

Kengetallen

E-48

Fokwaarde methaan

▪ Inleiding

Methaan is een krachtig broeikasgas dat bijdraagt aan de opwarming van de aarde. Het opwarmende effect van methaan is ongeveer 34 keer krachtiger dan koolstofdioxide, en het verminderen van methaanuitstoot kan dus aanzienlijk bijdragen aan het verminderen van de opwarming van de aarde. Zowel in Nederland als Vlaanderen heeft de landbouw opdracht om de methaanuitstoot te verminderen.

Ongeveer driekwart van de methaanuitstoot uit de landbouw is afkomstig van herkauwers, waarbij koeien het grootste deel voor hun rekening nemen. 85% van de methaanuitstoot van een koe komt door enterische pensfermentatie, waarbij de koe de gevormde methaan zal uitboeren. De overige 15% methaanuitstoot van een koe komt door de mest. Een goed mestmanagement kan hier voor een reductie in methaanuitstoot zorgen.

Methaanuitstoot bij koeien kan gemeten worden met zogenaamde 'sniffers' en GreenFeeds (van Breukelen et al., 2021). Sinds 2019 wordt met 'sniffers' de methaanuitstoot van koeien gemeten op een honderdtal melkveebedrijven in Nederland. Sinds 2022 wordt er ook met GreenFeeds gemeten.

Naast de gemeten voeropname, kan ook informatie gebruikt worden van de melkproductie, vetproductie, voeropname en lichaamsgewicht van een dier. Deze vier kenmerken geven namelijk een voorspelling van de methaanuitstoot van een koe.

De data uit deze twee bronnen (gemeten methaanuitstoot en voorspelde methaanuitstoot) worden gebruikt in de fokwaardeschatting voor methaanuitstoot. Dit E-hoofdstuk geeft een nadere toelichting op de fokwaardeschatting voor methaanuitstoot.

▪ Data

Metingen methaan

1. Sniffer

Sniffers zijn geïnstalleerd in melkrobots, en meten de luchtsamenstelling van de lucht die wordt opgevangen in de voerbak van de melkrobot. De sniffer meet gedurende de dag de methaanconcentratie in de lucht. Door de koppeling te maken met AMS (automatisch melk systeem) data op basis van datum en tijdstip, valt te achterhalen welke metingen van de methaanconcentratie in de lucht toebehoren aan welke koe.

De sniffer meet de methaanconcentratie in de lucht in deeltjes per miljoen luchtdeeltjes (parts per million, 'ppm'), daarnaast wordt ook de koolstofdioxide concentratie in deeltjes per miljoen gemeten. In een melkveestal is al een achtergrondconcentratie methaan aanwezig, dit wordt veroorzaakt door methaan uit mest en door alle lucht die de koeien uitademen. De sniffer is niet in staat om onderscheid te maken tussen methaan uit achtergrondconcentratie en methaan die wordt uitgedemd door de koe die op dat moment in de melkrobot aanwezig is. Ook zal de gemeten methaanconcentratie groter zijn wanneer de koe met haar kop dichterbij de sniffer is op het moment van uitademen. Dit alles maakt dat een sniffer niet heel exact de methaanuitstoot van een koe kan meten. Desondanks is uit eerder onderzoek

gebleken dat sniffers wel goed in staat zijn om dieren te rangschikken op methaanuitstoot. Dit is in principe ook waar fokkerij om draait, het rangschikken van dieren op een kenmerk om tot de juiste selectie te komen.

Alle metingen in één week worden samengevoegd in een weekgemiddelde. Hiervoor dienen minimaal vier metingen in één week aanwezig te zijn. Aangezien tijdstip op de dag van meten behoorlijk van invloed kan zijn op de methaanemissie (emissies nemen toe nadat een koe gevreten heeft), wordt er hiervoor ook gecorrigeerd op de individuele metingen. De formule om te corrigeren voor tijdstip van meten is als volgt (van Breukelen et al, 2023):

$$y_{ij} = \mu + \text{bedrijf}_i \cdot \sum_{j=1}^1 (\sin j\theta 2\pi + \cos j\theta 2\pi) + e_i$$

waarbij y_{ij} de gemeten methaanemissie is, bedrijf_i is het fixed effect voor bedrijf i , j is de graad in de regressie, en in deze analyse is gekozen voor een eerstegraads regressie, θ is een fractie, weergegeven in decimalen, van het tijdstip van meten op de dag waarbij een dagelijkse 24-uurs cyclus wordt gevolgd, en e is de restterm.

