



Graslandmanagement voor reductie van methaan en ammoniak

Resultaten analyse KringloopWijzer 2021 van 15 pilotbedrijven: jaarrapport 2

Maayke Veraart, Herman van Schooten, Bas Bassa, Bert Philipsen, Cindy Klootwijk

Rapport 1517



WAGENINGEN
UNIVERSITY & RESEARCH

Graslandmanagement voor reductie van methaan en ammoniak

Resultaten analyse KringloopWijzer 2021 van 15 pilotbedrijven: jaarrapport 2

Maayke Veraart¹, Herman van Schooten¹, Bas Bassa², Bert Philipsen¹, Cindy Klootwijk¹

1 Wageningen Livestock Research

2 LTO Noord

Dit onderzoek is uitgevoerd door Wageningen Livestock Research en gesubsidieerd door het ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit, in het kader van het Beleidsondersteunend onderzoek (projectnummer BO-43.10-002).

Wageningen Livestock Research

Wageningen, oktober 2024

Rapport 1517

Veraart, M., H. van Schooten, B. Bassa, B. Philipsen, C.W. Klootwijk, 2024. Graslandmanagement voor reductie van methaan en ammoniak; *Resultaten analyse KringloopWijzer 2021 van 15 pilotbedrijven*. Wageningen Livestock Research, Openbaar Rapport 1517.

Dit graslandpraktijkproject onderzoekt een integrale aanpak in de reductie van enterische (uit de pens) methaan (CH₄) en ammoniak (NH₃) op melkveebedrijven met het management van grasland als sturingsmechanisme. Voor een 15-tal weidende melkveebedrijven zijn de huidige bedrijfsefficiëntie en de bijbehorende CH₄-en NH₃-emissies in beeld gebracht. De KringLoopWijzer (KLW) van 2021 van de bedrijven is doorgerekend met een uitgebreidere invoer rondom grasland en gerelateerd aan CH₄ en NH₃ emissies en een aangepaste emissiefactor voor CH₄ (deel A). Daarbij is gekeken naar enkelvoudige (B) en gecombineerde effecten (C) van bedrijfsopzet of management. Deze verkenning laat zien dat meer uren weiden en een hogere vers grasopname kan bijdragen aan het gelijktijdig reduceren van zowel CH₄- als NH₃-emissies op melkveebedrijven. Het RE-gehalte van de ruwvoerbijvoeding is een belangrijke factor in het verlagen van de NH₃-emissie. Vers gras, vooral het voorjaarsgras, is en blijft een sturingsmechanisme. De verwachting op basis van deze analyse over 2021 is dat weidebedrijven CH₄-emissies kunnen reduceren met 3-12% door managementmaatregelen te nemen in bedrijfsverband. Deze analyse ging over de 15 bedrijven in deze dataset in 2021, en is bedoeld als een verkennende analyse. De resultaten zijn daarmee niet perse representatief voor de sector en kunnen daarom niet direct vertaald worden naar de praktijk.

This project focuses on an integrated approach to reduce methane (CH₄) and ammonia (NH₃) emission on dairy farms, with changes in grassland management as a measure. For 15 pilot farms using with grazing cattle, the current efficiency and corresponding CH₄ and NH₃ emissions were calculated. This was done using the Annual Nutrient Cycle Assessment (ANCA) from 2021, using more detailed detail input on grassland related to CH₄ and NH₃ emission and applying adapted emission factors for CH₄ (A), simulating single (B) and combined (C) effects of farm characteristics and management strategies on emissions. This overview shows that increasing grazing hours and increasing fresh grass intake can contribute to simultaneous reduction of CH₄ and NH₃ on dairy farms. The crude protein level of additional roughage feeding plays an important role in reducing NH₃ emission. Fresh grass, especially in spring, remains an important management tool. It is expected that CH₄ emission can be reduced by 3-12% on dairy farms with grazing practices through management measures. This report describes the results of the analysis of 15 pilot farms in the dataset of 2021, as an exploratory study. Since the selection of dairy farms is not perse representative for the sector, the results cannot directly be translated to practice.

Dit rapport is gratis te downloaden op <https://doi.org/10.18174/676044> 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, 2024

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 1517

Inhoud

Woord vooraf	5
Samenvatting	7
1 Introductie	9
2 Methoden	11
2.1 Pilotbedrijven	11
2.2 Deel A: Varianten met aangepaste emissiefactoren en bedrijfsspecifieke invoer VEM en RE	11
2.3 Deel B en C: enkelvoudige en gecombineerde effecten van bedrijfsopzet of management op methaan- en ammoniakemissie	13
2.3.1 Deel B: enkelvoudige effecten	13
2.3.2 Deel C: gecombineerde effecten	13
2.3.3 Correlaties	14
3 Resultaten	15
3.1 Deel A: varianten met aangepaste emissiefactoren en bedrijfsspecifieke invoer van VEM en RE	15
3.1.1 Bedrijfsspecifieke waarden	15
3.1.2 Variantberekeningen KringloopWijzer	17
3.2 Deel B: Enkelvoudige effecten van bedrijfsopzet of management op methaan- en ammoniakemissie	20
3.3 Deel C: Gecombineerde effecten van bedrijfsopzet of management op methaan- en ammoniakemissie	25
4 Discussie	27
4.1 Deel A: Varianten met aangepaste emissiefactoren en bedrijfsspecifieke invoer	27
4.1.1 Bedrijfsspecifieke waarden	27
4.1.2 Methaanemissie uit de pens	27
4.1.3 Ammoniakemissie	28
4.2 Deel B: Enkelvoudige effecten van bedrijfsopzet of management	29
4.3 Deel C: Gecombineerde effecten van bedrijfsopzet of management	30
5 Conclusies en aanbevelingen	32
Literatuur	33
Bijlage A	34
Bijlage B	41
Enkelvoudige effecten van bedrijfsopzet of management	41
Bijlage C	52



Woord vooraf

Dit onderzoek is gefinancierd door het ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit (LNV) en is onderdeel van de Klimaatenvelop. Het project "Dier en voer pilot: graslandmanagement in de praktijk" gaat in op de reductie van methaan (CH₄) en ammoniak (NH₃) via rantsoen van het vee, dat direct gerelateerd is aan het graslandmanagement; grasland is de basis van de melkveehouderij en graslandmanagement heeft direct effect op de voeding en emissies van melkvee. Er wordt voortgebouwd op de meest recente (internationale) wetenschappelijke kennis (o.a. uit de onderzoeksresultaten van de Klimaatenvelop 2020 en 2021), praktijkkennis en kennis uit Topsectorenonderzoek.

In 2020 is gestart met een praktijknetwerk Graslandmanagement. Middels geregistreerde data en graslandgebruik in seizoen 2020 en 2021 is onderzocht wat er mogelijk is als we de variatie in graslandmanagement op praktijkbedrijven benutten en deze relateren aan de emissie van CH₄ én NH₃ via het voerspoor. Er liggen namelijk concrete aanknopingspunten om met een gerichte aanpak via de voeding en voerstrategie te komen tot een integrale aanpak in de reductie van NH₃ en CH₄ op melkveebedrijven als het management van grasland als sturingsmechanisme wordt ingezet. Om te kunnen sturen op emissiereductie is eerst inzicht nodig in de status-quo. Met de data en ervaringen van 2020 en 2021 hopen we met dit project een belangrijke bijdrage te leveren om de emissie op bedrijfsniveau uiteindelijk te kunnen berekenen aan de hand van bedrijfsopzet, rantsoensamenstelling én graskwaliteit.

Dit uitvoeringsjaar (2021) is het tweede jaar in een langere serie van meerjarig onderzoek en brengt op een 15-tal weidende melkveebedrijven (demonstratie bedrijven Nieuw Nederlands Weiden, grasgroeibedrijven uit de PPS DISAC en onderzoeksbedrijven uit NetwerkPraktijkBedrijven) de huidige bedrijfsefficiëntie en de bijbehorende CH₄ en NH₃-emissies in beeld in deze rapportage. Hiermee kunnen het handelingsperspectief voor de veehouder, de handreiking voor zijn adviseurs en de randvoorwaarden voor het verminderen van emissies in kaart worden gebracht.

Onze dank gaat uit naar de deelnemende bedrijven die intensief data hebben verzameld. Zonder hun inzet en volharding was het zeker niet gelukt goede praktijkdata te verzamelen met betrekking tot graslandmanagement.

Bert Philipsen (projectleider), Maayke Veraart, Herman van Schooten, Bas Bassa, Cindy Klootwijk



Samenvatting

In dit graslandpraktijkproject is onderzocht welke emissiereductie van methaan én ammoniak (CH_4 en NH_3) mogelijk is via het voerspoor wanneer de variatie in graslandmanagement op praktijkbedrijven benut wordt. Er liggen namelijk concrete aanknopingspunten om via het voerspoor te komen tot een integrale aanpak in de reductie van de CH_4 - en NH_3 -emissie op melkveebedrijven als het management van grasland als sturingsmechanisme wordt ingezet. Het gaat hierbij om het effect van de ruwvoerproductieketen; graslandmanagement is bepalend voor de kwaliteit van het verse en ingekuilde gras voor melkvee. De sturing van de graskwaliteit kan direct gebruikt worden als sturingsmechanisme voor reductie van enterische CH_4 (uit de pens) en NH_3 .

Met dit praktijkproject is voor een 15-tal weidende melkveebedrijven (demonstratiebedrijven Nieuw Nederlands Weiden, grasgroeibedrijven uit de PPS DISAC en onderzoeksbedrijven NetwerkPraktijkBedrijven) het huidige graslandmanagement met aanvullende graslandmetingen en de bijbehorende CH_4 - en NH_3 -emissies via modelberekeningen in beeld gebracht.

Voor 15 pilotbedrijven is een verkenning gedaan van de emissies, waarbij de KringLoopWijzer (KLW) van de bedrijven is doorgerekend met een uitgebreidere invoer gerelateerd aan CH_4 - en NH_3 -emissie en een aangepaste emissiefactor (EF) voor CH_4 gebaseerd op Koning et al., 2022 (deel A). Vervolgens is gekeken naar enkelvoudige (B) en gecombineerde effecten (C) van bedrijfsopzet of management. Op basis van de resultaten van deze berekeningen zijn sturingsfactoren gedefinieerd voor verdere emissiereductie in het graslandseizoen van 2021.

In deel A zijn verschillende varianten stapsgewijs doorgerekend met de KLW. Per bedrijf is doorgerekend wat het effect is van een aantal aangepaste uitgangspunten voor het berekenen van de CH_4 - en NH_3 -emissie. De KLW-resultaten van 2021 van de individuele bedrijven vormden hiervoor de basis. De volgende varianten zijn doorgerekend:

- V1. EF-methaan vers gras 16,5 i.p.v. 19,2
- V2. EF-methaan vers gras tot 1 juni 14,5, daarna 16,5
- V3. Variant 2 + vers gras opname o.b.v. Gras Dashboard (verderop toegelicht)
- V4. Variant 3 + aanpassing VEM-waarde en RE-gehalte van vers gras o.b.v. bedrijfsspecifieke monsters
- V4b. Variant 4, maar EF-methaan na 1 juni 18,75 i.p.v. 16,5
- V5. Variant 4 + 500 kg ds extra vers weidegras opname (minder aanleg kuil en meer weide-uren)
- V5b. Variant 5 + correctie RE-kraftvoer

In deel B zijn de enkelvoudige effecten van managementaspecten (sturen met aandeel vers gras, kuilgras of mais in het rantsoen, RE-gehalte van het rantsoen) op emissies van CH_4 en NH_3 in beeld gebracht. In deel C zijn de effecten van de managementaspecten uit deel B gecombineerd met het aandeel vers gras op emissies van CH_4 en NH_3 vergeleken. In zowel deel B als C is uitgegaan van variant 4, met een aangepaste EF + aanpassing grasopname aan de hand van het Gras Dashboard. Dit is een tool die inzicht geeft in de dagelijkse droge stofopname en het deel daarvan dat is opgenomen uit vers gras. De VEM-waarde en het RE-gehalte van vers gras zijn in de varianten 4, 4b, 5 en 5b gebaseerd op bedrijfsspecifieke monsters. Door meer weiden en hogere grasopname stijgt het RE-gehalte van het rantsoen. Uit de resultaten van 2020 bleek dat het wenselijk was een extra variant door te rekenen waarbij naast een verhoogde vers grasopname het RE-gehalte van kraftvoer wordt verlaagd. Met de verlaging in het RE-gehalte in het aangevoerde kraftvoer is met deze variant (5b) gecorrigeerd voor een verhoogd RE-gehalte van het rantsoen, veroorzaakt door een verhoogde vers grasopname door meer weidegang. Dit is ook de handeling volgens 'goede landbouwkundige praktijk', waarmee een hogere NH_3 -emissie als gevolg van een hoger RE-gehalte in het totale rantsoen wordt voorkomen. Dat hierop gestuurd kan worden geeft handelingsperspectief.

Net als in 2020 liet deze verkenning (2021) zien dat meer uren weiden en een hogere opname van vers gras opname kan bijdragen aan het gelijktijdig reduceren van zowel CH_4 - en NH_3 -emissie op melkveebedrijven.

De weidebedrijven tonen een grote range in emissie van CH₄ uit de pens (factor 1,5) en NH₃ (factor 5), wat potentie toont biedt voor reductie van deze emissies. Deze potentie is niet volledig te benutten omdat beperkingen in bedrijfsopzet en grondsoort een rol zullen spelen bij de maximaal haalbare reductie op een individueel bedrijf. Aanpassing van de EF en de eerste maatregelen in deze verkenning aangaande meer vers gras in het rantsoen van de koe tonen voor CH₄ een cumulatieve emissiereductie op bedrijfsniveau van 3,1 tot 9,2% met gemiddeld 6%. De verwachting op basis van deze analyse over 2021 is dat weidebedrijven de CH₄-emissie kunnen reduceren met 3-12% door managementmaatregelen te nemen in bedrijfsverband. Dit is iets lager dan in 2020, toen de verwachte potentiële reductie 6-15% was (Veraart et al., 2023).

Deze analyse ging over de vijftien bedrijven in deze dataset in 2021, bedoeld als een verkennende analyse. Dit is een beperkt aantal bedrijven en een korte tijdsperiode voor graslandanalyse. De resultaten kunnen daarom niet direct vertaald worden naar sectorniveau of naar de praktijk. De analyse was vooral bedoeld om mogelijke verbanden te zoeken die we nog niet eerder hebben gezien of ontdekt. Voor verdere interpretatie is het nodig de analyse over meerdere jaren uit te voeren voor een grotere en representatieve groep bedrijven.

1 Introductie

Als het gaat over de reductiepotentie van emissies op een melkveebedrijf wordt nog weinig specifiek gekeken naar de relaties met het graslandmanagement. Bij duurzaamheidsmaatregelen worden het aantal uren weidegang en het aandeel (vers) gras vaak als randvoorwaarde ingezet, maar ook gras en graslandmanagement kunnen onderdeel zijn van een structurele oplossing voor de toekomst als het gaat om het reduceren van methaan (CH₄)- en ammoniak (NH₃)-emissies. Praktijkervaring laat namelijk zien dat gras en graslandmanagement sterk de inrichting en brede 'prestaties' van huidige melkveebedrijven bepalen (zoals biodiversiteit en koolstofopslag in de bodem van graslanden). Melkveehouders, adviseurs en onderzoekers missen echter kennis en inzicht over het effect van graslandmanagement op productie (voer en koe) en de (integrale) milieuprestaties, terwijl grasproducten de basis zijn van voeding van melkvee.

Voor weidegras en zomerstalvoeding (vers gras op stal) wordt in berekeningen een vaste waarde gebruikt van respectievelijk 19,2 en 23,3 g CH₄/kg ds. De resultaten uit een meerjarig onderzoek op Dairy Campus laten zien dat er enterische CH₄-reducties van 10-30% op pensniveau gevonden worden mogelijk zijn op pensniveau bij beweiding ten opzichte van ingekuuld gras (Klootwijk et al., 2021; Koning et al., 2022). Dit geeft een eerste indicatie dat de emissiefactor van vers gras momenteel mogelijk te hoog ingeschat wordt. Omdat werd aangetoond dat de enterische CH₄-emissie van vers gras kan verschillen, afhankelijk van de kwaliteit van het verse gras, is voor dit onderzoek een voorlopige aangepaste emissiefactor (EF) voor weidegras toegepast.

In dit driejarige graslandpraktijkproject is onderzocht hoe de variatie in graslandmanagement de emissie van CH₄ en NH₃ op praktijkbedrijven beïnvloedt. Via het voerspoor zijn er concrete aanknopingspunten om te komen tot een integrale aanpak in de reductie van NH₃ en CH₄ op melkveebedrijven, waarbij als het management van grasland als sturingsmechanisme wordt ingezet. Het gaat hierbij met name om het effect van de ruwvoerproductieketen; graslandmanagement is bepalend voor de kwaliteit van het verse en ingekuilde gras voor melkvee. De sturing van de graskwaliteit is daarmee direct het directe sturingsmechanisme op de reductie van CH₄- en NH₃-emissie.

Resultaten 2020

De eerste verkenning van 2020 liet zien dat meer uren weiden en een hogere vers grasopname kunnen bijdragen aan het gelijktijdig reduceren van zowel CH₄ als NH₃ emissies op melkveebedrijven (Veraart et al., 2023). Het RE-gehalte van de ruwvoerbijvoeding is een belangrijke factor in het verlagen van de NH₃-emissie. Het rantsoeneffect was uiteindelijk afhankelijk van het wel of niet corrigeren van het RE-gehalte in het ruwvoer met gevoerde soorten van bijproducten (ruwvoer en krachtvoer). Door meer te weiden en hogere grasopname stijgt het RE-gehalte van het rantsoen. Omdat dat zorgt voor een te hoog RE-gehalte op rantsoenniveau, moet het eiwitgehalte in de (andere) voeders naar beneden. Op grasbedrijven is de sturing met krachtvoer als bijvoeding beperkt. Daarom moet ook de kuil kwaliteit voldoende aangepast worden om een reductie van NH₃-emissie waar te maken. Wanneer wordt bijgestuurd door minder eiwit bij te voeren, kan een goede en regelmatige analyse van vers gras bijdragen aan een lagere NH₃-emissie. Om met de KringLoopWijzer (KLW)¹ een juiste inschatting te maken van de CH₄-emissie, is een geüpdatete en goed onderbouwde emissiefactor nodig.

Doel 2021

Met dit praktijkproject is voor een 15-tal weidende melkveebedrijven (demonstratie bedrijven Nieuw Nederlands Weiden, grasgroeibedrijven uit de PPS DISAC en onderzoeksbedrijven binnen het NetwerkPraktijkBedrijven) de huidige bedrijfsefficiëntie en de bijbehorende CH₄- en NH₃-emissie in beeld gebracht. Daarbij is ook verkend wat het effect is van aangepaste emissiefactoren en een uitgebreide invoer voor vers gras en graskwaliteit op de berekende emissies. De deelnemende bedrijven laten een grote range zien in CH₄- en NH₃-emissies op basis van bedrijfsopzet en graslandmanagement. Daaruit kunnen handvatten afgeleid worden voor de melkveehouderijpraktijk om te sturen op het minimaliseren van de CH₄-

¹ [Home - Mijn Kringloopwijzer](#)

en NH₃-emissies. Hiermee worden het handelingsperspectief voor de veehouder, de handreiking voor zijn adviseurs en de randvoorwaarden voor het verminderen van emissies in kaart gebracht.

Voor 15 pilotbedrijven zijn de emissies op een rij gezet en is een verkenning gedaan, waarbij de KLW van de bedrijven is doorgerekend met een uitgebreidere invoer van grasland en aangepaste emissiefactoren gerelateerd aan CH₄ en NH₃ (deel A). Vervolgens is gekeken naar enkelvoudige (B) en gecombineerde effecten (C) van bedrijfsopzet of management. Op basis van de resultaten van de berekeningen van 2020 en 2021 zijn sturingsfactoren gedefinieerd voor verdere emissiereductie in de komende graslandseizoenen. Dat levert nieuwe kennis op voor de sector. De opgedane kennis uit dit project komt breed beschikbaar voor de melkveehouderij (gedurende en aan het einde van dit driejarig traject).

2 Methode

2.1 Pilotbedrijven

Voor deze analyse is de K LW-invoer van vijftien bedrijven verzameld. Er is gestreefd naar zo groot mogelijke groep pilotbedrijven met voldoende beschikbare data. Daarvoor is gebruik gemaakt van bestaande projecten: eerder deelnemende onderzoeksbedrijven (Veraart et al., 2023) zijn afkomstig uit Demobedrijven Nieuw Nederlands Weiden en GrasGroeiBedrijven, en nieuwe deelnemende onderzoeksbedrijven uit het Netwerk PraktijkBedrijven (gestart in 2021). Ten opzichte van 2020 (Veraart et al., 2023) is de groepssamenstelling toegenomen van twaalf naar vijftien deelnemende bedrijven, waarbij enkele bedrijven zijn afgevallen en enkele bedrijven nieuw zijn. Er zijn bedrijven afgevallen omdat zij stopten met deelnemen aan het project (Demobedrijven NNW of Grasgroeibedrijven). Er zijn bedrijven bij gekomen om te zorgen dat er zoveel mogelijk overlap was met de onderzoeksbedrijven van Netwerk PraktijkBedrijven. Deze waren (vanwege de verschillende startdatums van projecten) nog niet beschikbaar in 2020.

Na controle zijn de data in een database verzameld. De vijftien pilotbedrijven van 2021 zijn gegroepeerd naar grondsoort. Voor alle deelnemers is de bedrijfsintensiteit (kg melk per hectare) berekend op basis van de K LW-data 2021. Ook is het verband tussen het aandeel vers gras in het rantsoen en het totaal aandeel ruwvoer in het rantsoen berekend.

Er is een aantal bedrijven dat een aparte vermelding nodig heeft: bedrijf 1 is een intensief bedrijf. Op dit bedrijf werd geen vers gras (niet weiden en niet zomerstalvoeren) maar alleen kuilgras gevoerd. Vanwege de hoge intensiteit en het afwijkende bedrijfssysteem was dit bedrijf erg bepalend voor het resultaat. Omdat het hier om een verkenning gaat, is er niet voor gekozen dit bedrijf er bij voorbaat uit te laten, maar soms juist een verdieping te maken door te kijken wat het verband zou zijn wanneer dit bedrijf wel én niet meegenomen werd in de analyse. Het bedrijf op veen (bedrijf 11) had een opvallend lage intensiteit en is daarom niet meegenomen in de variantberekeningen. Verder dient opgemerkt te worden dat bedrijven 14 en 15 biologische bedrijven zijn. Beide bedrijven zijn wel meegenomen in de analyse. In deel A is dus gerekend met dertien bedrijven (zonder 1 en 11). In deel B is in principe gerekend met veertien bedrijven (zonder 11, soms zonder 1).

2.2 Deel A: Varianten met aangepaste emissiefactoren en bedrijfsspecifieke invoer VEM en RE

In deel A zijn verschillende varianten stapsgewijs doorgerekend met de Kringloopwijzer (K LW). Per bedrijf is doorgerekend om na te gaan wat het effect is van een aantal aangepaste uitgangspunten voor het berekenen van de CH₄- en NH₃-emissie. De berekeningen zijn uitgevoerd met een aangepaste onderzoeksversie van de K LW, waarbij het mogelijk was om de EF-methaan van vers gras, de grasopname per koe en de VEM-waarde en het RE-gehalte van vers gras handmatig aan te passen. De CH₄-emissie is bij alle varianten uitgedrukt in g CO₂-equivalenten, wat gelijk staat aan de broeikaswerking van 1 kg CO₂. De K LW-resultaten van 2021 van de individuele bedrijven vormden hiervoor de basis. Voor het gemiddelde effect en de spreiding per bedrijf is aangegeven of de variant leidde tot een lagere (-) of hogere (+) waarde, of tot geen verandering (0). Meerdere '-' of '+' duiden op een sterker effect.

De volgende varianten zijn doorgerekend:

- V1. EF-methaan vers gras 16,5 i.p.v. 19,2
- V2. EF-methaan vers gras tot 1 juni 14,5, daarna 16,5
- V3. Variant 2 + vers gras opname o.b.v. Gras Dashboard (verderop toegelicht)
- V4. Variant 3 + aanpassing VEM-waarde en RE-gehalte van vers gras o.b.v. bedrijfsspecifieke monsters

-
- V4b. Variant 4, maar EF-methaan na 1 juni 18,75 i.p.v. 16,5
V5. Variant 4 + 500 kg ds extra vers weidegras opname (minder aanleg kuil en meer weide-uren)
V5b. Variant 5 + correctie RE-krachtvoer

V1. EF-methaan vers gras 16,5 i.p.v. 19,2

Tot nu toe wordt er in de KWL gerekend met een EF voor methaan van 19,2 g CH₄ per kg drogestof voor vers geweid gras. Bij deze variant is die naar aanleiding van de resultaten van het onderzoek van Klootwijk et al. (2021) aangepast naar 16,5. Dit is het jaargemiddelde van het eerste meetjaar op Dairy Campus. De effecten van de varianten 1 en 2 op de NH₃-emissie werden niet meegenomen omdat bij deze varianten alleen de EF voor CH₄ werd aangepast. Dit heeft geen effect op de NH₃-emissie. Er is gekozen voor deze EF op basis van Klootwijk et al. (2021) om in lijn te zijn met de analyse van 2020 (Veraart et al., 2023); destijds waren alleen de data van 2020 beschikbaar uit Klootwijk et al. (2021).

V2. EF-methaan vers gras tot 1 juni 14,5, daarna 16,5

Uit genoemd onderzoek uit 2020 (Klootwijk et al. 2021) komen indicaties dat de EF voor CH₄ van vers gras in het voorjaar mogelijk nog lager dan 16,5 is. Daarom is bij deze variant de EF voor CH₄ van vers gras tot 1 juni aangepast naar 14,5 g CH₄ per kg drogestof. De effecten van de varianten 1 en 2 op de NH₃-emissie werden niet meegenomen omdat bij deze varianten alleen de EF voor CH₄ werd aangepast. Dit heeft, wat geen effect heeft op de NH₃-emissie.

V3. Variant 2 + vers gras opname o.b.v. Gras Dashboard

In de KWL wordt de vers grasopname op jaarbasis berekend op basis van de gekozen beweidingmethode en het aantal ingevulde beweidingsuren. Bij deze variant is per bedrijf de vers grasopname aangepast aan de grasopname die is berekend met behulp van het Gras Dashboard (Hofman & Verlaan, 2013). Gras Dashboard is binnen dit project gebruikt om dagelijkse de vers grasopname te schatten op basis van VEM-behoefte. Het Gras Dashboard rekent de grasopname terug op dagbasis op basis van melkproductie (VEM-behoefte) en een dagelijkse registratie van de (bij)voeding op stal. Middels de VEM-behoefte en de VEM-opname via de bijvoeding is de bijbehorende vers grasopname op dagbasis berekend. De volgende formule (Klootwijk et al., 2020) werd hierbij gebruikt:

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

V4. Variant 3 + aanpassing VEM-waarde en RE-gehalte van vers gras o.b.v bedrijfsspecifieke grasmonsters

In de KWL wordt voor vers gras een vaste VEM-waarde per kg drogestof aangehouden van 960. Het RE-gehalte wordt met behulp van een omrekenfactor berekend vanuit het RE-gehalte van de aangelegde graskuilen. Bij deze variant is naast de aangepaste vers gras opname op basis van het Gras Dashboard (variant 3) per bedrijf de VEM-waarde en het RE-gehalte aangepast op basis van grasmonsters die op de verschillende bedrijven zijn genomen. Hiervoor is door Eurofins[®] wekelijks een plukmonster genomen van een perceel dat de dag erna geweid werd.

