

Methaanemissies bij de melkkoeien op Dairy Campus

Onderzoeksrapport afstudeeropdracht



Titel van het verslag:	Methaanemissies bij de melkkoeien op Dairy Campus
Ondertitel:	Onderzoeksrapport afstudeeropdracht
Kader:	Afstudeeropdracht voor de opleiding Dier- en Veehouderij aan Hogeschool van Hall Larenstein
Opdrachtgever(s):	Dairy Campus
Begeleider:	Kees de Koning Kees.dekoning@wur.nl +31 (0) 653672108
Maker + studentnummer:	Douwe Elgersma – 000013847 Douwe.elgersma@hvhl.nl 06-21681269
Begeleider school:	Yep Zeinstra Yep.zeinstra@hvhl.nl
Beoordelaar:	Nico Konijn Nico.konijn@hvhl.nl
Datum:	30-06-2020
Versie:	2



Voorwoord

Voor u ligt de scriptie 'Methaanemissie bij de melkkoeien op de Dairy Campus'. Het onderzoek voor deze scriptie naar de methaanemissie bij de melkkoeien is uitgevoerd bij de Dairy Campus in Leeuwarden. Deze scriptie is geschreven in het kader van mijn afstuderen aan de opleiding Dier en Veehouderij aan de Hogeschool van Hall Larenstein in Leeuwarden en in opdracht van het innovatiecentrum Dairy Campus. Van November 2019 tot en met Juni 2020 ben ik bezig geweest met het onderzoek en het schrijven van de scriptie.

Samen met mijn begeleider vanuit Dairy Campus Kees de Koning en mijn begeleider vanuit school Yep Zeinstra, heb ik de onderzoeksvraag voor deze scriptie bedacht. Na het uitvoeren en verwerken van het onderzoek heb ik de onderzoeksvraag kunnen beantwoorden. Tijdens dit onderzoek stonden mijn begeleider, Yep Zeinstra, en mijn begeleider vanuit Dairy Campus, Kees de Koning, maar ook Fedde de Jong, altijd voor mij klaar. Zij hebben steeds mijn vragen beantwoord waardoor ik verder kon met mijn onderzoek.

Bij dezen wil ik graag mijn begeleiders bedanken voor de fijne begeleiding en hun ondersteuning tijdens dit traject. Daarnaast wil ik Fedde de Jong bedanken, voor het aanleveren van alle benodigde gegevens en het beantwoorden van al mijn vragen hierover. Naast deze mensen wil ik iedereen die een bijdrage gehad heeft aan mijn scriptie op wat voor manier dan ook, via deze weg ook bedanken. Tot slot wil ik mijn beoordelaar Nico Konijn bedanken voor de energie en tijd die nodig was voor het beoordelen van mijn scriptie.

Ik wens u veel leesplezier toe.

Douwe Elgersma



Weidum, 30 Juni 2020

Samenvatting

Momenteel hebben we in de maatschappij en sector een forse discussie over de toekomst van de veehouderij. De discussie gaat over de broeikasgassen en de relatie met klimaatverandering. Een deel van deze discussie gaat over de bijdrage die koeien leveren aan de CO₂, methaan en lachgasemissies. Met de melkveehouderijsector is afgesproken dat de uitstoot van broeikasgassen in 2020 ten opzichte van 1990 met tenminste 30% moet worden verminderd (Duurzame zuivelketen, 2019). Reductie van methaanemissie is voor de veehouderij een belangrijke opgave om de vastgestelde klimaatdoelen te kunnen realiseren. Momenteel wordt van de Nederlandse bedrijven de emissie uitstoot berekend. Wat de daadwerkelijke emissie op een specifiek bedrijf is, is niet bekend. Ook is er nog veel onbekend over wat de variatie is tussen bedrijven en wat de mogelijke oorzaak hiervan kan zijn (WUR, 2019).

Dairy Campus heeft zelf de beschikking over meerdere Greenfeeds. Een Greenfeed is een soort van krachtvoerstation die ontwikkeld is met een techniek om de methaanemissie per individueel dier te kunnen meten. De Greenfeeds maken het mogelijk om op een praktische manier metingen te kunnen doen bij koeien (Dairy Campus, 2018). Tot nu toe is van de koeien van Dairy Campus nog geen enkel overzicht van de normale niveaus van de methaanemissies aanwezig. Er is nog geen inzicht in hoe de koeien van Dairy Campus het doen op het gebied van de normale niveaus van de methaanemissies. De doelstelling van dit onderzoek is om antwoord te krijgen op de onderzoeksvraag: Hoe doen de melkkoeien van Dairy Campus het op het gebied van methaanemissies?

Tijdens dit onderzoek is gekeken of er variaties in methaanemissies waar te nemen zijn tussen individuele dieren. Daarnaast is gekeken of er verbanden zijn te leggen tussen methaanemissies en dier factoren zoals melkgift, voeropname (kg ds.), genetische aanleg en lactatiestadium. Ook is nagegaan hoe de melkkoeien van Dairy Campus scoren op het gebied van methaanemissies in vergelijking met referentiebedrijven (Koeien & Kansen). Er is gebruik gemaakt van data die beschikbaar werd gesteld door Dairy Campus. De data die zijn gebruikt uit de Greenfeeds zijn de metingen van een groep van 64 melkkoeien die gedurende drie weken (21 dagen) gemeten zijn. Alle koeien hebben gedurende de proefperiode hetzelfde rantsoen gehad. Om de data te kunnen analyseren is gebruik gemaakt van de programma's Microsoft Excel en SPSS. Met deze programma's zijn tabellen en verschillende grafieken gemaakt. De resultaten zijn gebaseerd op 21-daagse gemiddelden.

Voor het beantwoorden van de onderzoeksvraag is zowel een literatuurstudie als een onderzoek gedaan. Een melkkoe produceert gemiddeld gezien tussen de 200 tot 500 g methaan per dag. Dit is ongeveer 6 tot 10 % van de bruto energie die een melkkoe per dag opneemt (Dijck, 2016). Methaan komt voor 80% vrij bij het verteringsproces en dan voornamelijk bij het fermentatieproces in de pens. Ongeveer 20 % komt vrij bij de mestopslag. Niet de koe, maar de micro-organismen in de pens van de koe vormen methaan uit waterstof (H₂) en koolstofdioxide (CO₂). Uit de meervoudige regressieanalyse blijkt dat op basis van de kg ds. opname, de lactatiedagen en het ureum gehalte, de beste voorspelling van de gemiddelde methaanemissie gedaan kan worden. De gemiddelde methaanemissie kan met een betrouwbaarheid van 63% voorspeld worden. De methaanemissie per kg meetmelk kan op basis van het vetpercentage, ureumgehalte, lactatienummer en de lactatiedagen voor 47% voorspeld worden. De methaanemissie per kg ds. opname kan op basis van kg meetmelk voor 12% voorspeld worden.

Uit het onderzoek kan geconcludeerd worden dat de gemiddelde methaanemissie van de Dairy Campus wat hoger ligt in vergelijking met de gemeten methaanemissie van de koeien en kansen bedrijven. De gemeten methaanemissie met behulp van de Greenfeed was voor de Koeien en Kansen bedrijven gemiddeld 415 gram methaan per koe per dag en 13,9 gram per kg meetmelk. Voor de

Dairy Campus was dit 453,11 gram methaan per koe per dag en 14,91 gram methaan per kg meetmelk. Ook kan er geconcludeerd worden dat er een grote variatie tussen individuele dieren waar te nemen is. De variatie wordt hoofdzakelijk bepaald door de kg ds. opname, kg meetmelk (productie), lactatienummer en het aantal dagen in lactatie.

Om een beter beeld te krijgen van de gemiddelde methaanemissie, is aanbevolen om een langere periode te gaan meten. Op deze manier kunnen eventuele seizoensinvloeden gevonden worden. Om een nog beter beeld te creëren op de invloed van de lactatiedagen, zouden er bij vervolgonderzoek koeien die in het begin van de lactatie zitten mee genomen moeten worden. Op deze manier kan ook het eventuele effect van de negatieve energiebalans gevonden worden. Op basis van de invloed van de genetische gegevens, zou er een groter groep koeien onderzocht moeten worden, zodat er meer dochters met dezelfde vader (stier) zijn.

Summary

We are currently facing a major discussion in the sector about the future of livestock farming. Part of this discussion is about the contribution that cows make to CO₂, methane and nitrous oxide emissions. It has been agreed with the dairy farming sector that greenhouse gas emissions must be reduced by at least 30% in 2020 compared to 1990 (Duurzame zuivelketen, 2019). Reducing methane emissions is an important task for livestock farming in order to achieve the established climate targets. The emission calculations are based on measurements and data from Dutch companies. It is not known what the actual emission on a specific company is. There is also still much unknown about what the variation is between companies and what the possible cause of this may be (WUR, 2019).

Dairy Campus has several Green feeds available. A Greenfeed is a kind of concentrate feeding station that has been developed with a technique to measure the methane emission for individual animals. These Greenfeeds are researching the emission of methane (CH₄). The Greenfeeds make it possible to measure cows in a practical way (Dairy Campus, 2018). To date, no cows have yet been found of the emissions of methane emissions from the cows at Dairy Campus. There is still no insight into how the cows of Dairy Campus are doing in terms of methane emissions. The aim of this study is to answer the following research question: How are the dairy cows at Dairy Campus doing in terms of methane emissions?

During this study, it was investigated whether variations in methane emissions can be observed between individual animals. In addition, it was investigated whether connections can be made between methane emissions and animal factors such as milk yield, feed intake (kg ds.), Genetic predisposition and lactation stage. It also examined how the dairy cows of Dairy Campus score in terms of methane emissions compared to reference farms (Koeien & Kansen). Data was used that was made available by Dairy Campus. The data used from the Greenfeeds are the measurements of a group of 64 dairy cows that are measured for three weeks (21 days). All cows have had the same ration during the trial period. The Microsoft Excel and SPSS programs were used to analyze the data. Tables and various graphs have been created with these programs. The results are based on 21-day averages.

To answer the research question, both a literature study and a practical study were carried out. A dairy cow produces on average between 200 and 500 g of methane per day. This is about 6 to 10% of the gross energy that a dairy cow absorbs per day (Dijck, 2016). 80% of methane is released during the digestion process and then mainly during the fermentation process in the pens. Recommended 20% is released at the manure storage. Not the cow, but the microorganisms in the cow's pens form methane from hydrogen (H₂) and carbon dioxide (CO₂). The multiple regression analysis shows that the best prediction of the average methane emission can be made based on the kg ds. Intake, the lactation days and the urea content. The average methane emission can be predicted with a reliability of 63%. The methane emission per kg of measuring milk can be predicted for 47% based on the fat percentage, urea content, lactation number and lactation days. The methane emission per kg ds. Intake can be predicted for 12% based on kg measuring milk.

From these studies, it can be concluded that the average methane emission from the Dairy Campus is somewhat higher compared to the measured methane emission from the Koeien & Kansen companies. The measured methane emission, using the Greenfeed, was 415 grams methane per cow per day and 13.9 grams per kg of measuring milk for the Koeien & Kansen companies. For the Dairy Campus, this was 453.11 grams of methane per cow per day and 14.91 grams of methane per kg of measuring milk.

To get a better insight of the average methane emission, it is recommended to measure a longer period. In this way, any seasonal influences can be found. To create an even better insight of the

influence of the lactation days, follow-up research should include cows that are in early lactation. In this way, the possible effect of the negative energy balance can also be found. Based on the influence of the genetic data, a larger group of cows should be examined in order to have more daughters with the same father (bull).

Inhoudsopgave

VOORWOORD	III
SAMENVATTING	IV
SUMMARY	VI
INLEIDING	10
1 LITERATUURONDERZOEK	12
1.1 ALGEMEEN	12
1.2 BROEIKASGASSEN	13
1.3 METHAAN	14
1.3.1 Methaanproductie verteringsproces	14
1.3.2 Methaanproductie mestopslag	16
1.4 METHAANEMISSION BEPERKEN	18
1.4.1 Algemeen	18
1.4.2 Aanpassingen in voeding	19
1.4.3 Opslag van drijfmest	22
1.5 VARIATIES IN METHAANEMISSIONS TUSSEN INDIVIDUELE DIEREN	25
1.6 METHAANEMISSIONS REFERENTIE BEDRIJVEN	26
1.6.1 Berekende methaanemission koeien en kansen bedrijven	26
1.6.2 Gemeten methaanemission koeien en kansen bedrijven	27
1.7 GREENFEED	28
1.7.1 Algemeen	28
1.7.2 Betrouwbaarheid metingen	28
1.8 CONCLUSIE LITERATUURSTUDIE	32
2 HET ONDERZOEK	33
2.1 PROEFOPZET EN PROEFUITVOERING	33
2.2 DATAVERZAMELING	33
2.2.1 Data Greenfeeds	33
2.2.2 Dier registratie	34
2.2.3 Melkproductie	34
2.2.4 Rantsoen	34
2.2.5 Genetisch	34
2.2.6 Data-referentiebedrijven	34
2.3 DATAVERWERKING	34
2.4 DATA-ANALYSE	36
3 RESULTATEN ONDERZOEK	39
3.1 ALGEMEEN	39
3.2 VARIATIE TUSSEN INDIVIDUELE DIEREN	43
3.3 VERBANDEN TUSSEN METHAANEMISSION EN DIERFACTOREN	47
3.3.1 Melkgift	47
3.3.2 Voeropname en voerefficiëntie	61
3.3.3 Lactatiestadium	65
3.3.4 Genetische aanleg	69
3.3.5 Meervoudige regressieanalyse	71
4 DISCUSSIE	82
4.1 REFLECTIE OP METHODE	82
4.1.1 Betrouwbaarheid/validiteit metingen	82

4.1.2	Groep koeien	82
4.1.3	Lengte gemeten periode	82
4.1.4	Rantsoen gegevens	83
4.2	REFLECTIE OP RESULTATEN	83
4.2.1	Algemeen	83
4.2.2	Variatie tussen dieren	83
4.2.3	Verbanden tussen methaanemissie en dierfactoren	84
4.2.4	Meervoudige regressieanalyse	85
4.3	WAT HEBBEN WE HIERAAN?	85
5	CONCLUSIE	86
5.1	ONDERZOEKSVRAGEN	86
6	AANBEVELINGEN	87
7	BIBLIOGRAFIE	88
	BIJLAGE 1 – GREENFEED	90
	BIJLAGE 2 – MPR-GEGEVENS	91
	BIJLAGE 3 – KOE-GEGEVENS	97
	BIJLAGE 4 – DOCHTERS EN KLEINDOCHTERS STIEREN	99
	BIJLAGE 5 – RANTSOEN GEGEVENS	100

Inleiding

Momenteel hebben we in de maatschappij en sector een forse discussie over de toekomst van de veehouderij. De discussie gaat over de broeikasgassen en de relatie met klimaatverandering. Een deel van deze discussie gaat over de bijdrage die koeien leveren aan de CO₂, methaan en lachgasemissies. CO₂, methaan en lachgas zijn broeikasgassen. Broeikasgassen hebben als eigenschap dat ze de zonnestraling doorlaten naar de aarde, maar ook werken ze als soort van isolerende deken die de warmte vanaf de aarde tegenhoudt. Dit is een natuurlijk proces maar, door de toenemende menselijke activiteit op aarde wordt de concentratie broeikasgassen langzaam hoger. Dit zorgt ervoor dat de aarde langzaam opwarmt (WUR, 2019).

Het broeikasgas methaan komt hoofdzakelijk vrij bij het verteringsproces van de koe (vooral in de pens), maar ook bij de fermentatie van mest. Ongeveer 80% komt vrij bij de pensvertering ('boeren en scheten') en ongeveer 20% komt vanuit de fermentatie van mest (LEI Wageningen UR, 2012).

Met de melkveehouderijsector is afgesproken dat de uitstoot van broeikasgassen in 2020 ten opzichte van 1990 met tenminste 30% moet worden verminderd (Duurzame zuivelketen, 2019). Reductie van methaanemissie is voor de veehouderij een belangrijke opgave om de vastgestelde klimaatdoelen te kunnen realiseren. Er wordt voor de emissieberekeningen uitgegaan van metingen en data van Nederlandse bedrijven. Wat de daadwerkelijke emissie op een specifiek bedrijf is, is niet bekend. Ook is nog veel onbekend over wat de variatie is tussen bedrijven en wat de mogelijke oorzaak hiervan kan zijn (WUR, 2019).

Dairy Campus heeft zelf de beschikking over meerdere Greenfeeds. Een Greenfeed is een soort van krachtvoerstation die ontwikkeld is met een techniek om de methaanemissie per individueel dier te kunnen meten. Met deze Greenfeeds wordt er onderzoek gedaan naar de uitstoot van methaan (CH₄). De Greenfeeds maken het mogelijk om op een praktische manier metingen te kunnen doen bij koeien (Dairy Campus, 2018).

Tot nu toe is van de koeien van Dairy Campus nog geen enkel overzicht van de normale niveaus van de methaanemissies aanwezig. Er is nog geen inzicht in hoe de koeien van Dairy Campus het doen op het gebied van de normale niveaus van de methaanemissies. Ook is er nog geen inzicht of er individuele variaties tussen de koeien zijn en of er verbanden zijn te leggen tussen dierfactoren (melkproductie, voeropname (kg/ds.), genetisch aanleg) en methaanemissie. Dit terwijl er wel data verzameld/beschikbaar zijn met behulp van de Greenfeeds.

De doelstelling van dit onderzoek is om inzicht te krijgen in: hoe doen de melkkoeien van Dairy Campus het op het gebied van methaanemissie? Om de doelstelling te kunnen behalen moet er inzicht gecreëerd worden in de bijdrage van de melkkoeien van Dairy Campus op het gebied van methaanemissies. Hierbij moet er duidelijk worden hoe de Dairy Campus scoort in vergelijking met referentiebedrijven (Koeien & Kansen bedrijven). Of er variatie tussen de individuele dieren aanwezig is. En of er verbanden zijn te leggen met factoren zoals bijvoorbeeld melkgift, rantsoen, genetische aanleg en lactatiestadium. Om deze doelstelling te kunnen halen zijn de volgende sub-onderzoeksvragen opgesteld:

- Wanneer ontstaat methaanemissie?
- Wat zijn de variaties in methaanemissie die waar te nemen zijn tussen individuele dieren?
- Wat is het verband tussen de methaanemissies en dier factoren zoals melkgift, voeropname (kg/ds.), genetische aanleg en lactatiestadium?
- Hoe scoren de melkkoeien van Dairy Campus op het gebied van methaanemissies in vergelijking met referentiebedrijven?

Voor het beantwoorden van de onderzoeksvragen is zowel een literatuurstudie als een onderzoek gedaan. In de literatuurstudie is gekeken naar literatuur die te maken heeft met het onderwerp. Er is hoofdzakelijk gebruik gemaakt van wetenschappelijke bronnen, dit in verband met de betrouwbaarheid van de literatuur. Voor het onderzoek is gebruik gemaakt van de aanwezige data. Deze data waren al in het bezit van Dairy Campus. Ook is vergeleken met data van referentiebedrijven (koeien & kansen bedrijven).

Dit onderzoeksrapport bestaat uit verschillende hoofdstukken. In het eerste hoofdstuk is de literatuurstudie/bronnenonderzoek beschreven. Er is literatuurstudie/bronnenonderzoek gedaan om antwoord te vinden op de bijbehorende onderzoeksvragen. Aan het einde van het hoofdstuk is een korte evaluatie/conclusie beschreven. In het tweede hoofdstuk onderzoek, is beschreven hoe en op welke manier het onderzoek is uitgevoerd. In het derde hoofdstuk resultaten onderzoek, zijn alle gevonden resultaten weergegeven en beschreven. In het vierde hoofdstuk discussie, is gediscussieerd over de gevonden resultaten. Hierbij zijn de resultaten gekoppeld aan de literatuurstudie/bronnenonderzoek. In het vijfde hoofdstuk conclusie, is antwoord gegeven op de sub-onderzoeksvragen en de hoofdonderzoeksvraag. In het laatste hoofdstuk, het zesde hoofdstuk zijn er aanbevelingen geschreven voor eventueel een vervolgonderzoek. Aan het einde van het verslag zijn er nog een aantal bijlagen toegevoegd die betrekking op het onderzoek hebben.

1 Literatuuronderzoek

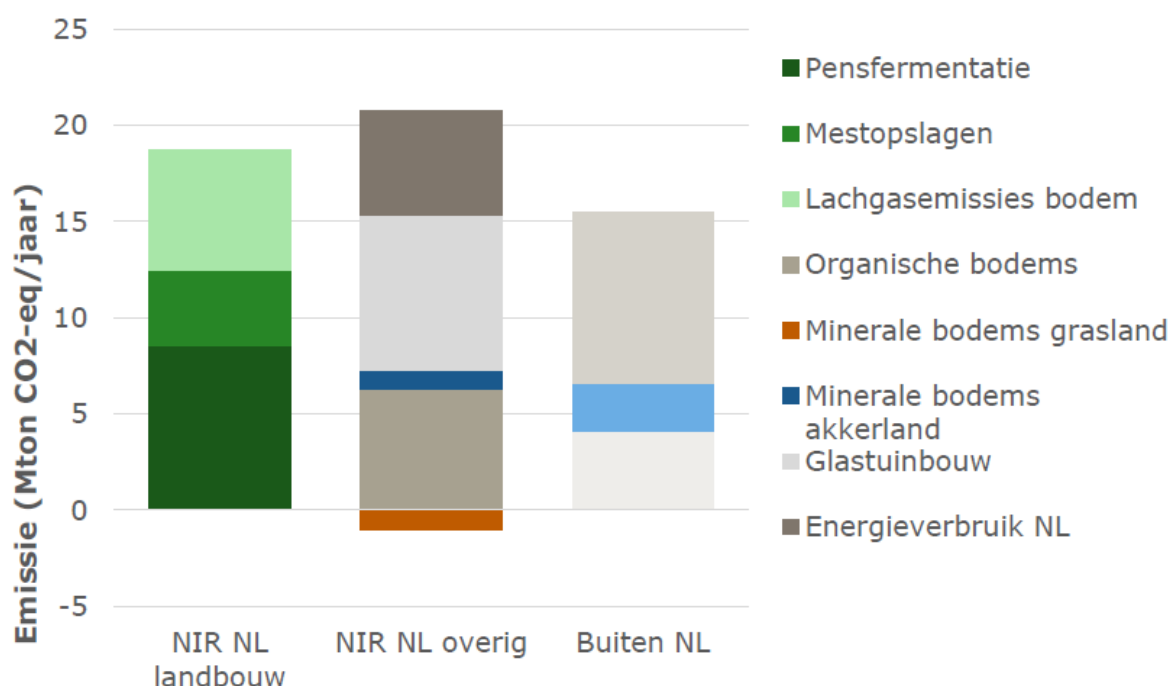
1.1 Algemeen

Voorafgaand aan het onderzoek is een literatuuronderzoek gedaan. Bij dit literatuuronderzoek is ernaar gestreefd om hoofdzakelijk gebruik te maken van wetenschappelijke bronnen, dit om de betrouwbaarheid van het onderzoek te versterken. Voor het literatuuronderzoek is gebruik gemaakt van de online databank Greeni en de databank van C-lock. Verder is er gebruik gemaakt van de zoekmachine Google, boeken en voorafgaand onderzoek. Het doel van het literatuuronderzoek is om antwoord te geven op de onderzoeksvragen. Voor alle onderstaande onderzoeksvragen is een deel van het literatuuronderzoek gebruikt. De dik gedrukte onderzoeksvraag is alleen op basis van het literatuuronderzoek beantwoord.

- **Wanneer ontstaat methaanemissie?**
- Wat zijn de variaties in methaanemissie die waar te nemen zijn tussen individuele dieren?
- Wat is het verband tussen de methaanemissies en dier factoren zoals melkgift, voeropname (kg/ds.), genetische aanleg en lactatiestadium?
- Hoe scoren de melkkoeien van Dairy Campus op het gebied van methaanemissies in vergelijking met referentiebedrijven?

1.2 Broeikasgassen

In het voorjaar van 2018 heeft de gehele landbouwsector de opdracht gekregen om plannen te ontwikkelen voor een reductie van de broeikasgassen met 3,5 Megaton in 2030. In 2017 bedroeg de huidige broeikasgasemissie van de landbouwsector bijna 54 Megaton CO₂ equivalenten. Deze hoeveelheid is verdeeld in drie grote groepen, groep 1, de overige broeikasgassen landbouw (methaan en lachgas), groep 2, overige landbouw-gerelateerde emissies in Nederland (hoofdzakelijk landgebruik en energiegebruik door de landbouw, inclusief glastuinbouw) en tot slot groep 3, emissies gerelateerd aan de productie van grondstoffen in het buitenland, met name diervoeders. Groep 1, de overige broeikasgassen landbouw (methaan en lachgas) is verantwoordelijk voor 18,7 Megaton CO₂ equivalenten. Groep 2, overige landbouw-gerelateerde emissies in Nederland is verantwoordelijk voor 19,3 Megaton CO₂ equivalenten. Groep 3, emissies gerelateerd aan de productie van grondstoffen in het buitenland is verantwoordelijk voor 15,5 Megaton CO₂ equivalenten (Th.V. Vellinga, 2018). In Afbeelding 1 is de verdeling van de drie groepen weergegeven in een staafdiagram.



Afbeelding 1 - Broeikasgasemissies Nederlandse Landbouw, Nederland overig en Buiten Nederland. Op basis van de NIR (National Inventory Reports) (Th.V. Vellinga, 2018).

In de legenda is de verdeling binnen de groepen weergegeven. De legenda van het buitenland ontbrak bij deze afbeelding.

In Tabel 1 is weergegeven hoe de drie groepen opgebouwd zijn.

Tabel 1 - Opbouw van de drie groepen, met bijhorende Megaton CO₂ equivalenten (Th.V. Vellinga, 2018)

Plek in nationaal systeem	Activiteit / emissiebron	Prognose 2017 (Mton CO ₂ eq)
1.1 Landbouw OBKG	1.1.1 Pens en darmfermentatie (methaan)	8.5
	1.1.2 Mestopslagen (methaan en lachgas)	3.9
	1.1.3 Mestaanwending en bodem (lachgas)	6.3
Totaal landbouw overige broeikasgassen in Nederland		18.7
1.2 Landbouw CO ₂	1.2.1 Glastuinbouw	5.6
1.3 LULUCF	1.3.1 LULUCF landbouw gerelateerd	6.3
	1.3.2 LULUCF Natuur	-1.6
2.1 Transport/Energie	2.1.1 Energiegebruik NL landbouw (diesel NL)	1.3
	2.1.1 Energiegebruik NL landbouw (elektriciteit, kunstmestproductie)	1.5
2.2 Industrie	2.2.1 Energiegebruik (kunstmest, mengvoer) (CO ₂ en lachgas)*	6.2
Totaal CO₂ en LULUCF toegeschreven aan landbouw en landgebruik in NL		19.3
Totaal Landbouw en landgebruik binnen Nederland		38.0
3.1 Overige emissies in de keten	3.1.1 Teelt voergrondstoffen buiten Nederland (CO ₂)	4.1
	3.1.2 Teelt voergrondstoffen buiten NL (methaan en lachgas)	2.5
	3.1.3 Teelt voergrondstoffen (LULUCF)	8.9
Totaal emissies in de keten buiten Nederland		15.5
Totaal volgens ketenbenadering		53.5

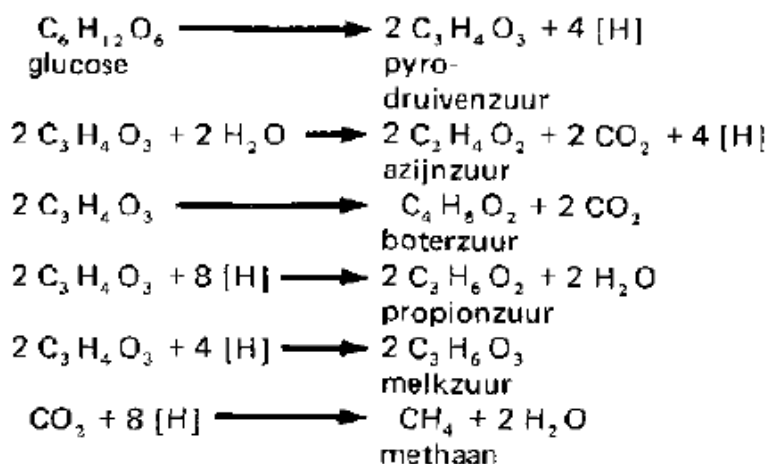
Een negatief getal in de tabel is een vastlegging. Vastlegging wil zeggen dat er bijvoorbeeld CO₂ uit de lucht wordt gebruikt voor de groei van gewassen. De afkorting 'OBKG' staat voor overige broeikasgassen, 'LULUCF' staat voor Land use, Land use Change and Forestry.

1.3 Methaan

Methaan (CH₄) is een sterk broeikasgas, het is 34 keer sterker dan het opwarmend vermogen van CO₂. Dit wil zeggen dat methaan de warmte in de atmosfeer 34 keer beter vasthoudt. Methaan wordt in de atmosfeer na 12 jaar afgebroken, dit is de reden dat het verminderen van de methaan uitstoot loont. In tegendeel met CO₂ dat meer dan 100 jaar in de atmosfeer blijft. Het beperken van de methaanuitstoot levert dus kort gezegd meer en sneller resultaat (Dijck, 2016).

1.3.1 Methaanproductie verteringsproces

Een melkkoe produceert gemiddeld gezien tussen de 200 tot 500 g methaan per dag. Dit is ongeveer 6 tot 10 % van de bruto energie die een melkkoe per dag opneemt (Dijck, 2016). Methaan komt voor 80% vrij bij het verteringsproces en dan voornamelijk bij het fermentatieproces in de pens. Ongeveer 20 % komt vrij bij de mestopslag. Niet de koe, maar de micro-organismen in de pens van de koe vormen methaan uit waterstof (H₂) en koolstofdioxide (CO₂). In de pens wordt methaan gevormd door protozoën en methaanvormende bacteriën. Door de methaanvorming wordt waterstof afgevoerd, er is te weinig zuurstof in de pens aanwezig om waterstof als water te kunnen afvoeren. Te veel waterstof in de pens zal het fermentatieproces stil leggen. In Afbeelding 2 zijn de reactievergelijkingen die optreden tijdens het fermentatieproces van herkauwers weergegeven.

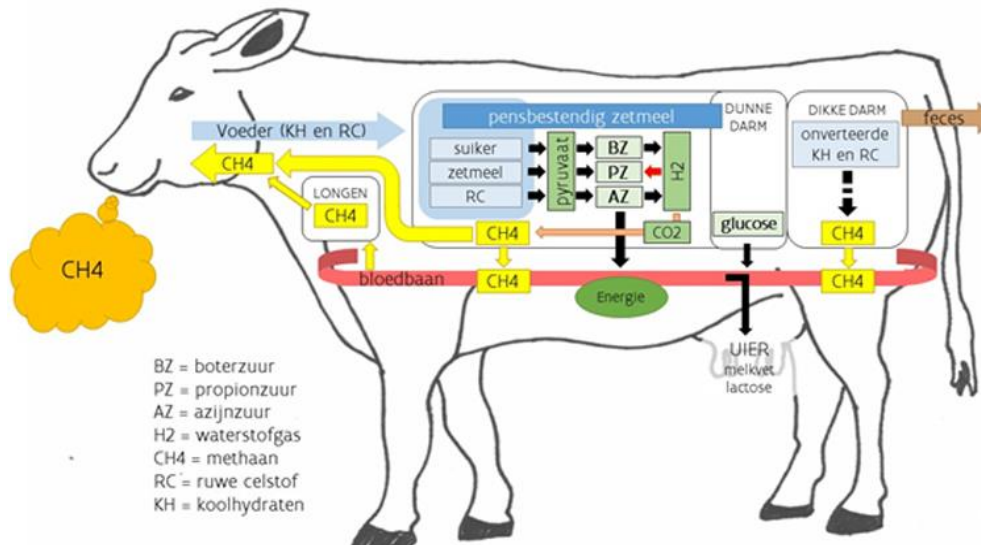


Afbeelding 2 - Reactievergelijkingen tijdens het fermentatieproces van herkauwers (S. TAMMINGA, 1978)

Herkauwers zijn in staat grote hoeveelheden plantaardige structurele koolhydraten, te bewerken en om te zetten in kwalitatief hoogwaardig voedsel voor de mens. Na hydrolyse van de polysachariden vindt een verdere afbraak plaats. In eerst instantie in Pyro-druivenzuur, dat verder wordt omgezet in VFA (vluchtige vetzuren). Bij deze omzetting wordt er vooral azijnzuur gevormd en in mindere mate propionzuur en boterzuur. Uit de reactievergelijking voor de vorming van de diverse VFA blijkt, dat de vorming van azijnzuur gepaard gaat met een overschot aan (H) moleculen. Deze moeten worden weg gewerkt, omdat anders de microben een soort van vergiftigd worden met (H) moleculen. Mogelijkheden hiervoor zijn: de vorming van propionzuur, de reductie van CO₂ tot CH₄, de reductie van O₂ tot H₂O wat met het opgenomen voer is binnen gekomen en het hydrogenen van onverzadigde vetzuren. Een voorkeur lijkt te bestaan voor de vorming van CH₄, maar de CH₄ wordt opgerispt en uitgeademd en gaat zo dus verloren (S. TAMMINGA, 1978). Niet structurele koolhydraten zoals zetmeel zijn beter oplosbaar en hun bereikbaarheid voor bacteriën en protozoën wordt in veel mindere mate belemmerd. Dit heeft tot gevolg dat de afbraak van zetmeel onmiddellijk na de opname op gang komt. Hierbij spelen andere bacteriën en protozoën een rol dan bij de afbraak van structurele koolhydraten. Hoewel ook hier na hydrolyse afbraak plaatsvindt tot Pyro-druivenzuur, hebben de voor de afbraak verantwoordelijke micro-organismen meer de neiging om propionzuur als eindproduct te vormen. Een deel van het gevormde propionzuur wordt gemaakt uit melkzuur, het eindproduct van melkzuurvormende bacteriën. Bij de afbraak van gemakkelijk aantastbare koolhydraten zoals zetmeel, spelen melkzuurbacteriën een belangrijke rol (S. TAMMINGA, 1978). In Afbeelding 2 zijn de reactievergelijkingen die tijdens dit proces gebeuren weergegeven. De laatste reactievergelijking in Afbeelding 2 is de reactie van het ontstaan van methaan. (Koolstofdioxide en waterstof wordt omgezet in methaan en water).

Het methaan uit de pens wordt voornamelijk opgeboerd, het methaan dat ontstaat in de dikke darm wordt opgenomen in het bloed en wordt vervolgens via de longen weer uitgeademd. 80% van de methaan productie in de koe wordt gevormd in de pens, de overige 20% wordt gevormd in de dikke darm (Dijck, 2016) (WUR, 2019) (LEI Wageningen UR, 2012).

In Afbeelding 3 is een schematische weergave van het ontstaan van methaan tijdens het verteringsproces weergegeven. In de legenda op de afbeelding zijn alle afkortingen uitgeschreven.

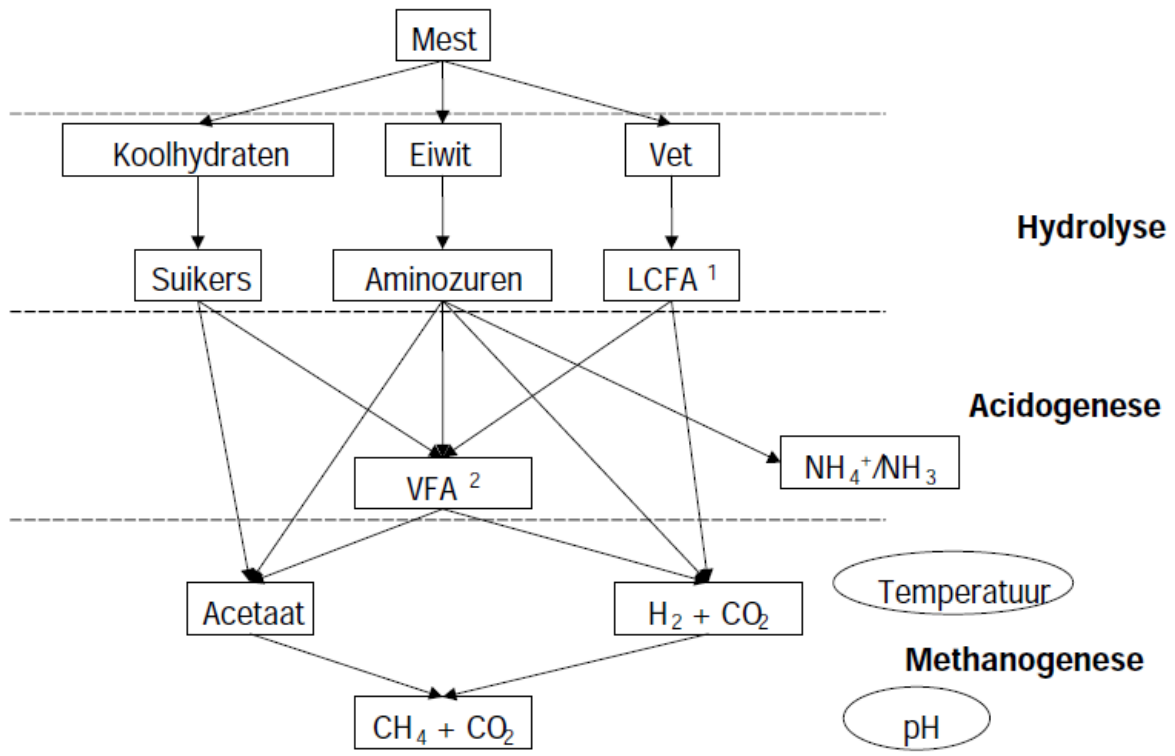


Afbeelding 3 - Schematische weergave Methaan productie tijdens het verteringsproces van de koe (Vilt, 2018)

1.3.2 Methaanproductie mestopslag

Ongeveer 20 % van de methaanproductie komt vrij uit de mestopslag. Methaan ontstaat door de afbraak van organische stof door micro-organismen. De hoeveelheid methaan die vrijkomt uit drijfmest is vooral afhankelijk van de manier van opslag en verwerking van de drijfmest. In drijfmest vindt net zoals in de pens een proces plaats, zie 1.3.1. De organische stof (OS) in de drijfmest is medeverantwoordelijk aan verschillende omzettingen waardoor er koolstofdioxide (CO₂) en methaan (CH₄) vrijkomen. De anaerobe (zuurstofloze) afbraak van organische stof in de drijfmest leidt via drie stappen tot de vorming van methaan en koolstofdioxide. De eerste stap is Hydrolyse, hier worden koolhydraten, eiwitten en vetten omgezet in suikers, aminozuren en de zo genoemde LCFA (lange keten vetzuren). In stap twee Acidogenese, worden suikers omgezet in Acetaat en VFA (vluchtige vetzuren). De aminozuren worden omgezet in Acetaat, VFA, waterstof, koolstofdioxide, ammonium en ammoniak. De LCFA wordt omgezet in VFA, waterstof en Koolstofdioxide. De derde stap heet Methanogenese. In deze stap worden de VFA omgezet naar acetaat en waterstof en koolstofdioxide, dat vervolgens leidt tot de vorming van methaan en koolstofdioxide (L.B.J. Šebek, 2006).

In Afbeelding 4 is de schematische weergave van methaanvorming in drijfmest weergegeven.



¹Long Chain Fatty Acids (lange keten vetzuren)

²Volatile Fatty Acids (vluchtige vetzuren)

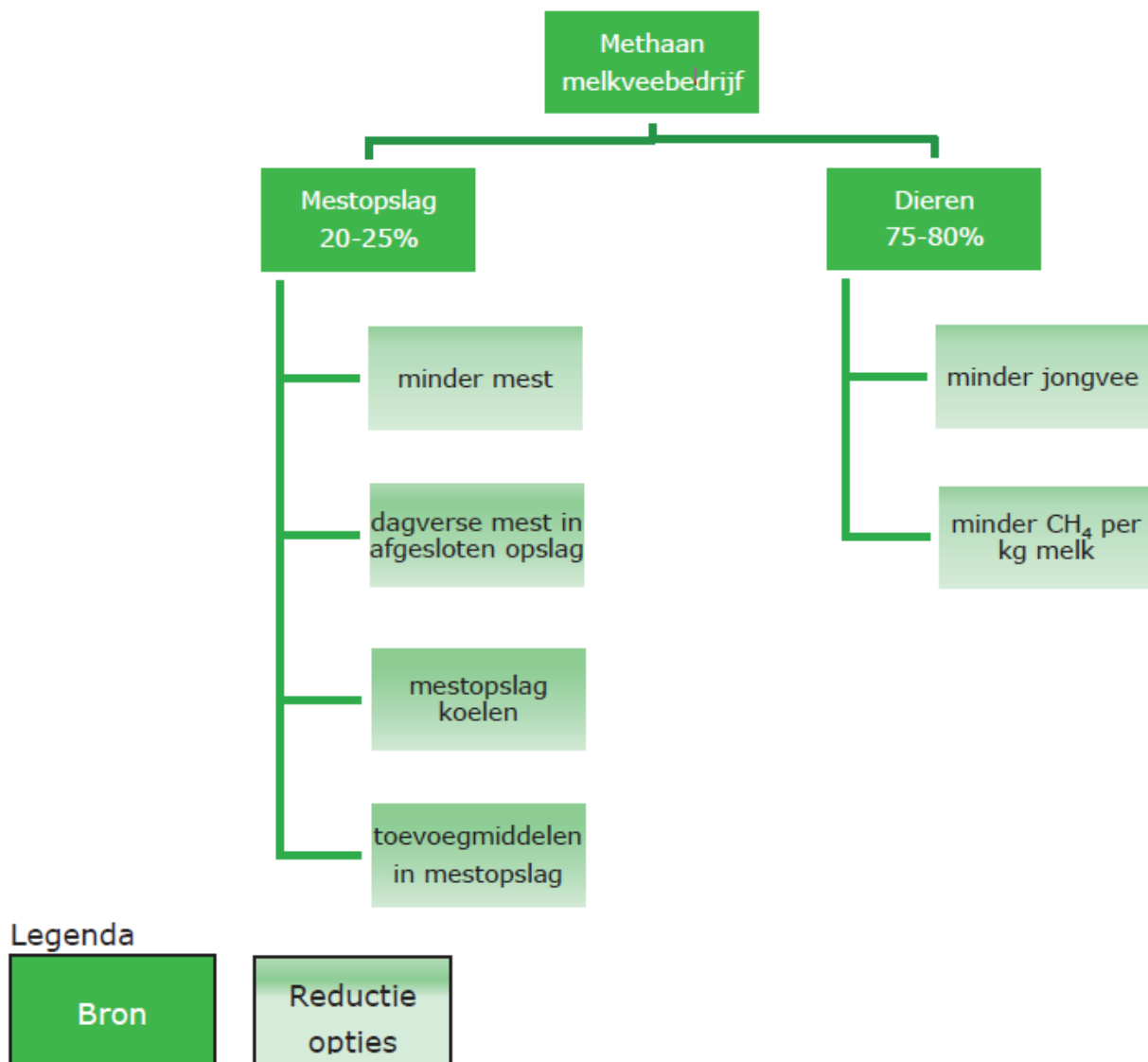
Afbeelding 4 - Schematische weergave van methaanvorming in drijfmest (Sanders, 2001)

De hoeveelheid methaan en koolstofdioxide die vrijkomt uit een mestopslag is afhankelijk van meerder factoren, namelijk het opslagsysteem, het type drijfmest, de mestsamenstelling, de opslagtijd en de omgevingstemperatuur/temperatuur van de drijfmest (L.B.J. Šebek, 2006). In paragraaf 1.4.3 worden deze factoren verder besproken.

1.4 Methaanemissie beperken

1.4.1 Algemeen

Zoals al eerder aangegeven is de methaanemissie op een melkveebedrijf te wijten aan twee bronnen, namelijk de veestapel c.q. het fermentatieproces (ca. 75-80%) en de mestopslag (ca. 20-25%). De CH₄ emissie (kg/jaar) afkomstig van de veestapel kan op twee hoofdlijnen gereduceerd worden, namelijk minder dieren houden en minder CH₄ per gemiddeld aanwezig dier produceren. De CH₄ emissie (kg/jaar) uit de mestopslag kan op vier hoofdlijnen gereduceerd worden, namelijk minder mest in de opslag, mest zo snel als mogelijk in een afgesloten opslag brengen en CH₄ afvangen, mesttemperatuur onder de 10 °C houden en het toevoegen van zuren of additieven die de CH₄ productie kunnen remmen (L. Šebek, 2014). Op Afbeelding 5 is een schematische weergave van de bronnen met bijbehorende reductie opties weergegeven.



