



Analyse Kringloopwijzer data 2016-2018

H. (Erwin) Mollenhorst en Michel H.A. de Haan

Rapport 1305



WAGENINGEN
UNIVERSITY & RESEARCH

Analyse Kringloopwijzer data 2016-2018

H. (Erwin) Mollenhorst en Michel H.A. de Haan

Dit onderzoek is in opdracht van ZuivelNL en het Ministerie van Landbouw, Natuurbeheer en Visserij uitgevoerd door de Stichting Wageningen Research (WR), business unit Wageningen Livestock Research, in het kader van de publiek private samenwerkingen (PPS-en) 'Op weg naar een klimaatneutrale en emissiearme melkveehouderij met de KringloopWijzer' (LWV19030) en 'Toekomstbestendige en verantwoorde zuivelsector: Integrale realisatie duurzaamheidsdoelen 2030 Duurzame Zuivelketen' (LWV19256), onderdeel C1: Home made eiwit.

Wageningen Livestock Research
Wageningen, April 2021

Rapport 1305

Samenvatting: In deze studie zijn statistische en big data analysetechnieken gebruikt om verbanden te ontdekken tussen bedrijfskenmerken, managementkeuzes en duurzaamheidsprestaties. Ook al liggen deze relaties grotendeels vast in de rekenregels van de KringloopWijzer, de onderlinge verhoudingen en belang voor de verschillende duurzaamheidsprestaties zijn vaak nog niet bekend of onduidelijk. Statistische analyse van een grote set ingevulde KringloopWijzers kan inzicht geven in de onderliggende relaties en belangrijkste variabelen. Voor zeven prestatie-indicatoren zijn analyses uitgevoerd betreffende specifieke verbanden met weidegang, aandeel grasland, intensiteit, grondsoort en biologische bedrijfsvoering en is onderzocht wat de meest bepalende variabelen zijn. Bovendien is een integrale analyse uitgevoerd op een aantal prestatie-indicatoren.

Summary: In this report statistical and big data analytical techniques were used to discover relationships between farm characteristics, management choices and sustainability performance. Although these relationships are more or less defined by the calculation rules of the Annual Nutrient Cycle Assessment (ANCA), their mutual relationships and importance for the different sustainability indicators are still unknown or unclear. Statistical analysis of a large set of reported ANCAs can clarify these mutual relationships and most important variables. For seven performance indicators, analyses have been performed regarding their relationship with pasturing, share of grassland, intensity, soil type or organic management and which variables contributed most to the variability of the performance indicator. Furthermore, an integral analysis was performed on a number of performance indicators.

Dit rapport is gratis te downloaden op <https://doi.org/10.18174/544824> of op www.wur.nl/livestock-research (onder Wageningen Livestock Research publicaties).



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

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

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

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

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

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

Inhoud

	Woord vooraf	5
	Samenvatting	7
1	Inleiding	9
	1.1 Doelen	9
	1.2 Afbakening	10
	1.3 Vooraf opgestelde vragen	10
2	Materiaal en methode	12
	2.1 Beschrijving van de dataset	12
	2.2 Data-analyse	13
3	Resultaten	15
	3.1 Stikstofbodemoverschot	15
	3.2 Ammoniakemissie	18
	3.3 Eiwit van eigen land	21
	3.4 Broeikasgasemissies	23
	3.4.1 Broeikasgasemissie uit pensfermentatie	26
	3.4.2 Broeikasgasemissie uit mestopslag	28
	3.4.3 Broeikasgasemissie uit aanvoer	29
	3.4.4 Broeikasgasemissie uit voerproductie	31
	3.5 N-excretie per ton melk	33
	3.6 P-excretie per ton melk	35
	3.7 Grasopbrengst	38
	3.8 Samenvatting belangrijkste variabelen	41
	3.9 Prestaties specifieke groepen	41
	3.10 Prestatie-indicatoren dashboard milieu en klimaat	44
	Literatuur	46
	Bijlage 1 Rekenregels controle dataset	47
	Bijlage 2 Lijst met gebruikte variabelen	51



Woord vooraf

Het project KringloopWijzer heeft tot doel een instrument te ontwikkelen, waarmee voor melkveebedrijven of bedrijven met een melkveetak de kringloop en verliezen van stikstof, fosfaat en koolstof in beeld worden gebracht. Het instrument levert daarvoor veel kengetallen op. ZuivelNL heeft een database georganiseerd waarin alle melkveebedrijven de invoer- en uitvoerdata van het rekeninstrument KringloopWijzer vastleggen. Vanaf 2016 is deze database gevuld met gegevens van vrijwel alle melkveebedrijven. Deze database bevat veel informatie en kan benut worden om verbanden tussen de verschillende kengetallen te analyseren en te ontdekken. Dit rapport beschrijft een statische analyse van een aantal resultaatkengetallen van de KringloopWijzer om verbanden met bedrijfsparameters te ontdekken. Hierbij zijn data van 2016, 2017 en 2018 betrokken.

Aanspreekpunten van de betrokken PPS-en ('Op weg naar een klimaatneutrale en emissiearme melkveehouderij met de KringloopWijzer' (LWV19030) en 'Toekomstbestendige en verantwoorde zuivelsector: Integrale realisatie duurzaamheidsdoelen 2030 Duurzame Zuivelketen' (LWV19256), onderdeel C1: Home made eiwit De richting) hebben het onderzoek begeleid.

Verder is dank verschuldigd aan ZuivelNL voor het aanleveren van de dataset en inhoudelijke sturing bij de initiële vraagstelling. Projectteamleden van 'Home Made Eiwit' worden bedankt voor hun kritische inbreng bij de analyse en rapportage, evenals de reviewers van het rapport.

Het gaat hierbij om de volgende personen, Louwrens van Keulen, Han Swinkels, Koos Verloop, Bert Philipsen, Barend Meerkerk, Tim van Noord en Jouke Oenema.

De auteurs.



Samenvatting

In deze studie zijn statistische en big data analysetechnieken gebruikt om verbanden te ontdekken tussen bedrijfskenmerken, managementkeuzes en duurzaamheidsprestaties. Ook al liggen deze relaties grotendeels vast in de rekenregels van de KringloopWijzer, de onderlinge verhoudingen en belang voor de verschillende duurzaamheidsprestaties zijn vaak nog niet bekend of onduidelijk. Statistische analyse van een grote set ingevulde KringloopWijzers kan inzicht geven in de onderliggende relaties en belangrijkste variabelen. De analyses zijn uitgevoerd met data van 2016, 2017 en 2018, maar zijn van alle jaren doorgerekend met de KringloopWijzer versie van 2019 om zodoende geen verschillen tussen de jaren te hebben in rekenwijze door verschillende versies van de KringloopWijzer.

Voor zeven prestatie-indicatoren zijn analyses uitgevoerd betreffende specifieke verbanden met weidegang, aandeel grasland, intensiteit, grondsoort en biologische bedrijfsvoering en is onderzocht wat de meest bepalende variabelen zijn. Bovendien is een integrale analyse uitgevoerd op een aantal prestatie-indicatoren. Conclusies per prestatie-indicator en integraliteit worden hieronder weergegeven.

Stikstofbodemoverschot per ha

Het percentage veengrond op een bedrijf is een belangrijke verklarende variabele voor het stikstofbodemoverschot door de mineralisatie van N uit de bodem. De overige variabelen die een belangrijke bijdragen leveren aan de verklaring van verschillen tussen bedrijven hebben allemaal te maken met gras, zoals droge stofopbrengst grasland, bemesting van grasland, eiwitgehalte van vers gras en percentage grasland op het bedrijf.

Ammoniakemissie per ha

De intensiteit (ton melk / ha) is een belangrijke verklarende variabele voor de ammoniakemissie per ha. De overige variabelen die een belangrijke bijdragen leveren aan de verklaring van verschillen tussen bedrijven hebben veelal direct of indirect te maken met gras, zoals de verhouding ruw eiwit en energie in het rantsoen, bemesting van grasland, het percentage grasland op het bedrijf en weidegang. Hoe meer gras er gevoerd wordt hoe hoger de eiwit-energieverhouding doorgaans is. En veel N in het systeem verhoogt de kans op ammoniakemissie. Daarnaast zijn ook de grondsoort en melkproductieniveau enigszins van belang. Omdat stalsystemen niet zijn meegenomen in de analyse kan het effect van bijvoorbeeld type vloer niet gekwantificeerd worden.

Percentage eiwit van eigen land

Het percentage eiwit van eigen land (in deze analyse: productie van eigen eiwit / totaal eiwit in rantsoen) neemt af bij een toename van de intensiteit (ton melk / ha). De overige variabelen die een belangrijke bijdragen leveren aan de verklaring van verschillen tussen bedrijven hebben, net als bij N-bodemoverschot en ammoniakemissie per ha, veelal direct of indirect te maken met gras. Voor eiwit van eigen land zijn dit vooral de opbrengst van het grasland (kg ds/ha), en daarnaast het aandeel vers gras in het rantsoen, het percentage grasland op het bedrijf (%), het ruw eiwitgehalte van het verse gras (g/kg ds). Hoe meer gras, met ook nog eens een hoog eiwitgehalte, hoe hoger het aandeel eiwit van eigen land.

Broeikasgasemissies per kg FPCM

De totale broeikasgasemissies per kg meetmelk nemen toe met het percentage veengrond op het bedrijf en de allocatiefactor naar melkproductie. De negatieve relatie met de melkproductie per koe geeft aan dat de emissie per dier verdeeld kan worden over meer melk. Een hogere krachtvoergift leidt via de aanvoer van grondstoffen tot een hogere broeikasgasemissie. Hierbij moet opgemerkt worden dat pas sinds 2020 gerekend wordt met een specifieke emissiefactor per kg krachtvoer; in dit rapport dus nog met een vaste waarde. Een hogere jongveebezetting veroorzaakt ook meer emissies

waar geen melkproductie tegenover staat. Het aandeel vers gras in het rantsoen en intensiteit blijken in het uiteindelijke model geen rol van betekenis te spelen.

Als specifiek naar broeikasgasemissie uit pensfermentatie gekeken wordt dan zijn naast de melkproductie per koe, de allocatiefactor naar melkproductie en de jongvee-bezetting, ook het aandeel snijmais en energiegehalte van de graskuil van belang. Het aandeel vers gras in het rantsoen en intensiteit blijken in het uiteindelijke model geen rol van betekenis te spelen en lijken dus verklaard te worden door andere onderliggende variabelen.

Voor broeikasgasemissie uit mestopslag is weidegang een belangrijke variabele, naast bijvoorbeeld de allocatiefactor naar melkproductie, de melkproductie per koe en de aandelen vers gras en krachtvoer in het rantsoen.

De broeikasgasemissie uit aanvoer van producten en dieren is als afzonderlijke prestatie-indicator moeilijk te voorspellen. De broeikasgasemissie uit voerproductie daarentegen is goed voorspelbaar met slechts enkele variabelen. Deze neemt toe bij toename van het aandeel veengrond en de hoeveelheid weidegang, en neemt af bij toename van de intensiteit. Daarnaast neemt die ook licht toe met de allocatiefactor naar melkproductie.

N-excretie per ton melk

De melkproductie per koe (ton / jaar) is een belangrijke verklarende variabele voor de N-excretie per ton melk. Via de melkproductie per koe, de eiwit-energie verhouding in het rantsoen en de jongveebezetting kan de N-excretie per ton melk uitstekend voorspeld worden. Bij een hoge melkproductie per koe is de N-excretie per ton melk lager, terwijl meer eiwit in het rantsoen en meer jongvee op het bedrijf de N-excretie per ton melk juist verhogen. Aandeel vers gras en intensiteit blijken in het uiteindelijke model geen rol van betekenis te spelen.

P-excretie per ton melk

De melkproductie per koe (ton/jaar) is een belangrijke verklarende variabele voor de P-excretie per ton melk. Net als bij de N-excretie hebben ook de jongveebezetting en de eiwit-energie verhouding in het rantsoen een belangrijke bijdrage aan de verklaring van de P-excretie. De totale P-gift op productiegrasland is echter ook van belang. Hierbij is het echter de vraag of dit oorzaak of gevolg is van de P-excretie. Het aandeel vers gras in het rantsoen en intensiteit blijken ook hier in het uiteindelijke model geen rol van betekenis te spelen.

Grasopbrengst per ha

De grasopbrengst is niet goed te voorspellen op basis van de gekozen set van ruim 35 variabelen die beschouwd zijn als relevante verklarende variabelen van een melkveebedrijf.

Specifieke groepen met betrekking tot eiwit van eigen land

Naast bovengenoemde analyses zijn nog een aantal vragen beantwoord met betrekking tot specifieke groepen bedrijven, gekenmerkt door het al dan niet behalen van 65% eiwit van eigen land in combinatie met een ruwvoertekort, een (te) hoge kracht-voerinput of een lage eiwitbenutting. Opvallend is dat bij de groep met weinig eiwit van eigen land en een ruwvoertekort de prestaties op N-bodemoverschot (hoger), ammoniakemissie (hoger) en aandeel eiwit van eigen land (lager) minder goed zijn dan van de overige bedrijven, maar dat deze groep beter (lager) scoort op totale broeikasgasemissies. De groep met weinig eiwit van eigen land met een hoge kracht-voergift scoort slechter op alle vier prestatie-indicatoren. Tot slot, de groep met veel eiwit van eigen land met een lage eiwitbenutting scoort beduidend hoger op eiwit van eigen land, slechts heel beperkt beter (lager) op ammoniakemissie en beduidend slechter op N-bodemoverschot en broeikasgasemissies.

Prestatie-indicatoren dashboard milieu en klimaat

Tot slot zijn een aantal prestatie-indicatoren van het dashboard milieu en klimaat van duurzame zuivelketen (DZK) samen geanalyseerd (integraliteit). Het ging hierbij om weidegang, eiwit van eigen land, stikstofbodemoverschot, ammoniakemissie en broeikasgasemissies, en voor de set van 2018 ook aandeel blijvend grasland. Normen met betrekking tot weidegang en broeikasgasemissies bleken het moeilijkst te behalen, in 2018 aangevuld met stikstofbodemoverschot. Records die in 2016 of 2017 voldeden aan alle 5 gestelde criteria waren afkomstig van bedrijven die kleiner waren, een lagere intensiteit hadden en weinig veengrond hadden. Daarnaast voerden ze meer vers gras en minder krachtvoer.

1 Inleiding

Het hart van de KringloopWijzer ligt bij de berekening van de voeropname en vervolgens de excretie van stikstof en fosfaat in de mest. Dit is ook het eerste onderdeel van de KringloopWijzer, waarbij de veehouder beloond kon worden voor een 'goede' prestatie. Want een lagere excretie van stikstof en fosfaat dan forfaitaire normen kon leiden tot minder mestafzet en dus besparing van kosten. Maar extensieve melkveehouders hoeven geen mest af te zetten of hebben soms een hogere excretie dan de forfaitaire norm. Dit betekent dat de extensieve bedrijven van oudsher niet bekend zijn met het excretieonderdeel van de KringloopWijzer (BEX). Mogelijk ontstaat hierdoor de beleving nogal eens dat de KringloopWijzer alleen geschikt is voor intensieve bedrijven, die niet veel weiden. Anno 2020 worden meer resultaten van de KringloopWijzer gebruikt, dan alleen de stikstof- en fosfaatexcretie, om de bedrijfsprestatie van een melkveebedrijf in beeld te krijgen. Denk hierbij aan (bodem)overschotten van stikstof en fosfaat, ammoniakemissie, broeikasgasemissies en aandeel eiwit van eigen land. Onduidelijk is het nog wat de relatie is van de vele bedrijfskenmerken (als grondsoort, intensiteit, weidegang) met de verschillende duurzaamheidsprestaties als ammoniakemissie, broeikasgasemissies en aandeel eiwit van eigen land in de voeding. Ook al liggen deze relaties grotendeels vast in de rekenregels van de KringloopWijzer, de onderlinge verhoudingen en belang voor de verschillende duurzaamheidsprestaties zijn vaak nog niet bekend of onduidelijk. Statistische analyse van een grote set ingevulde KringloopWijzers kan inzicht geven in de onderliggende relaties en belangrijkste variabelen.

Onderdelen met speciale aandacht zijn 'aandeel eiwit van eigen land in de voeding' en broeikasgasemissies. Vanuit expertkennis en eerste analyses zijn al wel enige invloeden van de bedrijfsvoering op beide duurzaamheidskengetallen bekend, maar een nadere statistische analyse zal meer inzicht geven en helpen om belangrijke sturingsmechanismen beter te duiden. Het projectteam 'Home Made Eiwit' is onder andere nieuwsgierig welke (verstrengelde) verbanden bestaan er tussen het kengetal 'eiwit van eigen land' en verschillende bedrijfskarakteristieken, zodat daar rekening mee gehouden kan worden bij uitrol van maatregelen in dit Living Lab project. Daarnaast wil het projectteam weten welke verbanden er bestaan tussen het kengetal 'eiwit van eigen land' en andere duurzaamheidsdoelen op verschillende typen melkveebedrijven. Daarom zal in een aanvullende analyse onderscheid gemaakt worden in de verschillende toetsgroepen van het project: 1) bedrijven die niet de 65% 'eiwit van eigen land' halen door een ruwvoertekort; 2) bedrijven die niet de 65% 'eiwit van eigen land' halen door een te hoge krachtvoerinput en 3) bedrijven die wel de 65% 'eiwit van eigen land' halen, maar een lage eiwitbenutting realiseren.

Sinds 2016 is het verplicht voor elke melkveehouder (die melk levert aan een organisatie die lid is van NZO) om de KringloopWijzer in te dienen bij de centrale database van ZuivelNL. Dit betekent dat er eind 2019 van drie jaar een flinke hoeveelheid data aanwezig is om statistische analyses mee uit te voeren. In de zomer van 2021 zullen gegevens van 5 jaar beschikbaar zijn.

In deze studie zijn statistische en big data analysetechnieken gebruikt om verbanden te ontdekken tussen bedrijfskenmerken, managementkeuzes en duurzaamheidsprestaties.

1.1 Doelen

De relaties tussen specifieke bedrijfskenmerken en duurzaamheidsprestaties, afzonderlijk en voor meerdere tegelijk, zijn in beeld gebracht. Bovendien zijn de relaties van bepaalde managementkeuzes voor de verschillende duurzaamheidsprestaties in beeld gebracht.

1.2 Afbakening

De analyses worden uitgevoerd met data tot en met 2018. Data van 2019 zijn buiten beschouwing gelaten omdat die bij de start van de analyses nog niet beschikbaar waren. Wel zijn de gegevens van alle jaren doorgerekend met de KringloopWijzer versie van 2019 (Van Dijk et al., 2020) om zodoende geen verschillen tussen de jaren te hebben in rekenwijze door verschillende versies van de KringloopWijzer.

De resultaten in de database van de KringloopWijzer zijn uitkomsten van modelberekeningen. Hoewel deze zo bedrijfsspecifiek als mogelijk zijn, hebben modelberekeningen altijd aannames en vereenvoudigingen in de werkwijze. Dat betekent onder ander dat niet de 'gerealiseerde' resultaten geregistreerd zijn, maar de 'berekende' resultaten. Een voorbeeld is de footprint van mengvoer. Hier geldt tot en met 2019 één vaste waarde voor. In de praktijk is dat natuurlijk anders. Uiteindelijk betekent werken met modeluitkomsten dat niet altijd de 'echte' relaties zichtbaar gaan worden, maar dat deze soms vertekend kunnen zijn door aannames. Daarom is het ook altijd belangrijk om statistische analyse te combineren met expert kennis. De uitkomsten zoals weergegeven in dit rapport geven dus verbanden weer tussen variabelen zoals die gelden voor de gehele set van bedrijven en gegeven de rekenregels van de KringloopWijzer. Deze uitkomsten zijn minder geschikt om direct managementmaatregelen voor individuele bedrijven uit af te leiden.

1.3 Vooraf opgestelde vragen

Via statische analysetechnieken zal een antwoord komen op de volgende vragen:

1. Wat is het verband tussen weidegang en N-excretie, P-excretie, gewasopbrengst, stikstofbodemoverschot, ammoniakemissie per ha, eiwit van eigen land en broeikasgasemissies (onderverdeeld naar pensfermentatie, mestopslag, aanvoerbronnen, teelt en energie)? (o.a. grafische weergave)?
2. Wat is verband tussen intensiteit en N-excretie, P-excretie, gewasopbrengst, stikstofbodemoverschot, ammoniakemissie per ha, eiwit van eigen land en broeikasgasemissies (onderverdeeld naar pensfermentatie, mestopslag, aanvoerbronnen, teelt en energie)? (o.a. grafische weergave)?
Het is nog onduidelijk in hoeverre gewerkt wordt met intensiteitsklassen bij deze analyse, maar als dit het geval is, betreft het deze klassen: < 12.000 kg melk per ha; tussen 12.000 – 17.500 kg melk per ha; tussen 17.500 – 25.000 kg melk per ha en > 25.000 kg melk per ha?
3. Wat is verband tussen aandeel grasland en N-excretie, P-excretie, gewasopbrengst, stikstofbodemoverschot, ammoniakemissie per ha, eiwit van eigen land en broeikasgasemissies (onderverdeeld naar pensfermentatie, mestopslag, aanvoerbronnen, teelt en energie)? (o.a. grafische weergave)?
4. Wat is verband tussen grondsoort en N-excretie, P-excretie, gewasopbrengst, stikstofbodemoverschot, ammoniakemissie per ha, eiwit van eigen land en broeikasgasemissies (onderverdeeld naar pensfermentatie, mestopslag, aanvoerbronnen, teelt en energie)? (o.a. grafische weergave)? Wat is het effect van het toevoegen van bedrijven met 10, 20, 30% andere grondsoorten bij de bedrijven met 100% met eenzelfde grondsoort op de uitslagen van de analyse in vergelijking met alleen de 100% zuivere grondsoort (wanneer heeft "vervuiling" effect op de uitslag)?
5. Wat zijn de meest bepalende factoren die een relatie hebben met de N-excretie? (denk hierbij aan grondsoort, weidegang, rantsoen (aandeel mais, aandeel graskuil, aandeel mengvoer, aandeel weidegras), stikstofbemesting, melkproductie per koe, jongveebezetting, vervangingspercentage, gehalten van voedermiddelen, en factoren waar we op voorhand niet aan gedacht hebben.

-
6. Zie 5, maar dan analyse op P-excretie, gewasopbrengst, stikstofbodemoverschot, ammoniakemissie per ha, broeikasgasemissie (onderverdeeld naar naar pensfermentatie, mestopslag, aanvoerbronnen, teelt en energie)?
 7. Wat zijn kenmerken van bedrijven of wat zijn de meest bepalende factoren om te voldoen aan alle criteria op het dashboard milieu en klimaat tegelijk, die met KringloopWwijzer bepaald kunnen worden?
 8. Wat is het verschil in score op kenmerken N-bodemoverschot, eiwit van eigen land, broeikasgasemissies, ammoniakemissies bij de verschillende groepen bedrijven: 1) bedrijven die niet de 65% eiwit van eigen land halen door een ruwvoertekort; 2) bedrijven die niet de 65% halen door een te hoge krachtvoerinput en 3) bedrijven die wel de 65% eiwit van eigen land halen, maar een lage eiwitbenutting realiseren en 4) het gemiddelde van alle bedrijven.
 9. Wat is het verschil in score op kenmerken N-bodemoverschot, eiwit van eigen land, broeikasgasemissies, ammoniakemissies tussen biologische bedrijven en gangbare bedrijven? Wat is de bijbehorende variatie?
 10. Wat is het verschil in score op kenmerken N-bodemoverschot, eiwit van eigen land, broeikasgasemissies, ammoniakemissies tussen biologische bedrijven en gangbare bedrijven, waarbij de gangbare bedrijven onderverdeeld zijn in de klassen < 12.000 kg melk per ha; tussen 12.000 – 17.500 kg melk per ha; tussen 17.500 – 25.000 kg melk per ha en > 25.000 kg melk per ha?
 11. Wat is het verschil in score op kenmerken N-bodemoverschot, eiwit van eigen land, broeikasgasemissies, ammoniakemissies tussen biologische bedrijven en gangbare bedrijven op zandgrond, kleigrond en veengrond.

