



Verkenning van maatregelen voor vermindering van methaanemissie uit de melkvee- en varkenshouderij voor het bereiken van klimaatdoelen 2030

Theun Vellinga

Openbaar
Rapport 1418



WAGENINGEN
UNIVERSITY & RESEARCH

Verkenning van maatregelen voor vermindering van methaanemissie uit de melkvee- en varkenshouderij voor het bereiken van klimaatdoelen 2030

Theun Vellinga

Wageningen Livestock Research

Dit onderzoek is uitgevoerd door Wageningen Livestock Research en gesubsidieerd door het ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit, in het kader van het Beleidsondersteunend onderzoek thema 'Klimaat Envelop' (projectnummer BO-43.10-002-036).

Wageningen Livestock Research
Wageningen, mei 2023

Rapport 1418

Samenvatting NL

In dit rapport is verkend welke combinaties van maatregelen mogelijk zijn om methaanemissies te verminderen met 4.2 megaton CO₂-equivalenten in 2030 ten opzichte van 2020. Maatregelen gericht op vermindering van methaan uit de pens (melkvee) en uit de mest (melkvee en varkens) zijn verkend. De potentiële reductie van maatregelen is bijna groot genoeg om, in combinatie met krimp van de veestapel, de geplande reductie in 2030 te bereiken. Sommige maatregelen zijn wel effectief, maar kunnen niet snel worden ingevoerd en hebben op de lange termijn een groter effect dan voor 2030 wordt berekend.

Summary UK

Combinations of interventions are being explored to quantify their contribution to the planned reduction of methane emissions with 4.2 megaton CO₂-equivalents in 2030 from the agricultural sector. Interventions focusing on rumen (dairy) and manure (dairy and pigs) are explored. In combination with a decrease in animal numbers, the reduction potential is almost large enough to realise the methane targets for 2030. Some interventions have not yet realised their potential in 2030, due to the fact that implementation is a long term process.

Dit rapport is gratis te downloaden op <https://doi.org/10.18174/629796> 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
	Summary	11
1	Inleiding	15
	1.1 Aanleiding	15
	1.2 Onderzoekvragen	15
	1.3 Doel	16
2	Werkwijze	17
	2.1 Broeikasgassen in de veehouderij	17
	2.2 Waar ontstaat methaan?	18
	2.3 Gebruikte data en modellen	18
	2.4 Referentiescenario	19
	2.5 Maatregelen	19
	2.5.1 Verminderen via spijsvertering	20
	2.5.2 Verminderen via methaan uit mest	22
	2.5.3 Het karakter van de maatregelen	23
	2.5.4 Maatregelpakketten	25
3	Resultaten	28
	3.1 De effecten van krimp bij melkvee en varkens	28
	3.2 De effecten van maatregelen bij melkvee en varkens	30
	3.2.1 Beweiding	30
	3.2.2 Maatregelen pensfermentatie	31
	3.2.3 Maatregelen mest melkveehouderij	32
	3.2.4 Maatregelen mest varkenshouderij	33
	3.3 Verlenging van de productieve levensduur bij melkvee	34
	3.4 Gecombineerde effecten bij melkvee en varkens	35
	3.4.1 Gecombineerde effecten melkveehouderij	35
	3.4.2 Gecombineerde effecten varkenshouderij	36
	3.5 De overige veehouderijsectoren	37
4	Discussie en conclusies	38
	4.1 Mogelijke neveneffecten	38
	4.1.1 Beweiding	38
	4.1.2 Overige neveneffecten	39
	4.2 Invoering van maatregelen	40
	4.3 Totaaloverzicht van effecten	41
	4.4 Vergelijking met de Scenariostudie NPLG	42
	4.5 Maximaal of haalbaar?	42
	Literatuur	44

Woord vooraf

Dit rapport beschrijft de effecten van maatregelen om de emissie van methaan te verminderen. Deze berekeningen konden alleen worden uitgevoerd dankzij het vele onderzoek dat collega's van Wageningen Livestock Research en andere onderzoeksinstituten hebben uitgevoerd. Veel experimenteel onderzoek en bijbehorende emissiemetingen zijn nodig geweest om te zorgen dat in modelberekeningen betrouwbare uitspraken gedaan kunnen worden. Hun werk is weinig zichtbaar in het rapport, omdat er geen uitgebreide beschrijving wordt gegeven van alle emissiefactoren. Een woord van dank aan al die collega's is hier op zijn plaats. Onderzoek is een kwestie van samenwerking en van het erkennen en gebruiken van elkaars kennis.

