceerd. Methaan is een zwaar emissie gas, namelijk 25 keer zwaarder dan dat van koolstofdioxide. Omdat ruwvoer (gras/mais) is opgebouwd uit NDF (celinhoud en celwanden) en dit tijdens het fermentatieproces methaan oplevert. De methaan productie is voor de koe een effectief mechanisme om de verdere vertering van het voer mogelijk te maken, methaanuitstoot hoort dus bij de melkkoe. Wel blijkt uit dit onderzoek dat de hoeveelheid methaan variabel is en er reducerende mogelijkheden zijn. Voor een melkveehouder met veel eigen ruwvoer is het dan ook belangrijk om te weten wat er gebeurt met de koe en de melkproductie bij de verschillende reducerende mogelijkheden. Dit is belangrijk zodat de melkveehouder een overwogen keuze kan maken.

Het doel is dan ook om de melkveehouder (praktische) handvaten te geven om de methaanuitstoot te verlagen.

Per los voedercomponent: gras, mais en krachtvoer is dit beschreven. De uitstoot van methaan blijkt variabel te zijn aan de hand van verschillende samenstellingen gras, mais en krachtvoer in een rantsoen, met name de verhouding gras, mais en krachtvoer, het NDF-gehalte en VCOS-gehalte zijn van belang.

Het jonger maaien van gras en mais blijkt invloed te hebben op de kwaliteit. Hoe hoger de kwaliteit van gras hoe hoger de verteerbaarheid (VCOS) en hoe lager het NDF-gehalte. De bemesting van het gewas blijkt hier ook invloed op te hebben. Wanneer er meer kg N/ha wordt bemest gaat de kwaliteit van de plant omhoog, dit in combinatie met een vroege oogstdatum blijkt voordelig te zijn voor de methaanuitstoot.

Wanneer het voor een melkveehouder duidelijk is welke methodes methaan reducerend zijn kan er gekeken worden per welke eenheid de melkveehouder wil reduceren. De mogelijkheden voor reductie in methaan worden in verschillende eenheden vermeld (g/d, g/kg Ds of g/kg melk).

In dit hoofdstuk wordt er per deelvraag beschreven wat de resultaten uit het vorige hoofdstuk betekenen in het licht van de doelstelling van dit onderzoek.

4.1 Wat zijn de effecten op de methaanuitstoot bij meer of minder kuilgras/snijmais in het rantsoen?

In hoofdstuk 1 is er uitgelegd dat er bij de anaerobe afbraak van voedercomponenten in de pens vluchtige vetzuren en microbieel worden gevormd. De vluchtige vetzuren bestaan uit: Azijnzuur (60%), boterzuur (10%) en propionzuur (20%). Bij de vorming van de eerste twee genoemde vluchtige

vetzuren wordt er ook waterstof (H^+) gevormd. Doordat te veel waterstof de micro-organismen remmen en hierdoor de vezelafbraak wordt geremd, is de koe minder goed in staat om te doen waar ze goed in is. Daarom zitten er ook bacteriën als 'methanogenen' in de pens van de koe, deze zetten de H^+ en CO_2 om in water en methaan.

In theorie blijkt de hoeveelheid methaan vorming relatief variabel is en dus omlaag of omhooggaan. Dit blijkt afhankelijk te zijn van het type rantsoen. Gras en mais bevatten veel NDF, hoe groter het aandeel NDF in het rantsoen hoe meer methaan er wordt uitgestoten. Dus weinig NDF in het rantsoen is minder methaan. Wel zitten hier bepaalde puzzelstukken aan, een groter aandeel ruwvoer (gras en mais) geeft een hoger vezelgehalte in het rantsoen. Hierdoor wordt er relatief meer azijnzuur gevormd in de pens. Daarbij komt H_2 vrij en wordt er dus ook methaan gevormd. Het aandeel azijnzuur blijft altijd het grootst, maar door middel van aanpassing in het rantsoen kan het percentage propionzuur wel iets toenemen. Bij de toename van propionzuur wordt H_2 verbruikt. Daarnaast heeft propionzuur een positief effect op de melkplas. Een rantsoen met minder vezels en te sturen op snelle vluchtige vetzuren zoals boterzuur en propionzuur maakt de kans op pensverzuring groter. De pens fermentatie moet actief blijven en dit kan alleen met behulp van voldoende vezels (NDF).

Uit praktijkonderzoeken 1,2, en 3 komt naar voren dat in alle gevallen methaan geproduceerd wordt dit omdat gras en mais beiden vezels (NDF) bevatten. Wanneer het aandeel snijmais stijgt in een rantsoen wordt er meer propionzuur gemaakt en neemt de productie van methaan af. Ook is de relatie NDF en methaanproductie uit de theorie kloppend met deze drie praktijkonderzoeken. Bij een laag NDF-gehalte in het rantsoen is de methaanuitstoot in gram per koe per dag ook het laagste.