2 Materiaal en methode

2.1 Beschrijving van de dataset

De dataset met resultaten uit de KringloopWijzer van 2016, 2017 en 2018 telt 34.161 records. Dit zijn 'gecontroleerde' records, dat wil zeggen dat een beperkte controle op onjuiste invoer is uitgevoerd (voor de gebruikte regels zie Bijlage 1), maar dit is geen garantie dat alle records volledig juist zijn. Door het grote aantal records zullen de resterende fouten echter slechts een geringe invloed op de uitkomsten hebben en de conclusies niet beïnvloeden. De gegevens van alle jaren zijn doorgerekend met de KringloopWijzer versie van 2019 om zodoende geen verschillen tussen de jaren te hebben door verschillende versies van de KringloopWijzer.

Aangezien de dataset geanonimiseerd is aangeleverd is het niet mogelijk om te achterhalen welke records bij hetzelfde bedrijf horen.

Tabel 2.1 geeft weer hoeveel records per jaar van bedrijven op een bepaalde grondsoort afkomstig zijn. Hierbij is een grens van bijna 100% genomen, waardoor veel bedrijven in de 'gemengde' groep terecht komen. Opvallend is dat in 2016 en 2017 nagenoeg evenveel records aanwezig zijn terwijl in 2018 meer records aanwezig zijn. Dit wordt mogelijk veroorzaakt doordat in de loop van de jaren de KringloopWijzer beter ingevuld wordt en daardoor minder records bij de controle verloren gaan. Daarnaast zijn er alleen in 2018 ook gegevens van biologische bedrijven (n = 134) in de dataset aanwezig.

Tabel 2.1 Aantal records per jaartal en grondsoort, waarbij records als klei, veen of zand gecategoriseerd zijn als > 99,5% van het bedrijfsareaal uit de betreffende grondsoort bestaat.

Jaartal	Klei	Veen	Zand	Gemengd
2016	2358	582	3899	3963
2017	2286	546	3981	3986
2018	2600	596	4542	4822
Totaal	7244	1724	12422	12771

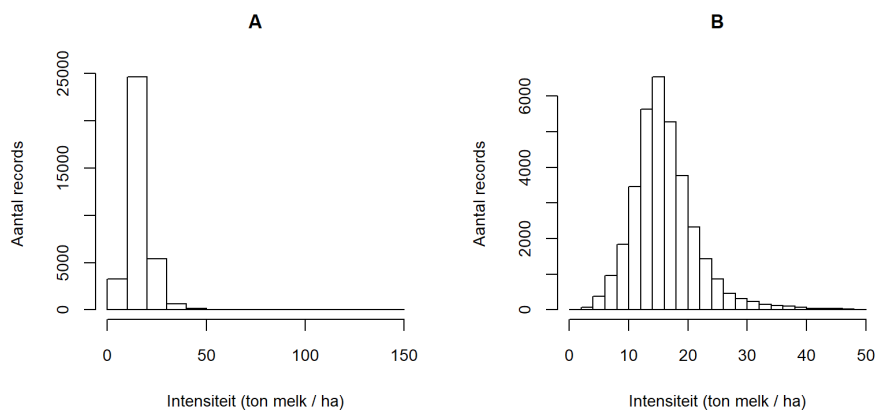
Tabel 2.2 geeft een overzicht van intensiteit per jaar, waarbij vooral opvalt dat van 2016 naar 2017 ruim een verdubbeling van het aantal bedrijven met hoge intensiteit (> 25 ton melk per ha) in de dataset heeft plaatsgevonden. Deze toename zet echter niet door in 2018 ondanks dat het totale aantal records in 2018 groter is. In 2018 zijn er juist veel meer bedrijven in de klassen tot 12 en van 12 tot 17,5 ton melk per ha. Dit wijst er op dat steeds meer extensievere bedrijven de KringloopWijzer beter zijn gaan invullen.

Tabel 2.2 Aantal records per jaartal en intensiteit (in ton melk / ha).

Jaartal	0 - 12	12 - 17,5	17,5 - 25	> 25	Totaal
2016	2129	5313	3054	306	10802
2017	2054	4955	2974	816	10799
2018	2518	6004	3150	888	12560
Totaal	6701	16272	9178	2010	34161

Een blik op de verdeling van alle records van de 3 jaren over intensiteitsklassen laat zien dat slechts een enkel record een intensiteit heeft van boven de 50 ton melk per ha (Figuur 2.1A). Als we wat gedetailleerder kijken en deze 71 records eruit laten, dan zien we dat de piek tussen de 14 en 16 ton melk per ha ligt (Figuur 2.1B). Dit is ook te zien aan de mediaan die op 15.4 ton melk per ha ligt. Het gemiddelde ligt iets hoger door de scheve verdeling, namelijk op 16.2 ton melk per ha (Tabel 2.3).

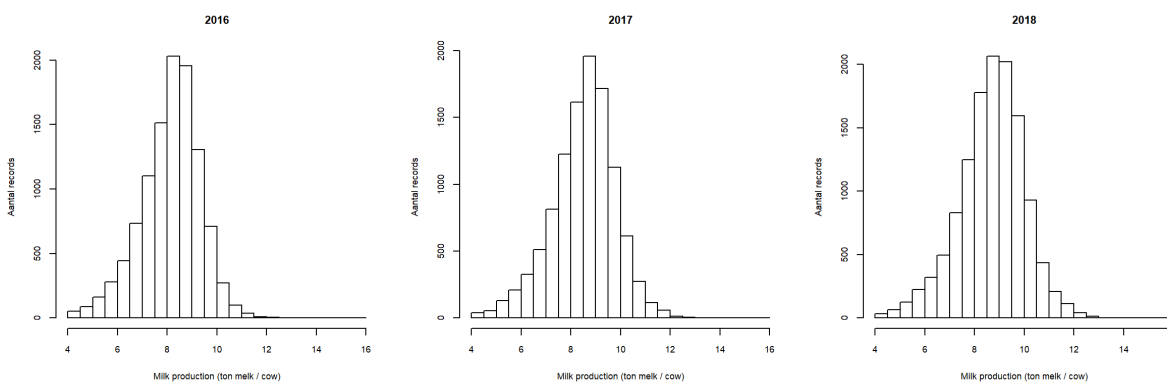
De melkproductie per koe per jaar laat een stijging over de jaren zien (Figuur 2.2). Het gemiddelde lag in 2016 op 8,1 ton melk per jaar, in 2017 op 8,5 ton melk per jaar en in 2018 op 8,7 ton melk per jaar.



Figuur 2.1 Histogram van intensiteit. A: alle records in de dataset; B: beperkt tot records met intensiteit < 50 ton melk / ha.

Tabel 2.3 Gemiddelde waarden en kwartielen (Q1 = 25%, Med. = mediaan = 50%; Q3 = 75%) voor enkele bedrijfskenmerken.

Kenmerk	Eenheid	Q1	Med.	Gem.	Q3
Intensiteit	(ton melk / ha)	12,7	15,4	16,2	18,7
Melkproductie	(ton melk / koe)	7,7	8,6	8,5	9,3



Figuur 2.2 Histogrammen van melkproductie per koe (ton / jaar) voor de jaren 2016, 2017 en 2018

2.2 Data-analyse

De data-analyse is uitgevoerd met van het programma RStudio (version 1.1.463 running R version 3.6.1). Voor de beschrijvende statistiek is o.a. gebruik gemaakt van het pakket dplyr (version 0.8.3), en diverse basispakketten binnen R. Voor de analyse van welke variabelen het belangrijkste zijn in de verklaring van diverse prestatie-indicatoren zijn 2 verschillende technieken gebruikt. Ten eerste is gebruik gemaakt van de Gradient Boosting Machine (gbm), een methode die gebaseerd is op beslisbomen. Hiervoor is gebruik gemaakt van een functie uit het h2o pakket (GBM; h2o.gbm functie (h2o version 3.28.0.4)). Beslisbomen (decision tree induction) zijn een van de meest bestudeerde en gebruikte technieken binnen machine learning (Mollenhorst *et al.*, 2020; Witten and Frank, 2005). Boosting is een repetitieve techniek om een aantal zwakke punten van enkelvoudige beslisbomen op te vangen. Daarnaast is ook nog kruisvalidatie toegepast (2 x 5 folds CV) om er voor te zorgen dat

data waarop het model gebouwd wordt niet ook in de beoordeling van de modellen wordt meegenomen. Een belangrijk voordeel van gbm is dat deze goed met missende waardes om kan gaan en geen last heeft van interacties tussen variabelen of afwijkende verdelingen. Daarnaast wordt de belangrijkheid van voorspellende variabelen in het model eenvoudig weergegeven (In bijlage 2 is een overzicht van gebruikte namen van variabelen en hun uitleg gegeven). Nadeel is echter dat de specifieke bijdrage van de verschillende variabelen aan het model, en daarmee de uitlegbaarheid, niet eenvoudig is weer te geven. Daarom is aanvullend op deze analyse ook gebruik gemaakt van step-wise lineaire regressie (middels de pakketten caret (version 6.0-86) en leaps (version 3.1)) op verschillende sets van variabelen, in het bijzonder op de variabelen met weinig missende waardes. Op basis van vergelijking van de belangrijkste verklarende variabelen in de gbm en step wise lineaire regressie zijn variabelen geselecteerd in specifieke lineaire regressiemodellen met en zonder interacties. Uiteindelijk is gezocht naar een balans tussen de prestaties van het model, het aantal verklarende variabelen en uitlegbaarheid, waardoor o.a. interacties niet zijn opgenomen in de uiteindelijk gerapporteerde modellen. De variabelen in deze modellen staan in volgorde van belang voor de verklaring van de betreffende prestatie-indicator.

3 Resultaten

In de paragrafen 3.1 tot en met 3.7 worden de resultaten weergegeven van de analyse van zeven (groepen) prestatie-indicatoren. Het betreft hier stikstofbodemoverschot per ha, ammoniakemissie per ha, percentage eiwit van eigen land, broeikasgasemissies per kg FPCM (onderverdeeld naar pensfermentatie, mestopslag, aanvoerbronnen, teelt en energie), N-excretie per ton melk, P-excretie per ton melk en grasopbrengst per ha. In deze paragrafen worden de vragen 1 tot en met 6 en 9 tot en met 11 integraal per prestatie-indicator beschreven. Omdat gegevens van biologische bedrijven alleen voor 2018 beschikbaar waren zijn voor de vergelijkingen tussen gangbaar en biologisch alleen gegevens van 2018 meegenomen.

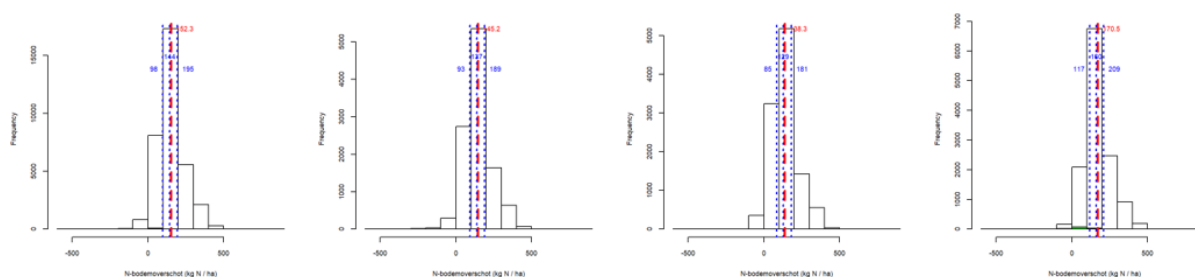
Het tweede deel van vraag 4 gaat over het effect van het toevoegen van bedrijven met 10, 20, 30% andere grondsoorten bij de bedrijven met 100% met eenzelfde grondsoort op de uitslagen van de analyse in vergelijking met alleen de 100% zuivere grondsoort (wanneer heeft "vervuiling" effect op de uitslag)? Uit een verkennende analyse is gebleken dat effecten die bij 100% met eenzelfde grondsoort duidelijk te zien waren ook bij 10, 20 en 30% "vervuiling" nog duidelijk aanwezig waren. Als de grens gelegd wordt bij de meest voorkomende grondsoort (tot 50% "vervuiling") dan worden effecten minder duidelijk maar zijn meestal nog wel aanwezig.

Paragraaf 3.8 geeft een samenvatting van de belangrijkste variabelen in de verklaring van de diverse prestatie-indicatoren.

In paragraaf 3.9 worden de resultaten weergegeven van analyses n.a.v. vraag 8. Hierbij is gekeken naar verschillen in score op enkele van de hierboven genoemde prestatie-indicatoren (stikstofbodemoverschot per ha, ammoniakemissie per ha, percentage eiwit van eigen land, broeikasgasemissies per kg FPCM) bij verschillende groepen bedrijven.

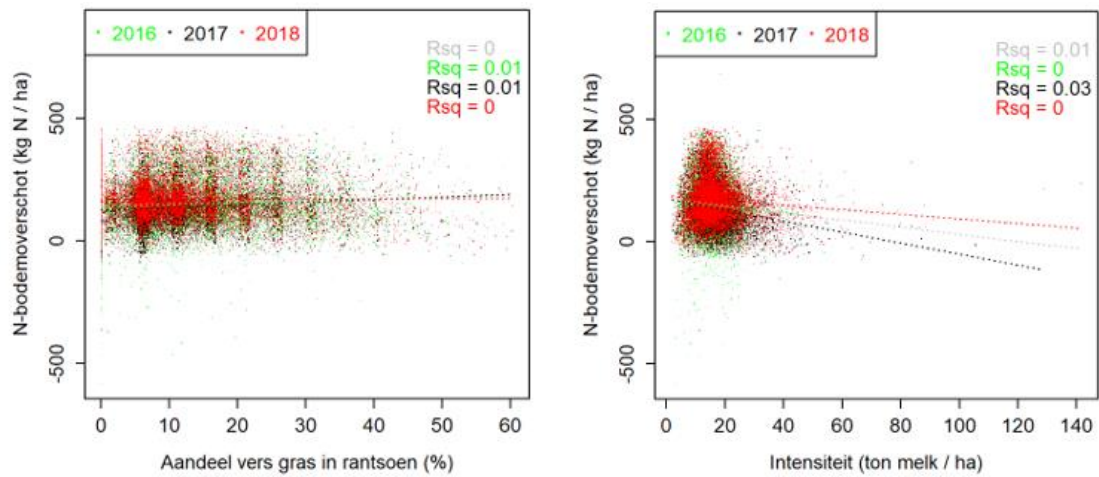
Vraag 7 heeft betrekking op criteria op het dashboard milieu en klimaat die met de KringloopWijzer bepaald kunnen worden. Wat zijn kenmerken van bedrijven die hieraan al dan niet voldoen of wat zijn de meest bepalende factoren. Resultaten van deze analyse zijn opgenomen in paragraaf 3.10.

3.1 Stikstofbodemoverschot



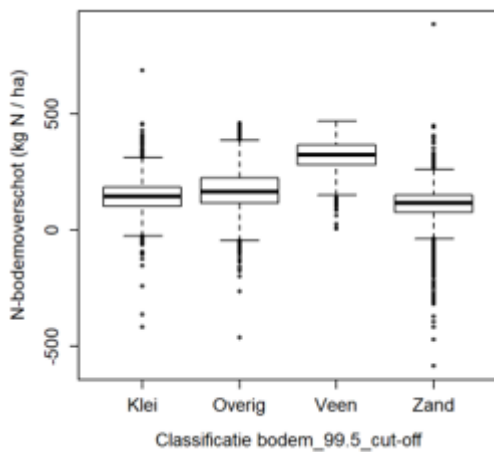
Figuur 3.1 Histogrammen van stikstofbodemoverschot (kg N/ha) voor de gehele dataset (linker grafiek) en per jaar (2016, 2017 en 2018). Rode stippellijn geeft het gemiddelde, de blauwe stippellijnen het eerste kwartiel, mediaan en derde kwartiel.

Figuur 3.1 toont de verdeling van de stikstofbodemoverschot per ha voor de gehele dataset en per jaar. Wat hierbij opvalt is dat de overschotten in 2018 aanzienlijk hoger zijn dan in de 2 voorgaande jaren (gemiddeld 170 voor 2018 t.o.v. 138 en 145 voor de 2 voorgaande jaren).



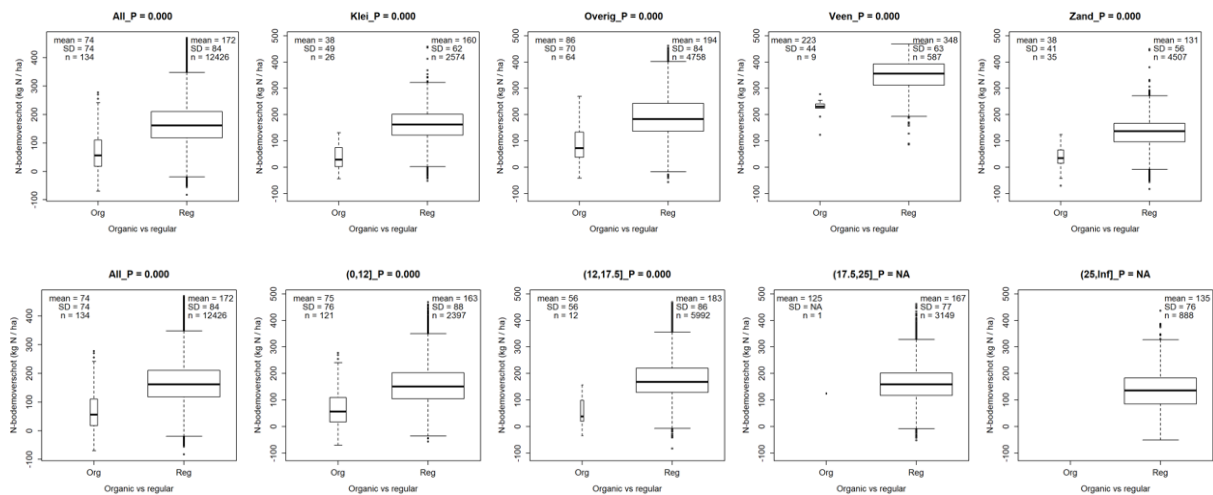
Figuur 3.2 Relatie aandeel vers gras in het rantsoen (linker grafiek) en intensiteit (rechter grafiek) en stikstofbodemoverschot (kg N/ha) per jaar.

Figuur 3.2 laat zien dat er geen duidelijke relatie is tussen het aandeel vers gras in het rantsoen of intensiteit en het stikstofbodemoverschot. Hierbij is geen rekening gehouden met andere factoren en dit effect kan andere onderliggende oorzaken hebben dan de genoemde variabele. Ook als weidegang uitgedrukt wordt als 'aandeel vers gras in het rantsoen' zien we eenzelfde patroon.



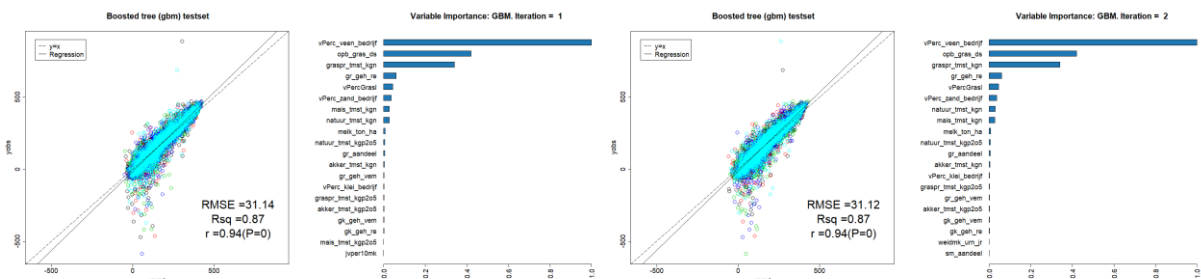
Figuur 3.3 Stikstofbodemoverschot () per grondsoort, waarbij alle bedrijven met minder dan 99.5% van dezelfde grondsoort in de groep 'overig' vallen.

Op basis van figuur 3.3 kan geconcludeerd worden dat vooral veenbedrijven een hoog ($P < 0.001$) stikstofbodemoverschot hebben. Ook als bedrijven worden gekarakteriseerd op basis van de meest voorkomende grondsoort blijven de onderlinge verhoudingen van klei, veen en zand gelijk.



Figuur 3.4 Verschil in stikstofbodemoverschot (kg N/ha) tussen biologische (Org) en gangbare (Reg) bedrijven voor de gehele dataset van 2018 (All) en per grondsoort (bovenste rij; waarbij alle bedrijven met minder dan 99.5% van dezelfde grondsoort in de groep 'overig' vallen) en per intensiteitsklasse met grenzen 12, 17,5 en 25 ton melk / ha (onderste rij). De breedte van de box is een indicatie voor het aantal bedrijven in de betreffende groep. De P-waardes boven de grafiek geven het resultaat weer van de t-test op het verschil in gemiddelde tussen biologisch en gangbaar (0.000 betekent <0.0005 en NA geeft aan dat geen test uitgevoerd kon worden).

Biologische bedrijven hebben een significant lager stikstofbodemoverschot dan gangbare bedrijven (linker grafiek Figuur 3.4) en dit effect houdt ook binnen grondsoort of intensiteitsklasse stand. Binnen de groep gangbare bedrijven lijkt het stikstofbodemoverschot het hoogst te zijn op bedrijven met een intensiteit tussen de 12 en 17,5 ton melk/ha, maar variatie is in alle intensiteitsklassen groot.



Figuur 3.5 Werkelijke (yobs) versus voorspelde (ypred) waarden voor stikstofbodemoverschot (kg N/ha) op basis van 2x5 times CV gbm modellen en relatieve belangrijkheid van variabelen tijdens de 2 iteraties.

Op basis van de gbm modellen blijkt dat het percentage veengrond, de droge stof productie van het grasland (kg ds/ha) en het niveau van stikstofbemesting van productiegrasland (kg N/ha) de belangrijkste variabelen zijn (Figuur 3.5). Onderscheid maken tussen biologische en gangbare bedrijven verbetert het model niet.

Analyses met step-wise linear regression bevestigen het belang van de top-5 variabelen en laten ook zien dat toevoegen van meer variabelen nauwelijks bijdraagt aan verbetering van het model. De totale verklaarde variantie ($R^2 = 0.74$) is echter wel aanzienlijk lager dan voor het gbm-model ($R^2 = 0.87$). Het meenemen van de interacties tussen de 5 variabelen in een lineair regressiemodel verhoogt de R^2 wel tot 0.83, waarmee het de waarde van het gbm-model benadert, maar bemoeilijkt de interpretatie van het model aanzienlijk. Het lineaire model zonder interacties ziet er als volgt uit (waarbij de standaardfout van de schatter van de coëfficiënten tussen haakjes is weergegeven):

N-bodemoverschot (kg N/ha) =

148 (3.50)

- + 2.02 (0.009) * percentage veengrond op bedrijf (%)
- 0.017 (0.0001) * droge stofopbrengst grasland (kg ds/ha)
- + 0.41 (0.003) * totale N-gift productiegrasland (kg N/ha)
- 0.56 (0.012) * ruw eiwitgehalte vers gras (g/kg ds)
- + 1.13 (0.020) * percentage grasland op bedrijf (%)

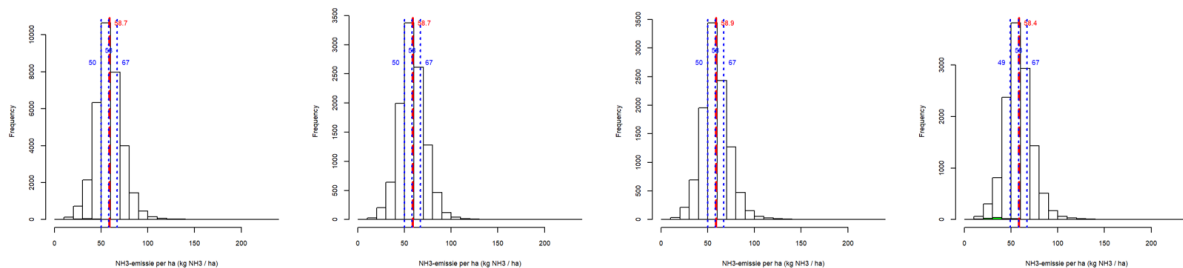
De regressiecoëfficiënten kunnen als volgt geïnterpreteerd worden. Een toename van het percentage veengrond met 1 procentpunt geeft een toename van 2.02 kg N/ha bodemoverschot. Het verschil tussen een bedrijf met 0 of 100% veengrond is dan 202 kg N/ha. Een toename van de grasopbrengst van 1 kg ds/ha geeft een afname van 0.017 kg N/ha, oftewel bij toename van de grasopbrengst met 1 ton ds/ha een afname van 17 kg N/ha.