Op deze plaats wil ik ook de reviewers van het rapport hartelijk danken. Ze hebben mij een hoop werk bezorgd, maar daarmee is het resultaat wel verbeterd.

Theun Vellinga

Samenvatting

De Nationale Methaanstrategie van het ministerie van LNV stelt als doel een methaanreductie van 4.2 megaton CO₂-equivalenten voor de landbouw (31 % van de huidige 13,4 megaton) in het jaar 2030 t.o.v. 2020. De verwachting is dat de gebiedsgerichte aanpak van het Nationaal Programma Landelijk Gebied (NPLG) en de te verwachten krimp van de veestapel hieraan zullen bijdragen. De vraag is echter of de combinaties van krimp en technische maatregelen nodig zijn om deze reductie te behalen. Dit rapport geeft inzicht in welke aanvullende maatregelen mogelijk zijn, hoeveel de reductie kan zijn, afhankelijk van de deelname door boeren en op welke termijn die reducties gerealiseerd kunnen worden. De reductie van emissies door maatregelen wordt afgezet tegen de ontwikkeling van de broeikasgasemissies zoals deze door de Klimaat- en Energieverkenning voor de landbouw wordt beschreven. De nadruk in dit rapport ligt op de maatregelen om methaanemissie te verminderen in de melkvee- en varkenshouderij. Deze twee sectoren zijn samen goed voor bijna 90 % van de totale methaanemissie uit de landbouw. Er zijn twee sporen te onderscheiden: ten eerste bij de vertering van voer in de pens of darm van het dier en ten tweede bij de afbraak van organische stof in de mestopslag. Deze maatregelen zijn beoordeeld op de snelheid waarmee ze kunnen worden ingevoerd, de flexibiliteit, de mate waarin een maatregel kan worden volgehouden, de kostprijs en of de uitvoering betrouwbaar gemonitord kan worden (Tabel S1).

Tabel S1 *Maatregelen om methaanemissies in de melkvee- en varkenshouderij te verminderen en eigenschappen voor toepassing.*

Omschrijving	Grijpt aan op	Snelheid van invoeren*	Flexibel **	Volhoudbaar?***	Kostprijs melk	Betrouwbare monitoring****
Beweiding	Pens en mest	Hoog	Beperkt	Matig	Lager tot neutraal	In ontwikkeling
Additieven	Pens	Hoog	Sterk	Matig	Hoger (1cent/kg melk)	Lastig, via aankoopfacturen?
Fokkerij	Pens	Laag	Zeer beperkt	Goed	Neutraal,	Goed, controle stierkeuze
Levensduur	Pens en mest	Matig	Beperkt	Goed	Lager	Veeadministratie
Stallen, dichte vloer, externe opslag, behandelingsmest	Mest	Laag	Zeer beperkt	Goed	Hoger (nu nog)	Goed, controle stal en installaties
Krimp	Pens en mest	Matig tot laag	Niet	Goed	Hoog	Goed

* Snelheid van invoeren: Hoog: 1 – 2 jaar, Matig: 2 – 10 jaar; Laag: 5 – 25 jaar.

** Flexibel: kan bij nieuwe inzichten de maatregel worden aangepast?

*** Volhoudbaar: is een gekozen maatregel eenvoudig vol te houden, of kan makkelijk worden afgeweken van deze keuze? Als stimulansen voor beweiding of additieven wegvallen, kan gemakkelijk worden opgehouden met de uitvoering. Beoordeling door experts.

**** Betrouwbare monitoring: kan eenvoudig en eenduidig, kwalitatief en kwantitatief, worden vastgesteld dat de maatregel is toegepast? Beoordeling op basis van ervaring met KringloopWijzer.

Met name de maatregel “meer beweiden” en “additieven in het voer” zijn snel in te voeren, maar blijken ook de twee te zijn waarbij monitoring nog wel een vraagstuk is. Maatregelen zoals fokkerij op lage methaanemissies en aanpassing van stallen zijn maatregelen die geleidelijk ingevoerd kunnen worden en waarvan de realisatie pas op langere termijn maximaal is. Het zijn wel maatregelen die goed zijn te monitoren. Ook krimp wordt gezien als een maatregel die een lange doorlooptijd kent.