Wat opvalt is dat er in onderzoek 1 er alleen gras plus krachtvoer gevoerd wordt en de methaanuitstoot het laagst is met 399gram per koe per dag. De methaan productie in gram/per koe/dag is hiermee het laagst van de drie onderzoeken. Dit is opvallend omdat bij de vertering van alleen gras, azijnzuur wordt gevormd in de pens en juist methaan producerend effect heeft. Echter bij het onderzoek wordt er ook gekeken naar de hoeveelheid NDF in het rantsoen en de hoeveelheid kg DS een koe opvreet aan het voerhek. Wanneer er minder kg Ds door de koe gaan, krijgt de koe dus minder voer binnen en automatisch minder vezels (NDF). In dit onderzoek is de opname van alleen kuilgras lager dan bij een gemengd rantsoen met snijmais de lage methaanuitstoot is hierdoor ook te verklaren. De methaanuitstoot in kg FPCM is bij dit onderzoek (1.) niet het voordeligst, dit is te verklaren doordat rantsoen met een hoog aandeel snijmais of juist alleen snijmais meer glucogene energie bevatten (propionzuur) en hierdoor een beter resultaat hebben op de melkplas, dit verklaart ook dat rantsoen met een hoog aandeel snijmais ook het laagste uitstoot per FPCM (Fat, protein corrected milk) hebben.

4.2 Wat zijn de mogelijkheden in het sturen van de gras en mais kwaliteit en het effect hiervan op de methaanuitstoot.

In de vorige paragraaf komt naar voren dat voedercomponenten gras, mais en krachtvoer tijdens verschillende praktijkonderzoeken methaanuitstoten. Ook is er uitgelegd waarom en waardoor dit gebeurt. Het inspelen op het NDF-gehalte en de kwaliteit van de celinhoud blijkt invloed te hebben

op de methaanuitstoot. In hoofdstuk 1 zijn er verschillende mogelijkheden genoemd om kwaliteit en verteerbaarheid van gras en mais te beïnvloeden:

- Bemesting
- Tijdstip maaien/hakselen
- DS-gehalte mais

Bij een hoge bemesting N/ha zijn er meer voedingsstoffen beschikbaar voor de grasplant. Hierdoor wordt de VCOS hoger omdat de kwaliteit van de celinhoud omhooggaat en veel nutriënten bevat en dus minder houtstof. In combinatie met een jonge snede is de VCOS nog hoger waardoor het snel door de pens van de koe gaat en er minder methaan bij geproduceerd wordt. Bij een VCOS is het NDF-gehalte lager.

In de Praktijk onderzoeken 4, 5 en 6 komt naar voren dat in bijna alle gevallen de theorie klopt met de praktijk. Wanneer er optijd gemaaid wordt in combinatie met een hoge bemestingsgift per ha. Gaat de methaanuitstoot omlaag. In sommige gevallen is dit niet het geval zoals in onderzoek 6. Hier is bij een hoge bemesting met een latere oogst (veel kg DS/Ha) de methaanuitstoot per koe lager, echter blijkt ook hier weer dat de kg Ds opname ook het laagste is. Hierdoor gaan er minder kg DS door een koe en wordt er ook automatisch minder methaan geproduceerd. Ook kan men zien dat wanneer de veel kg Ds/ha worden geoogst de kwaliteit van het gras achteruitgaat, de koeien uit de praktijkproef geven hier duidelijk minder dan bij een jongere oogst. Bij 90N/ha wordt is de NDF- intake 412g/kg en bij 150N/ha 430g/kg NDF- intake. Dit verschil kan komen doordat bij onderzoek naar 90N/ha het totale rantsoen bestond uit 80% kuilgras en 20% krachtvoer en bij 150N/ha werd er 85% kuilgras gevoerd en 15% krachtvoer. Aangezien krachtvoer een laag NDF-gehalte heeft kan dit een mogelijkheid zijn in NDF- intake en uiteindelijk het verschil in methaan

4.2.2 tijdstip maaien/hakselen

De keuze om gras jonger te maaien heeft effect op de lignificatie (veroudering) in de plant. Een oudere maaisnede bevat ouder gras, het aandeel celinhoud (energie) wordt verbruikt door de plant voor pluimvorming en verdere bloei. Het aandeel VEM en eiwitten nemen af omdat de plant ze zelf verbruikt. Uit de praktijkonderzoeken 5, 6 en 7 komt naar voren dat in bijna alle gevallen jonger gras minder methaan in g/kg per dag oplevert. Bij onderzoek 2 is juist het oudste gras voordeliger in methaan g/kg per dag. Bij de gevoerde rantsoenen blijkt de NDF-intake bij het ouder gras lager te zijn en hierdoor de koe minder methaan uitstoot. Een verklaring hiervoor kan zijn dat het percentage droge stof van de plant zelf hoger is, waardoor er minder kg gevoerd hoeven te worden. Als het gras natter wordt ingekuild zit er nog veel vocht in de plant, wanneer dit het geval is zijn de celwanden zachter en kunnen ze sneller worden afgebroken en verblijft het voer minder lang in de pens waardoor het minder methaan kan uitstoten.

Het gras jonger maaien heeft voor de methaanuitstoot vaak een gunstig effect maar niet altijd. Voor de methaanuitstoot bij de melkproductie in kg meetmelk (FPCM) is een jonger gewas maaien wel gunstig. Dit komt doordat de verhouting nog niet is opgetreden en de voederwaarde in jong gras het hoogst is waardoor de melkkoe meer liters melk kan produceren.