Afbeelding 5 - Reductie opties om de CH₄ emissie te kunnen reduceren (L. Šebek, 2014)

1.4.2 Aanpassingen in voeding

1.4.2.1 Maïs en mals gras

Wanneer koeien meer zetmeel en jonger gras gevoerd krijgen, kan de hoeveelheid methaan die ze produceren met een kwart (25%) omlaag. De vorming van methaan is te wijten aan het overschot aan waterstof in de pens. Je kunt de vorming van waterstof tegengaan door koeien meer zetmeel te voeren. In het winterrantsoen van Nederlandse melkkoeien wordt vaak mais met een zetmeelgehalte van bijna veertigprocent gevoerd, je ziet de methaan uitstoot dan met vijftien tot twintig procent afnemen. De helft van het rantsoen van de Nederlandse koe bestaat uit vers gras of kuilgras. Makkelijker verteerbaar gras of kuilgras kan leiden tot twintig procent minder methaanvorming (Dijkstra, 2011). Ook het oogstmoment van snijmais beïnvloedt de methaanuitstoot. In een onderzoek naar de gevolgen van het oogstmoment van mais op de methaanemissie kwam de conclusie dat, per procent drogestof toename van snijmais in maisrijke rantsoenen de methaanvorming per kilogram meetmelk met 1,5 procent wordt verlaagd. Uit de conclusie van dit onderzoek bleek dat de methaanuitstoot af hangt van het oogstmoment van de mais en samenhangt met het zetmeel- en celwandgehalte en de zetmeelbestendigheid. Een toename in drogestofgehalte van mais heeft een verlagend effect op de methaanemissie per kg meetmelk (André Bannink, 2015).

1.4.2.2 Aanpassen van voerstrategieën

Door dat een groot deel van de methaanemissie toe te schrijven is aan het fermentatieproces van runderen is onderzoek gedaan naar het aanpassen van voerstrategieën om de methaanemissie te kunnen verlagen. Daarnaast is methaanvorming een verliespost van energie voor het dier, z'n zes procent van de voerenergie gaat verloren in de vorm van gas (Zijdeveld, 2011).

Voeraanpassingen kunnen de methaan-uitstoot door herkauwers beperken. Uit onderzoek blijkt dat sommige plantenextracten zoals lijnzaadolie de methaanvorming direct remmen, althans in een "in vitro onderzoek" (laboratoriumonderzoek). Het gebruik van Monensin beïnvloedt het vluchtige verzuren patroon in de pens, meer propionzuur biedt een alternatieve 'gootsteen' voor het afvoeren van waterstof. Monensin bindt zich aan de celmembranen van bacteriën en verhindert het transport van voedingstoffen. Monensin is actief tegen grampositieve bacteriën, gramnegatieve bacteriën zijn resistent. Monensin veroorzaakt in de pens een verschuiving in de microbiële huishouding met een afname van de grampositieve bacteriën. Dit resulteert in een afname van de acetaat- (azijnzuur) en de butyraat (boterzuur) productie en een toename van propionzuur productie in de pens. De toename van propionzuur productie zorgt weer voor de afname van het overschot aan (H) moleculen. Door deze wijziging in de verhouding van de vluchtige vetzuren, verbetert de efficiëntie van het energiemetabolisme. Monensin is de werkzame stof in Kexxtone bolussen. Kexxtone bolussen verlagen de kans op slepende melkziekte bij melkkoeien, door de daling van de hoeveelheid ketonen in het bloed en een verhoging van de hoeveelheid glucose. Organische zuren zoals bijvoorbeeld appelzuur wordt in de pens omgezet in propionzuur en kan dus helpen om waterstof af te voeren. Voedervet wordt niet gefermenteerd in de pens en zorgt dus door verdunning van de organische stof in de pens. Dit leidt weer tot minder vorming van waterstof (Zijdeveld, 2011) (Vetcompendium, 2016).

Uit onderzoek blijkt dat het toevoegen van een mengsel van lijnzaadolie, laurinezuur, myristinezuur en furmaraat aan een rantsoen leidt tot 10 procent lagere methaanproductie bij melkkoeien. Hierbij veranderde de energiebalans van de melkkoeien niet. Wel was de melkproductie van de melkkoeien lager bij het gebruik van de additieven (Zijdeveld, 2011).

Nitraat en Sulfaat kunnen ook effectief zijn in de verlaging van de methaanemissie. Zo kan Nitraat werken als alternatieve 'hydrogen sink' (gootsteen) in de pens. De reductie van Nitraat tot Nitriet en vervolgens tot ammoniak, vangt waterstof op en levert energie. Het toevoegen van nitraat in een rantsoen moet wel met beleid gebeuren, dit omdat het tussenproduct nitriet giftig is voor herkauwers. Ook sulfaat kan de methaanproductie op deze manier reduceren. In het onderzoek om

Nitraat toe te voegen aan het rantsoen van lacterende melkkoeien, bleek de toevoeging een effectieve strategie te zijn om de methaanuitstoot te verlagen. De toevoeging van 21 gram nitraat per kg drogestof in een TMR-rantsoen, gedurende 3 maanden, verlaagde de methaanuitstoot met 16 procent. Dit was in vergelijking met een rantsoen aangevuld met Ureum in plaats van nitraat. Hierbij verbeterden de nutriëntenvertering, de energieretentie of de melkproductie niet door de toevoeging van nitraat. Wel bleek dat het methaan reducerende effect door nitraat gedurende de 3 maanden bleef bestaan. Hieruit kon geconcludeerd worden dat het geen aanpassing geeft op de pensflora, die het effect teniet zou kunnen doen (Zijdeveld, 2011). In Tabel 2 zijn de resultaten van de nitraattoevoeging weergegeven.

Tabel 2 - Resultaten nitraattoevoeging in het rantsoen van melkkoeien gedurende drie maanden (Zijdeveld, 2011)

Periode:	d13-17		d37-41		d61-65		d85-89		P-waarde
Behandeling:	ureum	nitraat	ureum	nitraat	ureum	nitraat	ureum	nitraat	behandeling
DS-opname (kg/d)	17,9	18,0	19,1	19,7	19,4	19,2	19,7	19,7	0,877
Melkproductie (kg/d)	27,9	28,3	27,4	28,3	26,2	26,6	25,5	26,6	0,452
CH ₄ (g/koe/dag)	341	283	371	313	378	318	383	326	0,009
CH ₄ (g/kg melk)	11,8	10,4	13,3	11,5	13,9	11,9	15,0	12,4	0,010

1.4.2.3 Toevoeging vetsupplementen

Het toevoegen van vet aan een rantsoen lijkt de methaanemissie ook te verlagen. Het blijkt dat het effect vooral wordt veroorzaakt door verdunning van de fermenteerbare organische stof in de pens. Echter kan een te hoog vetgehalte in een rantsoen de drogestof opname negatief beïnvloeden en zorgen voor minder fermenteerbare organisch stof, hierdoor is er gevaar voor een slechtere N-benutting en meer ammoniak (NH₃) productie. Voor de vaststelling van het effect van toevoegen van vet aan het rantsoen op de methaanvorming in de pens is nog nader onderzoek nodig (Zijdeveld, 2011).

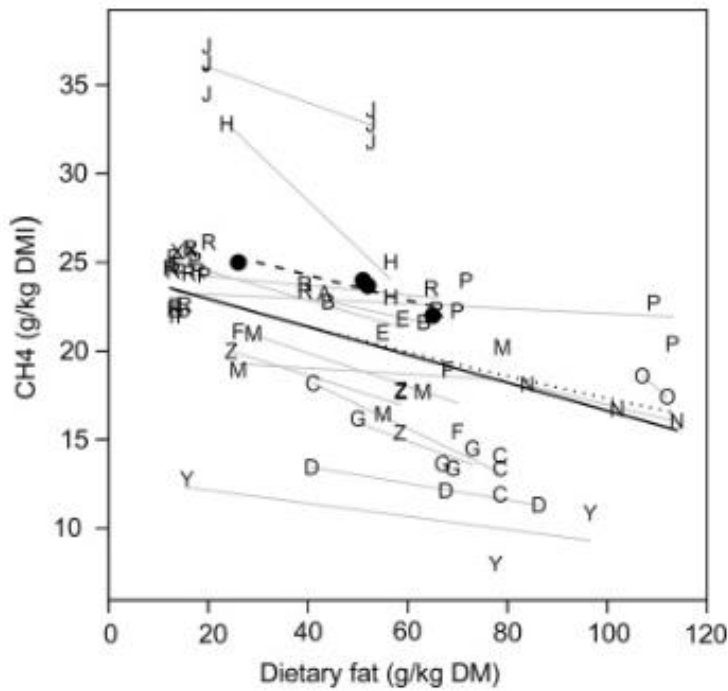
In een ander onderzoek is gekeken wat de invloed van verschillende rantsoenen is op de methaanemissie bij Holstein melkkoeien. In dit onderzoek is gewerkt met vier verschillende rantsoenen, gevoerd aan een groep van 16 lacterende Holstien koeien. De Holstein koeien waren gemiddeld 200 dagen in lactatie met een afwijking van ± 6 dagen. De rantsoenen die gevoerd zijn werden onbeperkt aangeboden als een totaal gemengd rantsoen (TMR). De hoofdcomponenten van het rantsoen waren Luzerne hooi en kuilgras. Voor het controle rantsoen (CON) was hier geplette tarwe en koolzaadmeel aan toegevoegd. Voor de “behandelingsrantsoenen” (BG), (HCC) en (HM) werden de geplette tarwe en het koolzaadmeel voor een deel vervangen (zie Afbeelding 6) om de concentraties van vet, energie en ruw eiwit in evenwicht te brengen. De Holstein koeien zijn in willekeurige paren gehuisvest in ademhalingskamers, waar vervolgens voor een periode van 24 dagen de verschillende rantsoen zijn aangeboden (P.J. Moate a, 2011). In Afbeelding 6 is de samenstelling van de vier verschillende TMR-rantsoenen weergegeven.

	Diet ^a			
	CON	BG	HCC	HM
Alfalfa hay	254	265	256	255
Ryegrass silage	373	370	374	377
Cracked wheat grain	303	106	103	0
Brewers grain	0	259	0	0
Solvent extracted canola meal	70	0	0	98
Cold-pressed canola meal	0	0	123	0
Hominy meal	0	0	144	270

Afbeelding 6 - Samenstelling rantsoenen g/ kg drogestof in TMR-rantsoen (P.J. Moate a, 2011)

Alle rantsoenen bevatten ongeveer 600 g ruwvoer/ kg droge stof (5 kg drogestof luzerne hooi en 7 kg drogestof Engels raai graskuil per dag. Het (CON) rantsoen bevatte 303 g/ kg drogestof geplette tarwe en 70 g koolzaadmeel. Dit rantsoen bevatte ongeveer 26 g vet totaal per kg drogestof. Voor het rantsoen (BG), (HCC) en (HM) werd een deel van de geplette tarwe en het koolzaadmeel vervangen door andere vetsupplementen, zodat dit resulteerde in rantsoenen met 51, 52 en 65 gram vet/ kg drogestof (P.J. Moate a, 2011).

Uit het onderzoek is geconcludeerd dat de vetsupplementen, geen invloed hadden op de drogestof opname en er waren slechts kleine ($P < 0,05$) positieve effecten op de melkgift en negatieve effecten op de concentratie melkvet en melkeiwit. Het (HM) rantsoen verminderde ($P < 0,05$) de CH_4 emissie wanneer deze uitgedrukt is als gram CH_4 per koe per dag, gram CH_4 per kg DS of gram CH_4 per L-melk. Ook het (BG) rantsoen verminderde significant de CH_4 emissie als deze was uitgedrukt in gram CH_4 per koe per dag, gram CH_4 per kg DS of gram CH_4 per L-melk, terwijl het (HCC) rantsoen alleen de CH_4 emissie verminderde bij gram CH_4 per L-melk. Door de gegevens te vergelijken met het (CON) rantsoen, kon er geconcludeerd worden dat Vetsupplementen significant de CH_4 emissies verlagen. Door de gegevens uit het onderzoek te combineren met literatuurstudie kon er geconcludeerd worden dat de toename van 10 gram per kg drogestof opname lipidenconcentratie in de voeding de emissie verlaagd worden met 0.79 gram CH_4 per kg drogestof opname (P.J. Moate a, 2011). In Afbeelding 7 is de regressieanalyse van dit onderzoek weergegeven.



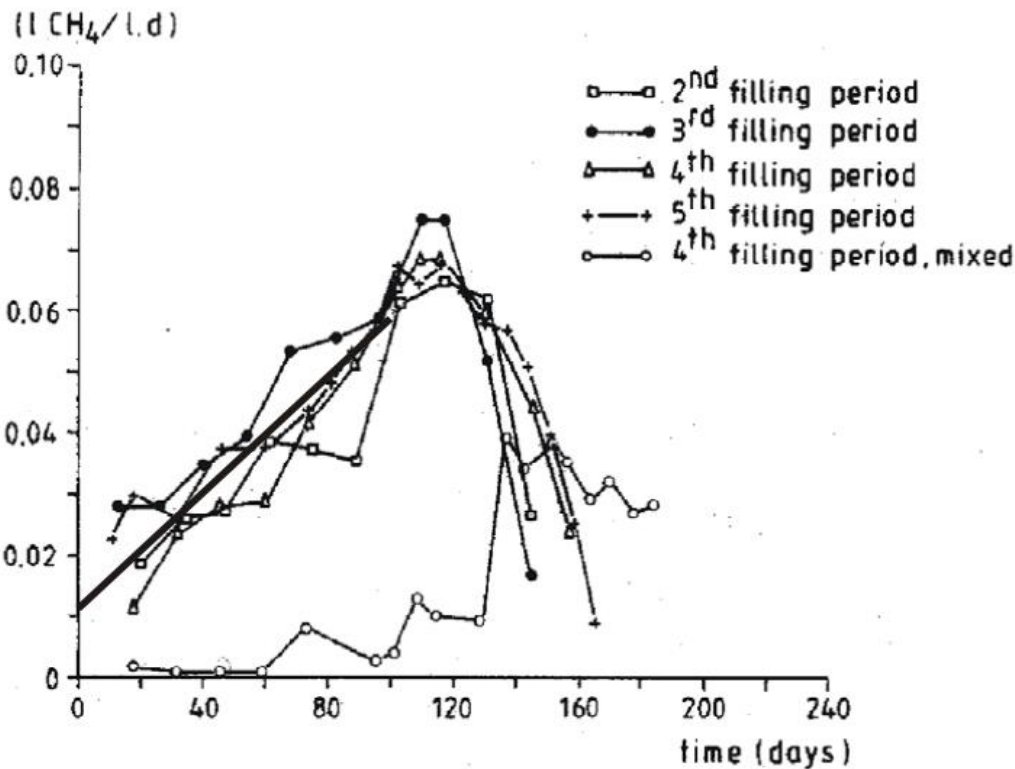
Afbeelding 7 - Regressieanalyse CH_4 (g per kg ds.) ten opzichte van toegevoegde vet (g per kg ds.) aan het rantsoen (P.J. Moate a, 2011)

1.4.3 Opslag van drijfmest

De methaanemissie uit mest vindt hoofdzakelijk plaats in de mestopslag. Het meeste rendement is te halen door in te zetten op maatregelen die invloed uitoefenen op de emissies tijdens de opslag. Vanuit het oogpunt van methaanemissie dient de opslagduur zo kort als mogelijk te zijn. Verkorting van de opslagduur is zinvol omdat daar geen mogelijkheid is om het methaan op te vangen. Tijdens de opslagduur is het van belang dat de temperatuur laag is. Een temperatuur van onder de 10 °C zorgt voor minder activiteit van de micro-organismen. Ook zijn er diverse mestbewerkingstechnieken om de methaanemissie terug te kunnen dringen, zoals mestvergisting, beluchting en luchtzuivering (L.B.J. Šebek, 2006).

1.4.3.1 Opslagduur

De opslagduur in een drijfmestkelder is van invloed op de methaanemissie. De methaanemissie is afhankelijk van de verblijfsduur van de drijfmest in de mestkelder. Dit blijkt uit verschillende experimenten waarbij de mestkelders gedurende 100 dagen lang gevuld zijn met drijfmest (R.M. de Mol, 2003). In Afbeelding 8 zijn de resultaten van de verschillende experimenten weergegeven.



Afbeelding 8 – Methaanemissiesnelheid (L CH₄ per L D) van experimenten met runderendrijfmest (Zeeman, 1991)

Op de grafiek is te zien dat er een lineair verband is, tussen de tijd in dagen en de CH₄-emissie per liter drijfmest. Deze is weergegeven met de dikgedrukte lijn. De overige lijnen geven de verschillende experimenten weer, weergegeven in de legenda. Bij de experimenten is 100 dagen lang elke dag drijfmest aan de mestkelder toegevoegd, hiermee is er een praktijksituatie nagebootst. Na deze 100 dagen is er gestopt met het toevoegen van drijfmest. Uit deze experimenten is duidelijk geworden dat, hoe langer drijfmest wordt opgeslagen in een mestkelder hoe hoger de methaanemissie zal worden. Om de methaanemissie te kunnen beperken moet er gestreefd worden naar een zo kort als mogelijk opslagtijd (R.M. de Mol, 2003).

1.4.3.2 Temperatuur

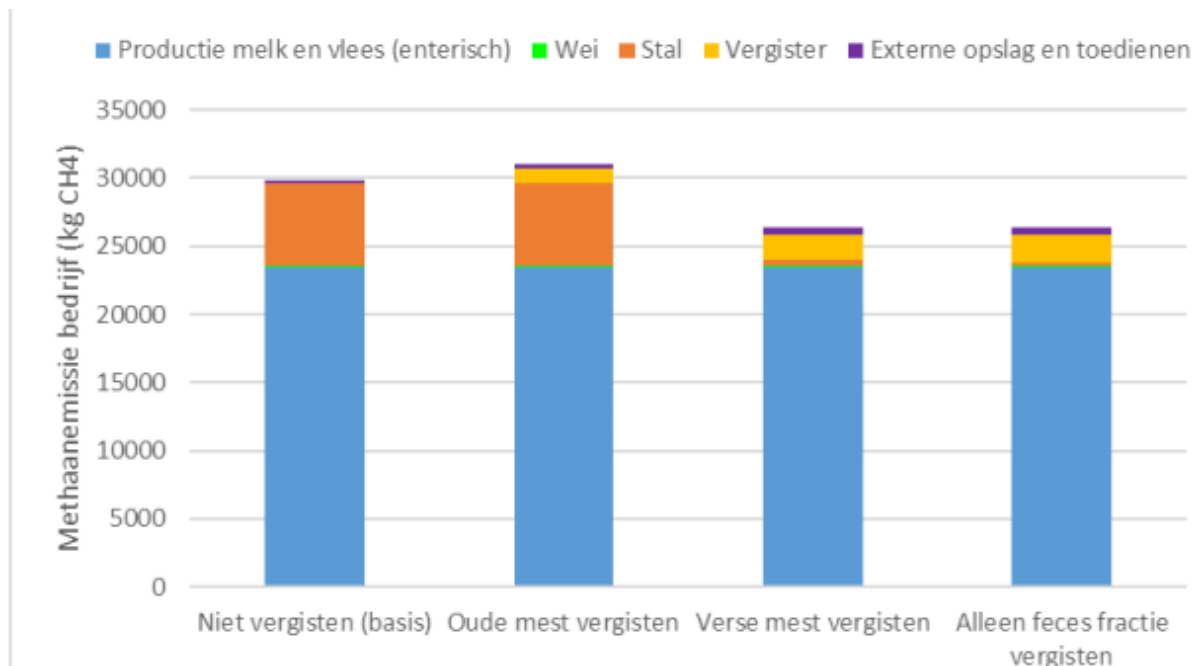
Het proces waarbij methaan wordt gevormd (methangenese) stopt met werken bij een temperatuur onder de 10 °C. Dit houdt in dat er in de winterperiode weinig tot geen methaan in de mestopslag wordt gevormd. Hoe hoger de temperatuur van de mest wordt, hoe hoger de methaanemissie is. Voor de berekening van de methaanemissie op een bedrijf wordt er rekening gehouden met de omgevingstemperatuur (C.M. Groenestein, 2016).

1.4.3.3 Mestbewerkingstechnieken

Mestvergisten: in een onderzoek zijn de effecten van mono-vergisten op een (voorbeeld) melkveebedrijf op veengrond onderzocht. Een melkveebedrijf met 150 melkkoeien en 80 ha grasland. Hierbij is gekeken naar de effecten van verschillende scenario's van mono-vergisten op de uitstoot van ammoniak en de broeikasgassen methaan en lachgas. Bij mono-vergisten wordt er enkel mest vergist. In een modelmatige scenariostudie zijn de effecten van drie manieren van mono-vergisting in beeld gebracht (Aart Evers, 2019).

- Vergisten van drijfmest die lang in de mestopslag heeft gezeten (oude mest).
- Vergisten van verse drijfmest die kort in de mestopslag heeft gezeten.
- Vergisten van de vaste fractie van drijfmest, gescheiden op een scheidingsvloer met perforaties.

In Afbeelding 9 zijn de gevolgen van de scenario's op de methaanemissie samengevat en weergegeven.



Afbeelding 9 - Methaanemissie naar het milieu bij de verschillende scenario's met mono-vergisting (Aart Evers, 2019)

Te zien is dat, oude mest vergisten in vergelijking met het vergisten van verse mest tot de hoogste methaanemissie naar het milieu leidt. Naast het methaan die verloren gaat tijdens het vergisten, verklaart de emissie uit de drijfmestopslag (waar mest en urine samenkomen) de hogere methaanemissie ten opzichte van de andere scenario's. Bij het scenario waar verse mest wordt vergist of het scenario waar de dikke fractie na scheiding wordt vergist, is weinig methaanemissie vanuit de stal waar te nemen. Door deze lage emissie uit de stal (opslag), zijn de totale emissies voor het vergisten van verse mest en alleen dikke fractie 11 á 12 procent lager dan de basissituatie zonder mestvergisting. Het vergisten van oude mest neemt daarentegen de methaanemissie met 4 procent toe (Aart Evers, 2019).

Mest beluchten: uit een pilot onderzoek van (L.B. Šebek, 2016) is aangetoond dat het beluchten van mest de methaanemissie reduceert. Echter is het werkingsmechanisme nog niet goed bekend. Het kan zijn dat het te maken heeft met dat het zuurstofgehalte door het beluchten hoger wordt waardoor de anaerobe bacteriën minder actief zijn. Een andere theorie die wordt geschetst is dat door het beluchten de hoge pH van de toplaag in de mest afneemt. Dit zorgt ervoor dat het methanogenese proces vertraagd. Door het toepassen van deze methode wordt een mogelijke reductie van 57% methaanemissie uit mest in melkveestallen geschat (Groenestein, 2019) (L.B. Šebek, 2016) (Amona, 2006). In Afbeelding 10 is de tabel met reducties en toename van de emissie van broeikasgassen door middel van beluchten weergegeven.

Maatregel		Effect ¹ op			Referentie
		N ₂ O	CH ₄	BKG	
Beluchting					
Melkvee		+144%	-57%	-43%	Amon et al (2006)
Varkens	Periode 1	-	-99%	-	Martinez et al (2003)
	Periode 2	-	-70%	-	Martinez et al (2003)
Varkens		-	-87%	-	Loyon et al (2007)
Varkens		-44%	-47%	-	Thompson et al (2004)

¹) - = reductie en + = toename van de emissie van het broeikasgas

Afbeelding 10 - Broeikasgasemissies uit de mestopslag bij beluchten ten opzichte van niet beluchten (L.B. Šebek, 2016)

Een – in de tabel geeft een reductie weer, een + in de tabel geeft een toename van de emissie van broeikasgas weer. Wat opvalt is dat het beluchten van de mest bij melkvee zorgt voor een hogere lachgasemissie. De verhoging van de lachgasemissie haalt het voordeel van de methaanemissie weer weg omdat, lachgas nog een sterker broeikasgas is dan methaan.

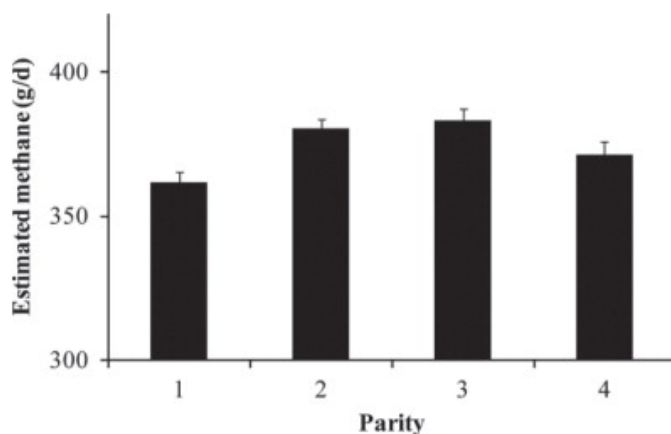
1.5 Variaties in methaanemissies tussen individuele dieren

In een onderzoek naar de variatie in methaanemissie tussen individuele dieren blijkt, dat de methaanemissie aanzienlijk kan variëren tussen melkkoeien die onder dezelfde omstandigheden zijn gehuisvest. Dit blijkt uit een onderzoek op het Nottingham University Dairy Center in het Verenigd Koninkrijk (Garnsworthy, 2012).

Alle 215 koeien die gebruikt zijn in dit onderzoek waren Holstein Friesian koeien, met een gemiddelde jaarlijkse melkopbrengst van 10.000 L. per koe. Tijdens het onderzoek hadden alle koeien hetzelfde rantsoen en werden ze allemaal gemolken met Lely A3 melkrobots. De methaanemissie werd gemeten tijdens elke melkbeurt gedurende 5 maanden. Niet alle koeien waren er de volledige 5 maanden aanwezig, door dat koeien moesten afkalven of droog werden gezet (Garnsworthy, 2012).

Resultaten van dit onderzoek:

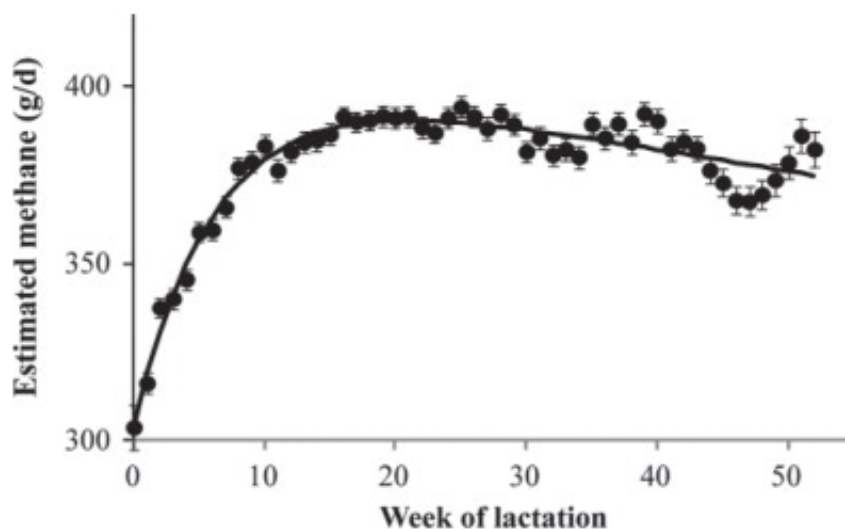
In Afbeelding 11 is de gemiddelde methaanemissie van koeien uit verschillende lactatienummers weergegeven.



Afbeelding 11 - Gemiddelde methaanemissie van koeien met verschillende lactatienummers (Garnsworthy, 2012)

In de grafiek zijn de koeien van lactatienummer 1 t/m 4 weergegeven. Te zien is dat de vaarzen een lagere methaanemissie hebben dan de oudere koeien.

In Afbeelding 12 is de variatie tussen koeien op basis van weken in lactatie weergegeven.



Afbeelding 12 - Variatie in gemiddelde dagelijkse methaanemissie uitgezet weken in lactatie (Garnsworthy, 2012)

Te zien in de grafiek is dat de methaanemissie vanaf week 0 snel stijgt van ongeveer 300 naar 400 gram methaan. Vervolgens hoe verder in lactatie de koeien komen neemt de methaanemissie iets af.

De conclusie van dit onderzoek was: dat de methaanemissie aanzienlijk kan variëren tussen melkkoeien die onder dezelfde omstandigheden zijn gehuisvest. De variatie is gerelateerd aan de melkproductie, het lactatienummer en het aantal weken in lactatie (Garnsworthy, 2012). De melkproductie zijn niet gepubliceerd in dit onderzoek.

1.6 Methaanemissies referentie bedrijven

1.6.1 Berekende methaanemissie koeien en kansen bedrijven

In de periode 2006 -2009 en 2010 tot 2013 is voor de koeien en kansen bedrijven de methaanemissie per bedrijf per kg meetmelk berekend. De methaanemissie is berekend volgens het wetenschappelijk onderbouwde en als Tier 3 methodiek voor Nederland geaccepteerde model (Bannink, A., M.W. van Schijndel and J. Dijkstra, 2011. A-model of enteric fermentation in dairy cows to estimate methane emission for the Dutch National Inventory Report using the IPCC Tier 3 approach. Animal Feed Science and Technology 166-167). Om dit te kunnen berekenen is van de meetweken de voeropname van zowel de melkgevende als droge koeien vastgesteld en gekoppeld aan de actuele melkproductie. Om de weekgegevens te kunnen gebruiken voor uiteindelijke jaargegevens is een minimum van 8 meetweken per jaar aangehouden (J.W. Spek, 2017).

In Afbeelding 13 zijn de berekende methaanemissies per periode van de koeien en kansen bedrijven weergegeven.

K&K bedrijf	Periode		Verschil tussen periode 2010 – 2013 en periode 2006 - 2009
	2006 - 2009	2010 - 2013	
2	15.7	14.5	-1.22
5	13.6	12.7	-0.92
7	14.9	14.2	-0.75
8	14.6	13.7	-0.88
9	14.0	14.1	0.12
10	14.4	13.5	-0.93
11	15.2	13.8	-1.32
12	13.2	13.7	0.41
13	14.7	15.7	1.00
14	14.9	14.8	-0.09
15	12.4	13.0	0.57

Afbeelding 13 - Berekende methaanemissie (g CH₄ per kg meetmelk) in de periode 2006-2009 en periode 2010-2013 voor de K&K-bedrijven waarvan in beide periodes meetgegevens beschikbaar waren (J.W. Spek, 2017)

De gemiddelde methaanemissies zijn aangegeven in gram CH₄ per kg meetmelk. Het gemiddelde van alle bedrijven bij elkaar in de periode 2006-2009 is 14,33 gram CH₄ per kg meetmelk. Voor de periode 2010-2013 was dit 13,97 gram CH₄ per kg meetmelk.

1.6.2 Gemeten methaanemissies koeien en kansen bedrijven

Het project koeien & kansen is in 2018 gestart met het meten van methaanemissies van koeien. Hierbij is gebruik gemaakt van de Greenfeed. Ondertussen heeft de Greenfeed op alle koeien & kansen bedrijven methaanmetingen gedaan. Deze gegevens worden nu op verschillende onderdelen geanalyseerd door onderzoekers van Wageningen Livestock Research (L.B. Sebek, 2020).

Het doel van de metingen op de koeien en kansen bedrijven is om de gemiddelde methaanemissie van de Nederlandse melkveestapel in kaart te kunnen brengen. Hierbij wordt er gedacht aan zowel de variatie tussen de bedrijven, als de variatie tussen koeien binnen een bedrijf en tussen metingen met verschillende rantsoenen, bijvoorbeeld winterrantsoenen in vergelijking met beweiden. In 2019 is nog een nieuw onderzoek opgestart, waarin wordt gekeken naar de micro-organismen in de pens van de koe. Er wordt gekeken wat de invloed van de microbiom op de methaanemissie is (L.B. Sebek, 2020).

Op alle Koeien & Kansen bedrijven zijn metingen verricht met de Greenfeed. In totaal zijn er 1718 methaan metingen van 1278 koeien verzameld. Het doel om in totaal 1080 waarnemingen te verzamelen is hiermee gelukt. De gemiddelde methaanemissie per koe per dag was 415 gram methaan. Per kg meetmelk was dit 13,9 gram methaan. Er was veel variatie te zien tussen bedrijven, tussen koeien en ook tussen metingen. Maar de meeste variatie zit tussen koeien onderling in een koppel, in plaats van grote verschillen tussen bedrijven. De helft van de variatie is te verklaren door koe- en bedrijfseigenschappen. Hierbij moet er gedacht worden aan grondsoort, het seizoen, wel of geen beweiding, aantal dagen in lactatie, lactatienummer en melkeigenschappen. De lactatiedagen en het lactatienummer verklaarden veruit het grootste gedeelte (32%) van de variatie tussen de koeien in dit onderzoek (L.B. Sebek, 2020).

1.7 Greenfeed

1.7.1 Algemeen

De Greenfeed is een product van C-lock inc. Dit is een bedrijf uit Rapid city in South Dakota. Het bedrijf is opgericht in 2005 door Dr. Patrick Zimmerman. In Afbeelding 14 - Large Animal Greenfeed Afbeelding 14 is de 'Large Animal' Greenfeed weergegeven.



Afbeelding 14 - Large Animal Greenfeed (c-lock inc., 2019)

De 'Large Animal' GreenFeed is een systeem dat is ontworpen voor het meten van methaan (CH_4), kooldioxide (CO_2) en optioneel zuurstof (O_2), waterstof (H_2) en waterstofsulfide (H_2S) van individuele dieren. Het is ook mogelijk om emissiegegevens van individuele dieren te verzamelen en bedrijfsgemiddelden te bepalen. Het systeem is meestal geconfigureerd om een kleine hoeveelheid krachtvoer als lokaas aan te bieden om de dieren te verleiden meerdere keren per dag te bezoeken. De gasemissiegegevens worden vastgelegd en vervolgens automatisch verwerkt, zodat de gebruiker gemakkelijk toegang heeft tot een samengevat rapport (c-lock inc., 2019). Meer algemene informatie over de Greenfeeds is weergegeven in Bijlage 1 – Greenfeed.

1.7.2 Betrouwbaarheid metingen

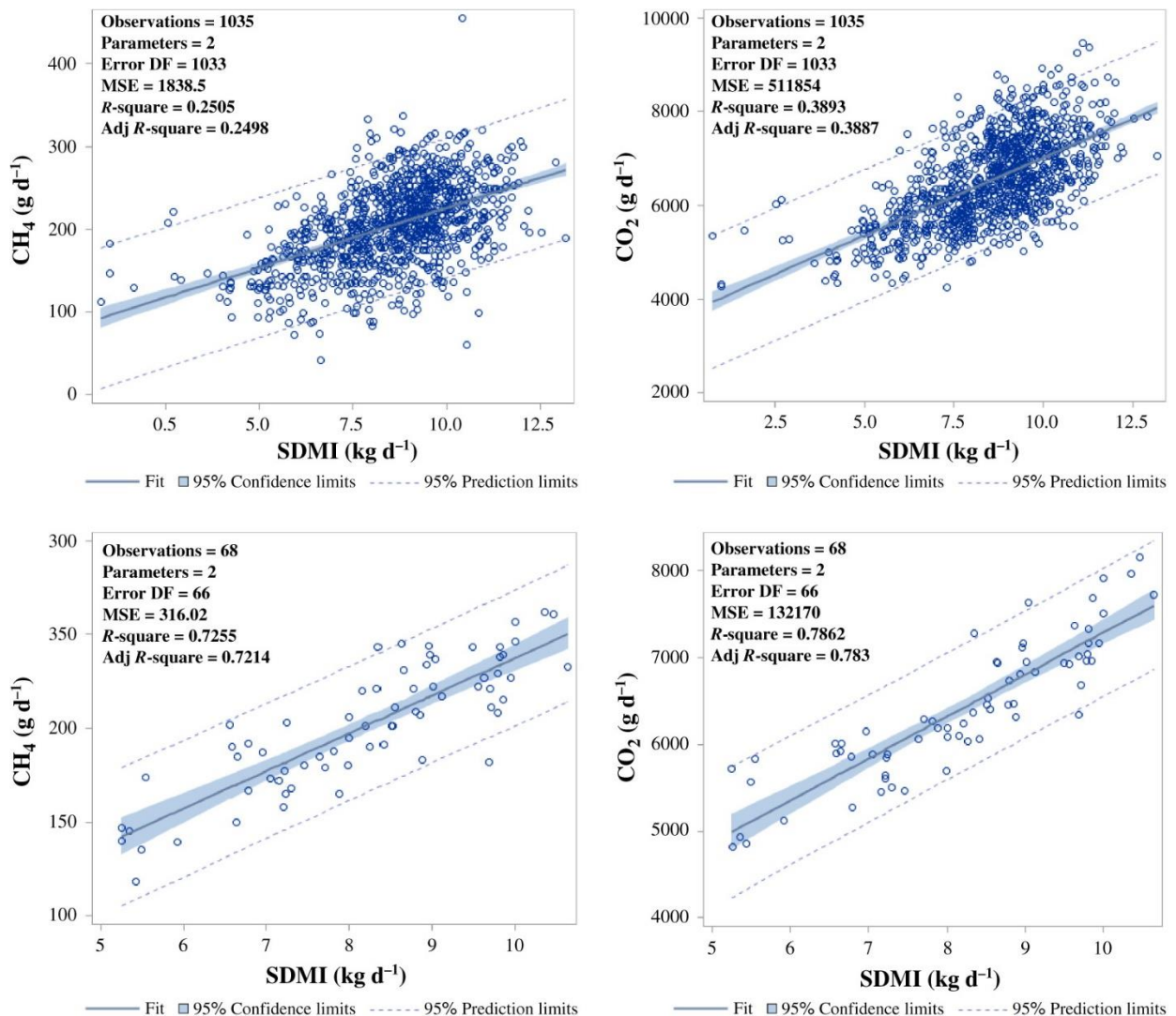
Er is onderzoek gedaan naar de betrouwbaarheid van de gegevens die gemeten zijn met de Greenfeed units. Er is onderzoek gedaan in vergelijking met gegevens uit onderzoeken met ademhalingskamers, ook is er onderzoek gedaan naar de haalbaarheid van het meten van methaan en koolstofdioxide-emissies met behulp van Greenfeeds. Deze onderzoeken worden hieronder beschreven.

1.7.2.1 Invloed bemonsterfrequentie en aantal meetperioden

Bij een onderzoek in Canada, is gekeken naar de invloed van bemonsteringsfrequentie en het aantal meetperioden. Tijdens het onderzoek zijn gedurende 59 dagen achtentwintig gekruiste rundvleesvaarzen gevolgd met behulp van het Greenfeed systeem. Hierbij is gekeken naar hun methaan en koolstofdioxide uitstoot. Ook werd de voeropname van de vaarzen geregistreerd met behulp van acht geautomatiseerde voerstations. De drogestof opname, CH_4 en CO_2 uitstoot werden gemiddeld over perioden van 1, 3, 7 en 14 dagen (G. Manafiazar, 2016).

Uit dit onderzoek is gebleken dat, meerdere metingen gedurende 7 of 14 dagen een lage variatie in CH_4 - en CO_2 - emissie veroorzaakt en een hoge correlatie met voeropname (drogestof opname) heeft. Bij minder metingen over 1 of 3 dagen, is een grote variatie in de emissies en een lage correlatie met voeropname (drogestof opname) waar te nemen. Het blijkt dat een gemiddelde van meer dan 7 of 14 dagen, met meer dan 20 monsters per dier, een goede weergave van de CH_4 - en CO_2 -emissies

geeft (G. Manafiazar, 2016). In Afbeelding 15 is de relatie tussen drogestof opname en CH₄- en CO₂-emissies, in vergelijking met een 1-daags gemiddelde tot een 14-daags gemiddelde weergegeven.



Afbeelding 15 - De relatie tussen gestandaardiseerde drogestof opname (SDMI) en CH₄- en CO₂-emissies in vergelijking met een 1-daags gemiddelde ten opzichte van een 14-daags gemiddelde (G. Manafiazar, 2016)

Zoals te zien is in de grafieken op Afbeelding 15, ligt de verklaring voor een 14-daags gemiddeld een stuk hoger als de verklaring bij een 1-daags gemiddelde. De bovenste twee grafieken in de afbeelding zijn op basis van een 1-daags gemiddelde, de onderste twee grafieken in de afbeelding zijn op basis van een 14-daags gemiddelde.

1.7.2.2 Vergelijking GF-systeem met RC- en/ of SF6-systeem

In een onderzoek naar het meten van methaan met behulp van Greenfeeds in vergelijking met metingen verkregen uit ademhalingskamers (RC) of zwavelhexafluoride-tracer (SF₆), is met behulp van 3 experimenten gekeken naar de vergelijking van methaanemissies bij melkvee. Er is gekeken naar de metingen met een Greenfeed-systeem in vergelijking met RC (experiment 1 en 2) en SF₆ (experiment 3) (K.J. Hammond, 2015).

De drie experimenten werden gedaan bij melkvee dat werd bijgehouden met een aantal verschillende rantsoenen. De methaanemissies werden gemeten met behulp van GF-, RC- en/ of SF₆-technieken. De metingen in alle experimenten waren individuele drogestof opname en methaanproductie in (g per dag), berekend was de methaanopbrengst (g per kg drogestof opname) (K.J. Hammond, 2015).

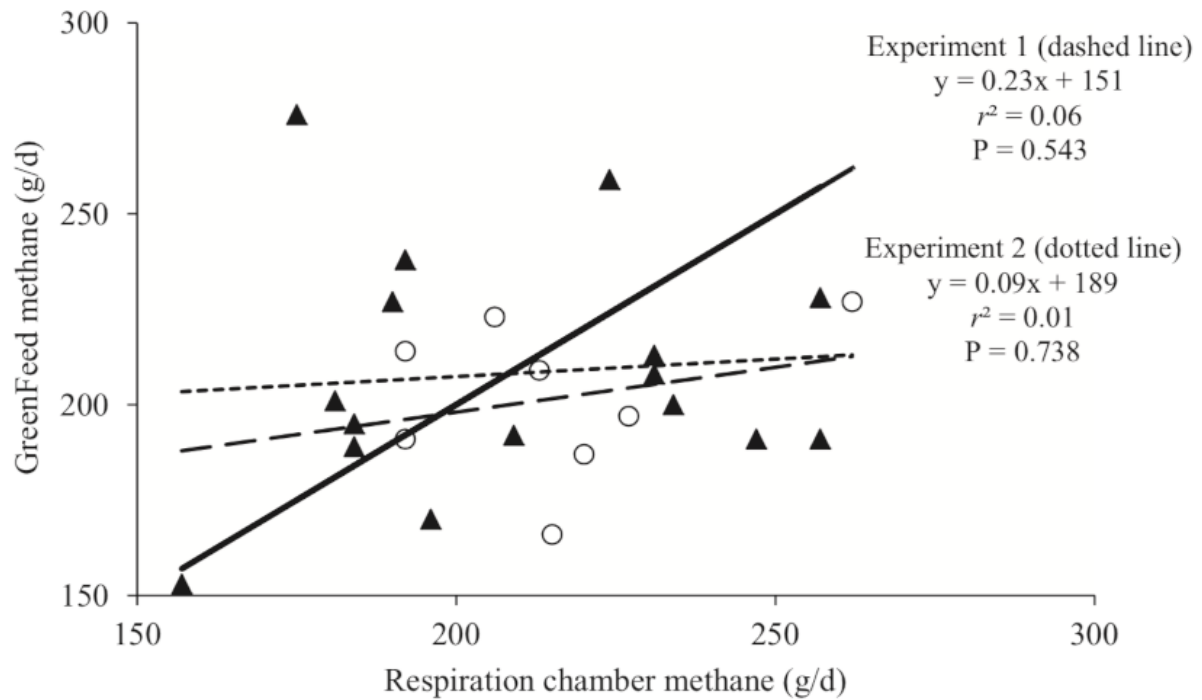
In experiment 1 zijn vier Holstein melkvaarzen van 14 maanden met een startgewicht van 317 kg (afwijking ± 20 kg), eenmaal daags om 10:00 uur gevoerd met mais of kuilgras, aangevuld met of zonder een lijnzaadproduct (Lintec; 26% vet). Het was een 4x4 Latijns vierkant ontwerp met elk een periode van 33 dagen. Na een standaard periode van 21 dagen werd de eerste aanpassing gedaan. Ze kregen nu toegang tot het GF-systeem, hier is vervolgens 7 dagen mee gemeten (dag 22-28). Hierna werden de dieren in het RC-systeem gedaan, gedurende 4 dagen (dag 29-33). Er werd genoeg voer aangeboden om de dagelijkse streefwaarde van groei van het lichaamsgewicht met 0,75 kg te bereiken. De voeropname werd dagelijks gemeten met een individueel voersysteem. De dieren waren los gehuisvest op rubbermatten met houtkrullen, en hadden onbeperkt toegang tot drinkwater (K.J. Hammond, 2015).

