



Enterische methaanemissie van melkvee in relatie tot (vers) graskwaliteit

Jaarrapport 1: 2020

Cindy Klootwijk, Lisanne Koning, Gertjan Holshof, Arie Klop en Ronald Zom

RAPPORT 1342



WAGENINGEN
UNIVERSITY & RESEARCH

Enterische methaanemissie van melkvee in relatie tot (vers) graskwaliteit

Jaarrapport 1: 2020

Resultaten eerste jaar (2020) van een meerjarige beweidingsproef naar methaanemissie bij weidegang, zomerstalvoeding en graskuil

Cindy Klootwijk, Lianne Koning, Gertjan Holshof, Arie Klop en Ronald Zom

Wageningen Livestock Research

Dit onderzoek is uitgevoerd door Wageningen Livestock Research (WLR) afdeling Diervoeding, in opdracht van en gefinancierd door het ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit (LNV), in het kader van het programma Integraal aanpakken (projectnummer BO-53-003-030)

Wageningen Livestock Research
Wageningen, december 2021

Openbaar
Rapport 1342

Klootwijk, C.W., L. Koning, G. Holshof, A. Klop en R.L.G. Zom, 2021. *Enterische methaanemissie van melkvee in relatie tot (vers) graskwaliteit Jaarrapport 1: 2020*, Wageningen Livestock Research, Openbaar Rapport 1342

Binnen het LNV-Klimaatbeleid zijn scherpe doelstellingen geformuleerd om gelijktijdig methaan (CH₄) en ammoniak emissies te reduceren. Deze jaarrapportage is onderdeel van meerjarig onderzoek naar mechanismes waarmee de (vers) graskwaliteit enterische CH₄ emissie beïnvloedt ten behoeve van de gelijktijdige reductie. De resultaten van één jaar beweidingsonderzoek laten zien dat de enterische CH₄ emissie op basis van vers gras mogelijk wordt overschat. Resultaten van meerdere weerjaren en verdere verdieping van de afbraakcharacteristieken in de pens zijn nodig om dit verder te kunnen onderbouwen.

The Dutch ministry of Agriculture, Nature and Food Quality has set strict reduction targets to reduce methane (CH₄) and ammonia emissions simultaneously. This one-year report is part of a multiannual research to discover the mechanisms with which the fresh grass quality influences the enteric CH₄ emission. This knowledge contributes to finding ways for simultaneous reduction. Results of a one-year grazing experiment show that the CH₄ emission based on fresh grass is possibly overestimated. Results of multiple years with different weather circumstances and additional insights in rumen degradation characteristics are needed to further substantiate.

Dit rapport is gratis te downloaden op <https://doi.org/10.18174/556029> of op www.wur.nl/livestock-research (onder Wageningen Livestock Research publicaties).



Dit werk valt onder een Creative Commons Naamsvermelding-Niet Commercieel 4.0 Internationaal-licentie.

© Wageningen Livestock Research, onderdeel van Stichting Wageningen Research, 2021

De gebruiker mag het werk kopiëren, verspreiden en doorgeven en afgeleide werken maken. Materiaal van derden waarvan in het werk gebruik is gemaakt en waarop intellectuele eigendomsrechten berusten, mogen niet zonder voorafgaande toestemming van derden gebruikt worden. De gebruiker dient bij het werk de door de maker of de licentiegever aangegeven naam te vermelden, maar niet zodanig dat de indruk gewekt wordt dat zij daarmee instemmen met het werk van de gebruiker of het gebruik van het werk. De gebruiker mag het werk niet voor commerciële doeleinden gebruiken.

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

Wageningen Livestock Research is NEN-EN-ISO 9001:2015 gecertificeerd.

Op al onze onderzoeksopdrachten zijn de Algemene Voorwaarden van de Animal Sciences Group van toepassing. Deze zijn gedeponeerd bij de Arrondissementsrechtbank Zwolle.

Openbaar Wageningen Livestock Research Rapport 1342

Inhoud

	Woord vooraf	5
	Samenvatting	7
1	Inleiding	9
	1.1 Aanleiding voor het onderzoek	9
	1.2 De programmatische integrale aanpak	9
	1.3 Aanleiding van dit deelonderzoek	9
	1.4 Doel van het deelonderzoek	10
2	Materiaal en methode	12
	2.1 Overkoepelende proefopzet	12
	2.2 Koegegevens	13
	2.3 Proef A	15
	2.3.1 Graskuil	16
	2.3.2 Weidegang	16
	2.3.3 Zomerstalvoeding	16
	2.4 Proef B	16
	2.5 Graslandmanagement	17
	2.5.1 Proef A	17
	2.5.2 Proef B	19
	2.6 Methaanmetingen	20
	2.6.1 Meetapparatuur	20
	2.6.2 Proefopzet	21
	2.6.3 Krachtvoergift	21
	2.7 Graskwaliteit en grasopname metingen	22
	2.7.1 Grasmonsters en analyse proef A en B	22
	2.7.2 Grasopname in de wei	22
	2.8 Penskarakteristieken	23
	2.8.1 Proefopzet	23
	2.8.2 Vetzuurpatroon en ammoniak in de pens	24
	2.8.3 Continue pH metingen	24
	2.9 Afbraakkarakteristieken vers gras en graskuil	25
	2.9.1 Achtergrond proef	25
	2.9.2 Werkwijze	26
	2.10 Statistische analyse	26
	2.10.1 Melkproductie, voeropname en methaanemissie	26
	2.10.2 Grasopname en graskwaliteit	27
	2.10.3 Pensfistelkoeien	27
3	Resultaten	29
	3.1 Weersomstandigheden en uitvoering beweiding	29
	3.2 Koegegevens	30
	3.2.1 Proef A	30
	3.2.2 Proef B	30
	3.3 Voeropname	33
	3.3.1 Vers grasopname	33
	3.3.2 Proef A	34
	3.3.3 Proef B	34
	3.4 Methaanemissie	34

3.4.1	Proef A	35
3.4.2	Proef B	35
3.4	Voerkwaliteit	39
3.4.1	Kwaliteitsverval zomerstalvoeding	41
3.4.2	Vers graskwaliteit ochtend en avond	42
3.5	Penskaracteristieken	42
3.5.1	Vluchtige vetzuurpatroon en ammoniak in de pens	42
3.5.2	Zuurgraad (pH) in de pens	44
3.6	Afbraakkaracteristieken van vers gras en graskuil	45
3.7	Synthese resultaten	47
4	Discussie	48
5	Conclusies en aanbevelingen	51
	Literatuur	52
	Bijlage 1 Temperatuurverloop en neerslag 2020	54
	Bijlage 2 Overzicht voederwaarde proef A	55
	Bijlage 3 Overzicht voederwaarde proef B	56
	Bijlage 4 Verloop van gemiddelde pH per behandeling over twee dagen	57

Woord vooraf

Dit onderzoek maakt deel uit van de programmatische aanpak 'Integraal Aanpakken' (2020-2030) als onderdeel van het LNV-Klimaatbeleid, gefinancierd door het ministerie van LNV. De integrale aanpak van methaan (CH₄) en ammoniak (NH₃) zorgt voor handelingsperspectief zodat melkveehouders gelijktijdig beide emissies kunnen reduceren. Voor de gehele melkveehouderij beoogt de integrale aanpak methaan en ammoniak melkveehouderij een reductie in methaan te leveren van 0,5-1 Mton CO₂-eq en een gelijktijdig ammoniakreductie van circa 8 kton NH₃ in 2030. Grasland is de basis van de melkveehouderij en graslandmanagement heeft direct effect op de voeding en emissies van melkvee. Gras en weidegang wordt nu echter nog niet gebruikt als sturingsmechanisme om emissies te reduceren. Voor een integrale aanpak met een focus op kringlooplandbouw is het essentieel te erkennen dat (vers) gras en graslandproducten in emissieberekeningen niet langer gezien kunnen worden als een uniform product.

De nieuwe fundamentele kennis die volgt uit dit onderzoek kan worden omgezet in handelingsperspectief om met vers gras en weidegang CH₄ en NH₃ emissies gelijktijdig te reduceren. Dit fundamentele traject is direct gelinkt aan een praktijknetwerk waarin deze nieuwe inzichten worden getoetst op praktijkbedrijven. Bert Philipsen is projectleider voor het praktijknetwerk met melkveebedrijven met weidegang en heeft uitvoerig meegedacht bij de opzet en uitvoering van dit onderzoek. Léon Šebek is projectleider voor aanpalende projecten rondom gras en CH₄ emissie en ook met hem is uitvoerig afgestemd en inhoudelijk getoetst. Andre Bannink heeft de verkennende modelberekeningen met het Tier 3 model uitgevoerd. Daarnaast was het harde werk van alle betrokken medewerkers van Dairy Campus onmisbaar voor de succesvolle uitvoering van het eerste jaar van deze proef.

Dit uitvoeringsjaar is een eerste in een langere serie van meerjarig onderzoek. De verwachting is dat dit meerjarige onderzoek een bijdrage levert aan een duurzame en grondgebonden melkveehouderij in Nederland.

Cindy Klootwijk (projectleider)
Lisanne Koning
Gertjan Holshof
Arie Klop
Ronald Zom

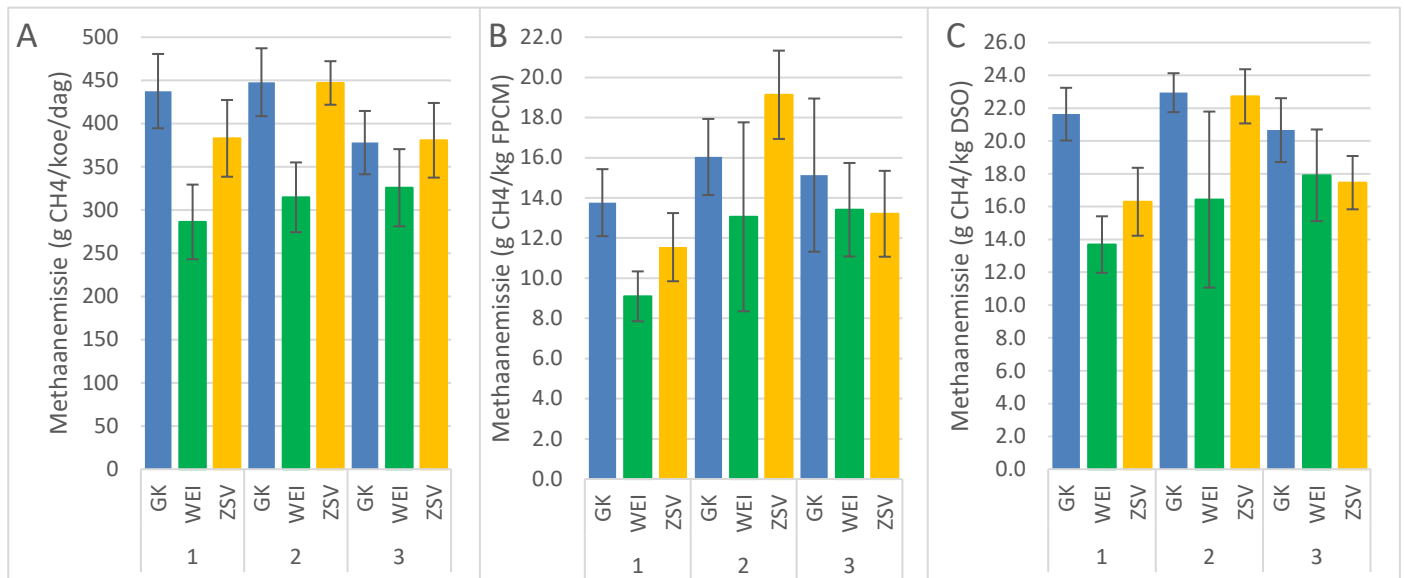
Samenvatting

Binnen het LNV-Klimaatbeleid zijn scherpe doelstellingen geformuleerd om gelijktijdig methaan (CH₄) en ammoniak (NH₃) emissies te reduceren. Grasland is de basis van de melkveehouderij en graslandmanagement heeft direct effect op de voeding en emissies van melkvee. Er liggen concrete aanknopingspunten om via het graslandmanagement te komen tot een integrale aanpak in de reductie van CH₄ en NH₃ emissies op melkveebedrijven. Voor NH₃ zijn de mechanismes waarmee de (vers) graskwaliteit de emissie beïnvloedt beter bekend. Om sturingsfactoren en hun perspectief voor sturing vast te kunnen stellen, is fundamentele kennis nodig over de mechanismes waarmee de (vers) graskwaliteit CH₄ emissie beïnvloedt. Daarom focust dit onderzoek op het effect van (vers) graskwaliteit op de enterische CH₄ emissie, met de volgende onderzoeksvragen:

1. Wat is de CH₄ emissie bij graskuil, vers gras op stal (zomerstalvoeding) en weidegang?
2. Wat is het effect van groeistadium van gras op de CH₄ emissie bij weidegang?
3. Wat is het effect van seizoenen (voorjaar, zomer, najaar) op de CH₄ emissie bij weidegang?

Om deze onderzoeksvragen te kunnen beantwoorden is een vergelijking gemaakt tussen het voeren van graskuil en vers gras in diverse stadia. Voor dit meerjarige onderzoek is een proef opgezet met 2 onderdelen; de A proef en de B proef, die beide in 2020 op Dairy Campus (Leeuwarden, Nederland) zijn uitgevoerd in zowel voorjaar, zomer als najaar. In proef A is een vergelijking gemaakt tussen een volledig graskuil rantsoen (GK), dag en nacht weiden (WEI) en volledig vers gras op stal oftewel zomerstalvoeding (ZSV). In proef B is een vergelijking gemaakt tussen kort gras met een korte groeiduur (circa 8 cm lengte, KORT) en relatief lang gras met een langere groeiduur (circa 15 cm lengte, LANG). In de B proef hebben de koeien overdag circa 8-10 uur geweid, tussen twee melkbeurten in en kregen ze 's nachts graskuil op stal. Aan alle dieren is gedurende de gehele proefperiode daarnaast een maximale hoeveelheid krachtvoer verstrekt van 5,5 kg per koe per dag. De enterische CH₄ productie is non-invasief (in de ademlucht) gemeten met behulp van Greenfeed units in de stal en in de wei. Om de mechanismes goed te kunnen duiden waarmee de graskwaliteit invloed heeft op de CH₄ emissie zijn naast de CH₄ emissie de graskwaliteit, voeropname (inclusief vers gras) en afbraakarakteristieken in de pens gemeten.

Over alle perioden heen was de enterische CH₄ emissie (zowel de productie per koe per dag, de intensiteit per kg meetmelk als de opbrengst per kg DS) significant het laagst voor de behandeling WEI ($p < 0,001$) en het hoogst voor de behandeling GK (voor de CH₄ productie per koe per dag een trend). In het voorjaar was het verschil in CH₄ emissie tussen de groepen groter dan in het najaar. De resultaten voor de A proef staan visueel weergegeven in figuur A. Gemiddeld over alle perioden heen (meta-analyse) was de CH₄ emissie (zowel de productie, intensiteit als opbrengst) lager bij de behandeling KORT ten opzichte van de behandeling LANG ($p < 0,014$). De emissie van de behandeling KORT was over het jaar stabielere dan van de behandeling LANG waarbij de emissie over de perioden meer afnam.



Figuur A Gemiddelde CH₄ emissie per behandeling (GK in blauw, WEI in groen en ZSV in geel) per periode (1, 2, 3) uitgedrukt als CH₄ productie per koe per dag (grafiek A), CH₄ intensiteit per kg meetmelk (grafiek B) en CH₄ opbrengst per kg DS opname (grafiek C), inclusief de standaard deviatie (zwarte lijnen).

Bovenstaande resultaten van het eerste jaar van een meerjarige beweidingsproef tonen 10-30% lagere enterische CH₄ emissie (CH₄ emissie afkomstig uit de spijsvertering van melkkoeien) bij dag en nacht weiden vergeleken met graskuil. Voor zomerstalvoeding tonen resultaten 0-20% lagere enterische CH₄ emissie vergeleken met graskuil. Bij alleen overdag weiden tonen resultaten in het voorjaar 10% lagere enterische CH₄ emissie voor kort gras in vergelijking met lang gras bij inscharen. De spreiding zoals gegeven voor vers gras en zomerstalvoeding worden bepaald door seizoenen en groeiomstandigheden die de graskwaliteit en grasopname beïnvloeden. Het effect bij zomerstalvoeding is daarnaast sterk afhankelijk van groeistadium. De gemeten spreiding in CH₄ emissie afhankelijk van seizoenen, oogstmethode en groeistadium biedt perspectief voor het verminderen van enterische CH₄ emissie op basis van graslandmanagement.

Aangaande de graskwaliteit werden de hoogste correlaties gevonden tussen de CH₄ intensiteit (per kg meetmelk) en de componenten suiker en verteringscoëfficiënt organische stof (VCOS). Beide correlaties waren negatief. De afbraaknelheid van het neutral detergent fibre (NDF) was gemiddeld hoger voor vers gras in vergelijking met graskuil. Als bacteriën sneller fermenteren dan geven ze relatief veel propionzuur. De vorming van relatief veel propionzuur remt de vorming van CH₄ doordat hierbij H₂ wordt weggevangen die anders voor de vorming van CH₄ zou worden gebruikt. De resultaten tonen eerste aanwijzingen dat de relaties tussen eiwit- en suikergehalte en CH₄ emissie mogelijk anders zijn dan verwacht op basis van eerder onderzoek met graskuil. Met name de relatie met eiwit is interessant in verband met de directe link met NH₃. De mechanismen waarmee de graskwaliteit de CH₄ emissie beïnvloedt en de verschillen hierin tussen graskuil en vers gras zullen verder worden onderzocht in het vervolg van deze proef om de gevonden verschillen in CH₄ emissie verder te kunnen onderbouwen.

Huidige modellen (Tier 3, KringloopWijzer) kunnen de CH₄ emissie voor vers gras niet goed reproduceren op basis van voeropname en rantsoensamenstelling, ook niet indien rekening wordt gehouden met de waargenomen in situ afbraakarakteristieken, de waargenomen zuurgraad in de pens, en zelfs niet na correctie naar de waargenomen profielen aan vluchtige vetzuren in de pens. In eerder onderzoek (Warner *et al.* 2015b; Bannink *et al.*, 2016) werd een vergelijkbare uitkomst gevonden met een overschatting van de CH₄ vorming voor vers gras gevoerd door middel van zomerstalvoeding. De resultaten van dit onderzoek zijn essentieel om bestaande modellen (Tier 3, KringloopWijzer) te voeden zodat het effect van vers gras op enterische CH₄ emissie beter doorgerekend kan worden. Dit helpt om CH₄ emissie in de praktijk beter te kunnen benaderen en daarmee ook te sturen op gelijktijdige reductie van CH₄ en NH₃ emissies.

1 Inleiding

1.1 Aanleiding voor het onderzoek

De totale methaan (CH₄) emissie in Nederland was 17,3 Megaton (MT) koolstofdioxide equivalenten (CO₂-eq.) in 2018 (Ruysenaars *et al.*, 2020). Hiervan is 12,1 MT CO₂-eq. afkomstig uit de agrarische sector en daarvan is weer 7,4 MT CO₂-eq. afkomstig uit de spijsvertering van melkkoeien, ook wel enterische CH₄ emissie (Ruysenaars *et al.*, 2020). In het klimaatakkoord is een reductieopgave voor de veehouderij geformuleerd van 1,2-2,7 MT CO₂-eq (Klimaatakkoord, 2019) per 2030, waarvan 0,5-1,0 MT CO₂-eq. voor de reductie van enterische CH₄. Naast deze gestelde doelen voor de reductie van de emissie van de broeikasgassen, gelden er in het programma Integraal Aanpakken eisen voor de reductie van ammoniak (NH₃). Het gaat om een integrale dubbeldoel aanpak om de ondernemer handelingsperspectief te bieden. Volgens de NEMA-berekeningen kwam in 2018 94% van de NH₃ emissie in Nederland uit de agrarische sector met een totaal van 111,2 kiloton. Hiervan komt 64,4 kiloton NH₃ voor rekening van rundvee (Bruggen *et al.*, 2020).

Waar reductie van NH₃ vooral verloopt via het N-gehalte in het rantsoen –de stikstofcyclus-, is de reductie van het broeikasgas CH₄ een complex proces wat afhangt van onder andere de rantsoensamenstelling, verteerbaarheid en passagesnelheid. Uit eerdere onderzoeken lijkt er voor CH₄ emissie met name een relatie te zijn met vezels (NDF in het bijzonder) en zetmeel –de koolstofcyclus-. Dat maakt een gelijktijdige reductie van beide gassen complex. Een geïntegreerde aanpak waarbij zowel het dier en het rantsoen onder de loep worden genomen moet er toe leiden dat zowel de CH₄ als de NH₃ emissie verlaagd worden zonder negatieve afwentelingen op andere maatschappelijke doelen. De bestaande kaders en doelen op het gebied van onder andere milieu, koeien in de wei, biodiversiteit, dierwelzijn en diergezondheid, zijn daarom randvoorwaarden.

1.2 De programmatische integrale aanpak

Dit onderzoek maakt deel uit van de programmatische aanpak 'Integraal Aanpakken' (2020-2030) als onderdeel van het LNV-Klimaatbeleid, gefinancierd door het ministerie van LNV. Voor de gehele melkveehouderij beoogt de integrale aanpak methaan en ammoniak melkveehouderij een reductie in methaan te leveren van 0,5-1 Mton CO₂-eq en een gelijktijdig ammoniakreductie van circa 8 kton NH₃ in 2030.

Het reduceren van zowel CH₄ als NH₃ is complex en vereist grensverleggingen in de kennis over de spijsvertering van koeien en het rantsoen in de melkveehouderij. De aanpak bestaat uit snelle koppeling en opeenvolging van kennisontwikkeling, kennisoepassing en kennisverspreiding tot implementatie en monitoring. De gehele keten van maatregelen en werkwijzen om tot een rantsoen te komen (inkuilen, graslandbeheer, graswinning, kwaliteit, beweiding, bemesting, etc.) worden onderzocht en op de nieuwe doelen afgestemd. Daarnaast kent de integrale aanpak buiten het voerspoor ook een dier-, stal-, en mestspoor. De integrale aanpak van CH₄ en NH₃ zorgt voor handelingsperspectief zodat melkveehouders gelijktijdig beide emissies kunnen reduceren.