Door te werken met weekgemiddeldes wordt de onnauwkeurigheid in de metingen door de sniffer zoveel mogelijk uitgemiddeld. De uiteindelijke observatie die wordt gebruikt in de fokwaardeschatting is de gemiddelde methaanuitstoot in een week weergegeven in deeltjes per miljoen.

2. GreenFeed

De GreenFeed is een soort krachtvoerstation die ook de luchtconcentratie meet. Het verschil met de sniffer is echter dat de GreenFeed actief alle lucht aanzuigt, waardoor alle uitgeademde lucht van de koe wordt geanalyseerd. Dit zorgt ervoor dat de GreenFeed in staat is om de methaanuitstoot van de koe weer te geven in gram per dag.

Om de onnauwkeurigheid in de observaties te verkleinen, wordt er ook hier een weekgemiddelde berekend indien er tenminste drie metingen aan een dier zijn verricht in die week. Ook bij de GreenFeed worden individuele metingen, voordat ze het weekgemiddelde ingaan, gecorrigeerd voor tijdstip van de meting. Aangezien er meerdere GreenFeeds op een bedrijf aanwezig kunnen zijn, wordt er ook gecorrigeerd voor GreenFeed-box binnen een bedrijf. De effecten voor tijdstip van meten en GreenFeed-box worden geschat in hetzelfde model waarbij ook rekening wordt gehouden met andere invloeden zoals lactatiestadium, variatie binnen de veestapel en pariteit. De geschatte effecten worden vervolgens gebruikt om de gemeten methaanemissie te corrigeren. Het model om te corrigeren voor tijdstip van meten en GreenFeed-box is:

$$y_{ijklmnop} = \mu + \sum (\sin j\theta 2\pi + \cos j\theta 2\pi) + box_i + JS_p + dier_k + dil_l + par_m + leeftijd_n + e_o$$

waarbij $y_{ijklmnop}$ de gemeten methaanemissie is, j is de graad in de regressie, en in deze analyse is gekozen voor een eerstegraads regressie, θ is een fractie, weergegeven in decimalen, van het tijdstip van meten op de dag waarbij een dagelijkse 24-uurs cyclus wordt, box_i is de GreenFeed box i binnen het bedrijf, JS_p is jaar en seizoen p , $dier_k$ is koe k , dil_l is dagen in lactatie l , par_m is pariteit m , $leeftijd_n$ is leeftijd bij eerste keer afkalven in maanden n , e_o is de restterm o .

De restterm is een random effect, het tijdstip van meten is een covariabele waarbij een vijfdegraads polynoom wordt gebruikt, alle andere effecten zijn fixed effecten.

Gegevens in de fokwaardeschatting

De fokwaardeschatting maakt gebruik van zowel de sniffer als de GreenFeed data. Het grootste deel van de informatie wordt gehaald uit de sniffer data aangezien deze dataset vele malen groter is dan de GreenFeed data, maar dit betekent wel dat alle dieren een fokwaarde krijgen die kan worden uitgedrukt in gram per dag door het gebruik van de genetische correlatie tussen deeltjes per miljoen en gram per dag.

Met deze wijze wordt gebruik gemaakt van alle beschikbare informatie, en krijgen alle dieren wel een fokwaarde die is uit te drukken in gram per dag of kilogram per jaar. Dit maakt de vertaalslag tussen genotypische en fenotypische vooruitgang mogelijk en daarmee valt ook aan te tonen dat er door fokkerij daadwerkelijk methaanreductie wordt of kan worden behaald.