4.2.3 DS-gehalte bij de maisoogst

Het beïnvloeden van de drogestof gehalte in de mais blijkt in praktijk effectief te zijn op de methaanuitstoot. In theorie is het later hakselen van mais effectief op de methaanuitstoot. Wanneer mais met een hoger DS-gehalte wordt gehakseld, heeft de plant meer tijd gehad om af te rijpen. Dit betekent dat de energie/suikers in plant wordt omgezet naar zetmeel. Hoe langer er wordt gewacht met mais hakselen des te meer zetmeel er in de kolf zit. Te vroeg gehakselde mais bevat dus in verhouding meer NDF en minder zetmeel. Want snijmais heeft net zoals gras een grote hoeveelheid NDF. Wel is bij vroeg hakselen met een laag DS-gehalte het NDF weekbaar en sneller afbreekbaar in de pens van de koe. Droge mais bevat meer harde celwanden en hierdoor moeilijker verteerbaar en trager. Bij meer zetmeel in het rantsoen wordt er meer propionzuur in de pens aangemaakt en leidt tot een lagere methaanuitstoot.

In alle praktijkonderzoeken blijkt dat er bij het hoogste drogestof percentage de minste methaan wordt uitgestoten. Ook bij de methaanuitstoot per in g/kg FPCM is de latere geoogste mais met het hoogste aandeel DS het voordeligst. Zetmeel zorgt voor toename in propionzuur, dit heeft een positief effect op de melkplas.

4.3 wat is het effect op de krachtvoer kwaliteit in een gemengd rantsoen t.o.v. de methaanuitstoot?

Krachtvoer heeft weinig NDF, dit is al voordelig op de methaanuitstoot. Wanneer het krachtvoer een hoge concentratie zetmeel (g/kg) bevat kan het meer methaan reduceren dan bij lagere concentraties (g/kg). Snel of langzaamwerkende krachtvoerders zijn ook bepalend voor de hoeveelheid methaan, een langzaamwerkend krachtvoeder blijft langer in de pens, de hoge concentratie zetmeel verblijven dus ook langer in de pens dit levert een lagere methaanuitstoot op dan bij snellere krachtvoerders. De praktijkonderzoeken bevestigen dit.

4.4 Welke praktische methodes zijn het effectiefst per verschillende eenheid om de methaanuitstoot te sturen?

In hoofdstuk 3.4 zijn de 11 praktijkonderzoeken geordend in een top 3 per eenheid m.b.t. de methaanuitstoot.

Elke melkveehouder heeft een andere bedrijfssituatie, hierdoor is het niet voor iedereen vanzelfsprekend dat de methodes met minste methaanuitstoot haalbaar is.

Wanneer er een keuze voor derogatie wordt gemaakt betekent dit voor melkveehouders dat ze 60kg N/ha meer mogen bemesten uit dierlijke mest. Maar ze mogen daarin maar 20% maisland areaal verbouwen. Het is dan ook logisch om te kijken naar mogelijkheden in een gemengd rantsoen met kuilgras en snijmais. Om de norm van 65% eiwit van eigen land te halen, valt de mogelijkheid om niet

deel te nemen aan derogatie af en dus kan er niet veel mais verbouwd worden. Ook speelt bemesting en tijdstip van maaien hierin een belangrijke rol, een hoge bemesting en een vroege maaisnede levert veel % eiwit en voedingstoffen op. Mais op zand en lössgrond dient voor 1 oktober gehakseld te zijn, mits er gebruik wordt gemaakt van een onderzaai grassoort. Wanneer melkveehouders geen onderzaai toepassen moeten ze op tijd mais hakselen, hierdoor kiezen ze vaak vroege maisrassen en deze brengen minder g/kg ds. aan zetmeel op. De wetgeving kan er dus voor zorgen dat er niet altijd de makkelijkste en praktische oplossing mogelijk zijn om de methaanuitstoot te verlagen. De meest effectiefste maatregel is niet altijd de beste oplossing over het totaalplaatje. Ook zijn er verschillende methoden bij verschillende eenheden. De melkveehouder zelf kan dus kiezen of hij/zij voor een lagere methaanuitstoot per koe, kg FPCM of DMI-intake gaat.

Bij een melkveehouder is het belangrijk om te kijken naar de mogelijkheden in een jonger gewas oogsten en het juiste percentage DS bij het mais hakselen te kiezen. Doordat men voldoende grond heeft is er in een "groeizaam" jaar voldoende ruwvoer van eigen bodem af te halen, hierdoor kan er makkelijker ingespeeld worden op eerder oogsten en te kiezen voor een mais-ras dat veel zetmeel bevat.

De combinatie van meer kg N/ha en een lichte maaisnede zijn voor de VCOS voordelig en verlagen hiermee de methaanuitstoot bij rantsoen met gras het meeste. Bij rantsoen met mais is de beste optie om te kiezen voor zo droog mogelijke mais, zodat er het meeste zetmeel is gevormd.