1.3 Aanleiding van dit deelonderzoek

Grasland is de basis van de melkveehouderij, graslandmanagement heeft direct effect op de voeding en emissies van melkvee en wordt nu nog niet gebruikt als sturingsmechanisme om emissies te reduceren. Voor een integrale aanpak met een focus op kringlooplandbouw is het essentieel te erkennen dat (vers) gras en graslandproducten in emissieberekeningen niet langer gezien kunnen worden als een uniform product. Door verschillende groeiomstandigheden op basis van grondsoort,

seizoen en weer, en verschillen in gebruik of management, zoals beweidingssystemen en maairegimes, ontstaat een range aan graskwaliteiten. Die range in graskwaliteiten heeft direct effect op de emissie van CH₄ en NH₃. Om te kunnen sturen op gelijktijdige reductie van die emissies is het noodzakelijk om de mechanismes waarmee de graskwaliteit de CH₄ en NH₃ emissie beïnvloedt te doorgronden. Dit dient ter ondersteuning van pilot- en demonstratieprojecten, omdat deze mechanismes nodig zijn om emissies in de praktijk door te kunnen rekenen. De mechanismes rondom NH₃ in relatie tot (vers) gras zijn redelijk goed in beeld en zijn te sturen met een lager eiwitgehalte (en meer bestendig en minder onbestendig eiwit) en een hoger energie gehalte. Op basis van eerder onderzoek is bekend dat het maaimoment van graskuil een belangrijke rol speelt in de vorming van CH₄ (Warner *et al.*, 2015a). Bij vers gras zijn de mechanismes minder bekend. Het onderzoek van Dini *et al.* (2016) laat echter zien dat CH₄ emissies van rundvee kunnen worden verlaagd door te sturen op een hogere graskwaliteit. Relaties en effecten van gelijktijdige reductie van CH₄ en NH₃ zijn nog niet integraal getoetst op bedrijfsniveau met specifieke focus op vers gras en weidegang.

Om te voldoen aan de voorwaarden van het Klimaatverdrag (*United Nations Framework Convention on Climate Change* (UNFCCC)) en het bijbehorende Kyoto-protocol moeten deelnemende landen jaarlijks een nationaal inventarisatie rapport (*National Inventory Report*) aanleveren met daarin een schatting van de broeikasgasemissies door de landbouw. Het Nederlandse protocol beschrijft een dynamisch en mechanistisch model om enterische CH₄ emissies van melkvee te berekenen (Bannink *et al.*, 2011). Dit model is over de jaren heen ontwikkeld en gebaseerd op een grote set aan data van proeven waarbij enterische CH₄ emissie gemeten is in klimaatrespiratiecellen. Het is een zogeheten Tier 3 benadering volgens de richtlijnen van de *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC) die in het protocol voor de rekenmethodiek voor Nederlandse broeikasgasemissies is opgenomen. Het model kan nauwkeurig de gemiddelde enterische CH₄ emissie benaderen op landelijk niveau. Voor het doorrekenen op bedrijfsniveau is dit model te gedetailleerd aangezien niet alle input parameters beschikbaar zijn voor alle Nederlands melkveebedrijven. Voor toepassing op praktijkbedrijven is daarom een vereenvoudigde weergave van het model gebruikt waarbij emissiefactoren zijn berekend voor een drietal standaardrantsoenen die variëren in het aandeel snijmais in ruwvoer (Bannink *et al.*, 2020). Deze emissiefactoren worden gehanteerd en aangepast zoals beschreven door Šebek *et al.*, (2016) en Van Dijk *et al.*, (2020). Het versimpelde model berekent enterische CH₄ emissie op basis van rantsoensamenstelling en voeropname in combinatie met de door Tier 3 berekende emissiefactoren (EF; in g CH₄/kg droge stof (DS)) voor ieder voedermiddel. Deze rekenregels worden gebruikt in de KringloopWijzer, die elke veehouder in Nederland verplicht is om jaarlijks in te vullen. Voor weidegras en zomerstalvoeding wordt hiervoor een vaste waarde gebruikt van respectievelijk 19,2 en 23,3 g CH₄/kg DS. Voor graskuil wordt de EF gecorrigeerd voor het NDF gehalte; hoe hoger het NDF gehalte, hoe hoger de emissie voor graskuil. Op basis van dit meerjarige onderzoek kunnen de rekenregels voor vers gras tegen het licht gehouden worden en kan worden gekeken of deze mogelijk vragen om verdere verfijning.

1.4 Doel van het deelonderzoek

Er liggen concrete aanknopingspunten om via het voer te komen tot een integrale aanpak in de reductie van CH₄ en NH₃ op melkveebedrijven als het management van grasland als sturingsmechanisme wordt ingezet. Het perspectief is om het gras zodanig te gebruiken en de graskwaliteit zodanig te beïnvloeden/sturen via teelt, bemesting en oogst dat CH₄ en NH₃ emissies gelijktijdig worden gereduceerd. Dit enerzijds zowel via graskuil, door het beïnvloeden van het oogstmoment en het inkuilproces, als via vers gras door sturen via beweidingsmanagement. Anderzijds door de keuze van het graslandgebruik als graskuil, zomerstalvoeding (vers gras op stal) of weiden inclusief het bijbehorende beweidingssysteem. Om sturingsfactoren en hun perspectief voor sturing vast te kunnen stellen, is fundamentele kennis nodig over de mechanismes waarmee de (vers) graskwaliteit CH₄ emissies beïnvloedt. Daarom focust dit fundamentele traject op het effect van (vers) graskwaliteit op de enterische CH₄ emissie.

Op basis van eerder onderzoek is de verwachting dat de celwandbestanddelen (relatie met ouderdom) van het gras (gemeten in ruwe celstof, NDF, ADF en ADL) en de verteerbaarheid van het organische stof de belangrijkste factoren zijn om de CH₄ emissie in relatie tot graskwaliteit te verklaren.

Er spelen bij vers gras in de vorm van weidegang of zomerstalvoeding echter mogelijk andere factoren een rol, zoals suiker- en eiwitgehalte. Om de mechanismes te kunnen doorgronden is het noodzakelijk om graskwaliteiten te verstrekken met een brede range in voederwaarde. De hypothese is dat de ranking in CH₄ emissie gedurende het seizoen tussen graskuil, zomerstalvoeding en weiden kan veranderen door veranderingen in graskwaliteit (jong voorjaarsgras vergeleken met ouder doorgeschoten gras rond juni), maar dat zeker het voorjaarsweidegras en mogelijk ook het najaarsweidegras leidt tot een lagere CH₄ emissie ten opzichte van graskuil. In dit onderzoek ligt de focus op CH₄ emissie omdat die mechanismes minder bekend zijn voor vers gras. Daarbij is de focus op de volgende onderzoeksvragen:

1. Wat is de CH₄ emissie bij graskuil, vers gras op stal (zomerstalvoeding) en weidegang?
2. Wat is het effect van groeistadium van gras op de CH₄ emissie bij weidegang?
3. Wat is het effect van seizoen (voorjaar, zomer, najaar) op CH₄ emissie bij weidegang?

Om deze onderzoeksvragen te beantwoorden zijn tevens de volgende deelvragen onderscheiden:

- Welke voederwaardecomponenten van vers gras spelen een rol bij de CH₄ emissie?
- Verandert de kwaliteit van vers gemaaid gras wanneer het een aantal uur in de stal ligt?
- Hoe verandert de kwaliteit van vers gras in de weide over het etmaal?

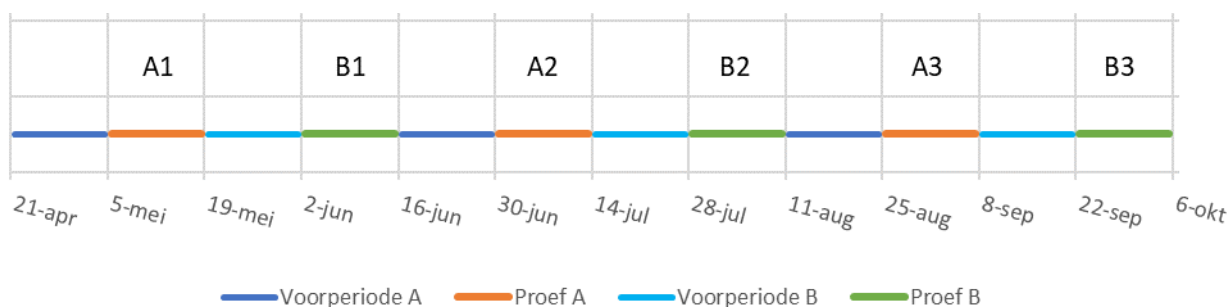
Deze onderzoeksvragen vormden de basis van de proeven in het eerste jaar van dit project. Deze jaarrapportage zal focussen op de resultaten van dit eerste jaar aan experimentele data. Het beoogde doel hiermee is dat de nieuwe fundamentele kennis gebruikt kan worden om inzicht te krijgen in de reductiepotentie voor de praktijk om met graslandmanagement gelijktijdig CH₄ en NH₃ emissies te reduceren. Dit project draagt daarmee bij aan de doelstelling van 2030 door inzichtelijk te maken wat de reductiepotentie is als vers gras ingezet wordt als maatregel om emissies te verlagen in plaats van als randvoorwaarde. Voor de eindrapportage met experimentele data van meerdere weerjaren worden berekeningen gemaakt met het Tier 3 model (Bannink *et al.*, 2011) om zo de mechanismes waarmee de vers graskwaliteit de CH₄ emissie beïnvloedt te analyseren. Daartoe is het belangrijk dat zowel de graskwaliteit als de pensfermentatie in beeld worden gebracht. In deze jaarrapportage is alvast een eerste vergelijking gemaakt met de huidige rekenregels in de KringloopWijzer om te toetsen hoe zinvol deze berekeningen over meerdere jaren heen zijn. Elke proefperiode vormde een zelfstandig experiment dat werd uitgevoerd als een volledig gewarde blokkenproef. Alle behandelingen zijn steeds uitgevoerd met in totaal 16 melkkoeien per behandeling in proef A en B.

2 Materiaal en methode

2.1 Overkoepelende proefopzet

Om de onderzoeksvragen te kunnen beantwoorden is een vergelijking gemaakt tussen het voeren van graskuil en vers gras in diverse stadia. De proef is in 2 onderdelen verdeeld, de A proef en de B proef. Beide onderdelen zijn tussen 21 april en 6 oktober 2020 uitgevoerd op Dairy Campus (Leeuwarden, Nederland), het innovatiecentrum voor melkveehouderij van Wageningen University & Research. De proef, met proefnummer 2016.D-0038.016 heeft goedkeuring van de Instantie voor Dierenwelzijn (IvD) en is uitgevoerd onder vergunning AVD401002016653 afgegeven door de Centrale Commissie Dierproeven (CCD).

Proef A en proef B bestonden elk uit 3 proefperiodes, namelijk voorjaar (periode 1), zomer (periode 2) en najaar (periode 3). De proefschema's A en B werden afwisselend uitgevoerd in volgorde A1, B1, A2, B2, A3 en B3 zoals weergegeven in figuur 2.1. Elke proefperiode bestond uit twee weken voorperiode (gewenning) gevolgd door twee weken meetperiode. De gewenning was bedoeld om de proefdieren te laten wennen aan de nieuwe omstandigheden (huisvesting, weidegang, koppelgenoten), het nieuwe rantsoen en de Greenfeed (C-Lock Inc., zie hoofdstuk 2.6). Uit eerder onderzoek is gebleken dat de CH₄ emissie na twee weken 'stabiel' is en daarmee representatief voor het gevoerde rantsoen.



Figuur 2.1 Schematische weergave van de proefuitvoering in de tijd. De proef is uitgevoerd tussen 21 april en 6 oktober 2020 in de volgorde proefschema A, periode 1 (A1), proefschema B, periode 1 (B1), proefschema A, periode 2 (A2), proefschema B, periode 2 (B2), proefschema A, periode 3 (A3) en proefschema B, periode 3 (B3).

Proef A bestond iedere periode uit drie behandelingen en proef B bestond iedere periode uit twee behandelingen. Aan elke behandeling werden 16 melkgevende koeien toegekend. De proefbehandelingen in proef A waren een basisrantsoen van onbeperkt graskuil gevoerd op stal (GK), onbeperkt weidegang (WEI), en zomerstalvoeding met onbeperkt vers gras op stal (ZSV). De koeien van behandeling WEI kregen dag en nacht weidegang, waarbij de dieren elke ochtend na het melken in een nieuw perceel kwamen. Een onbeperkte voeropname bij behandelingen GK en ZSV werd gerealiseerd door de gehele dag voer ter beschikking te stellen in automatische weegbakken met individuele dierherkenning (zogenaamde *Roughage Intake Control bakken*, RIC-bakken, HOKOFARM, Marknesse, Nederland). Graskuil voor de behandeling GK werd verstrekt aan 16 koeien in 10 RIC-bakken en vers gras voor de behandeling ZSV werd verstrekt aan 16 koeien in 22 RIC-bakken. Voor ZSV waren meer bakken beschikbaar in verband met het lage DS gehalte van vers gras, waardoor dit rantsoen meer volume heeft. Met behulp van deze RIC-bakken werd de totale DS opname en het aandeel van de voercomponenten in het rantsoen op individueel koeniveau geregistreerd.

In proef B bestonden de behandelingen uit beweiding op kort gras met een jong fysiologisch stadium (circa 8 cm, KORT) en beweiding op lang gras van een ouder fysiologisch stadium (15-17 cm, LANG). Proef B is uitgevoerd om het effect van het aanbieden van vers gras in een verschillend (groei)stadium op de CH₄ emissie te onderzoeken. Concreet betekende dit de vergelijking tussen relatief jong/kort vers gras met een korte groeiduur en daarmee een laag gehalte van celwandbestanddelen en vers

gras met een langere groeiduur en daarmee een hoger gehalte aan celwandbestanddelen. Dit systeem is uitgevoerd in combinatie met het bijvoeren van een vaste hoeveelheid graskuil: overdag beperkt weiden met 's nachts (tussen de avond en ochtend melking) bijvoeding op stal, met ongeveer een 50:50 verdeling op basis van DS opname.

2.2 Koegegevens

Voor aanvang van elke proefperiode werden uit de melkveestapel van Dairy Campus (ongeveer 550 melkkoeien) voor proef A en B respectievelijk 45 (+ 3 fistelkoeien) en 32 dieren geselecteerd. Voor iedere periode gelden de volgende selectiecriteria:

- Melkproductie tussen de 25 en 50L, gemiddeld 30L
- Max. 5 vaarzen per behandelingsgroep (niet meer dan 30%)
- Lactatiestadium tussen de 80-200 dagen, gemiddeld 150 d in lactatie

Elke proefperiode vormde een zelfstandig experiment dat werd uitgevoerd als een volledig gewarde blokkenproef. Alle behandelingen zijn steeds uitgevoerd met in totaal 15+1 (zie volgende paragraaf) melkkoeien per behandeling in proef A en 16 in proef B. Per proefperiode stroomden koeien ver in lactatie (richting droogstand) uit en nieuwe koeien vroeg in lactatie in. Dit werd gedaan om ervoor te zorgen dat in alle proefperiodes de dieren in een vergelijkbaar lactatiestadium verkeerden. De koeien met een behandeling op vers gras (twee van de drie behandelingen) in proef A werden ook gebruikt in proef B, qua aantal evenredig verdeeld over de nieuwe behandelingen in proef B. Dit is gedaan om het aantal benodigde nieuwe dieren te beperken en zodat een deel van de dieren al bekend waren met weiden.

Voor proef A zijn er voor iedere periode (1 t/m 3) opnieuw 15 blokken van 3 dieren gevormd. Voor elke periode werden de 3 dieren binnen 1 blok random toegewezen aan een behandeling (15 koeien per behandeling, representatief aan de 15 blokken; dus 1 koe per blok per behandeling). Het toewijzen vond elke ronde opnieuw plaats. Daarnaast is elke periode 1 fistelkoe toegewezen aan een behandeling (in totaal 3 fistelkoeien; dat maakt een totaal van 16 koeien per behandeling). De fistelkoeien zijn opgezet in een Latijns vierkant en zijn onderdeel van een aparte analyse om gedurende de meetweken de pensfermentatie in kaart te kunnen brengen (zie hoofdstuk 2.8 en 2.10).

Voor proef B zijn er voor iedere periode (1 t/m 3) opnieuw 16 blokken van 2 dieren gevormd. Voor elke periode werden de 2 dieren binnen 1 blok random toegewezen aan een behandeling (16 koeien per behandeling = representatief aan de 16 blokken; dus 1 koe per blok per behandeling). In proef B zijn geen fistelkoeien toegevoegd aan de behandelingen.

De indeling in blokken gebeurde op basis van lactatienummer, dagen in lactatie, productie van melk, en meetmelkproductie (melkproductie voor vet- en eiwit gecorrigeerd), gewicht en experimentele voorgeschiedenis (tabel 2.1). Met uitzondering van proef A1 (voorjaar) werd de voorgeschiedenis van de behandelingen meegenomen bij de indeling van de koeien in blokken. De dieren van proef A waren in periode 1, 2 en 3 respectievelijk 151, 170 en 143 dagen in lactatie. De fistelkoeien werden bij de indeling buiten beschouwing gelaten. De dieren van proef B waren in periode 1, 2 en 3 respectievelijk 175, 180 en 165 dagen in lactatie. Na indeling van de koeien en verloting over de behandelingen is door middel van een variantieanalyse (*ANOVA, Genstat 19th Edition*) gecontroleerd of er systematische verschillen in productietekenen, lactatienummer en lactatiestadium aanwezig waren tussen proefbehandelingen en binnen blokken (tabel 2.1).

Tabel 2.1 Aantal vaarzen en gemiddelde lactatienummer, lactatiedagen, melkgift en meetmelkproductie voor aanvang van elke proefperiode (exclusief pensfistelkoeien). De resultaten van de variantieanalyse (Lsd en p-waarde van de F-testen) staan ook weergegeven.

Voorjaar	Proef A					Proef B			
	21-4-2020 – 18-5-2020					19-5-2020 – 15-6-2020			
Periode 1	GK	WEI	ZSV	LSD	p	KORT	LANG	LSD	p
Aantal vaarzen	5	5	5			5	5		
Lactatienummer	2.5	2.6	2.4	0.47	0.593	2.3	2.9	0.64	0.060
Lactatiedagen	148	154	152	16.7	0.770	175	176	16.5	0.949
Melkgift	33.1	33.1	33.1	2.3	0.999	30.6	30.2	2.2	0.675
Meetmelk	39.0	39.4	39.0	1.1	0.674	34.1	33.5	2.4	0.554
Zomer	16-6-2020 – 13-7-2020					14-7-2020 – 10-8-2020			
Periode 2	GK	WEI	ZSV	LSD	p	KORT	LANG	LSD	p
Aantal vaarzen	6	6	6			5	5	5	
Lactatienummer	2.5	2.6	2.4	0.47	0.593	2.2	2.2	0.19	1.000
Lactatiedagen	175	165	171	9.4	0.260	178	181	14.8	0.691
Melkgift	31.1	30.9	30.9	1.6	0.920	26.0	26.2	1.5	0.791
Meetmelk	33.2	33.3	33.4	1.3	0.938	28.4	28.3	0.8	0.656
Najaar	11-8-2020 – 7-9-2020					8-9-2020 – 5-10-2020			
Periode 3	GK	WEI	ZSV	LSD	p	KORT	LANG	LSD	p
Aantal vaarzen	5	5	5			5	5	5	
Lactatienummer	2.4	2.7	2.6	0.79	0.688	3.1	2.5	0.61	0.070
Lactatiedagen	146	143	141	9.4	0.881	167	162	27.2	0.711
Melkgift	32.1	32.1	32.2	1.6	0.988	26.3	26.4	1.4	0.870
Meetmelk	34.1	34.3	34.3	1.1	0.886	28.2	28.5	1.1	0.637

GK = graskuil, WEI = onbeperkt weidegang, ZSV = zomerstalvoeding met vers gras op stal, KORT = weidegang met inscharen in kort gras, LANG = weidegang met inscharen in lang gras.

LSD is *least significant difference* (kleinste significante verschil tussen de behandelingen), p = p-waarde van de F-test, een p-waarde kleiner dan 0.05 geeft een statistisch verschil tussen de proefgroepen weer.

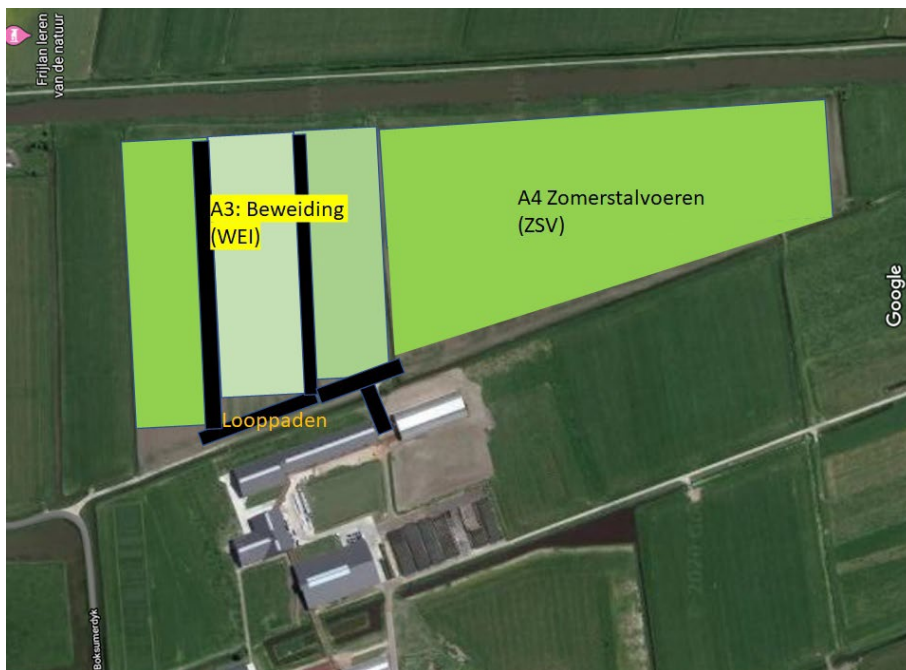
De koeien zijn tweemaal daags gewogen in de terugloopgang vanuit de melkstal. Per proefperiode is het gemiddeld individueel diergewicht bepaald op basis van de aanwezige metingen in de 2 meetweken. De koeien zijn tweemaal daags gemolken in een carrousel melkstal. De melkgiften zijn automatisch gemeten en opgeslagen. Eén keer per week zijn melkmonsters genomen om het vet- en eiwitgehalte van de melk te bepalen. De monsters zijn genomen volgens de AO methode (avond-ochtend methode) die via de reguliere melkproductieregistratie (MPR) zijn geanalyseerd door Qlip (Zutphen, Nederland).