▪ Data-selectie

Koeien en observaties die de fokwaardeschatting ingaan, moeten aan een aantal eisen voldoen. De eisen staan hieronder uiteengezet:

1. een dier met observaties is vrouwelijk, stamboek geregistreerd en de vader is bekend;
2. een dier met observaties heeft minder dan 50% BBL bloedvoering;
3. afkalfleeftijd van vaarzen is niet jonger dan 1.08 jaar of ouder dan 3.00 jaar;
4. kalfdatum van eerste keer afkalven is bekend;
5. koe is niet langer dan 350 dagen in lactatie;
6. een individuele methaan meting wijkt niet meer dan vier standaard deviaties af van de gemiddelde methaanemissie in deeltjes per miljoen (voor sniffer metingen);
7. een individuele methaan meting ligt tussen de 150 en 1200 deeltjes per miljoen, waarbij de gemeten koolstofdioxide tussen de 1000 en 10000 deeltjes per miljoen ligt;
8. een weekobservatie (weekgemiddelde) bevat bij de sniffer ten minste 4 metingen en bij de GreenFeed ten minste 3 metingen;
9. koe heeft minstens twee minuten in de GreenFeed gestaan voor een individuele GreenFeed meting.

In April 2026 is de analyse uitgevoerd op ongeveer 9.500 koeien met sniffer data en ongeveer 400 koeien met GreenFeed data.

▪ Statistisch model

Het statistische model, dat gehanteerd wordt bij het diermodel voor methaanuitstoot, is opgesplitst naar een model voor lactatie 1 en 2 en een model voor lactatie 3+. Het statistisch model voor lactatie 1 en 2 ziet er als volgt uit:

$$Y1_{ijklmnop} = BJS_i + DIM_j + ALVA_k + HET_m + REC_n + INT_o + A_p + PME_l + Rest_{ijklmnop}$$

En het model voor lactatie drie en hoger is:

$$Y2_{ijklmnop} = BJS_i + DIM_j + LAC_k + HET_m + REC_n + INT_o + A_p + PME_l + Rest_{ijklmnop}$$

Waarbij:

$Y1_{ijklmnop}$: observatie op bedrijf*jaar*seizoen i (voor sniffer data) of bedrijf*jaar*maand i (voor GreenFeed data), met lactatiedagen j , leeftijd bij afkalven k , heterosis

	effect m , recombinatie effect n , inteelt effect o , permanent milieu effect l , aan dier p in lactatie 1 of lactatie 2;
$Y_{2ijklmnop}$: observatie op bedrijf*jaar*seizoen i (voor sniffer data) of bedrijf*jaar*maand i (voor GreenFeed data), met lactatiedagen j , lactatienummer k , heterosis effect m , recombinatie effect n , inteelt effect o , permanent milieu effect l , aan dier p in lactatie 3 of hoger;
BJS_i	: bedrijf * jaar * seizoen i (voor sniffer data) of bedrijf * jaar * maand i (voor GreenFeed data);
DIM_j	: dagen in lactatie j ;
$ALVA_k$: leeftijd bij afkalven k ;
LAC_k	: lactatienummer k ;
HET_m	: heterosis effect m ;
REC_n	: recombinatie effect n ;
INT_o	: inteelt effect o ;
A_p	: additief genetisch effect van dier p ;
PME_q	: permanent milieu effect l ;
$Rest_r$: restterm r van hetgeen niet door $Y_{1ijklmnop}$ en $Y_{2ijklmnop}$ verklaard wordt.

De effecten A , PME en $Rest$ zijn random, de effecten HET , REC en INT zijn covariabelen, de overige effecten zijn fixed.

Management effecten tussen en binnen bedrijven worden gecorrigeerd door bedrijf x jaar x seizoen van afkalven. Verschillen in bijvoorbeeld rantsoen worden hierdoor zoveel mogelijk gecorrigeerd, aangezien het rantsoen een aanzienlijk deel van de methaanuitstoot verklaart. Ook verschillen in meetniveau van de sniffers wordt hierdoor gecorrigeerd. Voor de GreenFeed observaties is er daarom ook een voorcorrectie op GreenFeed station, aangezien er meerdere GreenFeeds op hetzelfde bedrijf staan.