Conclusies stikstofbodemoverschot

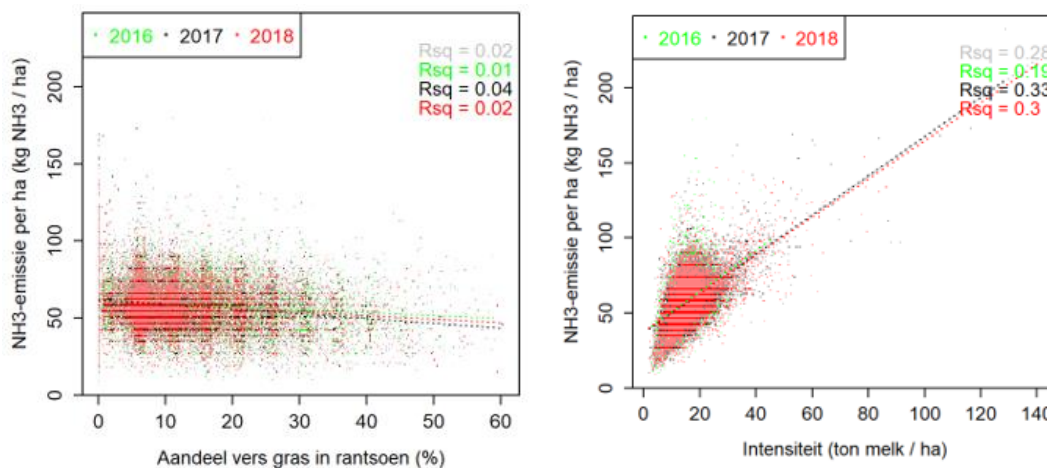
Het percentage veengrond op een bedrijf is een belangrijke verklarende variabele voor het stikstofbodemoverschot door de mineralisatie van N uit de bodem. De overige variabelen die een belangrijke bijdragen leveren aan de verklaring van verschillen tussen bedrijven hebben allemaal te maken met gras, zoals droge stofopbrengst grasland, bemesting van grasland, eiwitgehalte van vers gras en percentage grasland op het bedrijf.

3.2 Ammoniakemissie

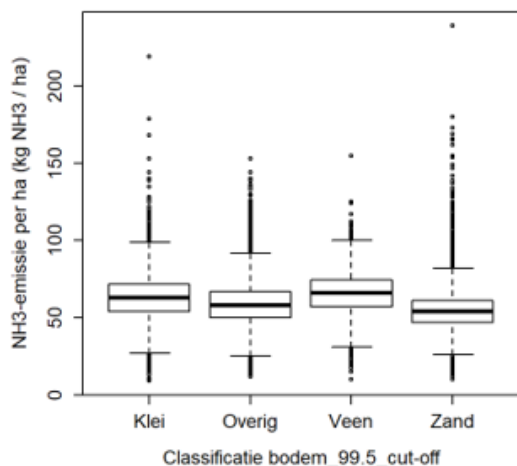
Figuur 3.6 toont de verdeling van de ammoniakemissie per ha. Deze verschilt nauwelijks over de jaren 2016 tot 2018. Ook is er geen duidelijke relatie met het aandeel vers gras in het rantsoen. Wel neemt de ammoniakemissie per ha in het algemeen toe met de intensiteit (Figuur 3.7). Hierbij is geen rekening gehouden met andere factoren en dit effect kan andere onderliggende oorzaken hebben dan de genoemde variabele. Bij sommige bedrijven met een lage tot gemiddelde intensiteit zien we echter ook al een hoge ammoniakemissie. Op bedrijven met een hoge intensiteit lijkt het daarentegen moeilijker om een lage ammoniakemissie te realiseren.



Figuur 3.6 Histogrammen van ammoniakemissie (kg NH₃ / ha) voor de gehele dataset (linker grafiek) en per jaar (2016, 2017 en 2018). Rode stippellijn geeft het gemiddelde weer, de blauwe stippellijnen het eerste kwartiel, mediaan en derde kwartiel.

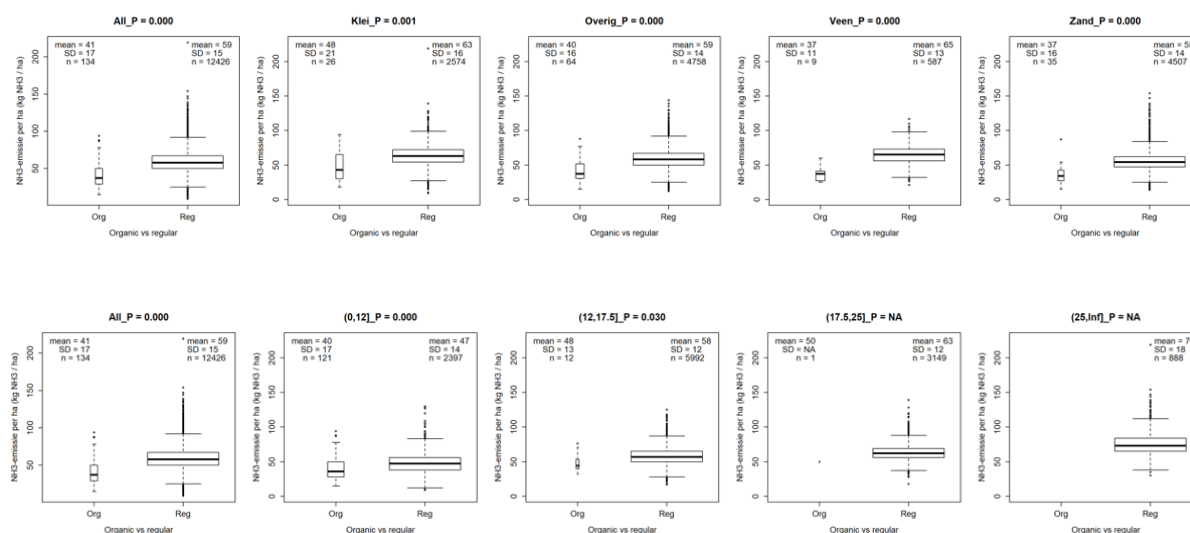


Figuur 3.7 Relatie aandeel vers gras in het rantsoen (linker grafiek) en intensiteit (rechter grafiek) en ammoniakemissie (kg NH₃ / ha).

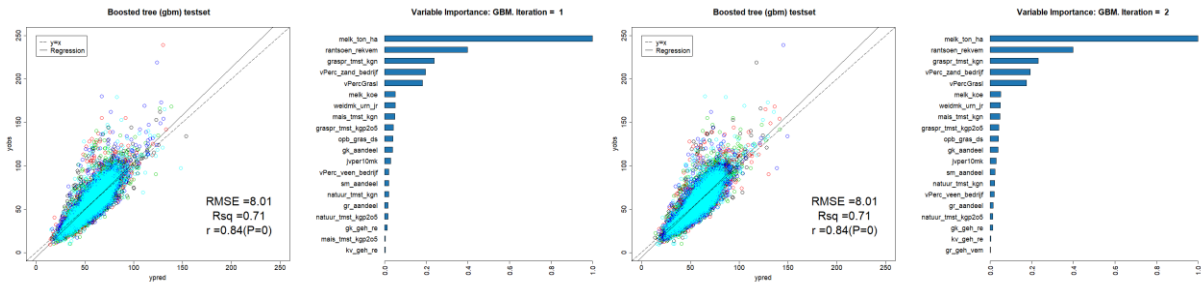


Figuur 3.8 Ammoniakemissie (kg NH₃ / ha) per grondsoort, waarbij alle bedrijven met minder dan 99.5% van dezelfde grondsoort in de groep 'overig' vallen

Bedrijven op zandgrond hebben een relatief lage ($P < 0.001$) ammoniakemissie, terwijl bedrijven op veengrond een wat hogere ($P < 0.001$) emissie hebben (Figuur 3.8). Verschillen per grondsoort zijn echter beperkt. Mogelijk wordt het verschil in grondsoort veroorzaakt door verschil in toedieningstechniek van de mest. Daarbij dient dan ook aangetekend te worden dat pas vanaf 2019 het verdund aanwenden bij sleepvoetenbemesting, met de daarbij behorende lagere emissiecoëfficiënt, is ingevoerd. Dit effect zit dus niet in deze dataset. Biologische bedrijven hebben wel een significant lagere ammoniakemissie per ha dan gangbare bedrijven (linker grafiek Figuur 3.9). Dit effect houdt ook binnen grondsoort redelijk stand, ook al is het verschil tussen biologisch en gangbaar op kleigrond relatief klein (48 vs 63 kg NH₃ / ha; $P < 0.001$) en op veengrond relatief groot (37 vs 65 kg NH₃ / ha; $P < 0.001$). Binnen de groep biologische bedrijven neemt de ammoniakemissie, net als bij de gangbare bedrijven, wel duidelijk toe met de intensiteit en verklaart de gemiddeld lagere intensiteit van de biologische bedrijven ook een groot deel van het verschil tussen biologische en gangbare bedrijven.



Figuur 3.9 Verschil in ammoniakemissie (kg NH₃ / ha) tussen biologische (Org) en gangbare (Reg) bedrijven voor de gehele dataset van 2018 (All) en per grondsoort (bovenste rij; waarbij alle bedrijven met minder dan 99.5% van dezelfde grondsoort in de groep 'overig' vallen) en per intensiteitsklasse met grenzen 12, 17,5 en 25 ton melk / ha (onderste rij). De breedte van de box is een indicatie voor het aantal bedrijven in de betreffende groep. De P-waardes boven de grafiek geven het resultaat weer van de t-test op het verschil in gemiddelde tussen biologisch en gangbaar (0.000 betekent < 0.0005 en NA geeft aan dat geen test uitgevoerd kon worden).



Figuur 3.10 Werkelijke (yobs) versus voorspelde (ypred) waarden voor ammoniakemissie (kg NH₃ / ha) op basis van 2x5 times CV gbm modellen en relatieve belangrijkheid van variabelen tijdens de 2 iteraties.

Op basis van de gbm modellen blijkt dat intensiteit (ton melk / ha) en de verhouding ruw eiwit ten opzichte van energie in het rantsoen (g re / kVEM) de belangrijkste variabelen zijn (Figuur 3.10). De 5 daarop volgende variabelen zijn het niveau van stikstofbemesting van productiegasland (kg N/ha), de percentages zandgrond en grasland op het bedrijf, de melkproductie per koe (ton / jr) en het aantal uren weidegang per jaar van de melkkoeien. Onderscheid maken tussen biologische en gangbare bedrijven verbetert het model niet.

Analyses met step-wise linear regression bevestigen het belang van 6 van de 7 belangrijkste variabelen uit de gbm. Het belang van uren weidegang was kleiner bij step-wise linear regression en werd vervangen door het aandeel graskuil in het rantsoen. Omdat uren weidegang van de melkkoeien mede de basis is voor de weidemelkpremie, is deze als 7^{de} variabele in het uiteindelijke model meegenomen. Deze 7 verklarende variabelen leveren een model op met een R² van 0.67, slechts iets lager dan voor het gbm-model (R² = 0.71). Het meenemen van de interacties tussen de 7 variabelen in een lineair regressiemodel levert nauwelijks verbetering op (R² = 0.69). Het lineaire model zonder interacties ziet er als volgt uit (waarbij de standaardfout van de schatter van de coëfficiënten tussen haakjes is weergegeven):

$$\begin{aligned}
 \text{NH}_3\text{-emissie (kg NH}_3\text{ / ha)} &= \\
 &- 57.4 (0.85) \\
 &+ 1.56 (0.010) \quad * \text{ intensiteit (ton melk / ha)} \\
 &+ 0.45 (0.005) \quad * \text{ verhouding ruw eiwit / kVEM in rantsoen (g RE / kVEM)} \\
 &+ 0.033 (0.0006) \quad * \text{ totale N-gift productiegasland (kg N/ha)} \\
 &- 0.050 (0.0012) \quad * \text{ percentage zandgrond op bedrijf (\%)} \\
 &+ 0.30 (0.004) \quad * \text{ percentage grasland op bedrijf (\%)} \\
 &- 2.2 (0.04) \quad * \text{ melkproductie per koe (ton / jaar)} \\
 &- 0.0035 (0.00006) \quad * \text{ weidegang melkkoeien (uur / jaar)}
 \end{aligned}$$

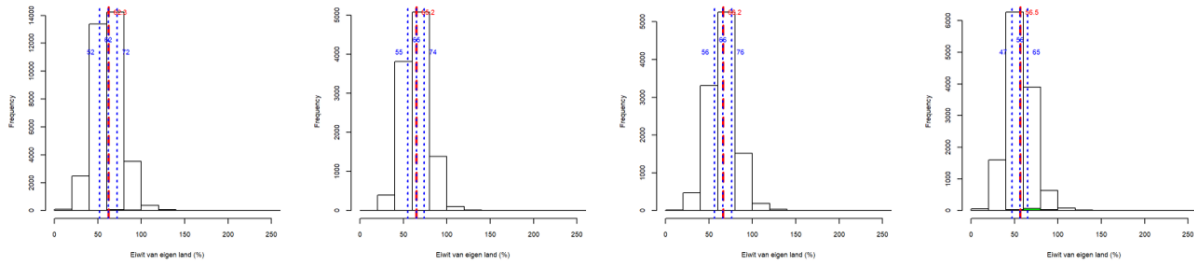
Conclusies ammoniakemissie

De intensiteit (ton melk / ha) is een belangrijke verklarende variabele voor de ammoniakemissie per ha. De overige variabelen die een belangrijke bijdragen leveren aan de verklaring van verschillen tussen bedrijven hebben veelal direct of indirect te maken met gras, zoals de verhouding ruw eiwit en energie in het rantsoen, bemesting van grasland, het percentage grasland op het bedrijf en weidegang. Hoe meer gras er gevoerd wordt hoe hoger de eiwit-energieverhouding doorgaans is. En veel N in het systeem verhoogt de kans op ammoniakemissie. Daarnaast zijn ook de grondsoort en melkproductieniveau enigszins van belang. Omdat stalsystemen niet zijn meegenomen in de analyse kan het effect van bijvoorbeeld type vloer niet gekwantificeerd worden.

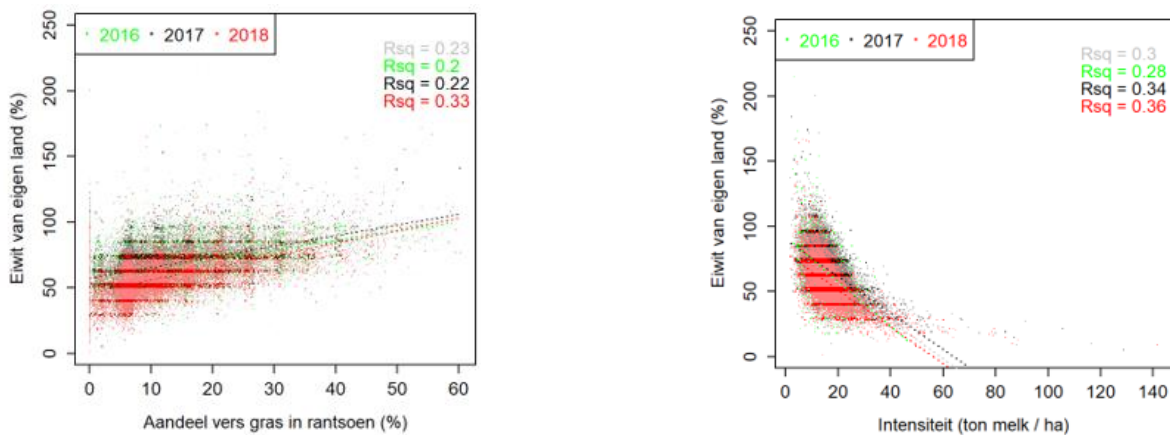
Vanaf 2019 is het verplicht om mest met water te verdunnen bij gebruik van de sleepvoetenbemester. Dit leidt tot een lagere ammoniakemissie. Bij de verplichte verdunning van 1 deel water en 2 delen mest is de ammoniakemissie gelijk aan de zodebemester. Dus pas vanaf 2019 geldt een lagere ammoniakemissie bij sleepvoetenbemester. In deze dataset dus nog niet. Er is een hoge correlatie met sleepvoetenbemesten en veengrond in de praktijk. In deze dataset zal mest uitrijden op veengrond vaak met hogere emissies te maken hebben.

3.3 Eiwit van eigen land

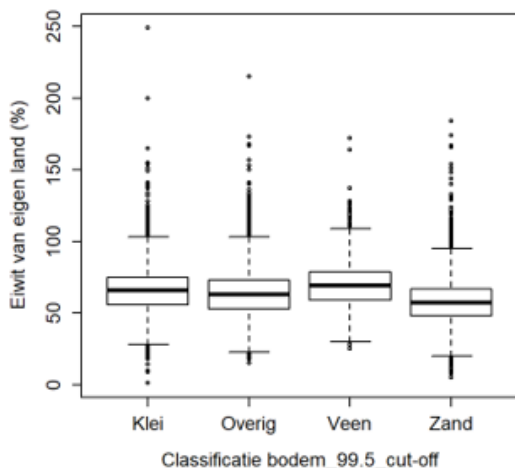
Figuur 3.11 toont de verdeling van het percentage eiwit van eigen land. Deze prestatie-indicator is nog berekend volgens de oude definitie, dat was 'productie van eigen eiwit / totaal eiwit in rantsoen'. (Met ingang van 2021 is de definitie aangepast naar 'eigen eiwit in rantsoen / totaal eiwit in rantsoen'.) Deze verschilt nauwelijks over de jaren 2016 en 2017 maar is beduidend lager in 2018. Dit is waarschijnlijk veroorzaakt door de droogte in 2018, waar toen bedrijven in het hele land last van hebben ondervonden. In het algemeen lijkt het percentage eiwit van eigen land toe te nemen met het aandeel vers gras in het rantsoen en af te nemen bij toenemende intensiteit (Figuur 3.12). Hierbij is geen rekening gehouden met andere factoren en deze effecten kunnen andere onderliggende oorzaken hebben dan de genoemde variabele.



Figuur 3.11 Histogrammen van percentage eiwit van eigen land voor de gehele dataset (linker grafiek) en per jaar (2016, 2017 en 2018). Rode stippellijn geeft het gemiddelde weer, de blauwe stippellijnen het eerste kwartiel, mediaan en derde kwartiel.

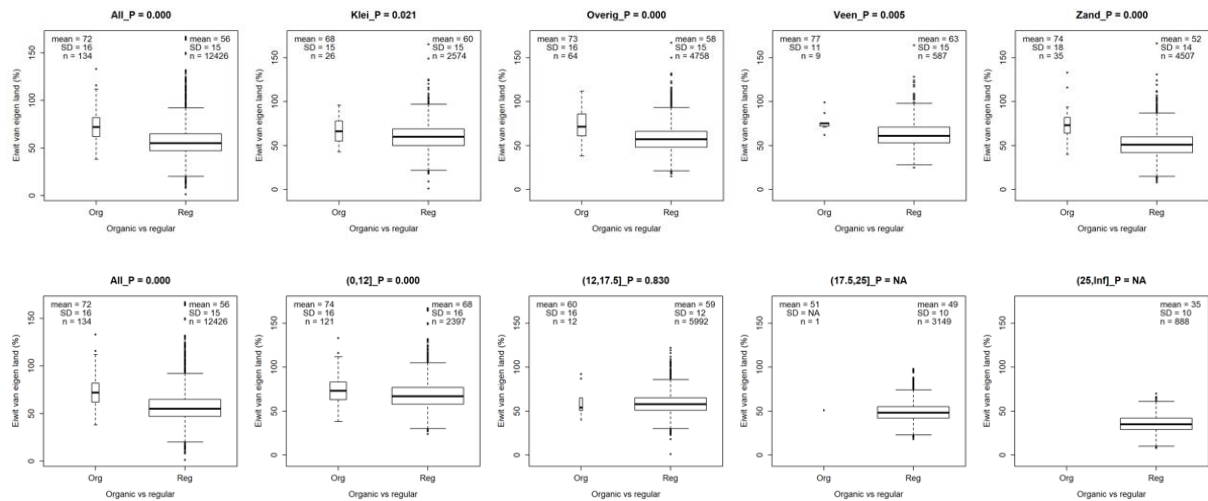


Figuur 3.12 Relatie aandeel vers gras in het rantsoen (linker grafiek) en intensiteit (rechter grafiek) en percentage eiwit van eigen land.

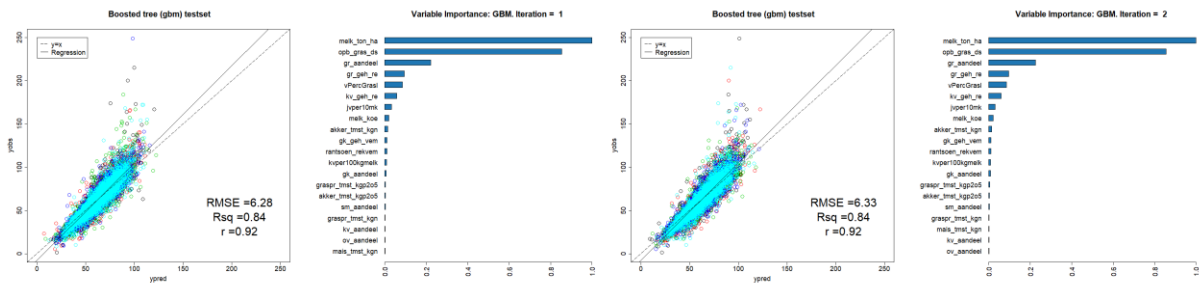


Figuur 3.13 Percentage eiwit van eigen land per grondsoort, waarbij alle bedrijven met minder dan 99.5% van dezelfde grondsoort in de groep 'overig' vallen

Bedrijven op zandgrond hebben een iets lager ($P < 0.001$) percentage eiwit van eigen land, terwijl bedrijven op veengrond een wat hogere ($P < 0.001$) aandeel zelf produceren (Figuur 3.13). Verschillen per grondsoort zijn echter beperkt. Biologische bedrijven hebben wel een significant hoger percentage eiwit van eigen land dan gangbare bedrijven (linker grafiek Figuur 3.14). Dit effect houdt ook binnen grondsoort redelijk stand, ook al is het verschil tussen biologisch en gangbaar op kleigrond relatief klein (68 vs 60 %; $P < 0.05$) en op zandgrond relatief groot (74 vs 52 %; $P < 0.001$). Binnen de groep biologische bedrijven neemt het percentage eiwit van eigen land, net als bij de gangbare bedrijven, wel duidelijk af met de intensiteit en verklaart de gemiddeld lagere intensiteit van de biologische bedrijven ook een groot deel van het verschil tussen biologische en gangbare bedrijven.



Figuur 3.14 Verschil in percentage eiwit van eigen land tussen biologische (Org) en gangbare (Reg) bedrijven voor de gehele dataset van 2018 (All) en per grondsoort (bovenste rij; waarbij alle bedrijven met minder dan 99.5% van dezelfde grondsoort in de groep 'overig' vallen) en per intensiteitsklasse met grenzen 12, 17,5 en 25 ton melk / ha (onderste rij). De breedte van de box is een indicatie voor het aantal bedrijven in de betreffende groep. De P-waardes boven de grafiek geven het resultaat weer van de t-test op het verschil in gemiddelde tussen biologisch en gangbaar (0.000 betekent < 0.0005 en NA geeft aan dat geen test uitgevoerd kon worden).



Figuur 3.15 Werkelijke (yobs) versus voorspelde (ypred) waarden voor eiwit van eigen land (%) op basis van 2x5 times CV gbm modellen en relatieve belangrijkheid van variabelen tijdens de 2 iteraties.

Op basis van de gbm modellen blijkt dat intensiteit (ton melk / ha) en de grasopbrengst (kg ds/ha) de belangrijkste variabelen zijn (Figuur 3.15). De 4 daarop volgende variabelen zijn het aandeel vers gras in het rantsoen (%), het ruw eiwitgehalte van het verse gras (g/kg ds), het percentage grasland op het bedrijf (%) en het ruw eiwitgehalte van het krachtvoer (g/kg ds). Onderscheid maken tussen biologische en gangbare bedrijven verbetert het model niet.