De meetmelkproductie is berekend volgens volgende formule (CVB, 2018):

$$\text{Meetmelkproductie (kg FPCM)} = \text{melkproductie (kg)} \times (0.337 + \text{vet\%} \times 0.116 + \text{eiwit\%} \times 0.06)$$

2.3 Proef A

De behandelingen bestonden uit graskuil (GK), dag en nacht weiden (WEI) en vers gras op stal oftewel zomerstalvoeding (ZSV). De A proef werd uitgevoerd in de voedingsstal en op de percelen A3/A4 met een totale oppervlakte van 13,5 hectare (figuur 2.2). Op perceel A4 is gemaaid voor de behandeling ZSV en is van een deel van de oppervlakte in snede 1 en 2 balen gemaakt voor de behandeling GK in periode 2 en 3. In totaal werd 6 hectare gebruikt voor WEI, ongeveer 4 hectare voor ZSV en ongeveer 2 hectare voor GK. In periode 1 was het niet mogelijk om graskuil te voeren van dezelfde percelen waar ook WEI en ZSV van werden gevoerd in verband met de benodigde tijd voor inkuilen. De graskuil in periode 1 was daarom een bedrijfskuil van Dairy Campus uit 2019. Om de vergelijking tussen GK, WEI en ZSV zo representatief mogelijk te kunnen maken, is ervoor gekozen om in het voorjaar gras van dezelfde percelen in te kuilen voor periode 2 en in de zomer voor periode 3. Op deze manier was ook de graskuil voor de behandeling GK afkomstig van hetzelfde perceel, met uitzondering van de graskuil in de eerste periode.



Figuur 2.2 Ligging van de percelen voor de A proef. Beweiding vond plaats op perceel A3, vers gras voor de behandeling ZSV en de graskuil voor de behandeling GK waren afkomstig van perceel A4 (met uitzondering van de graskuil in de eerste periode).

Belangrijk uitgangspunt van de proef was dat alle dieren onbeperkt ruwvoer tot hun beschikking hadden. Aan alle dieren is gedurende de gehele proefperiode daarnaast een maximale hoeveelheid krachtvoer verstrekt van 5,5 kg per koe per dag (alle behandelingen kregen hetzelfde krachtvoer). Hiervan werd een vaste hoeveelheid van 2 kg verstrekt in de melkstal verdeeld over twee melkmomenten en maximaal 3,5 kg verstrekt in kleine porties via de Greenfeed (zie hoofdstuk 2.6).

2.3.1 Graskuil

De GK groep kreeg onbeperkt graskuil in de RIC-bakken door middel van een geautomatiseerd voersysteem (Triomatic, Trioliet, Oldenzaal, Nederland). Gedurende de vier weken van de periode (veertien dagen voorperiode en veertien dagen meetperiode) werd dezelfde kuil gevoerd. Een eventuele wisseling van kuil vond plaats bij de overgang van proef A naar proef B.

2.3.2 Weidegang

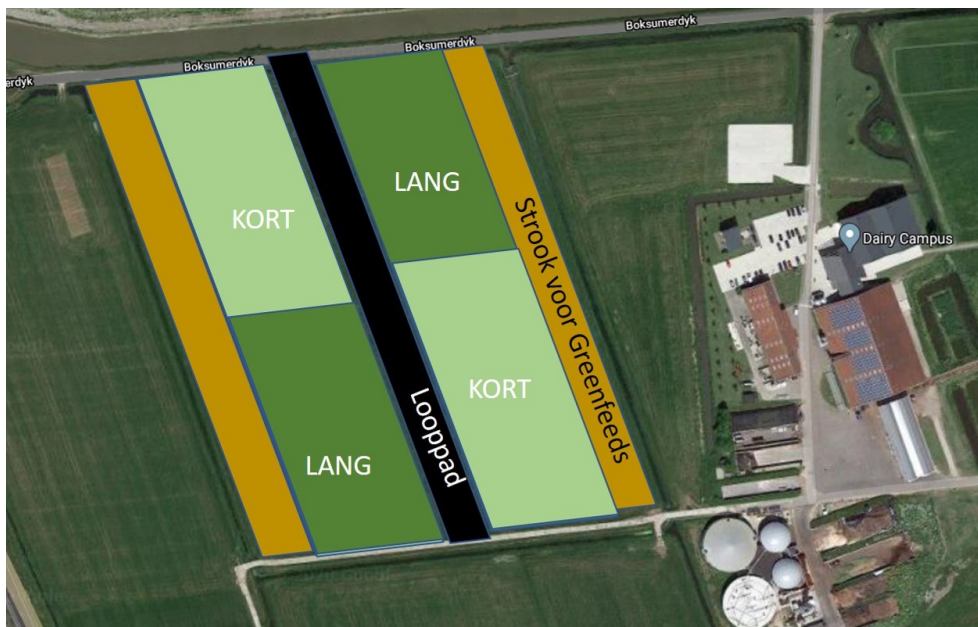
De WEI groep verbleef (buiten de melktijden) volledig in de wei met onbeperkt vers gras in de wei (dag en nacht weiden). De koeien gingen iedere ochtend na het melken naar een nieuwe strook. Het tijdstip van in- en uitscharen is dagelijks genoteerd, ook rondom het melken.

2.3.3 Zomerstalvoeding

Door op verschillende momenten delen van het perceel voor te maaien is geprobeerd om steeds gras aan te bieden in een stadium dat verder is uitgegroeid dan het gras van de WEI behandeling, namelijk tussen de 2 en 2,5 ton DS/ha of een gewaslengte tussen de 17 en 22 cm. De ZSV groep kreeg onbeperkt vers gras in de RIC-bakken. Er waren minimaal twee maaimomenten (rond 7:00 en 15:00 uur) en zes tot zeven vulmomenten (rond 5:15, 8:15, 10:30, 13:45, 15:30, 18:30 en 21:45 uur). Het gras werd gemaaid met een maai/opraapcombinatie. De gemaaide hoeveelheid werd dagelijks gewogen op een weegbrug om een indicatie te krijgen van de hoeveelheid vers gras. Op de maaimomenten werd het vers gras na maaien direct uitgespreid over de voergang om vanaf daar meerdere malen per dag de RIC-bakken te vullen.

2.4 Proef B

Proef B is onderverdeeld in twee behandelingen met ieder 16 koeien in de behandelingsgroep. De behandelingen bestonden uit kort gras met een korte groeidiur (circa 8 cm lengte, KORT) en relatief lang gras met een langere groeidiur (circa 15 cm lengte, LANG). De B proef werd uitgevoerd in de voedingsstal en op perceel D1 met een totale oppervlakte van 5,9 hectare (figuur 2.3).



Figuur 2.3 Ligging en schematische weergave van de behandelingen op perceel D1 voor de B proef.

De koeien hebben in de B proef circa 8-10 uur overdag geweid, tussen twee melkbeurten in (van ongeveer 7:00-8:00 uur 's morgens tot ongeveer 16:00 uur 's middags). De exacte weidetijden zijn geregistreerd. 's Nachts waren de koeien op stal met toegang tot graskuil (bedrijfskuil van Dairy

Campus) in de RIC-bakken. De opzet was om ongeveer 50% van het totale ruwvoerrantsoen uit vers gras te laten bestaan en 50% uit graskuil. Naast ruwvoer kregen alle dieren een maximale hoeveelheid krachtvoer verstrekt van 5,5 kg per koe per dag (alle behandelingen kregen hetzelfde krachtvoer). Hiervan werd een vaste hoeveelheid van 2 kg verstrekt in de melkstal verdeeld over twee melkmomenten en maximaal 3,5 kg verstrekt in kleine porties via de Greenfeed (zie hoofdstuk 2.6).

Ook in de B proef werd gedurende de stalperiode (in de nacht tussen de melkbeurten) met behulp van RIC-bakken de totale DS opname en het aandeel van de voercomponenten in het rantsoen op individueel koe niveau gemeten. Er zijn in totaal 16 RIC-bakken gebruikt voor proef B, waarbij de behandelingen KORT en LANG in de stal in één groep samen stonden.

2.5 Graslandmanagement

2.5.1 Proef A

Het weidesysteem was op basis van stripgrazen waarbij de koeien dagelijks een nieuwe strip kregen met een vaste grootte. Op perceel A3 zijn hiervoor 28 stroken ingericht van 1720 m² per strook (figuur 2.4). In theorie was deze oppervlakte toereikend voor een koppel van 16 dieren voor één dag per strook, bij een geschatte bruto behoefte van 16 tot 20 kg DS/koe/dag en een aanbod van 1700 kg DS/ha/dag.



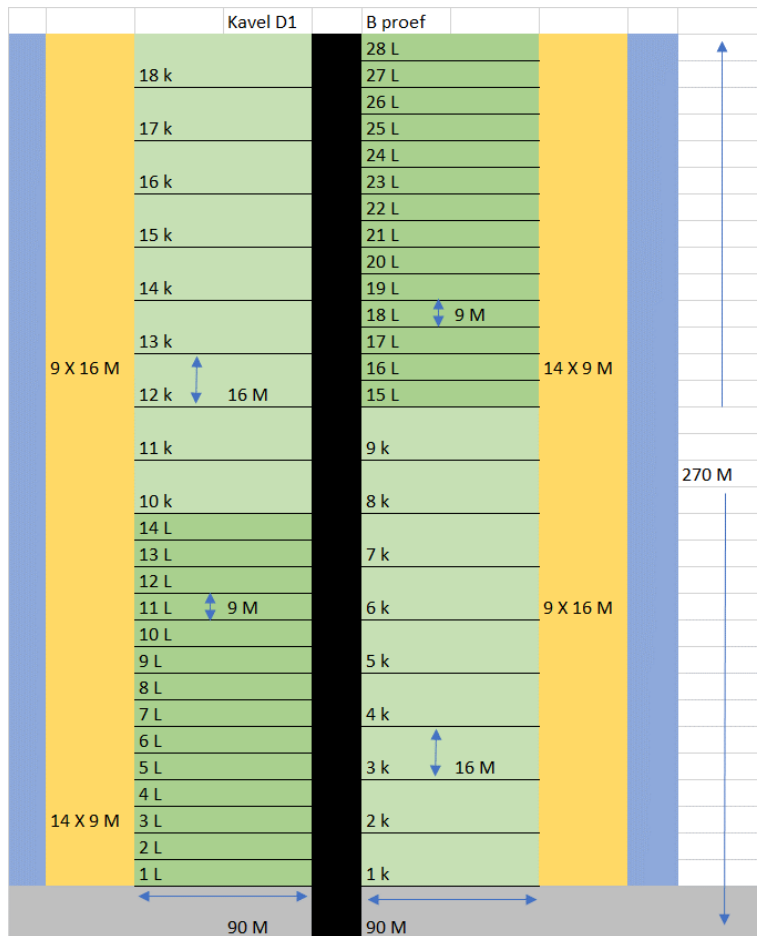
Figuur 2.4 Indeling van perceel A3 in 28 stroken voor de A proef voor de behandeling WEI (onbeperkt weiden).

Gedurende het seizoen is er steeds naar gestreefd om elke dag gras aan te bieden in een gangbaar weidestadium (15 cm gras of ongeveer 1600-1700 kg DS/ha). Om dit te bereiken zijn de blokken regelmatig voorgemaaid om op het juiste moment het gras in een weidestadium aan te kunnen bieden. Hierbij is rekening gehouden met de, op de weersverwachting voor de komende week geschatte, (her)groeisnelheid en de situatie op het moment van schatten. Het grasaanbod was leidend voor de volgorde van de stroken.

In het voorjaar is eenmalig 28 m³/ha drijfmest toegediend met de sleepslang, aangevuld met 55 kg N/ha op A3 en met 80 kg N/ha op A4 uit kalkammonsalpeter (KAS). Gedurende het seizoen is geen drijfmest meer gegeven, maar na elke maaibeurt (en één keer aanvullend; exclusief voormaaien) ongeveer 40 kg N/ha met KAS gestrooid. Totaal is met KAS 230 kg N/ha gegeven. De drijfmest is niet bemonsterd, maar met geschat N gehalte van 3,8% per ton is met drijfmest nog 106 kg N-totaal/ha (organisch en anorganisch) toegediend. De bemesting heeft volledig in dienst gestaan van het optimaal aanbieden van goed weidegras in de proefperioden en is daarom niet gelijk aan de praktijk.

2.5.2 Proef B

Het weidesysteem voor proef B was stripgrazen waarbij de koeien dagelijks een nieuwe strip kregen met vaste grootte. De contrasten in grassamenstelling werden gestuurd door middel van groeiperiode en werden voorbereid tijdens proef A. De totale kavel was ruim 5 ha groot. Daarbinnen zijn de twee behandelingen KORT en LANG aangelegd. De opzet was dat de koeien ongeveer 8 kg DS/koe/dag uit vers gras op konden nemen en 's nacht ongeveer 8 kg DS uit graskuil. Het perceel voor de behandeling LANG werd ingeschaard bij ongeveer een gangbare weidesnede (1500-1700 kg DS/ha) en het perceel voor behandeling KORT bij een heel lichte weidesnede (ongeveer 800-1000 kg DS/ha). De stroken voor de behandeling KORT waren hierdoor bijna twee keer zo groot als de percelen voor behandeling LANG. De stroken voor de behandeling LANG hadden een oppervlakte van 810 m² per strook per dag en de stroken voor KORT 1440 m² per strook per dag. De ligging van de percelen, behandelingen en de grootte van de stroken is weergegeven in figuur 2.5.



Figuur 2.5 Indeling van perceel D1 in stroken voor de B proef. k = strook voor de behandeling KORT, L = strook voor de behandeling LANG.

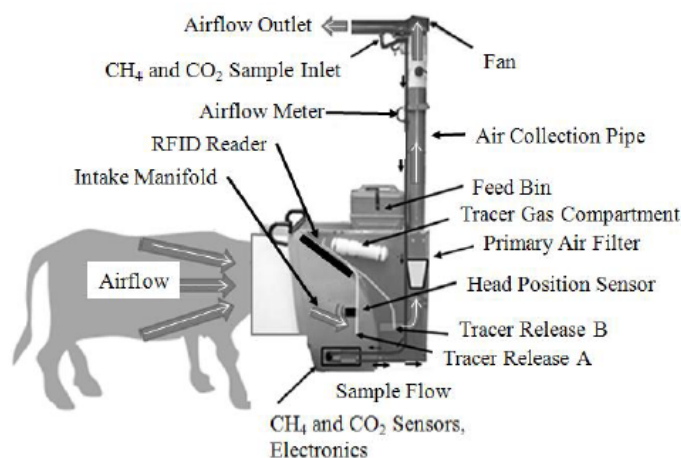
In verband met de beperkte perceelruimte is gekozen om 28 stroken voor de behandeling LANG te benutten en 18 stroken voor de behandeling KORT. Hierdoor moest de groep van de behandeling KORT soms op eerder beweide stroken terugkomen. In verband met de gewenste korte groeiduur van deze percelen had dit geen invloed op de behandeling.

In het voorjaar is net als in de A proef eenmalig 28 m³/ha drijfmest toegediend met de sleepslang; aangevuld met 55 kg N/ha uit KAS. Gedurende het seizoen is geen drijfmest meer gegeven, maar na elke maaibeurt (en één keer aanvullend) ongeveer 40 kg N/ha met KAS gestrooid. Totaal is met KAS 185 kg N/ha gegeven en via drijfmest naar schatting (drijfmest is niet bemonsterd) nog 106 kg N-totaal/ha (organisch en anorganisch) toegediend. De bemesting heeft net als in de A proef volledig in dienst gestaan van het optimaal aanbieden van goed weidegras in de proefperiodes en is daarom niet gelijk aan de praktijk.

2.6 Methaanmetingen

2.6.1 Meetapparatuur

De enterische CH₄ productie is non-invasief (in de ademlucht) gemeten met behulp van de Greenfeed (figuur 2.6; C-lock Inc., Rapid City, SD, USA). De Greenfeed is een aangepast krachtvoerstation dat individuele CH₄ en CO₂ metingen genereert in gram per dag wanneer een koe deze bezoekt. Met behulp van een ventilator zuigt de Greenfeed 20-40 L lucht per seconde rondom de kop van de koe af in een buis waar continue de kwantitatieve luchtstroom gemeten wordt door een hot-film anemometer. De hot-film anemometer wordt maandelijks gekalibreerd. Van die luchtstroom worden automatisch continue sub monsters genomen om de CH₄ en CO₂ concentraties (in ppm) te meten met niet-dispersieve infrarood sensoren. Deze sensoren worden dagelijks automatisch gekalibreerd. Daarnaast wordt met een infrarood sensor de positie van de kop van de koe geregistreerd en zijn er sensoren aanwezig voor de registratie van de temperatuur, luchtdruk en luchtvochtigheid. Alle data wordt automatisch opgeslagen met een één seconde interval. Deze metingen worden continue uitgevoerd, ook wanneer er geen koe aanwezig is bij de Greenfeed, zodat tevens de achtergrond emissie in de stal bekend is als basislijn. De Greenfeed software selecteert de tijdsperioden waarbij de positie van de kop van de koe optimaal is voor het correct meten van de gassen in de uitgeademde lucht. Vervolgens worden de kwantitatieve CO₂ en CH₄ concentraties berekend op een vergelijkbare manier als in respiratiecellen, gecorrigeerd voor temperatuur, luchtdruk en luchtvochtigheid. De metingen tijdens beweiding (buiten) zijn tevens gecorrigeerd voor windsnelheid en -richting die gemeten zijn door de Greenfeed. Per seconde zijn met behulp van de gemeten kwantitatieve luchtstroom de gasconcentraties berekend in gram per dag en deze waarden zijn gemiddeld per meting, die minimaal twee minuten duurt. Een uitgebreidere omschrijving van de werking van de Greenfeed en de berekeningen van de gasconcentraties staat beschreven in het manuscript van C-lock (C-lock Inc., 2017).



Figuur 2.6 Schematische weergave van de Greenfeed. De lucht rondom de kop van de koe wordt via een ventilator continue afgezogen. De kwantitatieve luchtstroom wordt gemeten door een anemometer ("Airflow Meter") en er worden submonsters genomen om de concentratie CO₂ en CH₄ te meten (C-lock Inc., 2017).

In tegenstelling tot respiratiecellen, maakt de Greenfeed gebruik van zogenaamde puntmetingen van de ademlucht. De CH₄ emissie van koeien schommelt over de dag en is afhankelijk van de voeropname. Om een representatieve CH₄ productie van een bepaalde periode per koe te genereren op basis van vrijwillige bezoeken aan de Greenfeed, zijn meerdere metingen per dag over meerdere dagen nodig. Er wordt geadviseerd om minimaal 20 CH₄ metingen per koe over minimaal zeven dagen (en bij voorkeur veertien dagen) te verzamelen voor een betrouwbare gemiddelde emissie van die periode (Manafiazar *et al.*, 2016). De meetperiode van beide proeven was daarom veertien dagen.

Indien een koe minder dan 20 metingen haalde, werd deze alleen verwijderd uit de dataset wanneer deze een uitbijter was.

2.6.2 Proefopzet

Gedurende de gehele periode (van 21 april tot 6 oktober 2020) zijn individuele CH₄ producties gemeten met de Greenfeeds. In de Greenfeeds werd zowel op stal als in de weide krachtvoer verstrekt. De CH₄ metingen vonden gedurende het gehele etmaal plaats. In proef A hadden de koeien van de GK groep toegang tot één Greenfeed, de ZSV groep twee Greenfeeds en de WEI groep tot een Greenfeed op een weidetrailer die aan de rand van het perceel stond (figuur 2.7). In proef B hadden de koeien tijdens beweiding per behandeling toegang tot een eigen Greenfeed op de weidetrailer die aan de rand van het perceel stond en tijdens opstallen toegang tot twee Greenfeeds in de stal. De CH₄ productie is bij de pensfistelkoeien op dezelfde wijze uitgevoerd als bij de andere koeien. De CH₄ metingen zijn gemiddeld tot een gemiddelde CH₄ productie per koe per dag over de meetperiode (veertien dagen) en per groep (behandeling) per dag. Voor de analyse is de CH₄ emissie uitgedrukt per koe per dag (CH₄ productie), per kg meetmelk (CH₄ intensiteit) en per kg DS opname (CH₄ opbrengst).

2.6.3 Krachtvoergift

In alle groepen konden de koeien maximaal 3,5 kg krachtvoer per koe per dag via de Greenfeed ophalen. Om meerdere metingen per koe per dag te ontvangen, werd krachtvoer via de Greenfeed verstrekt in voerbeurten die elk circa vier minuten duurden en met minimaal drie uur tussen elke voerbeurt. Krachtvoer via de Greenfeed werd verstrekt in zes voerbeurten per dag van circa 580 gram per voerbeurt, met uitzondering van de WEI groep in proef A waar vier voerbeurten van circa 875 gram per voerbeurt werd verstrekt. Tijdens de voorperiode van de eerste proef (proef A1) werd geconstateerd dat het aantal bezoeken aan de Greenfeed tijdens grazen lager was ten opzichte van de bezoeken van de groepen in de stal. Dit werd vermoedelijk veroorzaakt doordat koeien tijdens grazen niet gewend zijn om toegang te hebben tot een krachtvoerstation en omdat ze een groter gedeelte van de dag aan het eten (grazen) zijn. Om ervoor te zorgen dat de krachtvoeropname in alle groepen gemiddeld gelijk was, is daarom voor de WEI groep de verdeling van de krachtvoergift zo aangepast dat dezelfde hoeveelheid krachtvoer over vier bezoeken werd verdeeld.



Figuur 2.7 Foto's van de Greenfeed op de weidetrailer aan de rand van het perceel. De Greenfeed stond aan de kopse kant van een perceel (te zien op de linker foto), waarbij de draad van het perceel in gelijke lijn met het hekwerk van de Greenfeed lag, zodat de weidetrailer zelf net buiten het perceel stond (rechter foto).

2.7 Graskwaliteit en grasopname metingen

2.7.1 Grasmonsters en analyse proef A en B

Gedurende de meetweken zijn meermaals per dag vers grasmonsters genomen om de voederwaarde te bepalen. De grasmonsters die genomen zijn voor dit onderzoek moesten representatief zijn voor het materiaal dat daadwerkelijk werd opgenomen. Voor de WEI groep werd een representatief monster verkregen door de koeien goed te observeren en op ten minste 15 verschillende plaatsen per strook een plukmonster te nemen van vergelijkbaar gras als de koeien opnamen. Hierbij werd rekening gehouden met de graasdiepte (stoppelhoogte) van de koeien. De plukmonsters werden genomen door een pluk gras vast te pakken en dit af te snijden met een spinaziemes. Deze monsters zijn 's ochtends kort na het inscharen in het perceel (na het melken) en 's middags kort voor het uitscharen (vlak voor het melken) genomen. Voor ZSV werd een representatief monster verkregen door direct na het vullen van de voerbakken uit alle RIC bakken (maximaal 7 keer per dag) een plukmonster te nemen en vervolgens na mengen een verzamelmonster te nemen. In de analyse is gekeken of het laten liggen van het gemaaid gras op de voergang effect heeft gehad op de voederwaarde.

Alle monsters ten behoeve van voederwaardebepaling zijn voorgedroogd bij 70°C en na elke periode geanalyseerd door Eurofins (Wageningen, Nederland). Voor de graskuil zijn wekelijks op twee dagen (maandag en donderdag) verzamelmonsters genomen uit de RIC-bakken van de GK groep en deze zijn gepooled tot één weekmonster. Deze kuilmonsters zijn ingevroren opgestuurd naar Eurofins voor de NIRS analyse. Alle grasmonsters zijn geanalyseerd op ruw eiwit (RE), ruwe celstof (RC), ruw as (RAS), neutral detergent fibre (NDF), acid detergent fibre (ADF), acid detergent lignine (ADL), verteringscoëfficiënt organische stof (VCOS) en DS gehalte. Op de dagen waarop additionele bemonstering is uitgevoerd aan pensfermentatie (zie hoofdstuk 2.8) zijn de vers grasmonsters geanalyseerd volgens de nat-chemische methode. De rest van de monsters is geanalyseerd op basis van nabij infrarood spectroscopie (NIRS). Alle weidegras monsters en de monsters van de eerste vulmomenten in de meetweken zijn ook op mineralen geanalyseerd.