Kortom, het is lastig om binnen de 11 onderzoeken te vergelijken naar methodes voor minste methaanuitstoot in de verschillende eenheden. De praktijkonderzoeken zijn uitgevoerd met verschillende samenstellingen ruwvoer/krachtvoer verhoudingen, verschillende hoeveelheden N/ha bemestingen, bij snijmais zijn er verschillen in DS en tijdstippen van maaien bij gras. Bij sommige praktijkonderzoeken is het drogestof percentage van de voedercomponenten in het rantsoen niet duidelijk. Al deze verschillen hebben te maken met het effect op de methaanuitstoot. Ook valt het op dat heel vaak bij een lage NDF-intake de methaanuitstoot in gram/per dag/per koe dan ook het laagst is.

5. Conclusie en aanbevelingen.

Conclusie

In hoeverre kan een melkveehouder zelf de methaanuitstoot reduceren/sturen bij een rantsoen bestaande uit gras, mais en krachtvoer? Om deze hoofdvraag te kunnen beantwoorden is er binnen de deelvragen onderzoek gedaan naar de invloed van verschillende factoren op de methaanuitstoot bij melkkoeien. Hierin is gekeken naar het verband tussen grondgebonden melkveehouders en de methaanuitstoot, verschillende mogelijkheden bij gras, mais en krachtvoer om methaanuitstoot te verlagen en praktische mogelijkheden waar een melkveehouder direct mee aan de slag kan gaan.

Deelvraag 1: Wat zijn de effecten op de methaanuitstoot bij meer of minder kuilgras/snijmais in het rantsoen?

Binnen deze deelvraag is er gekeken naar het effect van kuilgras en snijmais op de methaanuitstoot. Bij alle 11 praktijkonderzoeken bestaan de rantsoenen uit gras, mais en krachtvoer dit levert altijd methaanuitstoot op. Uit de theorie en praktijk komt naar voren dat een koe niet kan functioneren zonder methaan uit te stoten. De hoeveelheid blijkt variabel te zijn, rantsoen met meer aandeel mais stoten minder methaan uit. Dit komt doordat de koe van snijmais propionzuur aanmaakt en deze vluchtig vetzuur consumeert H^+ en hierdoor wordt er minder methaan geproduceerd.

Dus wanneer de melkveehouder het aandeel snijmais verhoogt in het rantsoen, daalt de methaan productie

Deelvraag 2: Wat zijn de mogelijkheden in het sturen op de gras en mais kwaliteit en het effect hiervan op de methaanproductie?

Uit onderzoeken dit onderzoek is gebleken dat er mogelijkheden zijn om methaanuitstoot te beperken. Binnen deze deelvraag is er gekeken naar de mogelijkheden om de kwaliteit van gras en mais te verbeteren en hierdoor een hogere VCOS te creëren waardoor er minder methaan geproduceerd wordt.

Het inspelen op het NDF-gehalte en de kwaliteit van de celinhoud en hiermee de VCOS te verhogen blijkt invloed te hebben op de methaanuitstoot. In hoofdstuk 1 en 3 zijn er verschillende mogelijkheden genoemd om het NDF-gehalte en de VCOS bij gras en mais te beïnvloeden en uiteindelijk het rantsoen:

- Bemesting
- Tijdstip maaien/hakselen
- DS-gehalte mais

Voor bemesting blijkt uit twee praktijkonderzoeken dat wanneer de bemestingsgift omhooggaat, dus er meer Kg N/ha wordt bemest dit de methaanuitstoot vermindert.

Uit de praktijkonderzoeken 6, 7 en 8 komt naar voren dat in bijna alle gevallen jonger gras minder methaan in g/kg per dag oplevert. Bij onderzoek 6 is juist het oudste gras voordeliger in methaan

g/kg per dag. Bij het gevoerde rantsoen (onderzoek 6) blijkt de NDF-intake bij het ouder gras lager te zijn en hierdoor de koe minder methaan uitstoot. Er is dus minder drogestof opgenomen dan bij de jongere oogsten. Het gras jonger maaien heeft voor de methaanuitstoot vaak een gunstig effect maar niet altijd. Voor de methaanuitstoot bij de melkproductie in kg FPCM is een jonger gewas maaien wel gunstig.

Bemesting en jonger grasmaaien zorgt voor een hogere kwaliteit en VCOS dit resulteert in een lagere methaanuitstoot.

In alle praktijkonderzoeken blijkt dat er bij het hoogste drogestof percentage bij snijmais de minste methaan wordt uitgestoten. Ook bij de methaanuitstoot per in g/kg FPCM is de latere geoogste mais met het hoogste aandeel DS het voordeligst. Zetmeel zorgt voor toename in propionzuur, dit heeft een positief effect op de melkplas.

Deelvraag 3: wat is het effect op de krachtvoer kwaliteit in een gemengd rantsoen t.o.v. de methaanuitstoot?

Krachtvoer heeft weinig NDF, dit is al voordelig op de methaanuitstoot. Wanneer het krachtvoer een hoge concentratie zetmeel (g/kg) bevat kan het meer methaan reduceren dan bij lagere concentraties (g/kg). Snel of langzaamwerkende krachtvoerders zijn ook bepalend voor de hoeveelheid methaan, een langzaamwerkend krachtvoeder blijft langer in de pens, de hoge concentratie zetmeel verblijven dus ook langer in de pens dit levert een lagere methaanuitstoot op dan bij snellere krachtvoerders. Meer krachtvoer betekent ook verdringing van het ruwvoer dit is positief voor de methaan reductie maar negatief voor de gezondheid van de koe, i.v.m. pensverzuring.