De effectiviteit van een maatregel is afhankelijk van de kwaliteit van de uitvoering en van de deelname door de veehouders. Wat betreft effectiviteit is de gemiddelde waarde aangehouden van hetgeen in de literatuur als maximum en minimum wordt genoemd. Voor de deelname zijn twee scenario's gekozen: 50 % en 100 % deelname door veehouders.

De potentiële reductie is vervolgens berekend door krimp van de veestapel, door de toepassing van de maatregelen en door een combinatie van beide. De effecten van de maatregelen op de emissie van methaan is samengevat in tabel S2.

Tabel S2 Overzicht van de mogelijke reductie van methaanemissies in de melkveehouderij en varkenshouderij ten opzichte van 2020.

		KEV 2021	Potentiële reductie in 2030 t.o.v. 2020 (megaton CO ₂ -eq.)	
Groep		Jaar 2020	Ondergrens	Bovengrens
Melkvee		9.13		
	Voorgen. Beleid (KEV2021)		-0.17	-0.17
	Krimp 10 – 30 % A		0.76	2.62
	Weiden* B		0.07	0.63
	Pens: toevoegmiddelen C1		0.49	1.15
	Pens: fokkerij C2		-0.01	-0.02
	Mest (stal & opslag) D		-0.05	0.06
	Levensduur ** E		0.11	0.22
	Pens & Mest C+D		0.67	1.50
	Krimp20&Pens&Mest A+C+D		2.36	3.03
	Krimp20&Pens&Mest&Weiden A+B+C+D		2.42	3.57
	Krimp20&Pens&Mest&Weiden&Levensduur A+B+C+D+E		2.51	3.75
Varkens		2.43		
	Voorgen. Beleid (KEV2021)		0.15	0.15
	Krimp 10 – 30 % A		0.38	0.84
	Mest(stal & opslag) D		0.27	0.39
	Krimp20&Mest A+D		0.70	0.79
Pluimvee		0.08		
Overige dieren		1.64		
Veehouderij totaal		13.29	(% reductie t.o.v. 13.29)	
	Pens&Mest Varkens en melkvee C+D		0.94 (7%)	1.89 (14%)
	Krimp20&Pens&Mest Varkens en melkvee A+C+D		3.06 (23%)	3.82 (29%)
	Krimp20&Pens&Mest&Weiden&Levensduur Varkens en melkvee A+B+C+D+E		3.21 (24%)	4.54 (34%)

* In de tabel wordt alleen gekeken naar methaanemissies. Als lachgas wordt meegenomen in de beschouwing is de reductie bijna nihil.

** In de tabel wordt alleen gekeken naar methaanemissies van de melkveehouderij. Er wordt minder vlees geproduceerd. Compensatie daarvan doet de reductie teniet.

Uit de berekeningen blijkt dat reducties van methaan in de melkveehouderij en varkenshouderij bij toepassing van alleen maatregelen voor pens en mest zonder krimp 0.94 en 1.89 megaton CO₂-equivalenten (7 tot 14%) liggen, afhankelijk van de deelname door veehouders (Tabel S2).

De reductie door een combinatie van krimp van 20% en maatregelen gericht op vertering in pens en mest ligt tussen de 3.1 en 3.8 megaton CO₂-equivalenten, een daling van 23 tot 29 %. Als beweiding en verlenging van levensduur worden meegenomen, kan zelfs een reductie van 4.54 megaton worden bereikt, maar daar staat bij beweiding een toename van de lachgasemissie tegenover en bij de langere levensduur een extra vraag naar alternatief rundvlees.

De maatregelen die een lange periode van invoer kennen, zoals de fokkerij en stalmaatregelen lijken weinig bij te dragen in 2030. Desalniettemin is het belangrijk om wel te starten met de uitvoering van de maatregelen, omdat ze ook in de jaren na 2030 nog een duidelijk reductiepotentieel in zich hebben. Deze reducties kunnen in de jaren erna nog toenemen met 0.7 tot 1 megaton CO₂-equivalenten, een extra reductie van met 5 tot 7 procentpunten.