2.7.2 Grasopname in de wei

De opname van vers gras in de wei is niet rechtstreeks te meten bij de individuele koe, in tegenstelling tot de voeropname op stal. De grasopname tijdens beweiding kan wel geschat worden met een aantal methoden. In deze proef is de vers grasopname in de wei op basis van drie verschillende methoden bepaald:

- Stroken uitmaaien: Op basis van verschil in grasopbrengst voor inscharen en na uitscharen
- VEM dekking: Op basis van berekende behoefte en aanbod aan energie
- Sensoren: Grasopname als functie van graastijd in de wei

Een deel van de berekeningen voor grasopname is op groepsniveau en daardoor is het voor deze analyse niet mogelijk de fistelkoeien uit deze berekening te laten.

Stroken uitmaaien

In beide proeven is de grasopname in de wei op koppelniveau bepaald met de volgende formule:

$$\text{Vers grasopname wei (kg DS)} = \frac{\text{verschil in aanbod bij inscharen (kg DS)} - \text{weiderest bij uitscharen (kg DS)}}{\text{aantal koeien}}$$

Het aanbod en de weiderest zijn uitgedrukt in kg DS per koe per dag. Hiertoe is dagelijks gedurende de meetweken voor inscharen een opbrengstbepaling gedaan, door willekeurig 5 stroken van ongeveer 5 meter uit te maaien, te wegen en het DS gehalte (bij 103°C) te bepalen. Ook is na beweiding op dezelfde wijze steeds de weiderest bepaald. Het verschil tussen beide bepalingen is gebruikt om de totale grasopname van de gehele koppel te berekenen.

VEM dekking

VEM staat voor Voeder Eenheid Melk en is een energie parameter die weergeeft wat de netto energie inhoud van een voedermiddel is voor melkgevende koeien. Met behulp van de VEM dekking kan de vers grasopname uit de wei geschat worden volgens formule:

$$\text{Vers grasopname (kg DS)} = \frac{\text{VEM behoefte} - \text{VEM opname (graskuil + krachtvoer)}}{\text{VEMgehalte vers gras}}$$

De VEM-behoefte (energiebehoefte) is op dierniveau berekend op basis van individuele dierenkenmerken (diergewicht, lactatienummer en meetmelkproductie). Vervolgens is berekend in hoeverre aan de energiebehoefte voldaan wordt met de voedermiddelen waarvan de opname direct gemeten is. Voor proef A is dat het opgenomen krachtvoer en voor proef B de graskuil en het krachtvoer. De energie die verstrekt is met graskuil en krachtvoer wordt afgetrokken van de totale VEM-behoefte. Het verschil is de benodigde energie die een koe op zou hebben genomen met vers gras. Door dit verschil te delen door de VEM-waarde van het gras, kan een schatting worden gemaakt van de hoeveelheid opgenomen vers gras.

Sensoren

Een derde methode is de bepaling van de grasopname op basis van sensordata. De koeien waren uitgerust met een Nedap neksensor. In de jaren 2015-2017 is binnen het project *Amazing Grazing* (Timmer *et al.*, 2016; Van Reenen *et al.*, 2016; Schils *et al.*, 2019) een algoritme afgeleid waarmee de grasopname geschat kan worden op basis van sensordata gecombineerd met koegegevens. Voor het berekenen van de vers grasopname uit de wei is gebruik gemaakt van dit algoritme.

2.8 Penskaracteristieken

2.8.1 Proefopzet

Tijdens proef A zijn pensvloestofmonsters genomen en pH metingen gedaan bij koeien met een zogenaemde pensfistel¹. Deze metingen zijn gedaan in proef A omdat de contrasten tussen de rantsoenen hier het grootst waren. Per behandeling is één pensfistelkoe ingezet, wat betekent dat er in totaal drie pensfistelkoeien zijn ingezet in de proef. Deze pensfistelkoeien kregen hetzelfde rantsoen als de andere koeien van die behandeling. De koeien hebben gerouleerd over de behandelingen volgens een 3x3 Latijns Vierkant opzet (tabel 2.3) met 3 perioden en 3 behandelingen.

Tabel 2.3 Overzicht van de pensfistelkoeien over de behandelingen in de drie perioden.

Periode	Koe 1	Koe 2	Koe 3
1	WEI ¹	ZSV	GK
2	GK	WEI	ZSV
3	ZSV	GK	WEI

¹) WEI=onbeperkt weidegang; GK=graskuil op stal; ZSV=zomerstalvoeding/vers gras op stal

Elke periode bestond, evenals voor de andere koeien in de behandelingen, uit vier proefweken (twee voorweken en twee meetweken). In periode 1 en 2 werden de extra waarnemingen gedaan in de tweede meetweek, in periode 3 zijn de extra waarnemingen in de eerste meetweek gedaan (tabel 2.4). Gedurende periode 3 stond één pensfistelkoe droog (koe 3, met halsbandnummer 485). Hoewel de verwachte afkalfdatum circa een week na het einde van de meetperiode lag, is besloten de waarnemingen één week eerder te doen ingeval deze koe vóór de verwachte afkalfdatum zou afkalven (tijdens de laatste proefweek). De pH is per periode minimaal vijf dagen continue gemeten (zie hoofdstuk 2.8.3) met de twee dagen van pensvloestof bemonstering altijd inbegrepen. De monsternamen van pensvloestof vond plaats op twee opeenvolgende dagen, op vijf vaste tijdstippen tussen 6:00 en 22:00 uur met een tussentijd van vier uur.

¹ Dit onderzoek is uitgevoerd onder de proefdiervergunning 'Dairy cow nutrition to improve lifespan' projectnummer: 2016.D-0038.016

Tabel 2.4 Overzicht van de meetperioden van pH en monsternamen van pensvloeistof bij de pensfistelkoeien.

periode	waarneming/ monsternamen	proef week	meetperiode	aantal dagen	meetmomenten
1	pH	4	van 13-5-2020 tot 19-5-2020	5	elke 2 minuten
	pensvloeistof	4	14-5-2020 en 15-5-2020	2	6:00; 10:00; 14:00; 18:00; 22:00 uur
2	pH	4	van 3-7-2020 tot 13-7-2020	10	elke 2 minuten
	pensvloeistof	4	9-7-2020 en 10-7-2020	2	6:00; 10:00; 14:00; 18:00; 22:00 uur
3	pH	3	van 24-8-2020 tot 1-9-2020	8	elke 2 minuten
	pensvloeistof	3	27-8-2020 en 28-8-2020	2	6:00; 10:00; 14:00; 18:00; 22:00 uur

2.8.2 Vetzuurpatroon en ammoniak in de pens

Het vluchtige vetzuurpatroon in de pens is in kaart gebracht door op twee opeenvolgende dagen op vijf momenten over de dag (6:00, 10:00, 14:00, 18:00 en 22:00 uur) pensvloeistofmonsters te verzamelen van de fistelkoeien. De monsternamen heeft plaatsgevonden op de plaats waar de koeien zich op dat tijdstip volgens de behandeling bevonden. Voor de koe met weidegang was dat in de wei; de koe werd daarvoor in een (klauwbekap)box gezet. Op de tijdstippen rond het melken is de koe met weidegang in de wachtruimte voor de melkstal of in de terugloop na de melkstal bemonsterd. Voor de koeien op stal (ZSV en GK) was dat in een ligbox in de stal. De pensvloeistofmonsters zijn via het fistel genomen onderin de pens met behulp van een PVC buis en een zuiger met slang. Van de monsters zijn direct kleinere submonsters genomen in duplo in 10 ml reageerbuisen. Deze buisjes zijn direct ingevroren met behulp van droogijs. Vervolgens zijn de buizen bij een temperatuur van -20 °C bewaard tot het moment van analyse. De monsters zijn geanalyseerd op het ammoniakgehalte (mg/L) en voor het vluchtige vetzuurpatroon (mmol/L) op de volgende (vluchtige) vetzuren:

- Azijnzuur (HAc)
- Propionzuur (HProp)
- Boterzuur (HBut)
- Iso-boterzuur (H isoBut)
- Valeriaanzuur (HVal)
- Iso-valeriaanzuur (H isoVal)

De geanalyseerde vluchtige vetzuren bepalen samen het grootste deel van de totale vetzuurconcentratie in de pens van een koe. De som van deze concentraties is aangeduid als totaal vetzuurgehalte. Dit totale vetzuurgehalte is gebruikt om het percentage van elk van de bovengenoemde vetzuren te berekenen. Zowel de berekende percentages als de gemeten gehalten in mmol/L zijn gebruikt voor de analyse. Verder is de verhouding tussen de concentraties van deze vetzuren onderling belangrijk voor interpretatie van de resultaten. De ratio tussen niet-glycogene en glycogene vetzuren (NGR) is daarom ook berekend, volgens onderstaande formule. Behalve de concentraties van de afzonderlijke vetzuren, is ook de procentuele verhouding berekend van elk vetzuur.

$$\text{Non glycogen: glycogen ratio (NGR)} = \frac{\text{HAc} + 2 \times \text{HBut} + 2 \times \text{H isoBut} + \text{HVal} + \text{H isoVal}}{\text{HProp} + \text{HVal} + \text{H isoVal}}$$

2.8.3 Continue pH metingen

De pH is gemeten met apparatuur van Dascor (Dascor Inc, Oceanside, USA). De Dascor loggers (figuur 2.8) bestaan uit een ronde waterdichte PVC buis van ongeveer 20 cm, met daarin een voeding (9V batterij) en een processor voor dataopslag. Aan de onderkant zit een pH electrode die continue pH meet en om de 2 minuten de pH registreert. Naast de pH registreert de logger met hetzelfde interval de temperatuur. De logger is met een touw bevestigd aan de dop van de pensfistel en is voorzien van

twee gewichten om ervoor te zorgen dat deze onderin de pens blijft. Vóór het inbrengen van de Dascor loggers en na het uithalen zijn deze gekalibreerd met twee pH buffers met een pH van 4 en 7.



Figuur 2.8 Foto van de Dascor logger voor continu metingen van de pH in de pens van pensfistelkoeien.

Op basis van de continue pH metingen zijn verschillende kengetallen berekend die vervolgens met behulp van een ANOVA zijn geanalyseerd op verschillen tussen proefbehandelingen. Voor de berekeningen en analyse zijn de pH gegevens gebruikt van de twee etmalen (720 waarnemingen per etmaal) waarop de pensvloestofmonsters zijn genomen (zie tabel 2.4). Daarmee zijn de pH gegevens goed vergelijkbaar met de resultaten van de pensvloestof monsters. De pH gegevens zijn gescreend op eventuele uitbijters, bijvoorbeeld als gevolg van sterk afwijkende kalibratiewaarden, of onwaarschijnlijk (hoge) pH waarden doordat de pH meter in de netmaag terecht is gekomen. De volgende kengetallen zijn uitgewerkt in de analyse:

- Gemiddelde pH per etmaal
- Minimale pH waarde per dag
- Maximale pH waarde per dag
- Tijdsduur (minuten per dag) beneden een pH grenswaarde:
 - o pH waarde < 5,6: de som van het aantal minuten per dag waarbij de pH waarde lager is dan 5,6
 - o pH waarde < 5,8: de som van het aantal minuten per dag waarbij de pH waarde lager is dan 5,8
 - o pH waarde < 6,0: de som van het aantal minuten per dag waarbij de pH waarde lager is dan 6,0
- Oppervlakte onder de curve beneden pH grenswaarde:
 - o pH waarde < 5,6: minuten x pH verschil tussen meetwaarde en 5,6 per dag
 - o pH waarde < 5,8: minuten x pH verschil tussen meetwaarde en 5,8 per dag
 - o pH waarde < 6,0: minuten x pH verschil tussen meetwaarde en 6,0 per dag
- Kengetallen van logistische curve: mediaan en de helling van curve bij de mediaan.

De kengetallen zijn berekend zoals beschreven in Dijkstra *et al.* (2020). Deze kengetallen geven extra informatie over de variatie van het pH verloop. De kengetallen maken het bovendien mogelijk een statistische analyse uit te voeren.

2.9 Afbraakarakteristieken vers gras en graskuil

2.9.1 Achtergrond proef

Om inzicht te krijgen in de link tussen vers gras (met verschillende kwaliteiten en met of zonder conservering) in het rantsoen en de CH₄ emissie zullen de afbraakgegevens van vers gras nader onderzocht moeten worden. De fermentatie van voeders in de pens is relevant voor de beschikbaarheid van nutriënten voor de koe. Daarbij is de mate en snelheid van afbraak te onderscheiden. De mate van afbraak is de hoeveelheid van een voedermiddel dat in de pens

afgebroken wordt door micro-organismen, bijvoorbeeld de hoeveelheid eiwit van een voedermiddel of rantsoen. De snelheid van afbraak van de nutriënten is ook een belangrijke factor in de fermentatie en is weer bepalend voor andere fysiologische kenmerken zoals de zuurgraad (pH waarde) in de pens. Met de zogenoemde nylonzakjes techniek kunnen de genoemde kenmerken worden onderzocht. Deze proef is daarom uitgevoerd van 14 oktober tot 15 december 2020 met vers gras- en graskuilmonsters van de beweidingproef onder vergunning AVD401002016653, appendix 3 met proefnummer 2016.D-0038.015.

2.9.2 Werkwijze

Tijdens de proef zijn vers gras- en graskuilmonsters genomen voor het bepalen van de afbraakkenmerken van deze voedermiddelen. Van elke periode van proef A en proef B is voor elke behandeling een samengesteld monster gemaakt (uit sub-monsters van drie opeenvolgende meetdagen) voor deze techniek. Kleine hoeveelheden (5 gram DS) van het te onderzoeken voedermiddel zijn in poreuze nylon zakjes voor een vastgestelde tijd in de pens van de koe gehangen. Doordat pensvloeistof door de poriën in het zakje komt ondergaat het voedermiddel afbraak door bacteriën en andere micro-organismen. De bestanddelen van het voedermiddel die oplossen of kleiner zijn dan de poriën van het zakje worden als gefermenteerd gezien. Door meerdere zakjes op verschillende tijdstippen te incuberen ontstaat een tijdreeks en kan met de hoeveelheid residu die in de zakjes is achtergebleven een curve worden gemaakt. De vorm van de curve geeft informatie over de snelheid van fermentatie. De curve brengt het niet-afgebroken residu in beeld waarbij de richtingscoëfficiënt van de raaklijn een maat is voor de afbraaksnelheid van het voedermiddel. De volgende incubatietijden zijn uitgevoerd: 0, 3, 6, 9, 16, 32, 72 en 336 uur. Chemische analyses zijn in de voeders en residuen van de genoemde incubatietijden uitgevoerd voor DS, anorganische stof, ruw eiwit en NDF.

2.10 Statistische analyse

De laatste vier dagen van proefperiode B1 bij behandeling LANG (van 12 t/m 15 juni) waren er 15 koeien in de behandeling, omdat op 12 juni 1 koe is uitgevallen door ziekte. Deze koe had een ziekte die niet gerelateerd was aan de behandeling of de opzet van de proef. De koe is behandeld volgens het bedrijfsbehandelplan en om het welzijn te waarborgen uit de proef gehaald. De voeropname en melkproductie zijn beschouwd als missende waarden.

2.10.1 Melkproductie, voeropname en methaanemissie

Omdat voor aanvang van elke proefperiode dieren opnieuw geblokt werden (waarbij dieren met de meeste lactatiedagen vervangen werden door nieuwmelkte dieren en experimentele voorgeschiedenis is meegenomen als blok), kunnen de proefperiodes als afzonderlijk individuele experimenten worden beschouwd.

De resultaten van de behandelingsgemiddelden van meetmelk (FPCM), melkgift (kg/d), melksamenstelling (vet %, eiwit %), DS opname (kg/dag), CH₄ productie (g CH₄/koe/dag), CH₄ intensiteit (g CH₄ per kg meetmelk) en de CH₄ opbrengst (g CH₄ per kg DS opname) zijn per proefperiode geanalyseerd met een variantieanalyse (*ANOVA, Genstat 19th edition*) volgens onderstaand model. De meetmelk is geanalyseerd met en zonder correctie voor verschillen op het moment van indeling. Deze analyse is zonder de data van de pensfistelkoeien, omdat deze dieren samen geen blok vormden (de statistische analyse met de data van de pensfistelkoeien is apart uitgevoerd, zie hoofdstuk 2.10.3).

Vervolgens is per proef (A en B) een meta-analyse uitgevoerd (*Multiple experiments REML, Genstat 19th edition*). In het mixed model waren blok en behandeling opgenomen als fixed factoren, in het random model het blok/diereffect.

De resultaten van de analyses zijn weergegeven als de 'least significant difference' (LSD, het minimale significante verschil dat aangetoond kon worden) en de p-waarden van de F-testen.

$$Y_{ijk} = \mu + \tau_j + \beta_k + \alpha_i + \beta_k * \alpha_i + \varepsilon_{ijk}$$

Met:

Y = FPCM (kg/dag, gecorrigeerd en niet gecorrigeerd), DS opname (kg/dag), CH₄ productie (g CH₄/koe/dag), CH₄ intensiteit (g CH₄/kg FPCM) of CH₄ opbrengst (g CH₄/kg DS)

μ = constante

τ_j = behandelingseffect j (GK, WEI, ZSV)

β_k = blok effect k (1 t/m 15 voor proef A en 1 t/m 16 voor proef B)

α_i = periode effect i (1, 2, 3) (enkel in de meta-analyse)

ε_{ijk} = restvariantie

2.10.2 Grasopname en graskwaliteit

De drie verschillende methoden om grasopname te schatten zijn getoetst met ANOVA met als behandeling de hoofdeffecten en interactie effecten van meetmethode (VEM-dekking, stroken maaien en sensordata), periode en behandeling (WEI, KORT, LANG) en de individuele koe als blokeffect. In de analyse is gekeken hoe deze berekende opnames van elkaar verschillen. Een deel van de berekeningen voor grasopname is op groepsniveau en daardoor is het voor deze analyse niet mogelijk de pensfistelkoeien uit deze berekening te laten.

Als eerste stap is globaal gekeken of er verbanden te ontdekken waren tussen de voederwaardecomponenten en de CH₄ emissie. Hiervoor is in Genstat de functie FCORRELATION toegepast op de voederwaardedata per dag (alleen voor de meetperiode). Er is daarbij enkel naar de voederwaardecomponent gekeken en geen onderscheid gemaakt in voersoort, behandeling of deelproef. De correlatie is over alle data heen uitgevoerd (3 perioden x 14 dagen meetperiode x 5 behandelingen (GK, WEI, ZSV, KORT, LANG) = 210 records).

Versillen in voederwaarde tussen het aanbod in de ochtend en in de avond voor de behandeling WEI zijn met ANOVA getoetst, met datum als blokeffect. Voor de behandeling ZSV is het verschil in graskwaliteit tussen de vulmomenten met REML getoetst (met als fixed effect periode*moment en met datum als random effect). Deze analyse is gedaan om de deelvraag te beantwoorden of er een afname in voerkwaliteit is waargenomen gedurende de tijd dat het voer op de voergang ligt. Er is een REML uitgevoerd, omdat de dataset niet helemaal gebalanceerd was (het aantal monsters per dag verschilde tussen zes en zeven afhankelijk van het aantal vulmomenten op die dag). In de analyse is enkel gekeken of er verschil in voederwaarde was tussen de vulmomenten. Afhankelijk van de resultaten kan een vervolganalyse wenselijk zijn (bv. een tijdreeks- of regressieanalyse), waarbij ook de werkelijke tijd tussen lossen van het product op de voergang en het vulmoment in de RIC-bakken kan worden meegenomen. Binnen deze rapportage is gekozen om deze analyse (nog) niet uit te voeren en enkel te richten op het effect van vulmoment op de belangrijkste voederwaardecomponenten.

Met een REML analyse is ook per voederwaarde component (RC, RE, VCOS, Suiker en NDF, allemaal in g/kg DS van het ruwvoer) het effect van dit component op de CH₄ opbrengst per kg DS getoetst. De toets is uitgevoerd met de data per dag (gemiddelde van 15 dieren per dag) en met de datum als random (blok) effect. Naast het hoofdeffect is ook gekeken naar de interactie met behandeling en de interactie met de periode waarin het voer is aangeboden.

2.10.3 Pensfistelkoeien

De resultaten van de koeien met een pensfistel zijn geanalyseerd met de ANOVA procedure voor een Latijns vierkant opzet. Periode en koe effecten werden als blok effect in het model opgenomen. Van het resultaat van de analyse zijn de gemiddelden per behandeling, de LSD en de p-waarden in tabellen vermeld.

Resultaten werden als significant beschouwd wanneer de p-waarde lager of gelijk was aan 0,05 en er was sprake van een trend bij een p-waarde lager of gelijk aan 0,1.