Analyses met step-wise linear regression bevestigen het belang van 5 van de 6 belangrijkste variabelen uit de gbm. Het belang van het ruw eiwitgehalte van het krachtvoer was kleiner bij step-wise linear regression en werd vervangen door de eiwit-energieverhouding in het rantsoen (g re / kVEM). Omdat een lineair regressiemodel zonder interacties met de eiwit-energieverhouding in het rantsoen als zesde variabele iets beter presteert dan met het ruw eiwitgehalte van het krachtvoer, is voor de eerste gekozen. Opvallend is wel dat de verhouding ruw eiwit en energie in het rantsoen een negatieve bijdrage levert aan de verklaring van het aandeel eiwit van eigen land. Mogelijk is hier

sprake van een corrigerend effect. Deze 6 verklarende variabelen leveren een model op met een R^2 van 0.75, iets lager dan voor het gbm-model ($R^2 = 0.84$). Het meenemen van de interacties tussen de 6 variabelen in een lineair regressiemodel levert een verbetering van de R^2 op tot 0.80, maar maakt het model wel minder makkelijk interpreteerbaar. Het lineaire model zonder interacties ziet er als volgt uit (waarbij de standaardfout van de schatter van de coëfficiënten tussen haakjes is weergegeven):

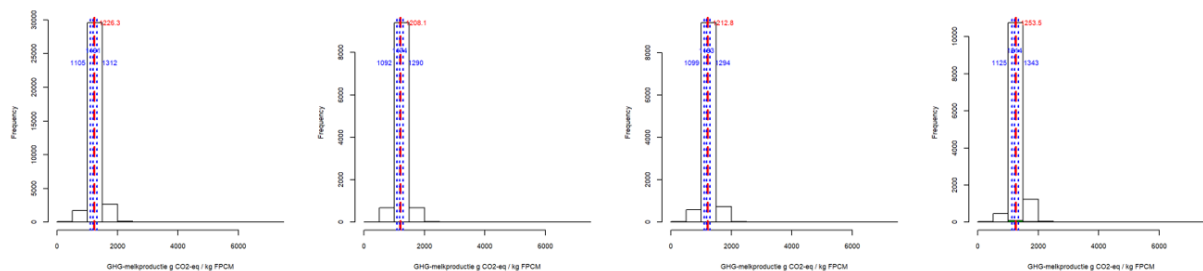
Eiwit van eigen land (%) =
 22.3 (0.71)
 - 1.77 (0.009) * intensiteit (ton melk / ha)
 + 0.0040 (0.00002) * droge stofopbrengst grasland (kg ds/ha)
 + 0.39 (0.006) * aandeel vers gras in rantsoen (%)
 + 0.25 (0.004) * percentage grasland op bedrijf (%)
 + 0.21 (0.002) * ruw eiwitgehalte vers gras (g/kg ds)
 - 0.24 (0.005) * verhouding ruw eiwit / kVEM in rantsoen (g RE / kVEM)

Conclusies eiwit van eigen land

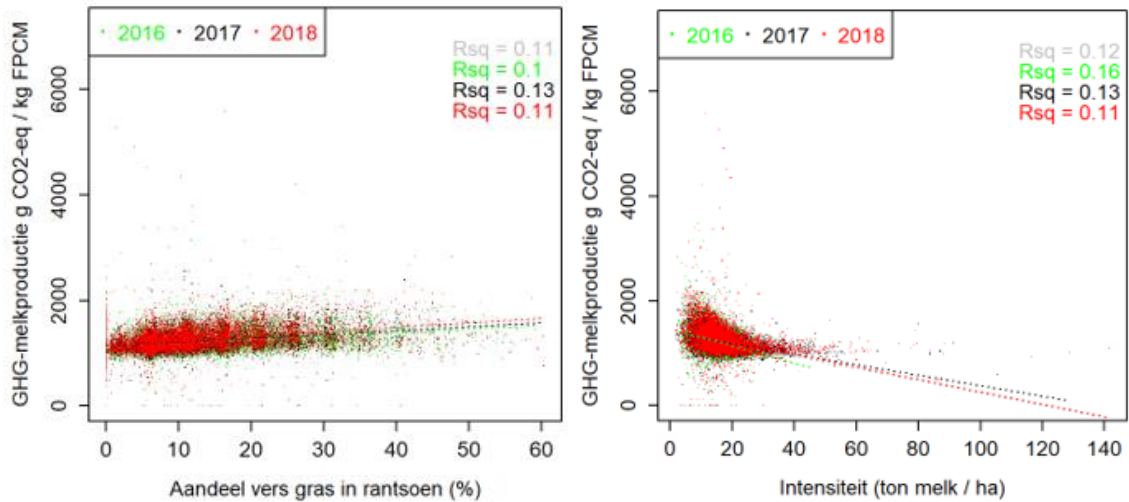
Het percentage eiwit van eigen land (nog volgens de oude definitie, dat was 'productie van eigen eiwit / totaal eiwit in rantsoen') neemt af bij een toename van de intensiteit (ton melk / ha). De overige variabelen die een belangrijke bijdragen leveren aan de verklaring van verschillen tussen bedrijven hebben, net als bij N-bodemoverschot en ammoniakemissie per ha, veelal direct of indirect te maken met gras. Voor eiwit van eigen land zijn dit vooral de opbrengst van het grasland (kg ds/ha), en daarnaast het aandeel vers gras in het rantsoen, het percentage grasland op het bedrijf (%), het ruw eiwitgehalte van het verse gras (g/kg ds). Hoe meer gras, met ook nog eens een hoog eiwitgehalte, hoe hoger het aandeel eiwit van eigen land. De negatieve regressiecoëfficiënt bij de laatste variabele, de verhouding ruw eiwit en energie in het rantsoen, geeft aan dat verlaging van deze verhouding mogelijk een positief effect heeft op het percentage eiwit van eigen land, maar dit moet dan niet ten koste gaan van de eerder genoemde variabelen, zoals de hoeveelheid (vers) gras of het eiwitgehalte daarvan.

3.4 Broeikasgasemissies

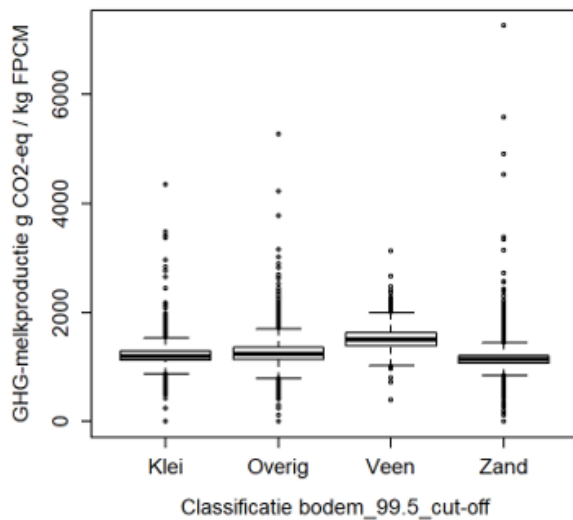
Figuur 3.16 toont de verdeling van de totale broeikasgasemissie (g CO₂-eq. / kg FPCM). Deze loopt heel licht op van gemiddeld 1208 in 2016 naar 1254 in 2018. In het algemeen lijkt de broeikasgasemissie licht toe te nemen met het aandeel vers gras in het rantsoen en licht af te nemen bij toenemende intensiteit (Figuur 3.17). Hierbij is geen rekening gehouden met andere factoren en deze effecten kunnen andere onderliggende oorzaken hebben dan de genoemde variabele.



Figuur 3.16 Histogrammen van totale broeikasgasemissie (g CO₂-eq. / kg FPCM) voor de gehele dataset (linker grafiek) en per jaar (2016, 2017 en 2018). Rode stippellijn geeft het gemiddelde weer, de blauwe stippellijnen het eerste kwartiel, mediaan en derde kwartiel.

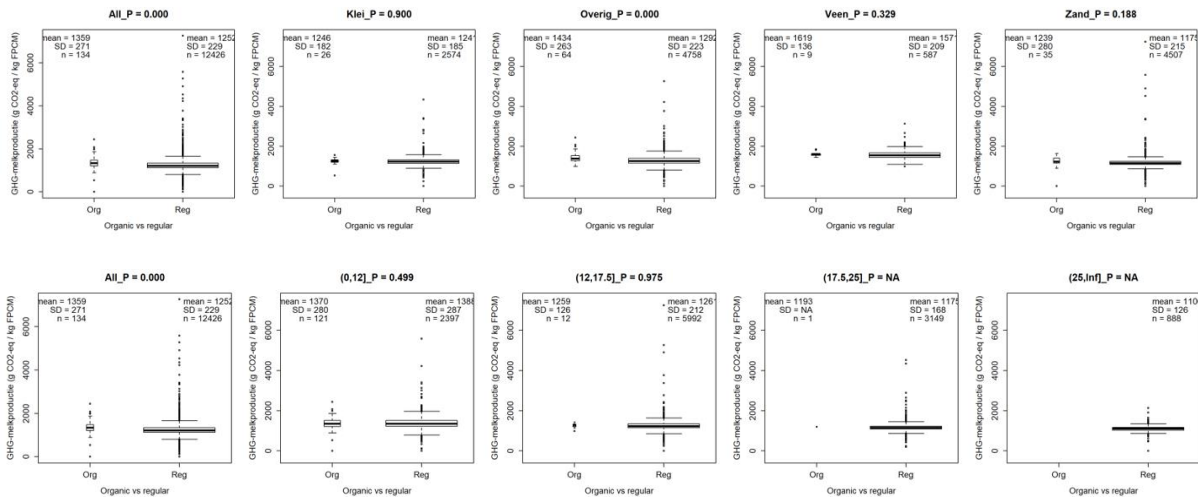


Figuur 3.17 Relatie aandeel vers gras in het rantsoen (linker grafiek) en intensiteit (rechter grafiek) en totale broeikasgasemissie (g CO₂-eq. / kg FPCM).

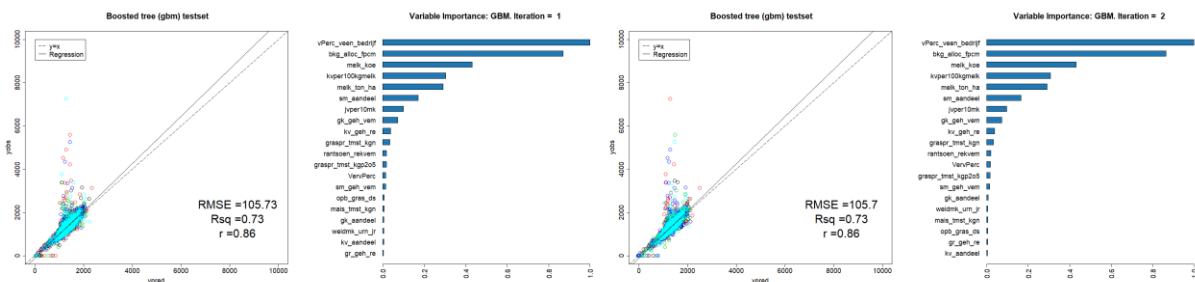


Figuur 3.18 Totale broeikasgasemissie (g CO₂-eq. / kg FPCM) per grondsoort, waarbij alle bedrijven met minder dan 99.5% van dezelfde grondsoort in de groep 'overig' vallen.

Bedrijven op veengrond hebben een hogere ($P < 0.001$) emissie van broeikasgassen dan bedrijven op andere grondsoorten (Figuur 3.18). Dit zal hoofdzakelijk veroorzaakt worden door de lachgasemissie (N₂O) door mineralisatie van veen. Veenverbranding, bij een laag grondwaterpeil, is (nog) niet meegenomen in de KringloopWijzer. Verschillen tussen zand en klei zijn beperkt, waarbij bedrijven op zand gemiddeld een lagere ($P < 0.001$) emissie hebben. Biologische bedrijven hebben overall een significant hogere totale broeikasgasemissie dan gangbare bedrijven (linker grafiek Figuur 3.19). Dit lijkt echter volledig verklaard te kunnen worden door de gemiddeld lagere intensiteit van de biologische bedrijven, want binnen een intensiteitsklasse (2^{de} en 3^{de} grafiek Figuur 3.19) verschilt de emissie niet van die van gangbare bedrijven. Binnen grondsoort zijn de verschillen tussen biologisch en gangbaar niet significant.



Figuur 3.19 Verschil in totale broeikasgasemissie (g CO₂-eq. / kg FPCM) tussen biologische (Org) en gangbare (Reg) bedrijven voor de gehele dataset van 2018 (All) en per grondsoort (bovenste rij; waarbij alle bedrijven met minder dan 99.5% van dezelfde grondsoort in de groep 'overig' vallen) en per intensiteitsklasse met grenzen 12, 17,5 en 25 ton melk / ha (onderste rij). De breedte van de box is een indicatie voor het aantal bedrijven in de betreffende groep. De P-waardes boven de grafiek geven het resultaat weer van de t-test op het verschil in gemiddelde tussen biologisch en gangbaar (0.000 betekent <0.0005 en NA geeft aan dat geen test uitgevoerd kon worden).



Figuur 3.20 Werkelijke (yobs) versus voorspelde (ypred) waarden voor totale broeikasgasemissie (g CO₂-eq. / kg FPCM) op basis van 2x5 times CV gbm modellen en relatieve belangrijkheid van variabelen tijdens de 2 iteraties.

Op basis van de gbm modellen blijkt dat het percentage veengrond op het bedrijf, gevolgd door de allocatiefactor naar melkproductie de belangrijkste variabelen zijn (Figuur 3.20). De allocatiefactor (0 – 1) geeft aan welk deel van de emissies toegeschreven wordt aan melkproductie van het bedrijf. Het overige deel wordt toegeschreven aan de vleesproductie van het bedrijf. De 3 daarop volgende variabelen zijn de melkproductie per koe (ton / jr), de krachtvoergift (kg / 100 kg melk) en de intensiteit (ton melk / ha). Krachtvoer is in de 2019 versie van de KringloopWijzer meegerekend met een vaste emissiefactor van 1399 g CO₂-eq. / kg krachtvoer. Onderscheid maken tussen biologische en gangbare bedrijven verbetert het model niet.

Analyses met step-wise linear regression bevestigen het belang van 4 van de 5 belangrijkste variabelen uit de gbm. Het belang van intensiteit (ton melk / ha) was kleiner bij step-wise linear regression en werd vervangen door de jongveebezetting (stuks jongvee / 10 melkkoeien). Omdat een lineair regressiemodel zonder interacties met jongveebezetting als vijfde variabele iets beter presteert dan met intensiteit, is voor de eerste gekozen. Deze 5 verklarende variabelen leveren een model op met een R² van 0.69, iets lager dan voor het gbm-model (R² = 0.73). Het meenemen van de interacties tussen de 5 variabelen in een lineair regressiemodel levert slechts een kleine verbetering van de R² op tot 0.71. Het lineaire model zonder interacties ziet er als volgt uit (waarbij de standaardfout van de schatter van de coëfficiënten tussen haakjes is weergegeven):

Totale broeikasgasemissie (g CO₂-eq. / kg FPCM) =

229 (8.5)

+ 2.85 (0.021)

* percentage veengrond op bedrijf (%)

+ 1498 (8.8)

* allocatiefactor naar melkproductie

- 74 (0.5)

* melkproductie per koe (ton / jaar)

+ 9.1 (0.11)

* krachtvoergift (kg / 100 kg melk)

+ 18 (0.3)

* jongveebezetting (stuks jongvee / 10 melkkoeien)

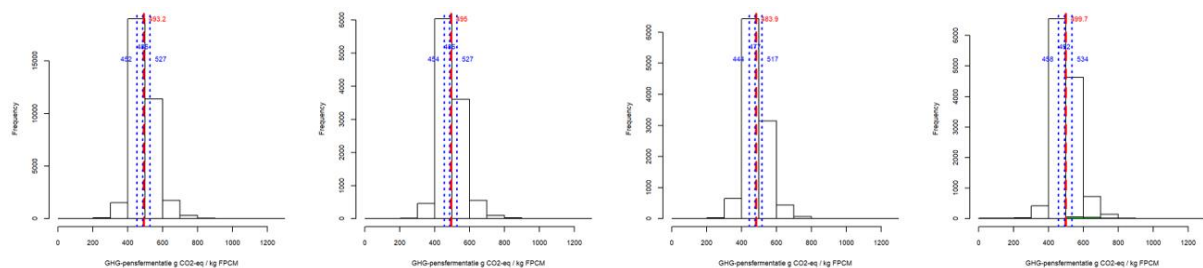
Conclusies broeikasgasemissies

De totale broeikasgasemissies per kg meetmelk nemen toe met het percentage veengrond op het bedrijf en de allocatiefactor naar melkproductie. De negatieve relatie met de melkproductie per koe geeft aan dat de emissie per dier verdeeld kan worden over meer melk. Een hogere krachtvoergift leidt via de aanvoer van grondstoffen tot een hogere broeikasgasemissie. Hierbij moet opgemerkt worden dat pas sinds 2020 gerekend wordt met een specifieke emissiefactor per kg krachtvoer. In dit rapport dus nog met de vaste waarde van 1399 g CO₂-eq. / kg krachtvoer. Een hogere jongveebezetting veroorzaakt ook meer diergerelateerde emissies waar geen melkproductie tegenover staat. Het aandeel vers gras in het rantsoen en intensiteit blijken in het uiteindelijke model geen rol van betekenis te spelen.

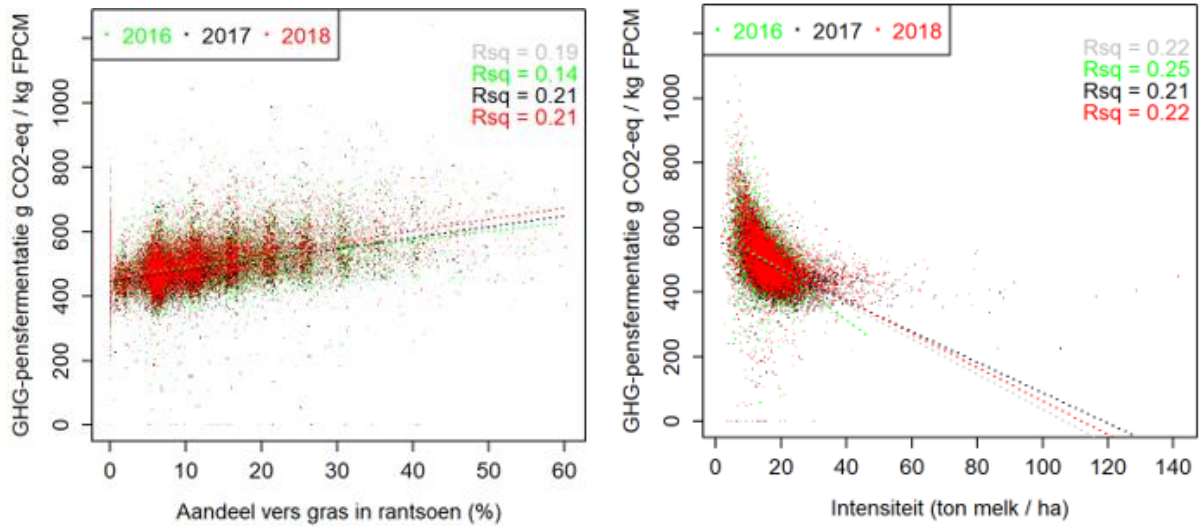
De totale broeikasgasemissie kan onderverdeeld worden naar een aantal bronnen, namelijk pensfermentatie, mestopslag, aanvoer, voerproductie en energie. In de volgende sub paragrafen (3.4.1 t/m 3.4.4) worden de eerste 4 genoemde bronnen nader geanalyseerd. De bijdrage van energie aan het totaal is gering en is daarom niet nader geanalyseerd.

3.4.1 Broeikasgasemissie uit pensfermentatie

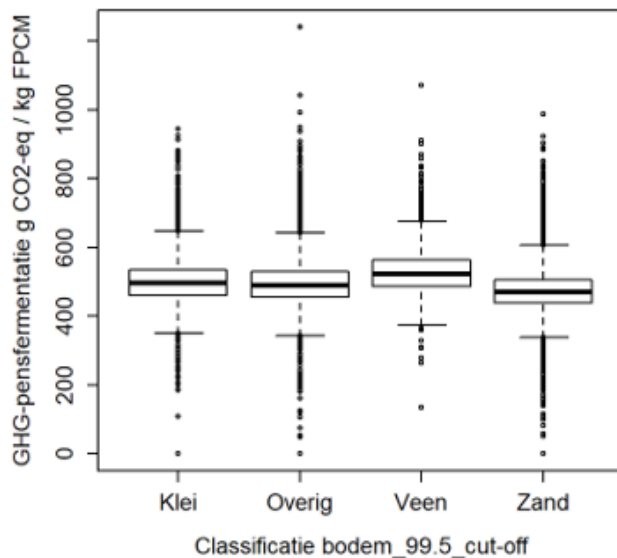
Figuur 3.21 toont de verdeling van de broeikasgasemissie uit pensfermentatie (g CO₂-eq./kg FPCM). Deze is nagenoeg constant over de drie jaren. In het algemeen lijkt de broeikasgasemissie toe te nemen met het aandeel vers gras in het rantsoen en af te nemen bij toenemende intensiteit (Figuur 3.22). Hierbij is geen rekening gehouden met andere factoren en deze effecten kunnen andere onderliggende oorzaken hebben dan de genoemde variabele. Beide factoren zijn goed te verklaren. Gras(kuil) geeft een hogere enterische methaanproductie dan bijvoorbeeld meer zetmeelrijke voersoorten als maiskuil of krachtvoer. Bij een hogere intensiteit zullen waarschijnlijk ook veelal de meer zetmeelrijke voersoorten aangekocht worden.



Figuur 3.21 Histogrammen van broeikasgasemissie uit pensfermentatie (g CO₂-eq. / kg FPCM) voor de gehele dataset (linker grafiek) en per jaar (2016, 2017 en 2018). Rode stippellijn geeft het gemiddelde weer, de blauwe stippellijnen het eerste kwartiel, mediaan en derde kwartiel.



Figuur 3.22 Relatie aandeel vers gras in het rantsoen (linker grafiek) en intensiteit (rechter grafiek) en broeikasgasemissie uit pensfermentatie (g CO₂-eq. / kg FPCM)



Figuur 3.23 Broeikasgasemissie uit pensfermentatie (g CO₂-eq. / kg FPCM) per grondsoort, waarbij alle bedrijven met minder dan 99.5% van dezelfde grondsoort in de groep 'overig' vallen.

Bedrijven op veengrond hebben een iets hogere ($P < 0.001$) broeikasgasemissie uit pensfermentatie dan bedrijven op andere grondsoorten (Figuur 3.23). Dit kan niet anders dan een indirect effect zijn en zal hoofdzakelijk veroorzaakt worden door de eerder genoemde hogere emissie uit gras(kuil) ten opzichte van meer zetmeelrijke voersoorten. Verschillen tussen zand en klei zijn beperkt, waarbij bedrijven op zand gemiddeld een iets lagere ($P < 0.001$) emissie hebben, mogelijk verklaard door een hoger aandeel mais.