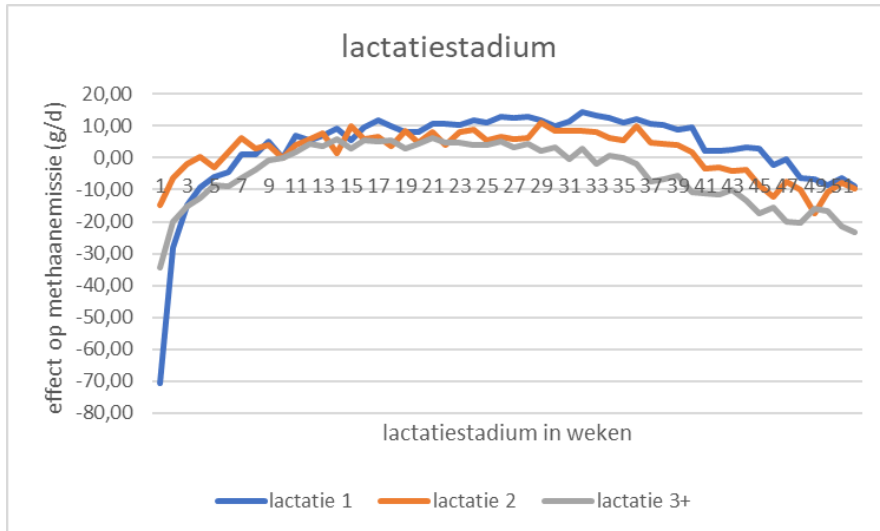
Droge stof opname bepaalt voor een groot gedeelte de methaanuitstoot van koeien. Lactatiestadium, lactatienummer en fysieke ontwikkeling van de koeien bepalen echter voor een groot gedeelte de droge stof opname van de koeien. Daarom wordt er voor deze effecten gecorrigeerd in het model voor methaanuitstoot.

De figuren 1 tot en met 3 tonen de effecten van lactatiestadium, leeftijd bij afkalven en lactatienummer op de methaanemissie. De effecten komen voort uit de modeloplossingen.

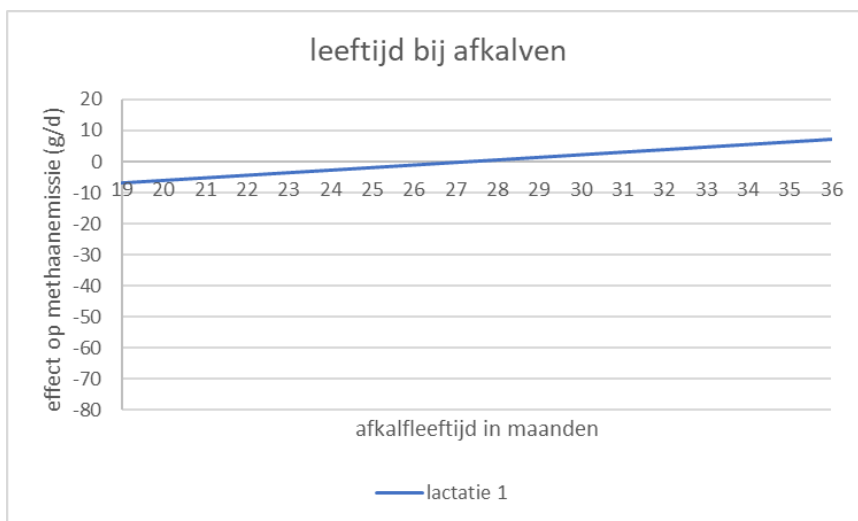
Voor lactatiestadium geldt een verschil van ongeveer 30 gram per dag tussen de top van de grafiek in het midden van de lactatie en het laagste punt van de grafiek in een vroeg en laat lactatiestadium. Een hogere methaanemissie in het midden van de lactatie is te verklaren doordat melkproductie en voeropname hier ook het grootst zullen zijn. De effecten per week worden hier vergeleken ten opzichte van week 10. Het effect bij week 10 is in de grafiek nul.