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \tau_j + \beta_k + \varepsilon_{ijk}$$

Met:

Y = CH₄ productie (g CH₄/koe/dag), CH₄ intensiteit (g CH₄/kg FPCM) of CH₄ opbrengst (g CH₄/kg DS)

μ = constante

α_i = periode effect i (periode 1, 2, 3)

τ_j = behandelingseffect j (GK, WEI, ZSV)

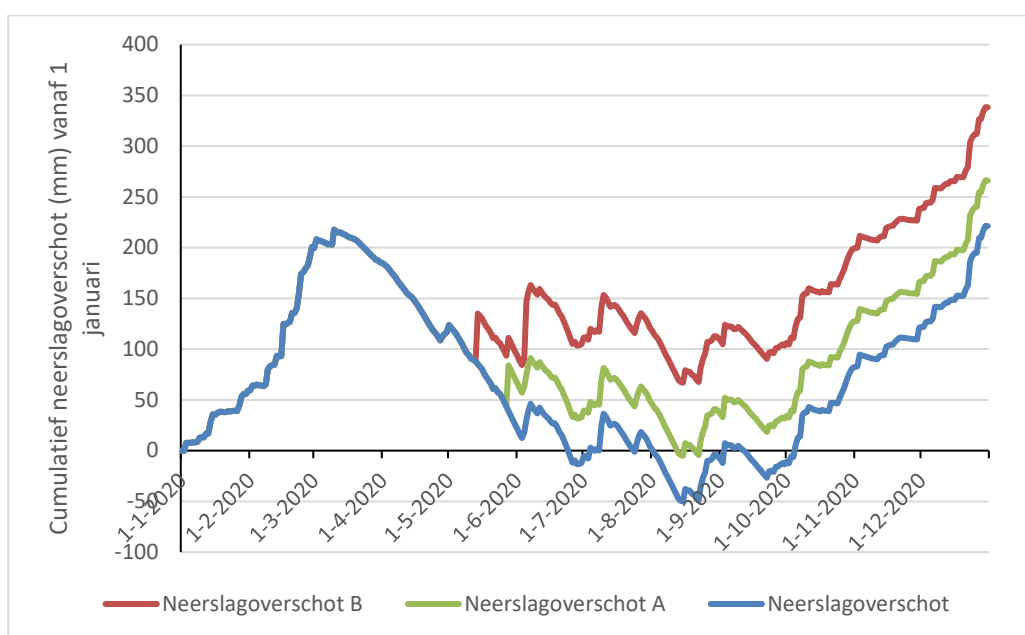
β_k = koe effect k (koe 1, 2, 3)

ε_{ijk} = restvariantie

3 Resultaten

3.1 Weersomstandigheden en uitvoering beweiding

De proef is in 3 perioden uitgevoerd, waarbij de omstandigheden voor grasgroei verschillend waren (daglengte, temperatuur, neerslag, gewasstadium/schietdatum), zowel tussen als gedurende de perioden. De weersomstandigheden zijn bepalend voor de grasgroei, en daarmee de planning en de graskwaliteit. De winter en het vroege voorjaar van 2020 waren relatief zacht (nauwelijks tot geen vorstdagen en ook weinig nachtvorst) en nat, waardoor de bodem na de droogte van 2018 en 2019 in de winter redelijk verzadigd is geraakt met water. Hierdoor was het uitrijden van drijfmest uitgesteld tot 23 maart. Er is 28 m³ drijfmest per hectare toegediend met de sleepslang zonder rijshade. Het temperatuurverloop en de hoeveelheid neerslag is weergegeven in bijlage 1. Vanaf april regende het nauwelijks meer en werd het snel (te) droog. Het cumulatieve neerslagoverschot, berekend vanaf 1 januari 2020 als neerslag minus verdamping is weergegeven in figuur 3.1.



Figuur 3.1 Cumulatief neerslagoverschot (in mm) berekend als neerslagverdamming gemeten vanaf 1 januari 2020 (KNMI station Leeuwarden) met berekening tijdens de A proef (groene lijn), berekening tijdens de B proef (rode lijn) en zonder berekening (blauwe lijn) voor de A en de B proef.

Hoewel in april nog sprake was van een positief neerslagoverschot, was er ook sprake van een vochttekort. Dit komt doordat niet het gehele overschot gebufferd is in de bovenste bodemlaag. De explosieve grasgroei vanaf half april bleef uit en op 14 mei is besloten om te gaan beregenen met behulp van een sleepslang. In 2 dagen is 50 mm water per hectare toegediend voor de B proef (kavel D1). Omdat de droogte aanhield en de grasgroei blijvend stagneerde is op 28 mei nogmaals beregend op zowel A3/A4 als op D1 (45 mm respectievelijk 22 mm). Tenslotte is op 5 juni nogmaals beregend (45 mm op kavel D1 voor de B proef). Door het beregenen is de beweiding uiteindelijk volgens planning verlopen. Wel was in augustus sprake van enig grastekort voor de behandeling WEI. Aangezien deze groep alleen weidegras kreeg, is besloten om eerder beweide stroken in de voorweken nogmaals aan te bieden zodat er voldoende gras overbleef voor de meetweken. Het grasaanbod bij inscharen is gemiddeld over de periodes niet lager geweest dan 19,6 kg ds voor WEI, 8,3 kg ds voor KORT en 12,0 voor LANG. De WEI groep had het laagste gemiddelde grasaanbod bij inscharen in periode 3 terwijl dit voor KORT en LANG in periode 2 was. Periode 3 voor WEI (A proef) was aansluitend aan periode 2 voor KORT en LANG (B proef) en viel in de zomerperiode eind juli en augustus.

3.2 Koegegevens

Een overzicht van de koe- en voergegevens van de A proef staat in tabel 3.1 en van de B proef in tabel 3.2. De analyse is per proef uitgevoerd. De voergegevens staan beschreven in hoofdstuk 3.3.

3.2.1 Proef A

In proef A waren er binnen meetperioden significante verschillen in meetmelkproductie (FPCM), melkgift, melksamenstelling (vet-, eiwit- en lactosegehalte), totale DS opname en DS opname van ruwvoer. Echter de verschillen zijn niet consistent over meetperioden heen. In periode 1 waren er geen significante verschillen in meetmelk en vetproductie, in periode 2 was de meetmelk- en vetproductie van GK significant hoger dan van WEI en ZSV, terwijl in periode 3 ZSV een significant hogere meetmelk- en vetproductie realiseerde dan GK en WEI. De melkgift en eiwit- en lactoseproductie van ZSV was in periode 1 en 3 significant hoger van GK en WEI. Echter, in periode 2 was de melkgift, eiwit- en lactoseproductie van GK significant hoger dan van WEI en ZSV (tabel 3.1).

3.2.2 Proef B

In geen van de meetperioden van proef B waren er significante verschillen in meetmelkproductie, melkproductie, melksamenstelling en de productie van melkvet, -eiwit en lactose (tabel 3.2).

Tabel 3.1 Overzicht van de koe- en voergegevens per behandeling (GK = graskuil op stal, WEI = weidegang, ZSV = vers gras gevoerd op stal) en gemiddeld per periode tijdens de A proef. Voor de meetmelkproductie, melkgehalten, DS opname en voerkwaliteitsgegevens staan de resultaten van de ANOVA analyse (significante verschillen) in superscripts. Superscripts moeten gelezen worden binnen de periode per rij.

Behandeling	Periode 1				Periode 2				Periode 3			
	GK	WEI	ZSV	P ¹	GK	WEI	ZSV	P ¹	GK	WEI	ZSV	P ¹
Meetmelkproductie (kg/d)	32,0	31,6	33,4	0,099	28,4 ^b	23,2 ^a	23,7 ^a	<0,001	25,9 ^a	25,4 ^a	29,1 ^b	<0,001
Melkproductie (kg/d)	29,4 ^a	29,9 ^a	31,7 ^b	0,012	25,4 ^b	21,3 ^a	22,1 ^a	<0,001	24,4 ^a	23,9 ^a	26,3 ^b	0,014
Vetgehalte (%)	4,69 ^c	4,33 ^b	4,19 ^a	0,006	4,78	4,71	4,54	0,259	4,62	4,51	4,88	0,123
Eiwitgehalte (%)	3,57 ^a	3,65 ^a	3,84 ^b	0,002	3,63 ^b	3,46 ^a	3,42 ^a	0,003	3,30	3,31	3,42	0,117
Lactosegehalte (%)	4,51	4,57	4,58	0,213	4,53	4,44	4,45	0,051	4,43	4,43	4,59	0,101
Vetproductie (g/d)	1369	1296	1328	0,303	1216 ^b	1005 ^a	1000 ^a	<0,001	1123 ^a	1077 ^a	1255 ^b	<0,001
Eiwitproductie (g/d)	1040 ^a	1089 ^a	1218 ^b	<0,001	919 ^b	733 ^a	749 ^a	<0,001	805 ^a	782 ^a	901 ^b	<0,001
Lactoseproductie (g/d)	1325 ^a	1367 ^a	1450 ^b	0,012	1161 ^b	945 ^a	985 ^a	<,001	1075 ^a	1061 ^a	1173 ^b	0,009
Voeropname (kg DS/d)	20,2 ^a	20,2 ^a	23,7 ^b	0,001	19,6	19,2	19,6	0,382	18,3 ^a	18,2 ^a	21,6 ^b	<0,001
Ruwvoeropname (kg DS/d) ²	16,3 ^a	16,4 ^a	19,7 ^b	0,001	16,2 ^b	15,0 ^a	15,2 ^a	0,003	13,9 ^a	13,8 ^a	16,9 ^b	<0,009
Krachtvoeropname (kg DS/d) ³	3,9	3,8	4,1		3,5	4,2	4,4		4,3	4,3	4,7	
Voerefficiëntie (kg FPCM/kg DS)	1,59 ^b	1,57 ^b	1,41 ^a	<0,001	1,44 ^b	1,21 ^a	1,20 ^a	<0,001	1,41	1,40	1,35	0,137

¹ p waarden lager dan 0,05 geven een significant behandelingsverschil aan

² Ruwvoeropname bij de GK groep is graskuil, bij de WEI groep vers gras in de weide en bij de ZSV groep vers gras op stal

³ De krachtvoeropname is niet statistisch geanalyseerd omdat de krachtvoergift voor alle dieren op een vast niveau ingesteld is op een gift van 5,5 kg product (2 kg in de melkstal en 3,5 kg in de GreenFeed)

Tabel 3.2 Overzicht van de koe- en voergegevens per behandeling waarbij KORT = inscharen in kort gras (streefwaarde 8 cm); LANG = in scharen in lang gras (streefwaarde 15 cm) met de behandelingsgemiddelden per periode tijdens de B proef. Voor de meetmelkproductie, melkgehalten, DS opname en voerkwaliteitsgegevens staan de resultaten van de ANOVA analyse.

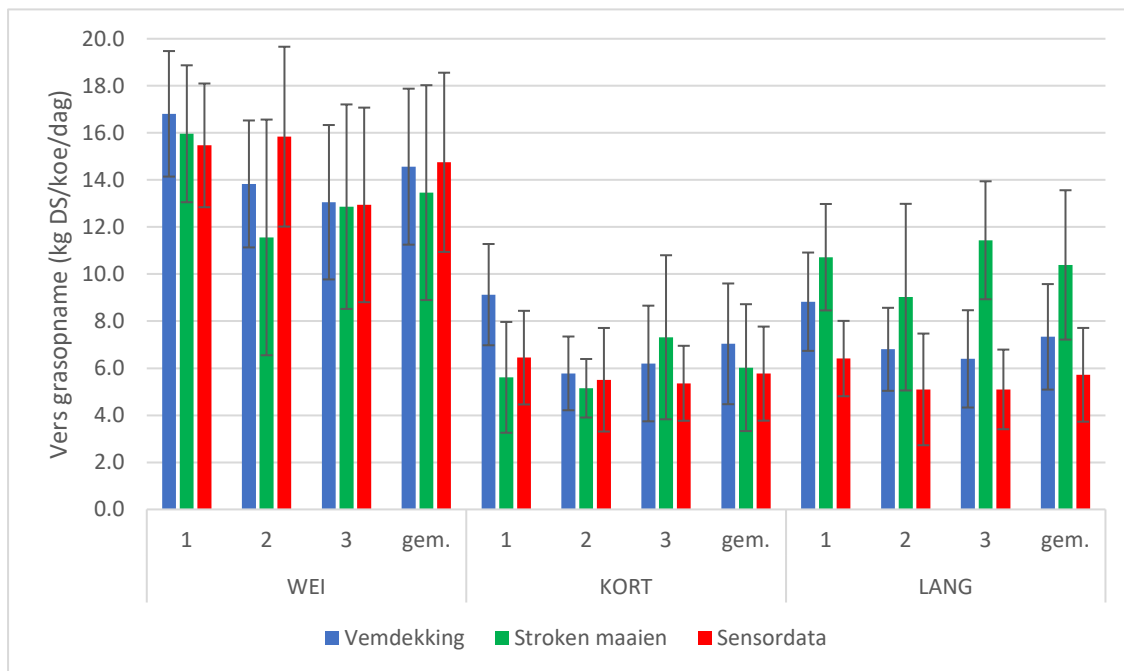
Behandeling	Periode 1			Periode 2			Periode 3		
	KORT	LANG	P ¹	KORT	LANG	P ¹	KORT	LANG	P ¹
Meetmelkproductie (kg/d)	28,2	27,6	0,380	23,0	23,2	0,828	24,6	24,4	0,818
Melkproductie (kg/d)	26,4	25,8	0,283	21,7	22,4	0,408	23,1	22,9	0,613
Vetgehalte (%)	4,52	4,50	0,204	4,49	4,24	0,227	4,47	4,41	0,752
Eiwitgehalte (%)	3,46	3,54	0,668	3,48	3,37	0,172	3,44	3,50	0,534
Lactosegehalte (%)	4,53	4,53	0,132	4,45	4,36	0,130	4,38	4,41	0,613
Vetproductie (g/d)	1191	1157	0,876	963	951	0,813	1027	1014	0,715
Eiwitproductie (g/d)	910	912	0,315	747	755	0,744	791	798	0,760
Lactoseproductie (g/d)	1195	1167	0,902	1012	1033	0,880	1012	1011	0,960
Voeropname (kg DS/d)	18,6	18,1	0,125	17,5	17,6	0,889	18,5	18,1	0,213
Graskuil opname (kg DS/d)	7,7	7,5	0,268	7,3	7,1	0,424	8,3	8,0	0,206
Weidegras opname (kg DS/d)	8,1	8,0	0,216	6,0	6,5	0,055	6,2	6,1	0,831
Krachtvoeropname (kg DS/d)	3,8	4,1		4,3	4,1		4,1	4,0	
Voerefficiëntie (kg FPCM/kg DS)	1,44	1,41	0,224	1,31	1,31	0,896	1,32	1,35	0,896

¹ P waarden kleiner dan 0,05 geven een significant verschil aan per afzonderlijke proefperiode

3.3 Voeropname

3.3.1 Vers grasopname

De vers grasopname (binnen proef A voor de behandeling WEI en binnen proef B voor beide behandelingen) is met drie verschillende methoden bepaald. In figuur 3.2 staan de grasopnames in de wei tijdens de meetperiode, bepaald volgens de drie genoemde methodieken; op basis van VEM-dekking, door middel van stroken maaien en met behulp van sensordata.



Figuur 3.2 Grasopname per behandeling (WEI, KORT, LANG) in kg DS/koe/dag per periode (1, 2, 3) en gemiddeld berekend (gem.) op basis van VEM-dekking (blauw), het uitmaaien van stroken (groen) en sensordata (rood) inclusief de standaard deviatie.

Gemiddeld is het verschil in grasopname berekend met de drie methodieken significant verschillend ($p < 0,001$) en ook is er een significant periode-effect ($p < 0,001$, niet relevant in deze vergelijking). Daarnaast is er een interactie tussen methode en behandeling, tussen methode en periode, tussen behandeling en periode (niet relevant in dit onderdeel, $p < 0,001$; $LSD = 0,3$) en een drieweginteractie tussen behandeling, methode en periode ($p < 0,001$; $LSD = 0,51$). Voor de behandeling KORT gaf de berekening op basis van VEM-dekking de hoogste grasopname (gemiddeld over de perioden), vooral in periode 1. Opvallend is dat op basis van het maaien van stroken de behandeling KORT in alle perioden een significant lagere grasopname had dan de LANG groep ($p < 0,001$; $LSD = 0,30$), terwijl het aanbod door het verschil in aangeboden oppervlak gelijk was. Een mogelijke verklaring hiervoor is dat het maaien van de stroken in het korte gras een relatief grotere afwijking geeft door de relatief lagere biomassa per uitgemaakte strook. Voor de behandeling LANG gaf het uitmaaien van stroken in alle perioden ook de hoogste vers grasopname. Hierbij is de berekende grasopname bij LANG op basis van uitmaaien stroken ook aanzienlijk hoger dan op basis van de andere twee methoden. Een mogelijke verklaring hiervoor is het graasgedrag van de koeien. In langer gras hebben koeien meer mogelijkheid om te selecteren. Ondanks dat bij het uitmaaien van stroken weideresten worden vermeden kan niet volledig worden voorkomen dat weideresten deels in de gemaakte stroken terecht komen.

Er is voor gekozen om het uitmaaien van stroken niet als uitgangspunt te nemen in de DS opname berekeningen op dierniveau, omdat deze methode enkel de vers grasopname op groepsniveau bepaalt en omdat deze methode de meeste afwijking liet zien ten opzichte van de andere methoden. Daarom is gekozen om de individuele vers grasopnames in de wei te berekenen als gemiddelde van de VEM-

dekking en de sensordata. De methodiek van het bepalen van de grasopname op basis van sensordata (vreectijd) is gekalibreerd op basis van beperkte weidegang (maximaal 8 uur) en bijvoeding in de stal (Timmer *et al.*, 2016; Van Reenen *et al.*, 2016; Schils *et al.*, 2019). Deze opzet is meer vergelijkbaar met de behandelingen KORT en LANG ten opzichte van de behandeling WEI. Desalniettemin zijn de verschillen tussen de methoden bij de behandeling WEI niet groter dan bij de andere behandelingen.

3.3.2 Proef A

De gemiddelde voeropname in kg DS per periode per behandeling tijdens de meetweken van proef A staat weergegeven in tabel 3.1. Een volledig overzicht van de voederwaarde per voedermiddel staat in bijlage 2. Voor de behandeling GK bestaat het ruwvoerdeel uit graskuil, voor WEI en ZSV uit vers gras. De vers gras opname van behandeling WEI is bepaald op basis van het gemiddelde van de methodieken VEM dekking en sensordata. De ingestelde krachtvoergift was voor alle behandelingen en dieren 5,0 kg DS (5,5 kg vers gewicht). De gemiddelde krachtvoeropname was in alle gevallen lager dan de maximaal ingestelde krachtvoergift, doordat niet alle koeien alle porties uit de Greenfeed opnamen.

In periode 1 en 3 was de totale DS (ruwvoer en krachtvoer tezamen) opname significant hoger voor ZSV dan voor GK en WEI, dit was het gevolg van een significant hogere ruwvoeropname. In periode 2 was de totale DS opname niet significant verschillend tussen de behandelingen. Wel had GK een significant hogere ruwvoeropname dan WEI en ZSV.

3.3.3 Proef B

De gemiddelde voeropname in kg DS per periode per behandeling tijdens de meetweken van proef B staat weergegeven in tabel 3.2. Een volledig overzicht van de voederwaarde per voedermiddel staat in bijlage 3. Tijdens proef B kregen alle koeien zowel graskuil als vers gras. De opname van vers gras voor beide behandelingen is bepaald op basis van het gemiddelde van de methodieken VEM dekking en sensordata (zie hoofdstuk 3.3.1).

Er waren geen significante verschillen in de totale DS opname en de DS opname van ruwvoer. Dat de vers grasopname per periode niet significant verschilde tussen de behandelingen is gewenst, omdat eventuele verschillen in emissie dan kunnen worden toegeschreven aan verschillen in chemische samenstelling van het verse gras. Wel nam de grasopname over de perioden af (en die van kuil daardoor toe). Dat had deels te maken met de smakelijkheid van het verse gras (koeien nemen minder op van doorgesloten materiaal) en slechte verteerbaarheid als gevolg van het doorschieten (met name in periode 2), maar ook door een afnemend vers grasaanbod door een tragere groei in periode 3.

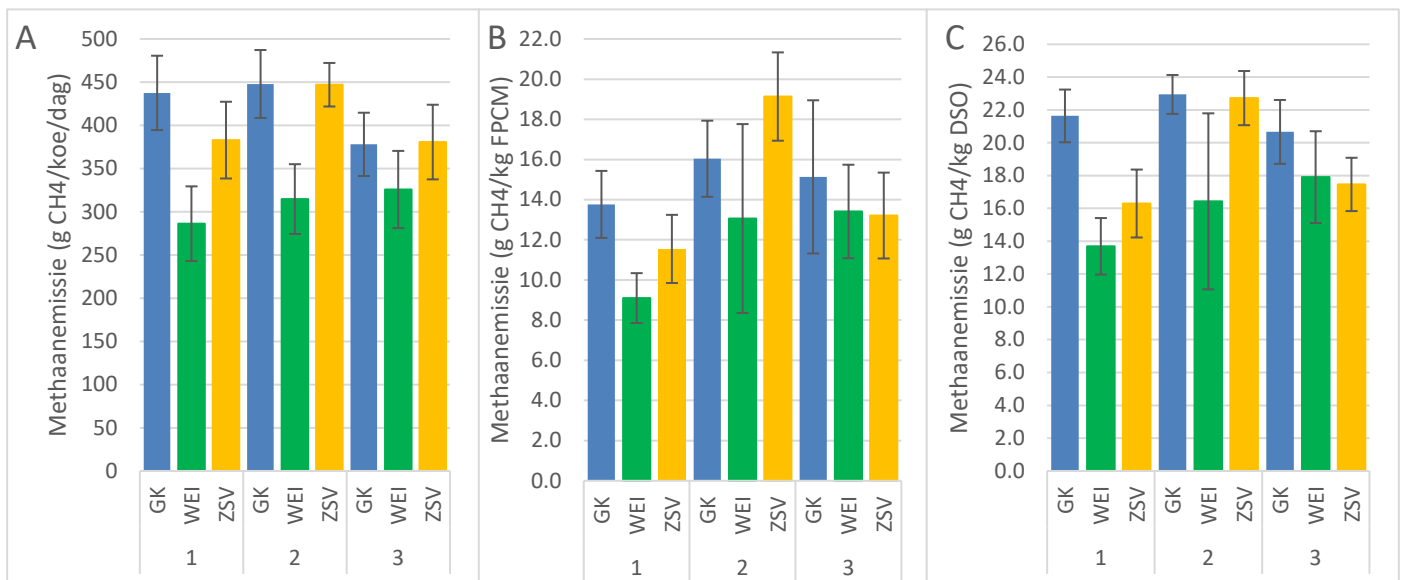
3.4 Methaanemissie

In totaal is van 239 koeien (n=16 per behandeling) in de periode van 21 april t/m 5 oktober 2020 de CH₄ productie gemeten. Van één koe zijn geen metingen gehaald (proefperiode A2, behandeling WEI), omdat de koe de Greenfeed niet bezocht. Binnen proef A waren 3 fistelkoeien aanwezig (elke periode één per behandeling), die samen geen blok vormden (zie hoofdstuk 2.2), waardoor deze niet zijn meegenomen in de analyse van de gewarde blokkenproef. De fistelkoeien zijn apart geanalyseerd in een Latijns Vierkant opzet (zie hoofdstuk 3.5). De resterende 230 koeien zijn gebruikt voor de analyse van de gewarde blokkenproef. In totaal zijn er 15244 succesvolle CH₄ metingen verzameld, met gemiddeld 65 CH₄ metingen per koe per twee weken (meetweken). Van twee koeien zijn minder dan 20 metingen gehaald (één koe in proefperiode A1 behandeling WEI met 3 metingen en één koe in proefperiode B2 behandeling LANG met 19 metingen). Deze koeien waren geen uitbijters en zijn daarom wel meegenomen in de analyse.