Deelvraag 4: welke praktische methodes zijn het effectiefst per verschillende eenheid om de methaanuitstoot te sturen?

Het is belangrijk dat een melkveehouder eerst kijkt bij welk voedermiddel (gras/mais) wil je methaan reduceren en vervolgens met welke eenheid.

- Methaanuitstoot in gram/per koe/per dag.
- Methaanuitstoot in FPCM (Fat, Protein Corrected Milk) gram/kg
- Methaanuitstoot in DMI (Dry Matter Intake) g/kg

Het verlagen van methaanuitstoot per koe/per dag betekent uit de onderzoeken niet dat dit dan ook geldt voor de eenheden als FPCM en DMI-intake.

Melkveehouders kunnen dus gaan sturen met de leeftijd van de maaisnede bij gras. Jonger gras bevat een lager NDF-gehalte en hogere kwaliteit van de celinhoud, dit resulteert in minder methaanuitstoot.

Het voeren van snijmais bij een drogestof percentage van 42% geeft de minste methaanuitstoot. Het sturen op droge mais helpt om de methaanuitstoot te beperken.

Het verhogen van de drijfmest/kunstmest gift om meer zuiver N/ha aan te bieden en hiermee meer celinhoud te creëren is wenselijk maar vaak niet mogelijk binnen de huidige mestnormen.

Aanbevelingen

Het verlagen van de methaanuitstoot is voor een melkveehouder mogelijk. De aanpassingen kunnen wel invloed hebben op de prestaties van de melkkoe. Het maaien van jonger gras zorgt voor minder verhouting in de plant en leidt tot minder celwanden en een hogere VCOS.

Wanneer er een hogere N bemesting per ha plaatsvindt verhoogt dit de kwaliteit van de grasplant en hiermee de VCOS, in combinatie met een jonge maaisnede kan een veehouder veel methaan reduceren t.o.v. een latere verhoude snede.

Wanneer mais met een hoger aandeel DS wordt geoogst geeft dit een hoger aandeel zetmeel. Het zetmeel stuurt op de propionzuur in de pens en reduceert hiermee het aandeel methaan. Ook een rantsoen met alleen gras en krachtvoer of mais en krachtvoer geeft minder methaanuitstoot dan een gemengd rantsoen. Wanneer er toch een gemengd rantsoen aangeboden wordt is het verhogen van het aandeel mais wenselijk voor de methaanuitstoot. Het verhogen van het aandeel energierijk krachtvoer dat langzaam vrijkomt ook een positief effect op de methaanuitstoot.

Voor melkveehouders is het belangrijk om eerst een keuze te maken bij welke eenheid men methaan wil reduceren. Dit is belangrijk omdat niet alle praktische handvaten op alle eenheden een positief effect hebben. Dit kan op drie verschillende manieren:

- Methaanuitstoot per gram/per koe/per dag
- Methaanuitstoot per kg Fat Proteïne Correct Milk meetmelk
- Methaanuitstoot per kg dry matter intake (DMI)

Bronnenlijst.

- Agrimatie, (2020). *Klimaat* . geraadpleegd op 9 juni 2020 van <https://www.agrimatie.nl/ThemaResultaat.aspx?subpubID=2232&themaID=2279&indicatorID=2024> Wageningen Research. WUR
- Amlan Kumar, P., The effect of dietary fats on methane emissions, and its other effects on digestibility, rumen fermentation and lactation performance in cattle. Geraadpleegd op 16 februari 2021 van *Livestock science* 2013 v.155 no.2-3 pp. 244-254
- Bannink, A., & Dijkstra J. (2015). Graskwaliteit beïnvloedt methaanuitstoot flink. Geraadpleegd op 10 september 2020 van: *Veeteelt*
- Bannink, A., Hatew, B., & Dijkstra, J., (2015). Oogstmoment snijmais beïnvloedt methaanuitstoot. Geraadpleegd op 10 september van: *Veeteelt*
- Blik, W., (2020). *krachtvoerders*. Opgehaald van WeidseBlik. Geraadpleegd op 3 september 2020 van: <https://www.weidseblik.nl/producten/grondstoffen/sojaschroot-44/7>
- Booij, A., (2013). Minder methaan bij efficiënt voeren. geraadpleegd op 15 september 2020 van: *Veeteelt*
- Centraal Bureau voor statistiek. (2020). Uitstoot broeikasgas lager in 2019. geraadpleegd op 3 september 2020 van CBS: <https://www.cbs.nl/nl-nl/nieuws/2020/19/uitstoot-broeikasgassen-3-procent-lager-in-2019>
- Centraal Bureau voor statistiek. (2020). Uitstoot broeikasgassen. geraadpleegd op 9 september 2020 van CBS: <https://www.cbs.nl/nl-nl/dossier/dossier-broeikasgassen/hoofdcategorieen/welke-sectoren-stoten-broeikasgassen-uit->
- Cone, J.W., (2014). Relatie eigenschappen maiscelwanden en fermentatiekarakteristieken in de pens van herkauwers. *Animal Nutrition Group*.
- CVB. (2012). *Krachtvoerders*. tabellenboekje voor grondstoffen, geraadpleegd op 7 september 2020 van: <https://maken.wikiwijs.nl/bestanden/555388/tabellenboek-veevoeding-2012-tbv-website.pdf>
- Dijkstra, J., (2016). Minder methaan door voeren van nitraat. geraadpleegd op 6 september 2020 van *Veeteelt*.
- Dijkstra, J., & Bannink, A., (2014). Methaanuitstoot spiegel van rantsoen. geraadpleegd op 6 september 2020 van *Veeteelt*
- EU-parlement in 2050 geen uitstoot van broeikasgassen. (2019). geraadpleegd op 15 september van [nu.nl: https://www.nu.nl/klimaat/5790321/eu-parlement-in-2050-geen-uitstoot-van-broeikasgassen-meer-in-europa.html](https://www.nu.nl/klimaat/5790321/eu-parlement-in-2050-geen-uitstoot-van-broeikasgassen-meer-in-europa.html)
- Evers, A.G., (2018). Broeikasgasemissie op Koeien & Kansen-bedrijven. geraadpleegd op 12 december 2020 van: Wageningen Research: <https://www.wur.nl/nl/nieuws/Broeikasgasemissie-op-Koeien-Kansen-bedrijven.htm>