Dieren die op een oudere leeftijd afkalven hebben een hogere methaanemissie. Dit is te verklaren doordat dieren die ouder afkalven gemiddeld genomen ook verder ontwikkeld zijn, wat leidt tot een hoger lichaamsgewicht en meer voeropname. Het effect van leeftijd bij afkalven is ongeveer 15 gram per dag verschil tussen dieren die jong afkalven en dieren die oud afkalven. De effecten worden uitgedrukt ten opzichte van een afkalfleefijd van 27 maanden. Het effect bij 27 maanden is in de grafiek nul. De effecten zijn ingedeeld in klassen van één maand, lopend van 19 maanden tot 36 maanden. Bij lactatie twee zijn de klassen ingedeeld van een afkalfleefijd van 28 maanden tot 48 maanden. Voor lactatie 2 is eenzelfde patroon zichtbaar als voor lactatie 1.

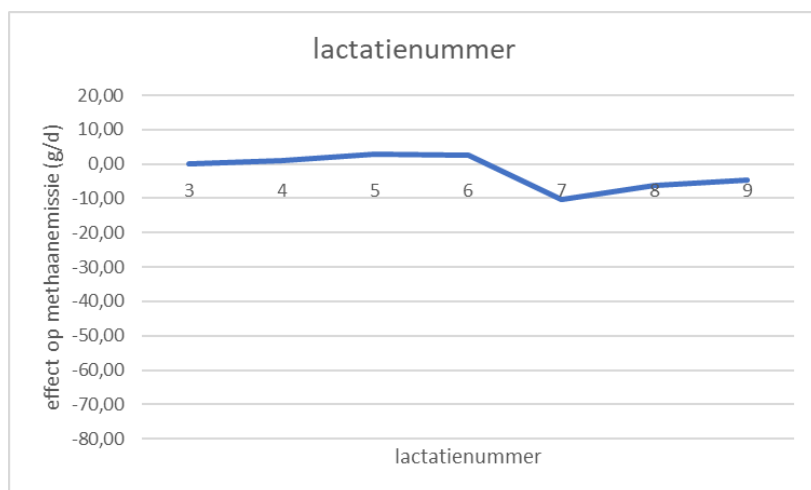
Voor lactatienummer geldt dat dieren in lactatie 3, 4, 5 en 6 een hogere methaanemissie hebben dan dieren in hogere lactaties. Dit is te verklaren doordat oudere dieren ook minder voer zullen opnemen en ook een lagere melkproductie hebben ten opzichte van volwassen koeien in lactatie 3, 4, 5 en 6. Het verschil is ongeveer 10 gram per dag. De effecten in de figuur zijn ten opzichte van lactatie 3. Het effect van lactatie 3 in de figuur is nul.



Figuur 1. Effect van lactatiestadium in weken op de methaanemissie in gram per dag.



Figuur 2. Effect van leeftijd bij afkalven in maanden op de methaanemissie in gram per dag voor lactatie 1.



Figuur 3. Effect lactatienummer op de methaanemissie in gram per dag.

Parameters

De erfelijkheid, herhaalbaarheid en genetische spreiding van de methaankenmerken staan weergegeven in tabel 1.

Tabel 1. Erfelijkheid (h^2), herhaalbaarheid (r^2) en genetische spreiding van de methaankenmerken in lactatie 1 (lac. 1), lactatie 2 (lac. 2) en lactatie 3+ (lac. 3+).

kenmerk	eenheid	h^2	r^2	genetische spreiding
sniffer lac. 1	deeltjes per miljoen	0,31	0,39	48,4
sniffer lac. 2	deeltjes per miljoen	0,46	0,52	60,7
sniffer lac 3+	deeltjes per miljoen	0,44	0,54	58,6
GreenFeed lac. 1	gram per dag	0,34	0,60	42,4
GreenFeed lac. 2	gram per dag	0,37	0,60	51,9
GreenFeed lac 3+	gram per dag	0,37	0,60	51,9

De erfelijkheidsgraad van methaanuitstoot in deeltjes per miljoen (sniffer) is 0,31 voor lactatie 1, 0,46 voor lactatie 2 en 0,44 voor lactatie 3+. De erfelijkheidsgraad van methaanuitstoot in gram per dag (GreenFeed) is 0,34 voor lactatie 1 en 0,37 voor zowel lactatie 2 als lactatie 3+.

De genetische correlatie tussen deeltjes per miljoen en gram per dag is 0,76 en is geschat door Wageningen Livestock Research (WLR) (van Breukelen et al., 2023).