In experiment 2 zijn vier Holstein melkvaarzen van 14 maanden oud, met een startgewicht van 339 kg (afwijking ± 16 kg), twee keer per dag gevoerd (10:00 en 16:00 uur) in gelijke hoeveelheden. Ze zijn gevoerd met een van de vier voedergewassen, hooi, hooi met raaigras, hooi met klaver of hooi met klaver en bloemen. Net als experiment 1 was experiment 2 een 4x4 Latijns vierkant ontwerp met elk een periode van 33 dagen. Ook zijn de dieren op dezelfde manier gevoerd en gehuisvest als in experiment 1 (K.J. Hammond, 2015).

In experiment 3 zijn twaalf Holstein melkvaarzen van 8 maanden oud, met een startgewicht van 230 kg (afwijking ± 6 kg), geweid in percelen met raaigras, klaver en bloemen. Ditzelfde gewas is gebruikt in experiment 2. Voor experiment 2 is hooi gemaakt van de verschillende percelen. De vaarzen roteerden over de stroken, gedurende 26 dagen per reeks bloemen, klaver en vervolgens raaigras. Elke periode van 26 dagen begon met 14 dagen gewinning waar GF-systeem was toegestaan. Vervolgens zijn er twee meetperiodes van 4 dagen geweest waar gelijktijdig GF- en SF6 gegevens zijn gemeten, dagen 15-19 en dagen 22-26). De drogestof opname is geschat met behulp van stijgende plaatmeter (Farmworks Precision Farming Systems, Feilding, Nieuw-Zeeland), door voor en na de beweidsperiode van elke dag 20 metingen te doen. De geschatte drogestof opname werd gekalibreerd door elke twee dagen 5x 0,5 m² gras te drogen in de oven, om op deze manier de drogestof opbrengst per m² te bepalen (K.J. Hammond, 2015).

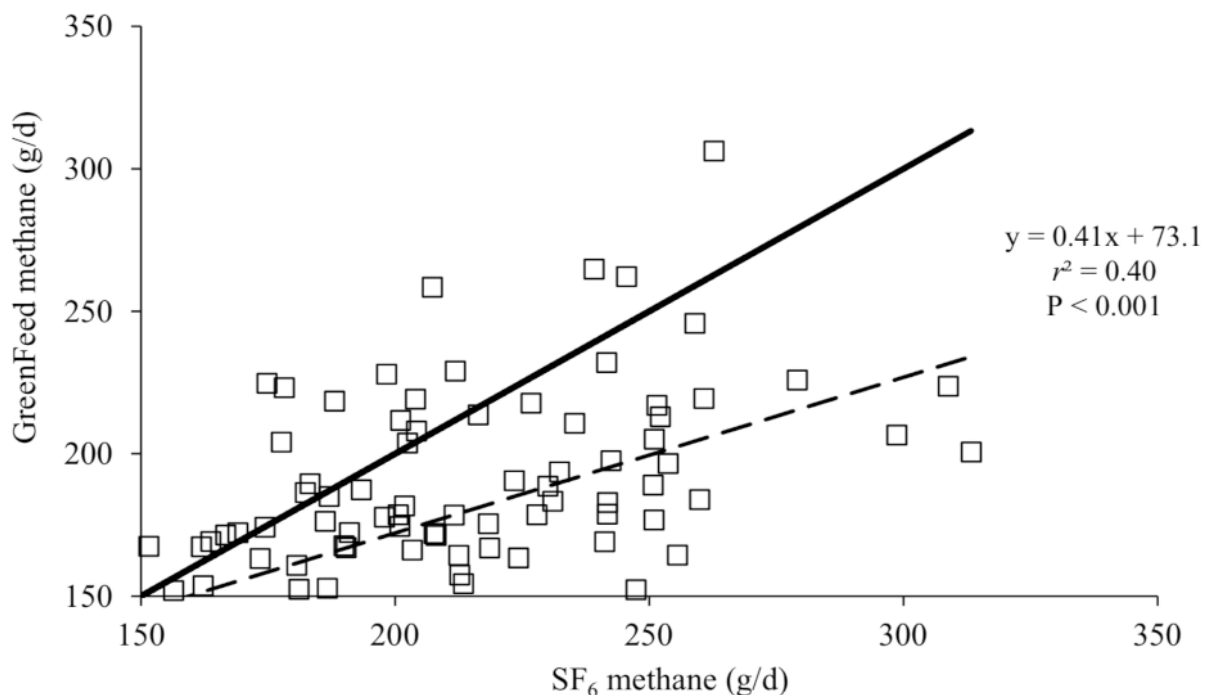
De resultaten van experiment 1 laten zien dat de drogestof opname en de methaanproductie (g. per dag en g. per kg drogestof) bepaald met behulp van GF- of RC-systeem vergelijkbaar was voor individuele dieren. (198 versus 215 g. per dag en 26,6 versus 28,3 g. per kg drogestof. De individuele dieren hadden een vergelijkbare methaanemissie, ongeacht de gebruikte meettechniek. Echter was de rangvolgorde tussen de vaarzen op basis van g. per dag en g. per kg drogestof opname anders tussen de twee systemen (K.J. Hammond, 2015).

De resultaten van experiment 2 laten zien dat de vaarzen in deze proef een vergelijkbare drogestof opname hebben. De gemiddelde dagelijkse methaanproductie (g. per dag) en (g. per kg drogestof opname) verschilden tussen de meettechnieken per individueel dier (208 versus 209 g. per dag, en 27,8 versus 27,7 g. per kg drogestof opname). Voor zowel het GF- als RC-systeem waren de dieren significant ($P=0,05$) verschillend van elkaar in de methaanproductie (g. per dag), maar niet in de methaanopbrengst (g. per drogestof opname). Zowel voor het GF- als RC-systeem rangschikten de dieren zich in numerieke volgorde, van laag naar hoog voor gram methaan per dag. Voor gram methaan per drogestof opbrengst was dit niet het geval (K.J. Hammond, 2015). In Afbeelding 16 is een grafiek weergegeven met de relaties tussen methaanproductie bepaald met GF- en RC-systeem.



Afbeelding 16 - Relaties tussen methaanproductie (g. per dag), bepaald met behulp van Greenfeed (GF) en ademhalingskamer (RC) systeem, van individuele vaarzen in experiment 1 (open cirkels; n=8) en experiment 2 (gesloten driehoeken; n=16) (K.J. Hammond, 2015).

De resultaten van experiment 3 laten zien dat de dagelijkse methaanproductie bepaald door het GF-systeem voor individuele vaarzen lager was ($P < 0.001$) dan SF6. 164 versus 186 gram per dag. Voor zowel het GF- als SF6-systeem waren vaarzen aanzienlijk ($P = 0,05$) verschillend van elkaar in hun methaanproductie (g. per dag). Ook de rangorde tussen de individuele dieren was verschillend bij beide systemen (K.J. Hammond, 2015). In Afbeelding 17 is een grafiek weergegeven met de relaties tussen methaanproductie bepaald met GF- en SF6-systeem.



Afbeelding 17 - Relatie tussen methaanproductie (g. per dag), bepaald met Greenfeed (GF) en zwavelhexafluoridetracer (SF6) systeem, van individuele vaarzen in experiment 3 (n=136) (K.J. Hammond, 2015).

Conclusie onderzoek: over het algemeen gaf het GF-systeem een goede schatting van de methaanemissie van melkvee, die vergelijkbaar was met RC-metingen, maar wel aanzienlijk lager was dan voor SF6 metingen. Zoals het GF-systeem in dit onderzoek is gebruikt, hebben de metingen een slechte overeenstemming met de ademhalingskamers. Er werd geconcludeerd dat het GF-systeem geen significante behandelingen en individuele dierverschillen in methaanemissies kon weergeven, ten opzichte van zowel het RC- en SF6-systeem. Het succesvolle gebruik van het GF-systeem is afhankelijk van het aantal en de timing van de metingen in relatie tot de dagelijkse patronen van methaanemissie. Rantsoen type, drogestof opname, toegankelijkheid van het GF-systeem ten opzichte van andere voeractiviteiten, evenals type, hoeveelheid en timing van voeren, hebben allemaal invloed op het gebruik van het GF-systeem. Voor toekomstige studies wordt aangeraden langer meetperioden en een groter aantal dieren te gebruiken.

1.8 Conclusie literatuurstudie

In deze paragraaf wordt er een tussen evaluatie/conclusie van de literatuurstudie beschreven. De dikgedrukt onderzoeksvragen worden alleen op basis van de literatuurstudie beantwoord. De overige onderzoeksvragen zullen hoofdzakelijk door het onderzoek worden beantwoord, maar wel met behulp van de literatuurstudie. De volgende onderzoeksvragen waren opgesteld:

- **Wanneer ontstaat methaanemissie?**
- Wat zijn de variaties in methaanemissie die waar te nemen zijn tussen individuele dieren?
- Wat is het verband tussen de methaanemissies en dier factoren zoals melkgift, voeropname (kg ds.), genetische aanleg en lactatiestadium?
- Hoe scoren de melkkoeien van Dairy Campus op het gebied van methaanemissies in vergelijking met referentiebedrijven?

Wanneer ontstaat methaanemissie?

Methaan ontstaat voor het grootste deel bij het fermentatieproces in de pens van de koe. De micro-organismen in de pens van de koe vormen methaan uit Waterstof (H_2) en Koolstofdioxide (CO_2). In de pens wordt Methaan gevormd door protozoën en methaan vormende bacteriën. Door de methaan vorming wordt waterstof afgevoerd, er is te weinig zuurstof in de pens aanwezig om waterstof als water te kunnen afvoeren. Te veel waterstof in de pens zal het fermentatieproces stil leggen. Naast de methaan vorming tijdens het fermentatieproces, ontstaat een deel van het methaan in de mestopslag. Methaan ontstaat door de afbraak van organische stof door micro-organismen. De hoeveelheid methaan die vrijkomt uit drijfmest is vooral afhankelijk van de manier van opslag en verwerking van de drijfmest. De anaerobe (zuurstofloze) afbraak van organische stof in de drijfmest leidt via drie stappen tot de vorming van methaan en koolstofdioxide.

2 Het onderzoek

In dit hoofdstuk wordt het onderzoek beschreven. Het hoofdstuk is verdeeld in verschillende paragrafen. In paragraaf 2.1 wordt de proefopzet en proefuitvoering beschreven. In paragraaf 2.2 wordt de dataverzameling beschreven. In paragraaf 2.3 is de dataverwerking beschreven en als laatste is in paragraaf 2.4 de data-analyse beschreven.

2.1 Proefopzet en proefuitvoering

Tijdens dit onderzoek is gekeken of er variaties in methaanemissies waar te nemen zijn tussen individuele dieren. Daarnaast is gekeken of er verbanden zijn te leggen tussen methaanemissies en dier factoren zoals melkgift, voeropname (kg ds.), genetische aanleg en lactatiestadium. Ook is nagegaan hoe de melkkoeien van Dairy Campus scoren op het gebied van methaanemissies in vergelijking met referentiebedrijven. Er is gebruik gemaakt van data die beschikbaar werd gesteld door Dairy Campus. Dairy Campus zet de Greenfeeds vooral in voor onderzoeksprojecten waarbij er effect wordt verwacht op emissie. Deze emissie uitstoot wordt gemeten met behulp van de zo genoemde “Greenfeeds”. Met deze Greenfeeds kan per individueel dier de emissie uitstoot gemeten worden. Het gaat hier dan om de broeikasgassen methaan (CH₄) en Koolstofdioxide (CO₂), ook wordt er waterstof (H₂) gemeten. Voor meer informatie over de Greenfeed, zie Bijlage 1. Naast de data uit de Greenfeeds is nog algemene data van de dieren gebruikt, zoals dier registratie, melkproductie gegevens, rantsoen gegevens en genetische gegevens.

De data die zijn gebruikt uit de Greenfeeds zijn de metingen van een groep van 64 melkkoeien die gedurende drie weken (21 dagen) gemeten zijn. Tijdens deze periode waren de dieren niet onderdeel van een ander experiment, om een reëel beeld te kunnen stellen van de werkelijke gemiddelde methaanemissie op het bedrijf Dairy Campus. Er is gewerkt met een ‘schone periode’. Een ‘schone periode’ is een periode waarbij van een groep koeien de methaanemissie gemeten is met behulp van de Greenfeeds, zonder dat er bepaalde proeven werden uitgevoerd. Deze periode van 21 dagen, is dus een periode met schone data. De periode waar mee gewerkt is, is van 4-11-2019 t/m 24-11-2019. In deze periode is met een groep van 64 melkkoeien gemeten. Deze groep melkkoeien varieert in leeftijd. De groep bestaat uit vaarzen, tweede, derde, vierde kalfs- en oudere koeien. Alle koeien hebben gedurende de proefperiode hetzelfde rantsoen gehad. In Bijlage 5 – Rantsoen gegevens is de samenstelling van dit rantsoen weergegeven. Ook is de voeropname per individueel dier bekend, voor zowel het ruwvoer als voor het krachtvoer dat in het gemengde rantsoen is opgenomen.

2.2 Dataverzameling

De data die gebruikt zijn voor het onderzoek waren al in het bezit van de Dairy Campus. Deze data waren afkomstig uit de drie Greenfeeds die in het bezit van de Dairy Campus zijn. Naast de data uit de Greenfeeds is gebruik gemaakt van algemene data van de dieren. Deze data bestaan uit dier registratie, melkproductie gegevens, rantsoen gegevens en genetische gegevens. De algemene data van de dieren kwam uit dezelfde periode als de data uit de Greenfeeds.

2.2.1 Data Greenfeeds

De drie Greenfeeds doen elke seconde, 24 uur per dag een meting die wordt vastgelegd. Of er nu wel of geen koe in de Greenfeeds staan. Elke Greenfeed heeft dus dagelijks 86.400 metingen vastgelegd. Zodra er een koe in de Greenfeed stapt wordt die herkend en geregistreerd. Ook is de verblijftijd en de voeropname geregistreerd. Al deze gegevens worden door de leverancier (C-Lock) van de Greenfeeds gevalideerd. De gevalideerde gegevens worden vervolgens weer teruggekoppeld naar de eigenaar van de Greenfeeds, in dit geval Dairy Campus. De teruggekoppelde data zijn metingen per dier per dag. De metingen zijn weergegeven in gram methaanuitstoot per koe per dag. Wel zijn alle metingen terug te vinden in de database, ook met deze metingen kon gewerkt worden.

2.2.2 Dier registratie

Voor alle dieren die gebruikt zijn voor het onderzoek waren de volgende dier registratiegegevens nodig: Diernummer, naam, leeftijd/geboortedatum en werk- en levensnummer.

2.2.3 Melkproductie

Voor alle dieren die gebruikt zijn voor het onderzoek waren de volgende melkproductie gegevens nodig: lactatienummer, aantal dagen in lactatie, melkproductie, gehaltes (vet, eiwit en lactose), celgetal en ureum.

2.2.4 Rantsoen

Voor alle dieren die gebruikt zijn voor het onderzoek waren de volgende rantsoen gegevens nodig: rantsoen berekening, gevoerde producten, hoeveelheid gevoerde producten, kg krachtvoer, krachtvoersoort en kg drogestof opname per koe per dag. Het rantsoen is in Bijlage 5 – Rantsoen gegevens weergegeven. Naast het basISRantsoen konden alle dieren maximaal 2 kg krachtvoer per dag opnemen in de Greenfeed units. Deze 2 kg werd verdeeld over de dag en het aantal bezoeken. Er is voor de krachtvoergift dus geen onderscheid gemaakt tussen dieren op basis van lactatiedagen en/of melkproductie. Echter is de spreiding vrij groot omdat, het bezoek aan de Greenfeed units op vrijwillige basis is.

2.2.5 Genetisch

Voor alle dieren die gebruikt zijn voor het onderzoek waren de volgende genetische gegevens nodig: Afstamming (vaderlijn en moederlijn).

2.2.6 Data-referentiebedrijven

De data van de referentiebedrijven zijn afkomstig van de koeien en kansen bedrijven. Deze data zijn alleen gebruikt voor vergelijking. In het project koeien en kansen werken 16 bedrijven, proefbedrijf De Marke en Wageningen University & Research mee. De 16 bedrijven zijn verdeeld over Nederland en werken op verschillende grondsoorten, zoals klei, zand, veen en löss. Het doel van het project koeien en kansen is om met deze 16 bedrijven de verwachte milieuwetgeving te implementeren (Koeien en Kansen, 2019).

2.3 Dataverwerking

De data die is aangeleverd zijn verwerkt in Microsoft Excel. De aangeleverde data zijn eerst verwerkt tot bruikbare bestanden. Om de verschillende onderzoeksvragen te kunnen beantwoorden zijn er meerder bestanden gemaakt. Met behulp van de bestanden zijn er tabellen en grafieken gemaakt die vervolgens gebruikt zijn voor de data-analyse.

Voor het maken van de bestanden is de ontvangen data eerst gecontroleerd. Er is gekeken naar eventuele missende, onlogische of foute metingen door bijvoorbeeld een storing in het systeem. De data van gebruikte periode bestond uit 74 koeien, 10 koeien zijn uit dit bestand gehaald omdat, van deze koeien maar één dag gegevens vastgelegd was. Van de over gebleven 64 koeien is er gekeken naar tochtig of behandelde koeien. In totaal zijn er 8 koeien tochtig geweest, 7 koeien zijn bekapt en 2 koeien hebben mastitis gehad. Van deze koeien is de methaanemissie, voeropname en melkproductie op de bijbehorende dagen gecheckt. Als de gegevens erg afwijkend waren in vergelijking met de overige dagen, dan zijn dezen niet mee genomen in het gemiddelde. Toen de data eenmaal gecontroleerd was, zijn deze gebruikt voor het maken van de bruikbare bestanden.

Om de eventuele variaties in methaanemissies tussen individuele dieren waar te kunnen nemen, is een bestand gemaakt die de volgende onderdelen bevat, zie Tabel 3.

Tabel 3 - overzicht onderdelen bestand 1 variatie tussen individuele dieren

ONDERDEEL:	WAARDE:	MEETSCHAAL:
ALLE DIEREN	- Diernummer - Zendernummer	
METHAANEMISSION	- Gemiddeld per dag - Gemiddelde 21 dagen - Gram per kg meetmelk - Gram per kg drogestof opname	Scale Scale Scale Scale

Om de verbanden tussen methaanemissies en factoren zoals, melkgift, voeropname, genetische aanleg en lactatiestadium vast te stellen, zijn de volgende bestanden gemaakt zie Tabel 4, Tabel 5,

Tabel 6, Tabel 7.

Tabel 4 - overzicht onderdelen bestand 2 melkgift

ONDERDEEL:	WAARDE:	MEETSCHAAL:
ALLE DIEREN	- Diernummer - Zendernummer	
METHAANEMISSIE	- Gemiddeld per dag - Gemiddelde 21 dagen - Gram per kg meetmelk - Gram per kg drogestof opname	Scale Scale Scale Scale
LACTATIE GEGEVENS DIEREN	- Dagen in lactatie - Gemiddelde Melkproductie - Gehaltes (vet, eiwit, lactose) - Ureum	Ordinaal Scale Scale Scale

Tabel 5 - overzicht onderdelen bestand 3 voeropname

ONDERDEEL:	WAARDE:	MEETSCHAAL:
ALLE DIEREN	- Diernummer - Zendernummer	
METHAANEMISSIE	- Gemiddeld per dag - Gemiddelde 21 dagen - Gram per kg meetmelk - Gram per kg drogestof opname	Scale Scale Scale Scale
RANTSOEN GEGEVENS	- Opgenomen voer in kg ds.	Scale

Tabel 6 - overzicht onderdelen bestand 4 genetische gegevens

ONDERDEEL:	WAARDE:	MEETSCHAAL:
ALLE DIEREN	- Diernummer - Zendernummer	
METHAANEMISSION	- Gemiddeld per dag - Gemiddelde 21 dagen - Gram per kg meetmelk - Gram per kg drogestof opname	Scale Scale Scale Scale
GENETISCHE GEGEVENS	- Vader - Moedersvader	Nominaal Nominaal

Tabel 7 - overzicht onderdelen bestand 5 lactatiestadium

ONDERDEEL:	WAARDE:	MEETSCHAAL:
ALLE DIEREN	- Diernummer - Zendernummer	
METHAANEMISSION	- Gemiddeld per dag - Gemiddelde 21 dagen - Gram per kg meetmelk - Gram per kg drogestof opname	Scale Scale Scale Scale
LACTATIESTADIUM	- Aantal dagen in lactatie - Lactatienummer	Ordinaal Ordinaal

Na het maken van de databestanden zijn er tabellen en grafieken mee gemaakt.

2.4 Data-analyse

Om de data te kunnen analyseren is gebruik gemaakt van de eerder gemaakte databestanden. Er is gewerkt met de programma's Microsoft Excel en SPSS. Met deze programma's zijn tabellen en verschillende grafieken gemaakt. De resultaten zijn gebaseerd op 21-daagse gemiddelden.

Voor databestand 1 variatie tussen individuele dieren, zijn er eerst tabellen gemaakt. Van de tabellen zijn vervolgens histogrammen gemaakt om de variatie tussen de individuele dieren inzichtelijk te kunnen maken. Een histogram, ook wel normaalverdeling genoemd is een kansverdeling die aangeeft hoe data verdeeld zijn. De volgende histogrammen zijn gemaakt. Zie Tabel 8.

Tabel 8 - Histogrammen bestand 1 variatie tussen individuele dieren

X-as	Y-as
Frequentie aantal dieren	Methaanemissie gemiddelde per dag
Frequentie aantal dieren	Methaanemissie gemiddelde 21 dagen
Frequentie aantal dieren	Methaanemissie gram per kg meetmelk
Frequentie aantal dieren	Methaanemissie gram per kg ds. opname

Voor databestand 2 melkgift, is gewerkt met scatterplot grafieken. Een scatterplot wordt ook wel spreidingsdiagram genoemd. Met een spreidingsdiagram kan je de samenhang tussen twee variabelen toetsen. Het geeft een directe eerste indruk van de data. Na het maken van de spreidingsdiagrammen kan met behulp van een regressieanalyse gekeken worden naar hoe het verband er uit ziet. Het verband kan vervolgens getoetst worden met behulp van de R-squared. De R-squared geeft de sterkte van het verband weer, of terwijl het geeft aan voor hoeveel procent de ene variabele door de andere wordt verklaard. De volgende spreidingsdiagram grafieken zijn gemaakt. Zie **Fout! Verwijzingsbron niet gevonden.**

Tabel 9 - Spreidingsdiagram grafieken bestand 2 melkgift

<i>X-as</i>	<i>Y-as</i>
<i>Methaanemissie 21-daags gemiddelde</i>	<i>Dagen in lactatie</i> <i>Gemiddelde Melkproductie</i> <i>Gehaltes (vet, eiwit, lactose)</i> <i>Ureum</i>
<i>Methaanemissie gram per kg meetmelk</i>	<i>Dagen in lactatie</i> <i>Gemiddelde Melkproductie</i> <i>Gehaltes (vet, eiwit, lactose)</i> <i>Ureum</i>
<i>Methaanemissie gram per kg ds. opname</i>	<i>Dagen in lactatie</i> <i>Gemiddelde Melkproductie</i> <i>Gehaltes (vet, eiwit, lactose)</i> <i>Ureum</i>

Ook voor bestand 3 voeropname, is gewerkt met spreidingsdiagrammen en boxplot grafieken. De volgende spreidingsdiagram en boxplot grafieken zijn gemaakt. Zie Tabel 10.

Tabel 10 - Spreidingsdiagram grafieken bestand 3 voeropname

<i>X-as</i>	<i>Y-as</i>
<i>Methaanemissie 21-daags gemiddelde</i>	<i>Opgenomen in kg ds.</i> <i>Berekende voerefficiëntie</i>
<i>Methaanemissie gram per kg meetmelk</i>	<i>Opgenomen in kg ds.</i> <i>Berekende voerefficiëntie</i>
<i>Methaanemissie gram per kg ds. opname</i>	<i>Opgenomen in kg ds.</i> <i>Berekende voerefficiëntie</i>

Voor databestand 4 genetische gegevens, is gewerkt met boxplot grafieken. Met behulp van de boxplot 's konden de verschillende groepen met elkaar vergeleken worden. De volgende boxplot 's zijn gemaakt, Zie Tabel 11.

Tabel 11 - Staafdiagram grafieken bestand 4 genetische gegevens

<i>Y-as</i>	<i>X-as</i>
<i>Methaanemissie 21-daags gemiddelde</i>	<i>Vader</i> <i>Moedersvader</i>
<i>Methaanemissie gram per kg meetmelk</i>	<i>Vader</i> <i>Moedersvader</i>
<i>Methaanemissie gram per kg ds. opname</i>	<i>Vader</i> <i>Moedersvader</i>

Ook voor bestand 5 lactatiestadium, is gewerkt met errorbars. De volgende errorbars zijn gemaakt. Zie Tabel 12.

Tabel 12 - Staafdiagram grafieken bestand 5 lactatiestadium

Y-as	X-as
Methaanemissie 21-daags gemiddelde	Lactatienummer
Methaanemissie gram per kg meetmelk	Lactatienummer
Methaanemissie gram per kg ds. opname	Lactatienummer

Meervoudige regressieanalyse, om een voorspelling van de methaanemissie te kunnen maken is gebruik gemaakt van een meervoudige regressieanalyse. Voor deze meervoudige regressieanalyse zijn de volgende variabelen per koe gebruikt: Lactatiedagen, lactatienummer, kg meetmelk, vet %, eiwit %, lactose %, ureum gehalte, kg ds. opname, de gemiddelde methaanemissie, methaanemissie per kg meetmelk en de methaanemissie per kg ds. opname. Om een model te maken die de beste voorspelling van de methaanemissie kan maken is gebruik gemaakt van een Forwardmodel. Bij een forwardmodel wordt er specifiek gekeken naar de onafhankelijke variabelen. Het Forwardmodel voegt de variabelen toe met de grootse correlatie tot de afhankelijke variabele. De Forward analyse stopt als er geen variabelen meer zijn of als er geen variabelen meer zijn die een significante bijdrage kan leveren aan het model.

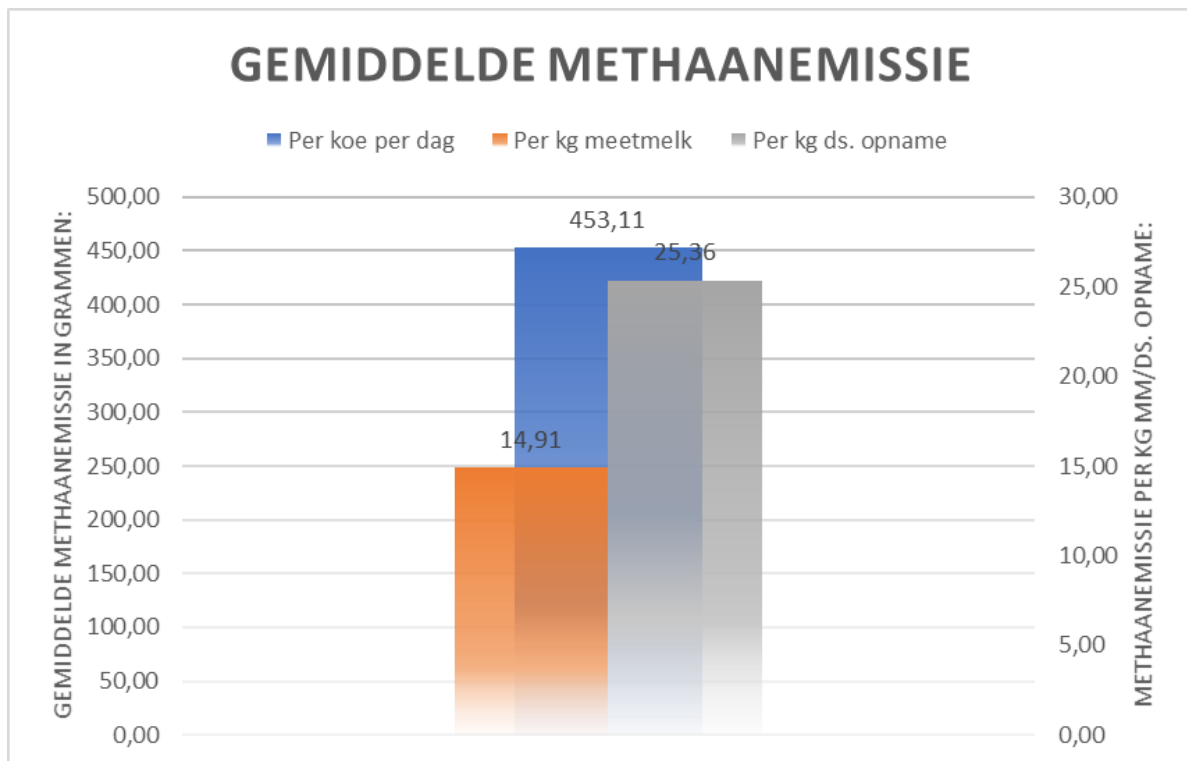
3 Resultaten onderzoek

In dit hoofdstuk worden de resultaten van dit onderzoek besproken. De resultaten zijn gebaseerd op basis van de data die gemeten zijn met de Greenfeed units op de Dairy Campus.

3.1 Algemeen

In deze paragraaf worden de algemene resultaten van de Dairy Campus besproken.

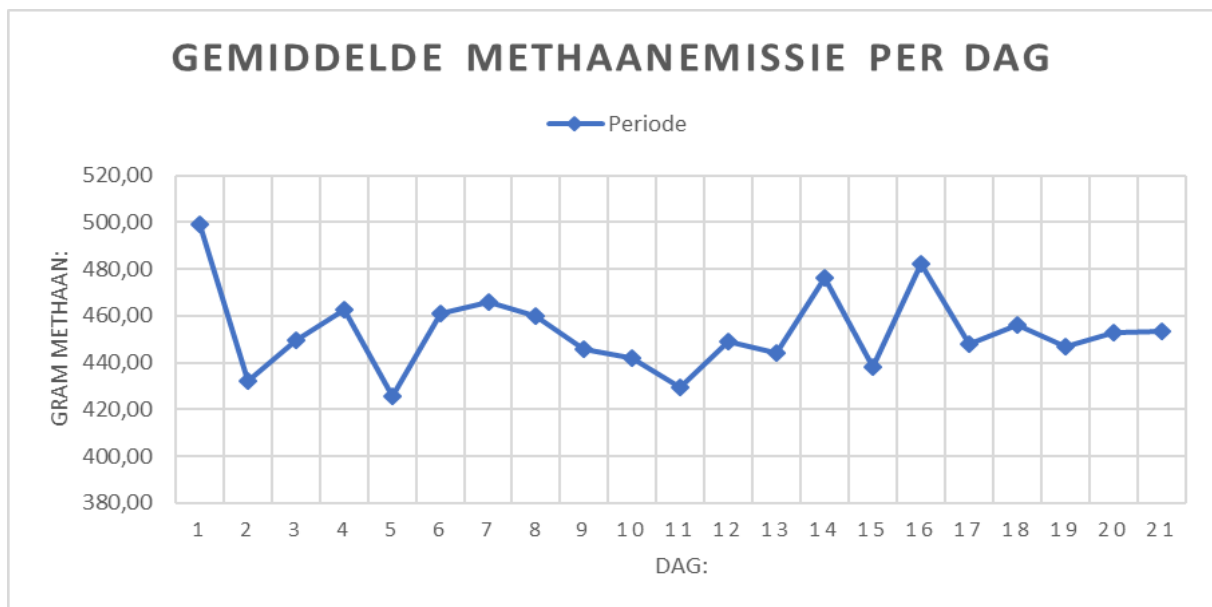
In Grafiek 1 is de gemiddelde methaanemissie per koe per dag, per kg meetmelk en per kg ds. opname van deze periode weergegeven.



Grafiek 1 - Gemiddelde methaanemissie periode

De gemiddelde methaanemissie van deze periode was 453,11 gram per koe per dag, 14,91 gram per kg meetmelk en 25,36 gram per kg ds. opname. In vergelijking met de berekende en de gemeten methaanemissie van de koeien en kansen bedrijven, is de gemiddelde methaanemissie van de Dairy Campus wat hoger. De berekende methaanemissie van de Koeien en Kansen bedrijven was in de periode 2006-2009 14,33 gram per kg meetmelk en in de periode 2010-2013 13,97 gram per kg meetmelk. De gemeten methaanemissie met behulp van de Greenfeed was voor de Koeien en Kansen bedrijven gemiddeld 415 gram methaan per koe per dag en 13,9 gram per kg meetmelk.

In Grafiek 2 is de gemiddelde methaanemissie per dag van de schone periode weergegeven. Deze grafiek geeft een beeld over het verloop van de gemiddelde methaanemissie gedurende de periode.



Grafiek 2 - Gemiddelde methaanemissie per dag van de gehele periode

Te zien is dat de gemiddelde methaanemissie per dag fluctueert. Het verschil tussen de hoogste en laagste meting is ongeveer 80 gram methaan.

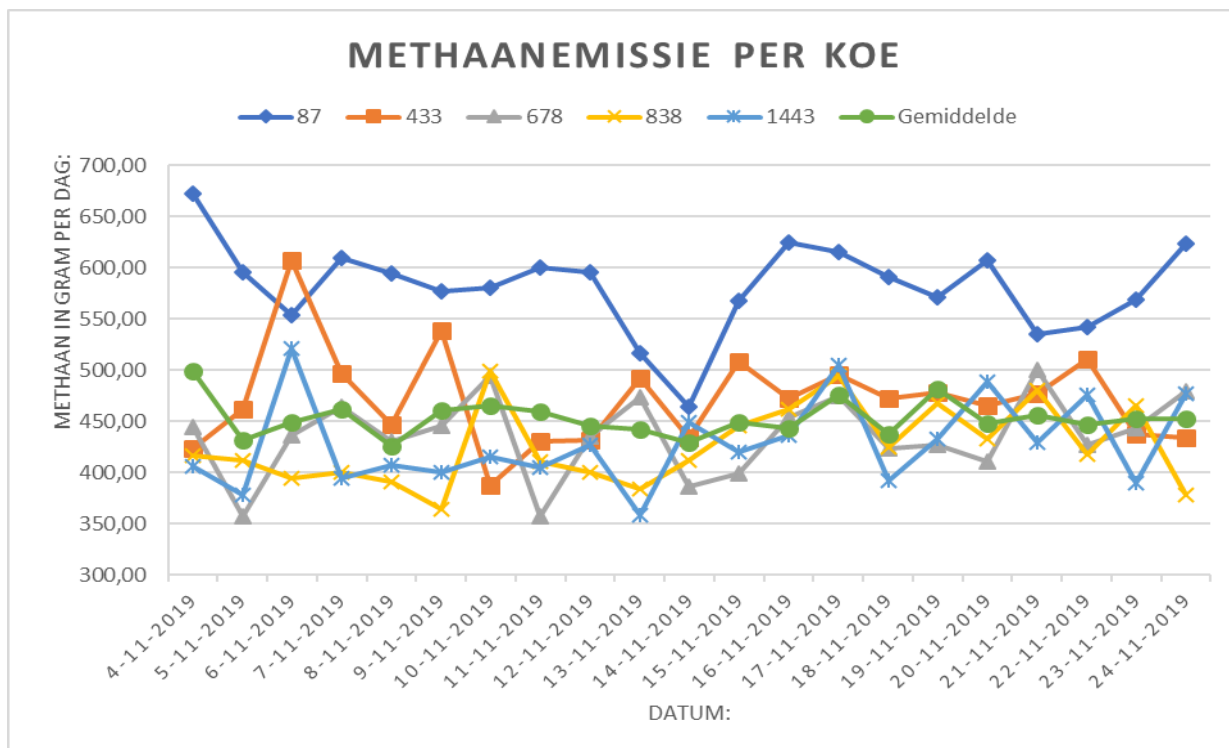
De gemiddelde methaanemissie per Greenfeed unit is in Tabel 13 weergegeven.

Tabel 13 - Gemiddelde methaanemissie per Greenfeed unit

GREENFEED UNIT:	GEMIDDELDE METHAANEMISSION:
119	423,90
136	471,62
137	466,35

Het verschil tussen het hoogste en laagste gemiddelde is 47,72 gram methaan.

Om een beeld te krijgen van het verloop van de methaanemissie per koe, is een lijngrafiek gemaakt van vijf willekeurig koeien uit deze periode. In Grafiek 3 is het verloop van de methaanemissie van vijf willekeurige koeien, per koe weergegeven. Ook is het gemiddelde van alle koeien toegevoegd.



Grafiek 3 - Gemiddelde methaanemissie per koe

Wat opvalt aan het verloop van de methaanemissie per koe, is dat er fluctuatie per koe per dag te zien is. De standaarddeviatie van alle 64 koeien = 48,47 gram methaan. De koe die opvalt in deze grafiek is koe 87. Te zien in Bijlage 3 – Koe-gegevens is dat deze koe in vergelijking met de andere koeien de hoogste ds. opname heeft. Deze koe zit in de 3^{de} lactatie en heeft 212 lactatiedagen. De andere koeien in de grafiek zitten ook in de 3^{de} lactatie of lager, de lactatiedagen van deze koeien zijn op één koe na lager dan koe 87. De kg ds. opname van de andere koeien is lager. De CH₄ per kg ds. opname van koe 87 is het hoogste. In Tabel 14 en Tabel 15 is een samenvatting van de koe- en MPR-gegevens weergegeven.

Tabel 14 – Koe gegevens uit Bijlage 3

Koenummer:	Geboortedatum:	Lactatienummer:	Lactatiedagen op: 13-11-2019	Kg meetmelk gemiddeld:	Ds. opname gemiddeld:	CH ₄ Gemiddeld:	CH ₄ per kg meetmelk:	CH ₄ per kg ds. opname:
87	16-12-2014	3	212	36,99	22,54	581,24	15,71	28,14
433	11-8-2015	3	165	29,99	20,04	471,76	15,73	25,65
678	5-1-2016	2	181	40,03	21,00	436,60	10,91	21,72
838	10-5-2016	2	215	30,20	19,76	426,50	14,12	22,37
1443	29-5-2017	1	118	24,51	16,76	429,21	17,51	27,23

Tabel 15 - MPR-gegevens uit Bijlage 4

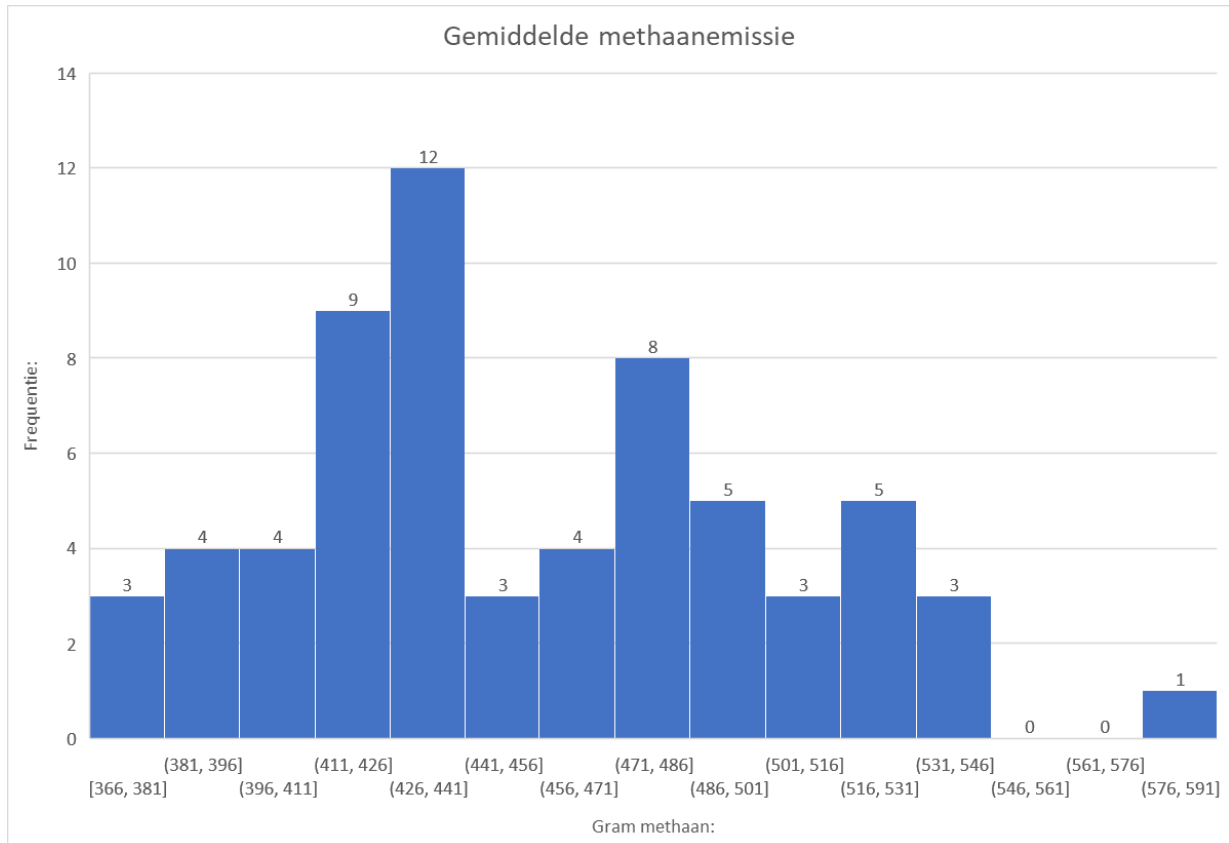
Koenummer:	Datum:	Kg melk:	Vet %:	Eiwit %:	Lactose %:	Ureum gehalte:
87	8-11-2019	30,5	5,48	3,87	4,55	23
87	13-11-2019	30,2	5,59	3,82	4,43	18
87	20-11-2019	30,7	5,54	3,82	4,63	13
433	8-11-2019	24,9	5,29	3,78	4,39	29
433	13-11-2019	25,3	5,10	3,83	4,14	20
433	20-11-2019	25,9	5,63	3,70	4,09	13
678	8-11-2019	28,7	4,90	3,55	4,50	20
678	13-11-2019	30,3	4,39	3,79	4,16	14
678	20-11-2019	28,5	5,20	3,82	4,27	9
838	8-11-2019	21,4	4,34	3,94	4,62	26
838	13-11-2019	22,8	6,09	4,30	4,20	19
838	20-11-2019	22,3	5,90	4,26	4,29	13
1443	8-11-2019	20,8	6,90	4,50	4,24	33
1443	13-11-2019	20,7	4,67	3,88	4,58	15
1443	20-11-2019	21,3	5,12	3,94	4,62	15

Wat opvalt aan de gegevens is dat alle 5 koeien de eerste MPR-uitslag een hoger ureum hebben vergeleken met de ander uitslagen. Een mogelijke verklaring hiervoor zou kunnen zijn dat, het rantsoen deels is aangepast aan het begin van de gemeten periode. De kg ds. snijmais zijn aangepast van ongeveer 4 kg ds. naar 6 kg ds. Daarnaast is de toegang tot de krachtvoerstations vanaf het begin van de gemeten periode geblokkeerd. Dit om de loop op de Greenfeed units te stimuleren.