V4b. Variant 4, maar EF methaan na 1 juni 18,75 i.p.v. 16,5

In deze extra variant (ten opzichte van 2020) is de EF voor methaan van vers gras na 1 juni verhoogd van 16,5 naar 18,75 op basis van de laatste gerapporteerde onderzoeksresultaten met data van 2020 & 2021 (Klootwijk et al., 2021 en Koning et al., 2022). Uit de data van de twee onderzoeksjaren samen blijkt dat de reductie van CH₄ na de eerste snede mogelijk weer beperkter is. Daarom wordt hiervan het effect apart in beeld gebracht, als nieuwe extra variant, naast de bestaande varianten uit 2020.

V5. Variant 4 + 500 kg ds extra vers weidegras opname (minder aanleg kuil en meer weide-uren)

Bij deze variant is de grasopname die berekend is met het Gras Dashboard verhoogd met 500 kg drogestof per melkkoe per jaar. Hierbij is ervan uitgegaan dat dit met beweiding wordt gerealiseerd; op basis van ervaring is dit een reële verhoging van vers weidegras die we in de praktijk tegenkomen. Daarom is het aantal weide-uren ook verhoogd. Hierbij is gerekend met een opnamesnelheid van 0,8 kg ds per uur, zodat het aantal weide-uren is verhoogd met 625 per melkkoe per jaar. Daarnaast is de hoeveelheid aangelegde graskuil verlaagd met een hoeveelheid die overeenkomt met het extra opgenomen vers gras (aantal melkkoeien x 500 kg drogestof).

V5b. Variant 5 + correctie van het ruw eiwitgehalte van het krachtvoer

Deze variant is vergelijkbaar met variant 5. Echter, de extra 500 kg drogestof per melkkoe per jaar geeft een verhoging van het RE-gehalte van het totale rantsoen. Bij deze variant is in kader van 'goede landbouwkundige praktijk' het eiwitgehalte van krachtvoer zodanig aangepast, dat deze verhoging wordt gecompenseerd.

2.3 Deel B en C: enkelvoudige en gecombineerde effecten van bedrijfsopzet of management op methaan- en ammoniakemissie

In deel B zijn de relaties tussen enerzijds enkele afzonderlijke managementaspecten en bedrijfsfactoren en anderzijds de emissies van CH₄ en NH₃ in beeld gebracht. In deel C is bekeken of deze relaties afhankelijk waren van het aandeel vers gras in het rantsoen. In zowel deel B als C is uitgegaan van variant 4 van deel A, dus met een aangepaste EF-methaan vers gras + grasopname o.b.v. Gras Dashboard en VEM-waarde en RE-gehalte van vers gras op basis van bedrijfsspecifieke vers grasanalyses. Om de correlaties te kwantificeren, is door Excel steeds een trendlijn berekend. Dit is een enkelvoudige lineaire regressielijn waarmee vanuit een bepaalde variabele een afhankelijke variabele kan worden voorspeld. De R² (*100) geeft daarbij aan hoeveel procent van de variatie van de afhankelijke variabele wordt verklaard door de voorspellende variabelen.

2.3.1 Deel B: enkelvoudige effecten

Vijftien managementaspecten en bedrijfsfactoren zijn geselecteerd op basis van praktijkervaring en expert judgement van de groep onderzoekers in dit project. Vanuit landbouwkundige kennis was de verwachting dat deze aspecten effect zouden kunnen hebben op CH₄- en NH₃-emissie. Van de volgende managementaspecten en bedrijfsfactoren is het verband met CH₄- en NH₃-emissie berekend:

- Aandeel mais in rantsoen
- Aandeel vers gras in rantsoen
- Aandeel graskuil rantsoen
- Aandeel krachtvoer rantsoen
- RE-graskuilproducten
- RE-rantsoen (berekend)
- RE-vers gras
- VEM-berekend rantsoen
- Melkproductie per koe
- Intensiteit (melkproductie per ha)
- Aandeel grasland
- Opbrengst grasland (kg ds berekend geoogst)
- Aandeel jongvee
- Ton rundveedrijfmest per ha grasland
- Voerefficiëntie

2.3.2 Deel C: gecombineerde effecten

Naast bedrijfsfactoren zou het aandeel vers gras de CH₄- en NH₃-emissie kunnen beïnvloeden, zeker met een aangepaste EF voor CH₄. Om hier verder op in te zoomen, is in onderdeel C een combinatie gemaakt van de effecten van bedrijfsopzet en bedrijfsmanagement, met daarbij het aandeel vers gras in het rantsoen op de CH₄- en NH₃-emissie. Hiervoor zijn de bedrijven verdeeld in groepen op basis van het aandeel vers gras in het rantsoen: 0-10%, 10-20%, 20-30% en >30% vers gras kg ds totaal rantsoen. Deze categorieën zijn in elke figuur inzichtelijk gemaakt met verschillende kleuren.

Tien factoren zijn geselecteerd op basis van praktijkervaring en expert judgement van de groep onderzoekers in dit project. Vanuit landbouwkundige kennis was de verwachting dat deze factoren in

combinatie met het aandeel vers gras in het rantsoen effect zouden kunnen hebben op CH₄- en NH₃-emissie. Van de volgende factoren is het verband met CH₄- en NH₃-emissie ten aanzien van het aandeel vers gras in het rantsoen berekend:

- Kg melk per koe vs RE per kg ds rantsoen
- Melkproductie per ha vs RE per kg ds rantsoen
- RE per kg ds rantsoen vs NH₃ emissie per ha
- RE per kg ds rantsoen vs NH₃ emissie per 1000 kg melk
- RE per kg ds graskuil vs NH₃ emissie per ha
- Percentage grasland vs NH₃ emissie per ha
- Percentage vers gras en kuilgras vs NH₃ emissie per ha
- Percentage graskuil en maiskuil vs NH₃ emissie per ha
- Gewogen RE per kg ds ruwvoerbijvoeding vs NH₃ emissie
- Aantal stuks jongvee vs CH₄ emissie per FPCM

2.3.3 Correlaties

De sterkte van de verbanden, uitgedrukt in R², tussen enerzijds genoemde factoren en anderzijds NH₃- en CH₄-emissie zijn als volgt gekwantificeerd en geclusterd:

Geen of nauwelijks correlatie	(< 0.30)
Lage of zwakke correlatie	(0.30 – 0.50)
Middelmatig of redelijke correlatie	(0.50 – 0.70)
Hoog of sterke correlatie	(0.70 – 0.90)
Zeer hoge of zeer sterke correlatie	(0.90 – 1.00)

Vanaf zwakke correlaties (0.30) is benoemd of de trend positief of negatief is.

Het is belangrijk te benoemen dat het gaat om een zeer beperkt aantal bedrijven in één specifiek groeiseizoen. De uitkomsten moeten worden beschouwd als een verkenning en zijn niet per se representatief voor de melkveesector.

3 Resultaten

3.1 Deel A: varianten met aangepaste emissiefactoren en bedrijfsspecifieke invoer van VEM en RE

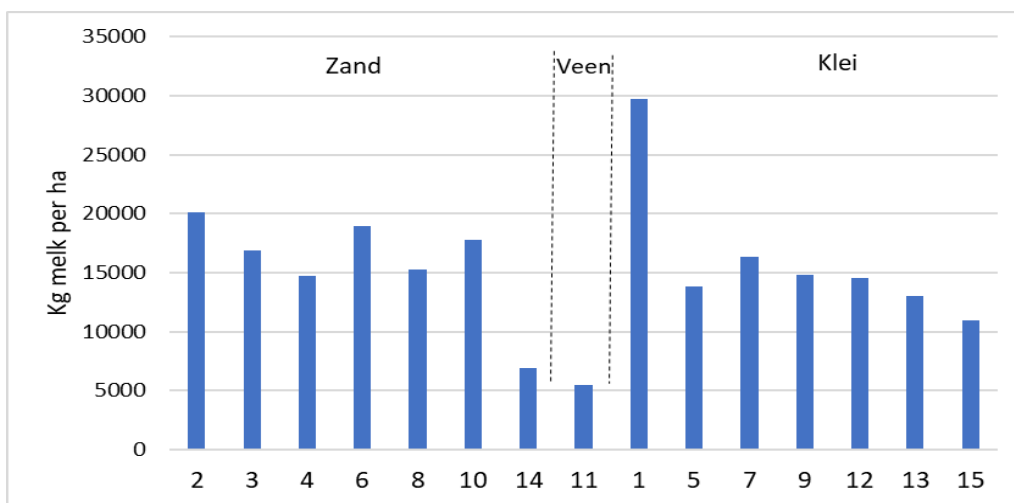
3.1.1 Bedrijfsspecifieke waarden

Intensiteit per bedrijf

De intensiteit van de vijftien bedrijven varieerde van 5.469 tot 29.719 kg melk per ha (Tabel 1 en Figuur 1). De gemiddelde intensiteit van de bedrijven op zandgrond lag op 15.791 kg melk per ha. De gemiddelde intensiteit van de bedrijven op klei- en veengrond was 14.830 kg per ha. Het bedrijf op veen (bedrijf 11) had een opvallend lage intensiteit en is daarom niet meegenomen in de variantberekeningen (hoofdstuk 3.1.2). Zonder dit bedrijf was de gemiddelde intensiteit van de bedrijven op kleigrond ca 16.170 kg melk per ha.

Tabel 1 Bedrijfskenmerken van de vijftien bedrijven.

Bedrijf	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Totaal areaal (ha)	43,3	82,4	71,1	55,0	109,2	48,0	73,6	55,4	109,6	46,2	74,9	69,1	34,6	138,5	56,9
Aandeel grasland (%) van totaal areaal	80,1	83,4	83,7	63,7	89,6	80,5	100	70	84,1	87,4	100	100	97,2	100	91,9
Opbrengst gras (kg ds) per ha	22117	11737	12130	9623	12060	10997	12004	11591	11716	13352	10110	12763	9806	7530	10869
Opbrengst snijmais (kg ds) per ha	19436	17804	19628	13408	18682	17837		17380	18299	17094			10661		13851
Melk (kg) per ha	29719	20105	16917	14696	13858	18917	16372	15252	14780	17740	5469	14540	13014	6910	10906
Melk (kg) per koe per jaar	10760	10836	8615	10048	8190	8860	8600	8041	9510	8026	4697	8192	6994	7691	8247



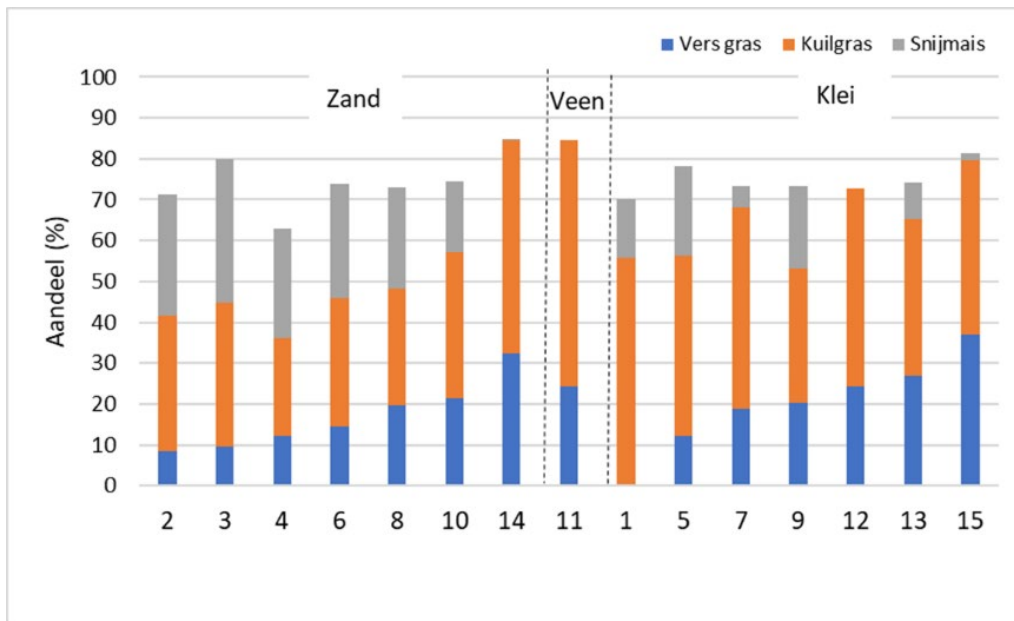
Figuur 1 Intensiteit per bedrijf (kg melk per ha).

Aandelen ruwvoer in het rantsoen

In Figuur 2 is het totale aandeel ruwvoer van het rantsoen en het aandeel per ruwvoercomponent weergegeven, berekend met de kringloopwijzer van 2021. De bedrijven zijn gegroepeerd naar grondsoort en binnen grondsoort gesorteerd op oplopend hoeveelheid vers gras.

Er is geen verband te zien tussen het aandeel vers gras in het rantsoen en het totaal aandeel ruwvoer in het rantsoen. Het totale aandeel ruwvoer in het rantsoen varieerde van 64% tot 85%. Het aandeel grasproducten was op de bedrijven op zand-, klei- en veengrond vergelijkbaar. Op de bedrijven op zandgrond varieerde het aandeel vers gras van 8 tot 32% en het aandeel kuilgras van 25 tot 52,5%. Op de bedrijven op klei- en veengrond varieerde het aandeel vers gras van 0 tot 38% en het aandeel kuilgras van 33 tot 60%.

Op alle bedrijven op zandgrond werd snijmais gevoerd, op kleigrond werd op 6 van de 7 bedrijven snijmais gevoerd. Het aandeel mais op de bedrijven op zandgrond varieerde van 0,5 tot 35% en die op de bedrijven op klei- en veengrond van 1 tot 22%. Op het bedrijf op veengrond werd geen snijmais gevoerd.



Figuur 2 Aandelen ruwvoer (%) in het rantsoen.

VEM-verloop per beweidingssysteem

Op 9 bedrijven werd het Nieuw Nederlands weiden (NNW) toegepast, op 5 bedrijven werd een vorm van omweiden (waaronder stripgrazen) toegepast en op 1 bedrijf kregen de koeien geen vers gras. Het VEM-verloop per beweidingssysteem is weergegeven in Bijlage A, Figuur 5. Gedurende het jaar werden op alle bedrijven wekelijks vers gras monsters genomen en geanalyseerd op voederwaarde. In Figuur 5 zijn per maand de VEM-waarden van de beweidingssystemen weergegeven. Er is een tendens te zien dat het verloop van de VEM-waarden van het gras van NNW gedurende het groeiseizoen gemiddeld wat vlakker is dan die van de beide andere beweidingssystemen.

Vers grasopname

Bij variant 3 is per bedrijf gerekend met grasopnames van melkkoeien berekend met het Gras Dashboard i.p.v. de berekende grasopnames volgens de K LW-rekenregels. In de Bijlage A, Figuur 6 zijn per bedrijf de vers grasopnames per koe per jaar van beide methodes naast elkaar gezet (de bedrijven staan op volgorde van *aandeel* vers gras in het totale rantsoen volgens de K LW-rekenregels). De berekende grasopname volgens de K LW-rekenregels varieerde van 598 tot 2475 kg per koe per jaar. Gemiddeld was de berekende grasopname van het Gras dashboard 132 kg per koe per jaar hoger dan die van de K LW. Bij vier bedrijven kwam de grasopname van het Gras dashboard duidelijk lager uit (25-434 kg per koe per jaar) en bij negen bedrijven kwam die duidelijk hoger uit (116-463 kg per koe per jaar).

VEM-waarde vers gras op basis van analyses vs K LW

Bij variant 4 is naast de aangepaste vers gras opname o.b.v. het Gras Dashboard (variant 3) per bedrijf de VEM-waarde en het RE-gehalte aangepast o.b.v. grasanalyses voor de verschillende bedrijven. Daarbij is

onderscheid gemaakt tussen gehalten van vers gras voor en na 1 juni. In Bijlage A, Figuur 7 zijn de gemeten VEM-waarden vergeleken met de vaste VEM-waarde van 960 uit de KLW. Van bedrijf 1 zijn geen monsteruitslagen van vers weidegras beschikbaar. Op dit bedrijf werd geen vers gras (niet weiden en niet stalvoeren) maar alleen kuilgras gevoerd. Op alle bedrijven was de gemeten VEM-waarde van vers gras tot 1 juni duidelijk hoger dan de vaste KLW VEM-waarde van 960. Gemiddeld was de gemeten VEM-waarde van vers gras tot 1 juni 1057.

Op de meeste bedrijven was de gemeten VEM-waarde van vers gras na 1 juni praktisch gelijk of iets hoger dan de vaste KLW VEM-waarde van 960. Op drie bedrijven was de gemeten VEM-waarde lager dan de vaste KLW VEM-waarde. Gemiddeld was de VEM-waarde van vers gras na 1 juni 966. Op basis van de grasopname voor en na 1 juni, vanuit het Gras Dashboard, is per bedrijf een gewogen gemiddelde op jaarbasis berekend van de gemeten VEM-waarden voor en na 1 juni. Gemiddeld over de bedrijven kwam deze uit op 995 en was daarmee 35 eenheden hoger dan de vaste KLW VEM-waarde van 960.

RE-gehalte vers gras op basis van bemonstering vs KLW

Op de meeste bedrijven was de gemeten RE-gehalte van vers gras tot 1 juni wat hoger dan het op jaarbasis berekende KLW RE-gehalte van 186. Van bedrijf 1 zijn geen monsteruitslagen van vers weidegras beschikbaar. Op dit bedrijf werd geen vers gras (niet weiden en niet stalvoeren) maar alleen kuilgras gevoerd. Op drie bedrijven was het gemeten RE-gehalte lager dan het berekende KLW RE-gehalte, met een verschil van 5-45 g/kg ds. Gemiddeld kwam het gemeten RE-gehalte van vers gras tot 1 juni 10 g/kg ds hoger uit dan het op jaarbasis berekende KLW RE-gehalte.

Op praktisch alle bedrijven was het gemeten RE-gehalte van vers gras na 1 juni hoger dan het op jaarbasis berekende KLW RE-gehalte. Gemiddeld kwam het gemeten RE-gehalte van vers gras na 1 juni 27 g/kg ds hoger uit dan het op jaarbasis berekende KLW RE-gehalte. Vergelijkbaar met de VEM-waarde is van de gemeten RE-gehalten voor en na 1 juni een gewogen gemiddelde op jaarbasis berekend. Gemiddeld over de bedrijven kwam deze uit op uit op 209 g/kg ds en was daarmee 23 g/kg ds hoger dan het berekende KLW RE-gehalte. In Bijlage A, Figuur 8 zijn de gemeten RE-gehalten van vers gras voor en na 1 juni vergeleken met de berekende RE-gehalte in de KLW.

3.1.2 Variantberekeningen KringloopWijzer

In tabel 2 zijn de effecten van de verschillende varianten op CH₄- en NH₃-emissies weergegeven.

Tabel 2 *Vergelijking van de uitkomsten bij basisgegevens en aangepaste gegevens in 2021. Voor het gemiddelde effect en de spreiding tussen bedrijf is aangegeven of de variant leidde tot een lagere (-) of hogere (+) waarde, of tot geen verandering (0). Meerdere '-' of '+' duiden op een sterker effect.*

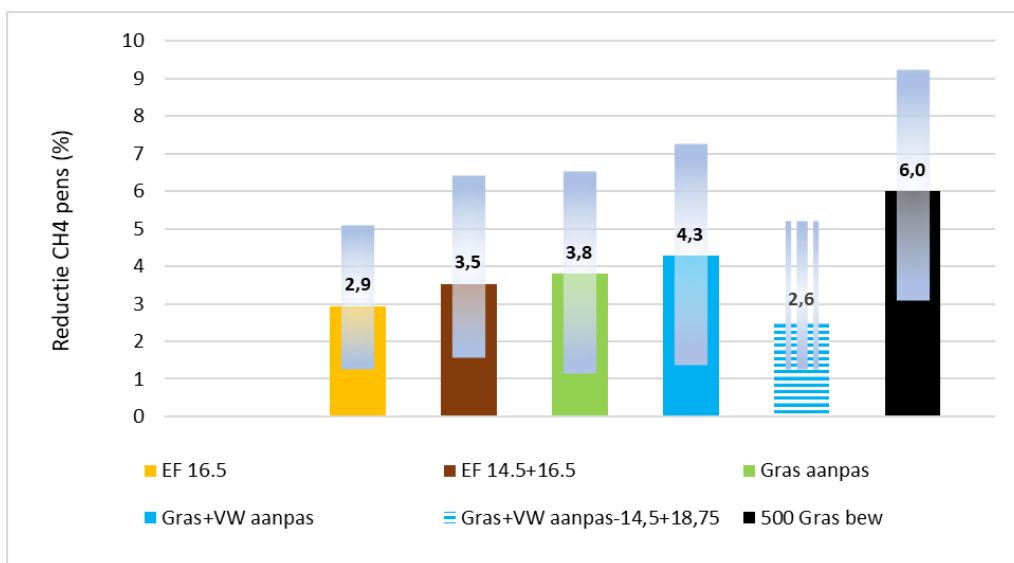
Vari ant	Parameter	Gemiddeld effect 13 bedrijven		Spreiding tussen bedrijven	
		Effect op CH ₄ per kg FPCM*	Effect op NH ₃ per ha	Effect op CH ₄ per kg FPCM*	Effect op NH ₃ per ha
1	EF vers gras 16,5 ipv 19,2	-	0	-- tot 0	0
2	EF vers gras tot 1 juni 14,5, daarna 16,5	-	0	- tot 0	0
3	Variant 2 + vers gras opname per jaar o.b.v. Gras Dashboard	0	0	- tot +	-- tot ++
4	Variant 3 + aanpassing VEM-waarde en RE-gehalte vers gras o.b.v. monsternamen	- tot 0	0 tot +	- tot +	0 tot +++
4b	Variant 4, maar EF methaan na 1 juni 18,75 i.p.v. 16,5	-	0	- tot 0	0
5	Variant 4 + 500 kg vers weidegras	-	0	0 tot --	- tot ++
	Uren weidegang (inschatting)	0	- tot 0	0	- tot 0
	Beweidingsstelsel, korter inscharen (inschatting)	0	0	0 tot +	- tot 0

*FPCM = fat protein corrected milk (meetmelk)

3.1.2.1 Enterische methaanemissie per bedrijf bij de verschillende varianten

Basissituatie

In de basissituatie varieerde de enterische CH₄-emissie tussen de bedrijven van 474 tot 717 g CO₂ eq per kg FPCM (Bijlage A, Figuur 9). Relatief gezien was dit een verschil van ruim 51% tussen het bedrijf met de hoogste en laagste CH₄-emissie. Tevens is de spreiding van CH₄-emissie tussen de bedrijven per variant weergegeven. In Bijlage A zijn daarnaast de absolute gemiddelde emissies per variant (Figuur 10), de emissie per bedrijf bij de verschillende varianten (Figuur 11), de relatieve reductie van CH₄-emissie uit de pens in percentage per bedrijf van de verschillende varianten op de CH₄-emissie uit de pens (Figuur 12) en de broeikasgasemissie per bedrijf bij de verschillende varianten (Figuur 13) te vinden. In de basissituatie varieert de berekende broeikasgasemissie tussen de bedrijven van 1.000 tot 1.623 g CO₂ eq per kg FPCM. Relatief gezien is dit een verschil van ruim 62%. In onderstaande Figuur 3 is per variant de gemiddelde reductie van de CH₄-emissie uit de pens weergegeven ten opzichte van de basissituatie. In de berekeningen van de effecten van de varianten is bedrijf 1 niet meegenomen, omdat op dit bedrijf geen vers gras gevoerd werd. Het bedrijf op veen (bedrijf 11) had een opvallend lage intensiteit en is daarom niet meegenomen in de variantberekeningen.



Figuur 3 De gemiddelde percentuele reductie (en de variatie in de grijze balken) van de CH₄-emissie uit de pens per variant ten opzichte van de basissituatie (0%). V1 tot en met V5b: van links naar rechts. Zie paragraaf 2.1 voor de beschrijving van de varianten. Bedrijf 1 en 11 zijn niet meegenomen in de berekeningen.

V1&2. EF-methaan vers gras 16,5 i.p.v. 19,2 en EF-methaan vers gras tot 1 juni 14,5, daarna 16,5

De beide varianten met een verlaagde EF voor CH₄ van vers gras, EF 16,5 en EF 14,5+16,5 gaven logischerwijs bij alle bedrijven een verlaging van de CH₄-emissie. Door de EF voor methaan te verlagen van 19,2 g CH₄ per kg ds naar 16,5 werd de berekende emissie uit de pens gemiddeld over de bedrijven 2,9% lager (van 598 naar 580 g CO₂ eq per kg FPCM). Door de EF van voorjaarsgras tot 1 juni extra te verlagen naar 14,5 werd de gemiddelde berekende emissie totaal 21 g CO₂ eq per kg FPCM lager dan in de basissituatie. Dit komt overeen met 3,5%. De reductie was afhankelijk van het berekend aandeel vers gras in het rantsoen en varieerde bij de variant EF 14,5+16,5 van 9 tot 44 g CO₂ eq per kg FPCM. Dit komt overeen met een variatie in reductiepercentage van 1,6 tot 6,4% ten opzichte van de basissituatie.

V3. Variant 2 + vers gras opname o.b.v. Gras Dashboard

Ten opzichte van V2 werd de berekende CH₄-emissie uit de pens gemiddeld over bedrijven nauwelijks extra lager (van 577 naar 575 g CO₂ eq per kg FPCM), wanneer de grasopname berekend met de KLV-rekenregels werd vervangen door de grasopname berekend met behulp van het Gras Dashboard. De verlaging van de berekende CH₄-emissie ten opzichte van de basissituatie varieerde tussen de bedrijven van verlaging van 5 g tot 42 CO₂ eq per kg FPCM. Relatief gezien varieerde de reductie daarmee van 1,1 tot 6,5%. Met daarbij een EF van 18,75 vanaf 1 juni leverde een verlaging van 5 tot 24 g CO₂ eq per kg FPCM op, een relatieve reductie van 1,0 tot 4,4%. Ten opzichte van de basissituatie was de gemiddelde CH₄-emissie 3,8% lager.