Op basis van gbm en step-wise linear regression modellen komen 5 variabelen naar voren die belangrijk zijn in de verklaring van verschillen in broeikasgasemissie uit pensfermentatie. Het betreft hier allereerste de melkproductie per koe (ton / jr), gevolgd door de allocatiefactor naar melkproductie en de jongveebezetting (stuks jongvee / 10 melkkoeien). Daarnaast zijn ook het aandeel snijmais in het rantsoen (%) en het energiegehalte van de graskuil (VEM / kg ds) van belang. De bijdrage van melkproductie per koe kan eenvoudig verklaard worden. Hoe hoger de melkproductie, hoe minder koeien, met bijbehorende methaanproductie uit pensfermentatie, nodig zijn om dezelfde hoeveelheid melk te produceren. De allocatiefactor (0 – 1) geeft aan welk deel van de emissies toegeschreven wordt aan melkproductie van het bedrijf. Het overige deel wordt toegeschreven aan de vleesproductie van het bedrijf. De jongveebezetting heeft ook te maken met het aantal dieren dat nodig is om dezelfde melkproductie te behalen. Daarnaast geven de rantsoengerelateerde variabelen aan dat toename van aandeel mais en hoger energiegehalte van de graskuil (kwaliteit) een lagere

broeikasgasemissie uit pensfermentatie tot gevolg hebben. Deze 5 verklarende variabelen leveren een model op met een R^2 van 0.89, iets lager dan voor het gbm-model ($R^2 = 0.93$). Het meenemen van de interacties tussen de 5 variabelen in een lineair regressiemodel levert slechts een kleine verbetering van de R^2 op tot 0.92. Het lineaire model zonder interacties ziet er als volgt uit (waarbij de standaardfout van de schatter van de coëfficiënten tussen haakjes is weergegeven):

$$\begin{aligned} \text{Broeikasgasemissie uit pensfermentatie (g CO}_2\text{-eq. / kg FPCM)} &= 538 \text{ (3.4)} \\ - 37 \text{ (0.1)} & * \text{ melkproductie per koe (ton / jaar)} \\ + 617 \text{ (1.8)} & * \text{ allocatiefactor naar melkproductie} \\ + 12.4 \text{ (0.06)} & * \text{ jongveebezetting (stuks jongvee / 10 melkkoeien)} \\ - 0.98 \text{ (0.011)} & * \text{ aandeel snijmais in rantsoen (\%)} \\ - 0.32 \text{ (0.004)} & * \text{ energiegehalte graskuil (VEM / kg ds)} \end{aligned}$$

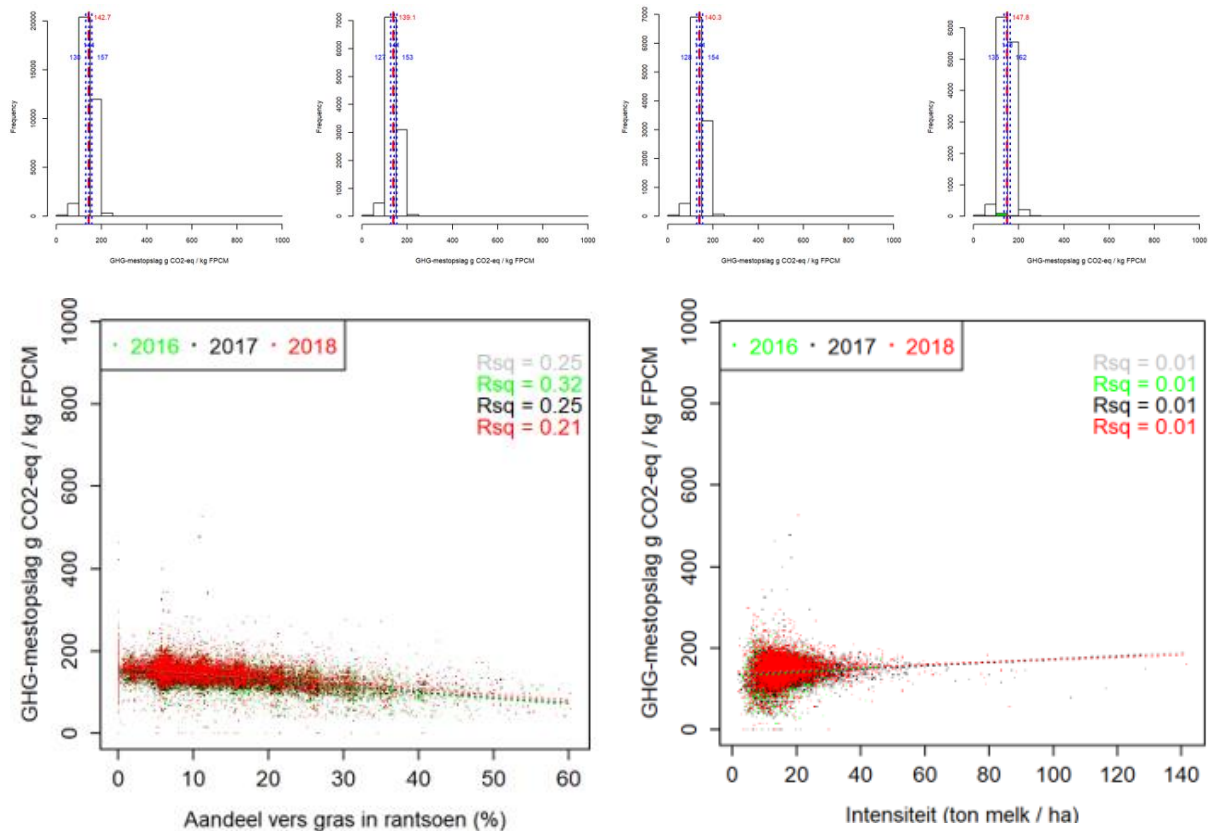
Conclusies broeikasgasemissie uit pensfermentatie

De broeikasgasemissie uit pensfermentatie is goed voorspelbaar met slechts enkele variabelen. Deze neemt af bij toename de melkproductie per koe en neemt toe met de allocatiefactor naar melkproductie en jongveebezetting. De negatieve relatie met aandeel snijmais en energiegehalte van de graskuil geeft de relatie met enkele aspecten van de rantsoensamenstelling weer. Het aandeel vers gras in het rantsoen en intensiteit blijken in het uiteindelijke model geen rol van betekenis te spelen en lijken dus verklaard te worden door andere onderliggende variabelen.

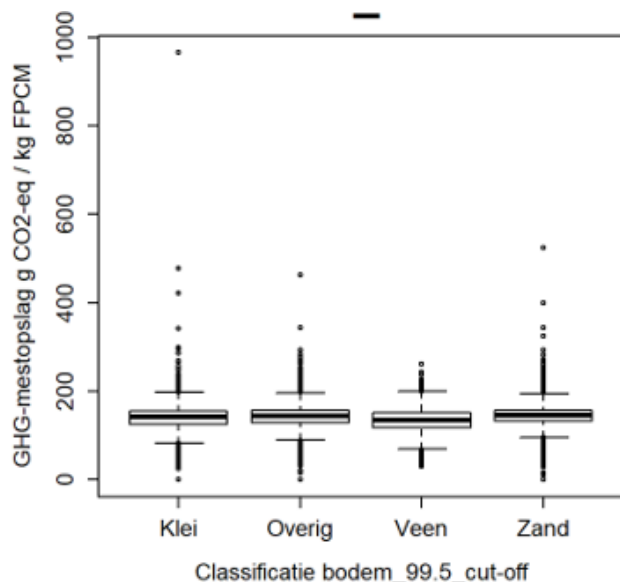
3.4.2 Broeikasgasemissie uit mestopslag

Figuur 3.24 toont de verdeling van de broeikasgasemissie uit mestopslag (g CO₂-eq. / kg FPCM). Deze loopt licht op over de drie jaren. In het algemeen lijkt de broeikasgasemissie uit mestopslag af te nemen met het aandeel vers gras in het rantsoen en niet gerelateerd te zijn aan de intensiteit (Figuur 3.25). Hierbij is geen rekening gehouden met andere factoren en deze effecten kunnen andere onderliggende oorzaken hebben dan de genoemde variabele.

Figuur 3.24 Histogrammen van broeikasgasemissie uit mestopslag (g CO₂-eq. / kg FPCM) voor de gehele dataset (linker grafiek) en per jaar (2016, 2017 en 2018). Rode stippellijn geeft het gemiddelde weer, de blauwe stippellijnen het eerste kwartiel, mediaan en derde kwartiel.



Figuur 3.25 Relatie aandeel vers gras in het rantsoen (linker grafiek) en intensiteit (rechter grafiek) en broeikasgasemissie uit mestopslag (g CO₂-eq. / kg FPCM).



Figuur 3.26 Broeikasgasemissie uit mestopslag (g CO₂-eq. / kg FPCM) per grondsoort, waarbij alle bedrijven met minder dan 99.5% van dezelfde grondsoort in de groep 'overig' vallen.

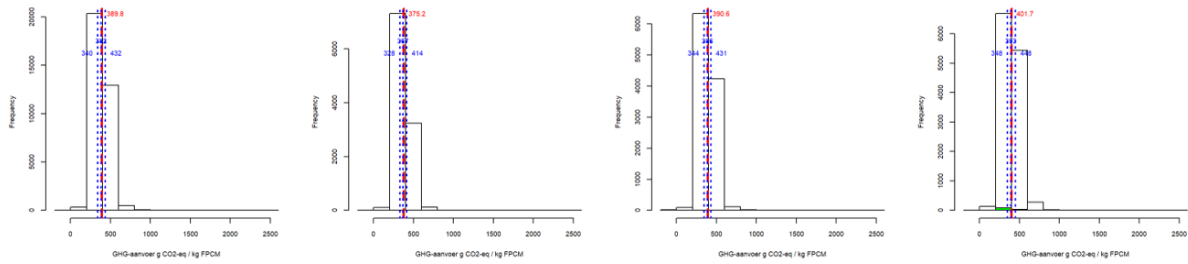
Bedrijven op veengrond hebben een iets lagere ($P < 0.001$) en op zandgrond een iets hogere ($P < 0.001$) broeikasgasemissie uit mestopslag dan bedrijven op klei, hoewel verschillen erg klein zijn (Figuur 3.26).

Op basis van gbm en step-wise linear regression modellen komen 7 variabelen naar voren die belangrijk zijn in de verklaring van verschillen in broeikasgasemissie uit mestopslag. Het betreft hier allereerste de weidegang van melkkoeien (uren / jr), gevolgd door de allocatiefactor naar melkproductie. Daarnaast de melkproductie per koe (ton / jr), de jongveebezetting (stuks jongvee / 10 melkkoeien), het aandeel vers gras en krachtvoer in het rantsoen (%) en de eiwit-energieverhouding in het rantsoen (g re / kVEM). Deze 7 verklarende variabelen leveren een model op met een R² van 0.66 dat vergelijkbaar is met het gbm-model (R² = 0.65). Het meenemen van de interacties tussen de 7 variabelen in een lineair regressiemodel levert ook nauwelijks verbetering de R² op (0.67). Het lineaire model zonder interacties ziet er als volgt uit (waarbij de standaardfout van de schatter van de coëfficiënten tussen haakjes is weergegeven):

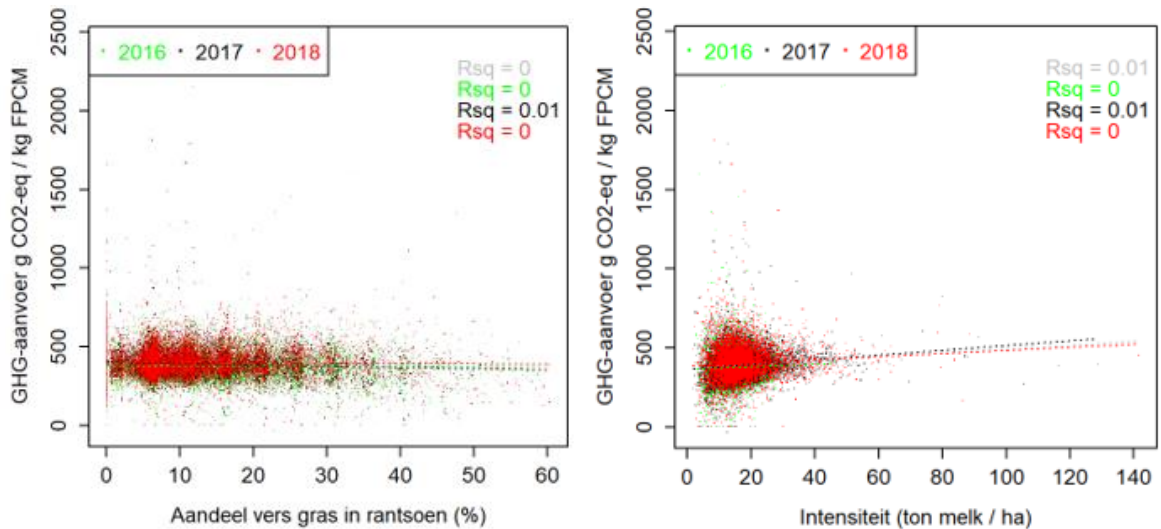
$$\begin{aligned} \text{Broeikasgasemissie uit mestopslag (g CO}_2\text{-eq. / kg FPCM)} &= \\ &30 \text{ (1.5)} \\ &- 0.011 \text{ (0.0002)} \quad * \text{ weidegang melkkoeien (uur / jaar)} \\ &+ 182 \text{ (1.2)} \quad * \text{ allocatiefactor naar melkproductie} \\ &- 7.7 \text{ (0.08)} \quad * \text{ melkproductie per koe (ton / jaar)} \\ &+ 3.2 \text{ (0.04)} \quad * \text{ jongveebezetting (stuks jongvee / 10 melkkoeien)} \\ &- 1.0 \text{ (0.02)} \quad * \text{ aandeel vers gras in rantsoen (\%)} \\ &- 0.77 \text{ (0.015)} \quad * \text{ aandeel krachtvoer in rantsoen (\%)} \\ &+ 0.31 \text{ (0.007)} \quad * \text{ verhouding ruw eiwit / kVEM in rantsoen (g RE / kVEM)} \end{aligned}$$

3.4.3 Broeikasgasemissie uit aanvoer

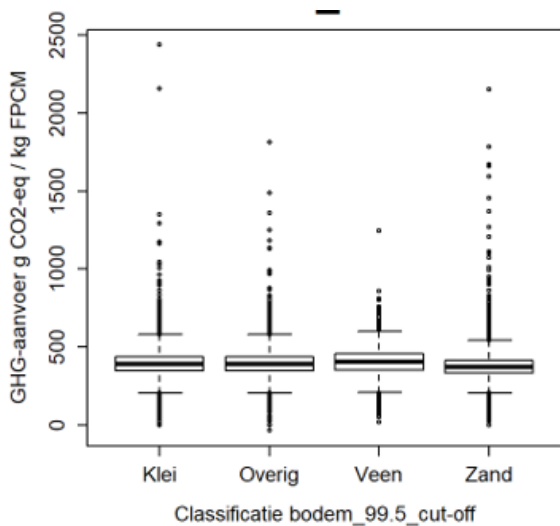
Figuur 3.27 toont de verdeling van de broeikasgasemissie uit aanvoer (g CO₂-eq. / kg FPCM), dat wil zeggen alle aangevoerde grondstoffen zoals krachtvoer (tegen vaste waarde per kg), ruwvoer, kunstmest en vee. Deze loopt licht op over de drie jaren. De broeikasgasemissie uit aanvoer is niet gerelateerd aan het aandeel vers gras in het rantsoen of aan de intensiteit (Figuur 3.28). Hierbij is geen rekening gehouden met andere factoren en deze effecten kunnen andere onderliggende oorzaken hebben dan de genoemde variabele.



Figuur 3.27 Histogrammen van broeikasgasemissie uit aanvoer (g CO₂-eq. / kg FPCM) voor de gehele dataset (linker grafiek) en per jaar (2016, 2017 en 2018). Rode stippellijn geeft het gemiddelde weer, de blauwe stippellijnen het eerste kwartiel, mediaan en derde kwartiel.



Figuur 3.28 Relatie aandeel vers gras in het rantsoen (linker grafiek) en intensiteit (rechter grafiek) en broeikasgasemissie uit aanvoer (g CO₂-eq. / kg FPCM).



Figuur 3.29 Broeikasgasemissie uit aanvoer (g CO₂-eq. / kg FPCM) per grondsoort, waarbij alle bedrijven met minder dan 99.5% van dezelfde grondsoort in de groep 'overig' vallen.

Bedrijven op veengrond hebben een iets hogere ($P < 0.001$) en op zandgrond een iets lagere ($P < 0.001$) broeikasgasemissie uit aanvoer dan bedrijven op klei, hoewel verschillen erg klein zijn (Figuur 3.29).

Op basis van gbm en step-wise linear regression modellen blijkt dat deze prestatie-indicator moeilijk te voorspellen is. Er komen slechts 3 variabelen naar voren die belangrijk zijn in de verklaring van verschillen in broeikasgasemissie uit aanvoer. Het betreft hier allereerste de krachtvoergift (kg / 100 kg melk), gevolgd door de allocatiefactor naar melkproductie. Daarnaast voegt de jongveebezetting (stuks jongvee / 10 melkkoeien) nog iets toe. Deze 3 verklarende variabelen leveren een model op met een R^2 van 0.53 dat wel iets lager is dan van het gbm-model ($R^2 = 0.58$). Het meenemen van de interacties tussen de 3 variabelen in een lineair regressiemodel levert ook nauwelijks verbetering de R^2 op (0.53). Het lineaire model zonder interacties ziet er als volgt uit (waarbij de standaardfout van de schatter van de coëfficiënten tussen haakjes is weergegeven):

$$\begin{aligned} \text{Broeikasgasemissie uit aanvoer (g CO}_2\text{-eq. / kg FPCM)} = & \\ - 173 (4.4) & \\ + 9.4 (0.06) & * \text{ krachtvoergift (kg / 100 kg melk)} \\ + 395 (4.6) & * \text{ allocatiefactor naar melkproductie} \\ - 4.0 (0.15) & * \text{ jongveebezetting (stuks jongvee / 10 melkkoeien)} \end{aligned}$$

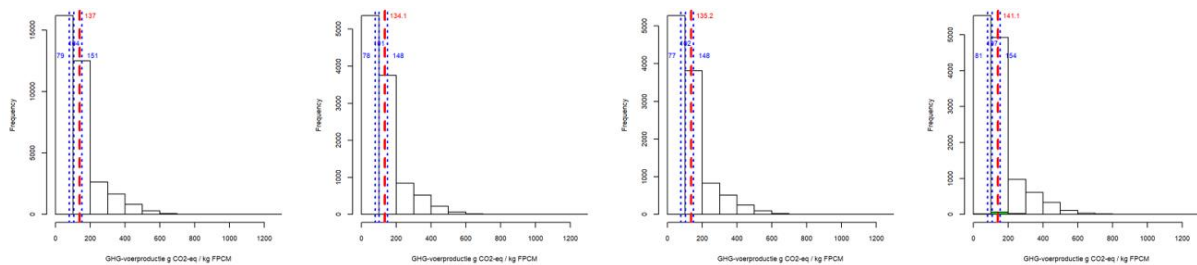
Conclusies broeikasgasemissie uit aanvoer

De broeikasgasemissie uit aanvoer is moeilijk te voorspellen en neemt toe bij toename van de krachtvoergift en met de allocatiefactor naar melkproductie. Verder neemt de broeikasgasemissie uit aanvoer af met de jongveebezetting. Hierbij moet opgemerkt worden dat pas sinds 2020 gerekend wordt met een specifieke emissiefactor per kg krachtvoer. In dit rapport dus nog met de vaste waarde van 1399 g CO₂-eq. / kg krachtvoer.

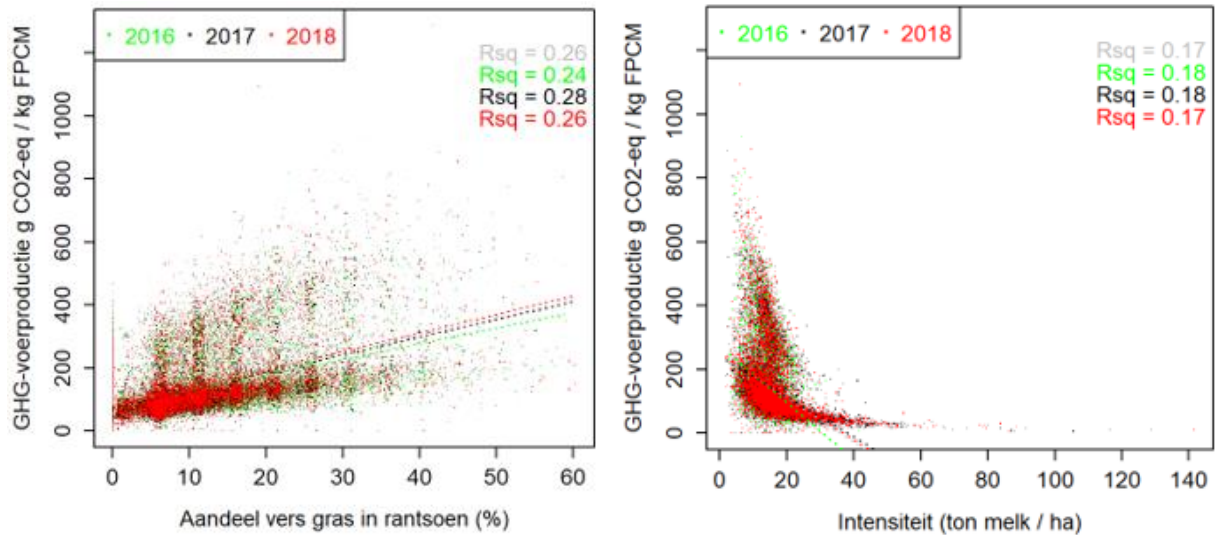
3.4.4 Broeikasgasemissie uit voerproductie

Figuur 3.30 toont de verdeling van de broeikasgasemissie uit voerproductie (g CO₂-eq. / kg FPCM). Deze loopt licht op over de drie jaren. In het algemeen lijkt de broeikasgasemissie uit voerproductie toe te nemen met het aandeel vers gras in het rantsoen en af te nemen met de intensiteit (Figuur 3.31). Hierbij is geen rekening gehouden met andere factoren en deze effecten kunnen andere onderliggende oorzaken hebben dan de genoemde variabele.

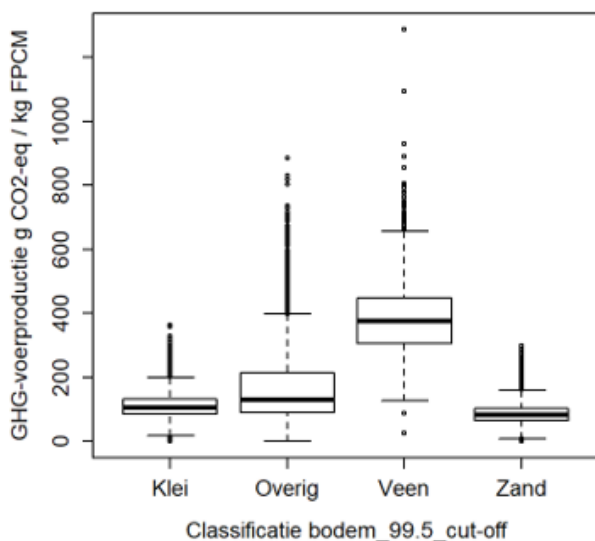
Figuur 3.30 Histogrammen van broeikasgasemissie uit voerproductie (g CO₂-eq. / kg FPCM) voor de



gehele dataset (linker grafiek) en per jaar (2016, 2017 en 2018). Rode stippellijn geeft het gemiddelde weer, de blauwe stippellijnen het eerste kwartiel, mediaan en derde kwartiel.



Figuur 3.31 Relatie aandeel vers gras in het rantsoen (linker grafiek) en intensiteit (rechter grafiek) en broeikasgasemissie uit voerproductie (g CO₂-eq. / kg FPCM).



Figuur 3.32 Broeikasgasemissie uit voerproductie (g CO₂-eq. / kg FPCM) per grondsoort, waarbij alle bedrijven met minder dan 99.5% van dezelfde grondsoort in de groep 'overig' vallen.

Bedrijven op veengrond hebben een hogere ($P < 0.001$) en op zandgrond een lagere ($P < 0.001$) broeikasgasemissie uit voerproductie dan bedrijven op klei (Figuur 3.32).