3.2 Variatie tussen individuele dieren

In deze paragraaf wordt er met behulp van histogrammen gekeken naar de variatie in methaanemissie tussen individuele dieren. In Bijlage 3 – Koe-gegevens zijn de gegevens van de bijbehorende koeien weergegeven. Met deze gegevens kan uitgesloten worden welke koeien bijvoorbeeld hoog of laag in de methaanemissie zitten. De x-as van deze grafieken zijn verdeeld in klassen van grammen methaan.

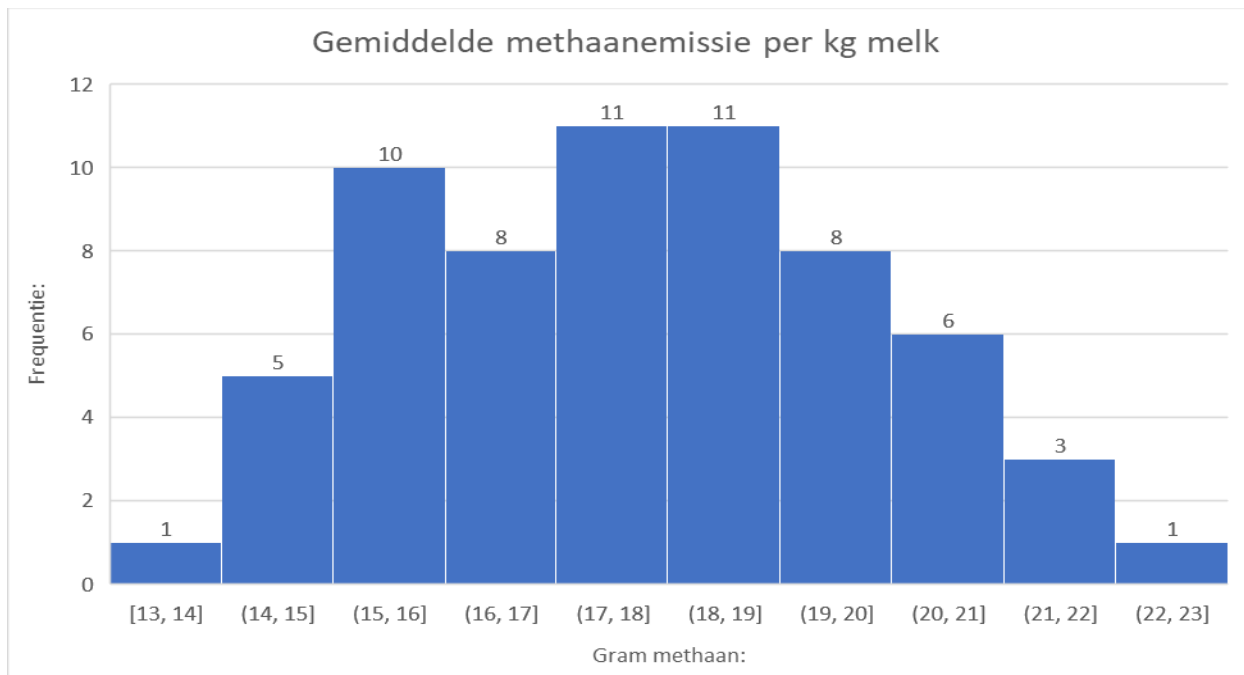
In Grafiek 4 is de variatie in gemiddelde methaanemissie van de periode weergegeven.



Grafiek 4 - Variatie in gemiddelde methaanemissie

Te zien is dat er in de grafiek meerdere pieken zijn. Dit geeft aan dat de gemiddelde methaanemissie tussen individuele dieren niet normaal verdeeld is. Wat opvalt is dat de koeien (koe nummer: 1469, 1563, 1568, 980, 1527, 1542 en 1558) die laag scoren in de methaanemissie (366 tot 396 gram), vooral vaarzen zijn die rond de 100 dagen in lactatie zijn. De koeien (koe nummer: 87, 89, 151, 353, 712, 826, 7085, 7830 en 9789) die hoog scoren in methaanemissie (516 tot 591 gram), vooral oudere koeien zijn die boven de 160 dagen in lactatie zitten.

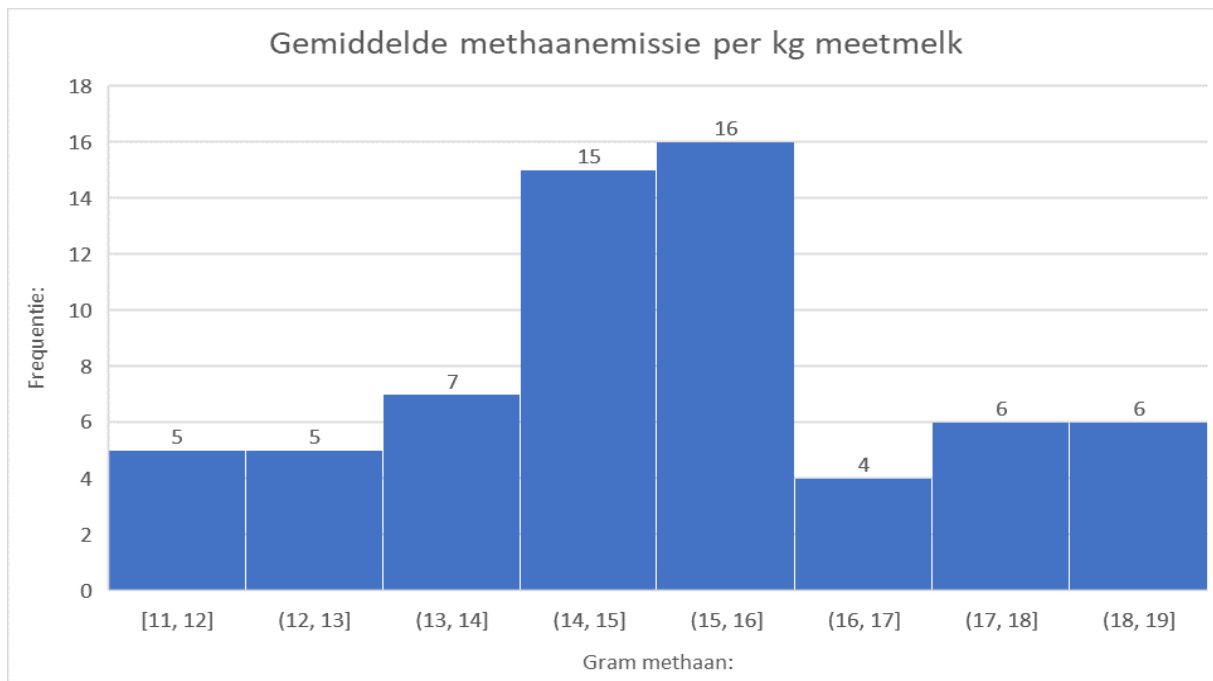
In Grafiek 5 is de variatie van de gemiddelde methaanemissie per kg melk weergegeven.



Grafiek 5 - Variatie gemiddelde methaanemissie per kg melk

Wat opvalt aan deze grafiek is dat de gemiddelde methaanemissie per kg melk normaal verdeeld is. De koeien die laag (13 tot 15 gram) zitten in methaanemissie per kg melk zijn (koe nummer: 678, 849, 7475, 7549, 7969 en 8121). Wat opvalt is dat er tussen deze koeien geen vaarzen zitten. Ze zitten allemaal in lactatie twee of hoger. Ook hebben alle koeien een melkgift van boven de 32 kg meetmelk. De koeien die hoog (21 tot 23 gram) zitten in methaanemissie per kg melk zijn (koe nummer: 395, 712, 1526 en 1571). In deze groep koeien zitten twee vaarzen en twee tweede kalfskoeien. De melkproductie van deze koeien liggen allemaal onder de 31 kg meetmelk.

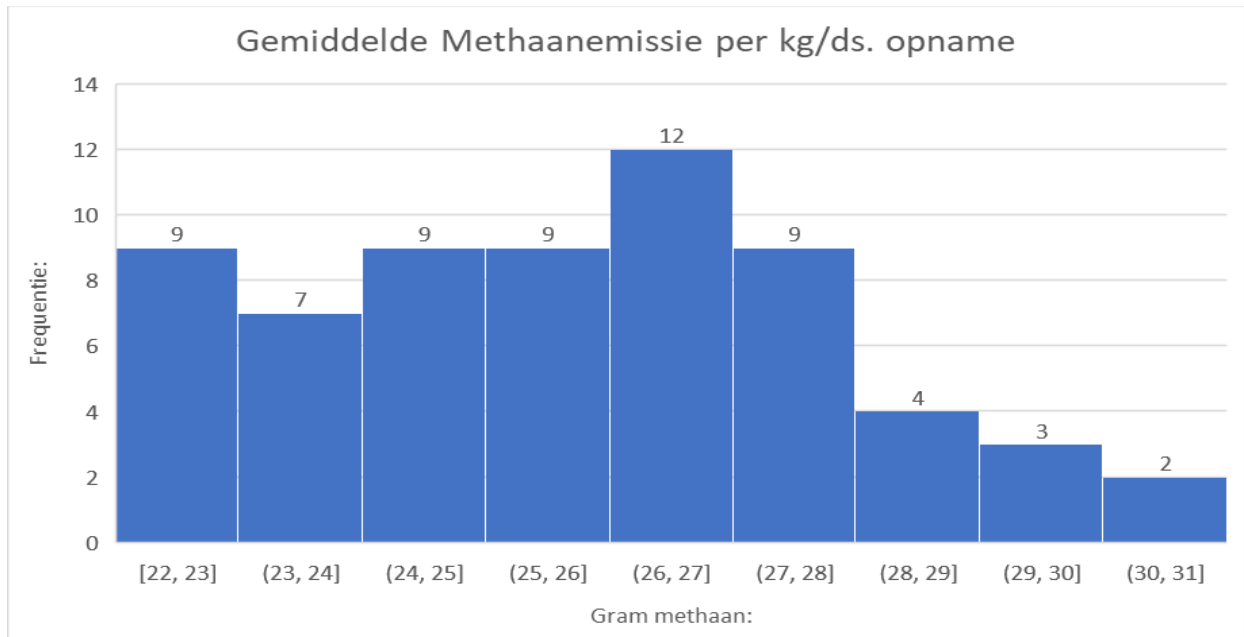
In Grafiek 6 is de variatie van de gemiddelde methaanemissie per kg meetmelk weergegeven. Voor het maken van deze grafiek zijn de kg melk per koe teruggerekend naar standaard melkgehalten (meetmelk 4% vet en 3,3% eiwit). Dit om de vergelijking tussen dieren eerlijker te kunnen maken. Het berekenen van de meetmelk is gedaan met de volgende formule: FPCM (vet en eiwit gecorrigeerde melk) = $(0,337 + 0,116 * \%F + 0,06 * \%P) * M$. Hierbij staat de F voor vet, de P voor eiwit en de M voor de werkelijke melkgift (CVB, 2010). De vet en eiwit percentages van de koeien zijn een gemiddelde, afkomstig van de drie MPR-uitslagen in deze periode. De datums van deze MPR-uitslagen zijn: 8-11-2019, 13-11-2019 en 20-11-2019. In Bijlage 2 – MPR-gegevens zijn de MPR-gegevens weergegeven.



Grafiek 6 - Variatie gemiddelde methaanemissie per kg meetmelk

Te zien in de grafiek is dat de variatie per kg meetmelk redelijk verdeeld is. Er kan hier nog gesproken worden van een normale verdeling. Wat opvalt is dat de koeien (427, 849, 1568, 7475 en 7969) die laag in de methaanemissie (11 tot 12 gram) zitten in verschillende lactatienummers zitten, maar allemaal een hoge meetmelkproductie hebben. Op de vaars (1568) na, zitten de koeien allemaal rond de 40kg meetmelk. De koeien die hoog in methaanemissie zitten zijn drie vaarsen (1525, 1527 en 1571) en drie oudere koeien (395, 426 en 9789). De drie vaarsen zitten rond de 100 lactatiedagen met allemaal een melkgift onder de 25 kg meetmelk. De drie oudere koeien zitten boven de 175 dagen in lactatie en hebben allemaal een melkgift van onder de 30kg meetmelk.

In Grafiek 7 is de gemiddelde methaanemissie per kg ds. opname weergegeven.



Grafiek 7 - Variatie gemiddelde methaanemissie per kg ds. opname

Wat opvalt aan de grafiek is dat er geen sprake is van een normale verdeling. Dit wil zeggen dat er veel variatie is tussen de gemiddelde methaanemissie per kg ds. opname per dier. De negen koeien (219, 395, 678, 838, 1469, 7475, 7549, 7963 en 8121) die een lage methaanemissie (21 tot 23 gram) hebben, komen uit verschillende lactatienummers. Ook de lactatiedagen zijn verspreid tussen de 108 en 218 dagen in lactatie. Op de vaars (1469) na zitten alle koeien in deze groep boven de 19,5 kg ds. opname. Van de vijf koeien (712, 1516, 1526, 1571 en 8137) die een hoge methaanemissie (29 tot 31 gram) hebben, zijn er drie vaarsen (1516, 1526 en 1571). Deze vaarsen hebben allemaal een drogestof opname onder de 17,4 kg ds. opname. De twee oudere koeien (712 en 8137) zitten beide boven de 200 lactatiedagen. De ds. opname van deze twee koeien zit onder de 19,4 kg ds. opname.

3.3 Verbanden tussen methaanemissie en dierfactoren

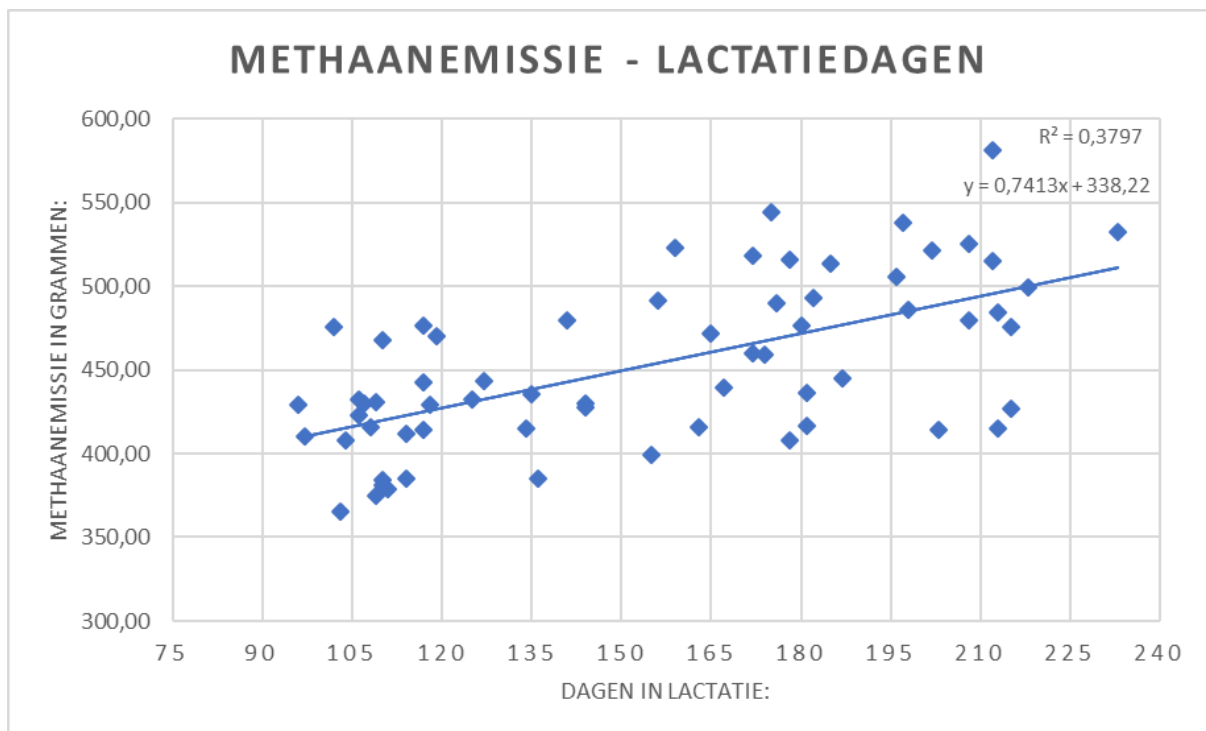
In deze paragraaf is met behulp van spreidingsdiagrammen gekeken naar de verbanden tussen methaanemissie en verschillende dierfactoren zoals: melkgift, voeropname, genetische aanleg en lactatiestadium. Een spreidingsdiagram is de aangewezen grafiek voor de grafische weergave van de samenhang tussen twee variabelen (Ben Baarda, 2020).

3.3.1 Melkgift

In deze sub-paragraaf is gekeken naar de dierfactoren gerelateerd aan melkgift met behulp van spreidingsdiagrammen.

3.3.1.1 Methaanemissie gemiddeld per dag

In Grafiek 8 is het verband tussen gemiddelde methaanemissie en het gemiddeld aantal lactatiedagen weergegeven.



Grafiek 8 - Gemiddelde methaanemissie - lactatiedagen

De methaanemissie wordt voor afgerond 38% verklaard door het aantal lactatiedagen van de koeien. Per lactatie dag extra komt er 0,74 gram methaan bij. Wat opvalt aan de grafiek is dat er in deze groep koeien geen nieuwmelkkoeien (< 60 dagen) hebben gelopen. Er is in deze groep koeien dus waarschijnlijk geen sprake geweest van eventuele invloed van de negatieve energiebalans. Wat hier nog meer opvalt is dat hoe hoger het aantal lactatiedagen van een koe, hoe hoger de methaanemissie is. Een mogelijke verklaring hiervoor is te zien in

Bijlage 2 – MPR-gegevens

Koenummer:	Datum:	Kg melk:	Vet %:	Eiwit %:	Lactose %:	Ureum gehalte:
87	08-nov-19	30,5	5,48	3,87	4,55	23
87	13-nov-19	30,2	5,59	3,82	4,43	18
87	20-nov-19	30,7	5,54	3,82	4,63	13
89	08-nov-19	29,1	5,40	4,10	4,43	24
89	13-nov-19	29,4	5,52	4,13	4,32	13

89	20-nov-19	28,4	5,68	4,17	4,28	9
151	08-nov-19	29,8	6,39	3,95	4,54	27
151	13-nov-19	30,7	5,23	3,78	4,33	12
151	20-nov-19	30,3	4,90	3,93	4,47	12
219	08-nov-19	27,1	6,59	3,87	4,42	22
219	13-nov-19	27,7	5,16	4,01	4,32	16
219	20-nov-19	27,5	5,21	3,97	4,38	10
292	08-nov-19	27,1	5,26	3,88	4,47	27
292	13-nov-19	28,6	5,87	3,73	4,26	14
292	20-nov-19	27,4	5,25	3,56	4,44	14
300	08-nov-19	22,3	4,55	3,61	4,37	22
300	13-nov-19	24,4	6,74	3,71	4,23	9
300	20-nov-19	23,7	5,23	3,77	4,23	6
353	08-nov-19	29,1	5,66	3,95	4,25	18
353	13-nov-19	28,4	5,70	3,98	4,34	16
353	20-nov-19	28,9	5,77	3,79	4,39	8
395	08-nov-19	19,8	5,20	3,83	4,45	26
395	13-nov-19	24,8	6,38	4,29	4,14	19
395	20-nov-19	23,4	6,54	4,32	4,29	14
426	08-nov-19	19,4	4,50	3,27	4,53	13
426	13-nov-19	21,2	5,78	4,26	4,42	18
426	20-nov-19	24,5	6,14	4,03	4,41	12
427	08-nov-19	20,9	5,52	4,28	4,34	20
427	13-nov-19	28,8	5,01	3,82	4,56	19
427	20-nov-19	27	5,20	3,71	4,63	11
433	08-nov-19	24,9	5,29	3,78	4,39	29
433	13-nov-19	25,3	5,10	3,83	4,14	20
433	20-nov-19	25,9	5,63	3,70	4,09	13
436	08-nov-19	23,2	5,30	4,24	4,54	24
436	13-nov-19	24,1	4,91	3,55	4,46	15
436	20-nov-19	29,3	5,50	3,94	4,47	15
601	08-nov-19	27,5	4,73	3,51	4,52	24
601	13-nov-19	27,1	5,64	3,88	4,43	12
601	20-nov-19	28,4	6,48	3,78	4,49	10
654	08-nov-19	26,2	5,50	3,63	4,52	25
654	13-nov-19	26,7	5,72	3,95	4,22	19
654	20-nov-19	25,6	5,86	3,92	4,31	14

656	08-nov-19	25,4	5,12	3,38	4,26	16
656	13-nov-19	25,5	6,08	4,19	4,38	17
656	20-nov-19	27,4	6,35	4,04	4,50	8
673	08-nov-19	27,2	5,47	3,60	4,44	18
673	13-nov-19	25,1	5,52	3,67	4,43	14
673	20-nov-19	29,6	5,18	3,73	4,47	11
678	08-nov-19	28,7	4,90	3,55	4,50	20
678	13-nov-19	30,3	4,39	3,79	4,16	14
678	20-nov-19	28,5	5,20	3,82	4,27	9
710	08-nov-19	24,9	5,97	4,18	4,28	26
710	13-nov-19	25,3	5,47	3,88	4,43	12
710	20-nov-19	24,9	4,69	3,80	4,55	5
712	08-nov-19	24,7	4,94	3,78	4,62	32
712	13-nov-19	25,2	6,26	4,19	4,27	14
712	20-nov-19	25,1	6,23	3,99	4,35	8
733	08-nov-19	24	4,29	3,63	4,48	22
733	13-nov-19	22,7	6,02	4,44	4,59	16
733	20-nov-19	22,9	6,34	4,44	4,68	7
743	08-nov-19	24,1	5,29	3,73	4,43	22
743	13-nov-19	23,6	5,94	3,83	4,38	14
743	20-nov-19	23	5,63	3,88	4,52	10
826	08-nov-19	25,5	4,97	3,68	4,36	20
826	13-nov-19	24,3	5,37	3,61	4,25	17
826	20-nov-19	26,2	5,21	3,68	4,19	9
838	08-nov-19	21,4	4,34	3,94	4,62	26
838	13-nov-19	22,8	6,09	4,30	4,20	19
838	20-nov-19	22,3	5,90	4,26	4,29	13
849	08-nov-19	28,7	4,77	3,77	4,55	22
849	13-nov-19	29,3	4,99	3,71	4,38	12
849	20-nov-19	31,3	4,42	3,43	4,24	9
858	08-nov-19	26,7	4,63	3,94	4,58	21
858	13-nov-19	25,2	4,33	3,69	4,43	15
858	20-nov-19	26	4,55	3,46	4,52	7
958	08-nov-19	24	5,26	4,03	4,45	24
958	13-nov-19	24,3	5,00	3,80	4,66	17
958	20-nov-19	24,4	4,74	3,68	4,74	11
960	08-nov-19	23,7	4,65	3,80	4,63	21

960	13-nov-19	24,9	5,64	3,58	4,70	12
960	20-nov-19	22,7	4,09	3,46	4,79	7
980	08-nov-19	24,7	6,02	3,84	4,33	19
980	13-nov-19	24,2	5,36	3,73	4,56	19
980	20-nov-19	21,4	5,96	3,79	4,58	12
1058	08-nov-19	26,2	5,32	3,86	4,28	20
1058	13-nov-19	26,8	5,49	3,87	4,53	15
1058	20-nov-19	26,4	5,47	3,93	4,60	13
1443	08-nov-19	20,8	6,90	4,50	4,24	33
1443	13-nov-19	20,7	4,67	3,88	4,58	15
1443	20-nov-19	21,3	5,12	3,94	4,62	15
1450	08-nov-19	20,7	5,19	3,71	4,45	28
1450	13-nov-19	20,2	5,21	3,86	4,64	9
1450	20-nov-19	21,9	6,33	3,71	4,68	8
1469	08-nov-19	24,5	5,38	3,30	4,11	19
1469	13-nov-19	21,5	5,23	3,40	4,71	16
1469	20-nov-19	22	5,00	3,30	4,63	12
1490	08-nov-19	21,4	5,95	4,01	4,52	25
1490	13-nov-19	21	4,31	3,25	4,52	16
1490	20-nov-19	23,5	4,59	3,38	4,34	13
1516	08-nov-19	22,6	5,89	3,82	4,50	20
1516	13-nov-19	20,2	5,89	3,91	4,64	20
1516	20-nov-19	21,6	5,27	3,77	4,73	15
1525	08-nov-19	19,1	4,50	3,54	4,54	24
1525	13-nov-19	19	5,55	3,92	4,44	16
1525	20-nov-19	20,1	5,27	3,92	4,47	13
1526	08-nov-19	22,1	5,11	3,58	4,54	26
1526	13-nov-19	22,1	5,85	3,71	4,48	17
1526	20-nov-19	21,8	5,51	3,60	4,52	13
1527	08-nov-19	18,7	5,45	3,62	4,60	19
1527	13-nov-19	19,3	5,55	3,81	4,57	13
1527	20-nov-19	18,6	5,91	3,81	4,63	10
1533	08-nov-19	22,1	5,27	3,70	4,48	20
1533	13-nov-19	22,1	5,31	3,79	4,64	16
1533	20-nov-19	23,1	5,51	3,52	4,67	12
1538	08-nov-19	20,8	5,13	3,97	4,41	28
1538	13-nov-19	20	5,71	3,77	4,49	18

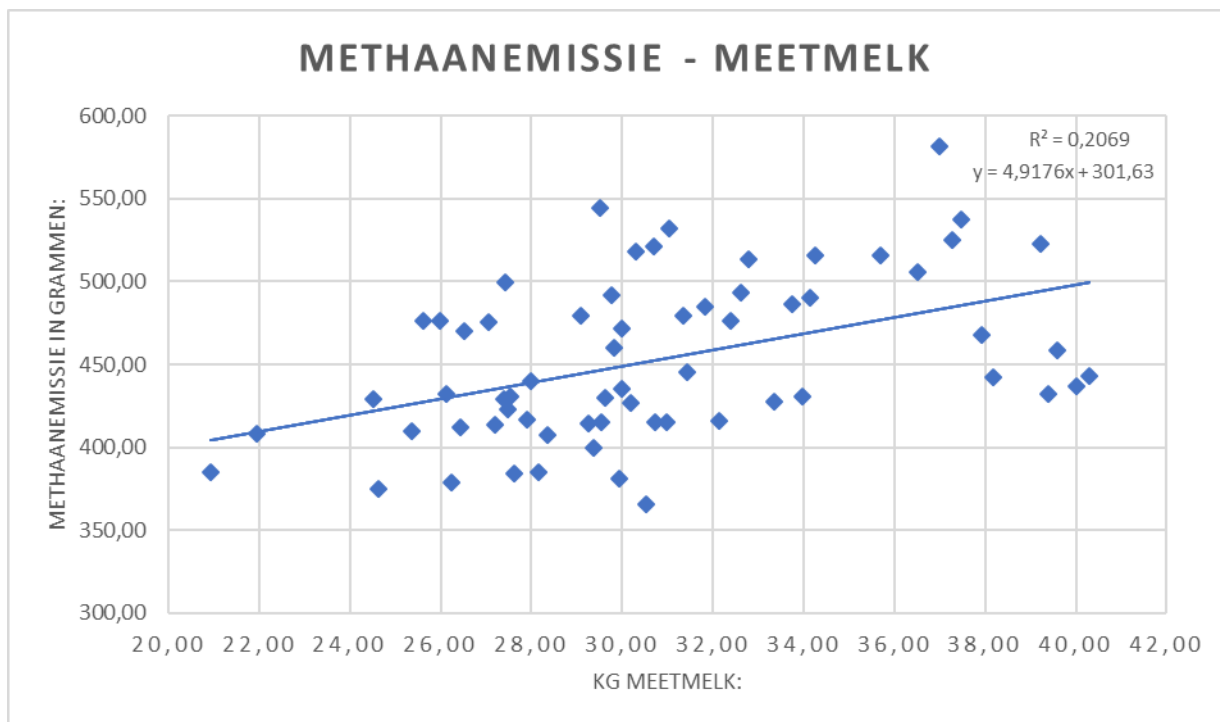
1538	20-nov-19	22,2	5,08	3,89	4,57	13
1542	08-nov-19	24	5,65	4,07	4,58	25
1542	13-nov-19	24	4,27	3,86	4,38	20
1542	20-nov-19	26,1	4,33	3,45	4,30	17
1548	08-nov-19	25,5	4,97	3,75	4,68	22
1548	13-nov-19	25,2	4,64	3,43	4,58	15
1548	20-nov-19	25,5	5,36	3,44	4,66	13
1558	08-nov-19	21,5	5,12	4,20	4,52	20
1558	13-nov-19	22,1	5,05	3,85	4,67	15
1558	20-nov-19	22	5,06	3,71	4,73	14
1563	08-nov-19	20,6	5,52	3,70	4,58	18
1563	13-nov-19	21	5,57	3,89	4,50	15
1563	20-nov-19	20,7	5,33	3,87	4,63	10
1565	08-nov-19	21,8	4,85	3,89	4,71	22
1565	13-nov-19	21,9	6,08	3,59	4,48	15
1565	20-nov-19	21,7	5,34	3,72	4,54	18
1568	08-nov-19	23,4	5,81	4,15	4,48	23
1568	13-nov-19	22,2	4,82	3,64	4,75	18
1568	20-nov-19	23,4	5,28	3,45	4,63	14
1570	08-nov-19	22,5	5,03	3,97	4,48	24
1570	13-nov-19	20,8	5,58	3,59	4,73	24
1570	20-nov-19	23,9	4,78	3,76	4,55	17
1571	08-nov-19	16,6	4,70	4,01	4,55	23
1571	13-nov-19	21,3	6,07	3,98	4,56	25
1571	20-nov-19	22	6,66	3,93	4,65	18
4191	08-nov-19	30	5,74	4,18	4,37	23
4191	13-nov-19	30,5	5,90	3,55	4,10	15
4191	20-nov-19	30,1	5,03	3,58	4,19	10
6582	08-nov-19	34,4	4,32	3,74	4,59	31
6582	13-nov-19	32,2	5,22	3,79	4,28	16
6582	20-nov-19	31,8	5,58	3,67	4,09	10
6769	08-nov-19	27,4	4,66	3,78	4,55	24
6769	13-nov-19	26,6	4,69	3,43	4,41	16
6769	20-nov-19	28,1	5,33	3,30	4,40	8
7085	08-nov-19	25,5	5,90	3,95	4,54	28
7085	13-nov-19	26,9	5,02	3,54	4,34	14
7085	20-nov-19	25,6	4,87	3,42	4,25	10

7475	08-nov-19	29,2	5,39	3,46	4,38	17
7475	13-nov-19	30,4	5,22	3,48	4,43	14
7475	20-nov-19	32,6	5,08	3,41	4,40	9
7495	08-nov-19	22,3	5,20	3,65	4,84	29
7495	13-nov-19	22,3	5,15	4,28	4,42	16
7495	20-nov-19	21,8	6,05	4,33	4,40	10
7549	08-nov-19	29,2	5,17	3,94	4,68	27
7549	13-nov-19	29,2	4,41	3,80	4,30	15
7549	20-nov-19	33,9	5,04	3,80	4,09	8
7615	08-nov-19	28,4	5,70	4,06	4,43	20
7615	13-nov-19	26,4	4,83	4,21	4,40	18
7615	20-nov-19	26,8	4,85	4,13	4,45	15
7830	08-nov-19	25,4	5,03	3,96	4,43	22
7830	13-nov-19	24,8	5,29	3,86	4,44	19
7830	20-nov-19	26,5	5,19	3,85	4,46	10
7863	08-nov-19	26,5	5,44	3,63	4,45	14
7863	13-nov-19	27,3	5,97	3,98	4,63	22
7863	20-nov-19	26,3	5,77	4,09	4,73	15
7952	08-nov-19	21,8	4,13	3,50	4,33	16
7952	13-nov-19	26,3	6,07	4,00	4,32	11
7952	20-nov-19	26,9	6,48	3,96	4,26	7
7963	08-nov-19	22,7	5,70	3,66	4,51	26
7963	13-nov-19	22,6	5,90	4,17	4,24	15
7963	20-nov-19	22	6,09	4,27	4,29	8
7969	08-nov-19	29,9	6,04	3,88	4,53	23
7969	13-nov-19	29,9	6,35	3,96	4,16	8
7969	20-nov-19	29,2	5,59	4,02	4,28	8
8121	08-nov-19	27,9	4,54	3,98	4,48	28
8121	13-nov-19	27	5,40	3,56	4,38	13
8121	20-nov-19	27,3	5,30	3,57	4,30	11
8127	08-nov-19	28,7	4,85	4,04	4,36	15
8127	13-nov-19	30,9	5,50	3,97	4,39	19
8127	20-nov-19	30,3	6,07	3,89	4,41	13
8137	08-nov-19	23,7	6,03	3,98	4,50	28
8137	13-nov-19	24,3	5,82	3,62	4,45	17
8137	20-nov-19	24,3	5,63	3,41	4,34	11
9789	08-nov-19	28,4	4,20	3,55	4,19	29

9789	13-nov-19	25,8	6,89	3,87	4,30	17
9789	20-nov-19	22	6,61	3,80	4,32	9

Bijlage 3 – Koe-gegevens, van alle koeien die tussen de 90 en 135 lactatiedagen zitten zijn 18 van de 25 koeien vaarzen. Vaarzen hebben over het algemeen een lagere methaanemissie.

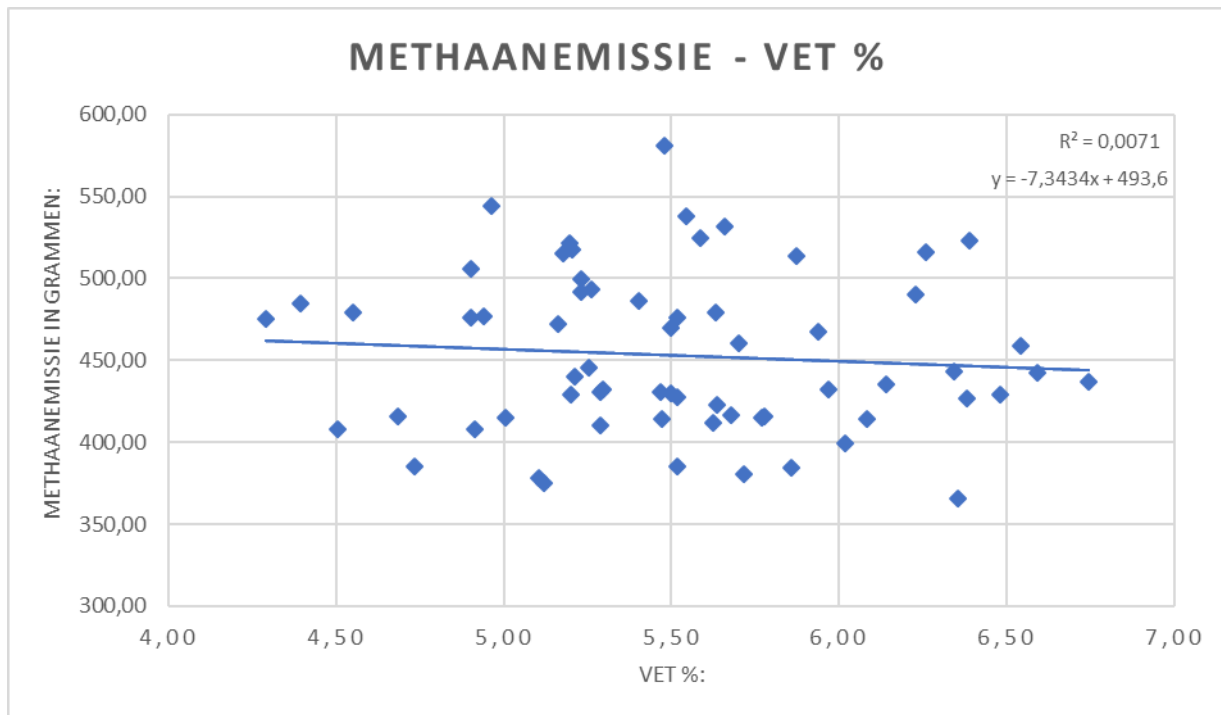
In Grafiek 9 is het verband tussen de gemiddelde methaanemissie en de gemiddelde kg meetmelk weergegeven.



Grafiek 9 - Gemiddelde methaanemissie - meetmelk

Te zien in de grafiek is dat naar mate de kg meetmelk oplopen de methaanemissie mee omhoog loopt. De methaanemissie wordt voor afgerond 21% verklaard wordt door de kg meetmelk. Per kg meetmelk extra komt er 4,91 gram methaan bij. Hoe meer kg meetmelk er geproduceerd worden hoe hoger de methaanemissie is. De reden hiervoor zou te maken kunnen hebben met hoe meer melk een koe produceert hoe meer voer de koe op moet nemen. Wat wel opvalt is, dat deze grafiek in tegenstrijd lijkt met Grafiek 8. Normaal gesproken geeft een koe aan het einde van de lactatie minder kilogrammen melk. Wel zijn aan het einde van de lactatie de gehalten hoger, dit levert weer meer meetmelk op.

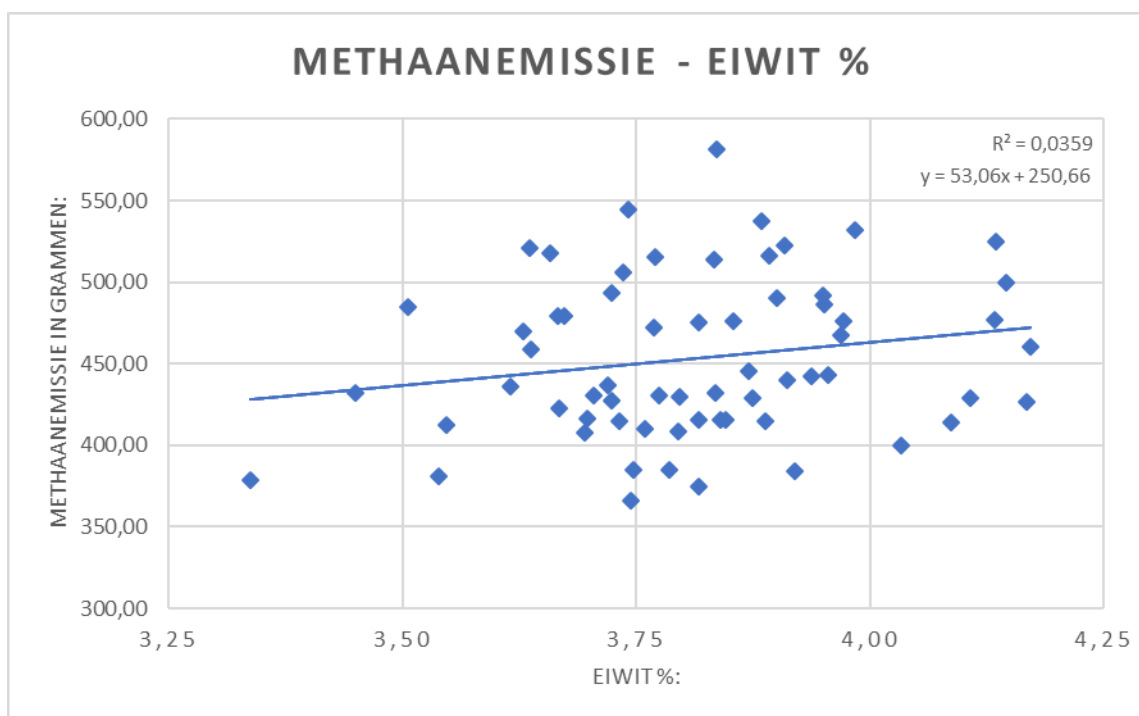
In Grafiek 10 is het verband tussen de gemiddelde methaanemissie en het gemiddelde vetpercentage weergegeven.



Grafiek 10 - Gemiddelde methaanemissie – vet %

In de grafiek is te zien dat naarmate het vet % oploopt er een lichte daling in de gemiddelde methaanemissie te zien is. Per procent vet extra gaat er 7,34 gram methaan af. De methaanemissie wordt voor minder dan 1% verklaard door het vetpercentage. Hier is dus geen sprake van een verband. Dit is een opvallende uitkomst, omdat er in Grafiek 8 duidelijk een positief verband te zien is met lactatiedagen en toch niet met het vetpercentage. Terwijl het vetpercentage toch altijd duidelijk hoger is aan het einde van de lactatie in vergelijking met het begin van de lactatie. Een verklaring hiervoor zou kunnen zijn dat dit onderzoek gebaseerd is op 64 dieren, wat een relatief beperkt onderzoek is.

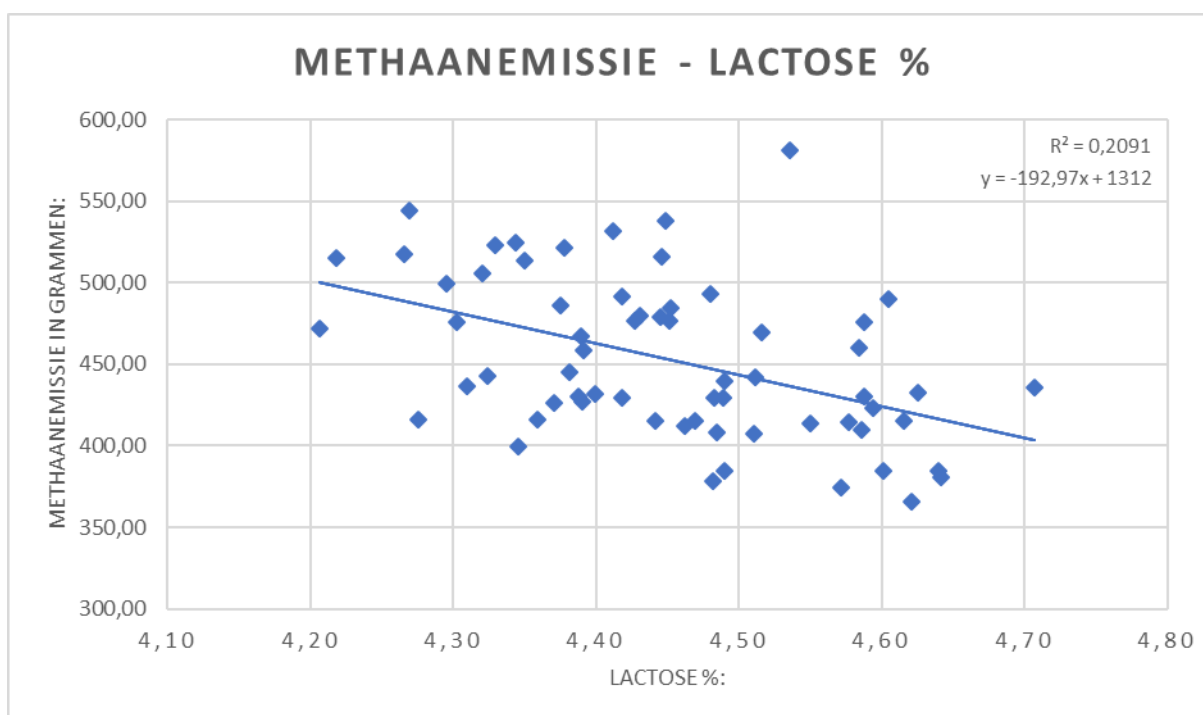
In Grafiek 11 is het verband tussen de gemiddelde methaanemissie en het gemiddelde eiwitpercentage weergegeven.



Grafiek 11 – Gemiddelde methaanemissie – eiwit %

In de grafiek is te zien dat naarmate het eiwitpercentage oploopt de gemiddelde methaanemissie ook iets oploopt. De gemiddelde methaanemissie wordt voor afgerond 3,6% door het eiwitpercentage verklaard. Er is hier geen sprake van een verband. Per procent eiwit extra komt er 53 gram methaan bij.