V4. Variant 3 + aanpassing VEM-waarde en RE-gehalte van vers gras o.b.v. bedrijfsspecifieke monsters

Ten opzichte van V3 leverde het aanpassen van de VEM-waarde en het RE-gehalte o.b.v. grasmonsters gemiddeld een kleine extra verlaging van de berekende methaanemissie uit de pens op. De totale verandering van de berekende CH₄-emissie ten opzichte van de basissituatie varieerde tussen de bedrijven van een verlaging met 6 tot 45 g CO₂ eq per kg FPCM. Relatief gezien lag de reductie daarmee tussen de 1,4 en 7,2%.

V4b. Variant 4 + EF-methaan 18,75 i.p.v. 16,5

Wanneer daarnaast ook de EF voor methaan van vers gras na 1 juni werd verhoogd naar 18,75 g CH₄ per kg ds, nam de berekende CH₄-emissie logischerwijs weer toe ten opzichte van V3&4 met respectievelijk 1,4 en 1,9%. Ten opzichte van de basissituatie was de berekende CH₄-emissie nog steeds lager (-2,6%).

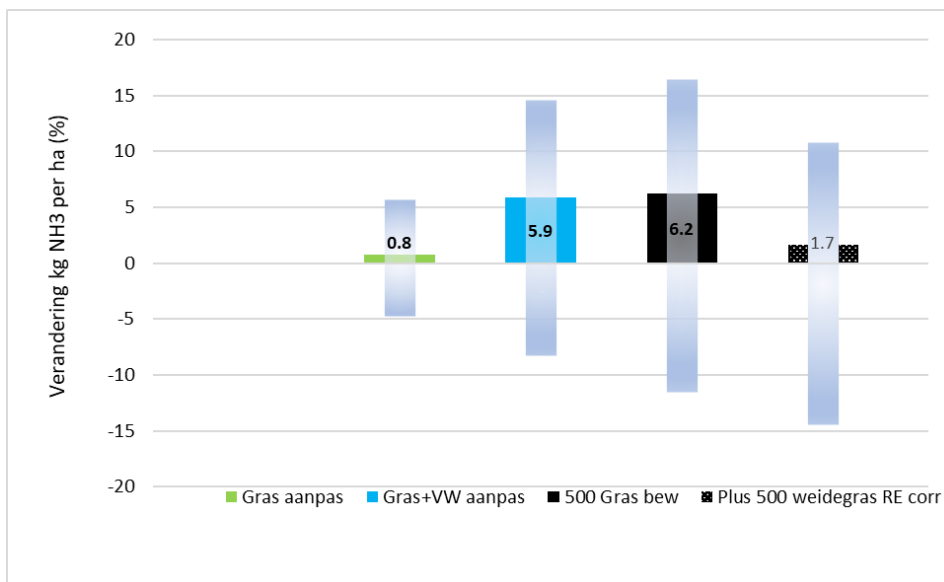
V5. Variant 4 + 500 kg ds extra vers weidegras opname (minder aanleg kuil en meer weide-uren)

Het verhogen van de vers grasopname per koe met 500 kg ds per jaar leidde op alle bedrijven tot een extra verlaging van de CH₄-emissie uit de pens. De verlaging varieerde van 15 tot 55 g CO₂ eq per kg FPCM. De emissiereductie varieerde daarmee van 3,1 tot 9,2%. Ten opzichte van de basissituatie was het gemiddelde effect op de CH₄-emissie -6,0%.

3.1.2.2 Ammoniakemissie per ha per bedrijf bij de verschillende varianten

Basissituatie

In de basissituatie varieerde de berekende NH₃-emissie van 17,2 tot 85,0 kg NH₃ per ha (Bijlage A, Figuur 14). Figuur 15 in Bijlage A laat het gemiddelde (basissituatie en varianten) zien van alle 15 deelnemende bedrijven van de berekende NH₃-emissie vanuit de KLV 2021. Afhankelijk van de bedrijfsopzet en bedrijfsvoering zat er een factor 5 tussen het bedrijf met de laagste en het bedrijf met de hoogste NH₃-emissie per ha. In Bijlage A is ook de NH₃-emissie per ha per bedrijf bij verschillende varianten (Figuur 16) en de relatieve verandering per bedrijf van de verschillende varianten op de NH₃-emissie (Figuur 17) te vinden. In onderstaande Figuur 4 is per variant de gemiddelde verandering (%) van de NH₃-emissie per hectare weergegeven ten opzichte van de basissituatie. In de berekeningen van de effecten van de varianten is bedrijf 1 niet meegenomen, omdat op dit bedrijf geen vers gras gevoerd werd. Het bedrijf op veen (bedrijf 11) had een opvallend lage intensiteit en is daarom niet meegenomen in de variantberekeningen.



Figuur 4 De gemiddelde percentuele verandering van de NH₃-emissie per hectare t.o.v. de basissituatie (0%). V3 tot en met V5b: van links naar rechts. Zie paragraaf 2.1 voor de beschrijving van de varianten.

V3. Variant 2 + vers gras opname o.b.v. Gras Dashboard

Het effect van het aanpassen van de grasopname per koe per jaar aan de berekende grasopname vanuit het Gras Dashboard varieerde van een verlaging van de NH₃-emissie per ha van 2,4 kg per ha tot een verhoging van 2,4 kg per ha ten opzichte van de basisberekening (gemiddeld +0,8%, van 44,3 naar 44,6 kg per ha).

De relatieve verandering varieerde van -4,7% tot +5,7%. Net als in 2020 vertoonde het effect een sterke relatie met het verschil in de berekende grasopname tussen die van de K LW en het Dashboard. Wanneer de berekende grasopname van het Gras dashboard hoger was dan die van de K LW, dan veroorzaakte dit een hoger berekende RE-gehalte van het rantsoen en daarmee een hogere NH₃-emissie per ha en omgekeerd.

V4. Variant 3 + aanpassing VEM-waarde en RE-gehalte van vers gras o.b.v. bedrijfsspecifieke monsters

Het effect van het aanpassen van het RE-gehalte van vers gras aan de bedrijfsspecifieke vers grasanalyses leidde gemiddeld tot een extra verhoging van 2,1 kg NH₃ per ha ten opzichte van V3 (gelijk aan +4,6%, gemiddeld van 45,2 naar 47,3 kg per ha) en varieerde van een verlaging 3,6 kg NH₃ per ha tot een verhoging van 6,9 kg per ha. De relatieve verandering varieerde van -8,3% tot +14,6%. Bij bedrijf 15 was het gewogen gemiddelde van het gemeten RE-gehalte van vers gras 14 g/kg ds lager dan het berekende K LW RE-gehalte, waardoor de berekende ammoniakemissie vanaf V4 duidelijk lager werd ten opzichte van de basissituatie. Ten opzichte van de basissituatie was het gemiddelde effect +5,9%.

V5. Variant 4 + plus 500 kg ds extra vers weidegras opname (minder aanleg kuil en meer weide-uren)

Ten opzichte van V4 was er gemiddeld nauwelijks een extra effect van het verhogen van de grasopname per koe met 500 kg per jaar. Tussen de bedrijven varieerde het effect van een verlaging 5,0 kg NH₃-emissie per ha tot een verhoging van 7,3 kg per ha. Het relatieve effect varieerde van -11,7 tot 16,5%. Door meer vers gras en minder graskuil in het rantsoen werd het berekend RE-gehalte van het rantsoen gemiddeld 8,7 g/kg ds hoger. Dat deze verhoging niet leidde tot extra NH₃-emissie komt doordat de extra grasopname werd gerealiseerd door extra uren beweiding. Tijdens beweiding is de EF voor NH₃ lager dan wanneer de dieren op stal zijn. Verder dient opgemerkt te worden dat de krachtvoergift en samenstelling niet is aangepast. Bij goede landbouwkundige praktijk zal de krachtvoergift en/of -samenstelling bij een hogere vers grasopname aangepast worden. Ten opzichte van de basissituatie was het gemiddelde effect +6,2%.

V5b. Variant 5 + correctie van het ruw eiwitgehalte van het krachtvoer

Ten opzichte van V5 was het effect van de correctie van het RE-gehalte van het krachtvoer, dus bovenop het verhogen van de grasopname per koe met 500 kg per jaar, een reductie van tussen 0,6 en 3,1 kg NH₃ per ha, gelijk aan 1,5 en 6,1%. Tussen de bedrijven varieerde het cumulatieve effect ten opzichte van de basissituatie van een verlaging 6,2 kg NH₃-emissie per ha tot een verhoging van 5,1 kg per ha. Het relatieve effect varieerde van -14,5 tot 10,7%. Het gemiddelde effect ten opzichte van de basissituatie was gemiddeld +1,7%.

3.2 Deel B: Enkelvoudige effecten van bedrijfsopzet of management op methaan- en ammoniakemissie

In de berekeningen van de effecten van de managementaspecten is bedrijf 1 wel meegenomen. Het bedrijf op veen (bedrijf 11) had een opvallend lage intensiteit en is daarom niet meegenomen in de variantberekeningen. Tabel 3 geeft een overzicht van de enkelvoudige effecten van bedrijfsopzet of management. Alle relaties zijn afzonderlijk weergegeven in figuren in bijlage B.

Tabel 3 *Correlatie tussen managementaspecten of bedrijfsopzet en de emissies van CH₄ en NH₃. Voor correlaties van 0.30 of hoger is aangegeven of de trend positief (+) of negatief (-) was. Gekleurde cellen geven een redelijke of sterke correlatie aan.*

Bedrijfsmanagement- of opzetaspect	CH ₄ per FPCM	NH ₃ per ha
1 Aandeel mais in rantsoen	Geen	Geen
2 Aandeel vers gras in rantsoen	Geen	Geen tot zwak (-)
3 Aandeel graskuil rantsoen	Geen	Geen
4 Aandeel krachtvoer rantsoen	Geen	0
5 RE-gehalte graskuilproducten	Geen	Geen tot redelijk (+)
6 RE-gehalte rantsoen (berekend)	Geen	Geen
7 RE-gehalte vers gras	Geen	Geen
8 VEM-gehalte berekend rantsoen	Zwak (-)	Geen
9 Melkproductie per koe	Redelijk (-)	Geen
10 Intensiteit (melkproductie per ha)	Geen tot zwak (-)	Zwak tot sterk (+)
11 Aandeel grasland van bedrijfsoppervlakte	Geen	Geen
12 Opbrengst grasland (kg ds berekend geoogst)	Geen	Sterk (+)
13 Aandeel jongvee	Geen	Geen
14 N aanvoer (meststoffen, depositie, vlinderbloemigen)	Geen	Redelijk tot sterk (+)
15 Voerefficiëntie	Sterk (-)	Laag (-)

1. Aandeel mais in rantsoen

Methaan

Voor de emissie van enterische CH₄ per kg meetmelk was geen of nauwelijks correlatie met het aandeel snijmais in het rantsoen binnen deze groep bedrijven ($R^2=0,11$, Bijlage B, Figuur 18). Bedrijf 1 kent een duidelijk andere bedrijfsvoering dan andere bedrijven; hier wordt geen vers gras gevoerd en staan de koeien jaarrond op stal. Het weglaten van het bedrijf 1 gaf geen verandering in de waardering van de correlatie tussen de emissie van CH₄ per kilogram meetmelk en het aandeel snijmais in het rantsoen ($R^2=0,11$, Bijlage B, Figuur 19).

Ammoniak

Voor de emissie van NH₃ in kg per ha was er geen of nauwelijks correlatie ten aanzien van het aandeel snijmais in het rantsoen ($R^2=0,01$, Bijlage B, Figuur 18). Het weglaten van het bedrijf 1 gaf geen verandering in de waardering van de correlatie tussen de emissie van NH₃ per hectare en het aandeel snijmais in het rantsoen ($R^2=0,04$, Bijlage B, Figuur 19).

2. Aandeel vers gras in rantsoen

Methaan

Voor de emissie van CH₄ per kg meetmelk was een zwakke negatieve correlatie ten aanzien van het aandeel vers gras in het rantsoen binnen deze groep bedrijven ($R^2=0,16$, Bijlage B, Figuur 20). Het weglaten van het bedrijf 1 gaf geen verandering in de waardering van de correlatie tussen de emissie van CH₄ per kilogram meetmelk en het aandeel snijmais in het rantsoen ($R^2=0,17$, Bijlage B, Figuur 21) te zien.

Ammoniak

Voor de emissie van NH₃ in kg per ha was er een zwakke, negatieve correlatie ten aanzien van het aandeel vers gras in het rantsoen binnen deze groep bedrijven ($R^2=0,34$, Bijlage B, Figuur 20). Wat betreft het aandeel vers gras in het rantsoen week bedrijf 1 sterk af van de groep. Na het weglaten van bedrijf 1 was er nog steeds geen of nauwelijks correlatie te zien tussen de emissie van NH₃ per ha en het aandeel vers gras in het rantsoen ($R^2=0,11$, Bijlage B, Figuur 21).

3. Aandeel graskuil rantsoen

Methaan

Voor de emissie van CH₄ per kg meetmelk was geen of nauwelijks correlatie ten aanzien van het aandeel kuilgras in het rantsoen in deze analyse binnen deze groep bedrijven ($R^2=0,04$, Bijlage B, Figuur 22). Ook na het weglaten van bedrijf 1 was er geen of nauwelijks correlatie te zien tussen de emissie van NH₃ per ha en het aandeel vers gras in het rantsoen ($R^2=0,09$, Bijlage B, Figuur 23).

Ammoniak

Voor de emissie van NH₃ in kg per ha was er geen of nauwelijks correlatie ten aanzien van het aandeel kuilgras in het rantsoen binnen deze groep bedrijven ($R^2=0,07$, Bijlage B, Figuur 22). Na het weglaten van bedrijf 1 veranderde de trend niet.

4. Aandeel krachtvoer rantsoen

Methaan

Voor de emissie van CH₄ per kg meetmelk was geen of nauwelijks correlatie ten aanzien van het aandeel krachtvoer in het rantsoen binnen deze groep bedrijven ($R^2=0,12$, Bijlage B, Figuur 24).

Ammoniak

Voor de emissie van NH₃ in kg per ha was er geen of nauwelijks correlatie ten aanzien van het aandeel krachtvoer in het rantsoen binnen deze groep bedrijven ($R^2=0,25$, Bijlage B, Figuur 24).

5. RE graskuilproducten

Methaan

Voor de emissie van CH₄ per kg meetmelk is er nauwelijks correlatie ten aanzien van het RE in graskuilproducten binnen deze groep bedrijven ($R^2=0,02$, Bijlage B, Figuur 25).

Ammoniak

Voor de emissie van NH₃ in kg per ha was er geen of nauwelijks correlatie ten aanzien van RE in graskuilproducten binnen deze groep bedrijven ($R^2=0,07$ Bijlage B, Figuur 25). Na het weglaten van bedrijf 1 was er een redelijke positieve correlatie ten aanzien NH₃ van het RE in kuilproducten en de gevonden NH₃-emissie binnen deze groep bedrijven ($R^2=0,61$, Bijlage B, Figuur 26).

6. RE rantsoen (berekend)

Methaan

Voor de emissie van CH₄ per kg meetmelk was er nauwelijks een correlatie ten aanzien van het RE in het berekend rantsoen binnen deze groep bedrijven ($R^2=0,10$, Bijlage B, Figuur 27).

Ammoniak

Voor de emissie van NH₃ in kg per ha was er geen correlatie ten aanzien van het RE in het berekend rantsoen binnen deze groep bedrijven ($R^2=0,00$, Bijlage B, Figuur 27). Na het weglaten van bedrijf 1 was er nauwelijks correlatie ten aanzien NH₃ van het RE in kuilproducten en de gevonden NH₃-emissie binnen deze groep bedrijven ($R^2=0,11$, Bijlage B, Figuur 28).

7. RE in vers gras

Methaan

Voor de emissie van CH₄ per kg meetmelk was er nauwelijks correlatie ten aanzien van het RE in vers gras per kg ds binnen deze groep bedrijven ($R^2=0,06$, Bijlage B, Figuur 29). Het uitsluiten van bedrijf 1 had geen invloed.

Ammoniak

Voor de emissie van NH₃ in kg per ha was er nauwelijks correlatie ten aanzien van het RE in vers gras per kg ds binnen deze groep bedrijven ($R^2=0,09$, Bijlage B, Figuur 29). Na het weglaten van bedrijf 1 werd de correlatie nog lager.

8. VEM berekend rantsoen

Methaan

Voor de emissie van CH₄ per kg meetmelk was er een zwakke, negatieve correlatie ten aanzien VEM berekend rantsoen per kg ds binnen deze groep bedrijven ($R^2=0,42$, Bijlage B, Figuur 30).

Ammoniak

Voor de emissie van NH₃ in kg per ha was er geen correlatie ten aanzien VEM berekend rantsoen per kg ds binnen deze groep bedrijven ($R^2=0,00$, Bijlage B, Figuur 30).

9. Melkproductie per koe

Methaan

Voor de emissie van CH₄ per kg meetmelk was er een middelmatige correlatie ten aanzien van de melkproductie per koe binnen deze groep bedrijven ($R^2=0,51$, Bijlage B, Figuur 31). De trend was negatief. Een hogere melkproductie per koe gaf een lagere CH₄-emissie per kg meetmelk.

Ammoniak

Voor de emissie van NH₃ in kg per ha was er nauwelijks een correlatie ten aanzien van de melkproductie per koe binnen deze groep bedrijven ($R^2=0,14$, Bijlage B, Figuur 31).

10. Melkproductie per ha

Methaan

Voor de emissie van CH₄ per kg meetmelk was er nauwelijks een correlatie ten aanzien van de melkproductie per hectare binnen deze groep bedrijven ($R^2=0,20$, Bijlage B, Figuur 32). Na het weglaten van bedrijf 1 was er een zwakke correlatie ten aanzien van de melkproductie binnen deze groep bedrijven. De trend was negatief ($R^2=0,33$, Bijlage B, Figuur 33).

Ammoniak

Voor de emissie van NH₃ in kg per ha was er een sterke, positieve correlatie ten aanzien van de melkproductie per hectare binnen deze groep bedrijven ($R^2=0,71$, Bijlage B, Figuur 32). Na het weglaten van bedrijf 1 was er een zwakke correlatie ten aanzien van de melkproductie binnen deze groep bedrijven. De trend was positief ($R^2=0,43$, Bijlage B, Figuur 33). Een hogere melkproductie per ha gaf een hogere NH₃-emissie per ha. Aandachtspunt is dat NH₃ per ha wordt weergegeven en CH₄ per kg meetmelk.

11. Percentage grasland van totaal areaal

Methaan

Voor de emissie van CH₄ per kg meetmelk was er nauwelijks correlatie te zien ten aanzien van het percentage grasland van het totaal areaal binnen deze groep bedrijven ($R^2=0,08$, Bijlage B, Figuur 34).

Ammoniak

Voor de emissie van NH₃ in kg per ha was er geen correlatie ten aanzien van het percentage grasland van het totaal areaal binnen deze groep bedrijven ($R^2=0,01$, Bijlage B, Figuur 34).

12. Opbrengst grasland (kg ds berekend geoogst)

Methaan

Voor de emissie van CH₄ per kg meetmelk was er nauwelijks correlatie ten aanzien van de berekende kg ds gras per ha die geoogst is binnen deze groep bedrijven ($R^2=0,06$, Bijlage B, Figuur 35).

Ammoniak

Voor de emissie van NH₃ in kg per ha was er een sterke correlatie ten aanzien van kg ds gras per ha geoogst berekend binnen deze groep bedrijven ($R^2=0,82$, Bijlage B, Figuur 35). De trend was positief. Een hoger berekende opbrengst kg ds gras per hectare gaf een hogere emissie van NH₃ per ha. In de grafiek valt bedrijf 1 ver buiten de rest. Bedrijf 1 had geen invloed op de conclusie (figuur niet getoond).

13. Jongvee per 10 melkkoeien

Methaan

Voor de emissie van CH₄ per kg meetmelk was er nauwelijks correlatie ten aanzien van jongvee per 10 melkkoeien binnen deze groep bedrijven ($R^2=0,23$, Bijlage B, Figuur 36).

Ammoniak

Voor de emissie van NH₃ in kg per ha was er geen correlatie ten aanzien van jongvee per 10 melkkoeien binnen deze groep bedrijven ($R^2=0,01$, Bijlage B, Figuur 36). In de grafiek valt bedrijf 1 ver buiten de rest. Bedrijf 1 had geen invloed op de conclusie (figuur niet getoond).

14. Kg N aanvoer per hectare grasland

Methaan

Voor de emissie van CH₄ per kg meetmelk was er nauwelijks een correlatie ten aanzien van de kg N aanvoer per ha productiegasland binnen deze groep bedrijven ($R^2=0,08$, Bijlage B, Figuur 37). Na het weglaten van bedrijf 1 veranderde dit beeld niet ($R^2=0,07$, Bijlage B, Figuur 38).

Ammoniak

Voor de emissie van ammoniak in kg per ha was er een sterke correlatie ten aanzien van de kg N aanvoer per ha binnen deze groep bedrijven ($R^2=0,74$, Bijlage B, Figuur 37). De trend was positief. Een hogere kg N aanvoer per ha geeft binnen deze groep bedrijven een hogere emissie van ammoniak in kg per ha. Na het weglaten van bedrijf 1 was er een middelmatige positieve correlatie ten aanzien van de kg N aanvoer per ha binnen deze groep bedrijven ($R^2=0,58$, Bijlage B, Figuur 38).

13. Voerefficiëntie

Methaan

Voor de emissie van CH₄ per kg meetmelk was er een sterke correlatie ten aanzien van de voerefficiëntie binnen deze groep bedrijven. ($R^2=0,81$, Bijlage B, Figuur 39). De trend was negatief. Een hogere voerefficiëntie gaf binnen deze groep bedrijven een lagere emissie van methaan per kg meetmelk.

Ammoniak

Voor de emissie van NH₃ in kg per ha was er een zwakke correlatie ten aanzien van de voerefficiëntie binnen deze groep. De trend was negatief ($R^2=0,33$, Bijlage B, Figuur 39). Een hogere voerefficiëntie gaf binnen deze groep bedrijven een lagere emissie van ammoniak per kg meetmelk.

3.3 Deel C: Gecombineerde effecten van bedrijfsopzet of management op methaan- en ammoniakemissie

Voor dit onderdeel is uitgegaan van variant 4: met een EF voor CH₄ van vers gras tot 1 juni 14,5 en vanaf 1 juni 16,5 – in plaats van de KLW waarde van 19,2 gedurende het hele seizoen; de vers grasopname op basis van het Gras Dashboard; en aanpassing van de VEM-waarde en het RE-gehalte van vers gras op basis van bedrijfsspecifieke monsters. In de berekeningen van de effecten van de managementaspecten is bedrijf 1 wel meegenomen.

Tabel 4 geeft een overzicht van de gecombineerde effecten van bedrijfsopzet of management. Alle relaties zijn afzonderlijk weergegeven in figuren in bijlage C. Alle bedrijven zijn steeds ingedeeld op basis van het aandeel vers gras in het rantsoen (0-10%, 10-20%, 20-30% of >30% ds aandeel vers gras) om te zien of dit van invloed kan zijn. De correlatie met emissies is voor alle bedrijven samen berekend. De CH₄-emissie is uitgedrukt per kg FPCM; de NH₃-emissie is uitgedrukt in kg per ha.

Tabel 4 *Correlatie tussen bedrijfsopzet of management factor. Tien factoren gerelateerd aan aandeel vers gras zijn geselecteerd op basis van praktijkervaring en expert judgement binnen het project.*

X as	Y as	Correlatie
1 Kg melk per koe	Ruw eiwit rantsoen per kg ds	Geen
2 Kg melk per ha	Ruw eiwit rantsoen per kg ds	Geen
3 Ruw eiwit rantsoen per kg ds	NH ₃ per ha	Geen
4 Ruw eiwit rantsoen per kg ds	Per 1000 kg melk	Geen
5 Ruw eiwit graskuil per kg ds (eventueel t.o.v. VEM)	NH ₃ per ha	Geen
6 Percentage grasland	NH ₃ per ha	Geen
7 Aandeel vers gras en graskuil	NH ₃ per ha	Geen
8 Aandeel graskuil en maiskuil	NH ₃ per ha	Geen
9 Gewogen ruw eiwit per kg ds graskuil en mais	NH ₃ per ha	Geen
10 Stuks jongvee per 10 melkkoeien	CH ₄ per kg FPCM	Geen

1. Melkproductie per koe vs RE-gehalte rantsoen

In deze groep bedrijven was er nauwelijks correlatie tussen de melkproductie per koe en het berekende RE-gehalte van het rantsoen ($R^2=0,17$, Bijlage C, Figuur 40).

De bedrijven met meer dan 30% ds vers gras in het rantsoen hadden tussen de 7600 en 8300 kg melk per koe met een RE per kg ds berekend in het rantsoen tussen 158 en 161. De bedrijven met tussen de 20 en 30% ds vers gras in het rantsoen hadden tussen de 6900 en 9550 kg melk per koe met een RE per kg ds berekend in het rantsoen tussen 158 en 175. De bedrijven met tussen de 10 en 20% ds vers gras in het rantsoen hadden tussen de 8100 en 10100 kg melk per koe met een RE per kg ds berekend in het rantsoen tussen 154 en 164. De bedrijven met minder dan 10% ds vers gras in het rantsoen hadden tussen de 10500 en 10900 kg melk per koe met een RE per kg ds berekend in het rantsoen tussen 153 en 164.2. Het aandeel vers gras lijkt weinig extra verklaring te geven. De twee bedrijven met minder dan 10% vers gras in het rantsoen hadden de hoogste melkproductie van de groep maar hebben een uiteenlopend ruw eiwitgehalte. De overige aandelen ruwvoer zijn verspreid over melkproductie en RE-gehalte.

2. Kg melk per ha vs RE per kg ds rantsoen

Een hogere melkproductie per hectare had nauwelijks of geen correlatie met het RE-gehalte per kg ds berekend opgenomen rantsoen. ($R^2=0,06$, Bijlage C, Figuur 41). De invloed van de hoeveelheid vers gras opname in het totaal rantsoen op de geproduceerde melk per ha lijkt klein voor deze groep bedrijven in 2021.

3. Ruw eiwit gehalte rantsoen per kg ds vs NH₃ per ha

Het RE-gehalte per kg ds berekend opgenomen rantsoen had geen correlatie met de NH₃-emissie per ha ($R^2=0,00$, Bijlage C, Figuur 42). Verschillen tussen %vers grasgroepen lijken niet relevant. Bedrijf 1 is wat betreft de NH₃-emissie een uitschieter naar boven in de groep.

4. Ruw eiwit gehalte rantsoen per kg ds vs NH₃ per 1000 kg melk

Het RE-gehalte per kg ds berekend opgenomen rantsoen had nauwelijks correlatie met de NH₃-emissie per 1000 kg melk ($R^2=0,22$, Bijlage C, Figuur 43). Verschillen tussen %vers grasgroepen lijken niet relevant.