Op basis van gbm en step-wise linear regression modellen komen 4 variabelen naar voren die belangrijk zijn in de verklaring van verschillen in broeikasgasemissie uit voerproductie. Het betreft hier allereerste het aandeel veengrond op het bedrijf (%), gevolgd door de weidegang van melkkoeien (uren / jr) en de intensiteit (ton melk / ha). De allocatiefactor naar melkproductie levert een geringere bijdrage. Deze 4 verklarende variabelen leveren een model op met een R^2 van 0.88, iets lager dan voor het gbm-model ($R^2 = 0.96$). Het meenemen van de interacties tussen de 4 variabelen in een lineair regressiemodel levert een beperkte verbetering van de R^2 op (0.93). Het lineaire model zonder interacties ziet er als volgt uit (waarbij de standaardfout van de schatter van de coëfficiënten tussen haakjes is weergegeven):

Broeikasgasemissie uit voerproductie (g CO₂-eq. / kg FPCM) =
28 (2.0)

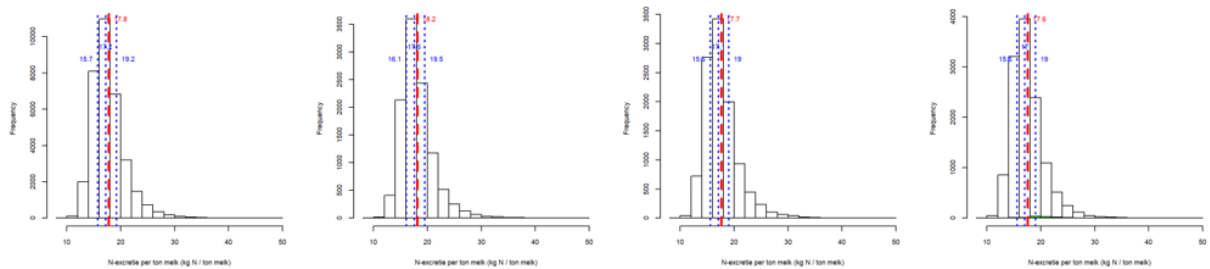
- + 2.57 (0.006) * percentage veengrond op bedrijf (%)
- + 0.028 (0.0002) * weidegang melkkoeien (uur / jaar)
- 3.5 (0.03) * intensiteit (ton melk / ha)
- + 125 (2.4) * allocatiefactor naar melkproductie

Conclusies broeikasgasemissie uit voerproductie

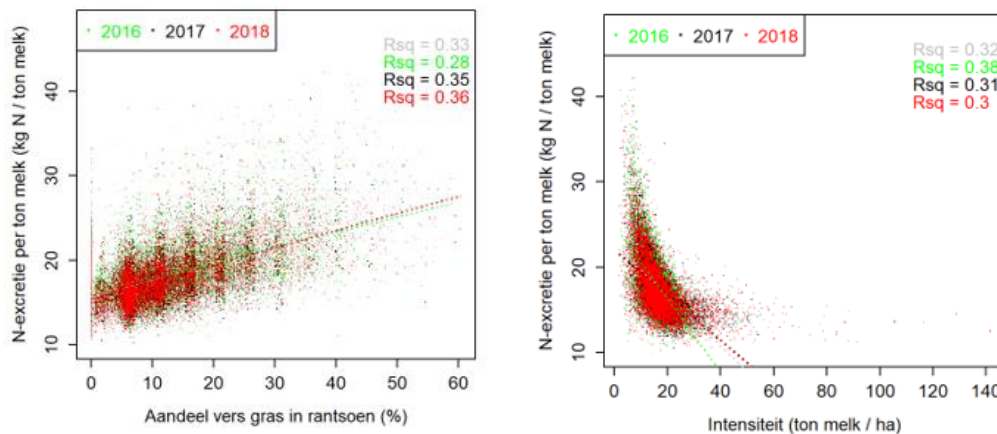
De broeikasgasemissie uit voerproductie is goed voorspelbaar met slechts enkele variabelen. Deze neemt toe bij toename van het aandeel veengrond en de hoeveelheid weidegang en neemt af bij toename van de intensiteit. Daarnaast neemt die ook licht toe met de allocatiefactor naar melkproductie.

3.5 N-excretie per ton melk

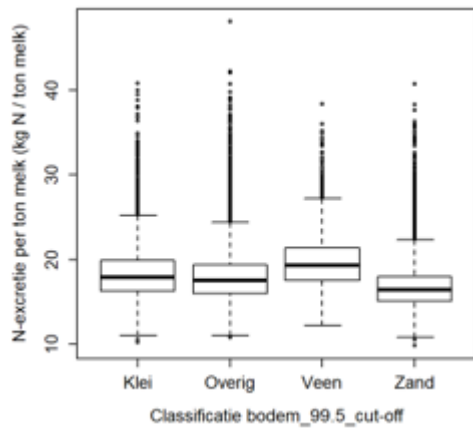
Figuur 3.33 toont de verdeling van de N-excretie per ton melk. Deze verschilt nauwelijks over de jaren 2016 tot 2018. Wel neemt de N-excretie per ton melk in het algemeen toe met het aandeel vers gras en af met de intensiteit (Figuur 3.34). Hierbij is geen rekening gehouden met andere factoren en deze effecten kunnen andere onderliggende oorzaken hebben dan de genoemde variabele.



Figuur 3.33 Histogrammen van N-excretie (kg N / ton melk) voor de gehele dataset (linker grafiek) en per jaar (2016, 2017 en 2018). Rode stippellijn geeft het gemiddelde weer, de blauwe stippellijnen het eerste kwartiel, mediaan en derde kwartiel.

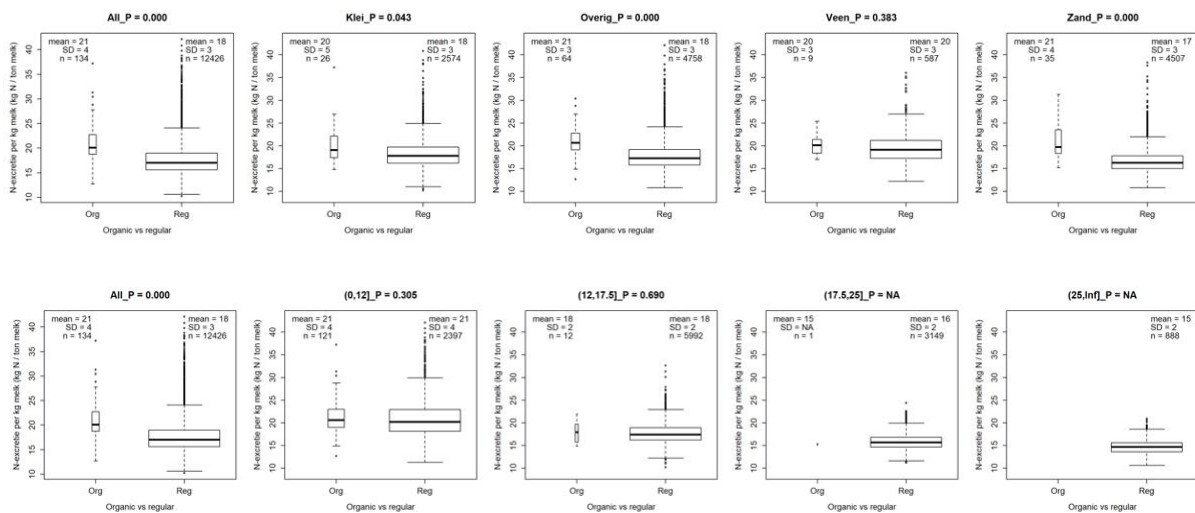


Figuur 3.34 Relatie aandeel vers gras in het rantsoen (linker grafiek) en intensiteit (rechter grafiek) en N-excretie (kg N / ton melk).

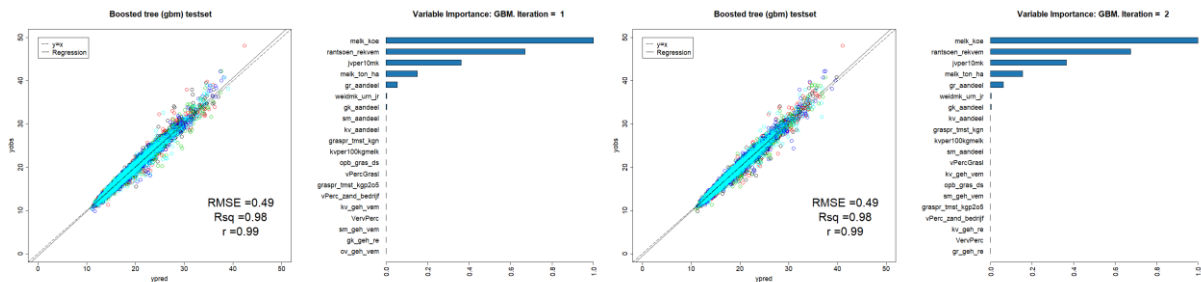


Figuur 3.35 Stikstof-excretie (kg N / ton melk) per grondsoort, waarbij alle bedrijven met minder dan 99.5% van dezelfde grondsoort in de groep 'overig' vallen.

Bedrijven op zandgrond hebben een relatief lage ($P < 0.001$) N-excretie per ton melk, terwijl bedrijven op veengrond een wat hogere ($P < 0.001$) N-excretie per ton melk hebben (Figuur 3.35). Biologische bedrijven hebben wel een significant lagere N-excretie per ton melk dan gangbare bedrijven (linker grafiek Figuur 3.36). Dit effect houdt binnen grondsoort alleen stand op zandgrond ($P < 0.001$) en kleigrond ($P < 0.05$), terwijl de verschillen op veengrond niet significant zijn. Verder lijkt het verschil grotendeels verklaard te kunnen worden door de gemiddeld lagere intensiteit van de biologische bedrijven, want binnen een intensiteitsklasse (2^{de} en 3^{de} grafiek Figuur 3.36) verschilt de N-excretie per ton melk niet van die van gangbare bedrijven.



Figuur 3.36 Verschil N-excretie (kg N / ton melk) tussen biologische (Org) en gangbare (Reg) bedrijven voor de gehele dataset van 2018 (All) en per grondsoort (bovenste rij; waarbij alle bedrijven met minder dan 99.5% van dezelfde grondsoort in de groep 'overig' vallen) en per intensiteitsklasse met grenzen 12, 17,5 en 25 ton melk / ha (onderste rij). De breedte van de box is een indicatie voor het aantal bedrijven in de betreffende groep. De P-waarden boven de grafiek geven het resultaat weer van de t-test op het verschil in gemiddelde tussen biologisch en gangbaar (0.000 betekent < 0.0005 en NA geeft aan dat geen test uitgevoerd kon worden).



Figuur 3.37 Werkelijke (yobs) versus voorspelde (ypred) waarden voor N-excretie (kg N / ton melk) op basis van 2x5 times CV gbm modellen en relatieve belangrijkheid van variabelen tijdens de 2 iteraties.

Op basis van de gbm modellen blijkt dat melkproductie per koe (ton / jaar) en de verhouding ruw eiwit ten opzichte van energie in het rantsoen (g re / kVEM) de belangrijkste variabelen zijn (Figuur 3.37). De 3 daarop volgende variabelen zijn de jongveebezetting (stuks jongvee / 10 melkkoeien), de intensiteit (ton melk / ha) en het aandeel vers gras in het rantsoen (%). Onderscheid maken tussen biologische en gangbare bedrijven verbetert het model niet.

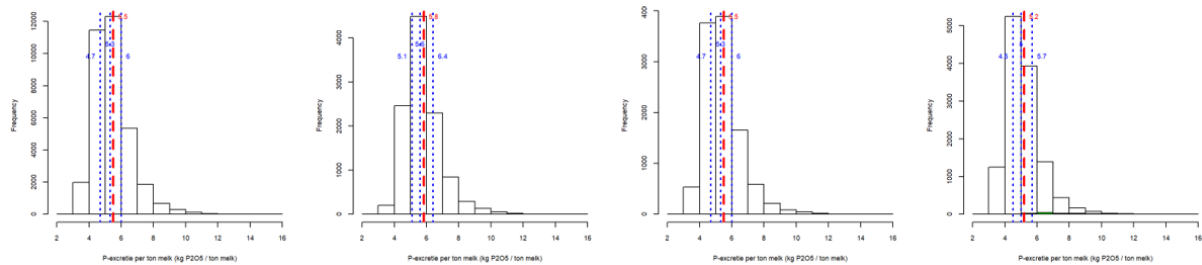
Analyses met step-wise linear regression bevestigen het belang van 4 van de 5 belangrijkste variabelen uit de gbm, waarbij de eerste 3 gelijk zijn en samen 93% van de variatie verklaren. Het toevoegen van meer variabelen levert nauwelijks verbeteringen van het model op, net als het meenemen van de interacties tussen de 3 variabelen in een lineair regressiemodel ($R^2 = 0.95$). Het lineaire model zonder interacties ziet er als volgt uit (waarbij de standaardfout van de schatter van de coëfficiënten tussen haakjes is weergegeven):

N-excretie (kg N / ton melk) =
 3.23 (0.073)
 - 1.54 (0.004) * melkproductie per koe (ton / jaar)
 + 0.143 (0.0004) * verhouding ruw eiwit / kVEM in rantsoen (g RE / kVEM)
 + 0.56 (0.002) * jongveebezetting (stuks jongvee / 10 melkkoeien)

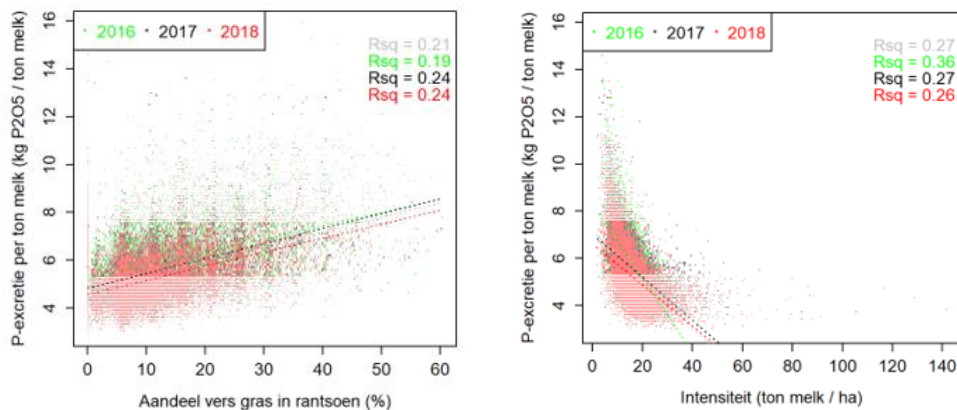
Conclusies N-excretie per ton melk
 De melkproductie per koe (ton / jaar) is een belangrijke verklarende variabele voor de N-excretie per ton melk. Via de melkproductie per koe, de eiwit-energie verhouding in het rantsoen en de jongveebezetting kan de N-excretie per ton melk uitstekend voorspeld worden. Bij een hoge melkproductie per koe is de N-excretie per ton melk lager, terwijl meer eiwit in het rantsoen en meer jongvee op het bedrijf de N-excretie per ton melk juist verhogen. Ondanks de vrij hoge een-op-een correlaties (R^2 rond 0.3) van N-excretie per ton melk met aandeel vers gras en intensiteit komen deze variabelen niet terug in het uiteindelijke model. Dit geeft aan dat deze relaties mogelijk beter door andere, onderliggende variabelen verklaard kunnen worden.

3.6 P-excretie per ton melk

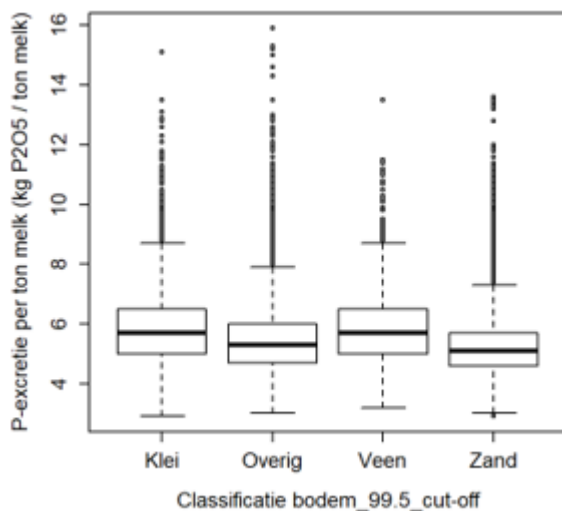
Figuur 3.38 toont de verdeling van de P-excretie per ton melk. Deze daalt geleidelijk over de jaren 2016 tot 2018 met gemiddeldes van 5.8, 5.5 en 5.2 kg P_2O_5 / ton melk. Daarnaast neemt de P-excretie per ton melk in het algemeen toe met het aandeel vers gras en af met de intensiteit (Figuur 3.39). Hierbij is geen rekening gehouden met andere factoren en deze effecten kunnen andere onderliggende oorzaken hebben dan de genoemde variabele.



Figuur 3.38 Histogrammen van P-excretie (kg P_2O_5 / ton melk) voor de gehele dataset (linker grafiek) en per jaar (2016, 2017 en 2018). Rode stippellijn geeft het gemiddelde weer, de blauwe stippellijnen het eerste kwartiel, mediaan en derde kwartiel.



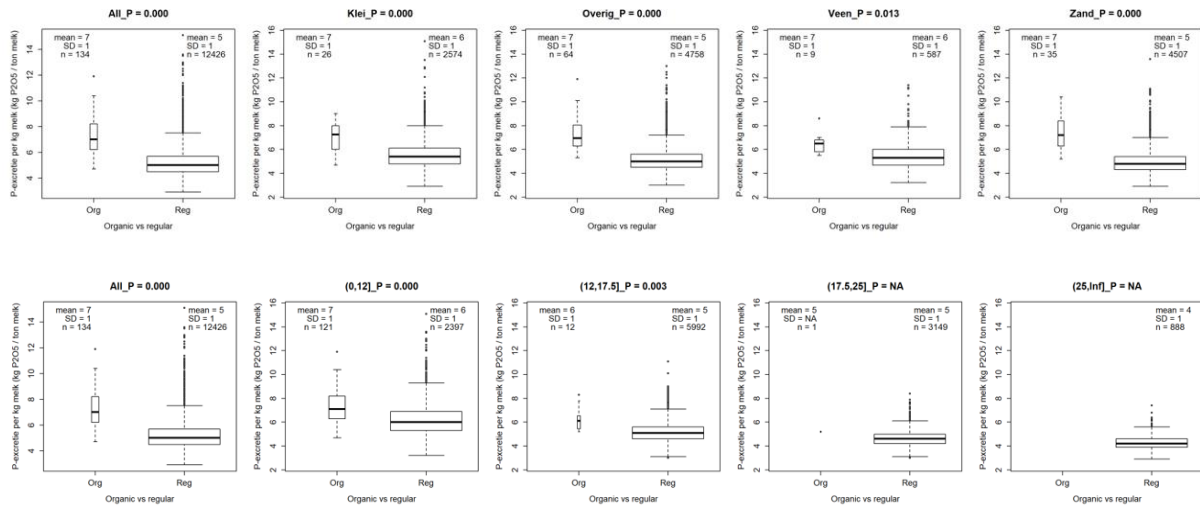
Figuur 3.39 Relatie aandeel vers gras in het rantsoen (linker grafiek) en intensiteit (rechter grafiek) en P-excretie (kg P_2O_5 / ton melk).



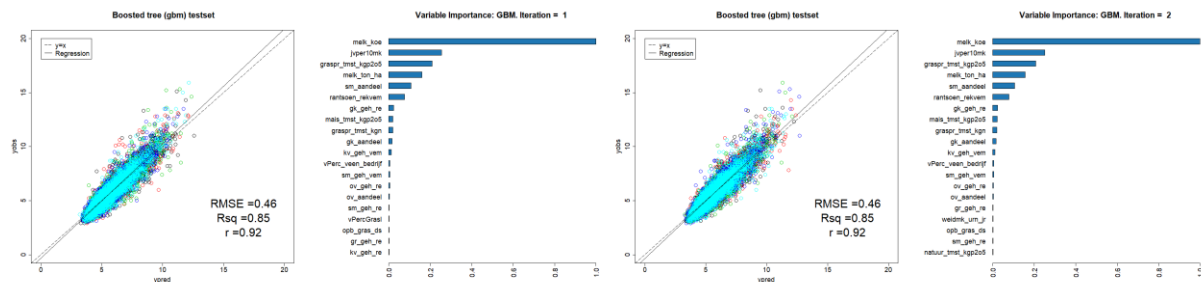
Figuur 3.40 Fosfaat-excretie (kg P_2O_5 / ton melk) per grondsoort, waarbij alle bedrijven met minder dan 99.5% van dezelfde grondsoort in de groep 'overig' vallen.

Bedrijven op zandgrond hebben een relatief lage ($P < 0.001$) P-excretie per ton melk (Figuur 3.40). Biologische bedrijven hebben ook een significant hogere P-excretie per ton melk dan gangbare bedrijven (Figuur 3.41). Dit effect houdt ook binnen grondsoort redelijk stand, ook al is het verschil tussen biologisch en gangbaar op veengrond relatief klein (6.5 vs 5.5 kg P_2O_5 / ton melk; $P < 0.05$) en op zandgrond relatief groot (7.3 vs 5.0 kg P_2O_5 / ton melk; $P < 0.001$). Binnen de groep biologische bedrijven neemt de P-excretie per ton melk, net als bij de gangbare bedrijven, wel duidelijk af met de intensiteit en verklaart de gemiddeld lagere intensiteit van de biologische bedrijven ook een groot deel van het verschil tussen biologische en gangbare bedrijven.

Figuur 3.41 Verschil P-excretie (kg P₂O₅ / ton melk) tussen biologische (Org) en gangbare (Reg) bedrijven voor de gehele dataset van 2018 (All) en per grondsoort (bovenste rij; waarbij alle bedrijven met minder dan 99.5% van dezelfde grondsoort in de groep 'overig' vallen) en per intensiteitsklasse met grenzen 12, 17,5 en 25 ton melk / ha (onderste rij). De breedte van de box is een indicatie voor het aantal bedrijven in de betreffende groep. De P-waardes boven de grafiek geven het resultaat weer van de t-test op het verschil in gemiddelde tussen biologisch en gangbaar (0.000 betekent <0.0005 en NA geeft aan dat geen test uitgevoerd kon worden).



Figuur 3.42 Werkelijke (yobs) versus voorspelde (ypred) waarden voor P-excretie (kg P₂O₅ / ton



melk) op basis van 2x5 times CV gbm modellen en relatieve belangrijkheid van variabelen tijdens de 2 iteraties.

Op basis van de gbm modellen blijkt dat melkproductie per koe (ton / jaar) veruit de belangrijkste variabele is (Figuur 3.42). De 5 daarop volgende variabelen zijn de jongveebezetting (stukjes jongvee / 10 melkkoelen), het niveau van fosfaatbemesting van productiegrasland (kg P₂O₅ / ha), de intensiteit (ton melk / ha), het aandeel snijmais in het rantsoen (%) en de verhouding ruw eiwit ten opzichte van energie in het rantsoen (g re / kVEM). Onderscheid maken tussen biologische en gangbare bedrijven verbetert het model niet.

Analyses met step-wise linear regression bevestigen het belang van 5 van de 6 belangrijkste variabelen uit de gbm. Intensiteit draagt niet bij in een lineair model zonder interacties. Verder lijkt de bijdrage van het aandeel snijmais in het rantsoen naast de verhouding ruw eiwit ten opzichte van energie niet veel extra bij te dragen en zou deze beter vervangen kunnen worden door het eiwitgehalte van de graskuil. De totale verklaarde variantie ($R^2 = 0.76$) is echter wel lager dan voor het gbm-model ($R^2 = 0.85$). Het meenemen van de interacties tussen de 5 variabelen in een lineair regressiemodel verhoogt de R^2 slechts beperkt tot 0.79, maar bemoeilijkt de interpretatie van het model aanzienlijk. Het lineaire model zonder interacties ziet er als volgt uit (waarbij de standaardfout

van de schatter van de coëfficiënten tussen haakjes is weergegeven):

P-excretie (kg P2O5 / ton melk) =

5.39 (0.057)

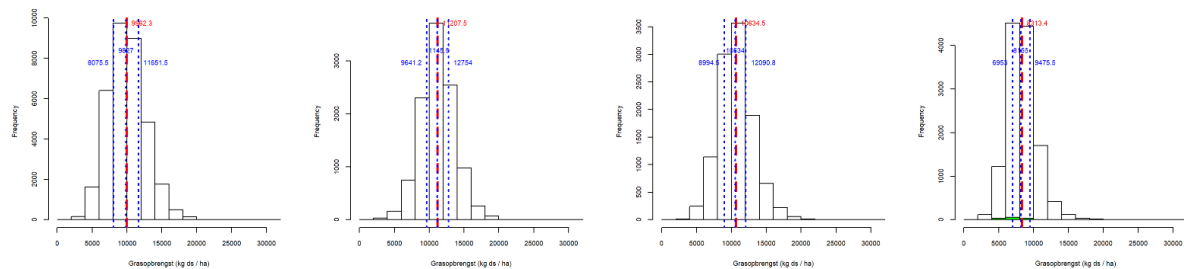
- 0.52 (0.003) * melkproductie per koe (ton / jaar)
- + 0.18 (0.001) * jongveebezetting (stuks jongvee / 10 melkkoeien)
- + 0.0086 (0.00016) * totale P-gift productiegrasland (kg P2O5 / ha)
- + 0.033 (0.0003) * verhouding ruw eiwit / kVEM in rantsoen (g RE / kVEM)
- 0.016 (0.0002) * ruw eiwitgehalte graskuil (g/kg ds)

Conclusies P-excretie per ton melk

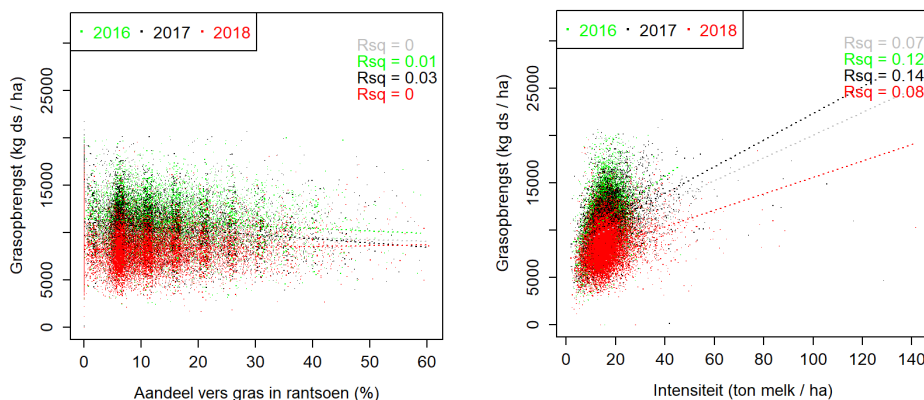
De melkproductie per koe (ton / jaar) is een belangrijke verklarende variabele voor de P-excretie per ton melk. Net als bij de N-excretie hebben ook de jongveebezetting en de eiwit-energie verhouding in het rantsoen een belangrijke bijdrage aan de verklaring van de P-excretie. De totale P-gift op productiegrasland is echter ook van belang. Hierbij is het echter de vraag of dit oorzaak of gevolg is van de P-excretie. Bij een hoge melkproductie per koe is de P-excretie per ton melk lager, terwijl meer eiwit in het rantsoen en meer jongvee op het bedrijf de P-excretie per ton melk juist verhogen. Een hogere eiwitgehalte in de graskuil is echter gerelateerd aan een lagere P-excretie per ton melk. Het aandeel vers gras in het rantsoen en intensiteit blijken in het uiteindelijke model geen rol van betekenis te spelen en lijken dus verklaard te worden door andere onderliggende variabelen.