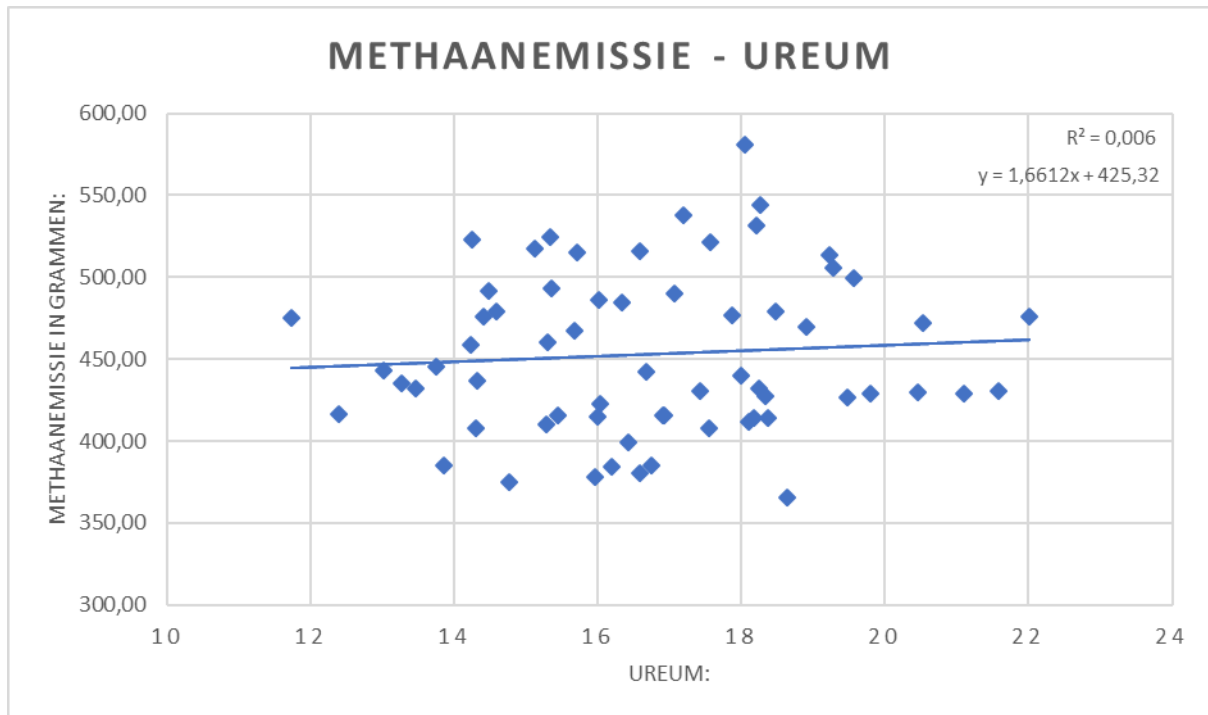
In Grafiek 12 is het verband tussen de gemiddelde methaanemissie en het gemiddelde lactosepercentage weergegeven.



Grafiek 12 – Gemiddelde methaanemissie - lactose %

Wat opvalt in deze grafiek is, dat naarmate het lactosegehalte oploopt de gemiddelde methaanemissie flink afneemt. De gemiddelde methaanemissie wordt voor afgerond 21% verklaard door het lactosegehalte. Er is hier dus sprake van een verband. Per procent lactose extra gaat er 192 gram methaan af. De verwachting is dat, hoe hoger het lactosegehalte is hoe hoger de methaanemissie is, omdat het lactosegehalte meebepalend is voor de melkproductie. Als het lactosegehalte te laag is blijft er melkproductie liggen (Guillaume Counotte (GD Deventer), 2006).

In Grafiek 13 is het verband tussen de gemiddelde methaanemissie en het ureum gehalte weergegeven.

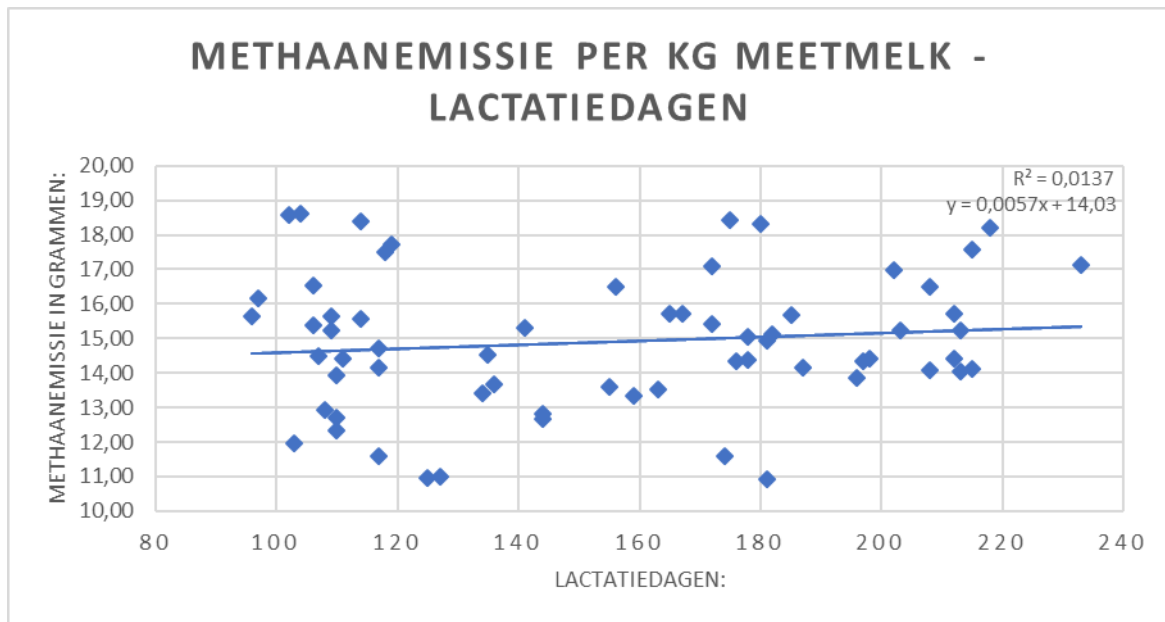


Grafiek 13 - Gemiddelde methaanemissie - ureum gehalte

Te zien in de grafiek is dat naarmate het ureumgehalte toeneemt de gemiddelde methaanemissie ook licht toeneemt. Er is hier geen sprake van een verband. Per punt ureum extra komt er 1,66 gram methaan bij.

3.3.1.2 Methaanemissie per kg meetmelk

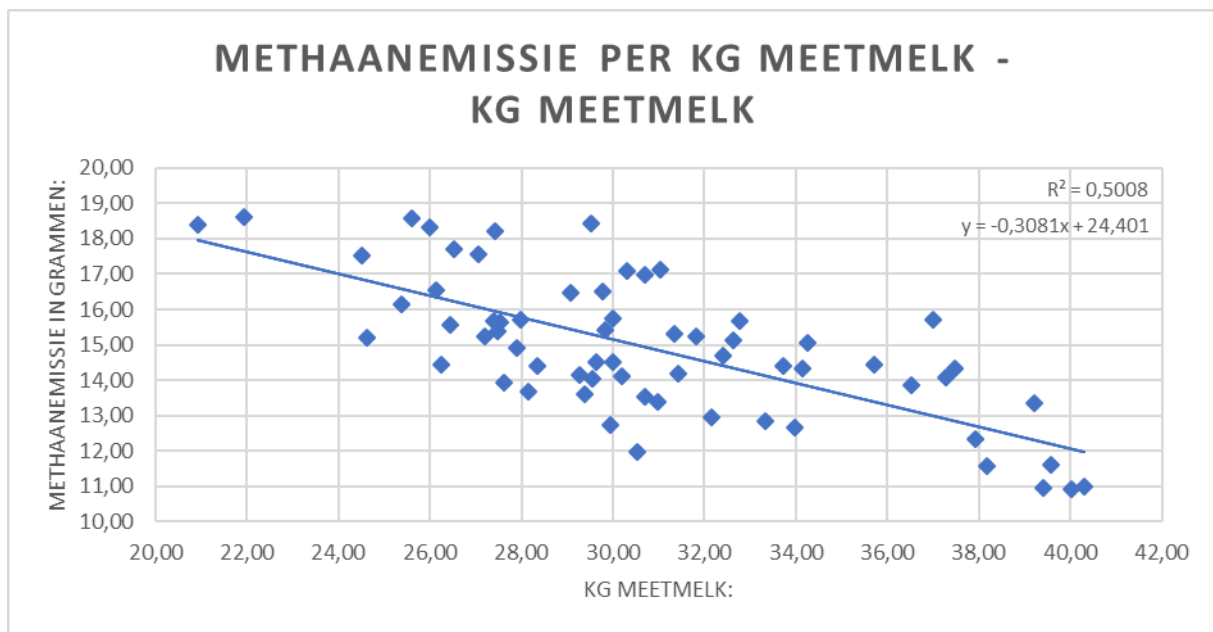
In Grafiek 14 is het verband tussen de gemiddelde methaanemissie per kg meetmelk en het aantal lactatiedagen weergegeven.



Grafiek 14 - Gemiddelde methaanemissie per kg meetmelk - lactatiedagen

Te zien in de grafiek is, dat naarmate de lactatiedagen toe nemen de methaanemissie per kg meetmelk ook licht toeneemt. De gemiddelde methaanemissie per kg meetmelk wordt voor afgerond 1% door de lactatiedagen verklaard. Er is hier dus geen sprake van een verband. Dit is opvallend omdat, normaalgesproken aan het einde van de lactatie er een lagere productie is en er relatief meer ruwvoer wordt opgenomen. Per lactatie dag extra komt er 0,0057 gram methaan bij.

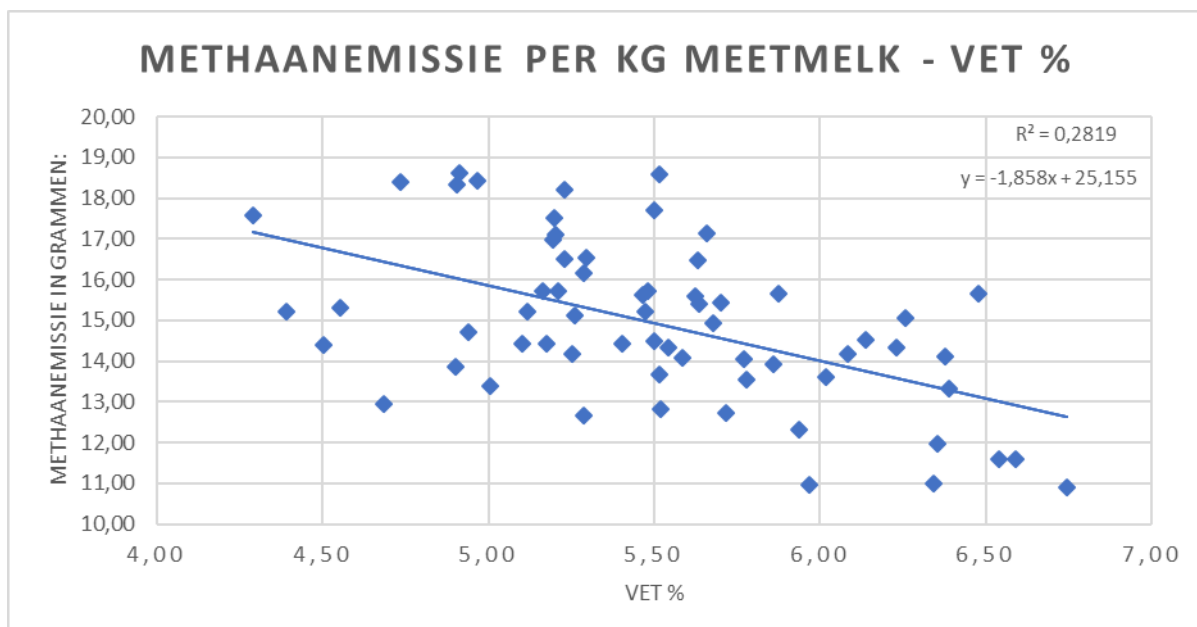
In Grafiek 15 is het verband tussen de gemiddelde methaanemissie per kg meetmelk en de kg meetmelk weergegeven.



Grafiek 15 - Gemiddelde methaanemissie per kg meetmelk - Kg meetmelk

Wat te zien is in de grafiek is, dat naarmate de kg meetmelk toenemen de methaanemissie per kg meetmelk afneemt. De gemiddelde methaanemissie per kg meetmelk wordt voor afgerond 50% verklaard door de kg meetmelk. Er is hier sprake van een sterk verband. Per kg meetmelk extra gaat er 0,31 gram methaan af.

In Grafiek 16 is het verband tussen de gemiddelde methaanemissie per kg meetmelk en het vetpercentage weergegeven.

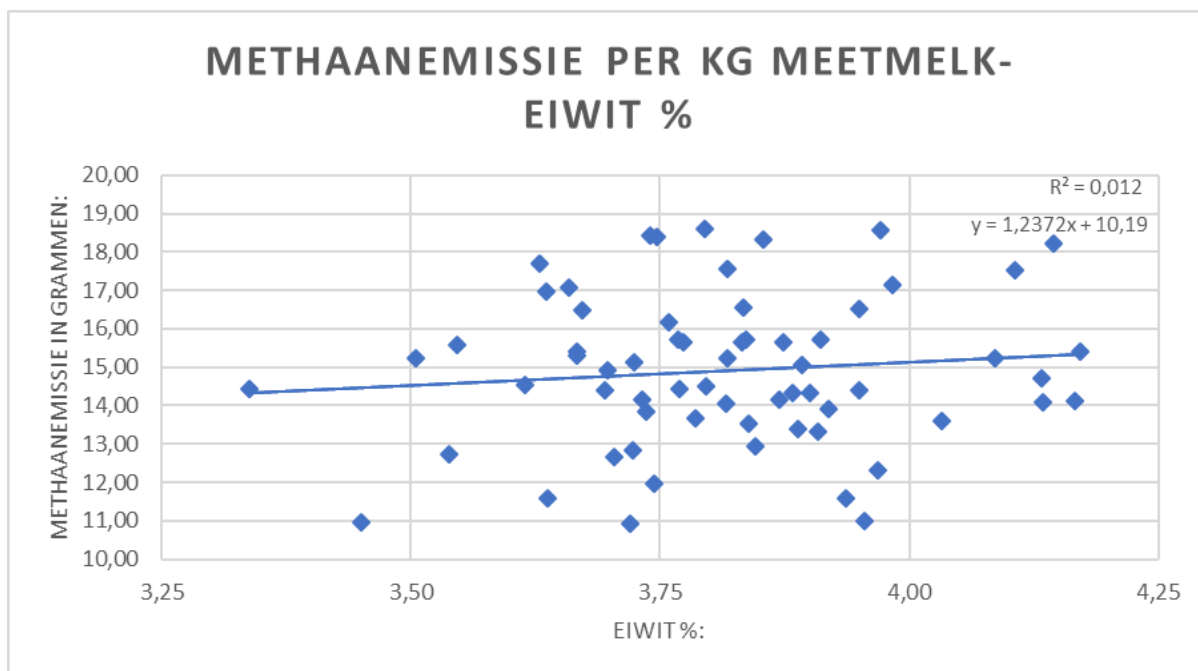


Grafiek 16 - Gemiddelde methaanemissie per kg meetmelk - Vet %

Te zien in de grafiek is, dat naarmate het vetpercentage toeneemt de methaanemissie per kg meetmelk afneemt. De gemiddelde methaanemissie per kg meetmelk wordt voor afgerond 28% verklaard door het vetpercentage. Er is hier dus sprake van een verband. Per procent vet extra gaat er 1,86 gram methaan af. Opvallend is dat de verwachting zou zijn dat de methaanemissie per kg

meetmelk zou toenemen. Naarmate het vetpercentage toeneemt nemen de kilogrammen melk vaak af. Hierdoor kan de methaanemissie door minder kg meetmelk gedeeld worden. Een verklaring hiervoor zou kunnen zijn dat, de kg meetmelk toenemen doordat het vetpercentage ook toeneemt. Het vetpercentage heeft invloed op de kg meetmelk.

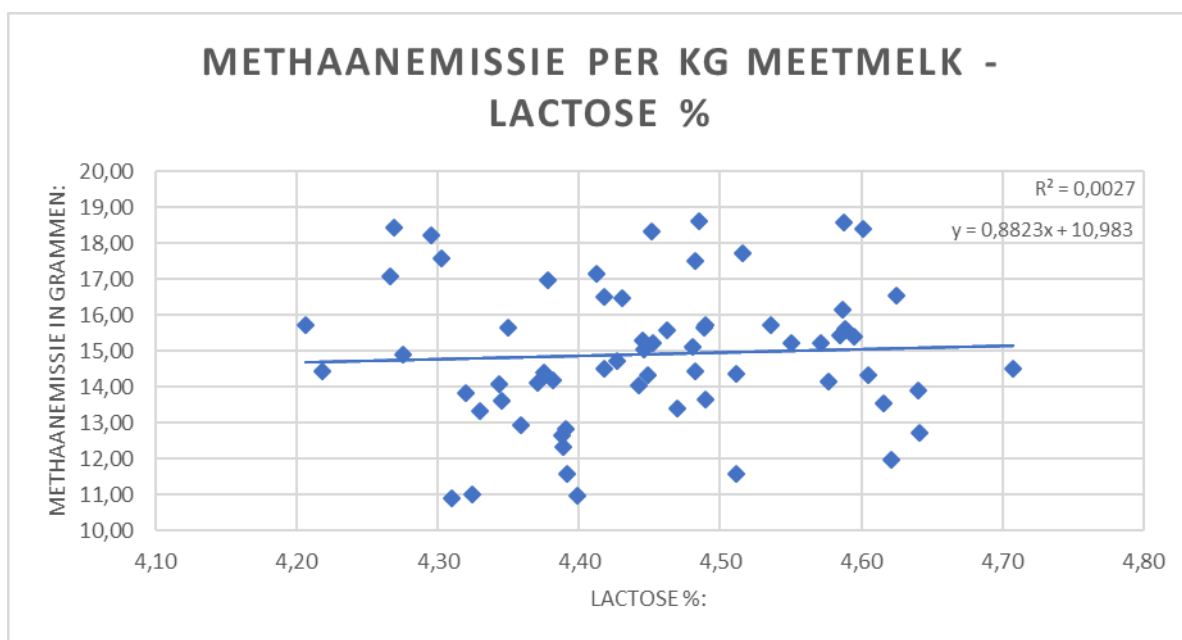
In Grafiek 17 is het verband tussen de gemiddelde methaanemissie per kg meetmelk en het eiwit percentage weergegeven.



Grafiek 17 - Gemiddelde methaanemissie per kg meetmelk - eiwit %

Wat te zien is in de grafiek is, dat er een lichte stijging is naarmate het vetpercentage oploopt. De gemiddelde methaanemissie per kg meetmelk wordt voor afgerond 1% verklaard door het eiwitpercentage. Er is hier geen sprake van een verband. Per procent eiwit extra komt er 1,24 gram methaan bij.

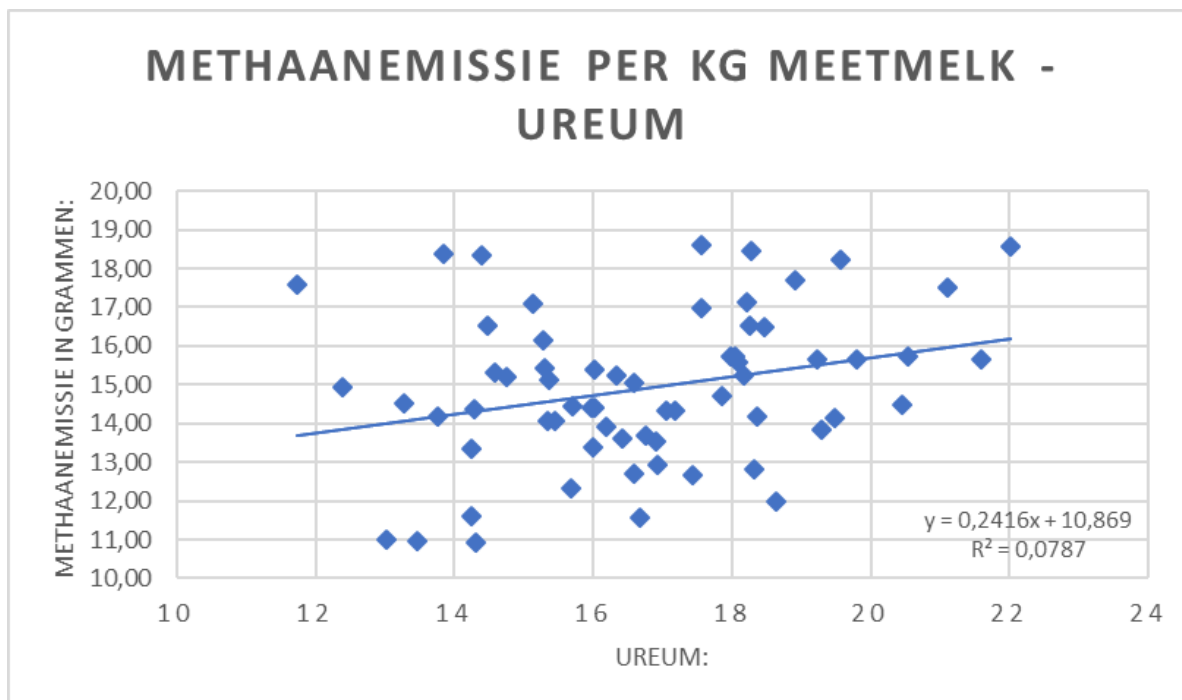
In Grafiek 18 is het verband tussen de gemiddelde methaanemissie per kg meetmelk en het lactosepercentage weergegeven.



Grafiek 18 - Gemiddelde methaanemissie per kg meetmelk - lactose %

Te zien in de grafiek is, dat naarmate het lactose percentage toeneemt er een hele lichte stijging in de methaanemissie per kg meetmelk te zien is. De gemiddelde methaanemissie per kg meetmelk wordt voor afgerond 0,3 % door het lactosepercentage verklaard. Er is hier dus geen sprake van een verband. Per procent lactose extra komt er 0,88 gram methaan bij.

In Grafiek 19 is het verband tussen methaanemissie per kg meetmelk en het ureumgehalte weergegeven.

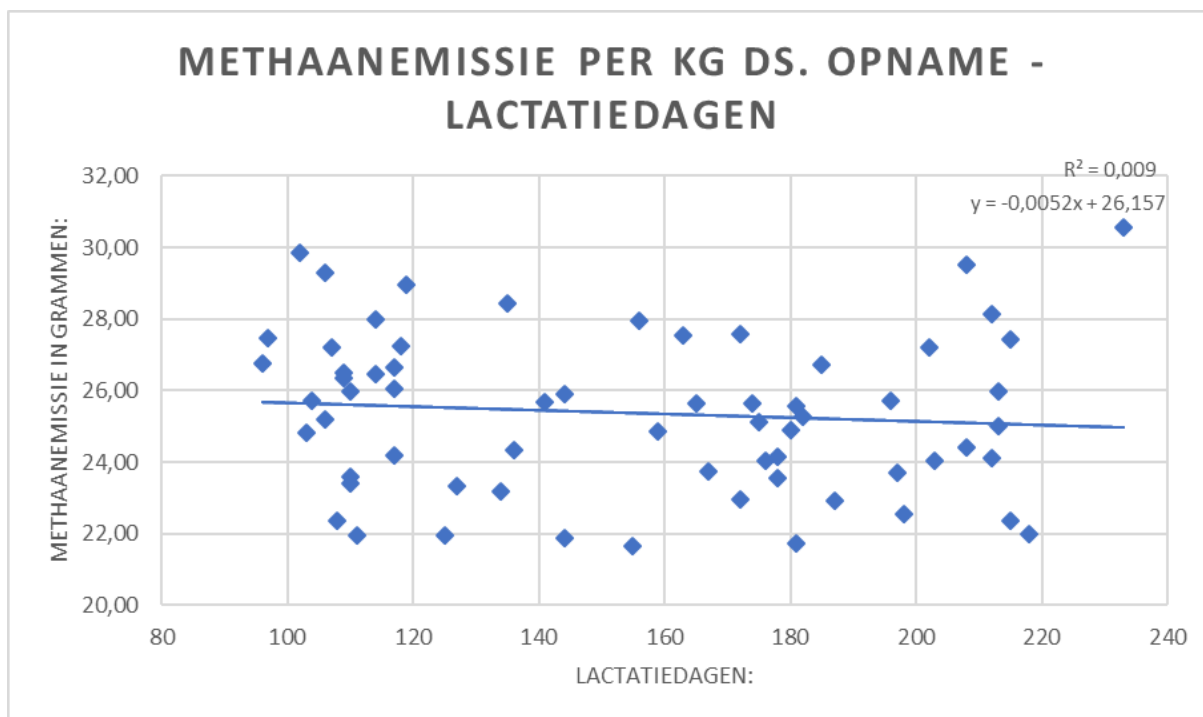


Grafiek 19 - Gemiddelde methaanemissie per kg meetmelk – Ureum

Te zien in de grafiek is, dat naarmate het ureumgehalte toeneemt er een stijging in de methaanemissie per kg meetmelk te zien is. De gemiddelde methaanemissie per kg meetmelk wordt voor afgerond 8 % door het ureumgehalte verklaard. Er is hier dus sprake van een klein verband. Per punt ureum extra komt er 0,24 gram methaan bij.

3.3.1.3 Methaanemissie per kg ds. opname

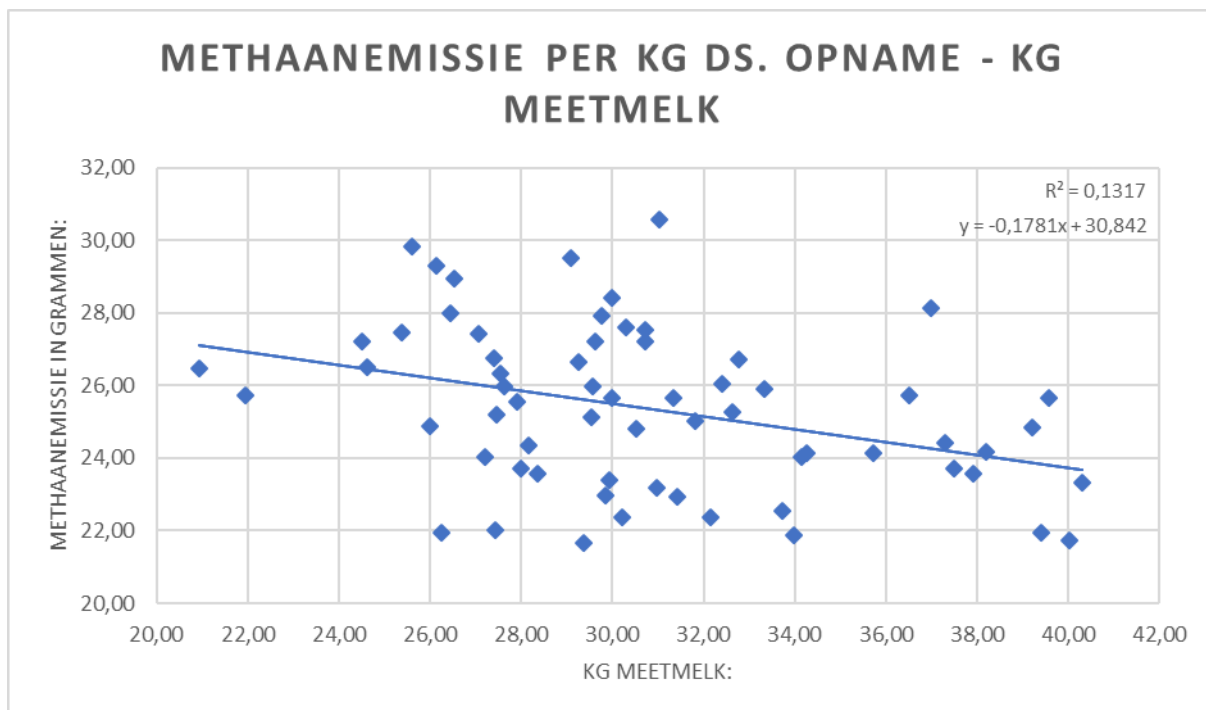
In Grafiek 20 is het verband tussen de gemiddelde methaanemissie per kg ds. opname en de lactatiedagen weergegeven.



Grafiek 20 - Gemiddelde methaanemissie per kg ds. opname – lactatiedagen

Te zien in de grafiek is, dat naarmate het aantal lactatiedagen oplopen, de gemiddelde methaanemissie per kg ds. opname licht afneemt. De gemiddelde methaanemissie per kg ds. opname wordt voor afgerond 1% door de lactatiedagen verklaard. Er is hier dus geen sprake van een verband. Per lactatie dag extra gaat er 0,005 gram methaan af.

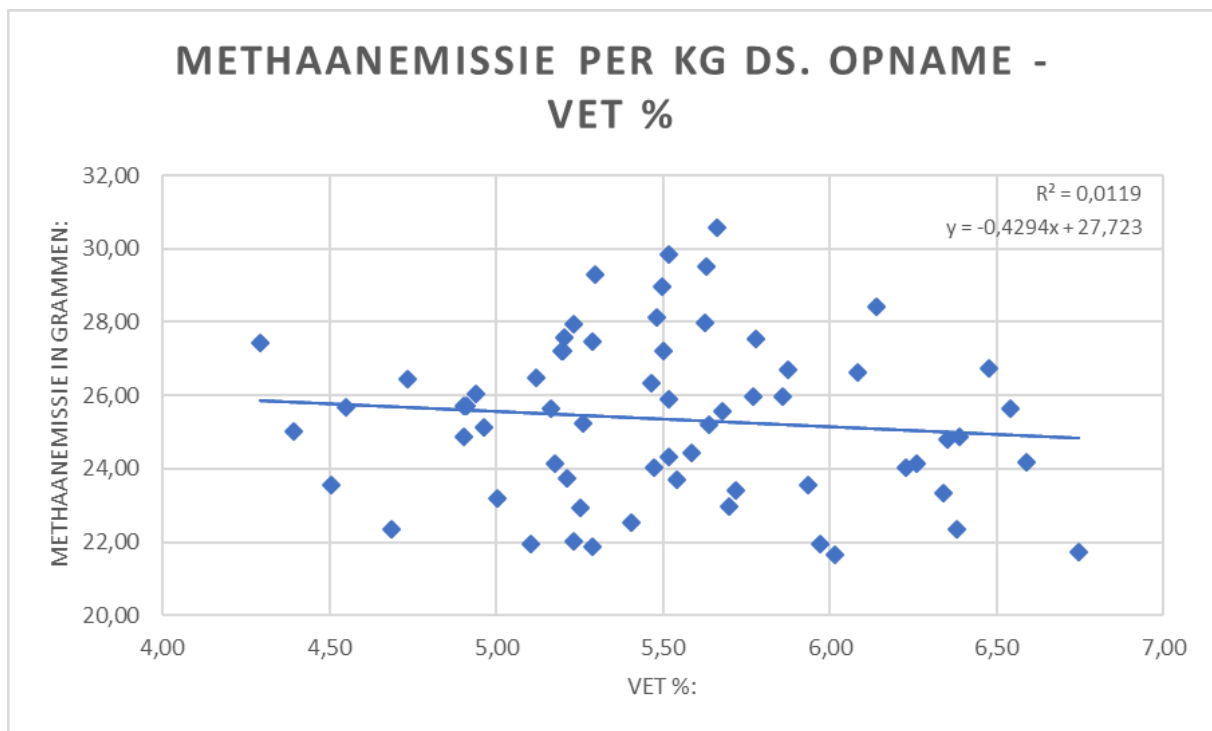
In Grafiek 21 is het verband tussen de gemiddelde methaanemissie per kg ds. opname en de kg meetmelk weergegeven.



Grafiek 21 - Gemiddelde methaanemissie per kg ds. opname - kg meetmelk

Wat opvalt in de grafiek is, dat naarmate de kg meetmelk toenemen, de methaanemissie per kg ds. opname afnemen. De gemiddelde methaanemissie per kg ds. opname wordt voor afgerond 13 % verklaard door de kg meetmelk. Er is hier dus sprake van een verband. Per kg meetmelk extra gaat er 0,18 gram methaan af.

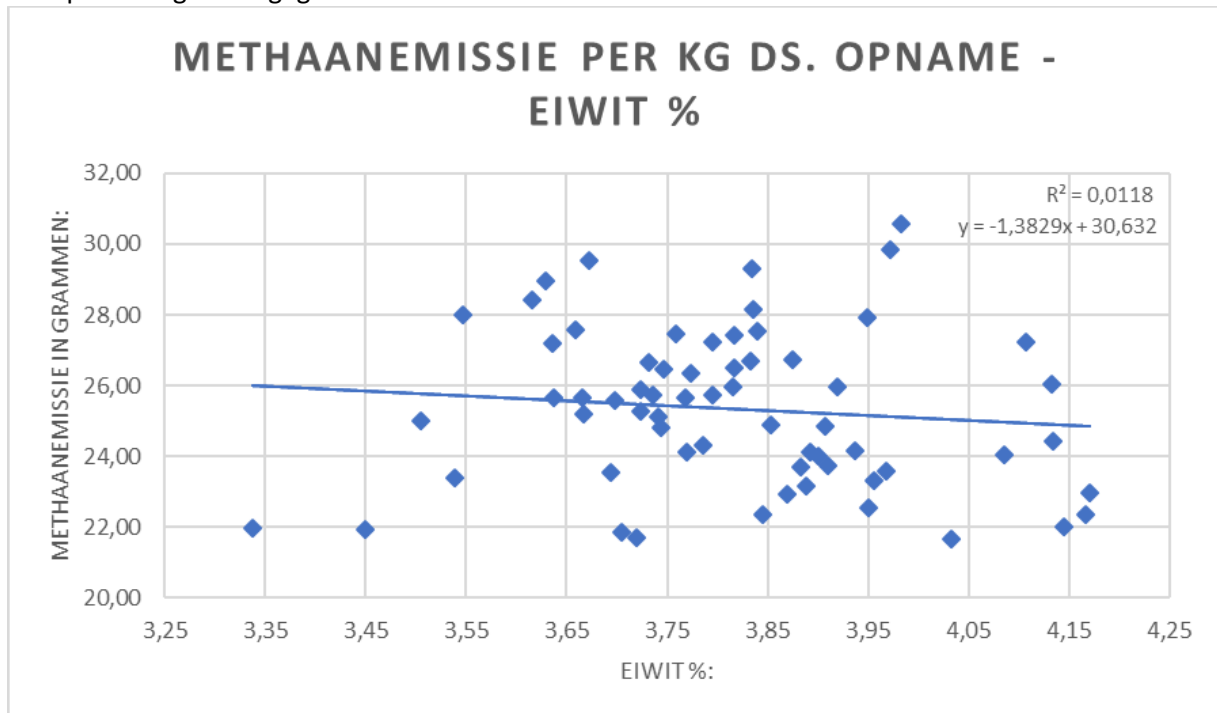
In Grafiek 22 is het verband tussen de gemiddelde methaanemissie per kg ds. opname en het vetpercentage weergegeven.



Grafiek 22 - Gemiddelde methaanemissie per kg ds. opname - vet %

Te zien in de grafiek is dat naarmate het vetpercentage toeneemt de methaanemissie per kg ds. opname afneemt. De gemiddelde methaanemissie per kg ds. opname wordt voor afgerond 1 % verklaard door het vetpercentage. Er is hier geen sprake van een verband. Per procent vet extra gaat er 0,43 gram methaan af.

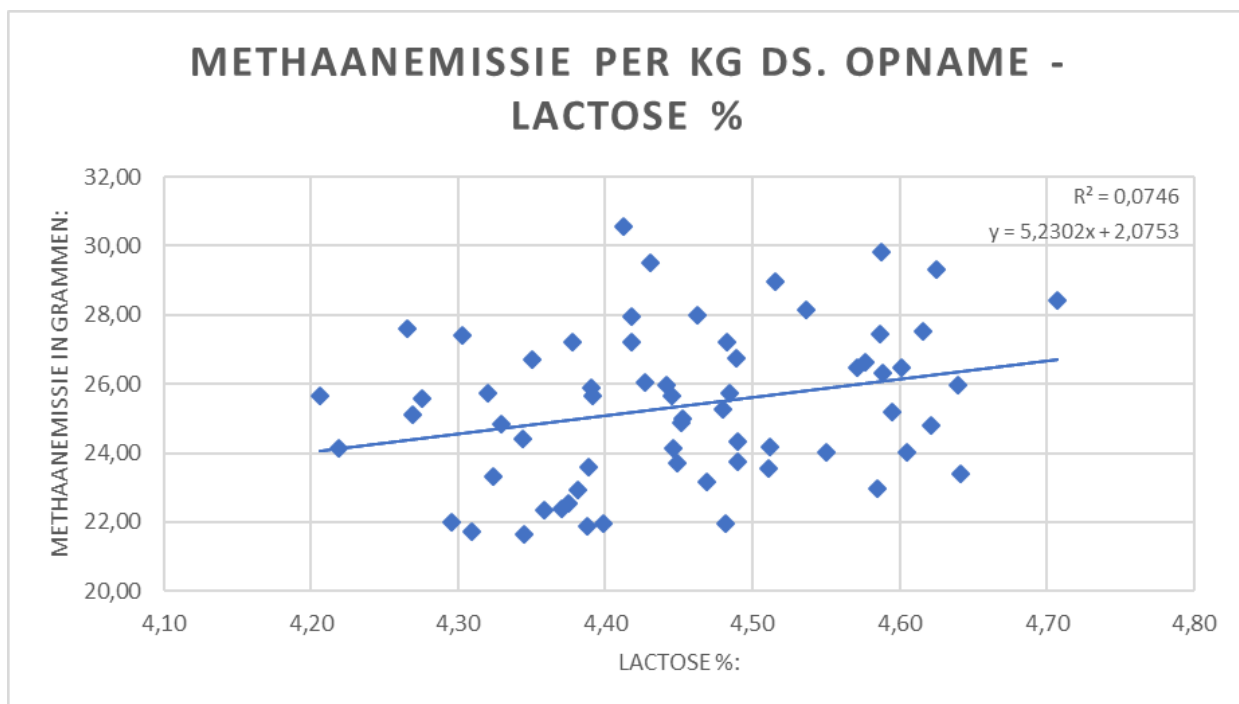
In Grafiek 23 is het verband tussen de gemiddelde methaanemissie per kg ds. opname en het eiwitpercentage weergegeven.



Grafiek 23 - Gemiddelde methaanemissie per kg ds. opname - eiwit %

Te zien in de grafiek is dat naarmate het eiwitpercentage toeneemt de methaanemissie per kg ds. opname licht afneemt. De gemiddelde methaanemissie per kg ds. opname wordt voor afgerond 1 % verklaard door het eiwitpercentage. Er is hier geen sprake van een verband. Per procent eiwit extra gaat er 1,38 gram methaan af.

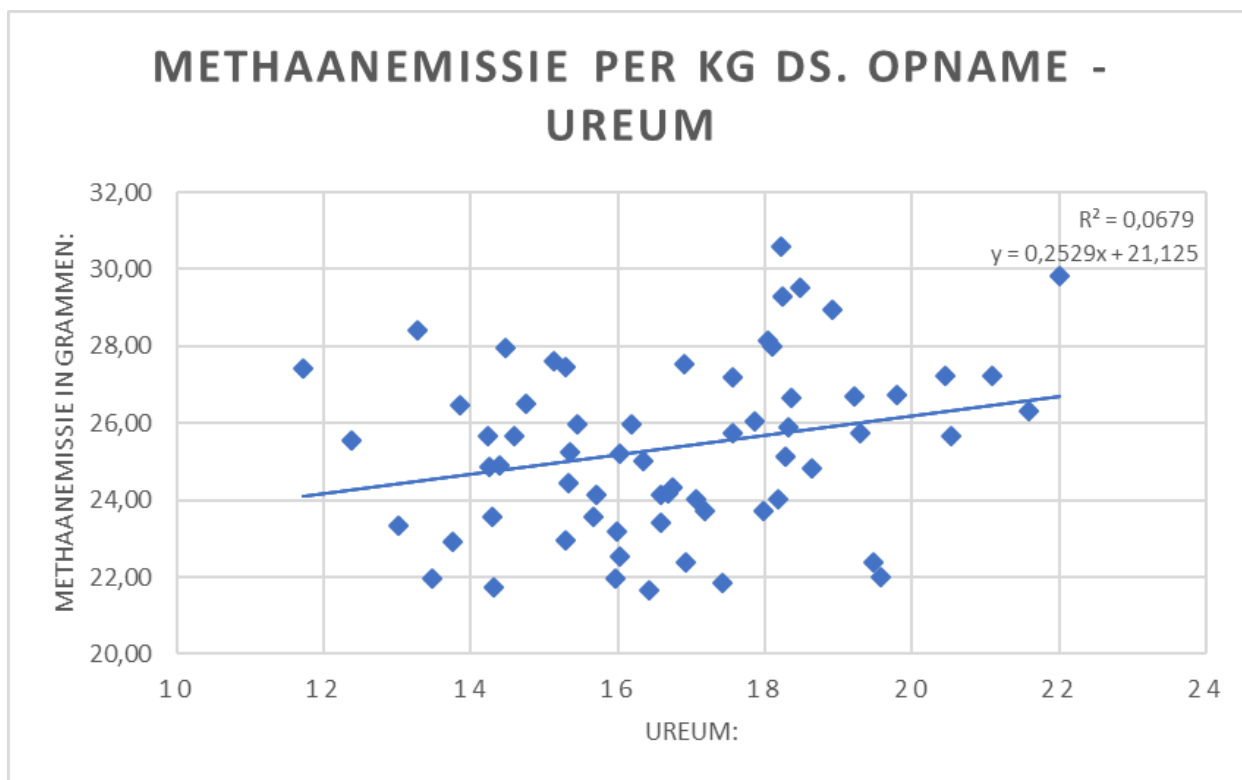
In Grafiek 24 is het verband tussen de gemiddelde methaanemissie per kg ds. opname en het lactosepercentage weergegeven.



Grafiek 24 - Gemiddelde methaanemissie per kg ds. opname - lactose %

Te zien in de grafiek is dat naarmate het lactosepercentage toeneemt de methaanemissie per kg ds. opname ook toeneemt. De gemiddelde methaanemissie per kg ds. opname wordt voor afgerond 7 % verklaard door het lactosepercentage. Er is hier sprake van een licht verband. Per procent lactose extra komt er 5,23 gram methaan bij.

In Grafiek 25 is het verband tussen de gemiddelde methaanemissie per kg ds. opname en het ureumgehalte weergegeven.



Grafiek 25 - Gemiddelde methaanemissie per kg ds. opname - ureum

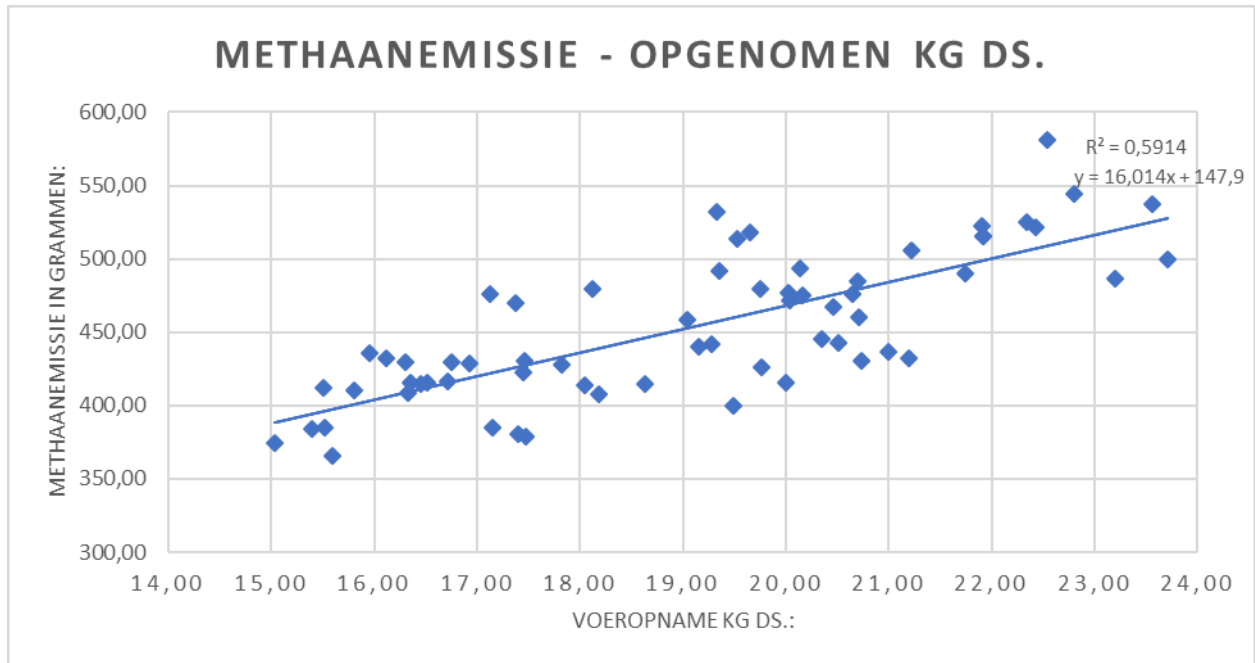
Te zien in de grafiek is dat naarmate het ureumgehalte toeneemt de methaanemissie per kg ds. opname ook toeneemt. De gemiddelde methaanemissie per kg ds. opname wordt voor afgerond 7 % verklaard door het ureumgehalte. Er is hier sprake van een licht verband. Per punt ureum extra komt er 0,25 gram methaan bij.