3.4.1 Proef A

De gemiddelde CH₄ emissie per periode per behandeling en gemiddeld over alle perioden heen staat weergegeven in tabel 3.3 en 3.5. In periode 1 was zowel de CH₄ productie (per koe per dag), de CH₄ opbrengst (per kg DS) als de CH₄ intensiteit (per kg meetmelk) significant het laagst voor de behandeling WEI, gevolgd door ZSV ($p < 0,001$). De emissie was significant het hoogst bij de behandeling GK ($p < 0,001$). Ook in periode 2 was de CH₄ productie, de CH₄ opbrengst en de CH₄ intensiteit voor de behandeling WEI significant het laagst ($p < 0,001$). Het verschil in emissie tussen de behandeling GK en ZSV was in deze periode kleiner en enkel significant verschillend voor de CH₄ intensiteit per kg meetmelk (respectievelijk 16,1 versus 19,4 g CH₄/kg FPCM). In periode 3 was de CH₄ productie per koe per dag bij de behandeling WEI opnieuw significant het laagst ($p = 0,002$). De CH₄ intensiteit per kg meetmelk en CH₄ opbrengst per kg DS verschilde niet tussen WEI en ZSV in deze periode, maar ze waren wel lager dan GK (voor de CH₄ intensiteit een trend met $p = 0,059$, voor de CH₄ opbrengst significant met $p < 0,001$).

Over alle perioden heen was de CH₄ emissie (zowel de productie per koe per dag, de intensiteit per kg meetmelk als de opbrengst per kg DS) significant het laagst voor de behandeling WEI ($p < 0,001$) en het hoogst voor de behandeling GK (voor de CH₄ productie per koe per dag een trend). In periode 1 is het verschil in CH₄ emissie tussen de groepen groter dan in periode 3. De resultaten staan visueel weergegeven in figuur 3.3.

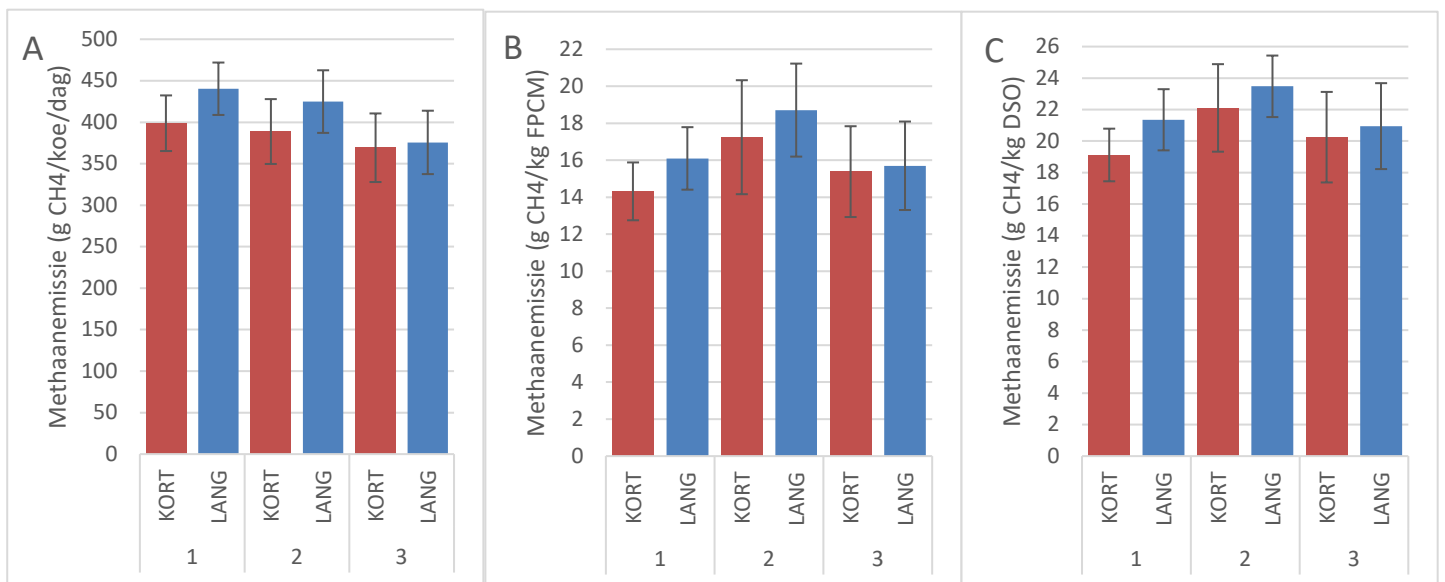


Figuur 3.3 Gemiddelde CH₄ emissie per behandeling (GK in blauw, WEI in groen en ZSV in geel) per periode (1, 2, 3) uitgedrukt als CH₄ productie per koe per dag (grafiek A), CH₄ intensiteit per kg FPCM (grafiek B) en CH₄ opbrengst per kg DS opname (grafiek C), inclusief de standaard deviatie (zwarte lijnen).

3.4.2 Proef B

De gemiddelde CH₄ emissie per periode per behandeling en gemiddeld over alle perioden heen staat weergegeven in tabel 3.4 en 3.6. In periode 1 was zowel de CH₄ productie (per koe per dag), de CH₄ opbrengst (per kg DS) als de CH₄ intensiteit (per kg meetmelk) significant lager voor de behandeling KORT ten opzichte van LANG ($p < 0,024$). In periode 2 was dit verschil nog significant voor de CH₄ productie per koe per dag ($p = 0,041$) en per kg DS opname ($p = 0,002$). In periode 3 waren de verschillen in emissie niet significant tussen de behandelingen ($p > 0,158$).

Gemiddeld over alle perioden heen (meta-analyse) was de CH₄ emissie (zowel de productie, intensiteit als opbrengst) lager bij de behandeling KORT ten opzichte van de behandeling LANG ($p < 0,014$). De emissie van de behandeling KORT was over het jaar stabielier dan van de behandeling LANG waarbij de emissie over de perioden meer afnam. De resultaten staan visueel weergegeven in figuur 3.4.



Figuur 3.4 Gemiddelde CH₄ emissie per behandeling (KORT in rood en LANG in blauw) per periode (1, 2, 3) uitgedrukt als CH₄ productie per koe per dag (grafiek A), CH₄ intensiteit per kg FPCM (grafiek B) en CH₄ opbrengst per kg DS opname (grafiek C), inclusief de standaard deviatie (zwarte lijnen).

Tabel 3.3 Resultaten van de ANOVA analyse van de CH₄ emissie per periode tijdens proef A. Significante verschillen tussen behandelingen zijn weergegeven met superscripts.

Periode	1				2				3			
	GK	WEI	ZSV	P ¹	GK	WEI	ZSV	p	GK	WEI	ZSV	p
CH ₄ productie, g CH ₄ /koe/dag	438 ^a	286 ^b	383 ^c	0,001	448 ^a	316 ^b	447 ^a	<0,001	378 ^a	326 ^b	381 ^a	0,002
CH ₄ intensiteit, g CH ₄ /kg FPCM	13,7 ^a	9,1 ^b	11,5 ^c	<0,001	16,1 ^a	13,0 ^b	19,4 ^c	<0,001	14,7	13,4	13,2	0,059
CH ₄ opbrengst, g CH ₄ /kg DS	21,7 ^a	14,2 ^b	16,1 ^c	<0,001	22,9 ^a	16,3 ^b	22,9 ^a	<0,001	20,7 ^a	18,2 ^b	17,6 ^b	<0,001

¹p=p-waarde van de ANOVA analyse, er is een significant verschil wanneer p<0,05, er is sprake van een trend wanneer p<0,1

Tabel 3.4 Resultaten van de ANOVA analyse van de CH₄ emissie per periode tijdens proef B. Significante verschillen tussen behandelingen zijn weergegeven met superscript.

Periode	1			2			3		
	KORT	LANG	p	KORT	LANG	p	KORT	LANG	p
CH ₄ productie, g CH ₄ /koe/dag	399 ^a	440 ^b	0,024	389 ^a	425 ^b	0,041	369	376	0,638
CH ₄ intensiteit, g CH ₄ /kg FPCM	14,3 ^a	16,1 ^b	0,002	17,2	18,6	0,151	15,2	15,6	0,511
CH ₄ opbrengst, g CH ₄ /kg DS	20,2 ^a	22,6 ^b	0,002	20,2 ^a	22,6 ^b	0,002	19,9	20,8	0,158

Tabel 3.5 De geschatte behandelingsgemiddelden op basis van een Multiple Experiments Analyse (REML) van proef A in periode 1 (voorjaar), 2 (zomer) en 3 (najaar). Met in het Fixed model Behandeling+Blok en in het random model Diernummer.Blok. Significante verschillen tussen behandelingen zijn weergegeven met superscripts.

Periode	Behandeling			
Behandeling	GK	WEI	ZSV	p
CH ₄ productie, g CH ₄ /koe/dag	425 ^a	306 ^b	405 ^a	<0,001
CH ₄ intensiteit, g CH ₄ /kg FPCM	14,1 ^a	10,5 ^b	12,5 ^c	<0,001
CH ₄ opbrengst, g CH ₄ /kg DS	22,3 ^a	16,0 ^b	18,0 ^c	<0,001

Tabel 3.6 De geschatte behandelingsgemiddelden op basis van een Multiple Experiments Analyse (REML) van proef B in periode 1 (voorjaar), 2 (zomer) en 3 (najaar). Met in het Fixed model Behandeling+Blok en in het random model Diernummer.Blok. Significante verschillen tussen behandelingen zijn weergegeven met superscripts.

Periode	Behandeling		
Behandeling	KORT	LANG	p
CH ₄ productie, g CH ₄ /koe/dag	391 ^a	423 ^b	<0,001
CH ₄ intensiteit, g CH ₄ /kg FPCM	15,2 ^a	16,5 ^b	0,014
CH ₄ opbrengst, g CH ₄ /kg DS	21,0 ^a	22,7 ^b	<0,001

3.4 Voerkwaliteit

Om mogelijke verklaringen te geven voor de verschillen in CH₄ emissie tussen de behandelingen, is er een nadere variantieanalyse gedaan met de belangrijkste voederwaardecomponenten: RE, RC, suiker, NDF en VCOS. Om een globaal beeld te krijgen is in een eerste stap gekeken of er correlaties waren tussen de voederwaardecomponenten en de CH₄ productie (gemiddeld over alle koeien per dag), CH₄ intensiteit (per kg FPCM) en CH₄ opbrengst (per kg DS opname). Deze correlaties zijn weergegeven in tabel 3.7. De hoogste correlaties werden gevonden tussen de CH₄ intensiteit (per kg FPCM) met de componenten suiker en VCOS. Beide correlaties waren negatief, een hoger gehalte is gecorreleerd aan een lagere CH₄ emissie.

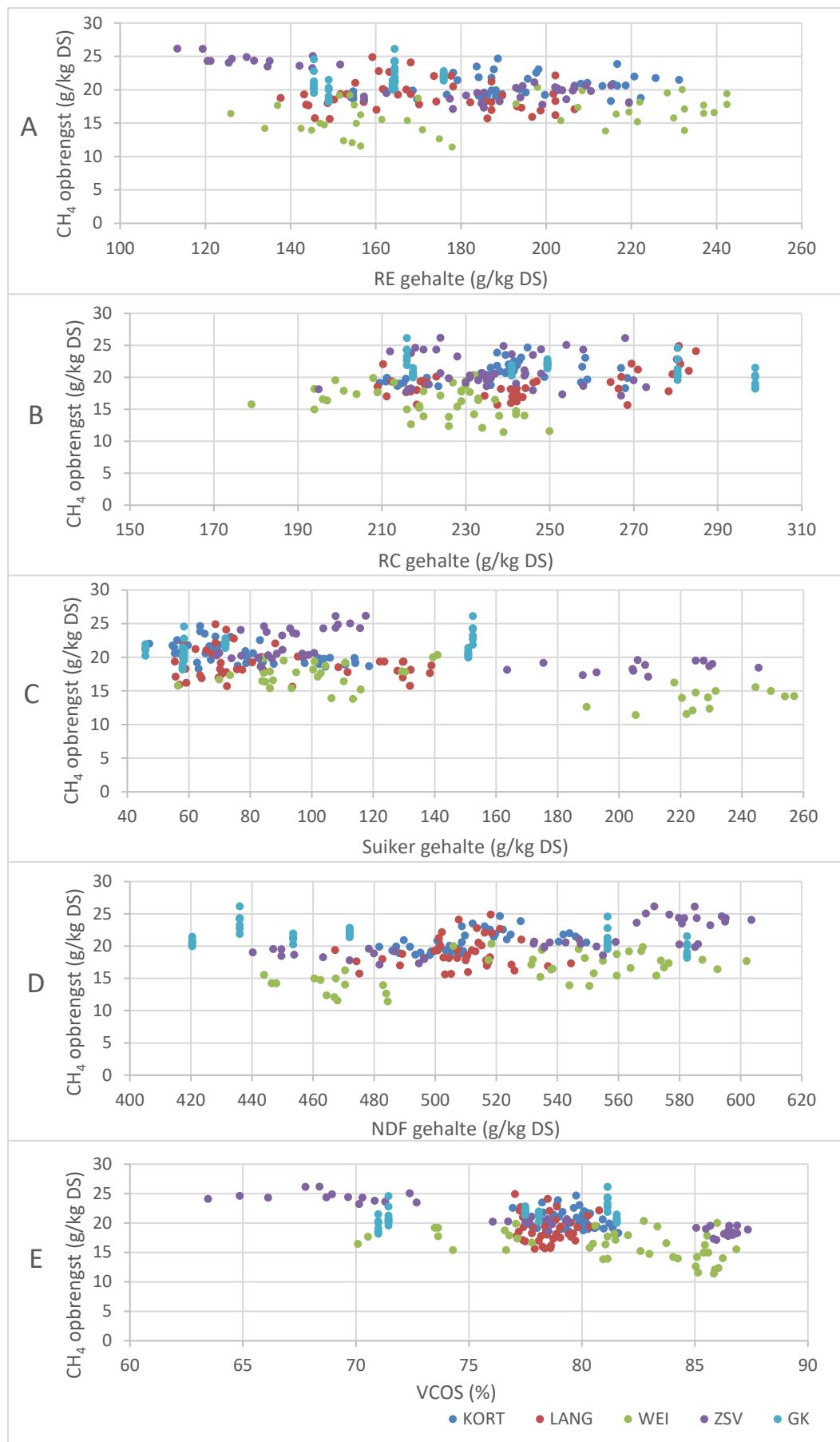
Tabel 3.7 *Correlatie coëfficiënten tussen de voederwaardecomponenten ruw eiwit (RE), ruwe celstof (RC), suiker, neutral detergent fibre (NDF) en verteringscoëfficiënt organische stof (VCOS) en de CH₄ productie, intensiteit en opbrengst.*

Voederwaarde-component	CH ₄ productie (g/koe/dag)	CH ₄ intensiteit (g/kg FPCM)	CH ₄ opbrengst (g/kg DS)
RE (g/kg DS)	-0,3471	-0,1828	-0,2011
RC (g/kg DS)	0,0852	0,1881	0,205
Suiker (g/kg DS)	-0,2457	-0,5508	-0,4103
NDF (g/kg DS)	-0,1913	0,2927	0,127
VCOS (%)	-0,3146	-0,567	-0,4859

Alle getoetste voederwaardecomponenten hebben een significant effect op de hoogte van de CH₄ opbrengst per kg DS (tabel 3.8). Voor de componenten suiker en VCOS is geen interactie-effect met behandeling gevonden. Er is wel een duidelijk effect van periode op de voederwaarde van de voedercomponenten. De voederwaardecomponenten (in g/kg DS) zijn uitgezet tegen de CH₄ opbrengst per kg DS (figuur 3.5). Hierbij is onderscheid gemaakt in de behandeling.

Tabel 3.8 *Resultaten van de REML analyse van het effect van de voederwaarde (VW) per voedercomponent op de CH₄ opbrengst (per kg DS). De interactie met behandeling (VW*Beh.) en periode (VW*Per.) is ook meegenomen.*

Voederwaardecomponent	P-waarde		
	VW	VW*Beh.	VW*Per.
NDF gehalte (g/kg DS)	0,028	<0,001	<0,001
RE gehalte (g/kg DS)	<0,001	<0,001	<0,001
RC gehalte (g/kg DS)	<0,001	0,002	0,017
VCOS (%)	<0,001	0,552	<0,001
Suiker (g/kg DS)	<0,001	0,092	<0,001



Figuur 3.5 De voedercomponenten RE (A), RC (B), suiker (C), NDF (D) en VCOS (E) uitgezet tegen de CH₄ opbrengst per kg DS op groepsniveau per dag. De behandelingen zijn weergegeven met verschillende kleuren.

3.4.1 Kwaliteitsverval zomerstalvoeding

De RIC-bakken van de ZSV groep zijn regelmatig gevuld gedurende de dag om onbeperkt vers gras aan te bieden. Het verse gras is tweemaal daags geoogst en uitgespreid over de voergang zodat de RIC-bakken gevuld konden worden. Per vulmoment is het verse gras bemonsterd om het kwaliteitsverval te onderzoeken. De gemiddelde waarden per periode zijn voor de zeven vulmomenten weergegeven in tabel 3.9.

Tabel 3.9 Verloop in vers graskwaliteit over de dag (tussen verschillende vulmomenten) voor de behandeling ZSV.

Vulmoment	VEM	RE (g/kg DS)	VCOS (%)	NDF (g/kg DS)	RC (g/kg DS)	Suiker (g/kg DS)
Periode 1						
1	1030	176	86,0	481	190	203
2	1045	184	86,1	468	189	207
3	1049	187	86,3	475	190	205
4	1054	184	86,5	470	187	211
5	1046	184	86,3	470	189	210
6	1054	184	86,6	463	188	210
7	1054	178	86,3	467	188	212
Gem.	1047	182	86,3	471	189	208
Periode 2						
1	785	132	69,8	586	286	101
2	778	136	69,5	581	284	98
3	771	133	69,2	581	287	96
4	777	130	69,5	583	287	105
5	772	128	69,1	580	287	107
6	766	133	68,5	584	287	98
7	738	129	66,5	596	295	88
Gem.	770	132	68,9	584	288	99
Periode 3						
1	897	204	77,7	559	238	80
2	901	209	78,0	562	235	74
3	887	206	77,2	565	238	75
4	920	204	79,1	544	225	95
5	911	200	78,6	543	224	95
6	912	201	78,6	546	229	94
7	892	204	77,2	546	231	88
Gem.	903	204	78,1	552	232	86

Voor geen van de parameters blijkt een duidelijk vervaleffect aanwezig. Vulmoment heeft wel een significant effect op de voederwaarde ($p < 0,001$ voor alle parameters), maar dit kan niet worden gelinkt aan een bepaald moment van de dag. Er was geen volgorde te herkennen in het effect van vulmoment op de voederwaarde (met andere woorden vulmoment 2 is niet per definitie beter dan vulmoment 3 of 4, en 5 is niet beter dan vulmoment 6, 7 of 1). Hieruit kan geconcludeerd worden dat het lossen van gras op de voergang (op 2 momenten per dag) en vervolgens gedurende de gehele dag gras van dit los gestorte materiaal te voeren geen (negatief of positief) effect heeft gehad op de kwaliteit van het gras. Ook is geen duidelijk verschil waar te nemen tussen het gras dat 's morgens of 's middags is gemaaid (vulmoment 2 t/m 4 zijn ongeveer synoniem voor het ochtendgras en 5, 6, 7 en 1 voor het middaggras).

3.4.2 Vers graskwaliteit ochtend en avond

De behandeling WEI heeft gedurende een volledig etmaal op één strook gelopen. Omdat bekend is dat koeien selectief grazen, kan er verschil ontstaan in graskwaliteit tussen het gras dat 's morgens direct na inscharen wordt opgenomen en het gras dat gedurende de nacht wordt opgenomen. Om dit te toetsen zijn in de meetweken dagelijks twee grasmonsters van het aanbod genomen: 's morgens bij inscharen en 's avonds rond het melken. De resultaten zijn per periode als gemiddelde van veertien monsters weergegeven in tabel 3.10. Ook hier is per voederwaardecomponent getoetst of er een verschil was in graskwaliteit tussen het verse gras in de ochtend en in de avond. Er was sprake van een significant periode-effect bij alle parameters ($p < 0.001$). Zowel per periode als over alle perioden heen waren het RE, NDF en suikergehalte significant verschillend tussen de ochtend en avond. Voor het VEM gehalte was dit enkel het geval voor periode 2 en gemiddeld over alle perioden heen. De VEM, RE en NDF gehalten waren hoger in de ochtend dan in de avond en het suiker gehalte was hoger in de avond dan in de ochtend.

Tabel 3.10 Graskwaliteit in de ochtend en in de avond voor de behandeling WEI (gemiddelden van veertien monsters).

Moment	VEM	RE (g/kg DS)	VCOS (%)	NDF (g/kg DS)	RC (g/kg DS)	Suiker (g/kg DS)
Periode 1						
Ochtend	1024	181 ^a	85,8	484 ^a	188	195 ^a
Avond	1013	130 ^b	84,7	448 ^b	185	263 ^b
Gem.	1019	156	85,3	466	186	229
Periode 2						
Ochtend	911 ^a	210 ^a	78,8	575 ^a	245	83 ^a
Avond	882 ^b	164 ^b	76,8	544 ^b	241	127 ^b
Gem.	897	187	77,8	559	243	105
Periode 3						
Ochtend	939	244 ^a	80,5	569 ^a	232	70 ^a
Avond	926	202 ^b	80,0	529 ^b	223	120 ^b
Gem.	932	223	80,3	549	228	95
Gem. ochtend	958 ^a	212 ^a	82	542 ^a	222	116 ^a
Gem. avond	940 ^b	165 ^b	81	507 ^b	216	170 ^b
Totaal gemiddelde	949	188	81,1	525	219	143

3.5 Penskaracteristieken

3.5.1 Vluchtige vetzuurpatroon en ammoniak in de pens

In totaal zijn van de drie fistelkoeien (één per behandeling) 89 pensvloeistofmonsters² verzameld. Eén avondmonster is niet genomen van de koe in de weide (periode 3, 22:00 uur), omdat het donker was en de koe zich niet liet vangen. In periode 3 stond koe 485 droog, vanwege het laatste stadium van de dracht, maar deze koe is wel op de normale wijze bemonsterd. De gemiddelde concentraties ammoniak en vluchtige vetzuren en enkele kengetallen berekend uit de vetzuurconcentraties zijn weergegeven in tabel 3.11 (inclusief LSD en p-waarde).

De gemiddelde ammoniakconcentratie is niet significant verschillend tussen de behandelingen ($p=0,829$) en laat grote variatie zien. De variatie in ammoniakconcentratie van de pensvloeistof kan onder andere worden veroorzaakt door het voeropnamepatroon over de dag en de schommelingen in de samenstelling van het (weide)gras over de dag.

² 3 koeien x 3 perioden x 2 dagen x 5 tijdstippen per dag = 90 monsters pensvloeistof waarbij 1 monster ontbreekt.