5. Ruw eiwit-gehalte graskuil per kg ds vs NH₃ per ha

Het RE-gehalte per kg ds gevoerde graskuilproducten had nauwelijks correlatie met de NH₃-emissie in kg per ha ($R^2=0,07$, Bijlage C, Figuur 44). Op basis van de relatie tussen RE-gehalte in het rantsoen vs NH₃ per ha (zie boven) is dus met name de totale samenstelling van het rantsoen van belang om het effect van RE-gehalte op de NH₃-emissie in beeld te brengen.

6. Percentage grasland vs NH₃ per ha

Het percentage grasland van het totale areaal had in de groep geen correlatie met de NH₃-emissie per ha ($R^2=0,01$, Bijlage C, Figuur 45). Bedrijven met veel vers gras in rantsoen hebben vaak ook hoger aandeel grasland. In deze groep hadden bedrijven met een hoog aandeel vers gras in het totale rantsoen boven de 20% ook een hoog aandeel grasland van het totale areaal.

7. Aandeel vers gras en kuilgras vs NH₃ per ha

Het aandeel vers gras had een zwakke correlatie met de NH₃-emissie per ha. De trend was negatief ($R^2=0,34$, Bijlage C, Figuur 46). Een hoger aandeel vers gras geeft een lagere NH₃-emissie per ha. Het aandeel kuilgras heeft geen of nauwelijks correlatie ten opzichte van de NH₃-emissie per ha ($R^2=0,07$, Bijlage C, Figuur 46). In Figuur 46 is zowel het aandeel vers gras als het aandeel kuilgras weergegeven. Na het weglaten van bedrijf 1 had het aandeel vers gras nauwelijks correlatie met de NH₃-emissie per ha ($R^2=0,11$ Bijlage C, Figuur 47). Het aandeel kuilgras had nog steeds nauwelijks correlatie ten opzichte van de NH₃-emissie per ha ($R^2=0,02$ Bijlage C, Figuur 47).

8. Opname graskuil en snijmaiskuil vs NH₃ per ha

Het percentage opname graskuil en snijmaiskuil had bij deze groep bedrijven nauwelijks correlatie met de NH₃-emissie per ha ($R^2=0,19$ Bijlage C, Figuur 48). Verschillen tussen %vers grasgroepen lijken niet relevant.

9. Ruw eiwit per kg ds opgenomen graskuil en snijmaiskuil vs NH₃ per ha

Het gewogen RE per kg ds berekend opgenomen kg ds graskuil en snijmais had nauwelijks correlatie met de NH₃-emissie per ha ($R^2=0,03$ Bijlage C, Figuur 49). Verschillen tussen %vers grasgroepen lijken niet relevant.

10. Stuks jongvee per 10 melkkoeien vs CH₄ per melk

Het aantal stuks jongvee per koe had nauwelijks correlatie met de CH₄-emissie per kg meetmelk. De trend was positief ($R^2=0,23$, Bijlage C, Figuur 50). Hoe meer jongvee per 10 melkkoeien, hoe hoger de CH₄-emissie per kg meetmelk. Jongvee produceert immers wel CH₄, maar geen melk. Verschillen tussen %vers grasgroepen lijken niet relevant.

4 Discussie

In dit project is de impact van verschillende bedrijfsaspecten op de NH₃- en CH₄-emissie onderzocht. Het is belangrijk te benoemen dat het gaat om een zeer beperkt aantal bedrijven in één specifiek groeiseizoen. Het is met name een rapportage van de onderzochte (cor)relaties, gerapporteerd zijn. De aannames en interpretaties zijn vooral verkennend en onderzoekend voor vervolgonderzoek bedoeld.

4.1 Deel A: Varianten met aangepaste emissiefactoren en bedrijfsspecifieke invoer

4.1.1 Bedrijfsspecifieke waarden

Via de methodiek van het Gras Dashboard wordt de grasopname op dagbasis geschat voor operationele beslissingen rondom beweiding, door de K LW wordt dit op jaarbasis geschat op basis van de hoeveelheid energie die dieren nodig hebben om de melkproductie te realiseren. De berekende grasopname per koe per jaar vanuit de K LW liet een grote variatie tussen de bedrijven zien (van 598 tot 2475 kg). Gemiddeld genomen kwam de berekende grasopname van het Gras Dashboard redelijk overeen met de grasopname volgens de K LW. Gemiddeld was de berekende grasopname van het Gras dashboard 132 kg per koe per jaar hoger dan die van de K LW. Het verschil varieerde van -434 tot +463 kg. Er lijkt geen systematisch verschil te zijn tussen de schatting van de K LW en het Gras dashboard.

De gemeten VEM-waarde van vers gras was gemiddeld 35 eenheden hoger dan de vaste K LW VEM-waarde van 960. Op praktisch alle bedrijven was de VEM-waarde van het voorjaarsgras tot 1 juni duidelijk hoger dan 960 en van het gras na 1 juni gelijk of iets hoger².

Op basis van het beperkt aantal bedrijven in deze analyse lijkt Nieuw Nederlands Weiden gemiddeld een hogere VEM-waarde te hebben dan omweiden. Een verklaring hiervoor kan zijn dat bij NNW bij een lagere opbrengst wordt ingeschaard en dat kortere planten een hoger aandeel blad hebben dan langere planten bij een hogere opbrengst.

Op jaarbasis was het gemeten RE-gehalte van het verse gras gemiddeld 23 g/kg ds hoger dan het berekende K LW RE-gehalte. Gemiddeld had het aanpassen van het berekende K LW RE-gehalte van vers gras aan het gemeten RE-gehalte maar een beperkt effect van +2,4% op NH₃-emissie per ha.

4.1.2 Methaanemissie uit de pens

In de basissituatie voldeden zeven van de dertien bedrijven aan de K&K CH₄-pensemissie doelstelling voor 2021 (reductie van 15% ten opzichte van het landelijk gemiddelde in 2018). Deze vergelijking is van belang om het niveau van CH₄-emissie van deze graslandbedrijven in dit projectjaar te kunnen duiden. Afhankelijk van de bedrijfsopzet en bedrijfsvoering varieerde de enterische CH₄-emissie (uit de pens) van de dertien bedrijven van 474 tot 717 g CO₂-equivalenten per kg FPCM en lag het gemiddelde van alle bedrijven op 598 g CO₂-equivalenten per kg FPCM. De spreiding tussen bedrijven lijkt meer verband te hebben met de bedrijfsopzet en management dan met grondsoort (zie voor grondsoort per bedrijf Figuur 1). Naast grondsoort kunnen bedrijven namelijk van elkaar verschillen op het gebied van bijvoorbeeld locatie, management, productie, rantsoen en ruwvoer kwaliteit (Koning et al., 2021) en zo de enterische CH₄-emissie beïnvloeden. Andere factoren die zorgen voor variatie in CH₄-emissie zijn voeropname, gewicht, melkureumconcentratie, energy-corrected milk yield (ECMY) en body condition score (Starsmore et al., 2024). Bedrijfsmanagement is dan ook een belangrijke factor om op te sturen. Denk daarbij aan het graslandgebruikssysteem (maaien, weiden of stalvoeren), het graslandmanagement (bemesting en het aantal groeidagen per snede) en aan de samenstelling van het dagelijkse rantsoen.

Er was variatie tussen de bedrijven in de cumulatieve reductie van de CH₄-pensemissie van de vijf varianten. Naast het aandeel gras in het rantsoen heeft het effect o.a. te maken met het aandeel van andere voercomponenten in het rantsoen (bijvoorbeeld snijmais), het niveau van de bijbehorende EF-waarde t.o.v.

² [Vers gras analyses bevestigen en verbazen - WUR](#)

vers gras en daarnaast met het aandeel van de emissie uit gras t.o.v. de totale CH₄-emissie uit de pens. Variant 3 met bedrijfsspecifieke invoer van de grasopname op basis van het Gras Dashboard en variant 4 met de VEM-waarde op basis van vers gras monsters hadden bij alle bedrijven beperkt effect op de berekende CH₄-emissie uit de pens omdat de verschillen in gemiddelde grasopname en voederwaarde kleiner waren dan verwacht. Uitgaande van de aangepaste EF in variant 5 leidde het verhogen van de grasopname met 500 kg per koe per jaar (door meer beweiding) op alle bedrijven tot een verlaging van de CH₄-emissie uit de pens. Dat is in lijn met de verwachting, omdat voedermiddelen (met name graskuil) met een hogere EF worden vervangen door meer vers gras met een lagere EF.

Voor de berekeningen in deze verkenning is in lijn met de rapportage van 2020 op basis van Klootwijk et al. (2020) gekozen om eerst te rekenen met een lagere EF van 16,5 in plaats van 19,2 g per kg ds voor enterisch CH₄. (variant 1). Door in variant 1 de EF voor enterisch CH₄ van vers gras te verlagen van 19,2 naar 16,5 g CH₄ per kg ds. Hierdoor werd de berekende totale emissie uit de pens gemiddeld 2,9% lager. Vervolgens is ook een verkenning gedaan op basis van de meest recente resultaten van Koning et al. (2022) als vervolg op Klootwijk et al. (2020). Door in variant 2 de EF van voorjaarsgras tot 1 juni extra te verlagen naar 14,5 werd de berekende emissie gemiddeld 3,5% lager. De enterische CH₄-emissie (uit de pens) maakt voor 40 tot 50% onderdeel uit van de totale CO₂-emissie (Ruysenaars et al., 2020). Dit betekent dat het e aanpassing in de rekenregels effect heeft op 50% van de CH₄-emissie. Het effect op de totale broeikasemissie van deze aanpassingen is dus respectievelijk ongeveer 1,5 en 1,7%. Door de EF van voorjaarsgras na 1 juni te verhogen van 16,5 naar 18,75, naast invoer van bedrijfsspecifieke grasopname en voederwaarde, werd het reductiepotentieel in variant 4b logischerwijs kleiner. De berekende CH₄ emissie was alsnog gemiddeld 2,6% lager dan in de basissituatie.

Het minimale reductiepotentieel, de ondergrens, als gevolg van aanpassing van de EF was in de berekeningen 3%. Het maximale reductiepotentieel was 10% in het onderzoek op Dairy Campus (Klootwijk et al., 2021) en 40% volgens de data en bedrijfsverschillen in de huidige KLW-analyse. Voor de bovengrens voor de praktijk is aangenomen dat deze ligt op de helft van het gemiddelde van deze twee maxima: de helft van 10 = 5 en de helft van 40 = 20, maakt 25%: de bovengrens voor de praktijk ligt daarmee op 12,5%. Dit zou dan bereikt moeten worden door aanvullende maatregelen rondom graslandmanagement die hier verder niet verkend zijn. Daarmee is de verwachting op basis van deze analyse over 2021 dat weidebedrijven CH₄-emissies kunnen reduceren met 3-12% door managementmaatregelen te nemen in bedrijfsverband.

4.1.3 Ammoniakemissie

Het aanpassen van de berekende KLW grasopname per koe per jaar aan de berekende grasopname vanuit het Gras Dashboard had gemiddeld nauwelijks effect op de NH₃-emissie per ha. Tussen individuele bedrijven varieerde het effect van -4,7% tot +5,7%. Het effect had een sterke relatie met het verschil in de berekende grasopname tussen die van de KLW en het Gras Dashboard. Dit verschil bij de individuele bedrijven heeft een sterk effect op de RE-opname en daarmee op de NH₃-emissie.

Het aanpassen van het berekende KLW RE-gehalte van vers gras aan het gemeten RE-gehalte verhoogde de NH₃-emissie per ha gemiddeld met 5,9%. Voor de individuele bedrijven kan het effect nog groter zijn. Het effect tussen de bedrijven varieerde redelijk en had een sterke relatie met het verschil tussen het berekende en gemeten RE-gehalte.

In variant 5 is 500 kg extra weidegras gevoerd. Als gevolg daalt de kuilgrasopbrengst: het gras dat wordt gegraasd, kan niet worden gemaaid. Daarvoor werd gecorrigeerd, evenals voor de weide-uren, gebaseerd op 0.8 kg ds weidegrasopname per uur. Wanneer naast deze aanpassing ook de gemeten waarden van de vers grasanalyses worden meegenomen in de berekeningen, stijgt de NH₃-emissie. De KLW rekent de berekende bedrijven en in het meetjaar met een lager RE-gehalte dan dat er daadwerkelijk gegeten wordt via vers jong gras. Bij meer beweiding is de NH₃-emissie in de wei wel lager maar is de vers grasopname hoger. Deze effecten heffen elkaar op. Daarom moet worden gerekend met een aangepast RE-gehalte van het krachtvoer. Dit benadert waarschijnlijk het beste wat er in de praktijk gebeurt wanneer de vers grasopname met 500 kg ds toeneemt; de veehouder zal daar mogelijk op anticiperen door krachtvoer met een lager RE-gehalte te voeren. Daarom is in variant 5b het eiwitgehalte van het krachtvoer aangepast, als extra variant waarbij naast een verhoogde vers grasopname het eiwitgehalte van krachtvoer wordt verlaagd. Met deze variant is gecorrigeerd voor een verhoogde NH₃-emissie, veroorzaakt door een te hoog eiwitgehalte in het rantsoen uit de verhoogde vers grasopname door meer weidegang. Door te sturen op het eiwitgehalte in het

krachtvoer kan het eiwitgehalte van het totale rantsoen gestuurd worden. Dit geeft handelingsperspectief in het verlagen van de NH₃-emissies op melkveebedrijven.

In deze analyse had het verhogen van de vers grasopname per koe met 500 kg per jaar gemiddeld nauwelijks extra effect op de NH₃-emissie per ha (variant 5). Door meer vers gras in het rantsoen en minder kuilgras werd het RE-gehalte van het rantsoen hoger, maar door het RE-gehalte van het krachtvoer te verlagen werd gemiddeld de NH₃-emissie met 4,5% verlaagd (variant 5b). Uit bovenstaande blijkt dat voor individuele bedrijven het werken met gemeten RE-gehalten voor de berekening van NH₃ emissie erg relevant kan zijn. Het individuele effect kan namelijk vele malen groter zijn dan het gemiddelde effect. In de basissituatie lag de NH₃-emissie van de bedrijven met 44,9 kg NH₃/ha ruim lager dan 52,0 kg NH₃/ha, het gemiddelde doel van Koeien&Kansen in 2021.

Naar verwachting zou meer weidegang leiden tot lagere NH₃-emissie. Bij meer weidegang wordt naar alle waarschijnlijkheid het RE-gehalte in het krachtvoer aangepast. Dat gebeurt bij handmatige aanpassen van de hoeveelheid vers gras in de KLW niet automatisch. Met expert judgement is daarom voor deze analyse geprobeerd om met verschillende varianten gecombineerde effecten en effecten op andere factoren zo goed mogelijk te simuleren in de KLW.

4.2 Deel B: Enkelvoudige effecten van bedrijfsopzet of management

De correlatie tussen het RE-gehalte van kuilgrasproducten en NH₃-emissie wordt sterk bepaald door het wel of niet meenemen van het bedrijf 1 (intensief, geen beweiding). Er was geen of nauwelijks correlatie tussen NH₃-emissie en het RE per kg ds van graskuil binnen deze groep ($R^2=0,07$). Wanneer bedrijf 1 werd weggelaten uit de analyse, was er een redelijke correlatie ($R^2=0,61$). De trend was positief: een hoger RE per kg ds graskuilproducten geeft binnen deze groep bedrijven een hogere emissie van NH₃ in kg per ha. De link tussen ruw eiwit en NH₃ is eerder aangetoond en is onderdeel van de rekenregels in de KLW; een hoger RE-gehalte in het rantsoen betekent een hogere input van stikstof, de bron voor vorming van NH₃-emissie. Dit effect is daarom in lijn met de verwachting.

Er was een sterke positieve correlatie tussen de (berekende) grasopbrengst per ha en NH₃-emissie. Naar verwachting zouden bedrijven die meer gras oogsten een groter aandeel grasproducten in hun rantsoen hebben, en daarmee ook een hoger RE op rantsoenbasis dan bedrijven die veel snijmais in het rantsoen hebben. Grasproducten hebben immers gemiddeld een hogere RE waarde. Door een hoog RE gehalte in kuilgras zou de NH₃-emissie moeten toenemen wanneer het aandeel kuilgras in het rantsoen toeneemt. Er was echter nauwelijks correlatie tussen aandeel kuilgras en NH₃-emissie. Voor de emissie van NH₃ per ha was er nauwelijks een correlatie ten aanzien van het percentage grasland van het totaal areaal binnen deze groep bedrijven. Een hoger percentage grasland in het areaal zou kunnen uitnodigen tot meer grasproduct in het rantsoen. Minder scherpe focus op een laag RE-gehalte in overige voedermiddelen zou dan een hoger RE op rantsoenbasis kunnen veroorzaken.

Voor de emissie van NH₃ per ha was er nauwelijks correlatie ten aanzien van het aandeel snijmais in het rantsoen. Factoren die samenhangen met de bedrijfsvoering hebben invloed op de NH₃-emissie per ha. Denk hierbij aan een heel laag RE-gehalte in de graskuilen en veel weide-uren. De correlatie tussen de emissie van NH₃ per ha en het aandeel vers gras in het rantsoen was zwak, met een negatieve trend. Onderzoek laat zien dat er inderdaad minder NH₃-emissie is bij meer weidegang doordat de mest en urine gescheiden op het land komen (Mosquera et al., 2016). Er was nauwelijks correlatie tussen het RE (berekend) rantsoen en NH₃-emissie per bedrijf. De intensiteit van de bedrijven lijkt hier een belangrijke rol te spelen.

Voor de emissie van NH₃ per ha was er een sterke correlatie ten aanzien van de N aanvoer per ha. Een hogere N aanvoer per ha geeft binnen deze groep bedrijven een hogere emissie van ammoniak per ha. Dit ligt in de lijn der verwachting. Aandachtspunt bij de N aanvoer per ha is dat dit niets zegt over de aanwendmethode (sleevoet, zodebemester of bouwlandinjecteur) die wel degelijk van belang is voor de emissie van NH₃. Voor de emissie van CH₄ per kg meetmelk was er nauwelijks correlatie.

Voor de emissie van CH₄ per kg meetmelk was er een sterke correlatie ten aanzien van de voerefficiëntie binnen deze groep bedrijven. De trend was negatief: een hogere voerefficiëntie gaf binnen deze groep bedrijven een lagere emissie van CH₄ per kg meetmelk.

4.3 Deel C: Gecombineerde effecten van bedrijfsopzet of management

In tegenstelling tot wat in de praktijk vaak wordt gedacht, is een hogere melkproductie per koe niet per se gerelateerd aan een hoger gehalte aan eiwit per kg ds in het rantsoen, volgens de data van deze veertien pilotbedrijven. Er zijn kennelijk andere factoren die daar sturend in zijn. Er zijn geen bedrijven in deze set data met minder dan 150 gram RE per kg ds berekend opgenomen rantsoen. Uitgedrukt in melkproductie per ha was er weinig verschil tussen bedrijven met een hoger of lager aandeel vers gras. Ook lijkt de hoeveelheid vers grasopname in het totaal rantsoen geen verband te hebben met de geproduceerde melk per ha klein voor deze groep bedrijven in 2021. Opvallend is dat de bedrijven met meer dan 20% vers gras kg ds totaal rantsoen binnen de groep een lagere melkproductie per koe realiseren (bedrijven bevinden zich vooral links in de grafiek, Bijlage C, Figuur 40): bij bedrijven met veel vers gras in rantsoen was de melkproductie per koe gemiddeld lager. De bedrijven met minder dan 10% vers gras in het rantsoen realiseren juist een hogere melkproductie per koe (rechts in de grafiek) en zijn ook de meest intensieve bedrijven van deze groep. Ook opvallend is dat beide biologische bedrijven, bedrijf 14 en 15, met een intensiteit onder de 11.000 kg melk per ha, hoger of gelijk scoren in de productie per koe in vergelijking met gangbare deelnemers.

Anders dan in 2020 had het RE gehalte in het berekend rantsoen in 2021 geen correlatie met de NH₃-emissie per ha. In 2020 was er een sterke correlatie: hoe meer RE per kg ds in het gevoerde rantsoen, hoe hoger de emissie van NH₃ per ha. In de rekenregels van KLV betekent een hoger RE-gehalte in het rantsoen wel een hogere NH₃-emissie. Andere factoren dan het RE-gehalte hebben op deze bedrijven kennelijk de verschillen tussen bedrijven bepaald. Wellicht dat het type graskuil daarin een rol heeft gespeeld. In 2021 is later gemaaid en was het RE-gehalte in de graskuilen lager. Ook zijn de data in 2021 deels afkomstig van andere bedrijven (met bijvoorbeeld andere stalsystemen) dan in 2020. In 2021 waren er ook relatief meer pilotbedrijven met mais (en een lager aandeel vers gras/graskuil), waaronder bedrijven die al langer met NH₃ en RE in het rantsoen bezig zijn. Mogelijk zijn er dus andere factoren die meer invloed hebben op de NH₃-emissie in kg per ha. Gedacht kan worden aan: hoeveelheid dierlijke mest, methode van uitrijden, hoeveelheid kunstmest en kg melk per ha. De conclusie dat het eiwitgehalte in het rantsoen niet van invloed is, lijkt niet de juiste te zijn op basis van gelijke toets in 2020. Ook hierbij is het belangrijk om op te merken dat er geen bedrijven waren met een RE-gehalte lager dan 150 gram per kg ds berekend opgenomen rantsoen.

Net als het RE gehalte, berekend in het opgenomen rantsoen, hadden ook het aandeel graskuil en het aandeel vers gras in het rantsoen geen invloed op de emissie van NH₃ per ha. Binnen deze groep zijn het aantal waarnemingen echter beperkt en kan een andere bedrijfsvoering/bedrijfsvoering de (berekende) emissie sterk beïnvloeden. Bedrijf 1 heeft een opvallende NH₃-emissie in relatie tot het percentage vers gras; dit is een intensief bedrijf dat geen vers gras voert (Figuur 42, Bijlage C). Bedrijf 14 en bedrijf 15, beide met meer dan 30% vers grasopname, zijn biologische bedrijven. Dit kan een verklaring zijn voor het lage RE-gehalte in de berekend opgenomen graskuilproducten (geen kunstmestgift in het voorjaar). Binnen de groepen 10–20% ds vers gras en 20–30% ds vers gras opname zit de nodige spreiding. Dat er nauwelijks correlatie was tussen het RE gehalte in het berekende opgenomen rantsoen en de NH₃-emissie per 1000 kg melk voor deze groep bedrijven, kan betekenen dat men weet hoe hiervoor gecorrigeerd moet worden. Opvallend is het verschil tussen de beide bedrijven die minder dan 10% ds vers gras voeren. Belangrijk te benoemen dat de gevoerde graskuil niet alleen bestond uit graskuil geogst in 2021 maar ook in 2020, en soms nog een restpartij uit 2019. Op bedrijven met veel kuilgras is de CH₄-emissie vaak hoger. Hierop is te sturen via aanpassing van de verhouding tussen vers gras en kuilgras in het rantsoen en/of via de kwaliteit van het kuilgras.

De hoeveelheid geproduceerde melk per kg ds voer heeft een sterke negatieve correlatie met de CH₄-emissie per kg meetmelk. Over het algemeen zorgt een hoge voerefficiëntie voor een lagere CH₄-emissie per kg

melk. Het aandeel vers gras lijkt geen verband te houden met deze trend, omdat bijvoorbeeld de bedrijven met 20-30% ds aandeel vers gras in het rantsoen redelijk verdeeld liggen in de groep bedrijven (Figuur 47, Bijlage C). In deze analyse is niet duidelijk of een hoge voerefficiëntie behaald wordt door het aandeel kuilgras, mais of krachtvoer. Voerefficiëntie wordt bepaald door de combinatie en afstemming van verschillende voercomponenten.

5 Conclusies en aanbevelingen

Sturen op de kwaliteit van vers gras is een sturingsmogelijkheid op NH₃- en CH₄-emissies, vooral via het voorjaarsgras (Koning et al., 2022). Deze verkenning van 2021 laat zien dat meer uren weiden en een hogere vers gras opname kunnen bijdragen aan het reduceren van de CH₄-emissie bij gelijkblijvende NH₃-emissies op melkveebedrijven. De weidebedrijven tonen een grote range in enterische CH₄- (factor 1,5) en NH₃-emissie (factor 5), wat potentie toont voor reductie.

In deze verkenning zorgde een aangepaste EF voor CH₄-emissie en bedrijfsspecifieke invoer rondom grasland voor een verlaging van 2,5% van de berekende CH₄-emissie (variant 4b). De uitgangspunten voor de berekening, in combinatie met een verhoging van de grasopname met 500 kg per koe per jaar, leidde op alle bedrijven gemiddeld tot een verlaging van de CH₄-emissie uit de pens van 6,0%, variërend van 3,1 tot 9,2% (variant 5). Om met de K LW een juiste inschatting te maken van de daadwerkelijke CH₄-emissie, is een geüpdatete en goed onderbouwde emissiefactor nodig. Dit vraagt allereerst om onderzoek naar het effect van vers gras op de hoogte van de emissiefactor. Het rekenen met bedrijfsspecifieke en regelmatige geanalyseerde waarden van vers gras gedurende het seizoen heeft vooral effect op de berekende NH₃-emissie. Het regelmatig bemonsteren is erg belangrijk om inzicht te krijgen in het RE-gehalte van het vers gras en om hiermee uiteindelijk de eiwitbijvoeding te kunnen sturen.

De analyse van 2020 liet een redelijke correlatie zien tussen het aandeel vers gras en het aandeel graskuil met de NH₃-emissie, mogelijk doordat het RE-gehalte in het krachtvoer niet werd aangepast aan het ruwvoer en daardoor te hoog bleef, waardoor in combinatie met gras het totale RE-gehalte van het rantsoen erg hoog was (Veraart et al., 2023). Ook in de huidige analyse (2021) werd het RE-gehalte van het rantsoen gemiddeld 8,7 g/kg ds hoger als gevolg van meer vers gras en minder kuilgras in het rantsoen. Door het RE-gehalte van het krachtvoer te verlagen werd gemiddeld de NH₃-emissie weer verlaagd. Bedrijven met een hoog aandeel vers gras en graskuil konden in 2021 vrij goed sturen op het RE-gehalte in het totaalrantsoen. Het RE-gehalte van de ruwvoerbijvoeding is een belangrijke factor in het verlagen van de NH₃-emissie. Het ruwvoer-rantsoen is de basis, maar het effect op NH₃-emissie is afhankelijk van het wel of niet corrigeren van het totale RE-gehalte in het rantsoen met bijproducten. In tegenstelling tot wat in de praktijk vaak wordt gedacht, lijkt deze verkenning te tonen dat een hogere melkproductie per koe niet per se om een hoger gehalte aan eiwit vraagt. Dit blijkt uit de verkenning van zowel 2020 ($R^2 = 0,01$) als 2021 ($R^2 = 0,17$). Er zijn kennelijk ook andere voorwaarden die daar sturend in zijn. Dat geeft handelingsperspectief in het verlagen van de NH₃-emissies op melkveebedrijven.