3.3.2 Voeropname en voerefficiëntie

In deze sub-paragraaf is gekeken naar het dierfactoren voeropname en voerefficiëntie met behulp van spreidingsdiagrammen.

3.3.2.1 Methaanemissie gemiddeld per dag

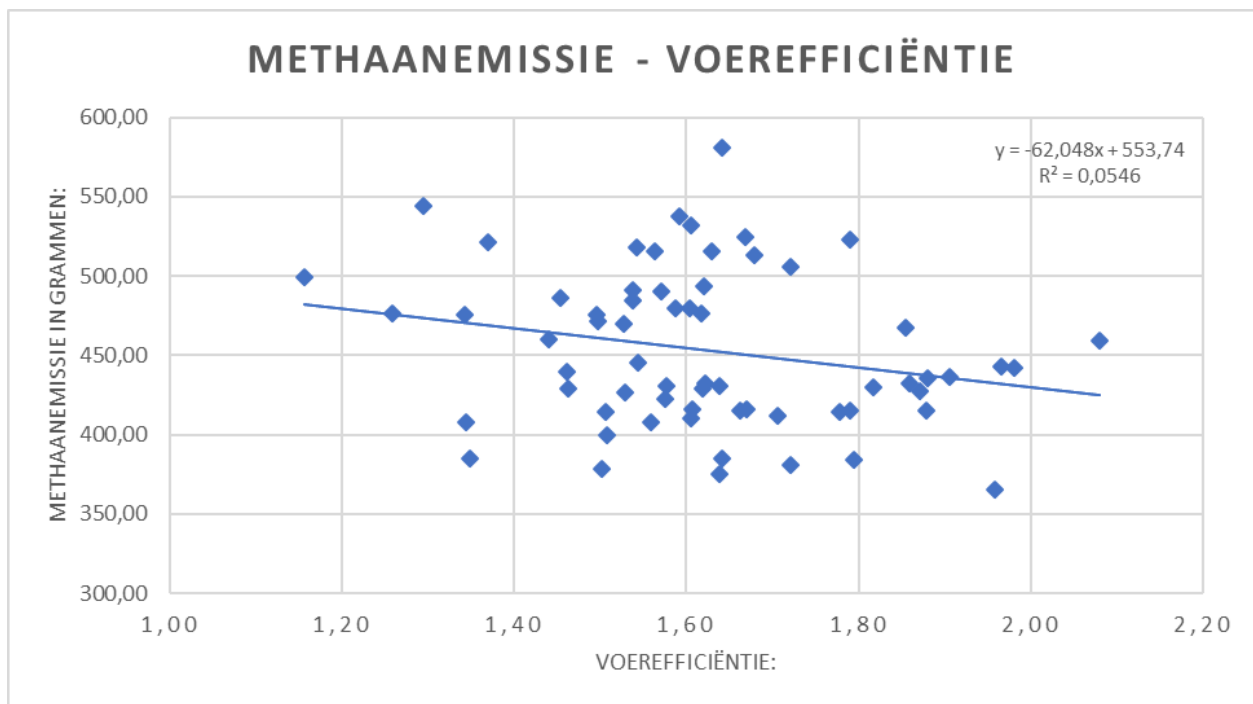
In Grafiek 26 is het verband tussen de gemiddelde methaanemissie en de opgenomen kg ds. weergegeven.



Grafiek 26 - Gemiddelde methaanemissie - opgenomen kg ds.

Te zien in de grafiek is, dat naarmate de voeropname in kg ds. oplopen de gemiddelde methaanemissie ook oploopt. De gemiddelde methaanemissie wordt voor afgerond 59% verklaard door de kg ds. voeropname. Er is hier sprake van een sterk verband. Per kg ds. opname extra komt er 16,02 gram methaan bij.

In Grafiek 27 is het verband tussen de gemiddelde methaanemissie en de voerefficiëntie weergegeven. De voerefficiëntie is berekend door de kg ds. opname te delen door de kg meetmelk.

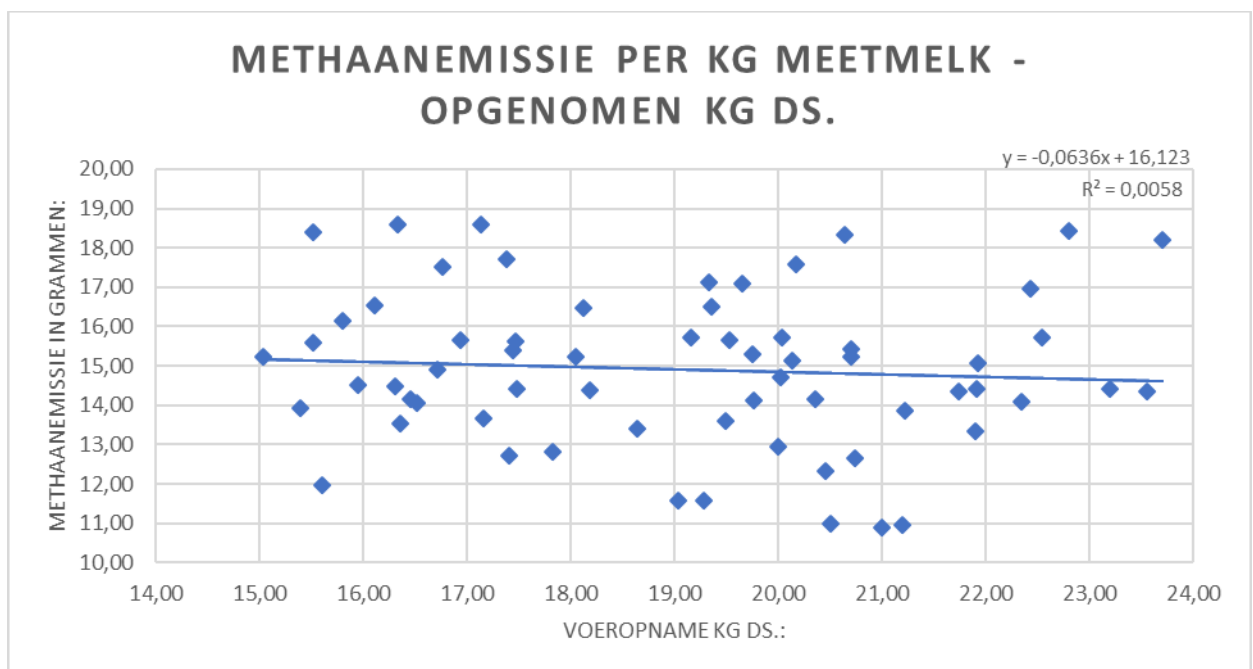


Grafiek 27 - Gemiddelde methaanemissie - voerefficiëntie

Te zien in de grafiek is, dat naarmate de voerefficiëntie oploopt de gemiddelde methaanemissie licht afneemt. De gemiddelde methaanemissie wordt voor afgerond 5% verklaard door de voerefficiëntie. Er is hier dus sprake van licht verband. Per punt voerefficiëntie extra gaat er 62 gram methaan af.

3.3.2.2 Methaanemissie per kg meetmelk

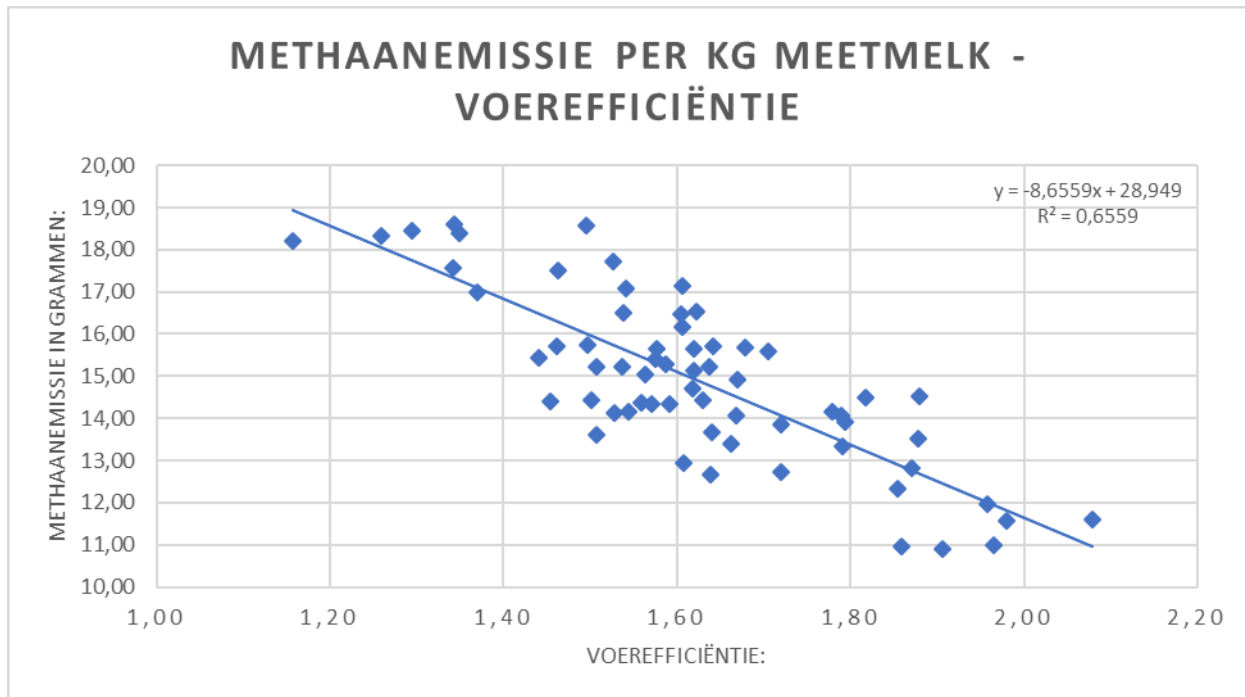
In Grafiek 28 is het verband tussen de gemiddelde methaanemissie per kg meetmelk en de opgenomen kg ds. weergegeven.



Grafiek 28 - Gemiddelde methaanemissie per kg meetmelk - opgenomen kg ds.

Te zien in de grafiek is, dat naarmate de voeropname in kg ds. toeneemt, de gemiddelde methaanemissie per kg meetmelk licht afneemt. De gemiddelde methaanemissie per kg meetmelk wordt voor afgerond 0,6 % verklaard door de opgenomen kg ds. Er is hier dus geen sprake van een verband. Per kg ds. opname extra gaat er 0,06 gram methaan af.

In Grafiek 29 is het verband tussen de methaanemissie per kg meetmelk en de voerefficiëntie weergegeven.

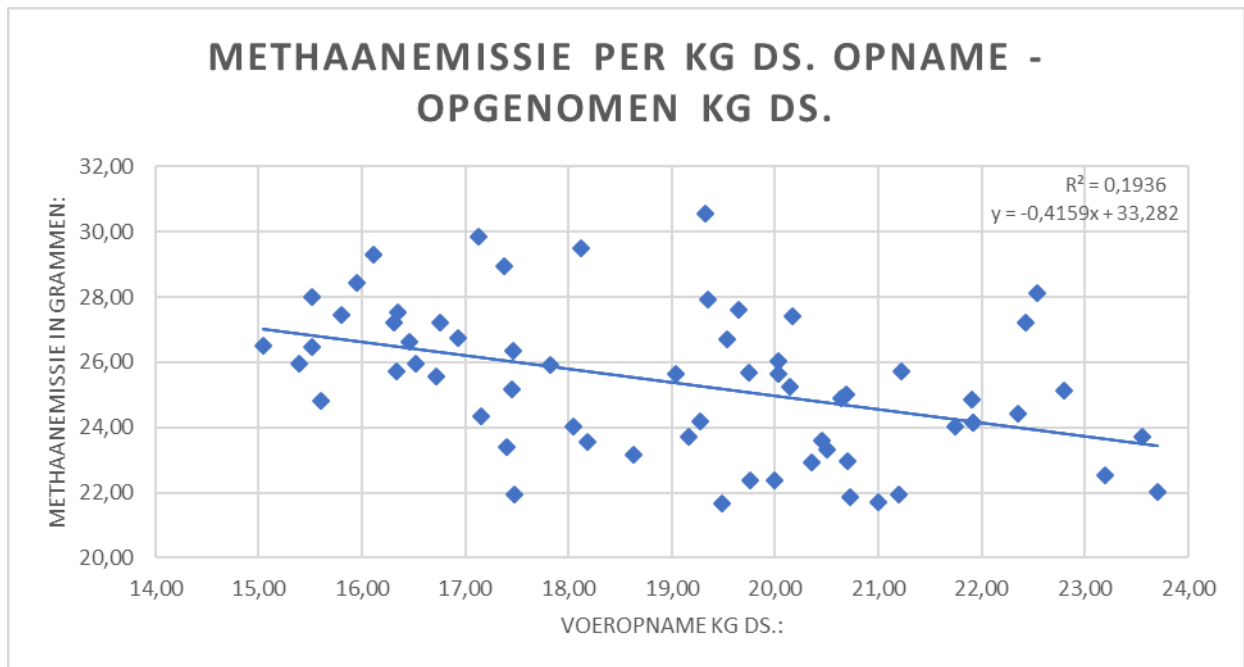


Grafiek 29 - Methaanemissie per kg meetmelk – voerefficiëntie

Te zien in de grafiek is, dat naarmate de voerefficiëntie toeneemt, de gemiddelde methaanemissie per kg meetmelk afneemt. De gemiddelde methaanemissie per kg meetmelk wordt voor afgerond 66 % verklaard door de voerefficiëntie. Er is hier dus sprake van een sterk verband. Per punt voerefficiëntie extra gaat er 8,66 gram methaan af. Wat opvalt in vergelijking met Grafiek 27 is dat, het verband methaanemissie per kg meetmelk en de voerefficiëntie veel groter is. Een verklaring hiervoor zou kunnen zijn dat, de kg meetmelk erg veel invloed hebben op het bepalen van de voerefficiëntie, maar ook voor het bepalen van de methaanemissie per kg meetmelk.

3.3.2.3 Methaanemissie per kg ds. opname

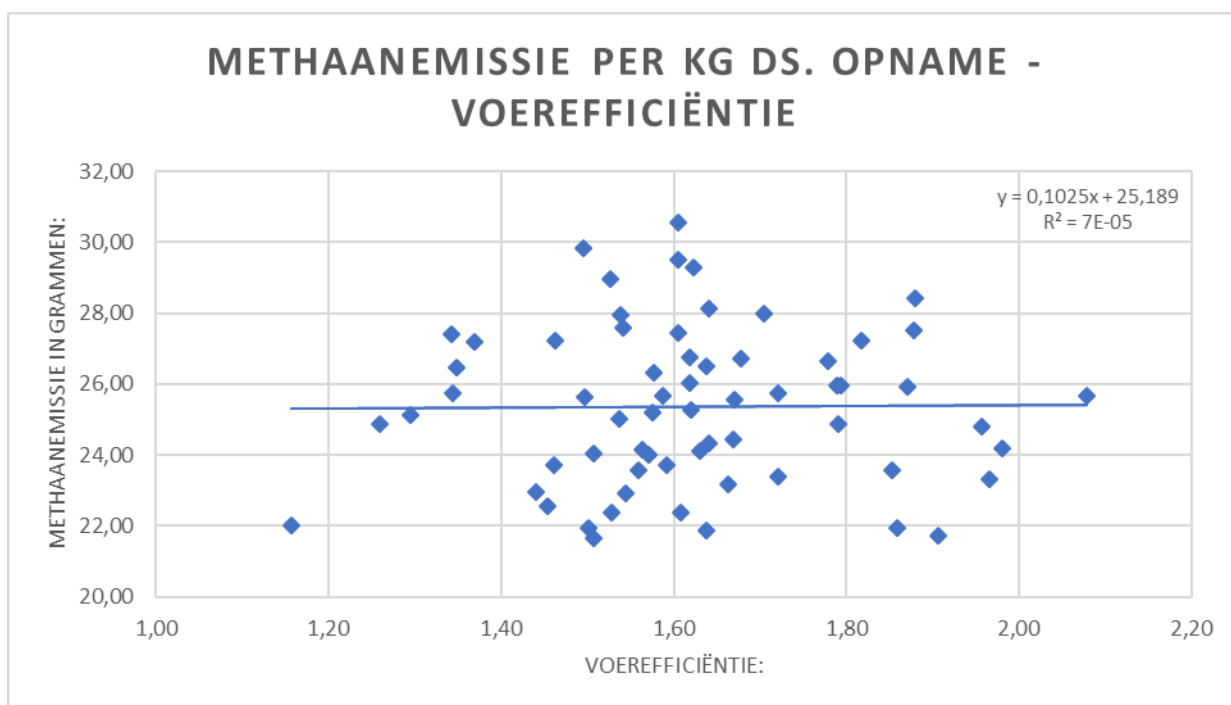
In Grafiek 30 is het verband tussen de gemiddelde methaanemissie per kg ds. opname en de opgenomen kg ds. weergegeven.



Grafiek 30 - Gemiddelde methaanemissie per kg ds. voeropname - opgenomen kg ds.

Te zien in de grafiek is, dat naarmate de voeropname in kg ds. toeneemt, de methaanemissie per kg ds. opname afneemt. De gemiddelde methaanemissie per kg ds. opname wordt voor afgerond 19% verklaard door de opgenomen kg ds. Er is hier dus sprake van een verband. Voor elke kg ds. opname extra gaat er 0,41 gram methaan af.

In Grafiek 31 is het verband tussen de methaanemissie per kg ds. opname en de voerefficiëntie weergegeven.



Grafiek 31 - Methaanemissie per kg ds. opname – voerefficiëntie

Te zien in de grafiek is, dat er geen verband is tussen de methaanemissie per kg ds. opname en de voerefficiëntie. Voor elke punt voerefficiëntie extra gaat er 0,10 gram methaan af.

3.3.3 Lactatiestadium

In deze sub-paragraaf is gekeken naar het dierfactor lactatiestadium met behulp van staafdiagrammen. Om deze staafdiagrammen te kunnen maken zijn de koeien eerst in groepen verdeeld. In Tabel 16 zijn het aantal koeien per lactatienummer weergegeven. Op basis van deze groepen zijn de boxplot-grafieken gemaakt.

Tabel 16 - Aantal koeien per lactatienummer

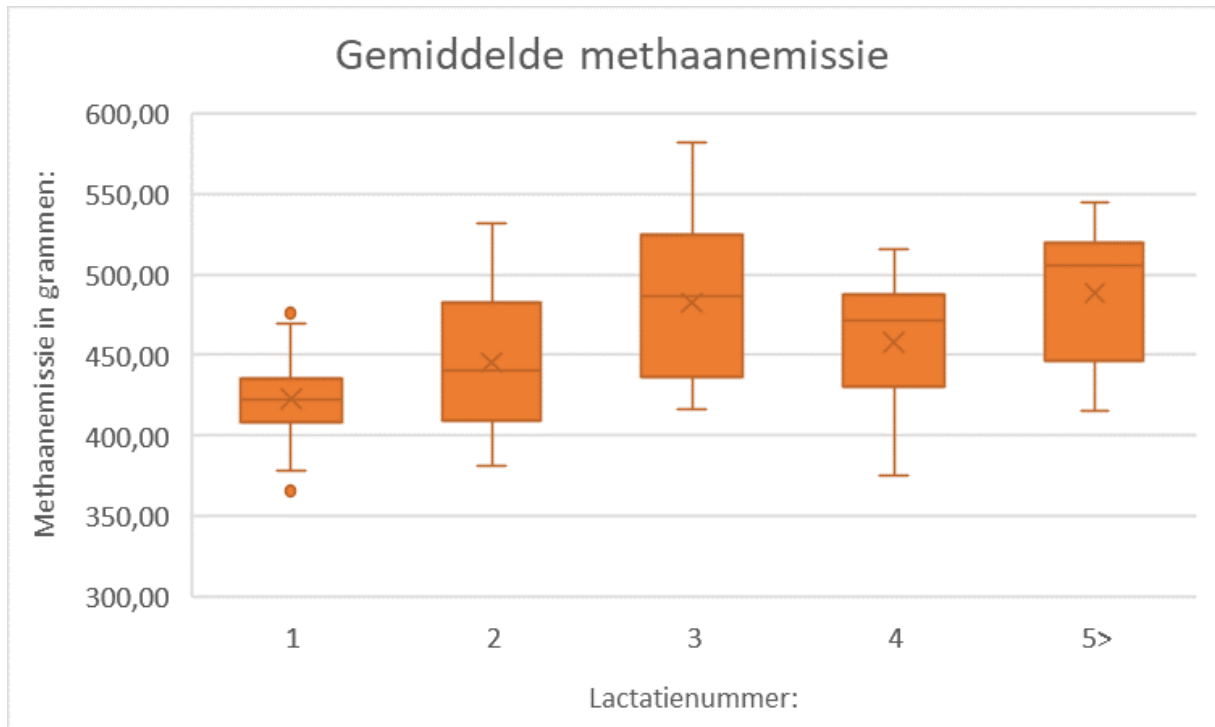
lactatienummer:	aantal koeien:
1	18
2	18
3	11
4	8
5>	9

Wat opvalt is dat meer als de helft van de koeien uit vaarzen en tweede kalfskoeien bestaat.

3.3.3.1 Methaanemissie gemiddeld per dag

In onderstaande grafieken is gewerkt met boxplot grafieken. Een boxplot is een grafische weergave van de verdeling van een variabele op grond van kwartielen. In het eerste kwartiel (de onderste streep tot het begin van de box) zitten de 25 procent laagste scores. In het vierde kwartiel (vanaf bovenkant box tot bovenste streep) zitten de 25 procent hoogste scores. De mediaan is het midden van de box, die gevormd wordt door het tweede en derde kwartiel, de 50 procent middelste scores. Extreme waarden (uitbijters) worden weergegeven buiten de kwartielen, in dit geval met een stip. Het kruisje in de box geeft het gemiddelde weer (Ben Baarda, 2020).

In Grafiek 32 is de gemiddelde methaanemissie per dag per lactatiegroep weergegeven.

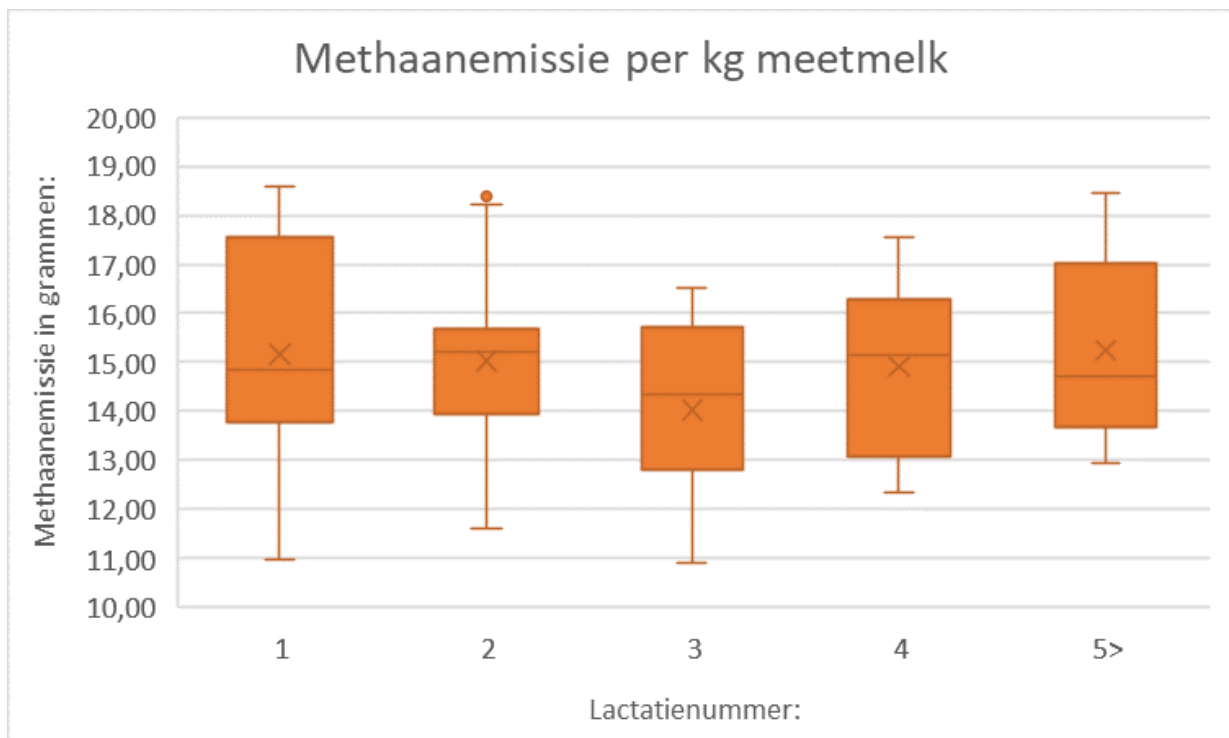


Grafiek 32 - Gemiddelde methaanemissie per dag per lactatienummer

Te zien in de grafiek is dat de vaarzen relatief een kleine spreiding hebben in vergelijking met de andere lactatiegroepen/lactatienummers. Bij de vaarzen, tweede en derde kalfskoeien ligt het gemiddelde dicht bij de mediaan. Dit geeft aan dat het normaal verdeeld is. Wat opvalt is dat de vaarzen en tweede kalfskoeien gemiddeld een lagere methaanemissie hebben dan de oudere koeien. Een mogelijke verklaring hiervoor zou kunnen zijn dat vaarzen over het algemeen een lagere melkproductie hebben.

3.3.3.2 Methaanemissie per kg meetmelk

In Grafiek 33 is de gemiddelde per kg meetmelk per lactatienummer weergegeven.

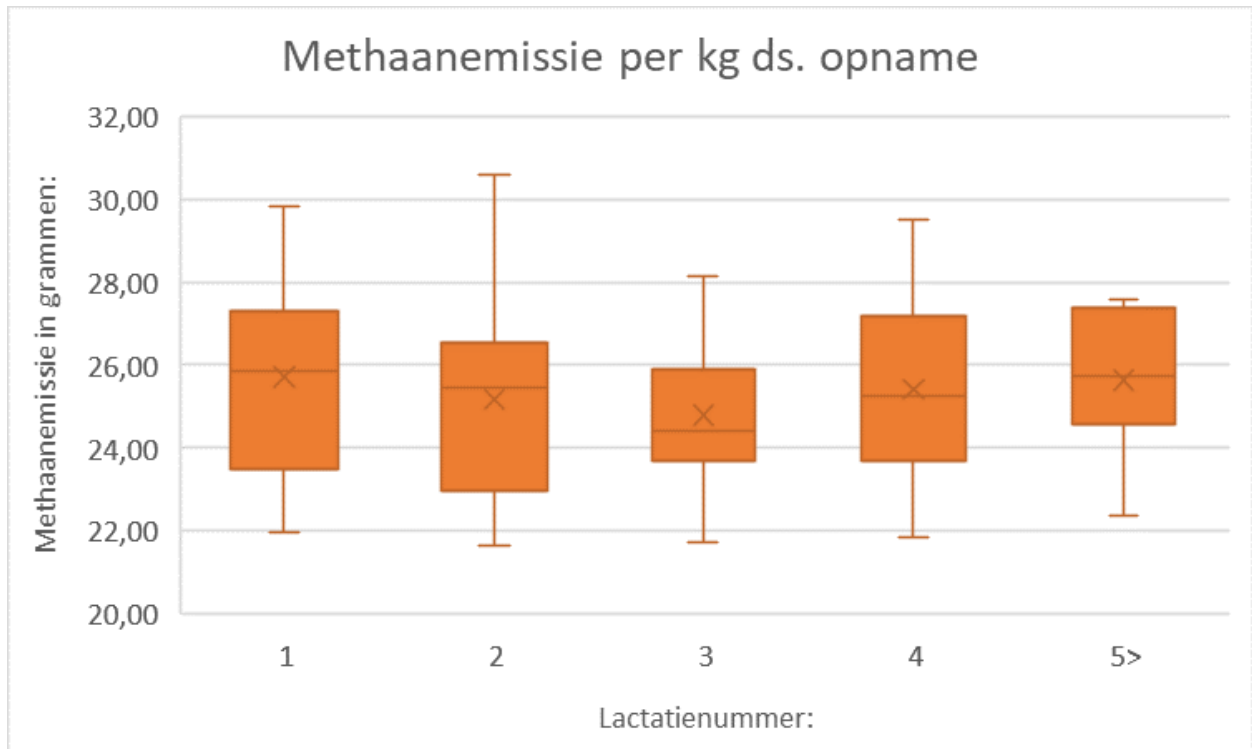


Grafiek 33 - Gemiddelde methaanemissie per kg meetmelk per lactatienummer

In vergelijking met Grafiek 32 geeft deze grafiek een heel ander beeld. Wat opvalt is dat de kg meetmelk invloed hebben op de spreiding tussen de dieren. In deze grafiek hebben de vaarzen een grotere spreiding dan de oudere koeien. Terwijl dat bij de gemiddelde methaanemissie tegenovergesteld is. Voor alle lactatienummers geldt dat het gemiddeld afwijkt van de mediaan. Een mogelijke verklaring hiervoor kan te maken hebben met het feit dat vaarzen over het algemeen een lagere melkgift en lagere gehalten hebben. Dit resulteert in een lager meetmelkproductie ten opzichte van de oudere koeien. Hierdoor wordt de gemiddelde methaanemissie door minder kg meetmelk gedeeld.

3.3.3.3 Methaanemissie per kg ds. opname

In Grafiek 34 is de gemiddelde methaanemissie per kg ds. opname per lactatienummer weergegeven.



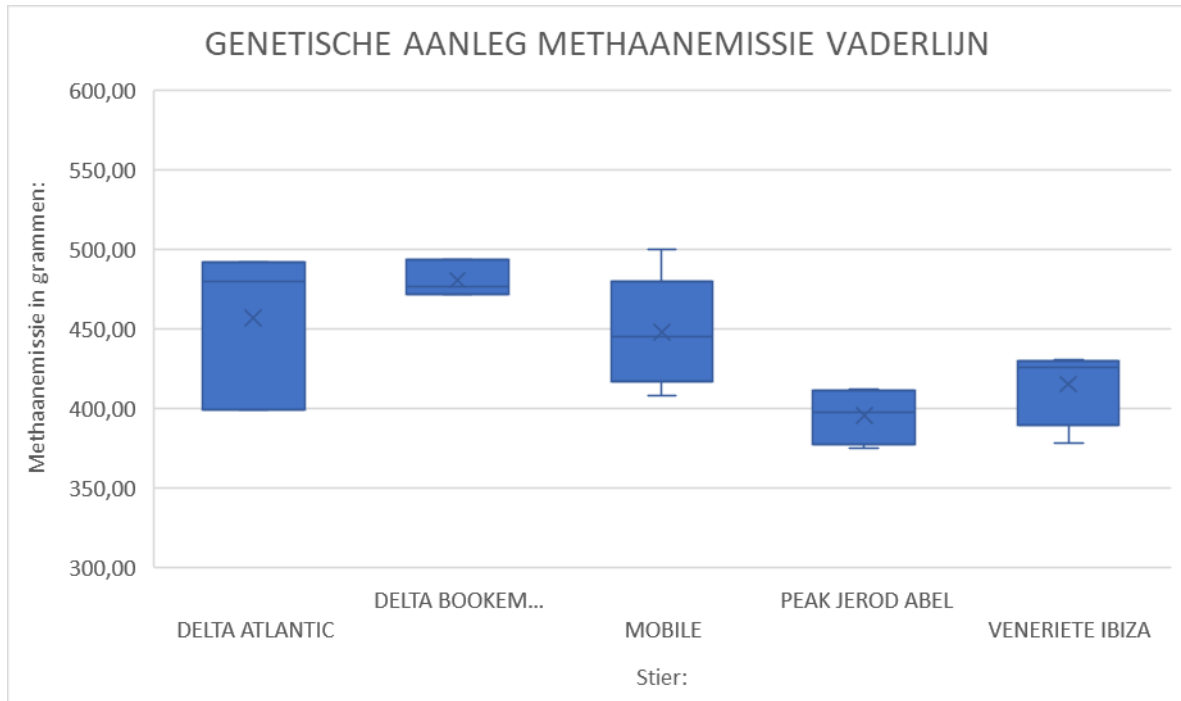
Grafiek 34 - Gemiddelde methaanemissie per kg ds. opname per lactatienummer

Ook deze grafiek geeft een heel ander beeld dan Grafiek 32. Ook hier is de spreiding bij de vaarzen groter als bij de oudere koeien. Wel ligt het gemiddelde bij de vaarzen, tweede en derde kalfskoeien maar ook bij de vijfde kalfs- of oudere koeien, dicht bij de mediaan. Dit geeft een normale verdeling weer.

3.3.4 Genetische aanleg

In deze sub-paragraaf is gekeken naar de invloed van de genetische aanleg op de methaanemissie van de koeien. Er is gekeken naar de vaderlijn en de moedersvaderlijn. Om de betrouwbaarheid te versterken is alleen gekeken naar de stieren die drie of meer dochters hebben in de groep koeien. In Bijlage 4 – Dochters en kleindochters stieren, zijn de stiernamen die drie of meer dochters hebben weergegeven. Ook zijn de dochters zelf en de methaanemissie weergegeven.

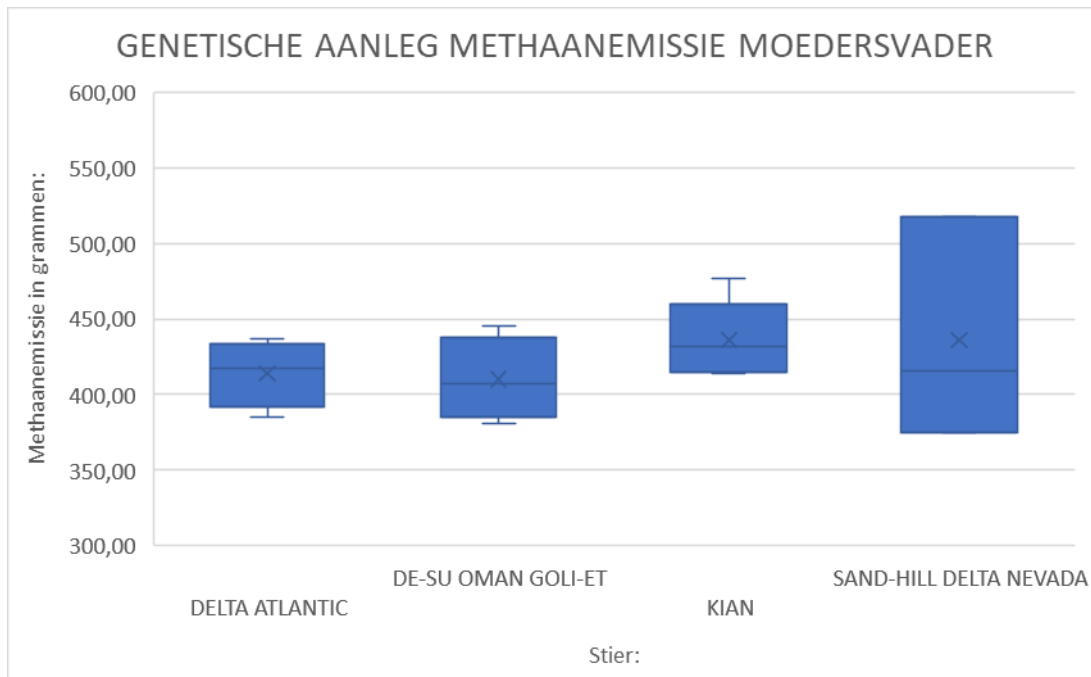
In Grafiek 35 zijn de vijf stieren met drie of meer dochters en bijbehorende methaanemissie weergegeven.



Grafiek 35 - Genetische aanleg methaanemissie vaderlijn

Te zien in de grafiek is dat de Stieren Delta Bookem Danno en Peak Jerod Abel relatief een kleine spreiding hebben in vergelijking met de ander stieren. Van deze stieren zou dus in eerste instantie gezegd kunnen worden dat de ene stier een lagere methaanemissie vererft dan de andere stier. De stieren Delta Bookem Danno, Mobile en Peak Jerod Abel hebben alle drie het gemiddelde vlak bij de mediaan liggen. Er is hier dus wel sprake van een normale verdeling van de gegevens. Om de gegevens betrouwbaarder te maken zouden de groepen groter gemaakt moeten worden.

In Grafiek 36 zijn de vier stieren uit de moedersvaderlijn met drie of meer kleindochters weergegeven. In Bijlage 4 – Dochters en kleindochters stieren, zijn de kleindochters van deze stieren weergegeven.



Grafiek 36 - Genetische aanleg methaanemissie moedersvaderlijn

Te zien in de grafiek is dat de stieren Delta Atlantic, DE-SU Oman Goli-ET en Kian ongeveer een even grote spreiding hebben. Ook hebben deze stieren het gemiddelde dicht bij de mediaan liggen. Dit geeft aan dat de gegeven normaal verdeeld zijn. De stier Sand-Hill Delta Nevada heeft een grote spreiding en is niet normaal verdeeld. Om de gegevens betrouwbaarder te maken zouden de groepen groter gemaakt moeten worden.

3.3.5 Meervoudige regressieanalyse

Om de beste voorspelling van de methaanemissie te kunnen maken is gebruik gemaakt van een meervoudige regressieanalyse. Voor deze meervoudige regressieanalyse zijn de volgende variabelen per koe gebruikt: Lactatiedagen, lactatienummer, kg meetmelk, vet %, eiwit %, lactose %, ureum gehalte, kg ds. opname, gemiddelde methaanemissie, methaanemissie per kg meetmelk en de methaanemissie per kg ds. opname. Met behulp van een Forwardmodel, is het model dat de best voorspelling van de methaanemissie kan maken naar voren gekomen.

3.3.5.1 Gemiddelde methaanemissie

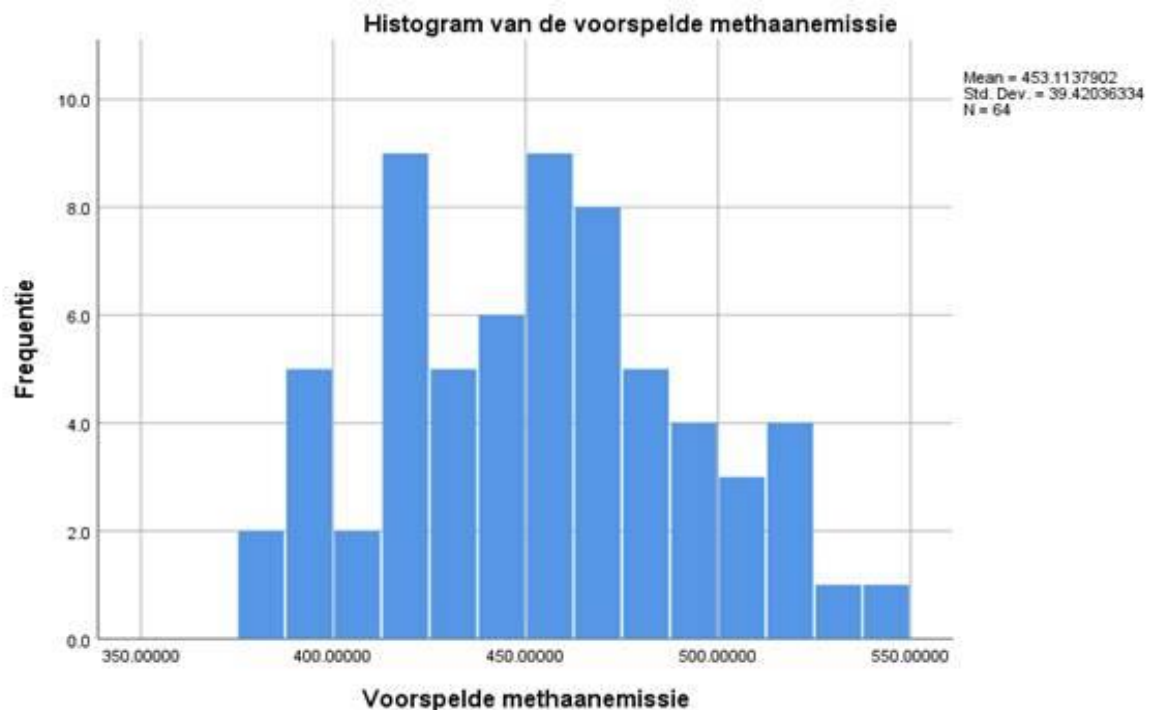
In Tabel 17 - Uitkomsten meervoudige regressieanalyse om de methaanemissie te voorspellen Tabel 17 zijn de uitkomsten van de meervoudige regressieanalyse om methaanemissie te kunnen voorspellen weergegeven.

Tabel 17 - Uitkomsten meervoudige regressieanalyse om de methaanemissie te voorspellen

	MODEL 1		MODEL 2		MODEL 3	
	B (SE)	Sig.	B (SE)	Sig.	B (SE)	Sig.
CONSTANT	147.897 (32.459)	.000	161.779 (32.199)	.000	92.402 (43.303)	.037
KG DS. OPNAME	16.014 (1.691)	.000	13.146 (2.115)	.000	13.234 (2.044)	.000
LACTATIEDAGEN			.263 (.122)	.035	.290 (.119)	.017
UREUM					3.797 (1.648)	.025
ADJUSTED R²	.585		.608		.634	

Uit de meervoudige regressieanalyse blijkt dat op basis van model 3 (kg ds. opname, de lactatiedagen en het ureum gehalte) de beste voorspelling van de methaanemissie gedaan kan worden. Zoals te zien in de tabel stijgt de 'Adjusted R²' naarmate er een variabele aan het model wordt toegevoegd. Op basis van model 3 kan de methaanemissie met een betrouwbaarheid van 63% voorspeld worden. De constant is 92 gram methaan met een standaardfout van 43 gram. Voor elke kg ds. opname komt er 13 gram methaan bij, met een standaardfout van 2 gram. Voor elke dag in lactatie komt er 0,3 gram methaan bij met een standaardfout van 0,1 gram. En voor elke punt ureum komt er 3,8 gram methaan bij, met een standaardfout van 1,6 gram. De kg ds. opname heeft dus de grootste invloed op het voorspellen van de methaanemissie.

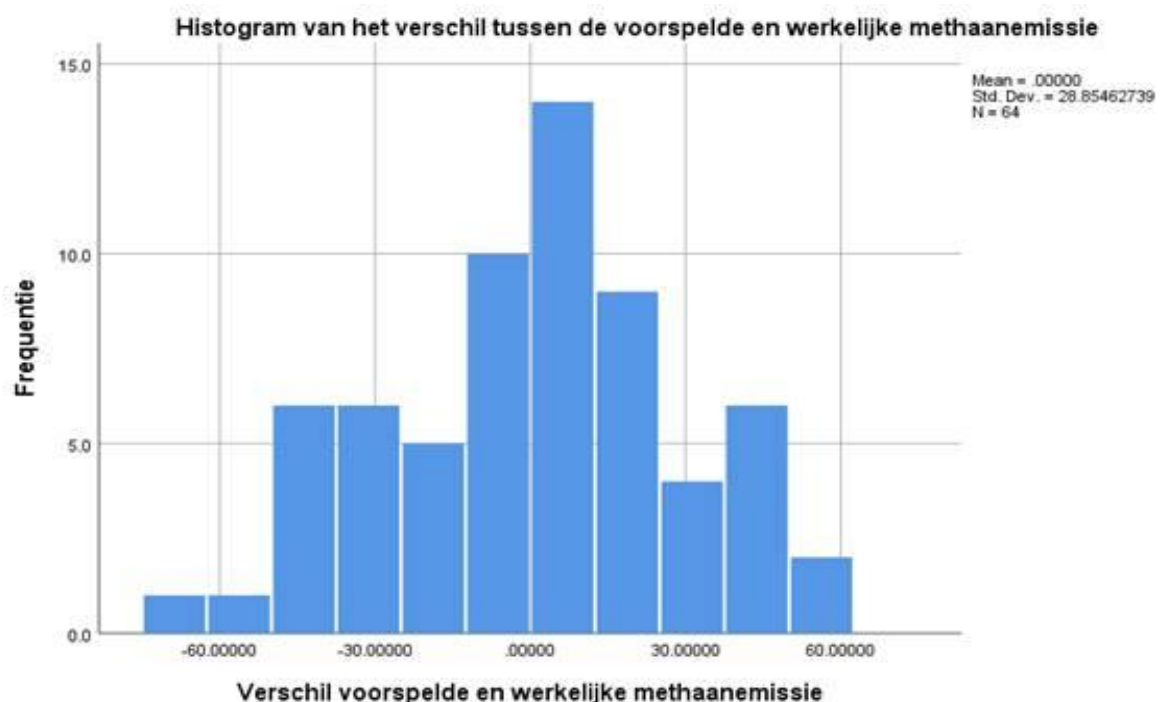
In Grafiek 37 is de normaalverdeling van de voorspelde methaanemissie op basis van Model 3 weergegeven.