Fokwaarden

Er worden negen fokwaarden geschat, waarvan de eerste acht hieronder worden weergegeven. De negende fokwaarde volgt in paragraaf *Selectie-index*.

Op basis van zowel deeltjes per miljoen als gram per dag wordt er een fokwaarde geschat voor lactatie 1, 2 en 3+ (2 kenmerken x 3 lactaties = 6 fokwaarden), waarbij voor allebei de kenmerken ook een totaal fokwaarde wordt bepaald op basis van drie lactatiefokwaarden. Dit maakt acht fokwaarden in totaal.

De wegingen in de totaal fokwaarde zijn 0,423, 0,288 en 0,227 voor respectievelijk lactatie 1, lactatie 2 en lactatie 3+.

Door gebruik te maken van de genetische correlatie tussen deeltjes per miljoen en gram per dag, krijgen alle dieren met fenotypische data voor deeltjes per miljoen ook een fokwaarde in gram per dag, en omgekeerd geldt hetzelfde: dieren met fenotypische data in gram per dag krijgen ook een fokwaarde in deeltjes per miljoen.

▪ **Selectie-index**

De totaal fokwaarde in gram per dag zal worden ingebracht in de selectie-index. In de selectie-index worden ook de fokwaarden voor melkproductie, vetproductie, voeropname en lichaamsgewicht ingebracht. Vanuit literatuur, en WLR heeft dezelfde bevindingen, is bekend dat dit de kenmerken zijn die in absolute zin de hoogste genetische correlatie hebben met methaanuitstoot.

Via de genetische correlatie kan informatie uit de fokwaarden voor melkproductie, vetproductie, voeropname en lichaamsgewicht worden gebruikt om de betrouwbaarheid van de fokwaarde voor methaan in gram per dag te verhogen. Daarnaast geldt dat voor dieren zonder fenotypische data toch een fokwaarde voor methaanuitstoot kan worden geschat op basis van deze voorspellers.

In de fokwaardeschatting worden correlaties gebruikt van 0,39, 0,19, 0,20 en 0,09 tussen methaanemissie en respectievelijk melkproductie, vetproductie, voeropname en lichaamsgewicht. Een hogere melkproductie, hogere vetproductie, hogere voeropname en hoger lichaamsgewicht komen dus overeen met een hogere methaanemissie, wat eigenlijk ongewenst is omdat gepoogd wordt de methaanemissie terug te dringen.

Het resultaat van de selectie-index is een fokwaarde methaan in gram per dag inclusief voorspellers.

Door gebruik van de selectie-index stijgt de betrouwbaarheid van de fokwaarde voor methaan in gram per dag met ongeveer 7 à 8% voor stieren zonder dochterinformatie.

▪ **Presentatie**

Het kenmerk dat zal worden gepubliceerd is methaanuitstoot in gram per dag inclusief voorspellers. Een fokwaarde boven de 100 zal betekenen dat er meer genetische aanleg is voor een lagere methaanuitstoot, terwijl een fokwaarde onder de 100 betekent dat er een lagere genetische aanleg is voor een lagere methaanuitstoot. Fokwaarden boven de 100 zijn dus gewenst, want dit geeft minder methaanuitstoot. Een fokwaarde van 100 zal overeenkomen met een methaanuitstoot van 435 gram per dag, waarbij vier punten fokwaarden overeenkomen met 28 gram per dag.

Fokwaarden zullen alleen worden geschat voor Holstein-dieren.

▪ **Basis**

Zie hoofdstuk 'Bases voor fokwaarden en basisverschillen'

▪ Literatuur

Van Breukelen, A.E. , Aldridge, M.N. , Veerkamp, R.F. , Koning, L. , Sebek, L.B. , de Haas, Y. (2021). Measurements of enteric CH₄ from two noninvasive sensors for genetic evaluations. *WIAS Annual Conference 2022*.

Van Breukelen, A. E., Aldridge, M. N., Veerkamp, R. F., Koning, L., Sebek, L. B., & de Haas, Y. (2023). Heritability and genetic correlations between enteric methane production and concentration recorded by GreenFeed and sniffers on dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 106(6), 4121-4132.