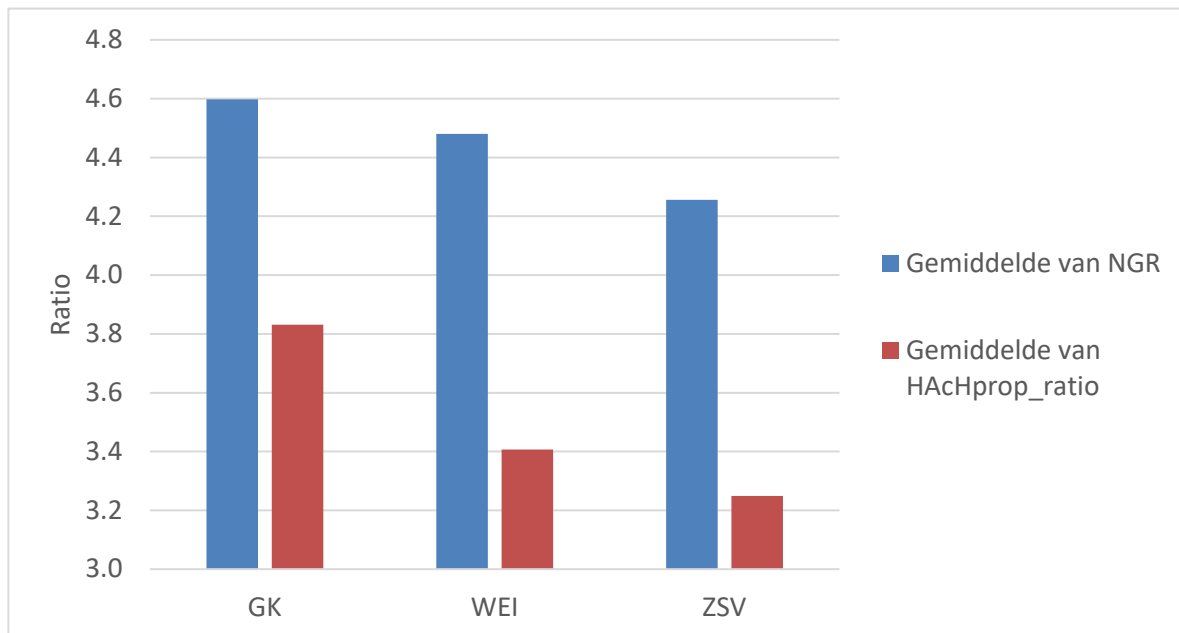
Dierfysiologische kenmerken kunnen eveneens de ammoniakconcentratie beïnvloeden, zoals de beschikbare hoeveelheid energie in de pens voor de benutting van de vrijkomende ammoniak. Een soortgelijk patroon is terug te zien in de variatie van het vluchtige vetzuurpatroon, vooral azijnzuur. De afzonderlijke concentraties vluchtige vetzuren en het totaal van de vluchtige vetzuren waren niet significant verschillend. Dat gold ook voor de afzonderlijke verhoudingen van deze vetzuren ten opzichte van het totaal.

Enkel de verhouding aan 'niet-glucogene' en 'glucogene' vetzuren (NGR) was verschillend ($p=0,005$) tussen de behandelingen (figuur 3.6). De laagste ratio werd gevonden bij de behandeling ZSV (NGR=4,26), het hoogst bij GK (4,60) en er tussenin bij de behandeling WEI (4,52). Een soortgelijke verhouding, namelijk de verhouding tussen azijnzuur en propionzuur was eveneens verschillend tussen de behandelingen ($p=0,011$). Des te lager de verhouding NGR of de verhouding azijnzuur/propionzuur betekent relatief minder niet-glucogene vetzuren, oftewel relatief meer glucogene vetzuren. Niet glucogene vetzuren of ketogene vetzuren (azijnzuur, (iso)boterzuur) zijn bouwstenen voor energie en voor de vorming van lichaams- of melkvet. Glucogene vetzuren zoals propionzuur zijn precursors voor glucose en essentieel voor de vorming van melksuiker (lactose).

Tabel 3.11 Pensfermentatie kenmerken: concentraties van ammoniak, vluchtige vetzuren en enkele kengetallen berekend uit de vetzuurconcentraties.

	eenheid	GK	WEI	ZSV	LSD	p-waarde
Ammoniak:						
NH ₃	mg/l	92.1	151.4	97.0	441.1	0.829
NH ₃ -N	mg/l	75.9	124.7	79.9	363.2	0.829
spreiding NH ₃	mg/l	59	45	33	153	0.800
Vluchtige vetzuren:						
azijnzuur/HAc	mmol/l	72.2	64.7	65.7	31.6	0.620
propionzuur/HProp	mmol/l	19.0	20.6	21.4	3.1	0.155
boterzuur/HBut	mmol/l	12.3	14.7	13.8	2.4	0.100
iso boterzuur/iso HBut	mmol/l	0.87	1.00	0.88	1.39	0.911
valeriaanzuur/HVal	mmol/l	1.91	1.39	1.39	0.93	0.207
iso valeriaanzuur/H isoVal	mmol/l	1.49	1.37	1.09	1.75	0.663
totaal vluchtige vetzuren (tVVZ)	mmol/l	107.8	103.7	104.2	39.4	0.895
azijnzuur/HAc	%	67.1	63.1	63.3	4.8	0.113
propionzuur/HProp	%	17.6	19.3	20.3	2.8	0.104
boterzuur/HBut	%	11.4	14.0	13.2	3.0	0.122
iso boterzuur/iso HBut	%	0.81	1.01	0.84	1.02	0.718
valeriaanzuur/HVal	%	1.74	1.32	1.31	0.89	0.263
iso valeriaanzuur/H isoVal	%	1.37	1.35	1.05	1.15	0.518
NGR ¹		4.60 ^c	4.52 ^b	4.26 ^a	0.08	0.005
HAc/HProp		3.83 ^c	3.45 ^b	3.25 ^a	0.19	0.011

¹) NGR: Non glucogenic/glucogenic ratio: verhouding tussen niet glucogene en glucogene vetzuren



Figuur 3.6 NGR verhouding (blauw) en de azijnzuur/propionzuur ratio (rood) in de pensvloeistof per behandeling (GK, WEI, ZSV).

3.5.2 Zuurgraad (pH) in de pens

De Dascor loggers hebben per koe per etmaal 720 pH metingen geregistreerd, dat is elke 2 minuten een meting (zie bijlage 4 voor het pH verloop over de dag). De pH waarden van koe 425 vertoonden vanaf halverwege de 2^e meetdag in periode 1 plotseling een sterke stijging. Waarschijnlijk is de Dascor logger in de netmaag terecht gekomen waar de pH hoger is. De meetwaarden van deze koe (in periode 1 op dag 2) zijn voor circa 12 uur lang niet gebruikt voor de berekeningen en analyse.

Er zijn geen significante verschillen gevonden tussen de behandelingen voor de weergegeven gemiddelden en overige kengetallen (tabel 3.12). De zuurgraad (pH) van de pensinhoud is een resultante van diverse processen, zoals de vorming van vetzuren door micro-organismen, de absorptie van vetzuren door de penswand en de speekselvorming als gevolg van herkauwen. De pH is een belangrijke indicator voor microbiële fermentatie. In de literatuur zijn niveaus geformuleerd die een indicatie geven van de pensfermentatie en waarmee het grillige verloop van de pH in kengetallen kan worden samengevat. De gemiddelde pH was voor alle behandelingen gelijk. De kengetallen die pH waarden onder een grenswaarde (5,6 / 5,8 / 6,0) karakteriseren lieten geen significant verschil zien tussen de behandelingen. De kengetallen van de logistische curve van de pH waarden lieten geen statistisch verschil zien tussen de behandelingen, alhoewel er sprake was van een tendens ($p=0,092$) tussen de behandelingen GK en ZSV voor de richting, oftewel de steilheid, van de curve. De hogere waarde voor ZSV betekende een kleinere spreiding van de pH in de pens, oftewel minder grote schommelingen van de pH over het etmaal.

Tabel 3.12 Zuurgraad (pH) in de pens met kengetallen over het verloop van de zuurgraad over de dag (gemiddelde van 2 dagen, gelijk aan de dagen van de pensvloei stof monstername).

Behandeling		GK	WEI	ZSV	LSD	p-waarde
pH waarde	Eenheid					
gemiddelde		6.3	6.3	6.3	0.3	0.994
Minimum ¹		5.7	5.8	5.8	0.4	0.361
Maximum ¹		6.8	6.9	6.8	0.3	0.454
standaard deviatie		0.28	0.24	0.20	0.13	0.213
<hr/>						
lager dan 5.6 in min.	min./etmaal	18	181	48	533	0.503
lager dan 5.8 in min.	min./etmaal	128	310	166	590	0.505
lager dan 6.0 in min.	min./etmaal	323	432	289	467	0.513
<hr/>						
lager dan 5.6 in opp.	ΔpH*min.	0.9	14.3	3.1	44.1	0.501
lager dan 5.8 in opp.	ΔpH*min.	12.3	64.2	25.8	163.0	0.497
lager dan 6.0 in opp.	ΔpH*min.	57.5	137.8	70.2	267	0.508
<hr/>						
Logistische curve						
richting (slope)		6.2	7.2	8.8	2.5	0.092
mediaan		6.3	6.3	6.3	0.3	0.943

¹ de minimum en maximum pH waarden in de tabel zijn gemiddelden, individuele pH waarden kunnen lager (of hoger) zijn, wat ook tot uitdrukking komt in de kenmerken 'lager dan 5.6 in min.'

3.6 Afbraakarakteristieken van vers gras en graskuil

In tabel 3.13 en 3.14 staan de afbraakkenmerken voor de gras- en graskuilmonsters die bepaald zijn via de nylonzakjes methode. In tabel 3.13 staan de resultaten van de RE fractie in de monsters, in tabel 3.14 van de NDF fractie. De resultaten kunnen onder meer gebruikt worden in mathematische modellen die de fermentatie- en verteringsprocessen modelleren. De afbraakkenmerken zijn sterk gerelateerd aan het groeistadium van het gras. Voor graskuil heeft ook het inkuilproces en de mate van conservering invloed op de afbraakkenmerken. Het eiwitgehalte van de monsters varieerde van 170 tot 193 g/kg DS voor graskuil en van 116 tot 251 g/kg DS voor vers gras. De grotere variatie bij vers gras kan te maken hebben met de grotere verschillen in het fysiologisch stadium van het gras bij de beweiding of bij het maaien voor zomerstalvoeding. Graskuil heeft een hoger aandeel uitwasbare eiwit fractie (W-fractie) in vergelijking met vers gras. De afbraaksnelheid van de afbreekbare fractie van graskuil is daarentegen lager in vergelijking met vers gras. De berekende eiwitbestendigheid (BRE) varieerde van 35 tot 50% voor graskuil en van 39 tot 67% voor de vers gras monsters.

Tabel 3.13 Afbraakkenmerken van ruw eiwit van graskuil en vers gras monsters.

	voedermiddel	ruw eiwit g/kg ds	W- fractie ¹ %	D- fractie ² %	U- fractie ³ %	afbraaksnelheid (k _d) ⁴ % per uur	% BRE ⁵ %
GK p1	graskuil	193	46.5	37.4	16.1	2.1	44.0
GK p2	graskuil	170	49.0	33.6	17.5	5.5	35.0
GK p3	graskuil	170	26.2	54.2	19.6	3.9	49.9
GK gemiddeld	graskuil	178	40.6	41.7	17.7	3.8	42.3
WEI p1	vers gras	159	3.3	84.4	12.3	9.0	40.4
WEI p2	vers gras	221	-0.9	90.7	10.1	8.6	41.2
WEI p3	vers gras	207	-1.0	86.5	14.5	6.0	51.6
WEI gemiddeld	vers gras	196	0.5	87.2	12.3	7.9	44.0
ZSV p1	vers gras	135	1.7	84.7	13.5	8.8	42.2
ZSV p2	vers gras	116	12.1	49.8	38.1	3.4	66.6
ZSV p3	vers gras	207	3.3	80.5	16.2	6.0	50.8
ZSV gemiddeld	vers gras	153	5.7	71.7	22.6	6.0	53.2
KORT p1	vers gras	190	2.9	81.4	15.8	11.0	39.4
KORT p1	vers gras	233	0.4	86.1	13.5	10.6	39.2
KORT p1	vers gras	251	4.3	84.4	11.3	8.2	41.2
KORT gemiddeld	vers gras	225	2.5	83.9	13.5	9.9	39.7
LANG p1	vers gras	142	9.1	67.1	23.8	10.1	44.5
LANG p2	vers gras	194	2.5	80.1	17.4	8.8	44.5
LANG p3	vers gras	221	7.3	74.0	18.7	6.8	48.1
LANG gemiddeld	vers gras	186	6.3	73.8	20.0	8.6	45.3

¹) W-fractie: uitwasbare fractie

²) D-fractie: potentieel afbreekbare fractie in de pens

³) U-fractie: onverteerbare fractie

⁴) afbraaksnelheid (k_d): snelheid van afbraak van de D-fractie per uur

⁵) %BRE, voor GK: %BRE = U-fractie + (4.5/(4.5+k_d) * D-fractie + 0.05 * W-fractie

⁶) voor vers gras (WEI, ZSV, KORT, LANG): %BRE = U-fractie + (4.5/(4.5+k_d) * D-fractie

Het NDF gehalte varieerde van 405-526 g/kg DS voor graskuil en van 349-552 g/kg DS voor vers gras. De gemiddelde afbraaksnelheid van NDF was gemiddeld lager voor graskuil in vergelijking met vers gras. De afbraak van NDF vindt vooral in de pens plaats en nauwelijks in de (dikke) darm.

Tabel 3.14 Afbraakkenmerken van NDF van graskuil en vers gras monsters.

	voedermiddel	NDF	W- fractie	D-fractie	U-fractie	afbraaksnelheid (k _d)
		g/kg ds	%	%	%	% per uur
GK p1	graskuil	454	0.0	86.5	13.5	3.1
GK p2	graskuil	405	0.0	89.2	10.8	2.9
GK p3	graskuil	526	0.0	85.2	14.8	2.6
GK gemiddeld	graskuil	462	0.0	87.0	13.0	2.9
WEI p1	vers gras	349	0.0	91.9	8.1	4.0
WEI p2	vers gras	443	0.0	91.9	8.1	4.7
WEI p3	vers gras	439	0.0	90.9	9.1	4.8
WEI gemiddeld	vers gras	410	0.0	91.5	8.5	4.5
ZSV p1	vers gras	362	0.0	92.4	7.6	3.7
ZSV p2	vers gras	552	0.0	71.6	28.4	2.4
ZSV p3	vers gras	458	0.0	87.8	12.2	5.1
ZSV gemiddeld	vers gras	457	0.0	84.0	16.0	3.7
KORT p1	vers gras	482	0.0	89.5	10.5	5.3
KORT p2	vers gras	429	0.0	90.2	9.8	5.9
KORT p3	vers gras	459	0.0	92.3	7.7	5.5
KORT gemiddeld	vers gras	457	0.0	90.7	9.3	5.6
LANG p1	vers gras	509	0.0	87.4	12.6	2.9
LANG p2	vers gras	468	0.0	89.5	10.5	5.5
LANG p3	vers gras	453	0.0	89.3	10.7	5.0
LANG gemiddeld	vers gras	477	0.0	88.7	11.3	4.5

3.7 Synthese resultaten

Alvorens over te gaan op de discussie zijn hier de belangrijkste resultaten samengevat in relatie tot de onderzoeksvragen inclusief beschreven deelvragen.

De resultaten van het eerste jaar van de meerjarige beweidingsproef laten zien dat de CH₄ emissie (zowel de productie per koe per dag, de intensiteit per kg meetmelk als de opbrengst per kg DS) over alle perioden heen het laagst was voor de behandeling WEI en het hoogst voor de behandeling GK (voor de CH₄ productie per koe per dag een trend). In het voorjaar was het verschil in CH₄ emissie tussen de groepen groter dan in het najaar. Gemiddeld over alle perioden heen (meta-analyse) was de CH₄ emissie, zowel de productie (per koe per dag), intensiteit (per kg meetmelk) als opbrengst (per kg DS), lager bij de behandeling KORT ten opzichte van de behandeling LANG. De emissie van de behandeling KORT was over het jaar stabielier dan van de behandeling LANG waarbij de emissie over de perioden meer afnam. In de variantieanalyse per periode was de CH₄ emissie (zowel de productie, intensiteit als opbrengst) significant lager voor KORT ten opzichte van LANG in het voorjaar. Er waren geen verschillen in FPCM productie tussen KORT en LANG. In de discussie worden de aanvullende analyses aan graskwaliteit en afbraakkenmerken besproken om de gevonden verschillen beter te kunnen verklaren.

Zowel per periode als over alle perioden heen waren het RE, NDF en suikergehalte van vers gras significant verschillend tussen de ochtend en avond. Voor het VEM gehalte was dit enkel het geval voor periode 2 en gemiddeld over alle perioden heen. De VEM, RE en NDF gehalten waren hoger in de ochtend dan in de avond en het suikergehalte was hoger in de avond dan in de ochtend. Ook deze resultaten komen aan bod in de discussie. Het lossen van vers gras op de voergang (op 2 momenten per dag) en het laten liggen van dat gras tot moment van voeren had geen effect op de gemeten kwaliteit.

4 Discussie

Het doel van dit onderzoek was om het effect van (vers) graskwaliteit op enterische CH₄ emissie te kwantificeren. Daarvoor zijn in het eerste jaar van dit onderzoek grote contrasten aangelegd in graskwaliteit om de spreiding in enterische CH₄ emissie te kunnen kwantificeren en goed te kunnen vergelijken op basis van verschillen in manier van oogsten en groeiduur. Het is goed om te realiseren dat de graskuil waarmee het verse gras vergeleken wordt altijd op een ander moment geoogst is door de benodigde conserveringstijd alvorens dit te voeren is. De kwaliteit van de graskuil kan ook sterk variëren en binnen dit onderzoek is steeds maar één graskuil per periode vergeleken met vers gras in de stal en in de wei. De resultaten laten duidelijk zien dat de orde van grootte van de gevonden verschillen sterk afhangt van zowel de vers graskwaliteit als ook de kwaliteit van de graskuil. Kwalitatief goed en jong weidegras in vergelijking met een graskuil met veel structuur zorgt voor grotere verschillen in enterische CH₄ emissie. In de praktijk kan de kwaliteit van zowel het verse gras als de graskuil verbeterd worden met betrekking tot emissiereductie. De opvallend hogere CH₄ emissie voor ZSV in periode 2 in vergelijking met periode 1 en 3 kan worden verklaard door het doorschieten van het verse gras. Dit is ook terug te zien in de lagere RE en hogere NDF gehalten en de kleinere verteerbare fractie voor deze voederwaardecomponenten in deze periode.

De resultaten van proef A zijn in lijn met een onderzoek van Cameron *et al.* (2018) waarin een vergelijking is gemaakt tussen stalvoeding van geconserveerd ruwvoer, stalvoeding van vers gras en weidegang. Zij vonden, overeenkomstig met het hier beschreven onderzoek, de laagste CH₄ productie per koe per dag en CH₄ opbrengst per kg DS bij weidegang met hoogproductieve dieren in West-Schotland. Ondanks dat proef A en proef B niet in dezelfde weken zijn uitgevoerd, geven de resultaten van proef B een indicatie dat het effect van weidegras op de CH₄ emissie wordt verdund door de bijvoeding. Warner *et al.* (2015b) hebben net als in proef B ook gekeken naar het effect van hergroei op graskwaliteit en daaraan gerelateerde CH₄ emissies, maar enkel voor graskuil en niet voor vers gras. Een kortere hergroei (3 weken versus 5 weken) resulteerde in een hogere meetmelk productie, verteerbaarheid en een lagere CH₄ emissie per kg meetmelk. De CH₄ emissie was echter niet verschillend wanneer deze werd uitgedrukt per koe of per kg DS. Er was in proef A en in proef B een duidelijk verloop gedurende het seizoen, waarbij de enterische CH₄ emissie voor vers gras in het voorjaar het laagst was. Dit gaat gepaard met een hoge graskwaliteit in het voorjaar. Daarnaast was het voor proef B ook moeilijker om het contrast in graslengte te behouden later in het jaar.

De gevonden verschillen in kwaliteit van het verse weidegras tussen de ochtend en avond zijn deels te wijden aan management en graasgedrag van de koe en deels aan fysiologische verschillen. Het hogere suikergehalte in de avond vergeleken met de ochtend kan worden verklaard door fotosynthese gedurende de dag waarbij opslag plaatsvindt (fysiologisch). Het lagere eiwitgehalte in de avond vergeleken met de ochtend kan, naast een verdunningseffect door het hogere suikergehalte, mogelijk ook deels verklaard worden doordat de koeien eerst de eiwitrijkere delen (punten van het gras) opvreten en ze 's ochtends worden verplaatst naar een nieuwe strook. De gemiddelde minimale nachttemperatuur tijdens periode 1 was 3,3 °C ten opzichte van 10,8 °C in periode 2 en 3. Eerder onderzoek heeft aangetoond dat koudere nachten (<10 °C) een rol spelen bij de vorming van meer suikers (Parsons *et al.*, 2004). De hogere suikergehaltes in periode 1 in vergelijking met periode 2 en 3 kunnen daarom mogelijk worden verklaard door koudere nachten. Door bij het beweidingsmanagement rekening te houden met deze verschillen in graskwaliteit zou gericht kunnen worden gestuurd op de reductie van zowel CH₄ als NH₃ emissie.

Om eventuele verschillen in enterische CH₄ emissie te kunnen verklaren, zijn uitgebreide metingen gedaan aan graskwaliteit en afbraakcharacteristieken in de pens. In de volgende paragrafen worden de bevindingen van deze aanvullende metingen in relatie tot de gemeten CH₄ emissie besproken.

De verhouding aan 'niet glucogene' en 'glucogene' vetzuren, uitgedrukt als Non glucogenic/Glucogenic Ratio (NGR), was verschillend tussen de behandelingen: het laagst voor behandeling ZSV (4,26), het hoogst voor GK (4,60) en er tussentussenin voor behandeling WEI (4,52). Een soortgelijke verhouding, namelijk de verhouding tussen azijnzuur en propionzuur was eveneens verschillend tussen de

behandelingen. Zowel NGR als de verhouding azijnzuur/propionzuur kent een relatie met CH₄ emissie. Voor de productie van CH₄ wordt waterstof (H₂) gebruikt. Bij de productie van azijnzuur en boterzuur wordt H₂ gevormd en bij de productie van propionzuur en valeriaanzuur wordt H₂ weggevangen. Hoe lager de NGR of azijnzuur/propionzuur verhouding is, hoe minder H₂ beschikbaar voor de vorming van CH₄.

De passagesnelheid en de afbraaksnelheid bepalen samen de verteerbaarheid (conform de rekenwijze in het huidige DVE/OEB systeem). Een hogere passagesnelheid zorgt voor een reductie in CH₄ omdat substraat ontsnapt aan afbraak oftewel fermentatie in de pens, maar het kan daarmee ook voor een lagere vertering zorgen. Dit laatste is met name het geval voor de celwandfractie of NDF. De afbraak van NDF vindt namelijk vooral in de pens plaats en nauwelijks in de (dikke) darm. De afbraaksnelheid van NDF was gemiddeld hoger voor vers gras in vergelijking met graskuil. Als bacteriën sneller fermenteren dan geven ze relatief veel propionzuur. Voor ruw eiwit was het algemene beeld dat een lager ruw eiwit gehalte een hogere CH₄ emissie geeft. Voor vers gras in de wei was echter een afwijkend patroon te zien met een lichte afname in CH₄ emissie bij een lager ruw eiwit gehalte. Gevonden verschillen in afbraakkenmerken van eiwit in vers gras en graskuil zijn interessant om verder te onderzoeken in verband met de link met NH₃ emissie en het hoofddoel om beide emissies gelijktijdig te reduceren.