De range in enterische CH₄- en NH₃-emissie tussen de bedrijven duidt op potentie voor reductie. Deze potentie is niet volledig te benutten aangezien beperkingen in bedrijfsopzet en grondsoort een rol zullen spelen bij de maximaal haalbare reductie op een individueel bedrijf. De verwachting op basis van deze analyse over 2021 is dat weidebedrijven CH₄-emissies kunnen reduceren met 3-12% door managementmaatregelen te nemen in bedrijfsverband. In 2020 (Veraart et al., 2023) was het reductiepotentieel 5-15%. Ondanks benodigde veranderingen in EF, meetmethodiek en type bedrijven liggen de geschatte reductiepotenties van beide jaren redelijk dicht bij elkaar. De volgende stap is om potentiële managementmaatregelen te toetsen in bedrijfsverband.

Deze analyse ging over de veertien bedrijven in deze dataset in 2021, bedoeld als een verkennende analyse. De resultaten kunnen daarom niet direct vertaald worden naar de praktijk of sectorniveau. Voor betrouwbare resultaten en extrapolaties is het nodig de analyse over meerdere jaren uit te voeren met een grotere groep bedrijven.

Literatuur

Hofman H., Verlaan J. (2013). Drogestof opname uit weidegras - Dynamisch beweiden, weer of geen weer. CAH Vilentum Dronten & Wageningen Livestock Research

Klootwijk, C., Koning, L., Holshof, G., Klop, A., & Zom, R. (2021). Enterische CH₄-emissie van melkvee in relatie tot (vers) graskwaliteit: jaarrapport 1: 2020: resultaten eerste jaar (2020) van een meerjarige beweidingsproef naar CH₄-emissie bij weidegang, zomerstalvoeding en graskuil (No. 1342). Wageningen Livestock Research.

Koning, L., Evers, A. G., & Šebek, L. B. (2021). Praktijkimplementatie CH₄ en NH₃ reductie via voerspoor-praktijkrapport 2020: Voerstrategieën om de methaan-en ammoniakemissie te reduceren in de melkveehouderij (No. 1351). Wageningen Livestock Research.

Koning, L., Holshof, G., Klop, A., & Klootwijk, C. (2022). Enterische methaanemissie van melkvee in relatie tot (vers) graskwaliteit: Jaarrapport 2: 2021: Resultaten van een meerjarige beweidingsproef naar methaanemissie bij weidegang, zomerstalvoeding en het voeren van graskuil (No. 1402). Wageningen Livestock Research.

Mosquera, J., Philipsen, B., Van Bruggen, C., Groenestein, C.M., Ogink, N.W.M. (2016). PASsend beweiden. Wageningen UR (University & Research centre) Livestock Research, Livestock Research Rapport 983. <http://dx.doi.org/10.18174/39404>

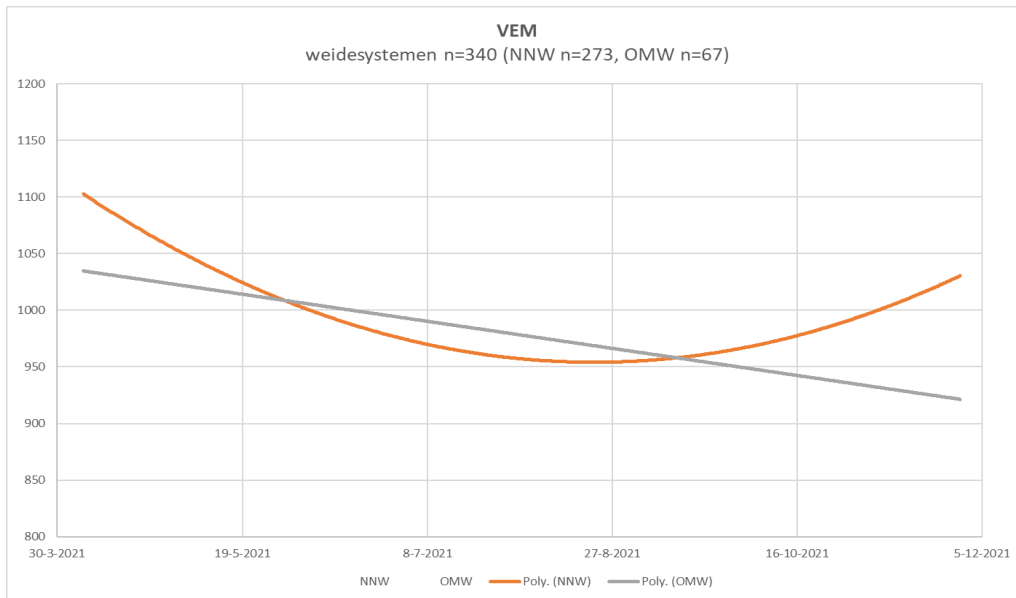
Ruysenaars, P.G., P.W.H.G. Coenen, J.D. Rienstra, P.J. Zijlema, E.J.M.M. Arets, K. Baas, R. Dröge, G. Geilenkirchen, M. 't Hoen, E. Honig, B. van Huet, E.P. van Huis, W.W.R. Koch, L.A. Lagerwerf, R.M. te Molder, J.A. Montfoort, J. Vonk en M.C. van Zanten. 2020. Greenhouse gas emissions in the Netherlands 1990–2018 National Inventory Report 2020.

Starsmore, K., Lopez-Villalobos, N., Shalloo, L., Egan, M., Burke, J., & Lahart, B. (2024). Animal factors that affect enteric methane production measured using the GreenFeed monitoring system in grazing dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 107(5), 2930-2940.

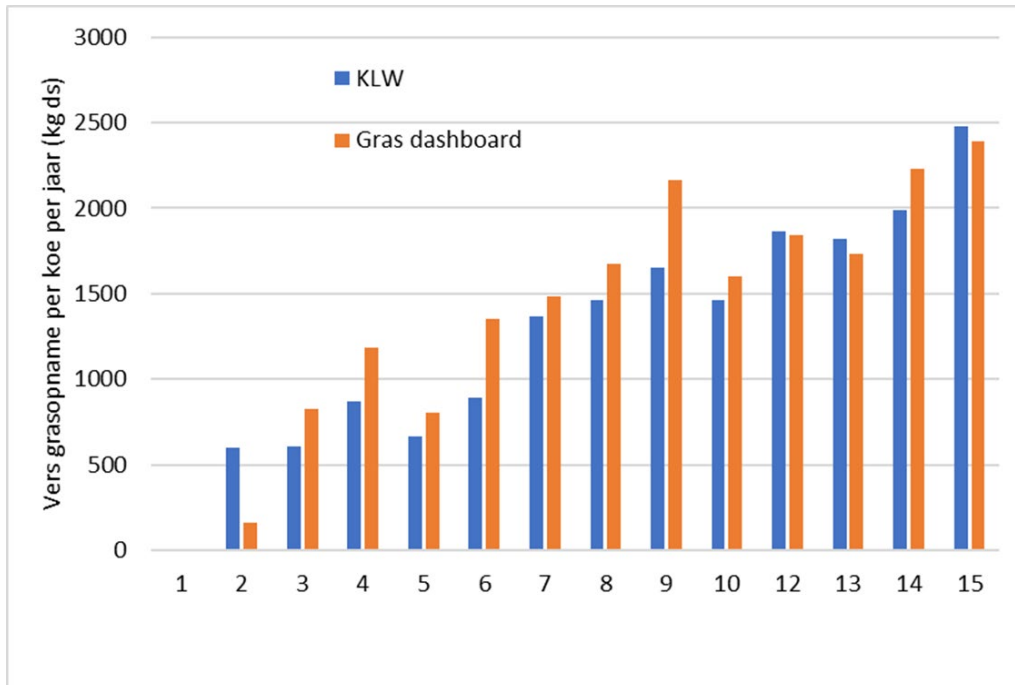
Veraart, M., van Schooten, H., Bassa, B., Philipsen, B., & Klootwijk, C. (2023). Graslandmanagement voor reductie van methaan en ammoniak: Resultaten analyse KringloopWijzer 2020 van 12 pilotbedrijven (No. 1465). Wageningen Livestock Research.

Bijlage A

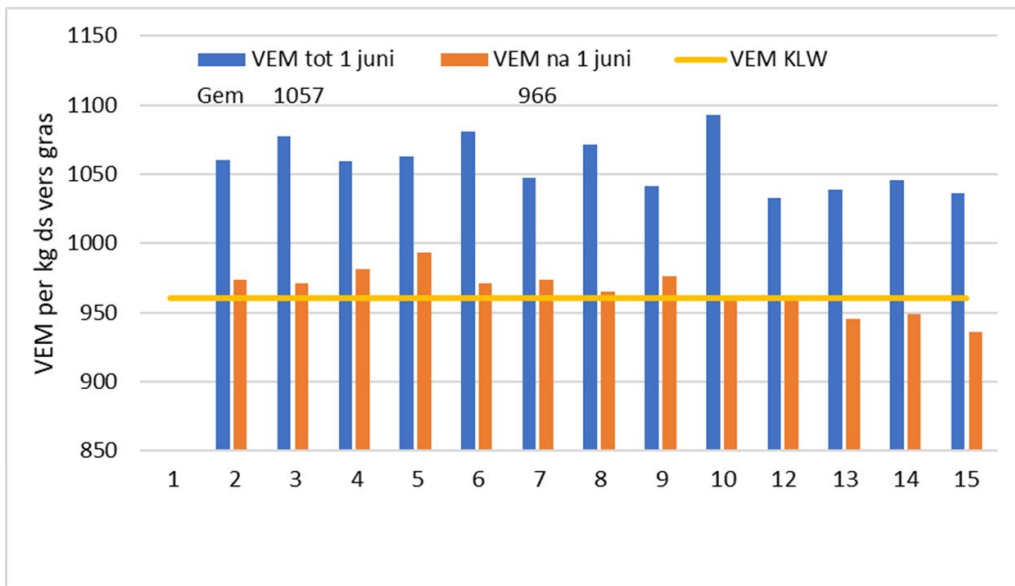
Bedrijfsspecifieke waarden



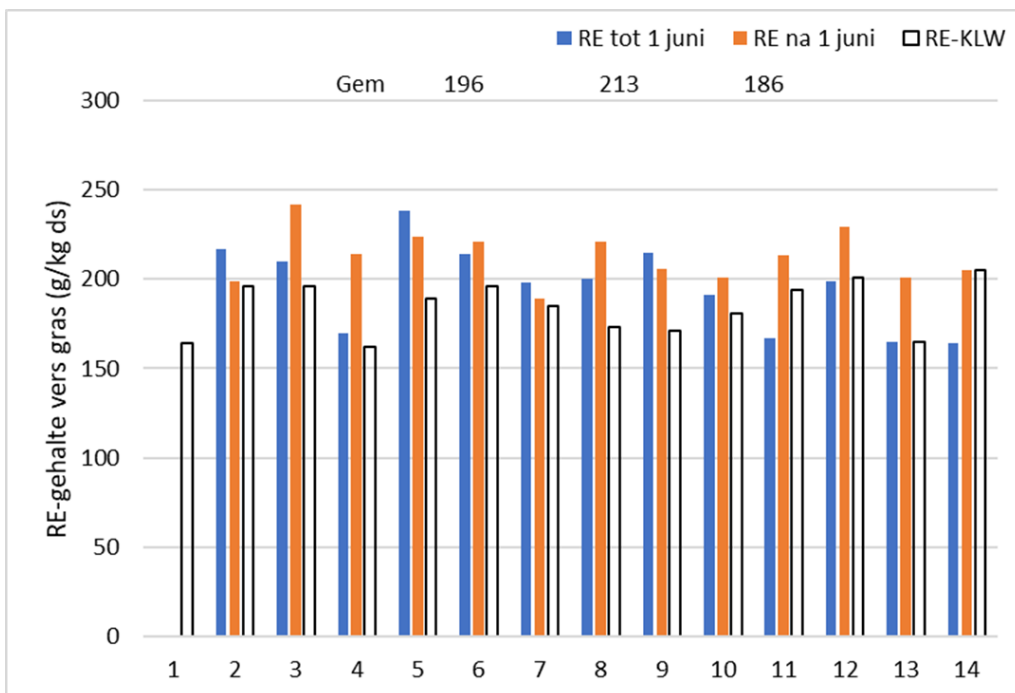
Figuur 5 VEM-verloop (per kg drogestof) per beweidingssysteem. NNW = Nieuw Nederlands weiden (9 bedrijven); OMW = omweiden (5 bedrijven). Gebaseerd op de geanalyseerde voederwaarden van vers grasmonsters, wekelijks genomen op de veertien bedrijven (dus exclusief bedrijf 11).



Figuur 6 Berekende vers grasopnames per koe per jaar vanuit de KLW en het Gras Dashboard (de bedrijven staan op volgorde van aandeel vers gras in het totale rantsoen).

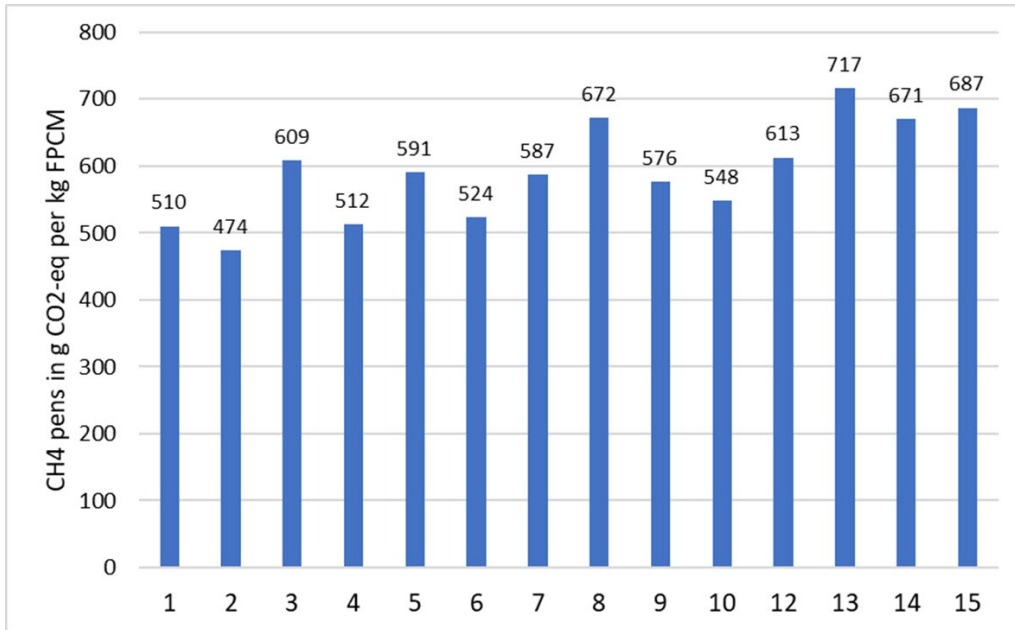


Figuur 7 VEM-waarde vers gras o.b.v. bemonstering vs berekende KLV-waarden (gemiddeld gemeten VEM-waarde: 995).

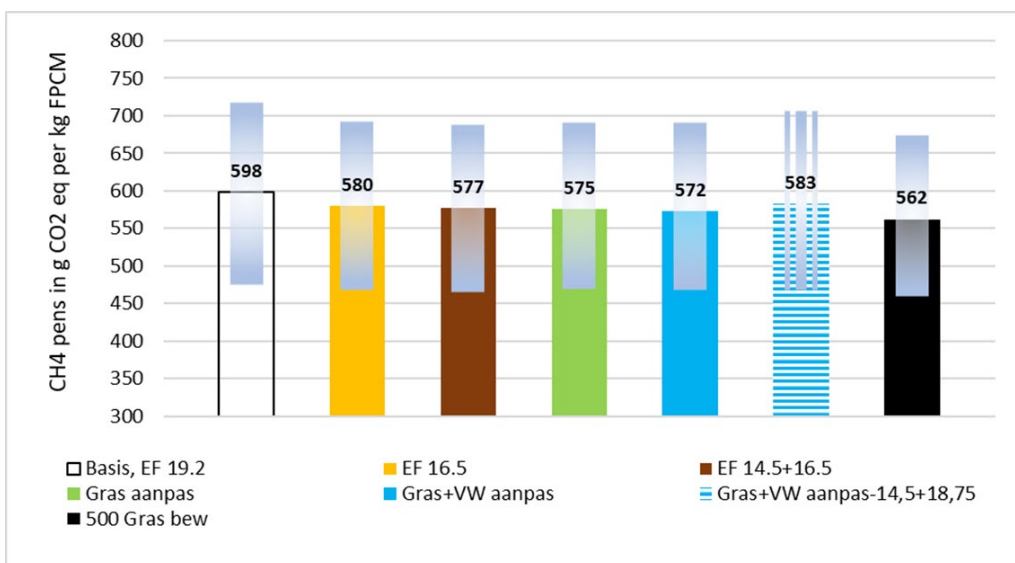


Figuur 8 RE-gehalte vers gras o.b.v. bemonstering vs berekende KLV-waarden (gem. gemeten RE gehalte 209 g/kg ds).

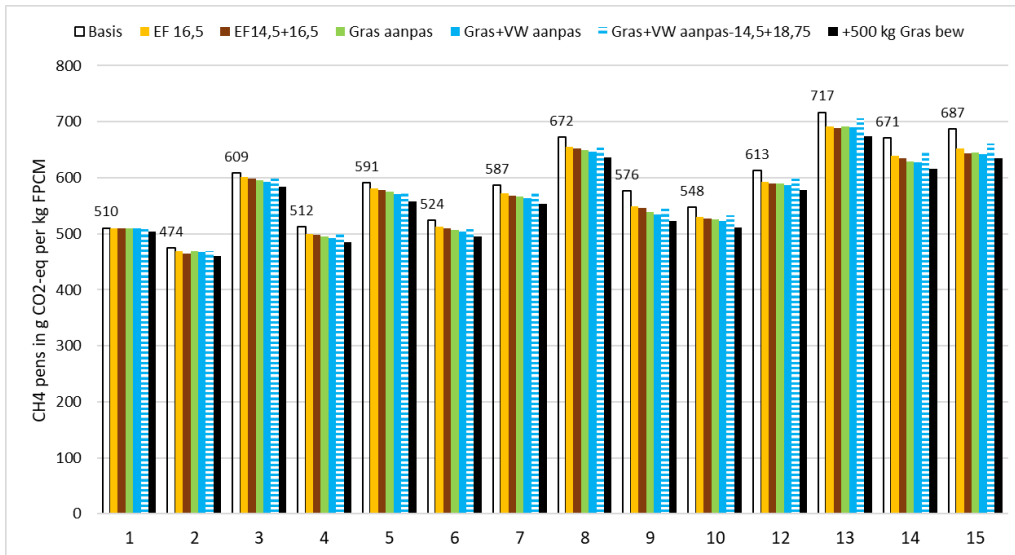
Methaanemissie uit de pens



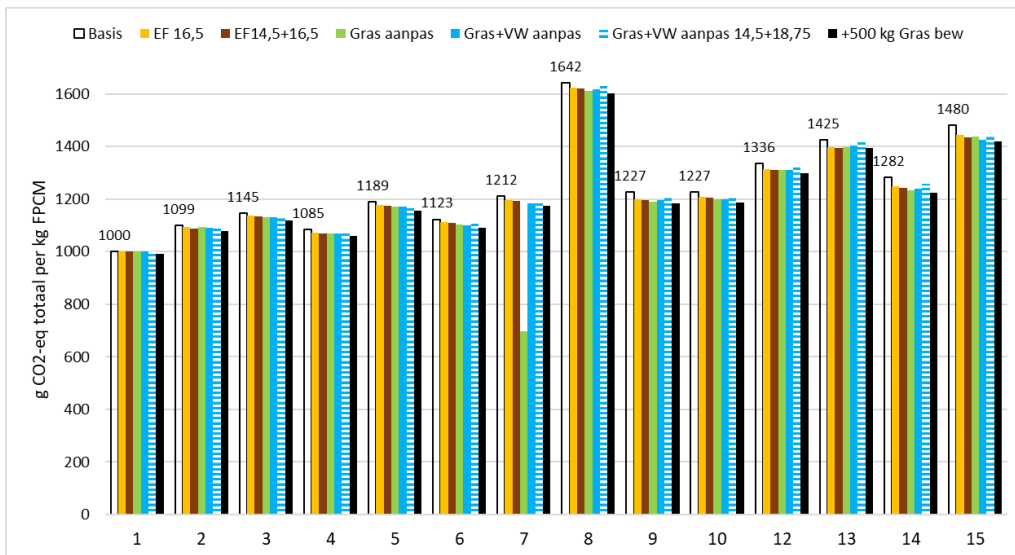
Figuur 9 Berekende CH₄-emissie uit de pens (KLW; in g CO₂-equivalenten per kg FPCM) voor de 14 pilotbedrijven in 2020, basissituatie.



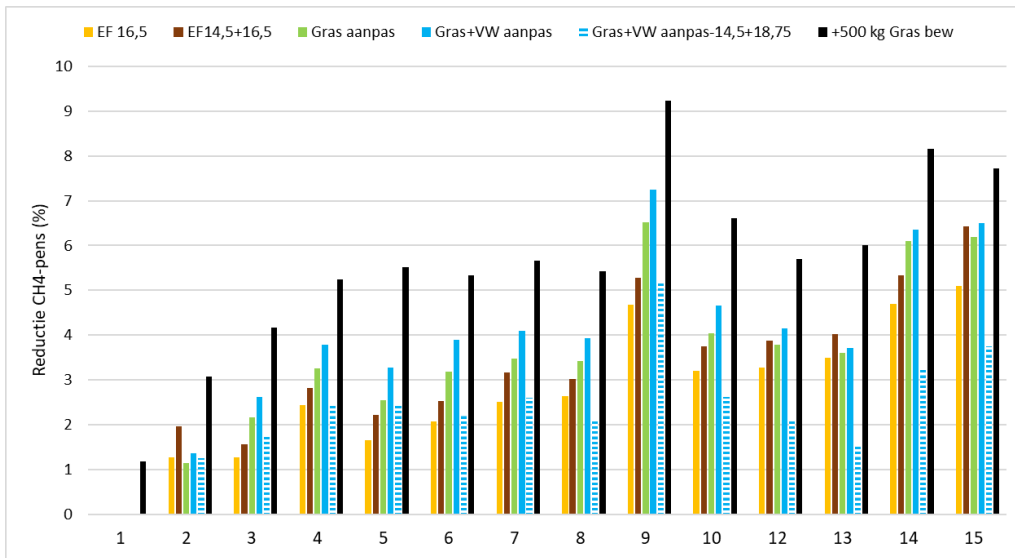
Figuur 10 Gemiddelde CH₄-emissie uit de pens (g CO₂-equivalenten per kg FPCM) van de 14 pilotbedrijven per variant.



Figuur 11 CH₄-emissie (g CO₂-equivalenten per kg FPCM) uit de pens per bedrijf per variant.

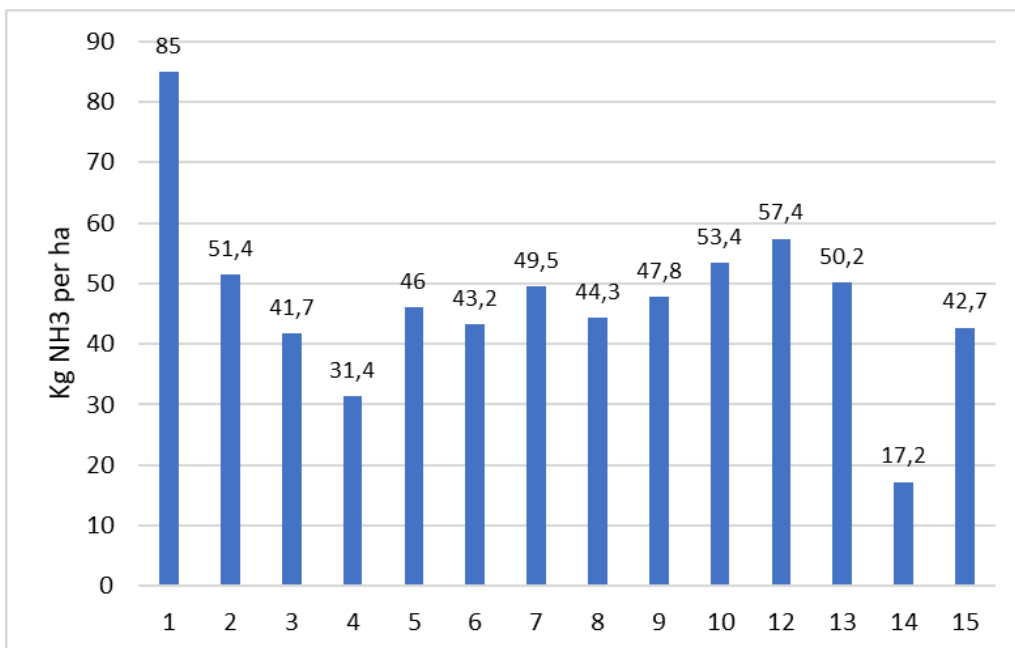


Figuur 12 Emissie aan broeikasgassen per bedrijf (g CO₂-equivalenten per kg FPCM) bij de verschillende varianten.

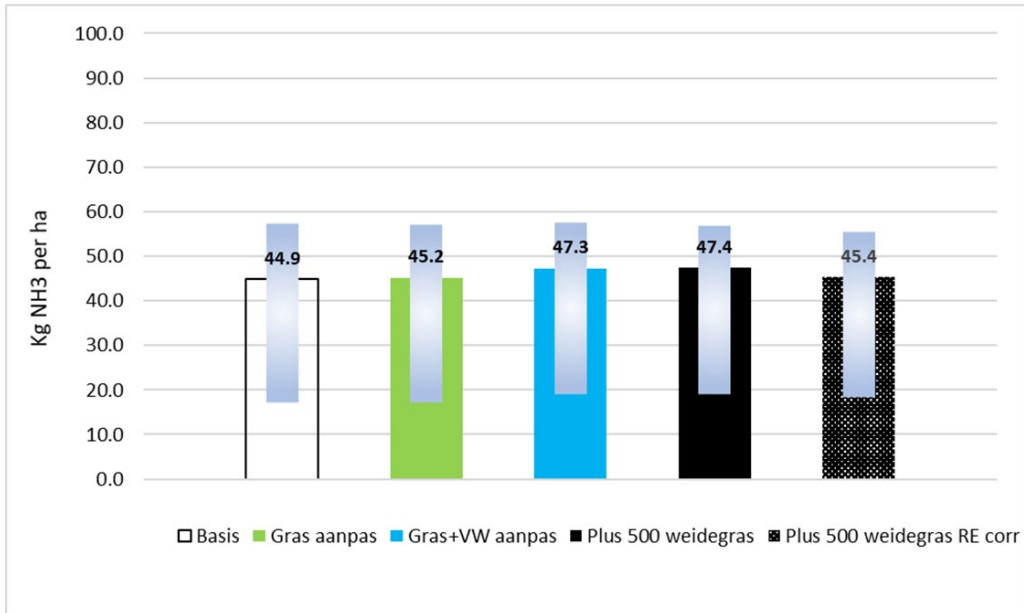


Figuur 13 Reductie in CH₄-emissie (%) per bedrijf van de verschillende varianten op de CH₄-emissie uit de pens t.o.v. Basis.