Grafiek 37 - Histogram van de voorspelde methaanemissie op basis van model 3

Te zien in de grafiek is dat de voorspelde methaanemissie op basis van Model 3 normaal verdeeld is. Bij een normale verdeling liggen het gemiddelde, de modes en de mediaan dicht bij elkaar. Het middelste getal is 453 gram methaan. De standaardafwijking is 39,4 gram methaan.

In Grafiek 38 is de normaalverdeling van het verschil tussen de voorspelde methaanemissie op basis van Model 3 en de werkelijke gemeten methaanemissie weergegeven.



Grafiek 38 - Histogram van het verschil tussen de voorspelde en de werkelijke methaanemissie op basis van model 3

Te zien in de grafiek is dat ook het verschil tussen de voorspelde en werkelijke methaanemissie normaal verdeeld is. De standaardafwijking in deze grafiek is 28,8 gram methaan.

3.3.5.2 Methaanemissie per kg meetmelk

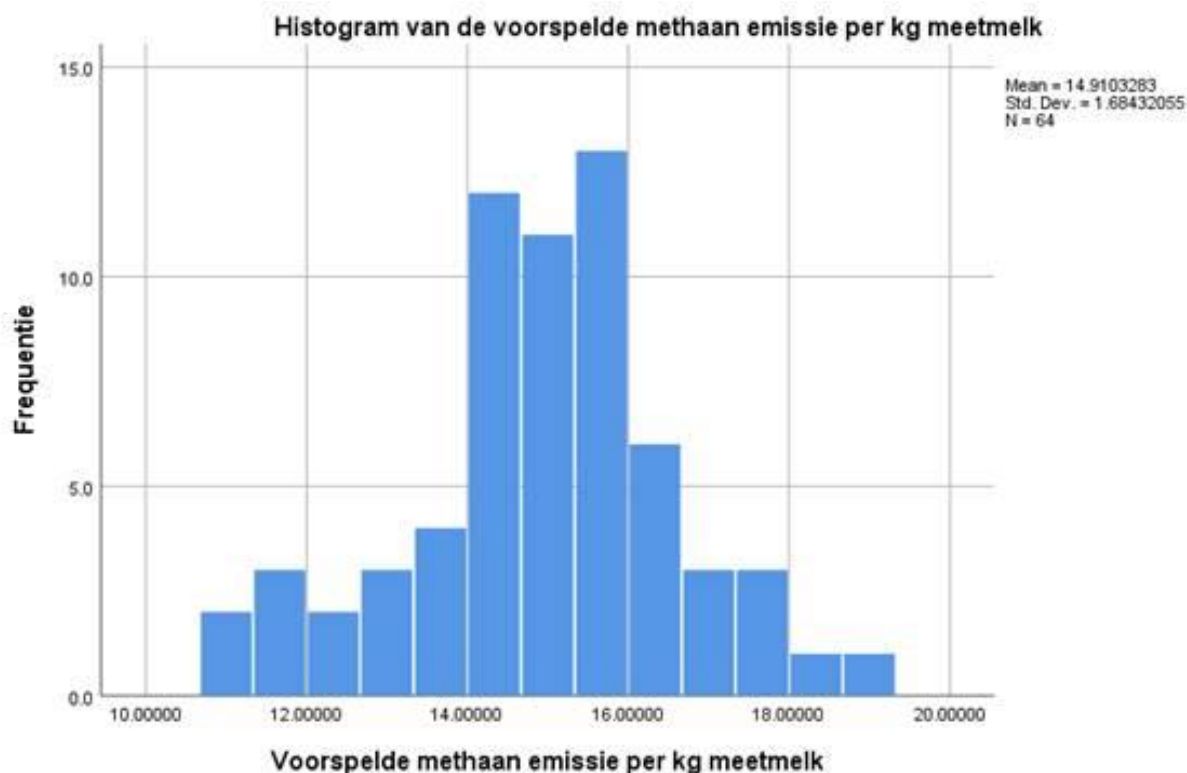
In Tabel 18 zijn de uitkomsten van de meervoudige regressieanalyse om methaanemissie per kg meetmelk te voorspellen weergegeven.

Tabel 18 – Uitkomsten meervoudige regressieanalyse om de methaanemissie per kg meetmelk te voorspellen

	Model 1		Model 2	
	B (SE)	Sig.	B (SE)	Sig.
Constant	24.401 (1.216)	.000	19.739 (1.101)	.000
Kg Meetmelk	-.308 (.039)	.000	-.480 (.037)	.000
DS. opname			.523 (.072)	.000
Adjusted R²	.493		.724	

Uit de meervoudige regressieanalyse blijkt dat op basis van model 2 (kg meetmelk en de ds. opname) de beste voorspelling van de methaanemissie per kg meetmelk gedaan kan worden. Zoals te zien in de tabel stijgt de 'Adjusted R²' naarmate er een variabele aan het model wordt toegevoegd. Op basis van model 2 kan de methaanemissie per kg meetmelk met een betrouwbaarheid van 72% voorspeld worden. De constant is 24 gram methaan met een standaardfout van 1 gram. Voor elke kg meetmelk gaat er 0,3 gram methaan af, met een standaardfout van 0,04 gram. Voor elke kg ds. opname komt er 0,5 gram methaan bij met een standaardfout van 0,07 gram. De kg meetmelk heeft dus de grootste invloed op het voorspellen van de methaanemissie per kg meetmelk.

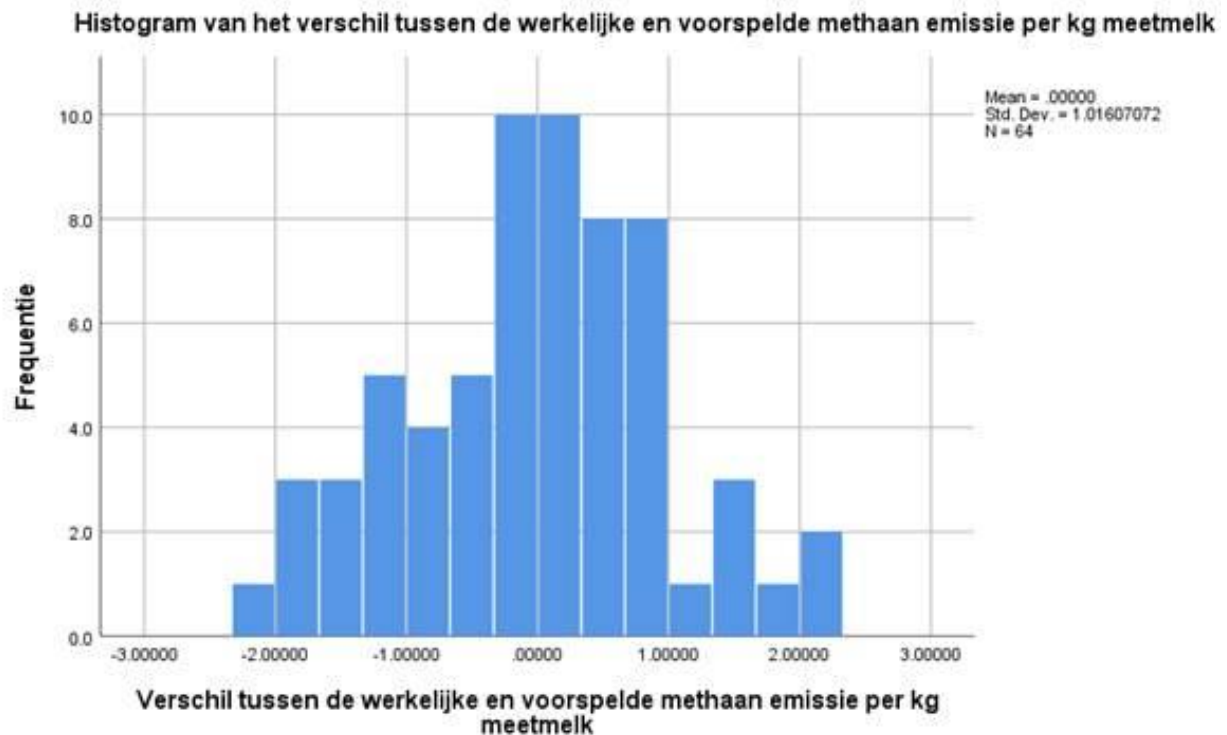
In Grafiek 39 is de normaalverdeling van de voorspelde methaanemissie per kg meetmelk, op basis van model 2 weergegeven.



Grafiek 39 – Histogram van de voorspelde methaanemissie per kg meetmelk op basis van model 2

Te zien in de grafiek is dat de voorspelde methaanemissie per kg meetmelk op basis van model 2 normaal verdeeld is. De middelste waarde is 14,91 gram methaan. De standaardafwijking is 1,68 gram methaan.

In Grafiek 40 is de normaalverdeling van het verschil tussen de werkelijke en voorspelde methaanemissie per kg meetmelk weergegeven. Op basis van model 2.



Grafiek 40 - Histogram van het verschil tussen de werkelijke en voorspelde methaanemissie per kg meetmelk op basis van model 2

Te zien is dat ook het verschil tussen de werkelijke en de voorspelde methaanemissie per kg meetmelk op basis van model 2 normaal verdeeld is. De standaardafwijking is 1,01 gram methaan.

Omdat het logisch is dat de variabele kg meetmelk veel invloed heeft op de methaanemissie per kg meetmelk, is de methaanemissie per kg meetmelk nogmaals getoetst zonder de variabele zelf.

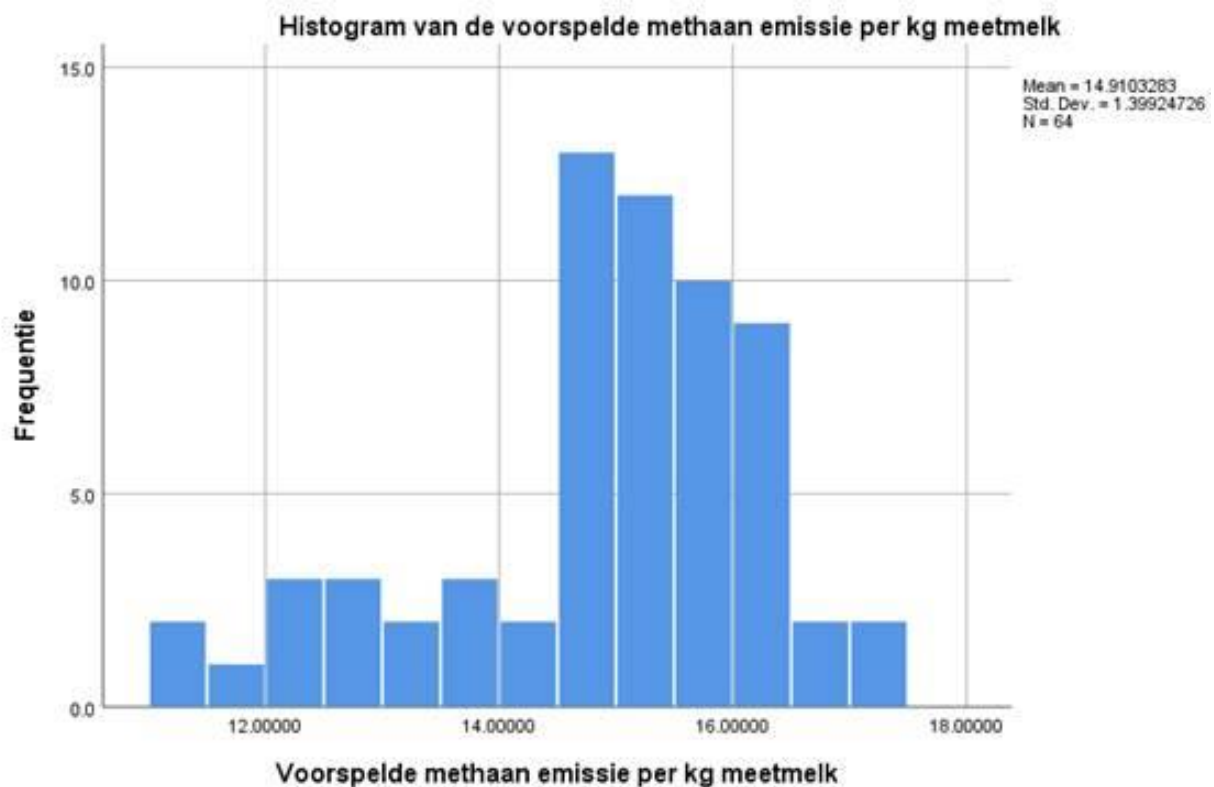
In Tabel 19 zijn de uitkomsten van de meervoudige regressieanalyse om de methaanemissie per kg meetmelk te voorspellen, zonder de variabele kg meetmelk weergegeven.

Tabel 19 - Uitkomsten meervoudige regressieanalyse om de methaanemissie per kg meetmelk te voorspellen - zonder de variabele meetmelk

	Model 1		Model 2		Model 3		Model 4	
	B (SE)	Sig.	B (SE)	Sig.	B (SE)	Sig.	B (SE)	Sig.
Constant	25.155 (2.087)	.000	21.034 (2.405)	.000	23.319 (2.438)	.000	21.169 (2.439)	.000
Vet %	-1.858 (.377)	.000	-1.900 (.355)	.000	-2.067 (.343)	.000	-2.052 (.326)	.000
Ureum gehalte			.260 (.087)	.004	.233 (.084)	.007	.255 (.080)	.002
Lactatienummer					-.352 (.130)	.009	-.528 (.138)	.000
Lactatiedagen							.014 (.005)	.007
Adjusted R²	.270		.352		.414		.473	

Uit de meervoudige regressieanalyse blijkt dat op basis van model 4 (vet %, Ureum gehalte, lactatienummer en de lactatiedagen) de beste voorspelling van de methaanemissie per kg meetmelk, zonder de variabele meetmelk gedaan kan worden. Zoals te zien in de tabel stijgt de 'Adjusted R²' naarmate er een variabele aan het model wordt toegevoegd. Op basis van model 4 kan de methaanemissie per kg meetmelk met een betrouwbaarheid van 47% voorspeld worden. De constant is 21 gram methaan met een standaardfout van 2,5 gram. Voor elke procent vet gaat er 2 gram methaan af, met een standaardfout van 0,3 gram. Voor elke punt ureum komt er 0,3 gram methaan bij met een standaardfout van 0,08 gram. Voor elk lactatienummer gaat er 0,5 gram methaan af, met een standaardfout van 0,1 gram. En voor elke dag in lactatie komt er 0,01 gram methaan bij, met een standaardfout van 0,005 gram. Het vetpercentage heeft dus de grootste invloed op het voorspellen van de methaanemissie per kg meetmelk, als de variabele kg meetmelk niet is mee genomen.

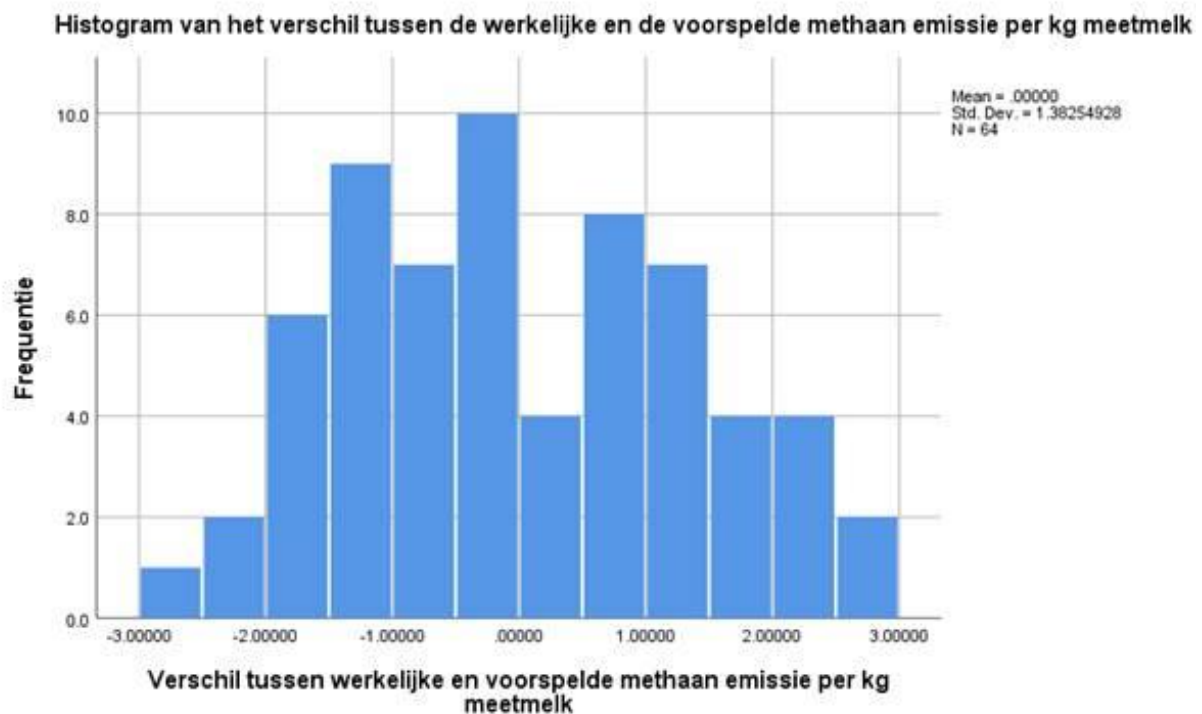
In Grafiek 41 is de normaalverdeling van de voorspelde methaanemissie per kg meetmelk, zonder de variabele kg meetmelk weergegeven. Op basis van model 4.



Grafiek 41 - Histogram van de voorspelde methaanemissie per kg meetmelk - zonder variabele kg meetmelk, op basis van model 4

Te zien in de grafiek is dat de voorspelde methaanemissie per kg meetmelk, zonder de variabele kg meetmelk niet normaal verdeeld is. Dit wil zeggen dat het gemiddelde, de modes en de mediaan van elkaar af wijken. De middelste waarde is 14,91 gram methaan. De standaardafwijking is 1,40 gram methaan.

In Grafiek 42 is het verschil tussen de werkelijke en de voorspelde methaanemissie per kg meetmelk, zonder de variabele kg meetmelk weergegeven. Op basis van model 4.



Grafiek 42 - Histogram van het verschil tussen de werkelijke en de voorspelde methaanemissie per kg meetmelk - zonder de variabele kg meetmelk, op basis van model 4

Te zien in de grafiek is dat het verschil tussen de werkelijke en de voorspelde methaanemissie per kg meetmelk niet normaal verdeeld is. Dit wil zeggen dat het gemiddelde, de modes en de mediaan van elkaar af wijken. De standaardafwijking is 1,38 gram methaan.

3.3.5.3 Methaanemissie per kg ds. opname

In Tabel 20 zijn de uitkomsten van de meervoudige regressieanalyse om de methaanemissie per kg ds. opname te voorspellen weergegeven.

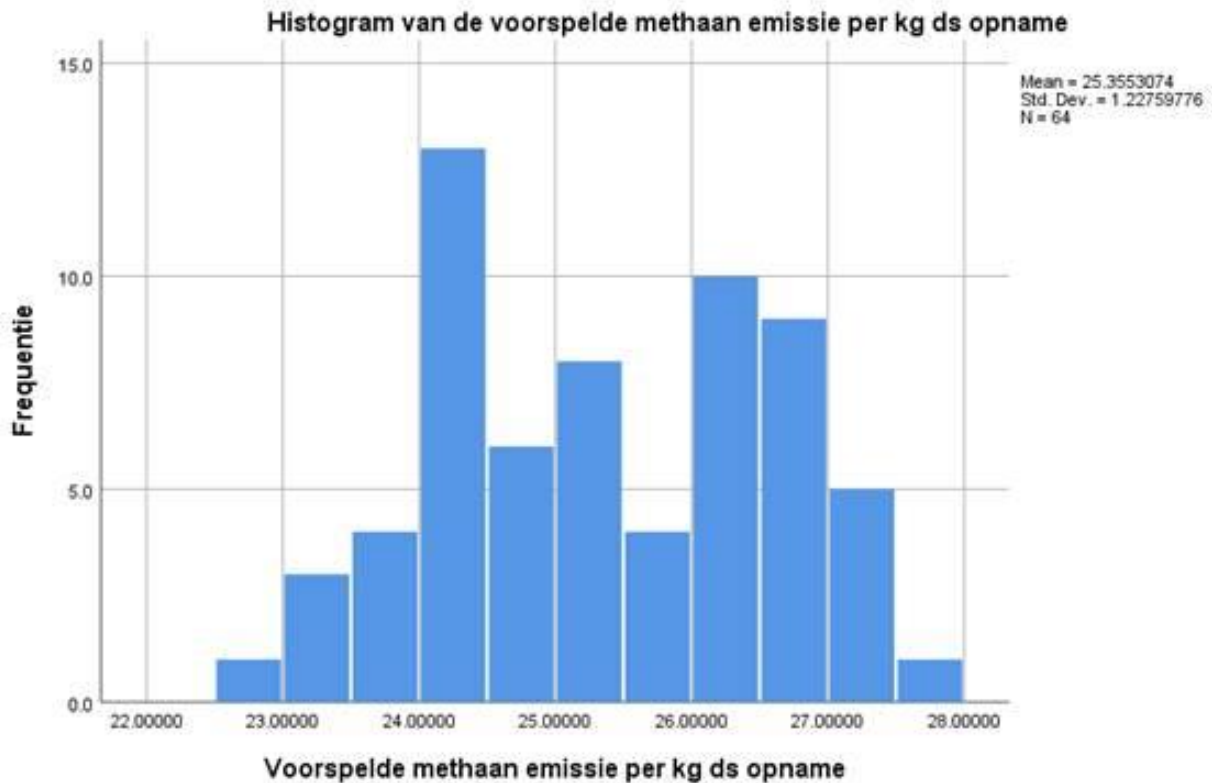
Tabel 20 - Uitkomsten meervoudige regressieanalyse om de methaanemissie per kg ds. opname te voorspellen

	Model 1		Model 2		Model 3	
	B (SE)	Sig.	B (SE)	Sig.	B (SE)	Sig.
Constant	33.282 (2.069)	.000	34.152 (2.055)	.000	29.842 (2.771)	.000
Kg ds. opname	-.416 (.108)	.000	-.596 (.135)	.000	-.590 (.131)	.000
Lactatiedagen			.016 (.008)	.039	.018 (.008)	.020
Ureum					.236 (.105)	.029
Adjusted R²	.181		.224		.272	

Uit de meervoudige regressieanalyse blijkt dat op basis van model 3 (kg ds. opname, de lactatiedagen en het ureum gehalte) de beste voorspelling van de methaanemissie per kg ds. opname gedaan kan worden. Zoals te zien in de tabel stijgt de 'Adjusted R²' naarmate er een variabele aan het model wordt toegevoegd. Op basis van model 3 kan de methaanemissie per kg ds. opname met een betrouwbaarheid van 27% voorspeld worden. De constant is 30 gram methaan met een standaardfout van 2,7 gram. Voor elke kg ds. opname gaat er 0,6 gram methaan af, met een standaardfout van 0,1 gram. Voor elke dag in lactatie komt er 0,02 gram methaan bij, met een standaardfout van 0,008 gram. En voor elke punt ureum komt er 0,2 gram methaan bij, met een

standaardfout van 0,1 gram. De kg ds. opname heeft dus de grootste invloed op het voorspellen van de methaanemissie per kg ds. opname.

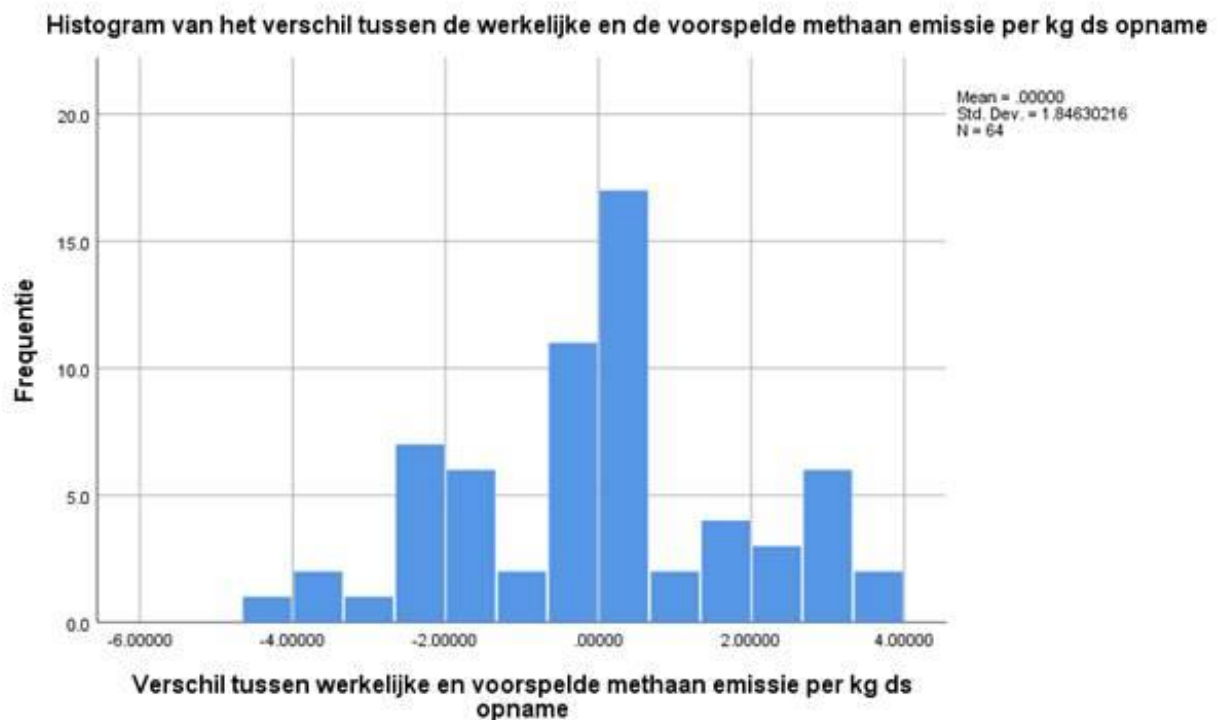
In Grafiek 43 is de normaalverdeling van de voorspelde methaanemissie per kg ds. opname op basis van model 3 weergegeven.



Grafiek 43 - Histogram van de voorspelde methaanemissie per kg ds. opname op basis van model 3

Te zien in de grafiek is dat de voorspelde methaanemissie per kg ds. opname op basis van model 3 niet normaal verdeeld is. Dit wil zeggen dat het gemiddelde, de modes en de mediaan van elkaar af wijken. De middelste waarde is 25,35 gram methaan. De standaardafwijking is 1,23 gram methaan.

In Grafiek 44 is het verschil tussen de werkelijke en de voorspelde methaanemissie per kg ds. opname weergegeven. Op basis van model 3.



Grafiek 44 - Histogram van het verschil tussen de werkelijke en de voorspelde methaanemissie per kg ds. opname op basis van model 3

Te zien in de grafiek is dat het verschil tussen de werkelijke en voorspelde methaanemissie per kg ds. opname op basis van model 3 niet normaal verdeeld is. Dit wil zeggen dat het gemiddelde, de modus en de mediaan van elkaar af wijken. De standaardafwijking is 1,85 gram methaan.

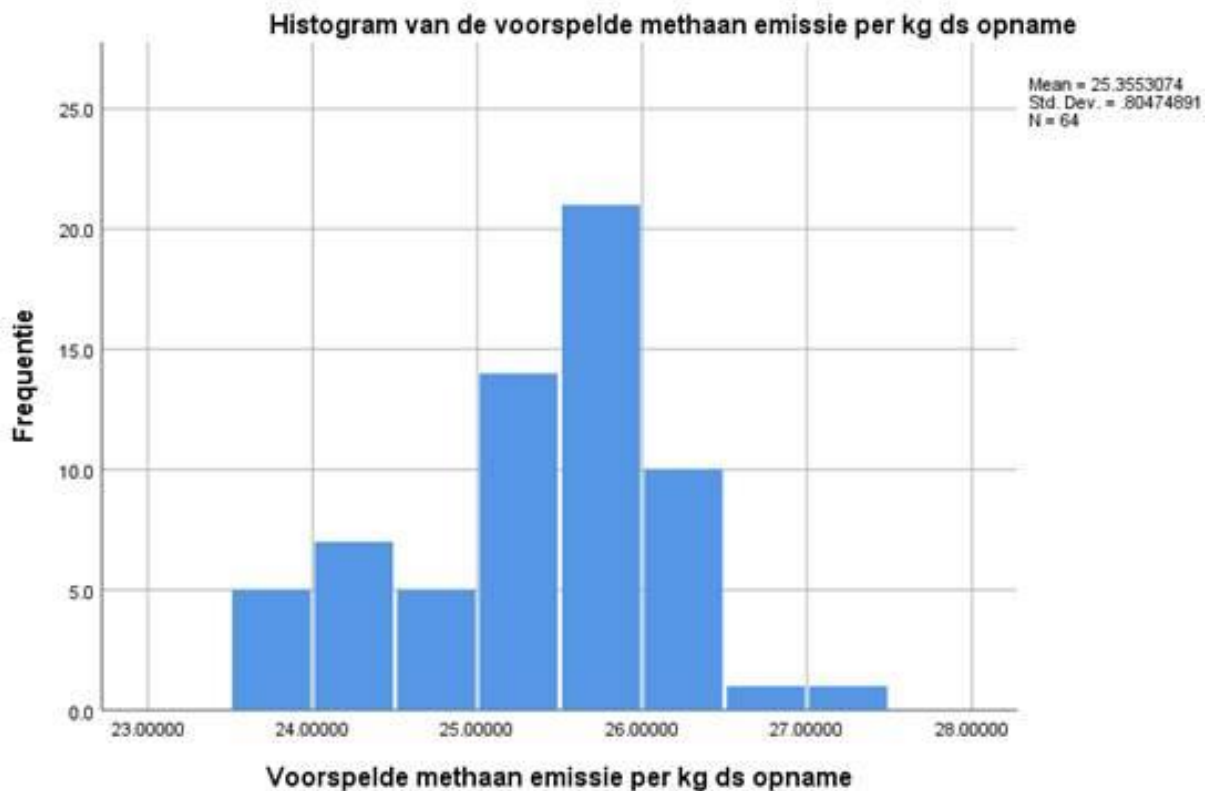
Omdat het logisch is dat de variabele kg ds. opname veel invloed heeft op de methaanemissie per kg ds. opname, is de methaanemissie per kg ds. opname nogmaals getoetst zonder de variabele zelf. In Tabel 21 zijn de uitkomsten van de meervoudige regressieanalyse om de methaanemissie per kg ds. opname te voorspellen, zonder de variabele kg ds. opname weergegeven.

Tabel 21 - Uitkomsten meervoudige regressieanalyse om de methaanemissie per kg ds. opname te voorspellen - zonder de variabele kg ds. opname

Model 1		
	B (SE)	Sig.
Constant	30.842 (1.808)	.000
Kg meetmelk	-.178 (.058)	.003
Adjusted R²	.118	

Uit de meervoudige regressieanalyse blijkt dat op basis van model 1 (kg meetmelk) de beste voorspelling van de methaanemissie per kg ds. opname, zonder de variabele kg ds. opname gedaan kan worden. Op basis van model 1 kan de methaanemissie per kg ds. opname met een betrouwbaarheid van 12% voorspeld worden. De constant is 31 gram methaan met een standaardfout van 1,8 gram. Voor elke kg meetmelk gaat er 0,2 gram methaan af, met een standaardfout van 0,06 gram. De variabele kg meetmelk heeft dus de grootste invloed op het voorspellen van de methaanemissie per kg ds. opname, als de variabele kg ds. opname niet is mee genomen.

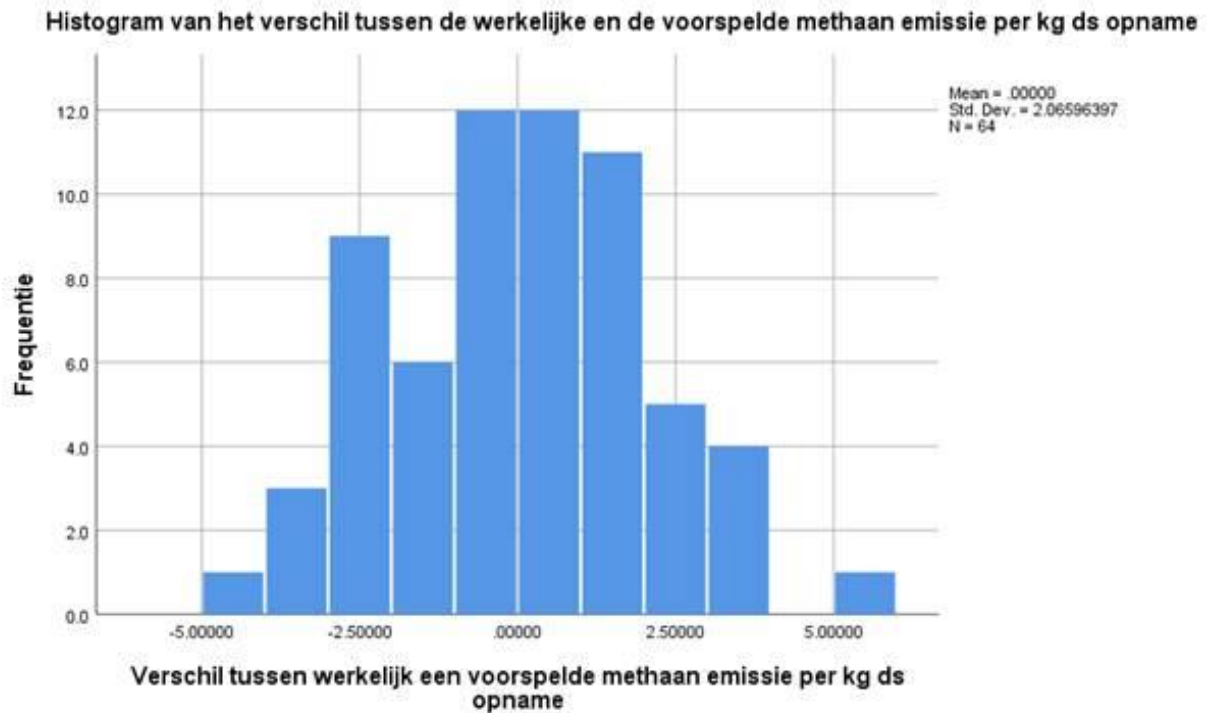
In Grafiek 45 is de normaalverdeling van de voorspelde methaanemissie per kg ds. opname, zonder de variabel kg ds. opname weergegeven. Op basis van model 1.



Grafiek 45 - Histogram van de voorspelde methaanemissie per kg ds. opname - zonder de variabel kg ds. opname, op basis van model 1

Te zien in de grafiek is dat de voorspelde methaanemissie per kg ds. opname zonder de variabel kg ds. opname normaal verdeeld is. De middelste waarde is 25,35 gram methaan. De standaardafwijking is 0,80 gram methaan.

In Grafiek 46 is de normaalverdeling van het verschil tussen de werkelijke en voorspelde methaanemissie per kg ds. opname, zonder de variabele kg ds. opname weergegeven. Op basis van model 1.



Grafiek 46 - Histogram van het verschil tussen de werkelijke en de voorspelde methaanemissie per kg ds. opname - zonder de variabele kg ds. opname, op basis van model 1

Te zien in de grafiek is dat het verschil tussen de werkelijke en voorspelde methaanemissie per kg ds. opname, zonder de variabele kg ds. opname normaal verdeeld is. De standaardafwijking is 2,06 gram methaan.

4 Discussie

In dit hoofdstuk wordt gereflecteerd op de methode en de resultaten van dit onderzoek. Vervolgens wordt er gekeken wat er met deze discussie gedaan kan worden.

4.1 Reflectie op methode

Voor dit onderzoek is gewerkt met methaanemissie gegevens afkomstig van metingen uitgevoerd met Greenfeed units. Deze Greenfeed units zijn in het bezit van de Dairy Campus. De Dairy Campus verzamelt methaanemissie gegevens met behulp van deze Greenfeed units. Op basis van de verzamelde gegevens is dit onderzoek uitgevoerd.

4.1.1 Betrouwbaarheid/validiteit metingen

De Greenfeeds meten de gehele dag de methaanemissie, als een koe in de unit stapt wordt dit geregistreerd. Uit de literatuurstudie blijkt dat de resultaten van de methaanemissie pas betrouwbaar is na het samenvoegen van metingen van meerdere dagen. Na het meten van 7 of meer dagen kan er een betrouwbare methaanemissie bepaald worden. Dit heeft te maken met het feit dat een koe gedurende de hele dag methaanemissie uitstoot, maar met behulp van de Greenfeed units maar op bepaalde momenten van de dag gemeten wordt. Het bedrijf waar de Greenfeed units vandaan komen (c-lock inc., 2019) valideert de methaanemissie gegevens. De gemeten resultaten die worden teruggekoppeld aan het bedrijf waar de Greenfeed units staan, zijn dan ook 7-daagse gemiddelden. In een onderzoek naar de validiteit van het meten van methaanemissie (K.J. Hammond, 2015), is gekeken naar de vergelijking tussen het Greenfeed-systeem, ademhalingskamers (RC) en zwavelhexafluoride-systeem (SF6). Uit dit onderzoek kon geconcludeerd worden dat, over het algemeen het GF-systeem een goede schatting van de methaanemissie van melkvee kan geven, die niet anders is als de metingen met een RC-systeem, maar wel aanzienlijk lager was dan metingen met SF6-systeem. Voor een succesvol gebruik van het GF-systeem wordt er aangeraden om langere meetperioden en een groter aantal dieren te gebruiken (K.J. Hammond, 2015).

4.1.2 Groep koeien

Voor de resultaten van dit onderzoek is gebruik gemaakt van de methaanemissie gegevens van een groep van 64 koeien. Deze groep koeien heeft in de periode van 4-11-2019 t/m 24-11-2019, bij de Greenfeeds gelopen. Tijdens deze periode zijn er geen proeven uitgevoerd die eventueel invloed op de methaanemissie zouden kunnen hebben. In deze groep koeien, liepen geen koeien die pas hadden afgekalfd. De gemiddelde lactatiedagen over de periode van 21 dagen was van alle koeien hoger dan 90 lactatie dagen. In het begin van een lactatie van een koe (0 – 100 dagen), bouwt normaal gesproken de melkgift zich langzaam op. Rond de 100 – 120 dagen zit een koe op de piek van zijn melkproductie hierna bouwt deze weer langzaam af (Garnsworthy, 2012). Ook kan een koe in het begin van de lactatie in de negatieve energiebalans zitten. De negatieve energiebalans is een periode waarin koeien onvoldoende voer op kunnen nemen, om aan de eiwit en energiebehoefte te kunnen voldoen. Melkkoeien met een negatieve energiebalans mobiliseren lichaamsvet om deze energiebehoefte aan te vullen. Ook deze negatieve energiebalans kan effect hebben op de methaanemissie, doordat een koe op deze manier meer melk per kg ds. opname voer kan produceren. Hierdoor zou de methaanemissie lager kunnen worden. Doordat er in dit onderzoek geen koeien die in het begin van de lactatie zaten zijn mee genomen, kan het eventuele effect van begin lactatie en/of negatieve energiebalans niet worden vastgesteld.

4.1.3 Lengte gemeten periode

De resultaten van dit onderzoek zijn gebaseerd op een periode van 21 dagen. Voor dit onderzoek was deze periode lang genoeg om de betrouwbaarheid van de gegevens te waarborgen. Om een beter beeld van de gemiddelde methaanemissie van het bedrijf te krijgen, zou er een langer periode gemeten moeten worden. Op deze manier kunnen bijvoorbeeld eventuele seizoensinvloeden ook mee worden genomen. Hierbij moet er gedacht worden aan weersomstandigheden, wisselingen van

rantsoenen en een beter inzicht op het lactatiestadium. Op deze manier zou je een nog beter beeld kunnen krijgen van de gemiddelde methaanemissie op een bedrijf.

4.1.4 Rantsoen gegevens

Tijdens dit onderzoek is gebruik gemaakt van de ds. opname per koe per dag. Dit was de drogestof opname die de koeien uit het gemengde rantsoen hebben opgenomen. Naast dit gemengde rantsoen dat onbeperkt opneembaar was voor de koeien, werd er in de Greenfeed units nog krachtvoer (brok) gevoerd. Dit om de koeien te kunnen lokken naar de units. Echter is de registratie op de Dairy Campus van de hoeveelheid brok die per koe is opgenomen niet gekoppeld aan de bedrijfssoftware. Hierdoor kon de methaanemissie per kg opgenomen krachtvoer (brok) niet berekend worden. Deze gegevens zouden wel interessant zijn voor het onderzoek, omdat in het begin van de lactatie in verhouding vaak meer krachtvoer en minder ruwvoer gevoerd wordt in vergelijking tot het einde van de lactatie. Gezien de resultaten op basis van de lactatiedagen, had deze informatie interessant geweest. Dit heeft te maken met, dat krachtvoer in verhouding tot ruwvoer snel verteerbaar is. Een snelle vertering heeft als gevolg een lagere productie van waterstof, met als gevolg een lagere methaanemissie (S. TAMMINGA, 1978).

4.2 Reflectie op resultaten

4.2.1 Algemeen

De gemiddeld methaanemissie (453,11 gram) van de Dairy Campus gemeten in de ‘schone periode’ ligt gemiddeld een beetje hoger als de gemiddelde methaanemissie (415,00 gram) van alle Koeien en Kansen bedrijven. Ook de methaanemissie per kg meetmelk van de Dairy Campus (14,91 gram) ligt wat hoger als de gemiddelde methaanemissie per kg meetmelk van alle koeien en kansen bedrijven (13,90 gram). Het verschil in de metingen kan meerder oorzaken hebben. Ten eerste zitten er bij de metingen van de Dairy Campus geen nieuwmelkte koeien in, een nieuwmelkte koe zit vaak lager in methaanemissie door de opstart van de lactatie en de invloed van de negatieve energiebalans. Bij de Koeien en Kansen bedrijven zijn er metingen gedaan van weidende koeien, dit kan ook zorgen voor een lagere methaanemissie door het vreten van vers gras, dat snel verteerbaar is (André Bannink, 2015).

4.2.2 Variatie tussen dieren

In Grafiek 4 is de variatie tussen individuele dieren op basis van de gemiddelde methaanemissie weergegeven. Wat opvalt is dat de koeien die laag scoren in methaanemissie vooral vaarzen zijn. De koeien die hoog scoren zijn oudere koeien met lactatiedagen rond de 160 dagen. Dit resultaat is in overeenstemming met de verwachting dat vaarzen een lagere methaanemissie hebben dan oudere koeien. Vaarzen nemen over het algemeen minder voer op en hebben een lagere melkgift. Een mogelijke verklaring voor dit resultaat biedt het onderzoek van (Garnsworthy, 2012) dat concludeert dat er veel variatie in methaanemissie tussen koeien die op dezelfde manier zijn gehuisvest te zien is. De variatie is gerelateerd aan de melkopbrengsten, het lactatienummer en het aantal weken in lactatie.