Van Gastelen, S., Antunes-Fernandes, E. C., Hettinga, K. A., Klop, G., Alferink, S. J. J., Hendriks, W. H., & Dijkstra, J. (2015). Enteric methane production, rumen volatile fatty acid concentrations, and milk fatty acid composition in lactating Holstein-Friesian cows fed grass silage-or corn silage-based diets. *Journal of dairy science*, 98(3), 1915-1927.

Hammond, K. J., Jones, A. K., Humphries, D. J., Crompton, L. A., & Reynolds, C. K. (2016). Effects of diet forage source and neutral detergent fiber content on milk production of dairy cattle and methane emissions determined using GreenFeed and respiration chamber techniques. *Journal of dairy science*, 99(10), 7904-7917.

Hassanat, F., Gervais, R., Julien, C., Massé, D. I., Lettat, A., Chouinard, P. Y., ... & Benchaar, C. (2013). Replacing alfalfa silage with corn silage in dairy cow diets: Effects on enteric methane production, ruminal fermentation, digestion, N balance, and milk production. *Journal of Dairy Science*, 96(7), 4553-4567.

Hatew, B., Bannink, A., Van Laar, H., De Jonge, L. H., & Dijkstra, J. (2016). Increasing harvest maturity of whole-plant corn silage reduces methane emission of lactating dairy cows. *Journal of dairy Science*, 99(1), 354-368.

Hatew, B., Podesta, S. C., Van Laar, H., Pellikaan, W. F., Ellis, J. L., Dijkstra, J., & Bannink, A. (2015). Effects of dietary starch content and rate of fermentation on methane production in lactating dairy cows. *Journal of dairy science*, 98(1), 486-499.

Hart, K. J., Huntington, J. A., Wilkinson, R. G., Bartram, C. G., & Sinclair, L. A. (2015). The influence of grass silage-to-maize silage ratio and concentrate composition on methane emissions, performance and milk composition of dairy cows. *Animal*, 9(6), 983-991.

Hendrix, L., Kleijne, J., Ruiter, S., Van Velde, A., Zonderland, H., Bolscher, K., Oerlemans, Van der Weijden, W., van Dijk, J.J., & Loman, T., (2018) Onderzoek grondgebondenheid. Geraadpleegd op 15 september van *Grondgebondenheid als basis voor een toekomstbestendige melkveehouderij*. Wageningen Research

Hilhorst, G.J., & Evers, A.G., (2018). Broeikasgasemissie op Koeien&Kansen-bedrijven in beeld. geraadpleegd op 10 december 2020 van *Wageningen Research*.

Hilhorst GJ & Sebek L. (2017). Methaanreductie via voer additief vraagt stikstof- management. geraadpleegd op 15 september van *Wageningen Research*.

Hollmann, M., Powers, W. J., Fogiel, A. C., Liesman, J. S., Bello, N. M., & Beede, D. K. (2012). Enteric methane emissions and lactational performance of Holstein cows fed different concentrations of coconut oil. *Journal of dairy science*, 95(5), 2602-2615.

Hynes, D. N., Stergiadis, S., Gordon, A., & Yan, T. (2016). Effects of concentrate crude protein content on nutrient digestibility, energy utilization, and methane emissions in lactating dairy cows fed fresh-cut perennial grass. *Journal of Dairy Science*, 99(11), 8858-8866.

Klop, G., (2019). Pensfermentatie . Geraadpleegd van *Lestof Aeres Dronten*.

Macome, F. M., Pellikaan, W. F., Hendriks, W. H., Warner, D., Schonewille, J. T., & Cone, J. W. (2018). In vitro gas and methane production in rumen fluid from dairy cows fed grass silages differing in

plant maturity, compared to in vivo data. *Journal of animal physiology and animal nutrition*, 102(4), 843-852.

McAllister, T. A., & Newbold, C. J. (2008). Redirecting rumen fermentation to reduce methanogenesis. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 48(2), 7-13.

Middelaar, C., (2014). Milk Production & Greenhouse Gases. geraadpleegd op 10 december 2020 van *Wageningen University*.