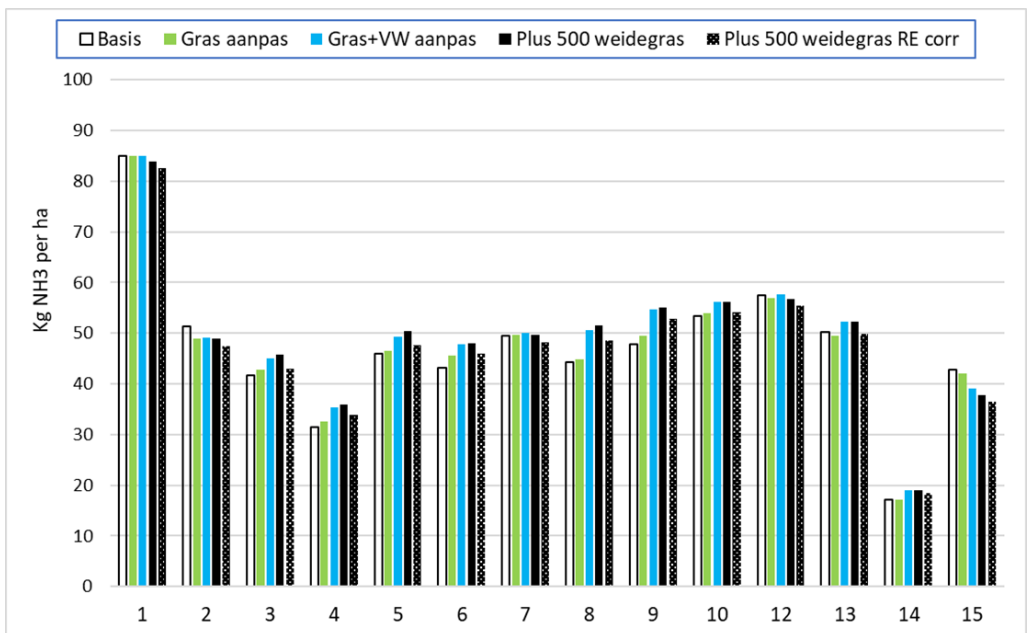
Ammoniakemissie



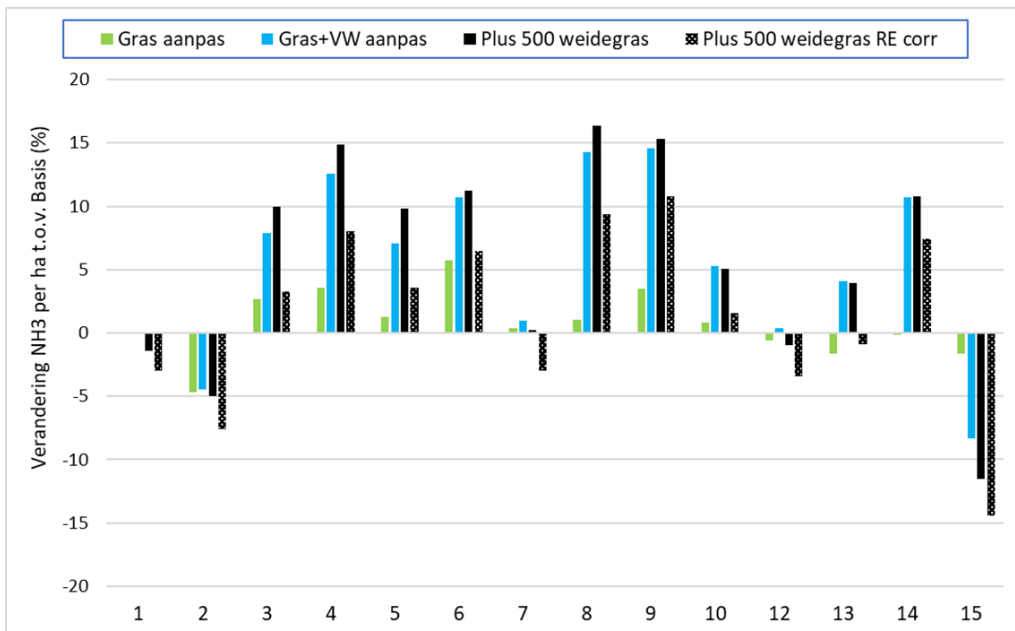
Figuur 14 Berekende NH₃-emissie (kg NH₃ per ha) voor de pilotbedrijven in 2021.



Figuur 15 Gemiddelde NH₃-emissie (kg NH₃ per ha) van de pilotbedrijven per variant.



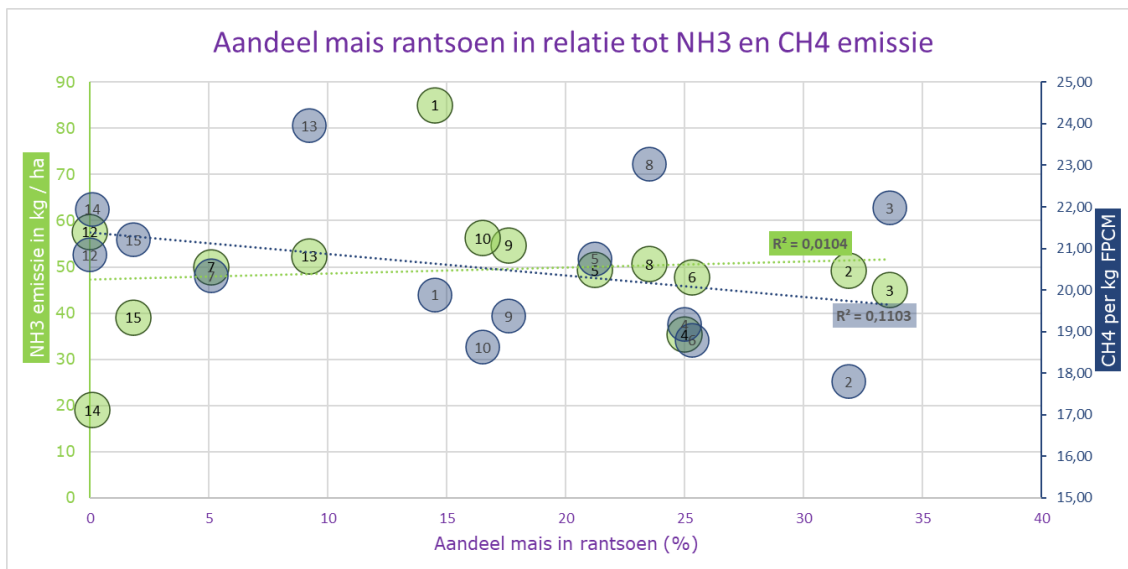
Figuur 16 NH₃-emissie (kg NH₃ per ha) per bedrijf bij verschillende varianten.



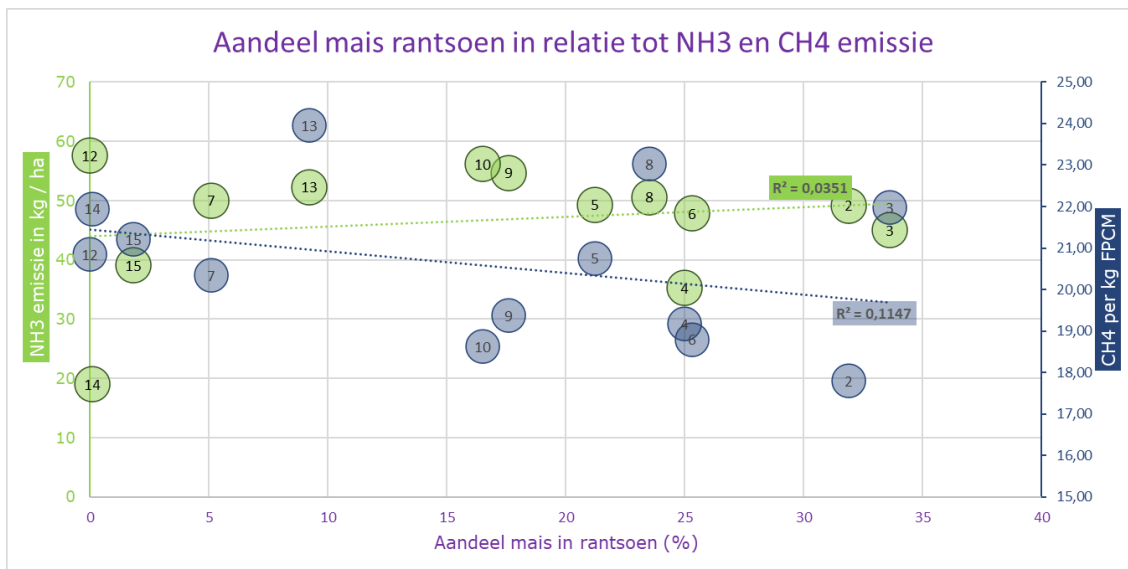
Figuur 17 Relatieve verandering per bedrijf van de verschillende varianten op de NH₃-emissie (kg NH₃ per ha) t.o.v. Basis.

Bijlage B

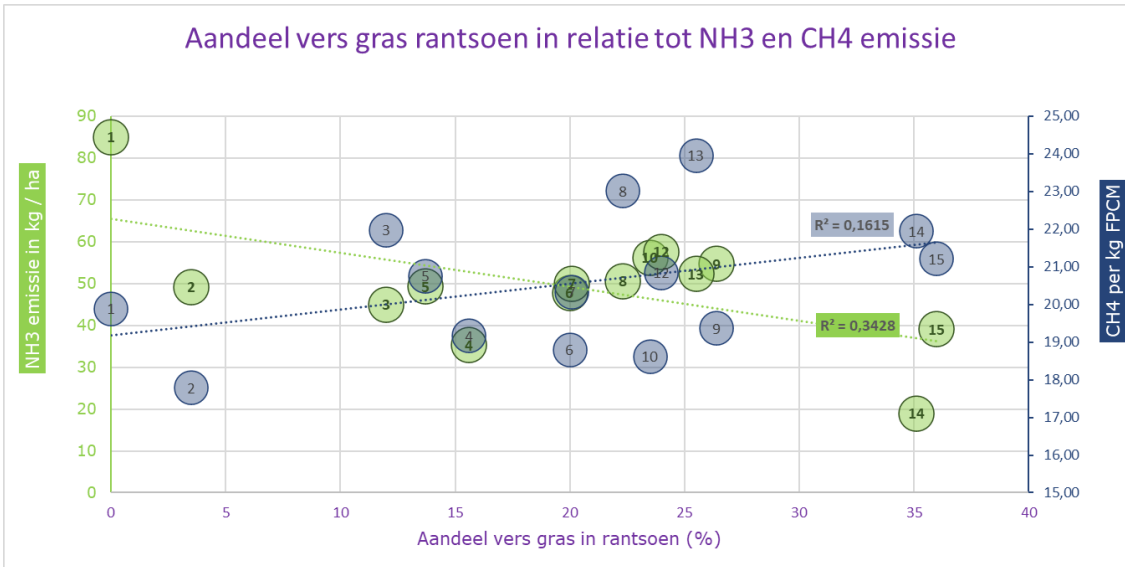
Enkelvoudige effecten van bedrijfsopzet of management



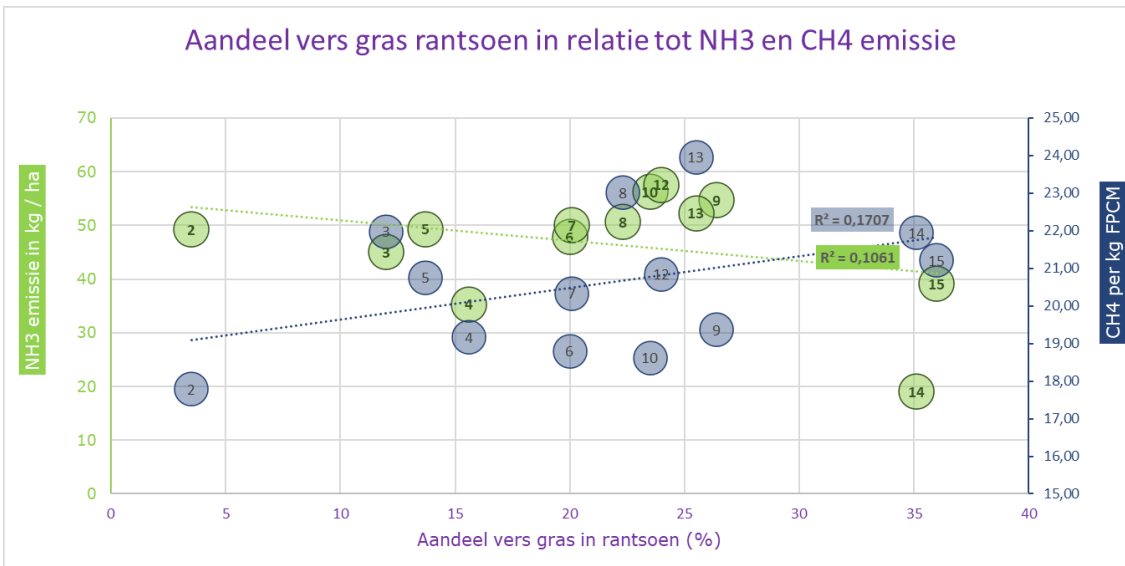
Figuur 18 Aandeel mais in rantsoen inclusief bedrijf 1 vs NH₃ en CH₄ emissie.



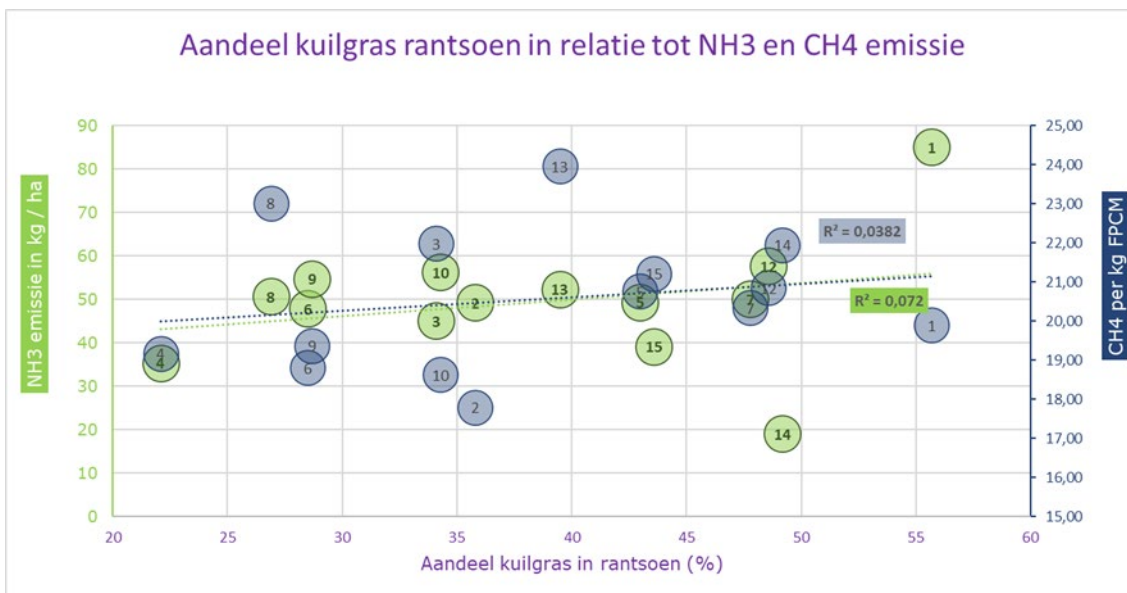
Figuur 19 Aandeel mais in rantsoen exclusief bedrijf 1 vs NH₃ en CH₄ emissie.



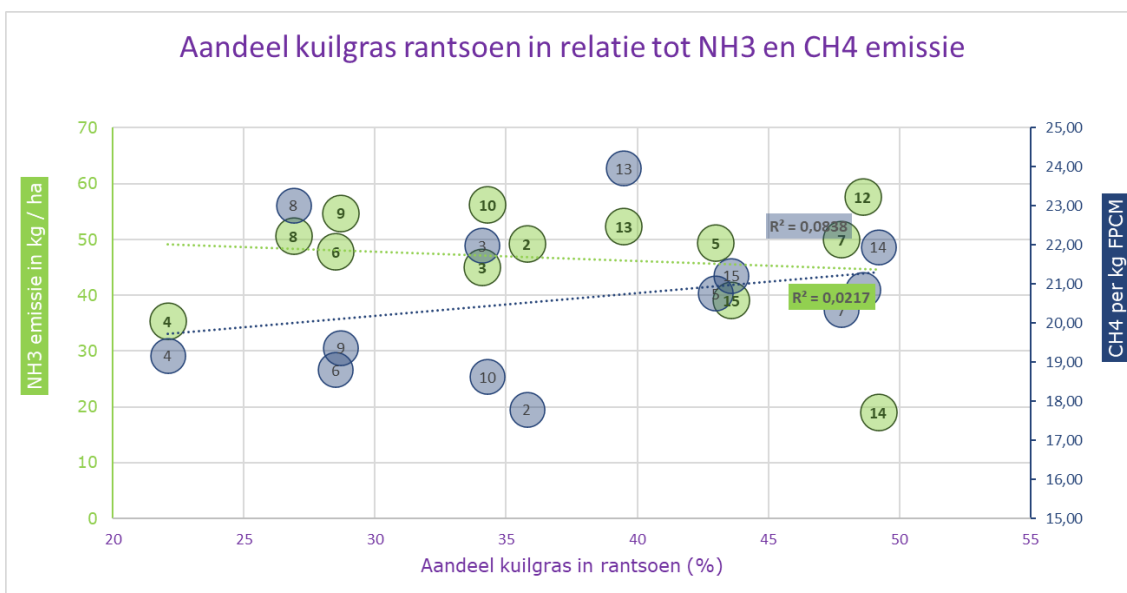
Figuur 20 Aandeel vers gras rantsoen inclusief bedrijf 1 vs NH₃ en CH₄ emissie.



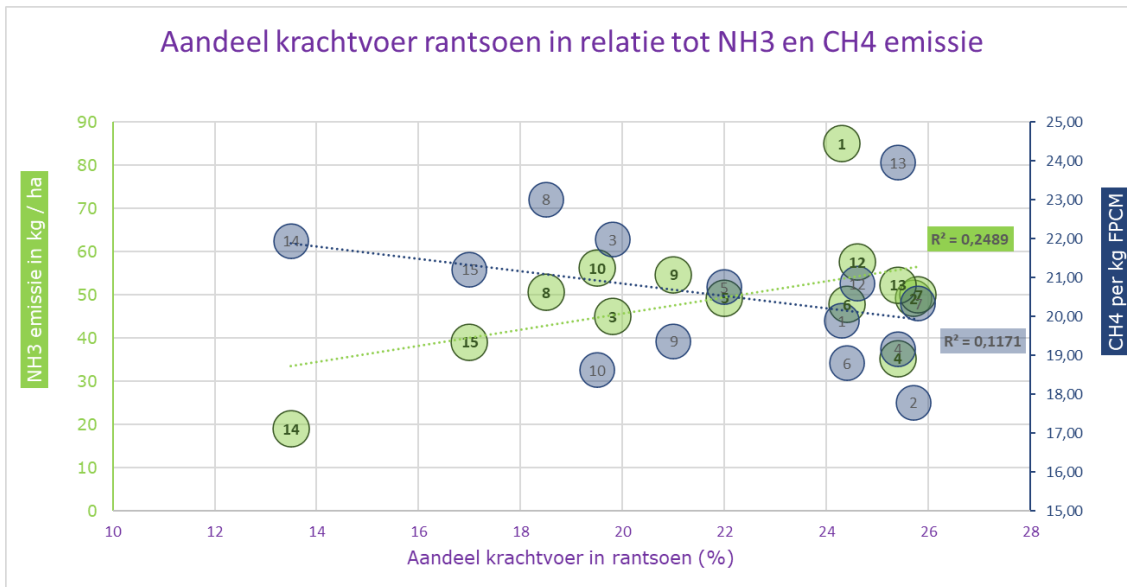
Figuur 21 Aandeel vers gras rantsoen exclusief bedrijf 1 vs NH₃ en CH₄ emissie.



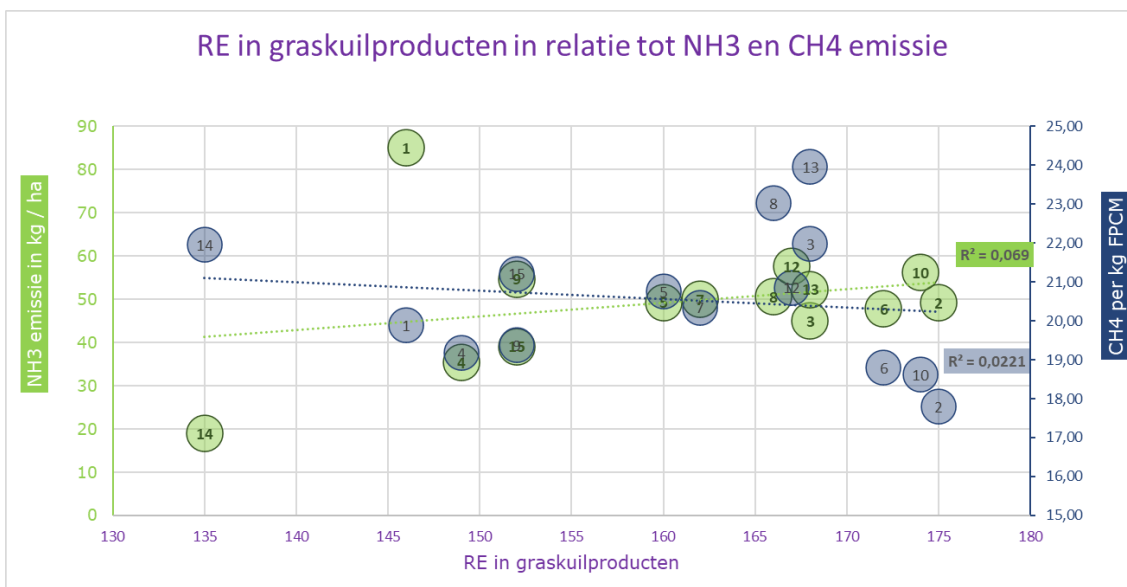
Figuur 22 Aandeel graskuil rantsoen, inclusief bedrijf 1 vs NH₃ en CH₄ emissie.



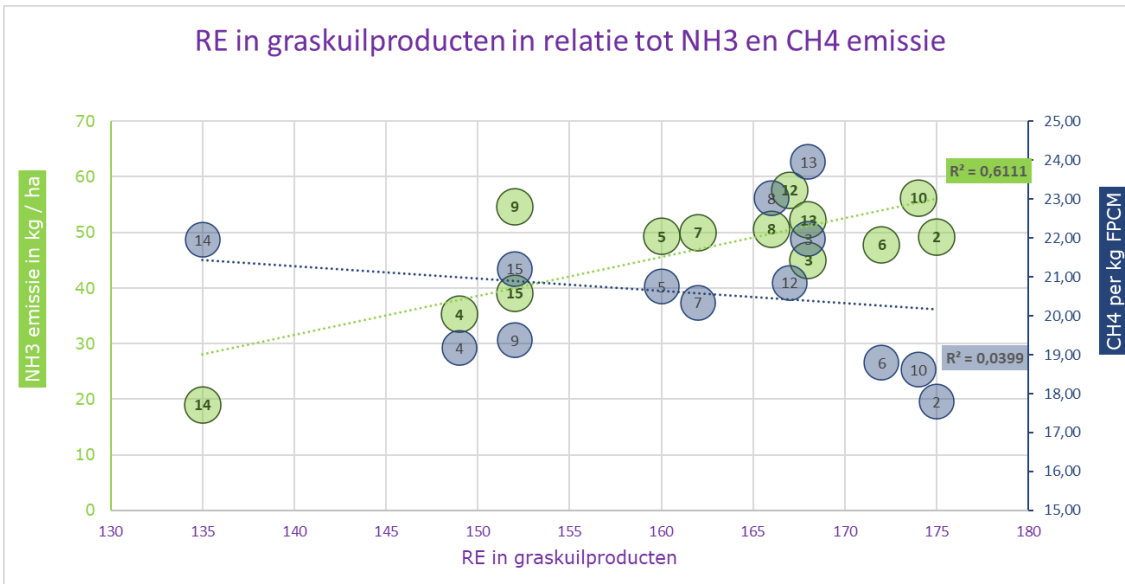
Figuur 23 Aandeel graskuil rantsoen, exclusief bedrijf 1 vs NH₃ en CH₄ emissie.



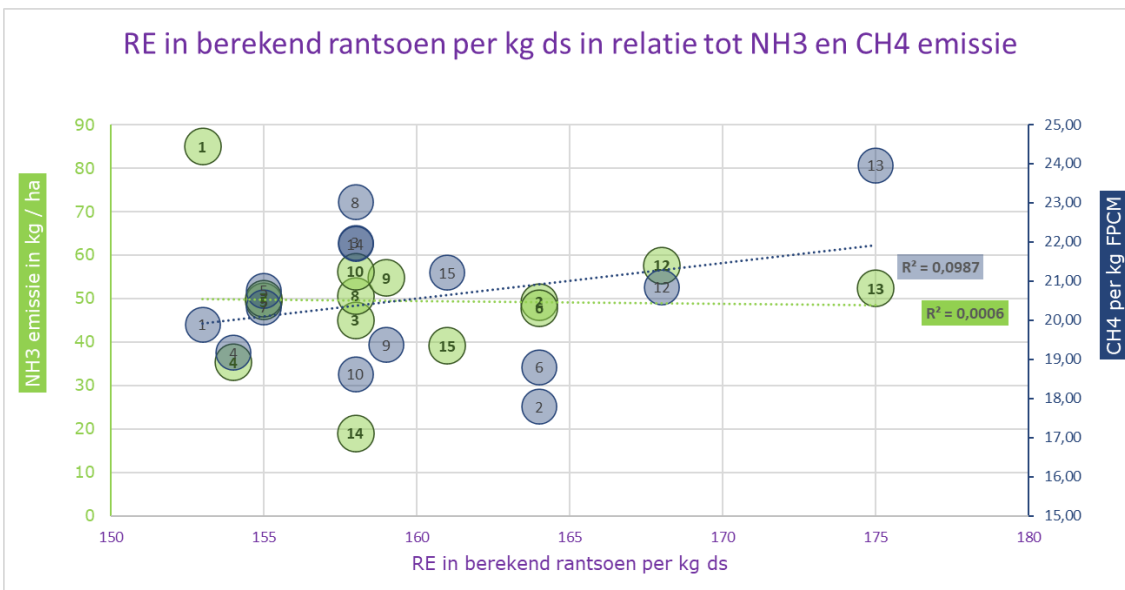
Figuur 24 Aandeel krachtvoer rantsoen vs NH₃ en CH₄ emissie.