Een belangrijke fractie van vers gras bestaat uit suikers. De vraag is in hoeverre het suiker aandeel in het vers gras invloed heeft op de afbraakkenmerken en hoe dit over het seizoen varieert. De afbraak van suikers is niet onderzocht, omdat in het algemeen wordt aangenomen dat de suikers snel worden afgebroken in de pens, en het daarom niet zinvol is om de afbraakkenmerken vast te stellen. Dat geldt in mindere mate voor graskuil, omdat de suikers deels zijn omgezet in fermentatie producten tijdens het conserveringsproces. De resultaten van deze proef tonen een trend waarbij een hoger suikergehalte leidt tot een lagere CH₄ emissie. Snelle fermentatie van suikers kan leiden tot een lagere CH₄ emissie. Het suikergehalte liet echter een grote variatie zien in de beweidingproef, met name in het verse gras. Een hypothese zou ook kunnen zijn dat de waslaag bij vers gras zorgt voor meer bestendigheid. In het vervolg van dit project worden aanvullende berekeningen gedaan met het Tier 3 model (Bannink *et al.*, 2011) om zo de mechanismes waarmee de vers graskwaliteit de CH₄ emissie beïnvloedt verder te analyseren.

Om een vergelijking te maken tussen de huidige modelmatige berekeningen in de praktijk en de gemeten waarden in dit onderzoek zijn op basis van de rekenregels in de KringloopWijzer (Šebek *et al.*, 2016) de gebruikte rantsoenen doorgerekend inclusief krachtvoer. De berekende EF van de rantsoenen in deze proef waren voor volledige weidegang tussen de 19,1 en 19,9 g CH₄/kg DS, voor zomerstalvoeding tussen de 21,8 en 22,6 g CH₄/kg DS en voor graskuil tussen de 18,7 en 22,4 g CH₄/kg DS. Vergeleken met de gemeten EF van de rantsoenen in deze proef is er met name een afwijking voor volledige weidegang (gemeten tussen 14,2 en 18,2 g CH₄/kg DS) en zomerstalvoeding (gemeten tussen 16,1 en 22,9 g CH₄/kg DS). Deze verschillen tonen de relevantie om verder te onderzoeken binnen dit onderzoek hoe de vaste EF die gebruikt worden voor weidegras en zomerstalvoeding specifieker gemaakt kunnen worden afhankelijk van graskwaliteit. Met name seizoen, oogstmethode en groeistadium spelen hier een belangrijke rol.

De eerste analyses met het Tier 3 model laten zien dat gemiddeld over behandelingen heen de gemeten CH₄ emissies goed sporen met de modelvoorspellingen. Er wordt echter minder CH₄ emissie gemeten voor vers gras dan voorspeld. Het model kan de CH₄ emissie voor met name het weidegras niet goed reproduceren op basis van voeropname en rantsoensamenstelling, ook niet indien rekening wordt gehouden met de waargenomen in situ afbraakkenmerken, de waargenomen zuurgraad in de pens, en zelfs niet na correctie naar de waargenomen profielen aan vluchtige vetzuren in de pens. In eerder onderzoek (Warner *et al.* 2015b; Bannink *et al.*, 2016) werd een vergelijkbare uitkomst gevonden met een overschatting van de CH₄ vorming voor vers gras gevoerd door middel van zomerstalvoeding. Om dit verder te onderzoeken zijn gegevens van meerdere weerjaren nodig.

In dit onderzoek zijn de enterische CH₄ emissies uitgedrukt in emissie per koe per dag, per kg DS en per kg meetmelk. Deze verschillende kengetallen geven verschillende informatie ook in relatie tot het handelingsperspectief. Per koe per dag zegt iets over het niveau van de totale CH₄ emissie, per kg DS

zegt iets over de voerefficiëntie en per kg meetmelk zegt iets over de efficiëntie van melkproductie. Ondanks dat in dit onderzoek de conclusie over alle perioden heen voor weidegras hetzelfde was voor alle kengetallen, was het beeld niet voor alle behandelingscombinaties en perioden hetzelfde voor alle kengetallen. Om daadwerkelijk uitspraken te kunnen doen over het effect van de bevindingen voor de reductie van CH₄ en NH₃ emissies in de praktijk is het, net als bij iedere andere reductiemaatregel, noodzakelijk om ook deze resultaten eerst goed door te rekenen in bedrijfsverband. Daarbij is de afstemming met andere voercomponenten dan gras in het rantsoen ook van belang. In proef A en B hebben we de krachtvoergift in hoeveelheid en samenstelling gelijk gehouden voor de verschillende behandelingen. In praktijk kan bijvoorbeeld gestuurd worden in de hoeveelheid en samenstelling van het krachtvoer afhankelijk van de kwaliteit van het gras. Daarnaast was er een duidelijk verloop in het seizoen waarbij met name het voorjaarsgras een positief effect heeft op de CH₄ emissie (reductie). Dit onderzoek vraagt om een meerjarige aanpak omdat op basis van een ander weerjaar (bijv. warmer voorjaar) het beeld in CH₄ emissie over het jaar heen anders kan zijn. Ook moet de afwenteling met NH₃ emissie verder worden onderzocht in relatie tot beweiding en bemestingsniveau.

5 Conclusies en aanbevelingen

De resultaten van het eerste jaar van een meerjarige beweidingsproef tonen 10-30% lagere enterische CH₄ emissie (CH₄ emissie afkomstig uit de spijsvertering van melkkoeien) bij dag en nacht weiden vergeleken met graskuil. Voor zomerstalvoeding tonen resultaten 0-20% lagere enterische methaanemissie vergeleken met graskuil. De ranges zoals gegeven voor vers gras en zomerstalvoeding worden bepaald door seizoenen en groeiomstandigheden die de graskwaliteit en grasopname beïnvloeden. Het effect bij zomerstalvoeding is daarnaast sterk afhankelijk van groeistadium. Bij alleen overdag weiden tonen resultaten in het voorjaar 10% lagere enterische CH₄ emissie voor kort gras in vergelijking met lang gras bij inscharen. De gemeten spreiding in methaanemissie afhankelijk van seizoenen, oogstmethode en groeistadium biedt perspectief voor het verminderen van enterische CH₄ emissie op basis van graslandmanagement.

Om de mechanismes waarmee de graskwaliteit de CH₄ emissie beïnvloedt te kunnen verklaren, zijn de graskwaliteit en afbraakcharacteristieken in de pens onderzocht. Voor ruw eiwit was het algemene beeld dat een lager ruw eiwit gehalte een hogere enterische CH₄ emissie geeft. Echter voor vers gras in de wei was een afwijkend patroon te zien met een lichte afname in CH₄ emissie bij een lager ruw eiwit gehalte. De hogere CH₄ emissie bij een lager eiwitgehalte wordt vaak gezien als een belemmering om gelijktijdig CH₄ en NH₃ emissie te reduceren omdat een hoger eiwitgehalte kan leiden tot hogere NH₃ emissie. Deze resultaten bieden perspectief voor gelijktijdige reductie van CH₄ en NH₃ emissie door te sturen met vers graskwaliteit en vragen daarom om verdere verkenning.

Een belangrijke fractie van vers gras bestaat uit suikers. De resultaten van deze proef tonen een trend waarbij een hoger suikergehalte leidt tot een lagere CH₄ emissie, wat een ander beeld is dan verwacht op basis van de huidige modellen. Snelle fermentatie van suikers kan leiden tot een lagere CH₄ emissie. Een hypothese zou ook kunnen zijn dat de waslaag bij vers gras zorgt voor meer bestendigheid. De mechanismen waarmee de graskwaliteit de CH₄ emissie beïnvloedt en de verschillen hierin tussen graskuil en vers gras zullen verder worden onderzocht in het vervolg van deze proef om de gevonden verschillen in CH₄ emissie verder te kunnen onderbouwen.

Huidige modellen (Tier 3, KringloopWijzer) kunnen de CH₄ emissie voor vers gras niet goed reproduceren op basis van voeropname en rantsoensamenstelling, ook niet indien rekening wordt gehouden met de waargenomen in situ afbraakcharacteristieken, de waargenomen zuurgraad in de pens, en zelfs niet na correctie naar de waargenomen profielen aan vluchtige vetzuren in de pens. In eerder onderzoek (Warner *et al.* 2015b; Bannink *et al.*, 2016) werd een vergelijkbare uitkomst gevonden met een overschatting van de CH₄ vorming voor vers gras gevoerd door middel van zomerstalvoeding.

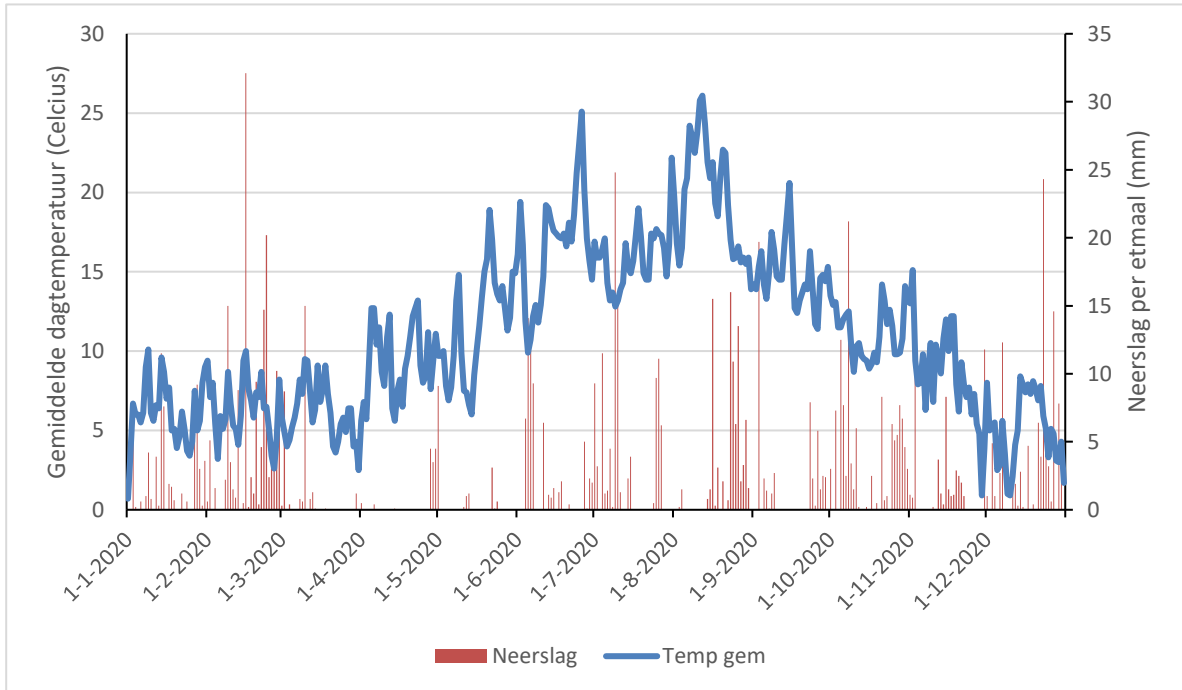
De resultaten van dit onderzoek zijn essentieel om bestaande modellen (Tier 3, KringloopWijzer) te voeden zodat het effect van vers gras op enterische CH₄ emissie beter doorgerekend kan worden. Dit helpt om de CH₄ emissie in de praktijk beter te kunnen benaderen en daarmee ook te sturen op gelijktijdige reductie van CH₄ en NH₃ emissies. Belangrijke opmerking is dat deze potentiële reductiemaatregel, net als iedere andere reductiemaatregel, eerst goed doorgerekend moet worden in bedrijfsverband om uitspraken te kunnen doen over het effect van de bevindingen voor de reductie van CH₄ en NH₃ emissies in de praktijk en op bedrijfsniveau. Deze doorberekeningen worden uitgevoerd voor de melkveebedrijven met weidegang in het aanpalende praktijknetwerk. Dit onderzoek vraagt om een meerjarige aanpak omdat op basis van een ander weerjaar (bijv. warmer voorjaar) het beeld in CH₄ emissie over het jaar heen anders kan zijn. Ook moet de afwenteling met NH₃ emissie verder worden onderzocht in relatie tot beweiding en bemestingsniveau.

Literatuur

- Bannink, A., Van Schijndel, M.W., & Dijkstra, J. 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: 603-618.
- Bannink, A., Warner, D., Hatew, B., Ellis, J.L. and Dijkstra, J. 2016. Quantifying effects of grassland management on enteric methane emission. *Animal Production Science*. 56(3): 409-416.
- Bannink, A., Zom, R.L.G., Groenestein, K.C., Dijkstra, J. and Šebek, L.B.J. 2020. Applying a mechanistic fermentation and digestion model for dairy cows with emission and nutrient cycling inventory and accounting methodology. *Animal* 14(2): s406-s416.
- Bruggen, C. van, A. Bannink, C.M. Groenestein, J.F.M. Huijsmans, L.A. Lagerwerf, H.H. Luesink, G.L. Velthof & J. Vonk. 2020. Emissies naar lucht uit de landbouw, 1990-2018. Berekeningen met het model NEMA. Wageningen, WOT Natuur & Milieu, WOT-technical report 178. 224 p.
- Cameron, L., M. G. G. Chagunda, D. J. Roberts, and M. A. Lee. 2018. A comparison of milk yields and methane production from three contrasting high-yielding dairy cattle feeding regimes: Cut-and-carry, partial grazing and total mixed ration. *Grass and Forage Science* 73(3): 789-797.
- CVB. 2018. *CVB Veevoedertabel 2018, Chemische samenstellingen en nutritionele waarden van voedermiddelen*. FND, Wageningen
- C-lock Inc. 2017. A System to Measure Ruminant Gas Emissions. *Manuscript*. Rapid City, SD.
- Dijkstra, J., S. van Gastelen, K. Dieho, K. Nichols en A. Bannink. 2020. Review: Rumen sensors: data and interpretation for key rumen metabolic processes. *Animal* 14: pp. 176-186.
- Dini, Y.D., J. I. Gere, C. Cajarville and V.S. Ciganda. 2016. Using highly nutritious pastures to mitigate enteric methane emissions from cattle grazing systems in South America. *Animal Production Science* 58: 2329-2334.
- Klimaatakkoord. 2019. *Klimaatakkoord*. Den Haag
<https://www.klimaatakkoord.nl/documenten/publicaties/2019/06/28/klimaatakkoord>
- Manafiazar, G., S. Zimmerman and J.A. Basarab. 2016. Repeatability and variability of short-term spot measurement of methane and carbon dioxide emissions from beef cattle using GF emissions monitoring system. *Canadian Journal of Animal Science* 97(1): 118-126.
- Parsons, A.J., Rasmussen, S., Xue, H., Newman, J.A., Anderson, C.B. and Cosgrove, G.P. 2004. Some 'high sugar grasses' don't like it hot. *Proceedings of the New Zealand Grassland Association* 66: 265-271.
- Ruysenaars, P.G., P.W.H.G. Coenen, J.D. Rienstra, P.J. Zijlema, E.J.M.M. Arets, K. Baas, R. Dröge, G. Geilenkirchen, M. 't Hoen, E. Honig, B. van Huet, E.P. van Huis, W.W.R. Koch, L.A. Lagerwerf, R.M. te Molder, J.A. Montfoort, J. Vonk en M.C. van Zanten. 2020. Greenhouse gas emissions in the Netherlands 1990-2018 National Inventory Report 2020.
- Schils, R., B. Philipsen, N. Hoekstra, G. Holshof, R. Zom, I. Hoving, C.G. van Reenen, M. Stienezen, C. Klootwijk, J. van der Werf, L. Šebek, N. van Eekeren, I. van Dixhoorn en A. van den Pol-van Dasselaar. 2019. Amazing Grazing: A public and private partnership to stimulate grazing practices in intensive dairy systems. *Sustainability* 11: 5868.
- Šebek, L.B., Mosquera, J., Bannink, A. 2016. Rekenregels voor de enterische methaanemissie op het melkveebedrijf en reductie van de methaanemissie via mest-handling; het handelingsperspectief van het voerspoor inzichtelijk maken met de Kringloopwijzer. Lelystad, Wageningen UR (University & Research centre) Livestock Research, Livestock Research Rapport 976.
- Timmer, B., R. L. G. Zom, G. Holshof, M. Spithoven, and C. G. Van Reenen. 2016. The application of behaviour sensors and sward measurement to support grazing management. *Grassland Science in Europe* 21: 80-82.
- Van Dijk, W., J.A. de Boer, M.H.A. de Haan, P. Mostert, J. Oenema & J. Verloop. 2020. Rekenregels van de KringloopWijzer 2020; Achtergronden van BEX, BEA, BEN, BEP en BEC: actualisatie van de 2019-versie. Wageningen Research, Rapport WPR-1023. 151 blz.

-
- Van Reenen, C.G., J.T.N. van der Werf, B. Timmer, D.L. Hoeksma, R.L.G. Zom. 2016. Using behaviour in dairy cows as a predictor of grass intake. *International Conference on Precision Dairy Farming*: 395-399.
- Warner, D., A. Bannink, B. Hatew, H. van Laar, J. Dijkstra. 2015a. Effects of grass silage quality and level of feed intake on enteric methane production in lactating dairy cows. *Journal of Animal Science* 95(8): 3687–3699.
- Warner D., S. C. Podesta, B. Hatew, G. Klop, H. van Laar, A. Bannink and J. Dijkstra. 2015b. Effect of nitrogen fertilization rate and regrowth interval of grass herbage on methane emission of zero-grazing lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science* 98: 3383-3393.

Bijlage 1 Temperatuurverloop en neerslag 2020



Bijlage 1 Gemiddelde dagtemperatuur (in °C, blauwe lijn) en neerslag (in mm, rode lijn) in 2020 in Leeuwarden (bron: KNMI station Leeuwarden).

Bijlage 2 Overzicht voederwaarde proef A

Bijlage 2 Overzicht van de voergegevens per voersoort per periode en gemiddeld voor de A proef.

Voersoort	Graskuil				Weidegras				Vers gras op stal				Krachtvoer melkstal			Greenfeed lokbrok
Periode	1	2	3	Gem.	1	2	3	Gem.	1	2	3	Gem.	1	2	3	1, 2, 3
Droge stof gehalte (g/kg)													886	888	881	897
Ruw eiwit (RE) (g/kg DS)	170	164	147	161	156	187	223	188	182	132	204	173	142	137	134	136
Ruw vet (g/kg DS)	44	38	34	39	25	31	35	30	31	27	36	31	45	47	46	28
Ruwe celstof (RC) (g/kg DS)	245	217	290	251	186	243	228	219	189	288	232	236	84	82	81	162
Ruw anorganisch stof (RAS) (g/kg DS)	119	98	106	107	87	106	113	102	83	99	115	99	82	83	81	67
Suiker (g/kg ds)	59	152	58	90	229	105	95	143	208	99	86	131	24	29	28	130
VCOS (%)	77.8	81.4	71.2	76.8	85.3	77.8	80.3	81.1	86.3	68.9	78.1	77.7	82.0	81.9	83.3	80.6
Neutral detergent fibre (NDF) (g/kg DS)	463	428	570	487	466	559	549	525	471	584	552	536	282	285	272	327
ADF (g/kg ds)	262	223	316	267	200	256	230	229	199	303	245	249	161	160	154	190
ADL (g/kg ds)	22	13	29	21	15	24	24	21	15	30	24	23	39	38	38	15
VEM	911	972	810	898	1019	897	932	949	1047	770	903	906	976	975	984	952
DVE	76	82	71	76	98	89	100	96	106	63	94	88	106	103	103	84
OEB	33	19	2	18	-15	20	45	17	5	-13	32	8	-12	-13	-15	-7
FOS	554	611	532	565	694	592	598	628	695	535	578	602	417	422	446	520

Bijlage 3 Overzicht voederwaarde proef B

Bijlage 3 Overzicht van de voergegevens per voersoort per periode en gemiddeld voor de B proef.

Voersoort	Graskuil				Weidegras KORT				Weidegras LANG				Krachtvoer melkstal			Greenfeed lokbok
	1	2	3	Gem.	1	2	3	Gem.	1	2	3	Gem.	1	2	3	1, 2, 3
Droge stof gehalte (g/kg)													886	877	882	897
Ruw eiwit (RE) (g/kg DS)	159	129	178	155	190	250	251	230	147	211	211	190	142	137	131	136
Ruw vet (g/kg DS)	42	38	41	40	30	40	42	37	26	40	38	34	45	46	48	28
Ruwe celstof (RC) (g/kg DS)	245	262	251	253	230	216	220	222	240	235	235	237	84	82	87	162
Ruw anorganisch stof (RAS) (g/kg DS)	128	120	123	123	111	120	114	115	86	125	124	112	82	82	83	67
Suiker (g/kg ds)	83	58	55	65	122	79	80	94	160	89	78	109	24	29	38	130
VCOS (%)	78.0	77.1	78.1	77.8	81.5	82.1	81.1	81.6	79.0	80.5	78.5	79.3	82.0	83.0	83.2	80.6
Neutral detergent fibre (NDF) (g/kg DS)	457	472	478	469	536	549	564	550	534	546	555	545	282	285	278	327
ADF (g/kg ds)	262	284	272	272	243	224	239	235	258	239	251	249	161	160	162	190
ADL (g/kg ds)	22	21	22	22	20	22	24	22	22	22	22	22	39	38	39	15
VEM	901	891	905	899	943	960	955	953	924	930	904	919	976	975	985	952
DVE	74	60	79	71	97	106	106	103	86	97	95	93	106	103	105	84
OEB	22	8	38	23	20	68	70	53	-13	37	39	21	-12	-12	-17	-7
FOS	555	548	558	554	627	600	603	610	638	587	572	599	417	428	427	520

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



Wageningen Livestock Research
Postbus 338
6700 AH Wageningen
T 0317 48 39 53
E info.livestockresearch@wur.nl
www.wur.nl/livestock-research

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

De missie van Wageningen University & Research is 'To explore the potential of nature to improve the quality of life'. Binnen Wageningen University & Research bundelen 9 gespecialiseerde onderzoeksinstituten van Stichting Wageningen Research en Wageningen University hun krachten om bij te dragen aan de oplossing van belangrijke vragen in het domein van gezonde voeding en leefomgeving. Met ongeveer 30 vestigingen, 6.500 medewerkers en 10.000 studenten behoort Wageningen University & Research wereldwijd tot de aansprekende kennisinstellingen binnen haar domein. De integrale benadering van de vraagstukken en de samenwerking tussen verschillende disciplines vormen het hart van de unieke Wageningen aanpak.