3.7 Grasopbrengst

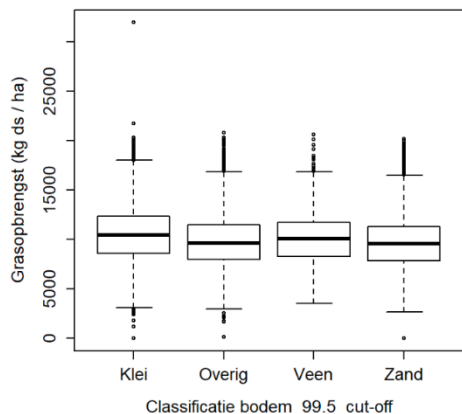
Figuur 3.43 toont de verdeling van de grasopbrengst (kg ds/ha). Deze daalt over de jaren 2016 tot 2018, met duidelijk lagere opbrengsten in 2018. De gemiddeldes waren 11,2; 10,6 en 8,3 ton ds per ha. Er is geen duidelijke relatie tussen grasopbrengst en aandeel vers gras in het rantsoen en de grasopbrengst lijkt iets toe te nemen met de intensiteit (Figuur 3.44). Hierbij is geen rekening gehouden met andere factoren en deze effecten kunnen andere onderliggende oorzaken hebben dan de genoemde variabelen.



Figuur 3.43 Histogrammen van grasopbrengst (kg ds/ha) voor de gehele dataset (linker grafiek) en per jaar (2016, 2017 en 2018). Rode stippellijn geeft het gemiddelde weer, de blauwe stippellijnen het eerste kwartiel, mediaan en derde kwartiel.

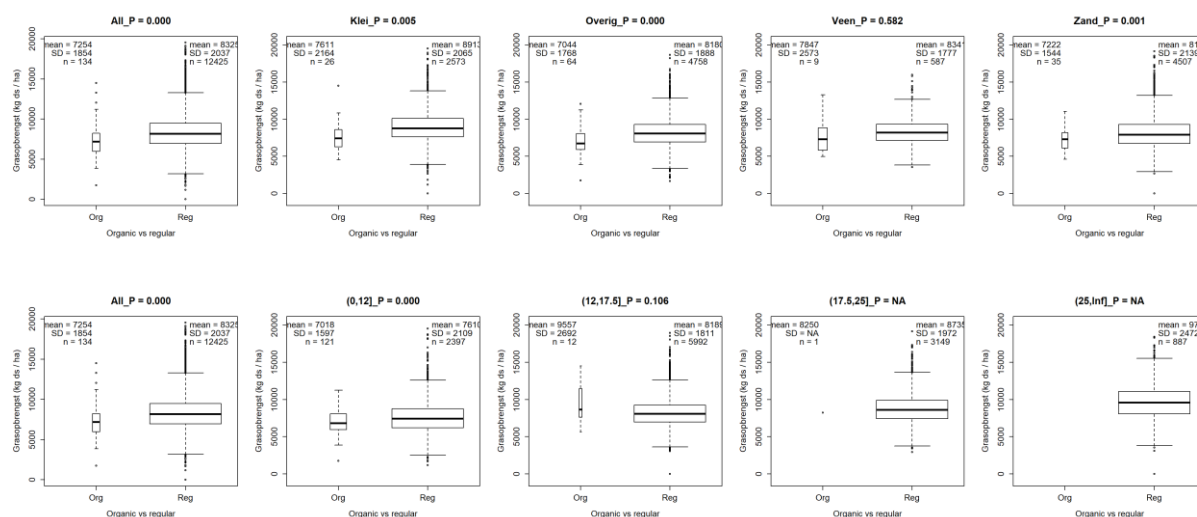


Figuur 3.44 Relatie aandeel vers gras in het rantsoen (linker grafiek) en intensiteit (rechter grafiek) en grasopbrengst (kg ds/ha).

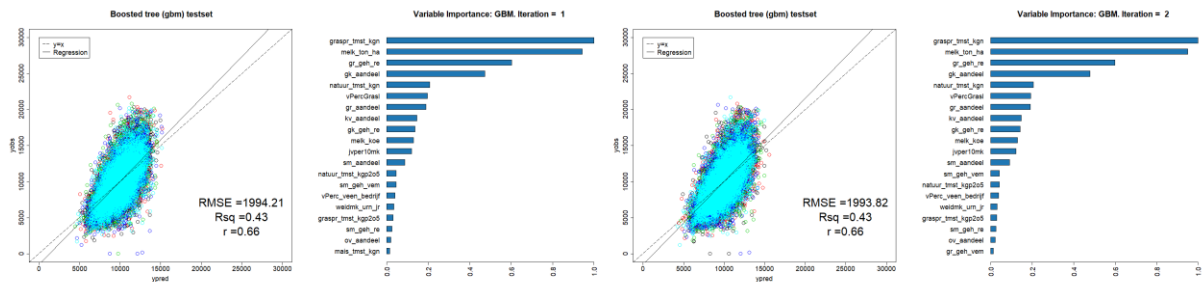


Figuur 3.45 Grasopbrengst (kg ds/ha) per grondsoort, waarbij alle bedrijven met minder dan 99.5% van dezelfde grondsoort in de groep 'overig' vallen.

Bedrijven op kleigrond hebben een relatief hoge ($P < 0.001$) grasopbrengst, gevolgd door bedrijven op veengrond (Figuur 3.45). Biologische bedrijven hebben een significant lagere grasopbrengst dan gangbare bedrijven (Figuur 3.46). Dit effect houdt ook binnen grondsoort redelijk stand, behalve op veengrond, waar het verschil niet significant is. Binnen de groep biologische bedrijven hangt de lagere grasopbrengst ten opzichte van de gangbare bedrijven mogelijk samen met de lagere intensiteit. Binnen de groep tot 12 ton melk / ha is de grasopbrengst voor biologische bedrijven nog wel lager dan voor gangbaar, maar is het verschil aanzienlijk kleiner dan voor de hele groep. In de groep tussen 12 en 17,5 ton melk / ha is de grasopbrengst voor de biologische bedrijven ($n = 12$) niet significant verschillende van die van de gangbare bedrijven.



Figuur 3.46 Verschil grasopbrengst (kg ds/ha) tussen biologische (Org) en gangbare (Reg) bedrijven voor de gehele dataset van 2018 (All) en per grondsoort (bovenste rij; waarbij alle bedrijven met minder dan 99.5% van dezelfde grondsoort in de groep 'overig' vallen) en per intensiteitsklasse met grenzen 12, 17,5 en 25 ton melk / ha (onderste rij). De breedte van de box is een indicatie voor het aantal bedrijven in de betreffende groep. De P-waardes boven de grafiek geven het resultaat weer van de t-test op het verschil in gemiddelde tussen biologisch en gangbaar (0.000 betekent < 0.0005 en NA geeft aan dat geen test uitgevoerd kon worden).



Figuur 3.47 Werkelijke (*yobs*) versus voorspelde (*ypred*) waarden voor grasopbrengst (kg ds/ha) op basis van 2x5 times CV gbm modellen en relatieve belangrijkheid van variabelen tijdens de 2 iteraties.

Op basis van de gbm modellen blijkt dat grasopbrengst moeilijk te voorspelling is o.b.v. deze set parameters ($R^2 < 0.50$; Figuur 3.42). Met een lineair regressiemodel met 6 variabelen valt de R^2 terug naar 0.32.

Conclusies grasopbrengst

De grasopbrengst is niet goed te voorspellen op basis van de gekozen set van ruim 35 variabelen die beschouwd zijn als relevante verklarende variabelen van een melkveebedrijf.

3.8 Samenvatting belangrijkste variabelen

Tabel 3.1 toont de bijdrage van de verschillende variabelen aan de verklaring van variatie de in voorgaande paragrafen behandelde prestatie-indicatoren. Op basis van deze tabel kan gezocht worden naar verklarende variabelen die een gewild effect hebben op meerdere prestatie-indicatoren of die juist een tegengesteld effect hebben op verschillende indicatoren. Zo heeft het percentage grasland een positief effect op het percentage eiwit van eigen land, maar verhoogt het ook het N-bodemoverschot en de NH₃-emissie per ha. Een hogere grasopbrengst, daarentegen verhoogt het percentage eiwit van eigen land en verlaagt tegelijk het N-bodemoverschot per ha. Een hoge eiwit-energie verhouding in het rantsoen heeft nadelige gevolgen voor 6 verschillende variabelen en kan daarmee een belangrijke indicator zijn voor diverse prestaties. Een hoge melkproductie per koe heeft een verlagend effect op meerdere indicatoren, maar dit komt mede doordat deze indicatoren veelal uitgedrukt zijn per kg melk (m.u.v. NH₃ emissie per ha). De jongveebezetting heeft een positieve relatie met de meeste broeikasgas gerelateerde indicatoren.

Tabel 3.1 Bijdrage van verschillende variabelen aan de verklaring van variatie in stikstofbodemoverschot per ha (N-bodem), ammoniakemissie per ha (NH₃), percentage eiwit van eigen land (Eiwit), emissie van broeikasgassen uit pensfermentatie (BKG-pens), mestopslag (BKG-mest), aanvoer (BKG-aanvoer), voerproductie (BKG-land) en totaal (BKG-totaal), en N- en P-excretie op basis van KringloopWijzer data van 2016, 2017 en 2018. De belangrijkste variabele per prestatie-indicator wordt aangegeven met ++ / --, de overige met + / -, afhankelijk van een positieve of negatieve coëfficiënt in het lineaire regressiemodel. In groen aangegeven variabele is een positieve indicator (hoe hoger hoe beter), de overige zijn negatieve prestatie-indicatoren (hoe lager hoe beter).

Omschrijving	N- bodem	NH ₃	Eiwit	BKG- pens	BKG- mest	BKG- aanvoer	BKG- land	BKG- totaal	N- excr.	P- excr.
Perc. veen	++						++	++		
Perc. zand		-								
Perc. grasland	+	+	+							
Grasopbrengst	-		++							
N-gift gras	+	+								
P-gift gras										+
Eiwitgeh. vers gras	-		+							
Eiwitgeh. graskuil										-
Energiegeh. graskuil				-						
Vers gras in rantsoen			+		-					
Snijmais in rantsoen				-						
Krachtvoer in rantsoen					-	++				
Krachtvoergift								+		
RE/kVEM rantsoen		+	-		+				+	+
Weidegang		-			--		+			
Intensiteit		++	--				-			
Melkproductie per koe		-		--	-			-	--	--
Jongveebezetting				+	+	-		+	+	+
Allocatiefactor naar melkproductie				+	+	+	+	+		

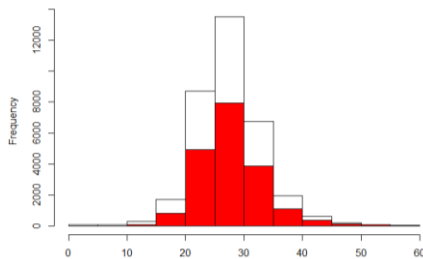
3.9 Prestaties specifieke groepen

In vraag 8 ging het om een drietal specifieke groepen bedrijven die als volgt gekarakteriseerd zijn:

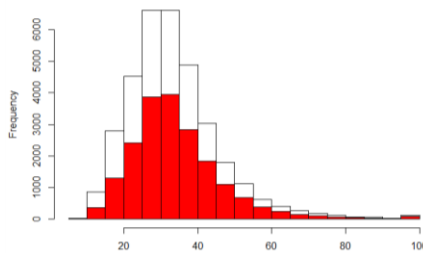
1. bedrijven die niet de 65% eiwit van eigen land halen door een ruwvoertekort
2. bedrijven die niet de 65% eiwit van eigen land halen door een te hoge krachtvoerinput
3. bedrijven die wel de 65% eiwit van eigen land halen, maar een lage eiwitbenutting realiseren

Prestaties van deze bedrijven op het gebied van N-bodemoverschot per ha, ammoniakemissie per ha, percentage eiwit van eigen land en totale broeikasgasemissies per kg FPCM zijn vergeleken met het gemiddelde van alle bedrijven.

Om tot een goede groepering te komen moest eerst een norm vastgesteld worden voor ruwvoertekort, te hoge krachtvoerinput en lage eiwitbenutting. Voor ruwvoertekort is gekeken of bedrijven ruwvoer aankopen of niet. Voor het bepalen van een (te) hoge krachtvoerinput is naar de verdeling gekeken van de variabele krachtvoergift (kg / 100 kg melk) voor zowel alle records als voor de records met minder dan 65% eiwit van eigen land (Figuur 3.48). Op basis van deze figuur is gekozen voor een grenswaarde van 30 kg krachtvoer per 100 kg melk. Eenzelfde aanpak is gekozen voor het bepalen van de lage eiwitbenutting (Figuur 3.49), waarbij gekozen is voor een grenswaarde van 25%.



Figuur 3.48 Histogram van krachtvoergift (kg / 100 kg melk) voor de records met minder dan 65% eiwit van eigen land (rood) geplot bovenop het histogram van alle records (wit).



Figuur 3.49 Histogram van eiwitbenutting op bedrijfsniveau (%) voor de records met minder dan 65% eiwit van eigen land (rood) geplot bovenop het histogram van alle records (wit).

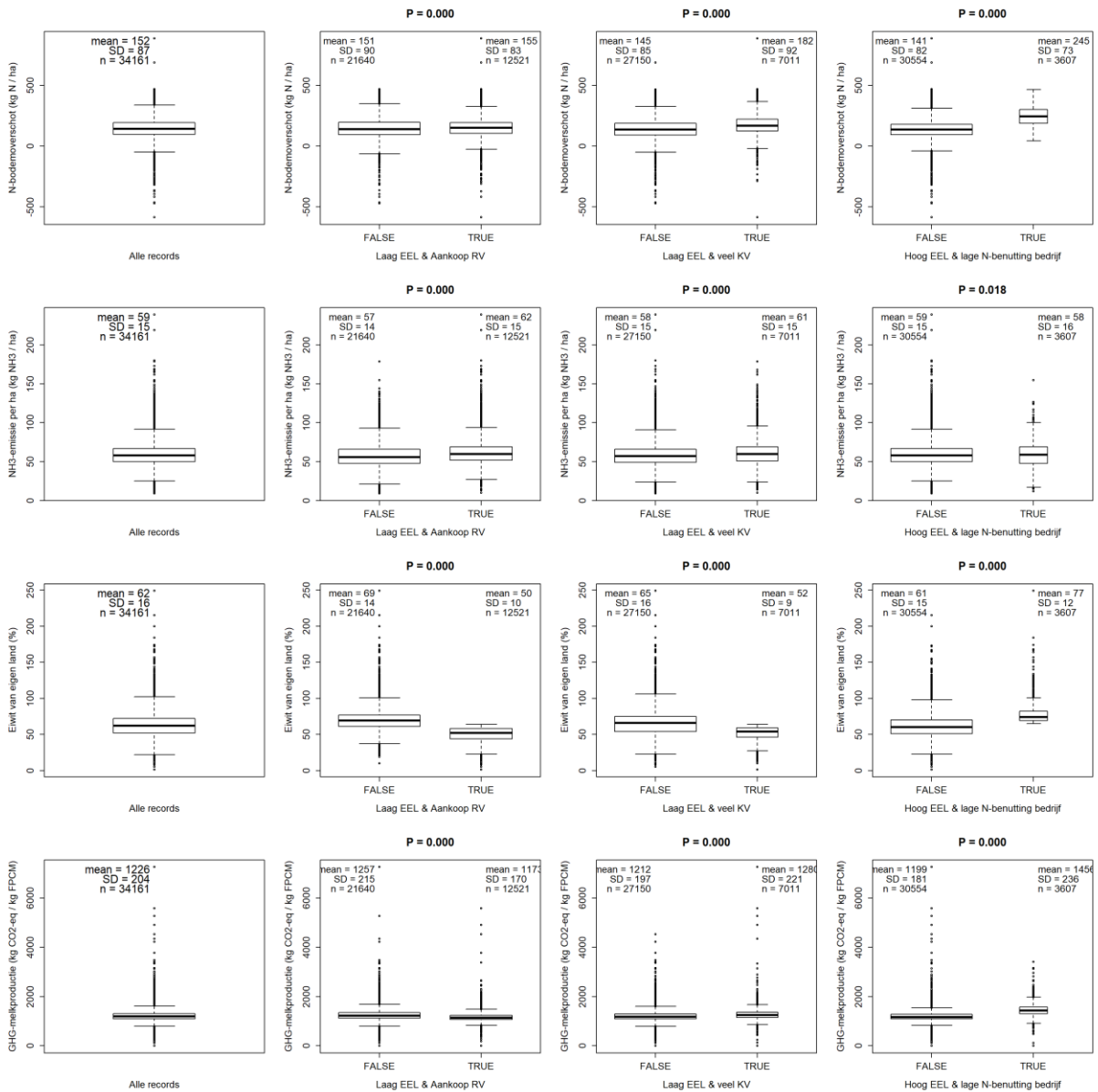
Tabel 3.2 Verdeling van aantallen records over de groepen met minder of meer dan 65% eiwit van eigen land en onderverdeeld naar aankoop ruwvoer (ja/nee), krachtvoergift (meer of minder dan 30 kg / 100 kg melk) en eiwitbenutting op bedrijfsniveau (lager of hoger dan 25%).

Eiwit van eigen land	Totaal	Aankoop ruwvoer		Krachtvoer per 100 kg melk		Eiwitbenutting	
		Ja	Nee	≥ 30 kg	< 30kg	< 25 %	≥ 25 %
< 65 %	19.470	12.521	6.949	7.011	12.459	3.477	15.993
≥ 65 %	14.691	5.558	9.133	5.055	9.636	3.607	11.084
Totaal	34.161	18.079	16.082	12.066	22.095	7.084	27.077

Tabel 3.2 laat zien dat 43% (= 14.691 / 34.161) van het totaal aantal bedrijven meer dan 65% eiwit van eigen land behaalt. Bij 37% (= 12.521 / 34.161) van alle records zou het gegeven dat de 65% eiwit van eigen land niet gehaald wordt veroorzaakt kunnen zijn door een ruwvoertekort. Bij 21% (= 7.011 / 34.161) van de records zou dit (ook) door een te hoge krachtvoergift kunnen komen.

Dit kunnen (deels) dezelfde records zijn. Bij 11% (= 3.607 / 34.161) van de records is sprake van meer dan 65% eiwit van eigen land terwijl de eiwitbenutting onder de 25% ligt.

Prestaties van deze bedrijven op het gebied van N-bodemoverschot per ha, ammoniakemissie per ha, percentage eiwit van eigen land en totale broeikasgasemissies per kg FPCM zijn vergeleken met de overige records in de dataset en met het gemiddelde van alle records (Figuur 3.50). Opvallend is dat bij de groep met minder dan 65% eiwit van eigen land met een ruwvoertekort de prestaties op N-bodemoverschot (hoger), ammoniakemissie (hoger) en aandeel eiwit van eigen land (lager) minder goed zijn dan van de overige bedrijven, maar dat deze groep beter (lager) scoort op totale broeikasgasemissies. De groep met minder dan 65% eiwit van eigen land met een hoge krachtvoergift scoort slechter op alle vier prestatie-indicatoren. Tot slot, de groep met meer dan 65% eiwit van eigen land met een lage eiwitbenutting scoort beduidend hoger op eiwit van eigen land, slechts heel beperkt beter (lager) op ammoniakemissie en beduidend slechter op N-bodemoverschot en broeikasgasemissies.



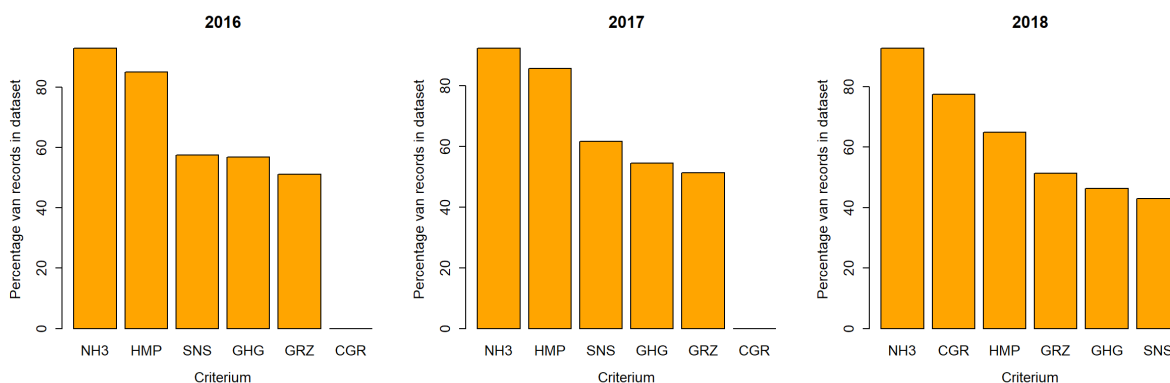
Figuur 3.50 Vergelijking van alle records in de dataset (eerste kolom), records die zowel een ruwvoertekort als minder dan 65% eiwit van eigen land hebben (TRUE in tweede kolom), records die zowel een hoge krachtvoergift als minder dan 65% eiwit van eigen land hebben (TRUE in derde kolom) en records die meer dan 65% eiwit van eigen land hebben, maar een lage eiwitbenutting (TRUE in vierde kolom). In de tweede tot vierde kolom geeft de FALSE groep de resterende records aan. De breedte van de box is een indicatie voor het aantal bedrijven in de betreffende groep. De P-waardes boven de grafiek geven het resultaat weer van de t-test op het verschil in gemiddelde tussen de aangegeven groep (TRUE) en de overige records (FALSE) (0.000 betekent <0.0005).