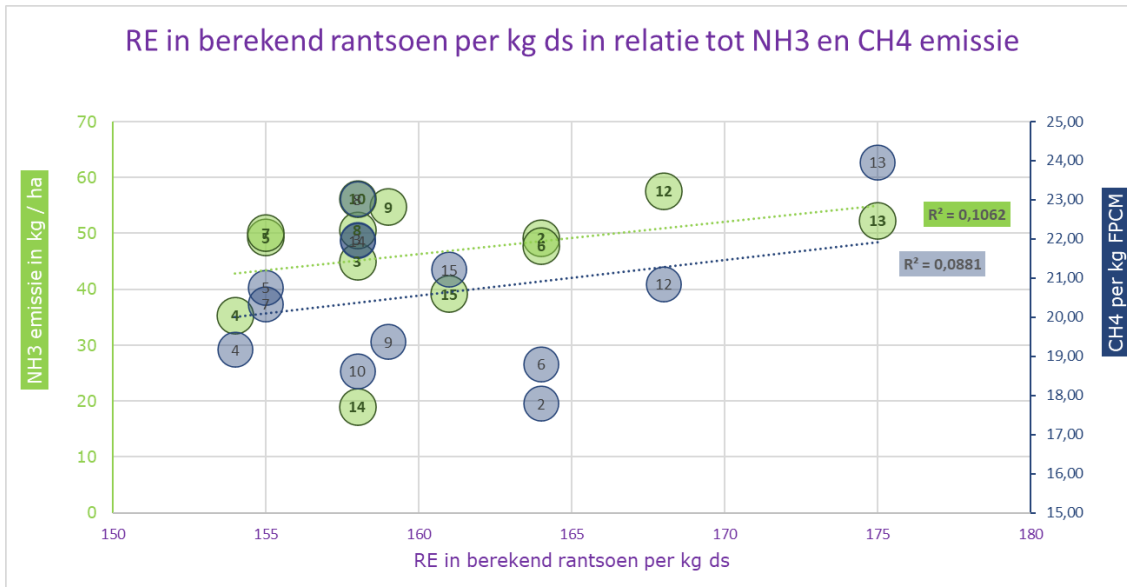
Figuur 25 RE-gehalte in graskuilproducten inclusief bedrijf 1 vs NH₃ en CH₄ emissie.



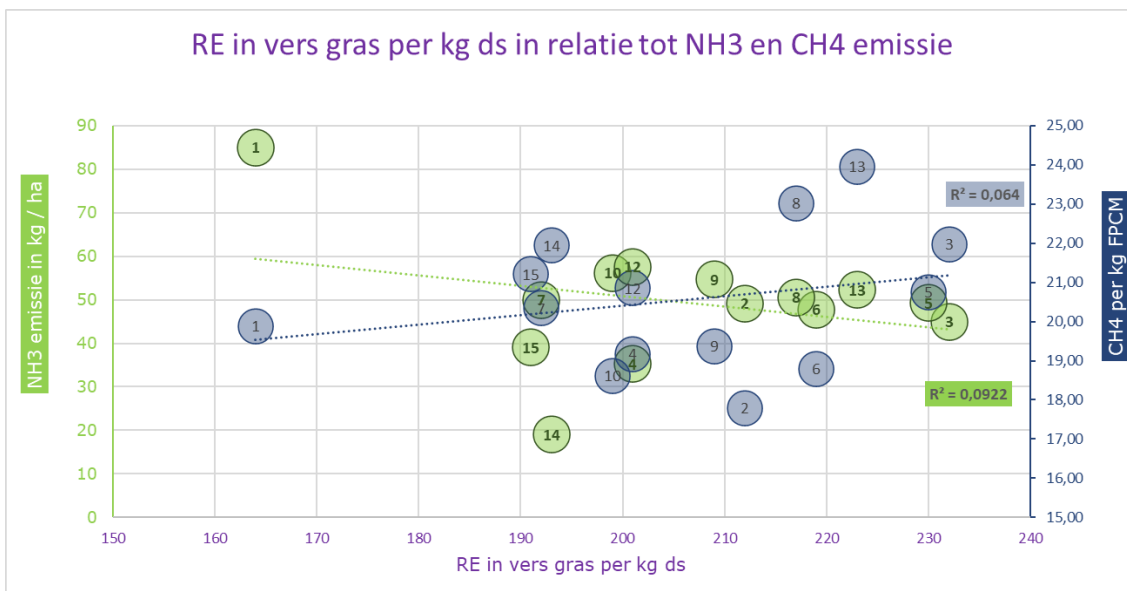
Figuur 26 RE-gehalte in graskuilproducten exclusief bedrijf 1 vs NH₃ en CH₄ emissie.



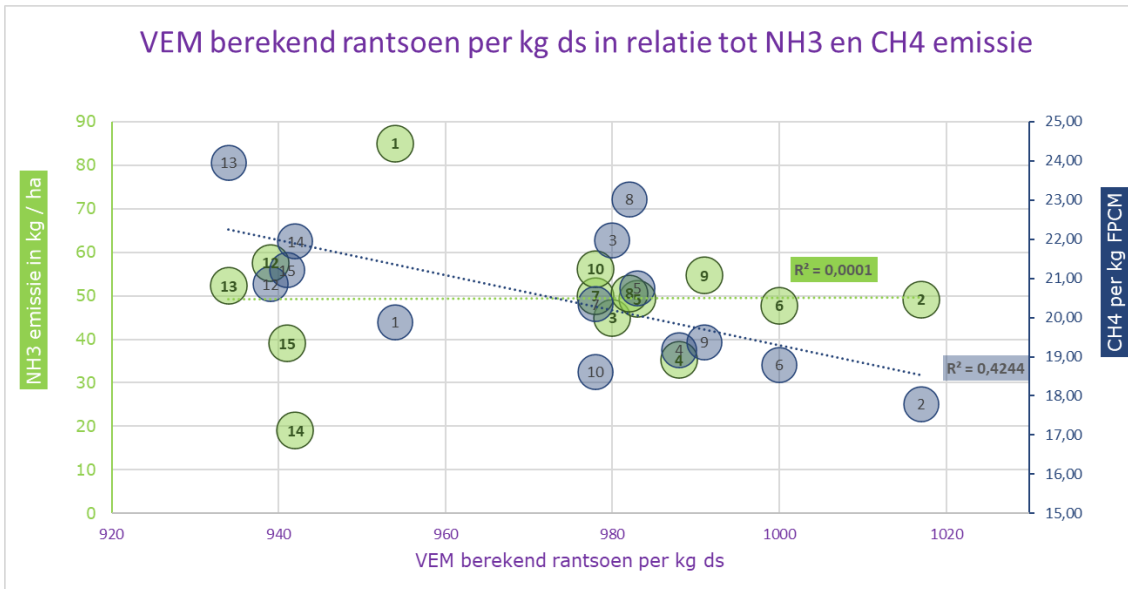
Figuur 27 RE-gehalte in berekend rantsoen, inclusief bedrijf 1 vs NH₃ en CH₄ emissie.



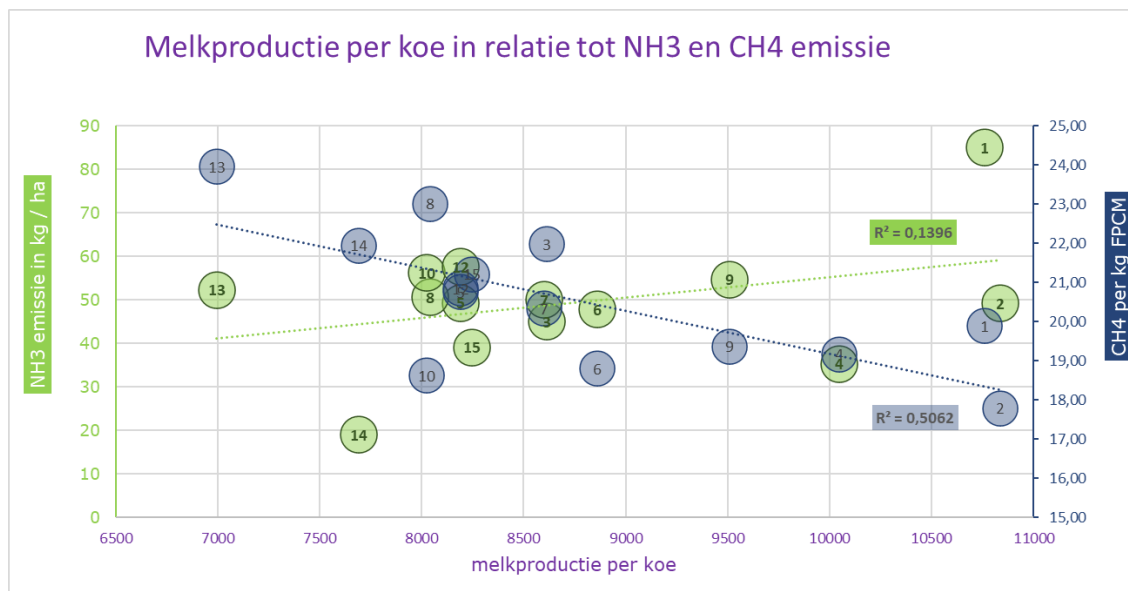
Figuur 28 RE-gehalte in berekend rantsoen, exclusief bedrijf 1 vs NH₃ en CH₄ emissie.



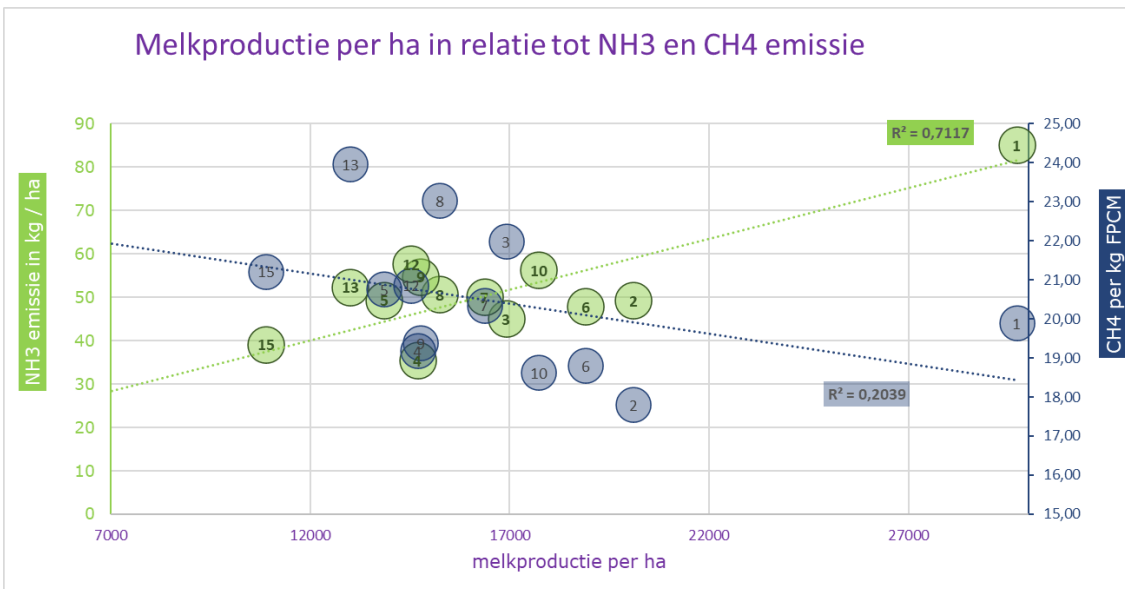
Figuur 29 RE-gehalte in vers gras vs NH₃ en CH₄ emissie.



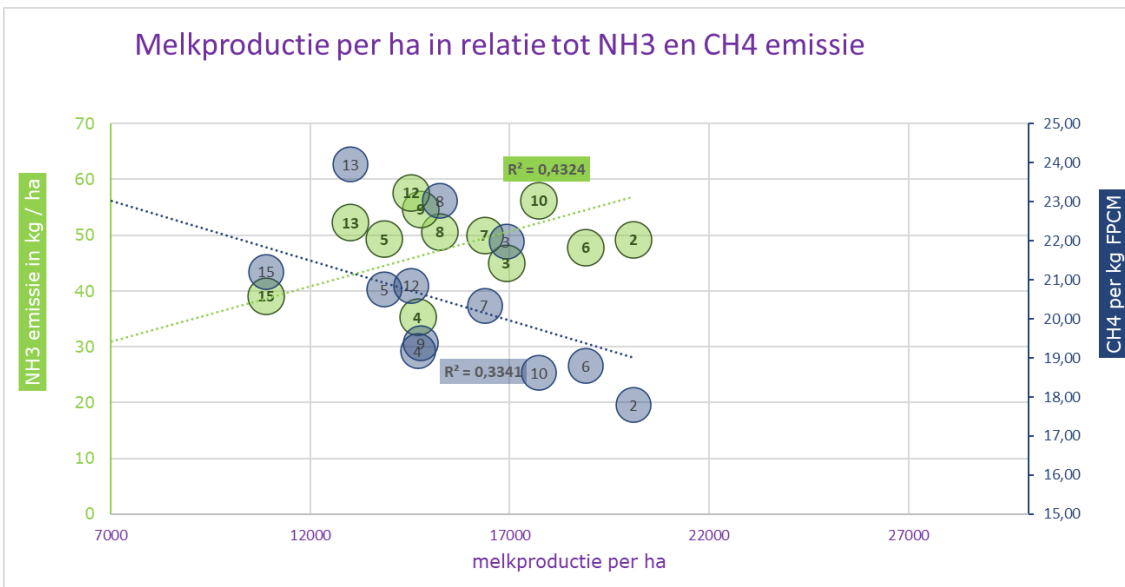
Figuur 30 VEM berekend rantsoen (per kg ds vs NH₃ en CH₄ emissie).



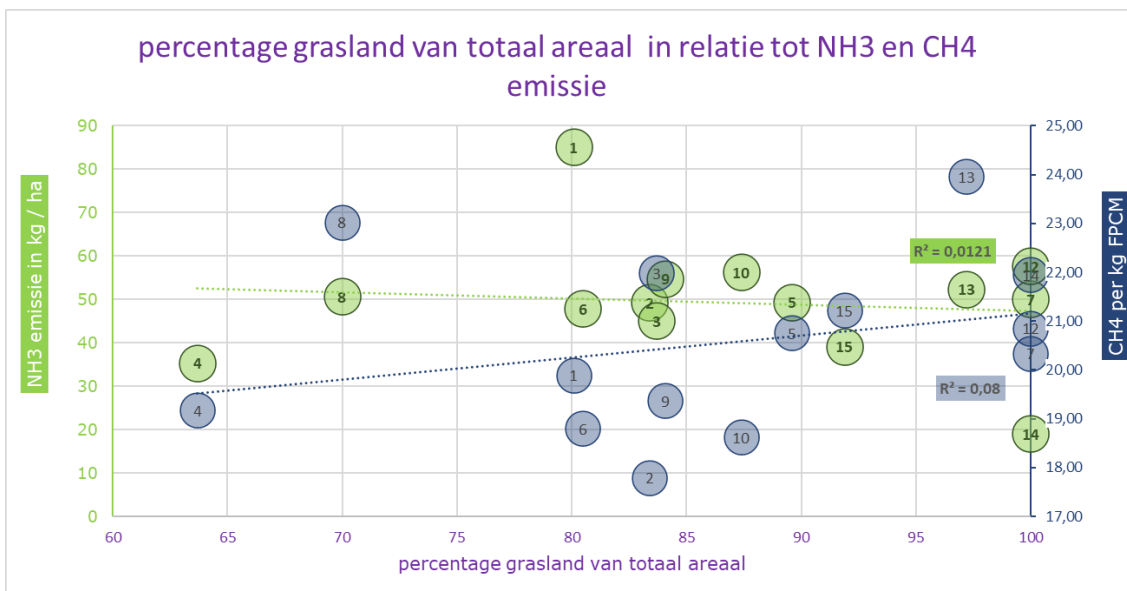
Figuur 31 Melkproductie per koe vs NH₃ en CH₄ emissie.



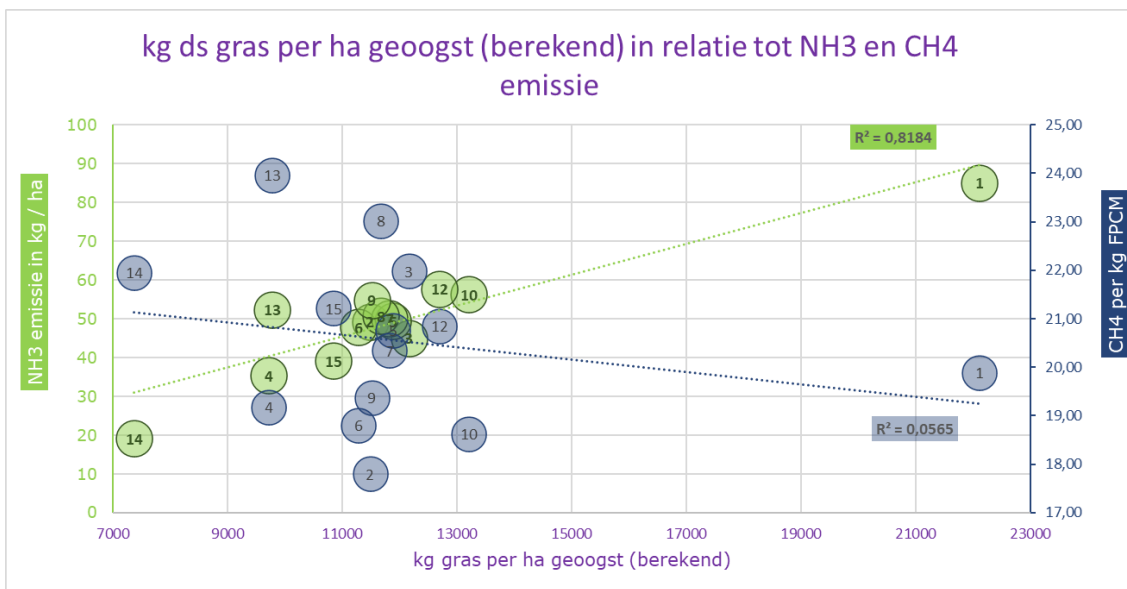
Figuur 32 Melkproductie per ha vs NH₃ en CH₄ emissie, inclusief bedrijf 1.



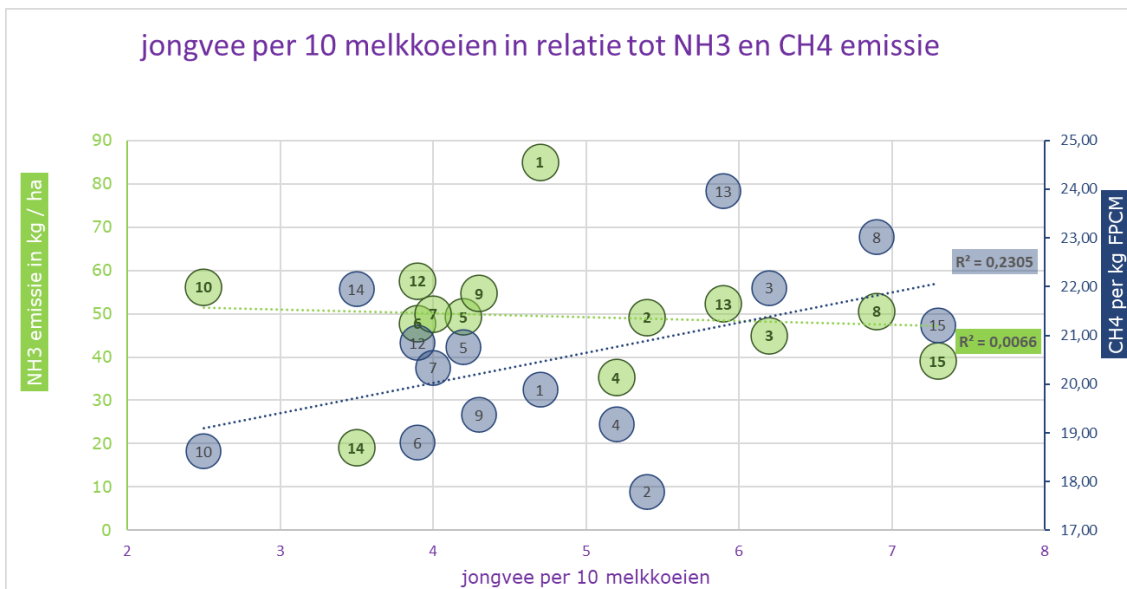
Figuur 33 Melkproductie per ha vs NH₃ en CH₄ emissie, exclusief bedrijf 1.



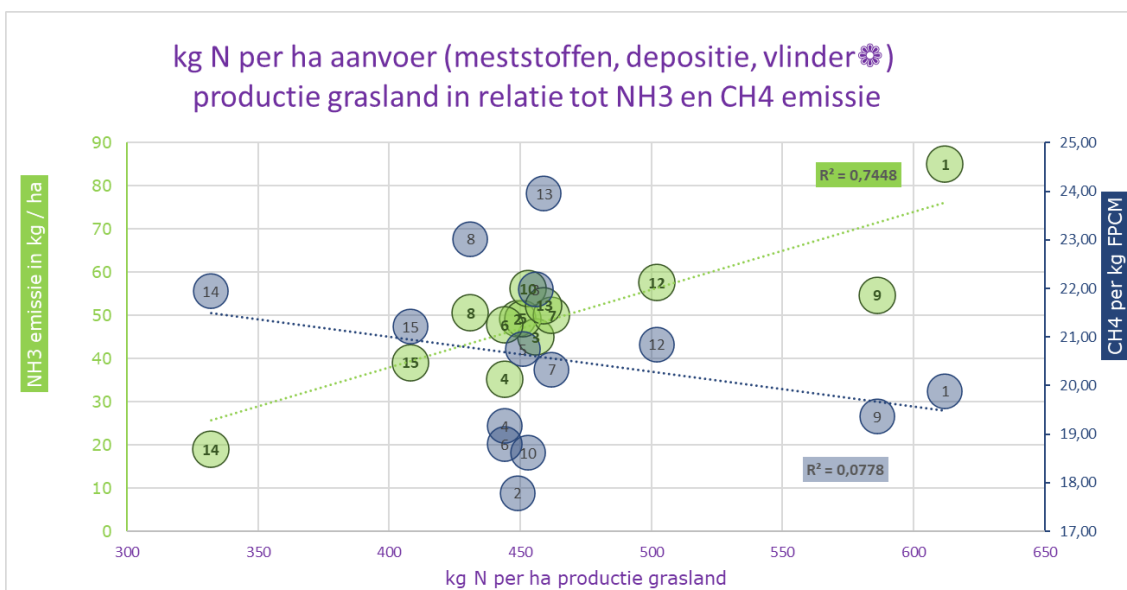
Figuur 34 Percentage grasland van totaal areaal vs NH₃ en CH₄ emissie.



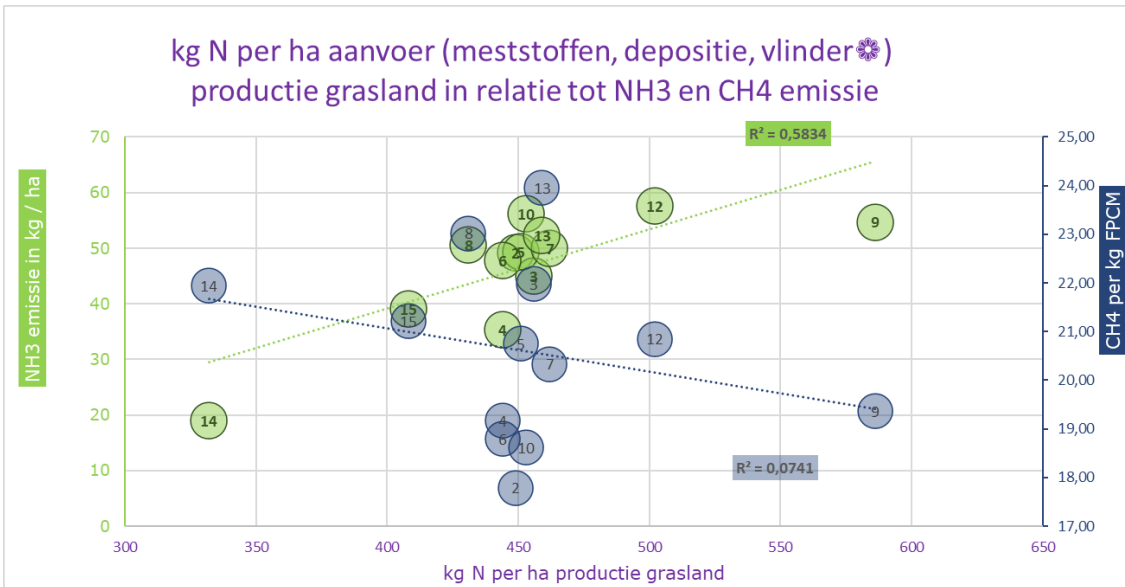
Figuur 35 Kg ds gras per ha geogst (berekend vs NH₃ en CH₄ emissie).



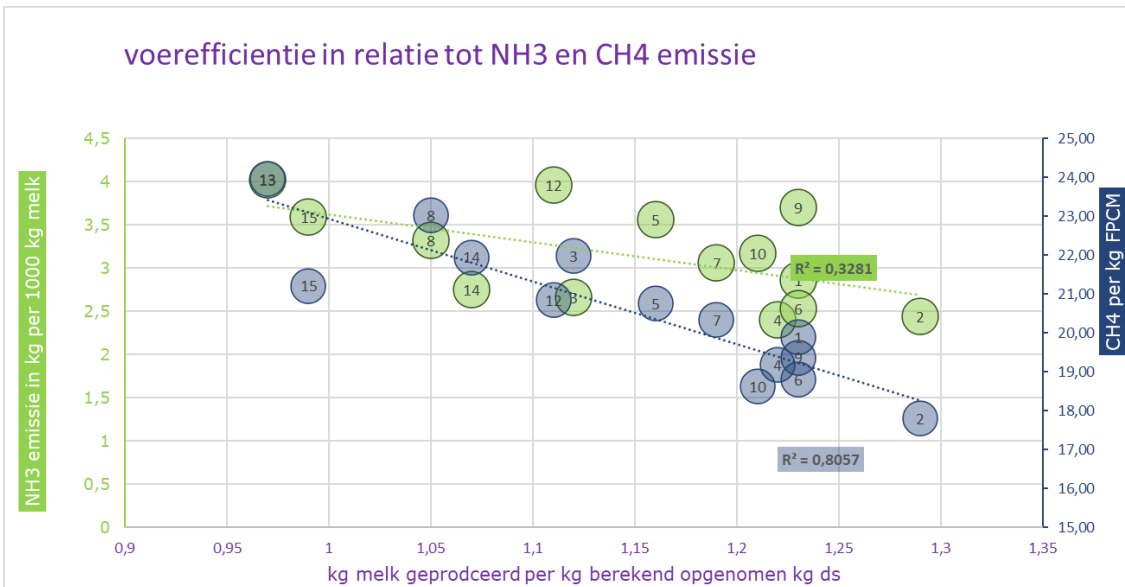
Figuur 306 Jongvee per 10 melkkoeien vs NH₃ en CH₄ emissie.