Moerkerken, A., & Smit, I., (2016). De Nederlandse landbouw en het klimaat. geraadpleegd op 10 december 2020 van: *Rijksdienst voor ondernemend Nederland*.

N.A.S. (2018). Uitvoeren met ambitie. geraadpleegd op 8 juni 2020 van: <https://www.rijksoverheid.nl/documenten/rapporten/2018/04/04/uitvoeren-met-ambitie-uitvoeringsprogramma-2018-2019-nationale-klimaatadaptatiestrategie-nas>

Nevedi. (2015). geraadpleegd op 11 december 2020 van Feijen Daltsen: <https://www.feijendalsten.nl/wp-content/uploads/2015/09/Nevedi-Wijzer-over-grondstoffen-grondstoffenwijzer-2015.pdf>

NZO. (2019). Grondgebonden melkveehouderij. Geraadpleegd van NZO: <https://www.nzo.nl/duurzaam/grondgebonden-melkveehouderij/>

NZO. (2020). Verantwoorde Soja. geraadpleegd op 14 december 2020 van <https://www.nzo.nl/media/uploads/2020/01/NZO-Factsheet-Verantwoorde-Soja-jan-2020.pdf>

Peet, D., Leenstra, F., Vermeij, I., Bondt, N., Puister, I., & Van Os, J., (2018). feiten en cijfers over de Nederlandse veehouderijsector. geraadpleegd op 14 december 2020 WUR <https://www.wur.nl/nl/nieuws/Feiten-en-cijfers-over-de-Nederlandse-veehouderijsectoren-2018.htm>

Peters, J.A.H.W., & Olivier, J.G.J., (2020). Trends in Global CO2 and total greenhouse gas emissions. geraadpleegd op 20 december van *Report PBL Netherlands Environmental Assessment Agency*

Ploeg, V., (2018). De definitie van GRONDGEBONDENHEID volgens Comité GRAS. geraadpleegd op 20 december 2020 van netwerk Grondig: <https://www.boerenbusiness.nl/melk/artikel/10876000/grondig-wil-definitie-van-grondgebondenheid>

Rijksoverheid. (2018). Emissie Broeikasgassen in Europa. geraadpleegd op 20 september 2020, van *Compendium voor de leefomgeving (rijksoverheid)*: <https://www.clo.nl/indicatoren/nl0434-broeikasgasemissies-in-europa>

Rijksoverheid. (2019). *Klimaatbeleid*. Geraadpleegd op 20 september 2020 van *rijksoverheid/onderwerp/klimaat*: <https://www.rijksoverheid.nl/onderwerpen/klimaatverandering/klimaatbeleid>

Schils, R.L.M., & Sebek, L., (2008). Verlaging van methaan- en lachgasemissie uit de Nederlandse melkveehouderij. geraadpleegd op 24 augustus 2020 van : *Wageningen Research*.

Sebek, L., (2020). Nieuw onderzoek rondom microbiom en methaan gestart. geraadpleegd op 5 januari 2021 van Wageningen Research: <https://www.wur.nl/nl/nieuws/Nieuw-onderzoek-rondom-microbioom-en-methaan-gestart.htm>

Sebek, L., & Schils, R.L.M., (2006). verlaging van methaan- en lachgasemissie uit de Nederlandse melkveehouderij.geraadpleegd op 5 januari 2021 van: *Wageningen Research*.

Sebek, L., & Schils, R.L.M., (2006). Verlaging van methaan- en lachgasemissie uit de Nederlandse melkveehouderij. geraadpleegd op 5 januari 2021 van: *Wageningen Research*.

Sebek L, De Haan, M., & Bannink, A., (2014). Methaanemissie op het melkveebedrijf. geraadpleegd op 15 oktober 2020 van: *Wageningen Research*.

Soest, D., Smulders, S., & Gerlagh, R., (2018). Klimaatbeleid: Kosten, Kansen en keuzes. geraadpleegd op 7 september 2020 van *Wageningen Research*

Valk, H., (2019). Geraadpleegd van lesstof *Eares Hogeschool Dronten*.

Warner, D., Bannink, A., Hatew, B., Van Laar, H., & Dijkstra, J. (2017). Effects of grass silage quality and level of feed intake on enteric methane production in lactating dairy cows. *Journal of animal science*, 95(8), 3687-3699.

Warner, D., Podesta, S. C., Hatew, B., Klop, G., Van Laar, H., Bannink, A., & Dijkstra, J. (2015). Effect of nitrogen fertilization rate and regrowth interval of grass herbage on methane emission of zero-grazing lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 98(5), 3383-3393.

Warner, D., Hatew, B., Podesta, S. C., Klop, G., Van Gastelen, S., Van Laar, H., ... & Bannink, A. (2016). Effects of nitrogen fertilisation rate and maturity of grass silage on methane emission by lactating dairy cows. *Animal*, 10(1), 34-43.

WeidseBlik. (2020). Raapschroot. Geraadpleegd op 6 september 2020, van *WeidseBlik: Tabel 5 gemiddelde opname van grondstoffen door een koe in Nederland (NZO, verantwoorde Soja, 2020)*

Wesemael, D., (2016). SMART melken. Geraadpleegd op 6 september 2020 van *ILVO vlaanderen*.