3.10 Prestatie-indicatoren dashboard milieu en klimaat

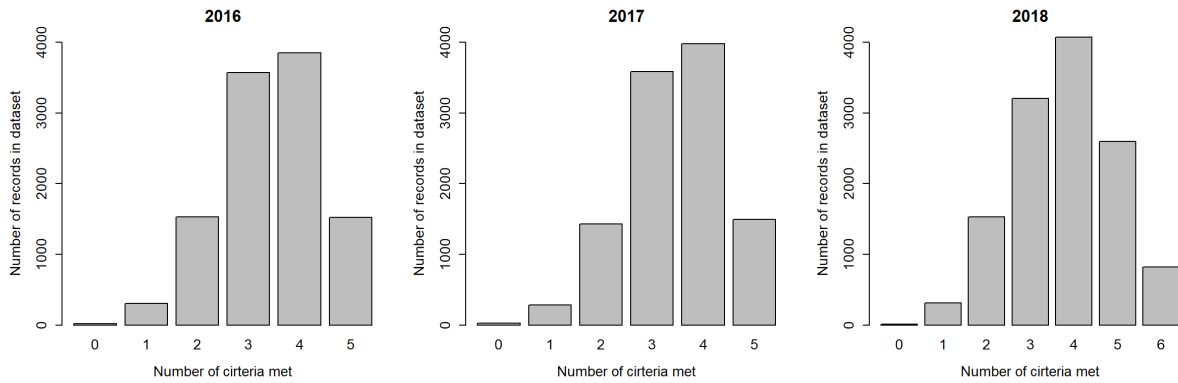
In vraag 7 ging het om de kenmerken van bedrijven of om factoren die bepalend zijn voor het behalen van criteria op het dashboard milieu en klimaat van duurzame zuivelketen (DZK), die met de KringloopWijzer bepaald kunnen worden. Het gaat hierbij om de volgende prestatie-indicatoren (met daarbij de gebruikte criteria):

1. Weidegang (120 dagen en 720 uur)
2. Eiwit van eigen land (> 50 %)
3. N-bodemoverschot (< 150)
4. Ammoniakemissie (< 80)
5. Aandeel blijvend grasland (> 40 %)
6. Broeikasgasemissies (< 1200 gr CO₂-eq / kg FPCM)

Figuur 3.51 laat zien hoeveel procent van de records in de dataset voldoen aan de gestelde criteria. Omdat gegevens over aandeel blijvend grasland (CGR) alleen voor 2018 beschikbaar waren, kon dit kenmerk alleen in 2018 meegenomen worden. Veruit de meeste records voldoen aan het criterium voor ammoniakemissie (92-93%). In de jaren 2016 en 2017 voldeden de minste bedrijven aan het criterium voor weidegang (GRZ; beide 51%), gevolgd door broeikasgasemissies (GHG; 54-57%) en stikstofbodemoverschot (SNS; 57-62%). In 2018 zijn de prestaties op eiwit van eigen land (HMP; 65% t.o.v. 85-86% in de jaren ervoor), broeikasgasemissies (GHG; 46%) en stikstofbodemoverschot (SNS; 43%) aanzienlijk lager dan in de voorgaande jaren. Dit is zeer waarschijnlijk het gevolg van de droogte in dat jaar.



Figuur 3.51 Aandeel records in de dataset per jaar dat voldoet aan de criteria op het dashboard milieu en klimaat van DZK (voor niveaus zie tekst). CGR = aandeel blijvend grasland (alleen 2018); GHG = broeikasgasemissies; GRZ = weidegang; HMP = eiwit van eigen land; NH₃ = ammoniakemissie; SNS = N-bodemoverschot



Figuur 3.52 Aantal records in de dataset dat voldoet aan 0 tot 6 criteria op het dashboard milieu en klimaat per jaar (in 2016 en 2017 waren slechts 5 criteria meetbaar via de KringloopWijzer vanwege ontbreken gegevens voor blijvend grasland)

In de jaren 2016 en 2017 voldeden 14% van de bedrijven aan alle 5 criteria (Figuur 3.52). In 2018 voldeden slechts 7% van de bedrijven aan alle 6 criteria, mogelijk deels ten gevolge van de droogte. In deze analyse zijn geen correcties voor droogte op de criteria toegepast. Hetzelfde geldt voor veenbedrijven. Daar is ook geen correctie toegepast, waarbij het veen wel tot een hoger stikstofbodemoverschot en hogere broeikasgasemissie leidt. Dit betekent dat de veenbedrijven ook aan minder criteria zullen voldoen door hogere emissies of verliezen.

Een vergelijking van de 14%, dat is 3023 records, die aan alle 5 criteria voldeden in 2016 en 2017 met de 36%, dat is 7820 records, die aan 4 criteria voldeden geeft informatie over het criterium dat het vaakst beperkend was om aan alle te voldoen. In 51% van de gevallen is het criterium voor weidegang niet gehaald, in 30% van de gevallen broeikasgasemissies, in 14% van de gevallen stikstofbodemoverschot, in 2,5% van de gevallen eiwit van eigen land en in 1.5% van de gevallen ammoniakemissie.

Tot slot nog enkele significante verschillen (alle $P < 0.001$) tussen de records die aan alle 5 criteria voldeden in 2016 of 2017 ($n = 3023$) en de overige records. Het betreft hier vooral iets kleinere bedrijven (87 vs 102 melkkoeien; 49 vs 54 ha) met een wat lagere intensiteit (15.3 vs 16.3 ton melk / ha). De bedrijven hebben minder veen- (1.6 vs 15.9 %) en meer zandgrond (65.8 vs 48.6 %) en voeren relatief veel vers gras (15.2 vs 10.3 % in rantsoen). Op deze bedrijven wordt minder krachtvoer gevoerd (25.7 vs 28.5 kg per 100 kg melk) met een iets lager eiwitgehalte in het krachtvoer (183.6 vs 186.3 g/kg ds). En het vervangingspercentage op deze bedrijven ligt wat hoger (33.1 vs 31.4 %).

Literatuur

- Mollenhorst, H., De Haan, M.H.A., Oenema, J., Kamphuis, C., 2020. Field and crop specific manure application on a dairy farm based on historical data and machine learning. *Comput Electron Agric* 175. DOI: 10.1016/j.compag.2020.105599
- Van Dijk, W., Schröder, J.J., Šebek, L.B., Oenema, J., Conijn, J.G., Vellinga, T.V., De Boer, J., De Haan, M.H.A., Verloop, J., 2020. Rekenregels van de KringloopWijzer 2019 : achtergronden van BEX, BEA, BEN, BEP en BEC: actualisatie van de 2018-versie. Stichting Wageningen Research, Wageningen Plant Research, Business unit Agrosystems Research, Wageningen.
<https://doi.org/10.18174/512610>
- Witten, I.H., Frank, E., 2005. *Data mining : practical machine learning tools and techniques*. Second ed. Elsevier/Morgan Kaufmann, San Fransisco, CA.

Bijlage 1 Rekenregels controle dataset

Gehanteerde grenzen om de dataset op te schonen.

Parameter	Ondergrens	Bovengrens	Toelichting
3. Jongveeopfokbedrijven	Allen verwijderen		Alle bedrijven waren type 'melkveebedrijf'
4. Melkproductie per bedrijf	< 15.000		
5. Vetgehalte melk	3,00%	7,00%	CRV-jaarstatistiek 2016-2017: Jersey's hebben hoogste vetpercentage: gemiddeld 5,87% Fleckvieh hebben laagste vetpercentage: gemiddeld 4,30%
6. Eiwitgehalte melk	2,50%	5,50%	CRV-jaarstatistiek 2016-2017: Jersey's hebben hoogste eiwitpercentage: gemiddeld 4,19% HF Zwartbont hebben laagste eiwitpercentage: gemiddeld 3,53%
7. Vet-eiwit-verhouding	1,00	1,50	Het vetgehalte is normaal gesproken hoger dan het eiwitgehalte. Indien het vetgehalte daalt onder het eiwitgehalte dan kan er sprake zijn van pensverzuring bij een melkkoe. Het is onwaarschijnlijk dat voor een heel bedrijf het vetpercentage onder het eiwitpercentage ligt. Waarschijnlijk zijn dan het vetgehalte en eiwitgehalte verwisseld bij de invoer.
8. Ureum melk	9	40	
9. Melkproductie per koe	4.000	15.000	De hoogste bedrijfsgemiddelde melkveebedrijf in de CRV "Bedrijven in Cijfers" dataset had een gemiddelde productie van 12.970 kg melk/koe in 2016 en 13.664 kg melk in 2017. Melkveebedrijven met de laagste melkproductie zullen biologisch-dynamische bedrijven zijn waar weinig/geen krachtvoer wordt verstrekt. Algemene gegevens over melkproductie op BD-bedrijven zijn niet gevonden. BD-bedrijf De Zonnehoeve produceert 5000 kg melk per koe. Op BD-bedrijven waarbij het kalf bij de koe loopt zal de melkproductie lager zijn.
10. Aantal koeien	10	-	Ondergrens in aantal melkkoeien om jongveeopfokbedrijven die een aantal melkkoeien aanhouden en om boeren die wat melkkoeien hebben als hobby of als kleine neventak naast een baan uit te selecteren.
11. Afvoer melkkoeien	1	-	Op een bedrijf zal gedurende het jaar altijd wel een koe worden verkocht of doodgaan. Een bedrijf waar geen melkkoeien zijn verkocht is men waarschijnlijk vergeten om de afgevoerde melkkoeien in te voeren. Er waren 87 bedrijven met 0 verkochte melkkoeien, variërend van 10 t/m 2208 gemiddeld aanwezige melkkoeien. Rundersterfte (> 1 jaar) ligt tussen de 0,5 en 0,7% per kwartaal (GD, 2014)
12. Vervangingspercentage	5%	200%	Vervangingspercentage melkvee in NL ligt tussen 23 tot 28% (Goselink, 2015). Percentage vaarzen ligt gemiddeld op 32,9% (29,0 tot 36,6%) (Boer en Zijlstra, 2013). KLV geeft een signalering van als deze onder de 10% ligt. Door groei zullen bedrijven minder koeien hebben afgevoerd dan normaal gesproken het geval zou zijn geweest. Als ondergrens is 5% gehanteerd, omdat altijd wel koeien worden afgevoerd van het bedrijf vanwege bijv. slecht beenwerk, niet voldoende herstel van een ziekte, etc. Bedrijven die stoppen zullen een hoog 'vervangingspercentage' vanwege de hier gehanteerde berekeningsmethodiek. Vanwege (zeer) grote afvoer zijn bedrijven met meer dan 200% uitgeselecteerd.
13. Verkochte kalveren+nuka's i.r.t. aantal aanwezige kalveren.	Bedrijven zijn verwijderd waar geen enkel kalf of nuka is verkocht EN waar geen kalveren aanwezig waren.		Het is onwaarschijnlijk dat op een bedrijf binnen een jaar geen enkel kalf wordt geboren. Er dienen daarom kalveren of nuka's te zijn verkocht of te zijn aangehouden.
14. Weideperiode	0	300	Er is vanuit gegaan dat bedrijven minimaal de koeien in december en januari op stal hebben staan.

Parameter	Ondergrens	Bovengrens	Toelichting
15. Aandeel vers gras	0	60%	BD-bedrijven en biologische bedrijven hebben verplichte weidegang. Bovengrens van 60% gehanteerd.
16. Aandeel graskuil	0	80%	Bovengrens van 80% gehanteerd.
17. Aandeel snijmais	0	60%	Bovengrens van 60% gehanteerd.
18. Aandeel overig ruwvoer en bijproducten	0	40%	Bovengrens van 40% gehanteerd.
19. Aandeel krachtvoer en melkpoeder	0	60%	Kempensysteem en struco-brok van ABZ zijn systemen met hoge krachtvoergift. Bovengrens van 60% gehanteerd. BD-bedrijven hebben een restrictie aan de hoeveelheid krachtvoer die ze mogen voeren.
20. Krachtvoeropname per 100 kg melk	0	60	Voersystemen Kempensysteem ForFarmers en Structobrok ABZ hebben een hoog aandeel krachtvoer in het rantsoen. Normaal is rond de 20-30.
21. Voereffecientie)	0,4	1,5	
22. RE-gehalte in het rantsoen	120	200	
23. Fosforgehalten in het rantsoen	2,5	6,0	
24. Gewasopbrengst productiegroen	0	20.000	Opbrengsten van 15 ton ds per hectare zijn haalbaar in de praktijk. Opbrengsten van 18 ton ds worden al gemeld in de praktijk. Grasexperts schatten in dat 20 ton ds mogelijk moet zijn.
25. Gewasopbrengst mais	0	25.000	Haalbare maisproducties zijn 18,4 ton ds. Opbrengsten van 21 ton ds worden al gemeld in de praktijk. Maisexperts van Limagrain schatten in dat 30 ton ds mogelijk moet zijn op termijn. Herman van Schooten heeft een bedrijf gemeten met 22 ton ds.
26. Wel productiegroenland > 1 ha, maar geen of te lage ds-opbrengst.	3.000	20.000	Als er gras is geteeld en de opbrengst is 0 moeten die records worden verwijderd. Dan wordt het rantsoen gevuld met alleen overige producten en krachtvoer en dat is niet realistisch. Je hebt ook bedrijven met onwaarschijnlijk veel van die producten en door deze selectie ga je er daar een aantal van verwijderen. Grens > 1 ha ivm paardenwei, voetbalveldje of iets dergelijks. Bij productiegroenland (excl. beheersgras) verwacht je geen lage opbrengsten. Ondergrens van 3.000 kg ds gehanteerd.
27. Wel maisland, maar geen of te lage ds-opbrengst	3.000	25.000	Als er mais is geteeld en de opbrengst is 0 moeten die records worden verwijderd. Dan wordt het rantsoen gevuld met alleen overige producten en krachtvoer en dat is niet realistisch. Je hebt ook bedrijven met onwaarschijnlijk veel van die producten en door deze selectie ga je er daar een aantal van verwijderen. Herman van Schooten verwacht dat opbrengst onder de 5 ton ds niet worden geoogst, omdat de kosten niet opwegen tegen de opbrengsten. Boeren zullen dan met bloter over het land gaan om de mais te verhakelen, en zullen waarschijnlijk al eerder hebben ingegrepen zodra ze zien dat het niks wordt en gras hebben ingezaaid. Bedrijven die wel maisland hebben maar geen of minder dan 3.000 kg ds opbrengst per hectare zijn verwijderd.
28. N-gehalte afgevoerde rundveedrijfmest	0,30	10,00	Bedrijven die rundveedrijfmest hebben afgevoerd met stikstofgehalte lager dan 0,3 of hoger dan 10,0 zijn verwijderd, omdat dit onwaarschijnlijke gehalten zijn voor rundveedrijfmest.
29. P2O5-gehalte afgevoerde rundveedrijfmest	0,30	5,00	Bedrijven die rundveedrijfmest hebben afgevoerd met fosfaatgehalte lager dan 0,3 of hoger dan 5,0 zijn verwijderd.
30. N-gehalte in begin- en eindvoorraad rundveedrijfmest	0,30	10,00	Bedrijven die WEL rundveedrijfmest in voorraad hebben maar met een stikstofgehalte lager dan 0,3 of hoger dan 10,0 zijn verwijderd, omdat dit onwaarschijnlijke gehalten zijn voor rundveedrijfmest.
31. P2O5-gehalte in begin- en eindvoorraad rundveedrijfmest	0,30	5,00	Bedrijven die WEL rundveedrijfmest in voorraad hebben met fosfaatgehalte lager dan 0,3 of hoger dan 5,0 zijn verwijderd.
32. Begin- en eindvoorraad organische meststoffen	10	-	Er zal altijd een bepaalde voorraad organische meststoffen aanwezig zijn op een bedrijf, ook op kleine melkveebedrijven die alleen vaste mest hebben.
33. Stikstofbemesting uit dierlijke meststoffen per ha bedrijfsoppervlak	50	400	De stikstofgebruiksnorm voor dierlijke mest bedraagt of 170, 230 of 250 kg N per ha, maar er zijn ook BES-bedrijven (o.a. Van Wijk mocht in 2017 325 kg N uit dierlijke mest uitrijden).

Parameter	Ondergrens	Bovengrens	Toelichting
34. Stikstofbemesting uit kunstmest per ha bedrijfsoppervlak	0	400	De stikstofgebruiksnorm is maximaal 385 kg N voor grasland op klei bij volledig maaien. Biologische boeren gebruiken geen stikstof-kunstmest, en hebben dus een waarde van 0.
35. Berekende stikstofbemesting uit dierlijke mest per hectare productiegas	0	1000	Deze variabele is de bruto hoeveelheid N, dus incl. NH ₃ -verliezen tijdens toediening/beweiding. De hoeveelheid stikstof is niet alleen het werkzame deel, maar totaal. Bij verkeerde opgave van bemesting van beheersgras, mais, en akkerland wordt een verkeerde bemesting uitgerekend van het productiegasland waardoor ammoniakemissie verkeerd wordt berekend.
36. Berekende stikstofbemesting uit dierlijke mest per hectare mais	0	1000	Deze variabele is de bruto hoeveelheid N, dus incl. NH ₃ -verliezen tijdens toediening/beweiding. De hoeveelheid stikstof is niet alleen het werkzame deel, maar totaal. Bij verkeerde opgave van bemesting van beheersgras, mais, en akkerland wordt een verkeerde bemesting uitgerekend van het productiegasland waardoor ammoniakemissie verkeerd wordt berekend.
37. Berekende stikstofbemesting uit dierlijke mest per hectare overig bouwland	0	1000	Deze variabele is de bruto hoeveelheid N, dus incl. NH ₃ -verliezen tijdens toediening/beweiding. De hoeveelheid stikstof is niet alleen het werkzame deel, maar totaal. Bij verkeerde opgave van bemesting van beheersgras, mais, en akkerland wordt een verkeerde bemesting uitgerekend van het productiegasland waardoor ammoniakemissie verkeerd wordt berekend.
38. N benutting	12,0	35,0	
39. P benutting	15,0	45,0	
40. Stikstofbenutting totaal bedrijf	10	90	
41. fosfaatbenutting totaal bedrijf	1	100	
42. Stikstof bodemoverschot	-100	450	
43. Fosfaat bodemoverschot	-100	100	
44. Stikstofoverschot bedrijf	0	550	
45. Wel graslandproductie, maar pceigen_n op 0	1	-	Check op negatieve waarden opb_gras_ds vindt reeds plaats bij punt 24.
46. Wel graslandproductie, maar pceigen_p op 0	1	-	Check op negatieve waarden opb_gras_ds vindt reeds plaats bij punt 24.
47. Wel graslandproductie, maar pceigen_vem op 0	1	-	Check op negatieve waarden opb_gras_ds vindt reeds plaats bij punt 24.
48. VEM-gehalte in het rantsoen	800	1200	
49. KLW-status	ACC	DEF	Bedrijven die de status van CON (concept) hadden zijn verwijderd.
50. N-gehalte in begin- en eindvoorraad vaste rundveemest	3,00	30,00	
51. P2O5-gehalte in begin- en eindvoorraad vaste rundveemest	1,00	20,00	
52. N-gehalte in begin- en eindvoorraad drijfmest intensief	0,50	30,00	
53. P2O5-gehalte in begin- en eindvoorraad drijfmest intensief	1,00	20,00	
54. N-gehalte in begin- en eindvoorraad vaste mest intensief	3,00	75,00	
55. P2O5-gehalte in begin- en eindvoorraad vaste mest intensief	1,00	60,00	
56. Check begin- en eindvoorraden compost i.r.t. stikstof- en fosfaatgehalten	0,01	50,00	
57. Check begin- eindvoorraden dunne fractie i.r.t. stikstofgehalte	0,20	30,00	
58. Check begin- eindvoorraden dunne fractie i.r.t. fosfaatgehalte	0,01	5,00	Hele lage fosfaatgehalten zou in principe kunnen bij gebruik van centrifuge en hulpstoffen die fosfaat binden waardoor deze in de dikke fractie terecht komt.

Parameter	Ondergrens	Bovengrens	Toelichting
59. Check begin-eindvoorraden vaste fractie i.r.t. stikstofgehalte	3,00	30,00	Er kan ook dikke fractie vleesvarkensmest aanwezig zijn. Hoeft niet perse alleen koeienmest te zijn.
60. Check begin-eindvoorraden vaste fractie i.r.t. fosfaatgehalte	1,00	30,00	Er kan ook dikke fractie vleesvarkensmest aanwezig zijn. Hoeft niet perse alleen koeienmest te zijn.
61. Check op negatieve gehalten in de rantsoen componenten: - VEM-gehalte - RE-gehalte - P-gehalte	0	-	Bedrijven met een negatief VEM-gehalten, RE-gehalten of P-gehalten in rantsoen componenten zijn verwijderd.
62. Check op negatieve uitkomsten: - vastlegging N in overige graasdieren	-5,00%	-	Bij de parameter vastlegging N in overige graasdieren komen negatieve waarden vanwege het hanteren van forfaits in de berekeningswijze. Om niet teveel bedrijven te verwijderen is berekend wat het percentage vastleg_ovg_n t.o.v. vastleg_mlk_n ($\text{vastleg_ovg_n} / \text{vastleg_mlk_n}$) is. Bedrijven met een negatief aandeel van -5,0% of meer zijn verwijderd omdat verondersteld wordt dat daar de invloed te groot is op eindresultaat.

Bijlage 2 Lijst met gebruikte variabelen

Variabele	Omschrijving	Eenheid
akker_tmst_kgn	N-bemesting akkerland	kg N/ha
akker_tmst_kgp2o5	P-bemesting akkerland	kg P ₂ O ₅ / ha
benut_n_bed	N-benutting per bedrijf	%
biobedrijf	Biologisch bedrijf ¹	ja/nee
bkg_alloc_fpcm	Allocatiefactor naar melkproductie	(0 - 1)
dzh_blijgras_aand	Blijvend grasland ¹	%
dzh_co2_melkprod	Broeikasgasemissies	g CO ₂ -eq/kg FPCM
- dzh_co2_pernsferm	- pensfermentatie	
- dzh_co2_mestopsl	- mestopslag	g CO ₂ -eq/kg FPCM
- dzh_co2_aanvoer	- aanvoerbronnen	g CO ₂ -eq/kg FPCM
- dzh_co2_voerprod	- teelt	g CO ₂ -eq/kg FPCM
- dzh_co2_energie	- energie	g CO ₂ -eq/kg FPCM
dzh_eiwit_pceig	Eiwit van eigen land	%
dzh_nbodem_over	Stikstofbodemoverschot	kg N/ha
dzh_nh3_bedrha	Ammoniakemissie per ha	kg NH ₃ / ha
excretie1_melk	N-excretie per ton melk	kg N / kg melk
excretie2_melk	P-excretie per ton melk	kg P ₂ O ₅ / kg melk
gk_aandeel	Aandeel kuilgras in rantsoen	%
gk_geh_re	Ruw eiwit gehalte kuilgras	g RE/kg ds
gk_geh_vem	VEM gehalte kuilgras	VEM/kg ds
gr_aandeel	Aandeel vers gras in rantsoen	%
gr_geh_re	Ruw eiwit gehalte vers gras	g RE/kg ds
gr_geh_vem	VEM gehalte vers gras	VEM/kg ds
graspr_tmst_kgn	N-bemesting productiegrasland	kg N/ha
graspr_tmst_kgp2o5	P-bemesting productiegrasland	kg P ₂ O ₅ /ha
jvper10mk	Jongvee per 10 melkkoeien	#
kv_aandeel	Aandeel krachtvoer in rantsoen	%
kv_geh_re	Ruw eiwit gehalte krachtvoer	g RE/kg
kv_geh_vem	VEM gehalte krachtvoer	VEM/kg
kvper100kgmelk	Krachtvoer per 100 kg melk (excl. bijproducten)	kg/100 kg melk
mais_tmst_kgn	N-bemesting maisland	kg N/ha
mais_tmst_kgp2o5	P-bemesting maisland	kg P ₂ O ₅ /ha
melk_koe	Melkproductie per koe	kg melk/jaar
melk_ton_ha	Intensiteit	ton melk/ha
natuur_tmst_kgn	N-bemesting natuurgrasland	kg N/ha
natuur_tmst_kgp2o5	P-bemesting natuurgrasland	kg P ₂ O ₅ /ha
opb_gras_ds	Grasopbrengst	kg ds/ha
opb_mais_ds	Maisopbrengst	kg ds/ha
ov_aandeel	Aandeel overig ruwvoer en bijproducten in rantsoen	%
ov_geh_re	Ruw eiwit gehalte overig ruwvoer en bijproducten	g RE/kg ds
ov_geh_vem	VEM gehalte overig ruwvoer en bijproducten	VEM/kg ds
rantsoen_rekvem	RE / kVEM verhouding rantsoen	g RE/kVEM
sm_aandeel	Aandeel snijmais in rantsoen	%
sm_geh_re	Ruw eiwit gehalte snijmais	g RE/kg ds
sm_geh_vem	VEM gehalte snijmais	VEM/kg ds
VervPerc	Vervangingspercentage	%
vPercGrasl	Aandeel grasland	%
vPerc_klei_bedrijf	Percentage kleigrond	%
vPerc_veen_bedrijf	Percentage veengrond	%
vPerc_zand_bedrijf	Percentage zandgrond	%
weidmk_urn_jr	Weidegang	uren/jaar

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.