Figuur 37 Kg N aanvoer per ha productiegrasland vs NH₃ en CH₄ emissie, inclusief bedrijf 1.

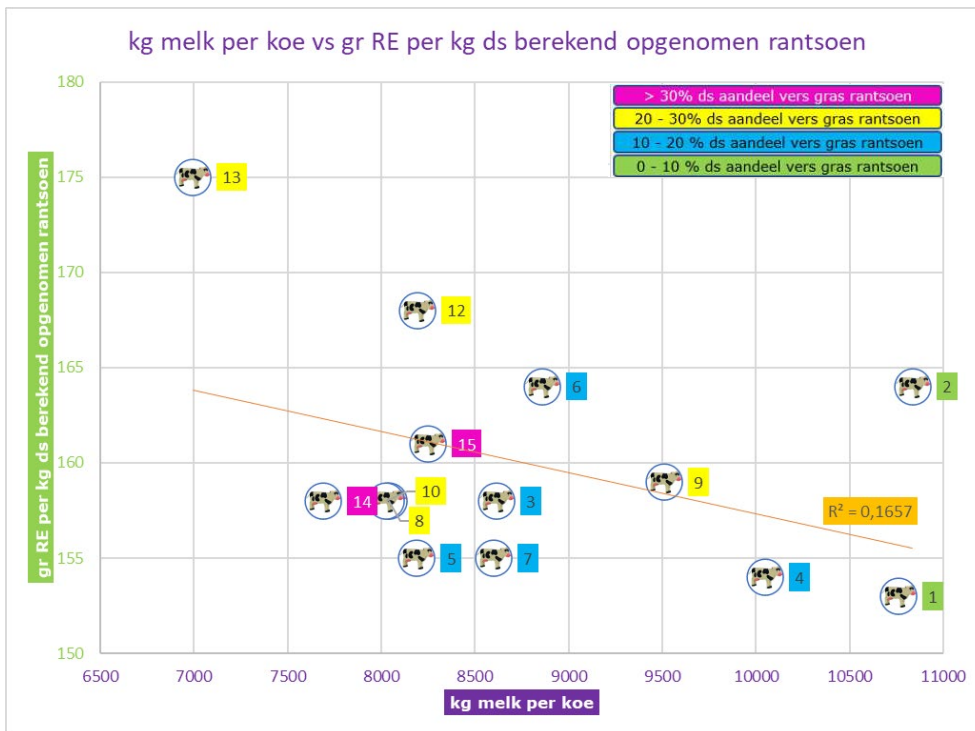


Figuur 38 Kg N aanvoer per ha productiegrasland vs NH₃ en CH₄ emissie, exclusief bedrijf 1.

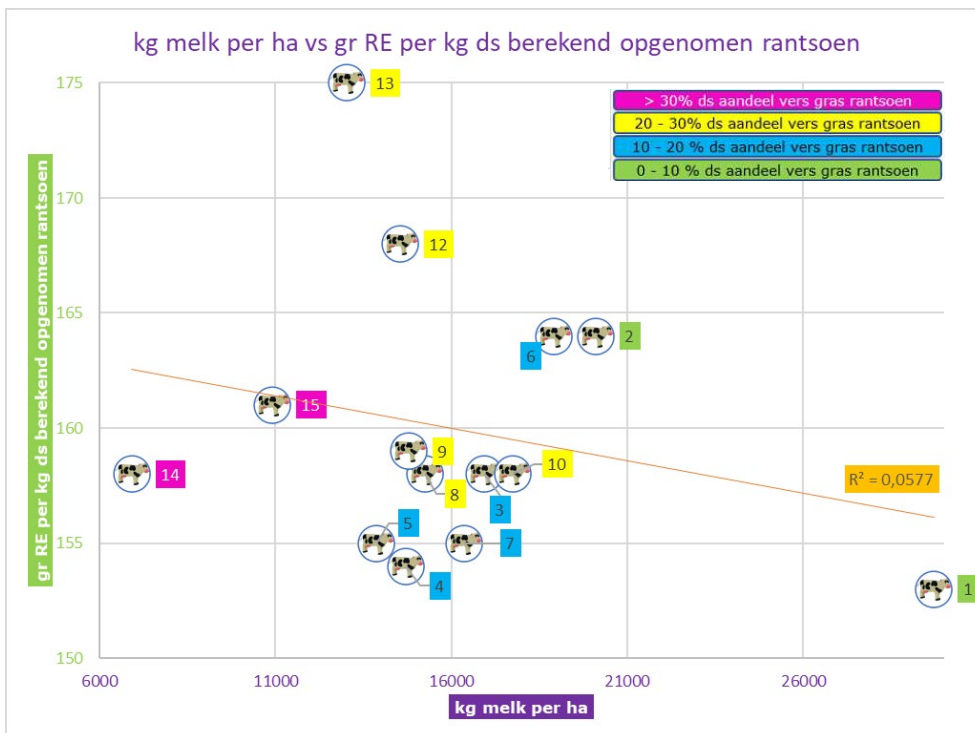


Figuur 31 Voerefficiëntie vs NH₃ en CH₄ emissie.

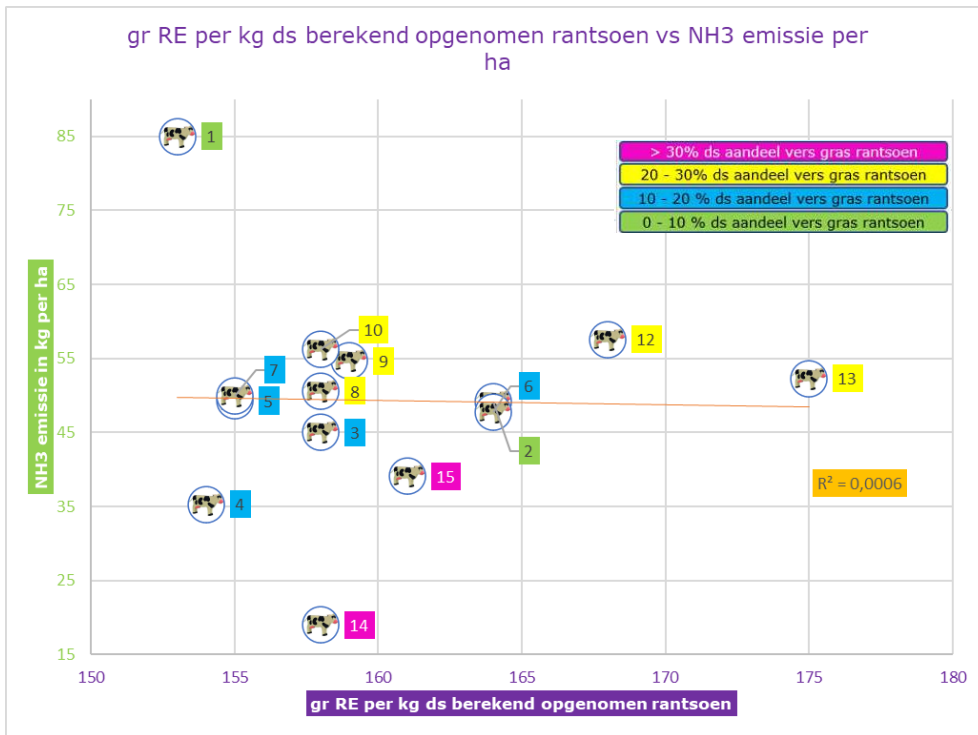
Bijlage C



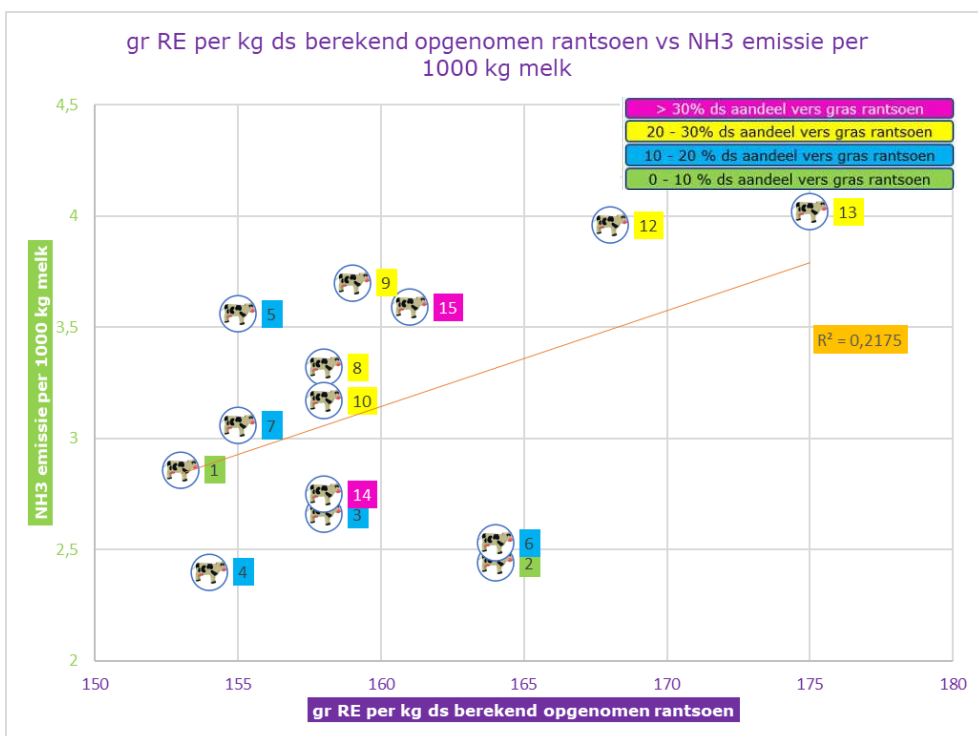
Figuur 40 Kg melk per koe vs g RE per kg ds rantsoen.



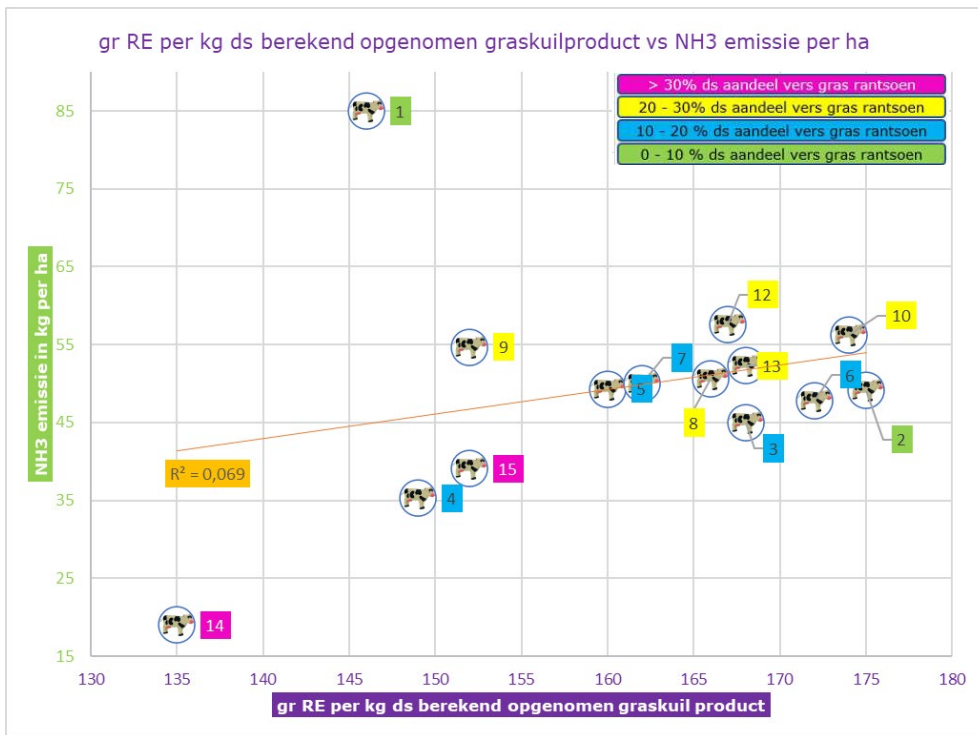
Figuur 41 Melkproductie per ha vs g RE per kg ds rantsoen.



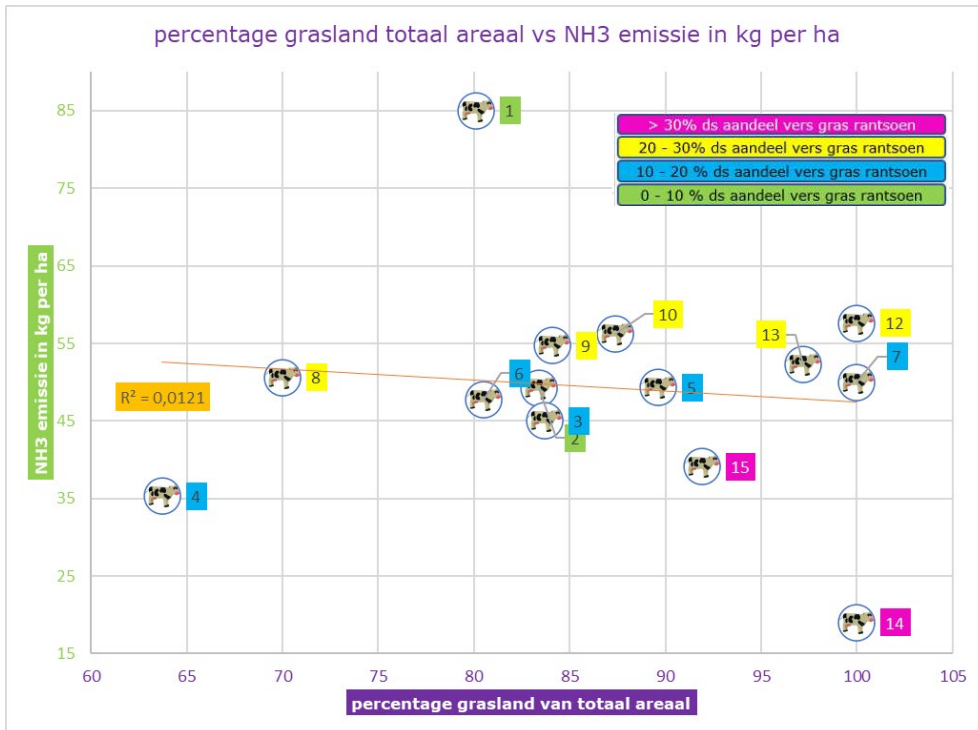
Figuur 42 g RE per kg ds rantsoen vs NH₃ emissie per ha.



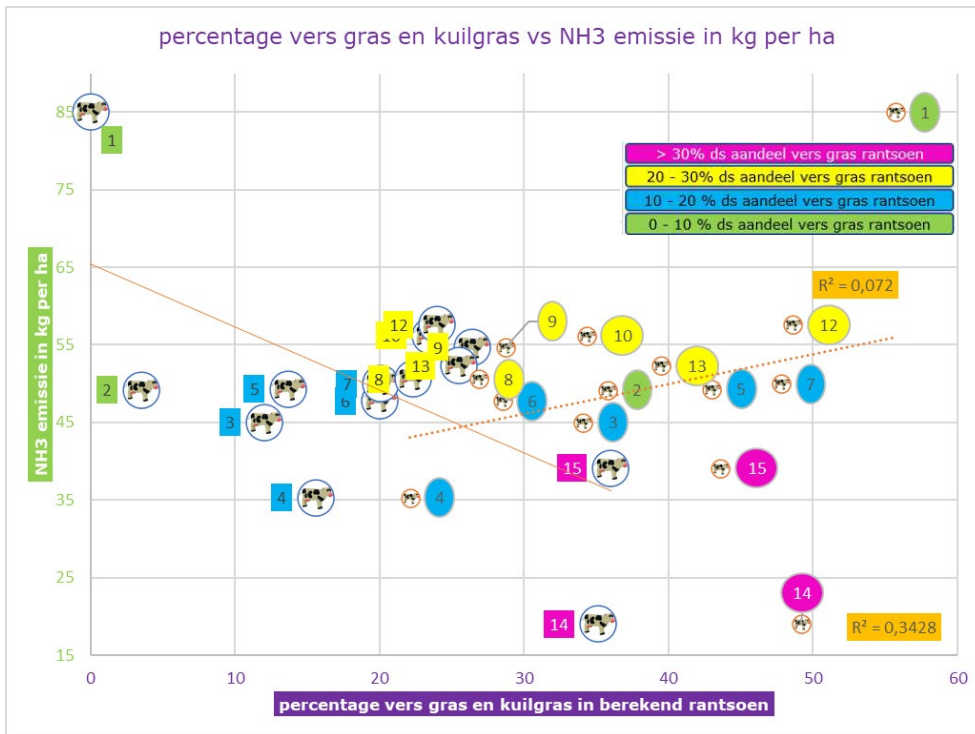
Figuur 43 RE per kg ds rantsoen vs NH₃ emissie per 1000 kg melk.



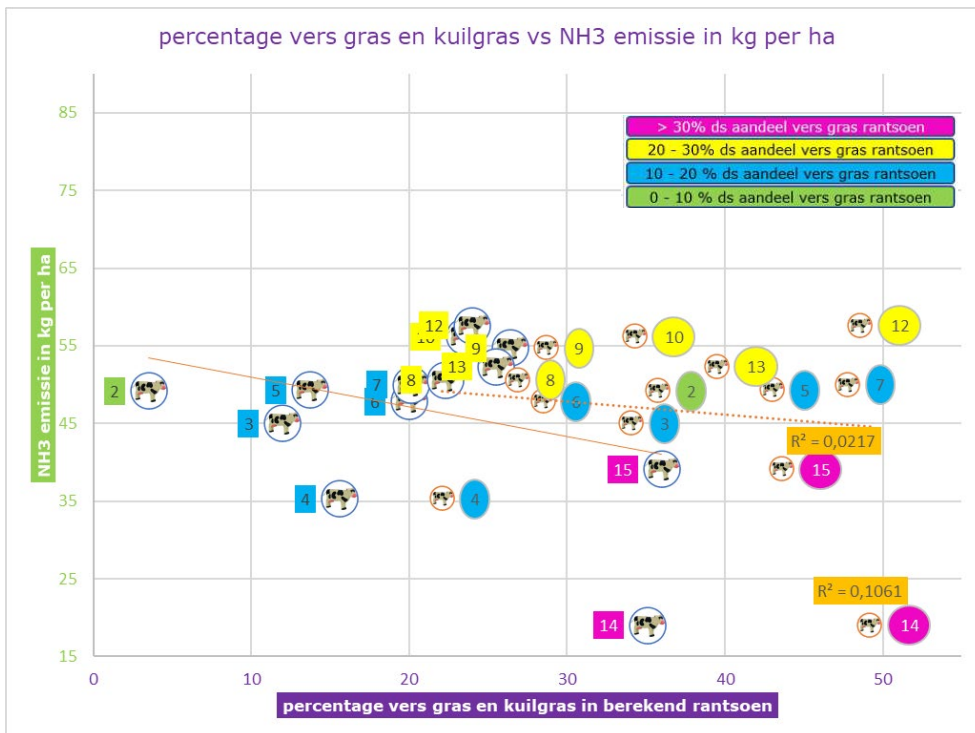
Figuur 44 RE per kg ds graskuil vs NH₃ emissie per ha.



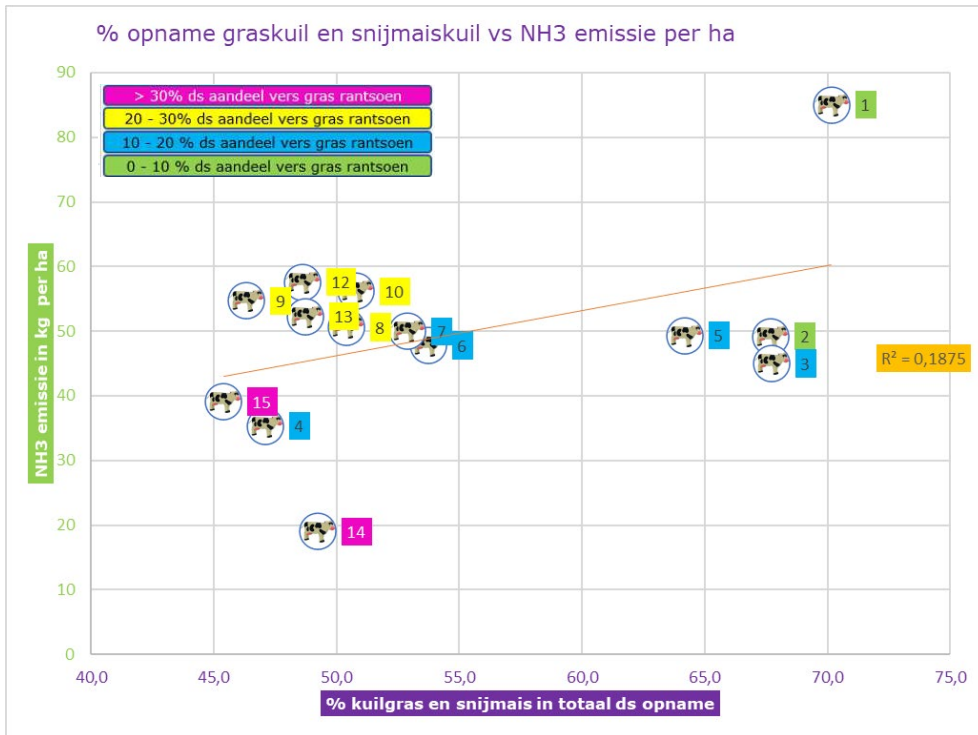
Figuur 45 Percentage grasland vs NH₃ emissie per ha.



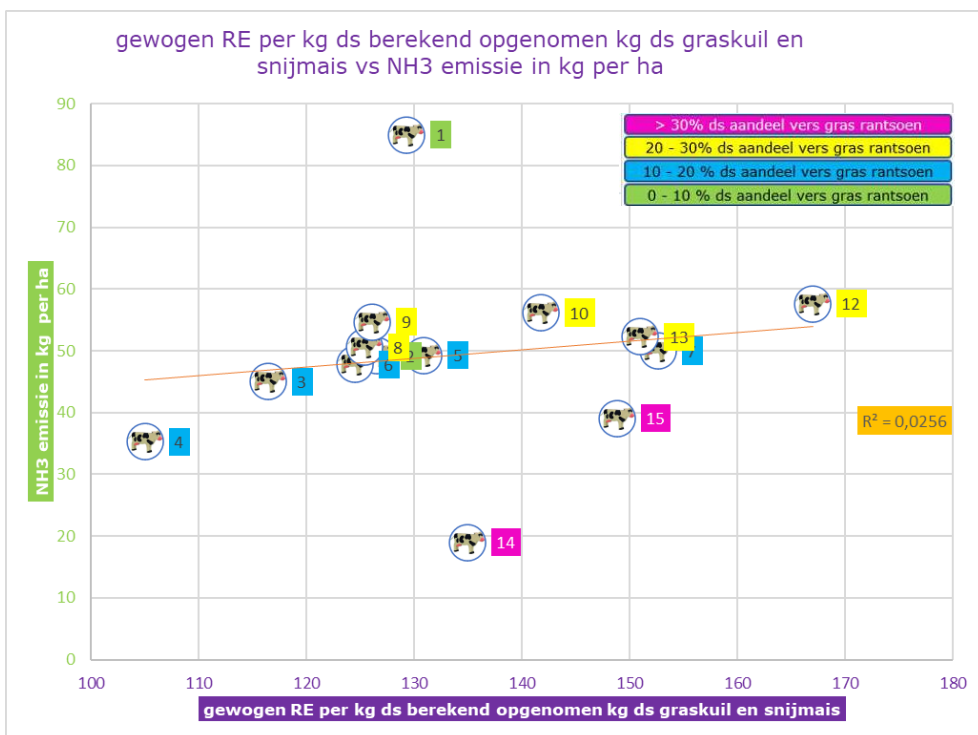
Figuur 46 Percentage vers gras en kuilgras vs NH₃ emissie per ha, met bedrijf 1. Vierkanten geven vers gras weer, cirkels geven kuilgras weer.



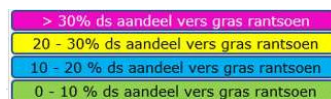
Figuur 47 Percentage vers gras en kuilgras vs NH₃ emissie per ha, zonder bedrijf 1. Vierkanten geven vers gras weer, cirkels geven kuilgras weer.

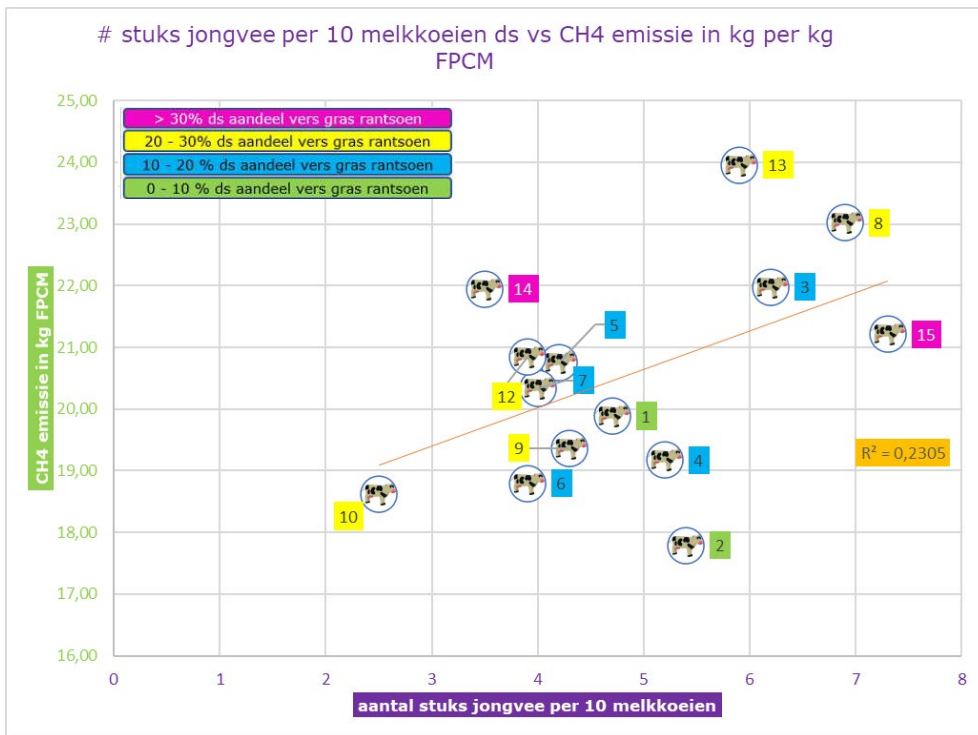


Figuur 32 Opname graskuil en snijmaiskuil (%) vs NH₃ emissie per ha.



Figuur 33 Gewogen RE per kg ds berekendopgenomen kg ds graskuil en snijmais vs NH₃ emissie per ha.





Figuur 50 Aantal stuks jongvee vs CH₄ emissie per FPCM.

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.