Wur. (2019). Additieven als mogelijkheid om methaanemissie in runderen te verlagen. Opgeroepen op 6 9, 2020, van Wageningen Research : <https://www.wur.nl/nl/project/Additieven-als-mogelijkheid-om-methaanemissie-in-runderen-te-verlagen.htm>

Zom, R. L. G., Bannink, A., & Goselink, R. M. A. (2012). *Effect of increased maturity of silage maize at harvest on conservation, dairy cow performance and methane emission* (No. 578). Wageningen UR Livestock Research.

Bijlagen

Bijlage 1 mogelijkheden reductie methaan bij gras .

Tabel X1

Mogelijkheden in gras management voor de reductie van methaan in grondgebonden melkveerantsoen.	Aandeel gras in het rantsoen in %	Aandeel gras in het rantsoen in %	Aandeel gras in het rantsoen in %	Verschillende oogststadia's gras	Verschillende oogststadia's gras	Verschillende oogststadia's gras	Verschillende oogststadia's gras
% gras	100	67	33				
				6 Mei (eerste snede)	25 Mei (eerste snede)	4 juli (tweede snede)	12 juli (tweede snede)
NDF (g/kg of DM)	431	396	360	580	650	730	720
Methaanuitstoot in gram/per dag/ per koe	399	414	411	321	354	365	364
Methaanuitstoot in FPCM g/kg	16.6	17.0	16.2	10.3	11.9	12.6	13.2
Methaanuitstoot in DMI g/kg	24.6	25.0	24.5	19.3	21.4	21.7	22.8
Bron: (Warner, Bannink, hatew & et al, 2017) en (Van Gastelen, Antunes-Fernandes & Hettinga et al, 2015).							

Bijlage 2 mogelijkheden reductie methaan bij gras.

Tabel X2

Mogelijkheden in gras management voor de reductie van methaan in grondgebonden melkveerantsoen.	% Bemesting laag	% Bemesting laag	% Bemesting laag	% Bemesting Hoog	% Bemesting Hoog	% Bemesting Hoog
Hoeveelheid zuivere Stikstof per Ha/per leeftijd gras	20N/Ha 3weken oud gras	20N/ha 5 weken oud gras		90N/Ha 3 weken oud gras	90N/Ha 5 weken oud gras	
NDF intake (g/kg of DM)	390	416		412	454	
Methaanuitstoot in gram/per dag/ per koe	306	297		236	337	
Methaanuitstoot in FPCM	14.9	17.4		14.6	16.2	
Methaanuitstoot in DMI g/kg	20.4	19.9		21.5	22.4	
Mogelijkheden in gras management voor de reductie van methaan in grondgebonden melkveerantsoen.						
Hoeveelheid zuivere Stikstof per Ha	65N/Ha	65N/Ha	65N/Ha	150N/Ha	150N/Ha	150N/Ha
Drogestof opbrengst grasland in kg/ds/ha	2023	3214	3535	2055	3609	5793
NDF intake (g/kg of DM)	490	480	460	500	490	430
Methaanuitstoot in Gram/per dag/ per koe	361	356	347	347	352	322
Methaanuitstoot in FPCM g/kg	12.8	16.0	16.8	13.2	14.0	16.2
Methaanuitstoot in DMI g/kg	23.0	24.0	23.4	21.7	24.4	24.6
Bron: (Warner, Hatew & Podesta, et al, 2015) en (Warner, Podesta, Hatew, et al, 2015)						

Bijlage 3 mogelijkheden reductie methaan bij mais.

Tabel x3

Mogelijkheden in mais management voor de reductie van methaan in grondgebonden melkveerantsoen.	Aandeel mais in het rantsoen in %	Aandeel mais in het rantsoen in %	Aandeel mais in het rantsoen in %	Verschillende oogststadia's	Verschillende oogststadia's	Verschillende oogststadia's	Verschillende oogststadia's
% mais	100	67	33				
% Droge stof				30%	34%	38%	42%
NDF intake (g/kg/dm)	325	360	396	8.58kg	8.45kg	8.39kg	8.06kg
Methaanuitstoot in gram/per dag/ per koe	387	411	414	426	434	435	416
Methaanuitstoot in FPCM g/kg	15.3	16.2	17.0	9.9	10.0	10.0	10.0
Methaanuitstoot in DMI g/kg	22.0	24.5	25.0	18.3	18.5	18.4	18.2
Mogelijkheden in mais management voor de reductie van methaan in grondgebonden melkveerantsoen.							
% Droge stof				25%	28%	32%	40%
% mais	100	50	0				
NDF intake (g/kg/dm)	664	681	643	407	394	359	349
Methaanuitstoot in gram/per dag/ per koe	434	483	440	390	400	386	361
Methaanuitstoot in FPCM g/kg	17.7	20.7	20.3	13.0	13.4	13.2	12.1
Methaanuitstoot in DMI g/kg	14.6	15.3	14.3	21.7	23.0	21.0	20.1
Bron: (hatew, Bannink, van Laar & et al, 2016), (van Gastelen, Antunes-Fernandes, Hettinga & et al, 2015), (Hassanat, Gervais, Julien & et al, 2013) en (Zom, Bannink & Goselink, 2012)							