In Grafiek 5 en Grafiek 6 is de variatie tussen individuele dieren op basis van methaanemissie per kg melk en kg meetmelk weergegeven. Wat hier opvalt is dat de koeien die laag in de methaanemissie per kg melk zitten, een hoge melkgift hebben vergeleken de ander koeien. Er zitten geen vaarzen bij de koeien die laag scoren voor de methaanemissie per kg melk. De koeien die hoog in de methaanemissie zitten hebben een lagere melkgift. Dit resultaat is in overeenstemming met de verwachting dat koeien met een hogere melkgift laag zitten in methaanemissie per kg melk en anders om. Een mogelijke verklaring voor dit resultaat biedt het feit dat de verhouding tussen onderhoud en productie van de koeien gedurende de lactatie verandert. Dat er geen vaarzen in de groep koeien zitten die laag in de methaanemissie per kg melk zitten kan te verklaren zijn doordat, de vaarzen een lagere melkproductie hebben dan de oudere koeien.

In Grafiek 7 is de variatie tussen individuele dieren op basis van methaanemissie per kg ds. opname weergegeven. Wat opvalt is dat er veel variatie tussen de dieren is. De koeien die laag in de methaanemissie per kg ds. opname scoren hebben over het algemeen een hoge ds. opname. De koeien die hoog scoren hebben over het algemeen een lagere kg ds. opname. Hiervan zijn drie van de vijf koeien vaarzen, die over het algemeen minder kg ds. opnemen en twee oudere koeien die beide hoog in de lactatiedagen zitten. Dit resultaat is niet in overeenstemming met de verwachting dat een hoge ds. opname laag scoren in methaan per kg ds. opname. Een verklaring voor dit resultaat zou kunnen zijn dat het een feit is dat, de verhouding tussen onderhoudsvoer en voer voor de productie verandert.

4.2.3 Verbanden tussen methaanemissie en dierfactoren

In Grafiek 8 is het verband tussen de gemiddelde methaanemissie en de gemiddelde lactatiedagen weergegeven. Dit resultaat laat zien dat er een verband tussen methaanemissie en de lactatiedagen is van 38%. In de grafiek is een oplopende lijn te zien, hoe hoger het aantal lactatiedagen, hoe hoger de methaanemissie is. Dit resultaat is niet in overeenstemming met de verwachting dat de methaanemissie aan het einde van een lactatie lager is als aan het begin van een lactatie. Dit omdat koeien over het algemeen aan het einde van een lactatie minder melk produceren, en hierdoor ook minder ruwvoer opnemen. Een mogelijke verklaring voor dit resultaat biedt het feit dat de koeien die in het begin van de lactatie zitten (< 135 dagen), veelal vaarzen zijn. Zoals al eerdergenoemd hebben vaarzen over het algemeen een lager melkproductie en een lagere ds. opname. Ook het feit dat er in dit onderzoek geen koeien aanwezig waren die minder als 100 lactatiedagen hadden speelt mee. Ook zou de verhouding tussen de opname van ruwvoer en krachtvoer een verklaarbare rol kunnen spelen. De verhouding tussen de opname van ruwvoer en krachtvoer verandert normaalgesproken over de lactatie heen. Aan het begin van een lactatie wordt er in verhouding vaak meer krachtvoer gevoerd, dan aan het einde van een lactatie. Dit kan een mogelijke verklaring zijn dat de methaanemissie aan het einde van de lactatie hoger is. Uit de literatuur blijkt namelijk dat het verteren van ruwvoer een hogere methaanemissie geeft dan krachtvoer wat over het algemeen ligt verteerbaar is (S. TAMMINGA, 1978).

In Grafiek 12 is het verband tussen de gemiddelde methaanemissie en het lactosegehalte weergegeven. Dit resultaat laat zien dat er een verband tussen methaanemissie en het lactosegehalte van 21% is. In de grafiek is een aflopende lijn te zien, hoe hoger het lactosegehalte hoe lager de methaanemissie. Dit resultaat is niet in overeenstemming met de verwachting dat hoe hoger het lactosegehalte is hoe hoger de methaanemissie is, omdat het lactosegehalte meebepalend is voor de melkproductie. Is het lactosegehalte te laag, dan wordt er te weinig glucose gevoerd, wat weer nadelig is voor de melkproductie (Guillaume Counotte (GD Deventer), 2006). Een hoger melkproductie zorgt weer voor een hogere methaanemissie. Een mogelijke verklaring hiervoor is dat een te laag lactosegehalte (< 4,50 %) het gevolg is van een te lage propionzuurproductie. Een te lage propionzuurproductie is weer toe te schrijven aan te weinig glucose in de voeding/rantsoen. Dit wil zeggen als het lactosegehalte goed is (> 4,50 %), de propionzuurproductie ook op peil is. En een mogelijkheid om de te veel aan H-moleculen weg te werken is naast de vorming van methaan, de vorming van propionzuur (Guillaume Counotte (GD Deventer), 2006) (S. TAMMINGA, 1978).

In Grafiek 16 is het verband tussen de methaanemissie per kg meetmelk en het vetpercentage weergegeven. Dit resultaat laat zien dat er een verband is tussen de methaanemissie per kg meetmelk en het vetpercentage van 28%. Hoe hoger het vetpercentage hoe lager de methaanemissie per kg meetmelk is. Dit resultaat is niet in overeenstemming met de verwachting dat de methaanemissie per kg meetmelk lager is naarmate het vetpercentage hoger is. Dit omdat, bekend is dat van het verteren van structuurrijk voer een hoger vetgehalte oplevert dan snel verteerbaar voer. Het verteren van structuurrijk voer brengt met zich mee dat er weer meer azijnzuurproductie is, wat uiteindelijk resulteert in een hogere methaanemissie. Een mogelijke verklaring hiervoor is dat een hoger vetpercentage de kg meetmelkproductie positief kan beïnvloeden. Hierdoor kan de methaanemissie over meer kg meetmelk verdeeld worden.

In Grafiek 21 is het verband tussen de methaanemissie per kg ds. opname en de kg meetmelk weergegeven. Dit resultaat laat zien dat er een verband is tussen de methaanemissie per kg ds. opname en de kg meetmelk van 13%. Hoe hoger de kg meetmelk hoe lager de methaanemissie per kg ds. opname. Dit resultaat is in overeenstemming met de verwachting dat hoe meer melk er geproduceerd wordt hoe hoger de ds. opname is, hoe hoger de methaanemissie is. Maar hoe hoger de ds. opname, hoe lager de methaanemissie per kg ds. opname is. Een mogelijke verklaring hiervoor is, is dat de oudere koeien over het algemeen hoger in lactatiedagen zitten in de groep waar de resultaten op gebaseerd zijn. Deze oudere koeien geven meer kg meetmelk dan de vaarzen, terwijl ze in verhouding ook meer kg ds. opnemen.

In Grafiek 26 is het verband tussen de gemiddelde methaanemissie en de opgenomen kg ds. weergegeven. Dit resultaat laat zien dat er een sterk verband is tussen de gemiddelde methaanemissie en de kg ds. opname van 59%. Hoe hoger de kg ds. opname hoe hoger de methaanemissie. Dit is in overeenstemming met de verwachting dat naarmate de kg ds. opname stijgen de methaanemissie ook stijgt. Een mogelijke verklaring voor dit resultaat biedt het onderzoek van (S. TAMMINGA, 1978) dat concludeert dat de vertering van drogestof leidt tot een overmaat aan H-moleculen, die vervolgens worden weggewerkt door de vorming van methaan. Hoe meer drogestof opname, hoe meer waterstof, hoe hoger de methaanemissie is (S. TAMMINGA, 1978).

In Grafiek 35 en Grafiek 36 is de methaanemissie per stier weergegeven. De betrouwbaarheid van deze gegevens is laag doordat, er maar weinig dochters waren die dezelfde stier als vader hebben. Hierdoor is de kans op toeval te groot, en kunnen er geen uitspraken over de methaanemissie gedaan worden.

4.2.4 Meervoudige regressieanalyse

In Tabel 17 zijn de uitkomsten van de meervoudige regressieanalyse van de gemiddelde methaanemissie weergegeven. Dit resultaat laat zien dat er op basis van de kg ds. opname, de lactatiedagen en het ureumgehalte de methaanemissie voor 63% voorspeld kan worden. Dit resultaat is niet in overeenstemming met de verwachting dat de kg meetmelk ook invloed zouden hebben op de methaanemissie. Een mogelijke verklaring hiervoor is dat de kg sterk samenhangt met de ds. opname. Er moet eerst voer opgevreten worden voordat er melk wordt geproduceerd. De voeropname zorgt voor de methaanemissie, niet de melkgift.

4.3 Wat hebben we hieraan?

Het huidige onderzoek is een aanvulling op de kennis van de Dairy Campus, over de metingen die worden uitgevoerd met de Greenfeed units. Ook is nu bekend voor de Dairy Campus wat de gemiddelde methaanemissie per koe per dag nou precies is, en hoe zij scoren in vergelijking met referentiebedrijven. En op basis van welke factoren de beste voorspelling van de methaanemissie gedaan kan worden. Ook kan dit onderzoek een aanvulling zijn op de bestaande literatuur over de variatie in methaanemissie tussen individuele dieren. En de bestaande literatuur over de Greenfeed units. Voor de Dairy Campus is dit onderzoek ook een goede vergelijkingsbasis voor bijvoorbeeld, voerproeven met betrekking tot de methaanemissie.

Hierbij moet er wel rekening gehouden worden dat dit onderzoek hoofdzakelijk gebaseerd is op een groep van 64 koeien, die gedurende 21 dagen gemeten zijn. Ook zaten er in deze groep geen koeien met gemiddelde lactatiedagen onder de 90 dagen. In dit onderzoek kon er geen rekening gehouden worden met eventuele seizoeninvloeden. Dit zou de resultaten van het onderzoek kunnen beïnvloeden.

Het advies voor eventueel vervolgonderzoek is dan ook een even grote, of grotere groep koeien gedurende een jaar te gaan volgen met behulp van de Greenfeed units. Op deze manier zijn de lactatiedagen van de koeien beter verdeeld en kunnen eventuele seizoensinvloeden worden mee genomen.

5 Conclusie

In dit hoofdstuk worden de onderzoeksvragen beantwoord. Als eerste worden de sub-vragen beantwoord. Tot slot wordt de hoofdvraag van dit onderzoek beantwoord.

5.1 Onderzoeksvragen

Wanneer ontstaat methaanemissie?

Methaan ontstaat voor het grootste deel (80%) bij het fermentatieproces in de pens van de koe. De micro-organismen in de pens van de koe vormen methaan uit Waterstof (H_2) en Koolstofdioxide (CO_2). In de pens wordt methaan gevormd door protozoën en methaan vormende bacteriën. Door de methaan vorming wordt waterstof afgevoerd, er is te weinig zuurstof in de pens aanwezig om waterstof als water te kunnen afvoeren. Te veel waterstof in de pens zal het fermentatieproces stil leggen. Naast de methaan vorming tijdens het fermentatieproces, ontstaat een deel (20%) van het methaan in de mestopslag. Methaan ontstaat door de afbraak van organische stof door micro-organismen. De hoeveelheid methaan die vrijkomt uit drijfmest is vooral afhankelijk van de manier van opslag en verwerking van de drijfmest. De anaerobe (zuurstofloze) afbraak van organische stof in de drijfmest leidt via drie stappen tot de vorming van methaan en koolstofdioxide.

Wat zijn de variaties in methaanemissie die waar te nemen zijn tussen individuele dieren?

Uit zowel de literatuurstudie als het onderzoek kan geconcludeerd worden dat er een grote variatie tussen individuele dieren waar te nemen is. De variatie wordt hoofdzakelijk bepaald door de kg ds. opname, kg meetmelk (productie), lactatienummer en het aantal dagen in lactatie.

Wat is het verband tussen de methaanemissies en dier factoren zoals melkgift, voeropname (kg/ds.), genetische aanleg en lactatiestadium?

Uit het onderzoek kan geconcludeerd worden dat op basis van de kg ds. opname, de lactatiedagen en het ureumgehalte de gemiddelde methaanemissie voor 63% voorspelt kan worden. De methaanemissie per kg meetmelk kan op basis van het vetpercentage, ureumgehalte, lactatienummer en de lactatiedagen voor 47% voorspelt worden. De methaanemissie per kg ds. opname kan op basis van kg meetmelk voor 12% voorspelt worden.

Hoe scoren de melkkoeien van Dairy Campus op het gebied van methaanemissies in vergelijking met referentiebedrijven?

Uit het literatuuronderzoek en het onderzoek kan geconcludeerd worden dat de gemiddelde methaanemissie van de Dairy Campus wat hoger ligt in vergelijking met de gemeten methaanemissie van de koeien en kansen bedrijven. De gemeten methaanemissie met behulp van de Greenfeed was voor de Koeien en Kansen bedrijven gemiddeld 415 gram methaan per koe per dag en 13,9 gram per kg meetmelk. Voor de Dairy Campus was dit 453,11 gram methaan per koe per dag en 14,91 gram methaan per kg meetmelk.

Hoe doen de melkkoeien van Dairy Campus het op het gebied van methaanemissies?

Uit het literatuuronderzoek en het onderzoek kan geconcludeerd worden dat de gemiddelde methaanemissie van de Dairy Campus wat hoger ligt in vergelijking met de gemeten methaanemissie van de koeien en kansen bedrijven. De gemeten methaanemissie met behulp van de Greenfeed was voor de Koeien en Kansen bedrijven gemiddeld 415 gram methaan per koe per dag en 13,9 gram per kg meetmelk. Voor de Dairy Campus was dit 453,11 gram methaan per koe per dag en 14,91 gram methaan per kg meetmelk.

6 Aanbevelingen

In dit hoofdstuk worden de aanbevelingen beschreven die van toepassing kunnen zijn voor eventueel een vervolgonderzoek.

- Om een beter beeld te krijgen van de gemiddelde methaanemissie, is aanbevolen om een lagere periode te gaan meten. Hierbij moet er gedacht worden aan volledige lactatie van koeien. Op deze manier kunnen eventuele seizoensinvloeden gevonden worden. Hierbij moet er gedacht worden aan weersinvloeden, rantsoenwisselingen en een beter inzicht te creëren van de invloed van de lactatiedagen.
- Om een nog beter beeld te creëren op de invloed van de lactatiedagen, zouden er bij vervolgonderzoek koeien moeten zitten die in het begin van de lactatie zitten. Op deze manier kan ook het eventuele effect van de negatieve energiebalans gevonden worden.
- Op basis van de invloed van de genetische gegevens, zou er een groter groep koeien onderzocht moeten worden, zodat er meer dochters met dezelfde vader (stier) zijn.

7 Bibliografie

- Aart Evers, F. d. (2019). *Scenariostudie mono-vergisten op melkveebedrijf met veengrond*. Wageningen: Wageningen Livestock Research.
- Amona, B. K.-B. (2006). *Methane, nitrous oxide and ammonia emissions during storage and after application of dairy cattle slurry and influence of slurry treatment*. ScienceDirect.
- André Bannink, B. H. (2015). Oogstmoment snijmais beïnvloed methaanuitstoot. *Veeteelt*.
- Ben Baarda, E. B. (2020). Hoe beschrijf je de gegevens van je onderzoek? In E. B. Ben Baarda, *Basisboek Methoden en Technieken* (pp. 304 - 348). Groningen/Houten: Noordhoff Uitgevers bv.
- C.M. Groenestein, J. M. (2016). *Methaanemissie uit mest*. Wageningen: Wageningen University & Research.
- c-lock inc. (2019). *high resolution data*. Opgehaald van c-lockic.com: <https://www.c-lockinc.com/our-services/data/>
- c-lock inc. (2019). *Products - Greenfeed large animals*. Opgehaald van C-lockinc.com: <https://www.c-lockinc.com/shop/automated-emissions-measurement/greenfeed-large-animals/>
- CVB. (2010). *Tabellenboek Veevoeding 2010*. Den Haag.
- Dairy Campus. (2018). *On farm measurement of enteric methane emission*. Opgehaald van [dairycampus.nl](https://www.dairycampus.nl/en/Home/show/On-farm-measurement-of-enteric-methane-emission.htm#): <https://www.dairycampus.nl/en/Home/show/On-farm-measurement-of-enteric-methane-emission.htm#>
- Dijck, L. v. (2016). *Methaanemissiereductie in de rundveehouderij*. Boerenbond.
- Dijkstra, J. (2011). Maïs en mals gras tegen methaan. *Kennis online: Wageningen UR-onderzoek voor LNV*.
- Duurzame zuivelketen. (2019). Opgehaald van [duurzamezuivelketen.nl](https://www.duurzamezuivelketen.nl/): <https://www.duurzamezuivelketen.nl/>
- G. Manafiazar, a. S. (2016). Repeatability and variability of short-term spot measurement of methane and carbon dioxide emissions from beef cattle using GreenFeed emissions monitoring system. *Canadian Journal of Animal Science*.
- Garnsworthy, P. (2012). Variation among individual dairy cows in methane measurements made on farm during milking. *Journal of dairy science*, 8.
- Groenestein, D. P.-R. (2019). *Duurzaamheids-ethische toetsing van*. Wageningen: Wageningen Livestock Research.
- Guillaume Counotte (GD Deventer). (2006). *Lactose ondergewaardeerd? Veeteelt*.
- J.W. Spek, A. K. (2017). *Reductie van ammoniak- en methaanemissie via het voerspoor*. Wageningen: Wageningen Livestock Research.
- K.J. Hammond, D. (2015). *Methane emissions from cattle: Estimates from short-term measurements using a GreenFeed system compared with measurements obtained using respiration chambers or sulphur hexafluoride tracer*. Earley Gate: Animal Feed Science and Technology.
- Koeien en Kansen. (2019). *Over koeien en kansen*. Opgehaald van [koeienenkansen.nl](https://www.koeienenkansen.nl/nl/koeien-kansen-1.htm): <https://www.koeienenkansen.nl/nl/koeien-kansen-1.htm>
- L. Šebek, M. d. (2014). *Methaanemissie op het melkveebedrijf*. Wageningen: Wageningen UR Livestock Research.
- L.B. Šebek. (2020, April 6). *Ervaringen met methaanmetingen op Koeien & Kansen-bedrijven*. Opgehaald van Wageningen University & Research: <https://www.wur.nl/nl/nieuws/Ervaringen-met-methaanmetingen-op-Koeien-Kansen-bedrijven.htm>
- L.B. Šebek, J. M. (2016). *Rekenregels voor de enterische methaan-emissie op het melkveebedrijf en reductie van de methaan- emissie via mesthandling, het handelings- perspectief van het voerspoor inzichtelijk maken met de Kringloopwijzer*. Wageningen: Wageningen UR Livestock Research.
- L.B.J. Šebek, R. S. (2006). *Verlaging van methaan- en lachgasemissie uit de Nederlands Melkveehouderij*. Wageningen UR.
- LEI Wageningen UR. (2012). *Factsheet Broeikasgassen: methaan*. WUR.

- P.J. Moate a, S. W. (2011). *Influence of cold-pressed canola, brewers grains and hominy meal as dietary supplements suitable for reducing enteric methane emissions from lactating dairy cows*. Animal Feed Science and Technology.
- R.M. de Mol, M. H. (2003). *Methaan-, lachgas- en ammoniakemissies bij productie, opslag en transport van mest*. Wageningen: Wageningen-UR, Instituut voor Milieu- en Agritechniek.
- S. TAMMINGA, A. V. (1978). *de betekenis van pensfermentatie bij herkauwers*. Polytechnisch tijdschrift, editie 'landbouwkundig tijdschrift/pt' nr. 7.
- Sanders, W. (2001). *Sanders, W.T.M. Anaerobic hydrolysis during digestion of complex substrates*. Wageningen University.
- Th.V. Vellinga, J. R. (2018). *Lange termijn opties voor reductie van broeikasgassen uit de Nederlandse landbouw*. Wageningen: Wageningen Livestock Research.
- Vetcompendium. (2016). *Vetcompendium*. Opgehaald van Monensin: <https://www.vetcompendium.be/nl/node/3520>
- Vilt. (2018, December 17). *Zuivelsector kiest vlucht vooruit inzake duurzaamheid*. Opgehaald van www.vilt.be: <https://www.vilt.be/zuivelsector-kiest-vlucht-vooruit-inzake-duurzaamheid>
- WUR. (2019). *Methaanemissie veehouderij*. Opgehaald van wur.nl: <https://www.wur.nl/nl/Onderzoek-Resultaten/Onderzoeksprojecten-LNV/Expertisegebieden/Beleidsondersteunend-onderzoek/Lopend-in-2019/Klimaatenvloppe/Methaanemissie-veehouderij.htm>
- Zeeman, G. (1991). *MESOPHILIC AND PSYCHROPHILIC DIGESTION OF LIQUID MANURE*. Wageningen.
- Zijderveld, S. v. (2011). *Voerstrategieën om methaanemissie te verlagen*. WUR.

Bijlage 1 – Greenfeed

De Greenfeed is een product van C-lock inc. Dit is een bedrijf uit Rapid city in South Dakota. Het bedrijf is opgericht in 2005 door Dr. Patrick Zimmerman.

De 'Large Animal' GreenFeed is een systeem dat is ontworpen voor het meten van methaan (CH_4), kooldioxide (CO_2) en optioneel zuurstof (O_2), waterstof (H_2) en waterstofsulfide (H_2S) van individuele dieren. Het is ook mogelijk om emissiegegevens van individuele dieren te verzamelen en bedrijfsgemiddelden te bepalen. Het systeem is meestal geconfigureerd om een kleine hoeveelheid krachtvoer als lokaas aan te bieden om de dieren te verleiden meerdere keren per dag te bezoeken. De gasemissiegegevens worden vastgelegd en vervolgens automatisch verwerkt, zodat de gebruiker gemakkelijk toegang heeft tot een samengevat rapport (c-lock inc., 2019).

Data:

De GreenFeed registreert sensorgegevens op een seconde basis. Geautomatiseerde processors zijn ontwikkeld om de gegevens op verschillende niveaus samen te voegen, zodat gebruikers de resultaten snel en effectief kunnen analyseren. De gegevens kunnen nuttig zijn op een aantal verschillende niveaus, waaronder:

- Gegevens met hoge resolutie
- Dag emissiepatronen gedurende de dag
- Evaluatie van lange termijn trends
- Individuele dieremissies
- Gemiddelde kuddetrends

(c-lock inc., 2019)

Tijdens elk dierenbezoek worden gegevens met hoge resolutie automatisch verzameld en opgeslagen. GreenFeed-software gebruikt de metingen van seconde tot seconde om automatisch massafluxen te berekenen voor de bemonsteringsperiode voor elk dierbezoek. Seconden per seconde emissiegegevens bieden nieuwe inzichten in metabole processen die voorheen niet mogelijk waren met een alternatieve bemonsteringsmethode voor emissies (c-lock inc., 2019).



(c-lock inc., 2019)

Voor meer informatie zie: <https://www.c-lockinc.com/shop/automated-emissions-measurement/greenfeed-large-animals/>

Bijlage 2 – MPR-gegevens

Koenummer:	Datum:	Kg melk:	Vet %:	Eiwit %:	Lactose %:	Ureum gehalte:
87	08-nov-19	30,5	5,48	3,87	4,55	23
87	13-nov-19	30,2	5,59	3,82	4,43	18
87	20-nov-19	30,7	5,54	3,82	4,63	13
89	08-nov-19	29,1	5,40	4,10	4,43	24
89	13-nov-19	29,4	5,52	4,13	4,32	13
89	20-nov-19	28,4	5,68	4,17	4,28	9
151	08-nov-19	29,8	6,39	3,95	4,54	27
151	13-nov-19	30,7	5,23	3,78	4,33	12
151	20-nov-19	30,3	4,90	3,93	4,47	12
219	08-nov-19	27,1	6,59	3,87	4,42	22
219	13-nov-19	27,7	5,16	4,01	4,32	16
219	20-nov-19	27,5	5,21	3,97	4,38	10
292	08-nov-19	27,1	5,26	3,88	4,47	27
292	13-nov-19	28,6	5,87	3,73	4,26	14
292	20-nov-19	27,4	5,25	3,56	4,44	14
300	08-nov-19	22,3	4,55	3,61	4,37	22
300	13-nov-19	24,4	6,74	3,71	4,23	9
300	20-nov-19	23,7	5,23	3,77	4,23	6
353	08-nov-19	29,1	5,66	3,95	4,25	18
353	13-nov-19	28,4	5,70	3,98	4,34	16
353	20-nov-19	28,9	5,77	3,79	4,39	8
395	08-nov-19	19,8	5,20	3,83	4,45	26
395	13-nov-19	24,8	6,38	4,29	4,14	19
395	20-nov-19	23,4	6,54	4,32	4,29	14
426	08-nov-19	19,4	4,50	3,27	4,53	13
426	13-nov-19	21,2	5,78	4,26	4,42	18
426	20-nov-19	24,5	6,14	4,03	4,41	12
427	08-nov-19	20,9	5,52	4,28	4,34	20
427	13-nov-19	28,8	5,01	3,82	4,56	19
427	20-nov-19	27	5,20	3,71	4,63	11
433	08-nov-19	24,9	5,29	3,78	4,39	29
433	13-nov-19	25,3	5,10	3,83	4,14	20
433	20-nov-19	25,9	5,63	3,70	4,09	13
436	08-nov-19	23,2	5,30	4,24	4,54	24
436	13-nov-19	24,1	4,91	3,55	4,46	15

436	20-nov-19	29,3	5,50	3,94	4,47	15
601	08-nov-19	27,5	4,73	3,51	4,52	24
601	13-nov-19	27,1	5,64	3,88	4,43	12
601	20-nov-19	28,4	6,48	3,78	4,49	10
654	08-nov-19	26,2	5,50	3,63	4,52	25
654	13-nov-19	26,7	5,72	3,95	4,22	19
654	20-nov-19	25,6	5,86	3,92	4,31	14
656	08-nov-19	25,4	5,12	3,38	4,26	16
656	13-nov-19	25,5	6,08	4,19	4,38	17
656	20-nov-19	27,4	6,35	4,04	4,50	8
673	08-nov-19	27,2	5,47	3,60	4,44	18
673	13-nov-19	25,1	5,52	3,67	4,43	14
673	20-nov-19	29,6	5,18	3,73	4,47	11
678	08-nov-19	28,7	4,90	3,55	4,50	20
678	13-nov-19	30,3	4,39	3,79	4,16	14
678	20-nov-19	28,5	5,20	3,82	4,27	9
710	08-nov-19	24,9	5,97	4,18	4,28	26
710	13-nov-19	25,3	5,47	3,88	4,43	12
710	20-nov-19	24,9	4,69	3,80	4,55	5
712	08-nov-19	24,7	4,94	3,78	4,62	32
712	13-nov-19	25,2	6,26	4,19	4,27	14
712	20-nov-19	25,1	6,23	3,99	4,35	8
733	08-nov-19	24	4,29	3,63	4,48	22
733	13-nov-19	22,7	6,02	4,44	4,59	16
733	20-nov-19	22,9	6,34	4,44	4,68	7
743	08-nov-19	24,1	5,29	3,73	4,43	22
743	13-nov-19	23,6	5,94	3,83	4,38	14
743	20-nov-19	23	5,63	3,88	4,52	10
826	08-nov-19	25,5	4,97	3,68	4,36	20
826	13-nov-19	24,3	5,37	3,61	4,25	17
826	20-nov-19	26,2	5,21	3,68	4,19	9
838	08-nov-19	21,4	4,34	3,94	4,62	26
838	13-nov-19	22,8	6,09	4,30	4,20	19
838	20-nov-19	22,3	5,90	4,26	4,29	13
849	08-nov-19	28,7	4,77	3,77	4,55	22
849	13-nov-19	29,3	4,99	3,71	4,38	12
849	20-nov-19	31,3	4,42	3,43	4,24	9

858	08-nov-19	26,7	4,63	3,94	4,58	21
858	13-nov-19	25,2	4,33	3,69	4,43	15
858	20-nov-19	26	4,55	3,46	4,52	7
958	08-nov-19	24	5,26	4,03	4,45	24
958	13-nov-19	24,3	5,00	3,80	4,66	17
958	20-nov-19	24,4	4,74	3,68	4,74	11
960	08-nov-19	23,7	4,65	3,80	4,63	21
960	13-nov-19	24,9	5,64	3,58	4,70	12
960	20-nov-19	22,7	4,09	3,46	4,79	7
980	08-nov-19	24,7	6,02	3,84	4,33	19
980	13-nov-19	24,2	5,36	3,73	4,56	19
980	20-nov-19	21,4	5,96	3,79	4,58	12
1058	08-nov-19	26,2	5,32	3,86	4,28	20
1058	13-nov-19	26,8	5,49	3,87	4,53	15
1058	20-nov-19	26,4	5,47	3,93	4,60	13
1443	08-nov-19	20,8	6,90	4,50	4,24	33
1443	13-nov-19	20,7	4,67	3,88	4,58	15
1443	20-nov-19	21,3	5,12	3,94	4,62	15
1450	08-nov-19	20,7	5,19	3,71	4,45	28
1450	13-nov-19	20,2	5,21	3,86	4,64	9
1450	20-nov-19	21,9	6,33	3,71	4,68	8
1469	08-nov-19	24,5	5,38	3,30	4,11	19
1469	13-nov-19	21,5	5,23	3,40	4,71	16
1469	20-nov-19	22	5,00	3,30	4,63	12
1490	08-nov-19	21,4	5,95	4,01	4,52	25
1490	13-nov-19	21	4,31	3,25	4,52	16
1490	20-nov-19	23,5	4,59	3,38	4,34	13
1516	08-nov-19	22,6	5,89	3,82	4,50	20
1516	13-nov-19	20,2	5,89	3,91	4,64	20
1516	20-nov-19	21,6	5,27	3,77	4,73	15
1525	08-nov-19	19,1	4,50	3,54	4,54	24
1525	13-nov-19	19	5,55	3,92	4,44	16
1525	20-nov-19	20,1	5,27	3,92	4,47	13
1526	08-nov-19	22,1	5,11	3,58	4,54	26
1526	13-nov-19	22,1	5,85	3,71	4,48	17
1526	20-nov-19	21,8	5,51	3,60	4,52	13
1527	08-nov-19	18,7	5,45	3,62	4,60	19

1527	13-nov-19	19,3	5,55	3,81	4,57	13
1527	20-nov-19	18,6	5,91	3,81	4,63	10
1533	08-nov-19	22,1	5,27	3,70	4,48	20
1533	13-nov-19	22,1	5,31	3,79	4,64	16
1533	20-nov-19	23,1	5,51	3,52	4,67	12
1538	08-nov-19	20,8	5,13	3,97	4,41	28
1538	13-nov-19	20	5,71	3,77	4,49	18
1538	20-nov-19	22,2	5,08	3,89	4,57	13
1542	08-nov-19	24	5,65	4,07	4,58	25
1542	13-nov-19	24	4,27	3,86	4,38	20
1542	20-nov-19	26,1	4,33	3,45	4,30	17
1548	08-nov-19	25,5	4,97	3,75	4,68	22
1548	13-nov-19	25,2	4,64	3,43	4,58	15
1548	20-nov-19	25,5	5,36	3,44	4,66	13
1558	08-nov-19	21,5	5,12	4,20	4,52	20
1558	13-nov-19	22,1	5,05	3,85	4,67	15
1558	20-nov-19	22	5,06	3,71	4,73	14
1563	08-nov-19	20,6	5,52	3,70	4,58	18
1563	13-nov-19	21	5,57	3,89	4,50	15
1563	20-nov-19	20,7	5,33	3,87	4,63	10
1565	08-nov-19	21,8	4,85	3,89	4,71	22
1565	13-nov-19	21,9	6,08	3,59	4,48	15
1565	20-nov-19	21,7	5,34	3,72	4,54	18
1568	08-nov-19	23,4	5,81	4,15	4,48	23
1568	13-nov-19	22,2	4,82	3,64	4,75	18
1568	20-nov-19	23,4	5,28	3,45	4,63	14
1570	08-nov-19	22,5	5,03	3,97	4,48	24
1570	13-nov-19	20,8	5,58	3,59	4,73	24
1570	20-nov-19	23,9	4,78	3,76	4,55	17
1571	08-nov-19	16,6	4,70	4,01	4,55	23
1571	13-nov-19	21,3	6,07	3,98	4,56	25
1571	20-nov-19	22	6,66	3,93	4,65	18
4191	08-nov-19	30	5,74	4,18	4,37	23
4191	13-nov-19	30,5	5,90	3,55	4,10	15
4191	20-nov-19	30,1	5,03	3,58	4,19	10
6582	08-nov-19	34,4	4,32	3,74	4,59	31
6582	13-nov-19	32,2	5,22	3,79	4,28	16

6582	20-nov-19	31,8	5,58	3,67	4,09	10
6769	08-nov-19	27,4	4,66	3,78	4,55	24
6769	13-nov-19	26,6	4,69	3,43	4,41	16
6769	20-nov-19	28,1	5,33	3,30	4,40	8
7085	08-nov-19	25,5	5,90	3,95	4,54	28
7085	13-nov-19	26,9	5,02	3,54	4,34	14
7085	20-nov-19	25,6	4,87	3,42	4,25	10
7475	08-nov-19	29,2	5,39	3,46	4,38	17
7475	13-nov-19	30,4	5,22	3,48	4,43	14
7475	20-nov-19	32,6	5,08	3,41	4,40	9
7495	08-nov-19	22,3	5,20	3,65	4,84	29
7495	13-nov-19	22,3	5,15	4,28	4,42	16
7495	20-nov-19	21,8	6,05	4,33	4,40	10
7549	08-nov-19	29,2	5,17	3,94	4,68	27
7549	13-nov-19	29,2	4,41	3,80	4,30	15
7549	20-nov-19	33,9	5,04	3,80	4,09	8
7615	08-nov-19	28,4	5,70	4,06	4,43	20
7615	13-nov-19	26,4	4,83	4,21	4,40	18
7615	20-nov-19	26,8	4,85	4,13	4,45	15
7830	08-nov-19	25,4	5,03	3,96	4,43	22
7830	13-nov-19	24,8	5,29	3,86	4,44	19
7830	20-nov-19	26,5	5,19	3,85	4,46	10
7863	08-nov-19	26,5	5,44	3,63	4,45	14
7863	13-nov-19	27,3	5,97	3,98	4,63	22
7863	20-nov-19	26,3	5,77	4,09	4,73	15
7952	08-nov-19	21,8	4,13	3,50	4,33	16
7952	13-nov-19	26,3	6,07	4,00	4,32	11
7952	20-nov-19	26,9	6,48	3,96	4,26	7
7963	08-nov-19	22,7	5,70	3,66	4,51	26
7963	13-nov-19	22,6	5,90	4,17	4,24	15
7963	20-nov-19	22	6,09	4,27	4,29	8
7969	08-nov-19	29,9	6,04	3,88	4,53	23
7969	13-nov-19	29,9	6,35	3,96	4,16	8
7969	20-nov-19	29,2	5,59	4,02	4,28	8
8121	08-nov-19	27,9	4,54	3,98	4,48	28
8121	13-nov-19	27	5,40	3,56	4,38	13
8121	20-nov-19	27,3	5,30	3,57	4,30	11

8127	08-nov-19	28,7	4,85	4,04	4,36	15
8127	13-nov-19	30,9	5,50	3,97	4,39	19
8127	20-nov-19	30,3	6,07	3,89	4,41	13
8137	08-nov-19	23,7	6,03	3,98	4,50	28
8137	13-nov-19	24,3	5,82	3,62	4,45	17
8137	20-nov-19	24,3	5,63	3,41	4,34	11
9789	08-nov-19	28,4	4,20	3,55	4,19	29
9789	13-nov-19	25,8	6,89	3,87	4,30	17
9789	20-nov-19	22	6,61	3,80	4,32	9

Bijlage 3 – Koe-gegevens

Koenummer:	Geboorte datum:	Lactatienummers:	lactatiedagen op:	Kg meetmelk gemiddeld:	Ds. opname gemiddeld:	CH4 Gemiddeld:	CH4 per kg meetmelk:	CH4 per kg ds. opname:
			13-11-2019					
87	16-12-2014	3	212	36,99	22,54	581,24	15,71	28,14
89	27-12-2014	3	208	37,28	22,35	524,90	14,08	24,43
151	25-12-2014	3	197	37,49	23,56	537,64	14,34	23,70
219	15-2-2015	3	198	33,74	23,20	486,16	14,41	22,55
292	1-5-2015	3	144	33,34	17,82	427,48	12,82	25,91
300	5-7-2015	3	181	27,91	16,71	416,36	14,92	25,56
353	5-6-2015	3	159	39,21	21,90	522,82	13,33	24,86
395	4-7-2015	2	218	27,43	23,70	499,55	18,21	22,01
426	23-7-2015	3	180	26,00	20,64	476,34	18,32	24,89
427	28-7-2015	3	117	38,18	19,28	442,20	11,58	24,17
433	11-8-2015	3	165	29,99	20,04	471,76	15,73	25,65
436	18-8-2015	3	167	27,99	19,16	439,79	15,71	23,73
601	13-11-2015	2	182	32,63	20,14	493,37	15,12	25,26
654	3-2-2016	2	185	32,78	19,53	513,46	15,67	26,71
656	24-2-2016	2	187	31,42	20,35	445,31	14,17	22,93
673	2-1-2016	2	141	31,34	19,75	479,33	15,30	25,67
678	5-1-2016	2	181	40,03	21,00	436,60	10,91	21,72
710	24-1-2016	2	156	29,77	19,35	491,43	16,51	27,94
712	25-1-2016	2	233	31,04	19,33	531,98	17,14	30,57
733	10-2-2016	2	172	29,84	20,71	460,18	15,42	22,97
743	17-2-2016	2	213	29,55	16,52	415,36	14,05	25,96
826	6-5-2016	2	172	30,30	19,65	517,82	17,09	27,59
838	10-5-2016	2	215	30,20	19,76	426,50	14,12	22,37
849	17-5-2016	2	174	39,58	19,04	458,85	11,59	25,66
858	17-5-2016	2	178	28,35	18,18	407,82	14,39	23,56
958	11-7-2016	2	163	30,71	16,35	415,53	13,53	27,53
960	12-7-2016	2	135	29,99	15,95	435,67	14,53	28,42
980	28-7-2016	2	136	28,15	17,16	384,87	13,67	24,33
1058	21-9-2016	2	134	30,98	18,63	414,99	13,39	23,18
1443	29-5-2017	1	118	24,51	16,76	429,21	17,51	27,23
1450	2-6-2017	1	97	25,38	15,80	409,96	16,15	27,46

1469	19-6-2017	1	111	26,24	17,48	378,48	14,43	21,96
1490	30-6-2017	1	114	26,45	15,51	412,12	15,58	27,99
1516	19-7-2017	1	106	26,14	16,11	432,32	16,54	29,30
1525	24-7-2017	1	104	21,94	16,33	408,15	18,60	25,73
1526	24-7-2017	1	119	26,53	17,38	469,75	17,71	28,95
1527	25-7-2017	1	114	20,93	15,52	384,92	18,39	26,46
1533	27-7-2017	1	106	27,47	17,45	422,88	15,39	25,19
1538	29-7-2017	1	96	27,41	16,93	429,13	15,66	26,75
1542	31-7-2017	1	107	29,63	16,31	429,60	14,50	27,21
1548	6-8-2017	1	110	29,94	17,41	380,80	12,72	23,40
1558	14-8-2017	1	110	27,62	15,39	384,38	13,92	25,96
1563	18-8-2017	1	109	24,63	15,04	374,80	15,22	26,49
1565	20-8-2017	1	117	29,27	16,46	414,54	14,16	26,64
1568	22-8-2017	1	103	30,53	15,60	365,63	11,98	24,81
1570	22-8-2017	1	109	27,53	17,47	430,48	15,64	26,33
1571	23-8-2017	1	102	25,61	17,13	475,93	18,58	29,84
4191	8-2-2013	5	212	35,71	21,91	515,38	14,43	24,13
6582	29-1-2011	7	196	36,52	21,22	505,74	13,85	25,73
6769	15-7-2011	6	213	31,82	20,69	484,55	15,23	25,00
7085	9-4-2012	5	202	30,71	22,42	521,26	16,98	27,21
7475	22-3-2013	5	125	39,39	21,19	432,04	10,97	21,95
7495	11-4-2013	5	203	27,19	18,04	413,96	15,22	24,03
7549	16-6-2013	5	108	32,15	20,00	415,87	12,94	22,36
7615	6-8-2013	5	117	32,40	20,03	476,48	14,71	26,03
7830	7-2-2014	4	178	34,27	21,92	515,87	15,05	24,14
7863	14-1-2014	4	176	34,16	21,74	490,01	14,35	24,02
7952	27-3-2014	4	215	27,07	20,17	475,53	17,57	27,42
7963	3-5-2014	4	155	29,37	19,49	399,53	13,60	21,66
7969	16-6-2014	4	127	40,30	20,51	443,05	10,99	23,32
8121	24-7-2014	4	144	33,97	20,73	430,34	12,67	21,86
8127	9-8-2014	4	110	37,92	20,46	467,45	12,33	23,58
8137	30-9-2014	4	208	29,08	18,13	479,40	16,48	29,51
9789	14-5-2013	5	175	29,52	22,80	544,43	18,44	25,12

Bijlage 4 – Dochters en kleindochters stieren

<i>Koe-nummer:</i>	<i>Stier:</i>	<i>METHAANEMISSION:</i>
673	DELTA ATLANTIC	479,33
710	DELTA ATLANTIC	491,43
7963	DELTA ATLANTIC	399,53
426	DELTA BOOKEM	476,34
	DANNO	
433	DELTA BOOKEM	471,76
	DANNO	
601	DELTA BOOKEM	493,37
	DANNO	
395	MOBILE	499,55
656	MOBILE	445,31
733	MOBILE	460,18
838	MOBILE	426,50
858	MOBILE	407,82
1450	PEAK JEROD ABEL	409,96
1490	PEAK JEROD ABEL	412,12
1527	PEAK JEROD ABEL	384,92
1563	PEAK JEROD ABEL	374,80
1469	VENERIETE IBIZA	378,48
1533	VENERIETE IBIZA	422,88
1538	VENERIETE IBIZA	429,13
1570	VENERIETE IBIZA	430,48

<i>Koe-nummer:</i>	<i>Stier:</i>	<i>Moedersvader:</i>	<i>METHAANEMISSION:</i>
678	NEWHOUSE JASPER	DELTA ATLANTIC	436,60
1490	PEAK JEROD ABEL	DELTA ATLANTIC	412,12
1527	PEAK JEROD ABEL	DELTA ATLANTIC	384,92
1533	VENERIETE IBIZA	DELTA ATLANTIC	422,88
7963	DELTA ATLANTIC	DE-SU OMAN GOLI-ET	399,53
656	MOBILE	DE-SU OMAN GOLI-ET	445,31
1548	BOUW ROCKY	DE-SU OMAN GOLI-ET	380,80
1565	TOPGEAR	DE-SU OMAN GOLI-ET	414,54
426	DELTA BOOKEM DANNO	KIAN	476,34
1058	WD REMINDER	KIAN	414,99
7475	DE-SU OMAN GOLI-ET	KIAN	432,04
7495	LOWLANDS LAMBIK	KIAN	413,96
7969	MAXIMILLIAAN	KIAN	443,05
826	DELTA PERSUADER	SAND-HILL DELTA NEVADA	517,82
958	APINA STIG	SAND-HILL DELTA NEVADA	415,53
1563	PEAK JEROD ABEL	SAND-HILL DELTA NEVADA	374,80

Bijlage 5 – Rantsoen gegevens

Product:	Kg voer:	DS %:	KG DS:
Graskuil_2019_12	24,00	38,5	9,24
Maiskuil_2018_16	18,22	33,8	6,16
Dairyfit_Lactatie (mineralen)	0,13	99,1	0,13
SolideExact_meel_35 (Krachtvoer in meel vorm)	7,27	88,9	6,47
Water	5,50	1	0,055
Kg Totaal:	55,12	40,00%	22,055
Aandeel krachtvoer in het totale rantsoen:	29%		

* Het rantsoen is berekend op basis van een verwachte opname van 22 kg ds. per koe per dag.
Mocht een koe meer of minder kg ds. opnemen, dan is dit evenredig meer of minder van alle rantsoencomponenten.
De percentages van de verschillende grondstoffen in het totale rantsoen blijven ongewijzigd.