Het bevorderen van toepassen van maatregelen kan via verplichten of stimuleren, maar ook een combinatie is mogelijk. Verplichten vereist een goede handhaving, wat bij de bouw van stallen en fokkerij nog goed is te doen, maar bij beweiding en gebruik van additieven lastiger is. Een studie over de Afrekenbare Stoffen Balans (Vellinga & De Haan, 2022) adviseert om bij verplichten te werken met regulerende heffingen, de toepassing van strafrecht is niet werkbaar. Bij stimuleren kan worden gedacht aan investeringssubsidies. Ook het bedrijfsleven denkt na over stimulering van emissie reducerende maatregelen. Een samenwerking overheid – bedrijfsleven kan mogelijk meerwaarde opleveren. Het meten van emissies is op dit moment nog met te veel onzekerheden en onnauwkeurigheden omgeven, dat het op de korte termijn geen volwaardige vervanging is van het monitoren van afgeleide variabelen.

De gewenste reductie van methaanemissies worden als bijna haalbaar beschouwd. Het vereist wel inspanning om voldoende deelname te krijgen en om de uitvoering van de maatregelen op een hoog niveau te houden.

Summary

The National Methane Strategy of the Ministry of Agriculture defines a methane reduction of 4.2 megatons CO₂-equivalents for agriculture (31 % of the current 13.4 megaton) in the year 2030 compared to 2020. It is expected that the National Program for Rural Areas and the related reduction in livestock numbers will contribute to these targets. The question, however, is whether combinations of reduction of livestock numbers and technical interventions are required to achieve the emission target. This report provides the insight in the possible interventions and their reduction potential in relation to the farmer's participation and how fast the targets can be reached. The potential reduction is compared to the business as usual development, based on existing policies.

This report emphasises the methane reduction in dairy and pig farming systems, representing almost 90 % of the agricultural methane emissions. Two main pathways have been identified: the fermentation of animal feed in the cow's rumen and the fermentation of digested organic matter in manure storages. The interventions have been judged on the introduction rate, flexibility to adjust, the ease to maintain an intervention, the costs and the monitoring opportunities. This is shown in Table S1.

Table S1 Interventions to reduce methane emissions in the dairy sector and their characteristics for application.

Description	Acts on	Introduction rate *	Flexibility **	Able to maintain ***	Cost price of product	Monitoring ****
Grazing	Rumen and manure	High	Limited	Moderate	Lower to neutral	In development
Feed additives	Rumen	High	Strong	Moderate	Higher (1ct/kg milk)	Purchase orders
Breeding	Rumen	Low	Very limited	Good	Neutral	Good, sire selection
Longevity	Rumen and manure	Moderate	Limited	Good	Lower	Cattle recording
Confinements, external storage, manure treatment	Manure	Low	Very limited	Good	Higher (still)	Good, check facilities
Reduction livestock numbers	Rumen and manure	Moderate to low	Not	Good	High	Good

* Introduction rate: High: 1 – 2 year, Moderate: 2 – 10 year; Low: 5 – 25 year.

** Flexible: ability to modify the intervention based on new knowledge and insights

*** Able to maintain: is the intervention easy to perform, can decisions easily be changed? When stimuli for grazing or feed additives are lacking, farmers can easily stop with these interventions. Expert judgement

**** Reliable monitoring: is the execution of an intervention established in an easy and unambiguously way, both qualitative and a quantitative? Judgment based on experiences with the Annual Nutrient Cycling Assessment Tool.

Especially the interventions “grazing” and “feed additives” can be introduced very fast. But in both interventions, monitoring is an issue. Interventions as “breeding low emission cows” and “low emission housing” can be introduced at a slow rate, the reduction potential can only be realised after a long period. The last two interventions can be monitored easily. Also the reduction of livestock numbers is a long term interventions.

The effectiveness of an interventions depends on the correctness of application and of the farmer’s participation. Regarding the effectiveness, the average of the minimum and maximum figures from literature have been used. The farmer’s participation has been set at 50 and 100 % of all farmers. De potential reduction of emissions, due to reducing livestock numbers and technical interventions and a combination of these have been calculated. These are summarised in Table S2.

Tabel S2 Overview of potential reduction of methane emissions in the dairy and pig sector compared to 2020.

		KEV 2021	Potential reduction in 2030 compared to 2020 (megaton CO ₂ -eq.)	
Group		Year 2020	Lower boundary	Upper boundary
Dairy		9.13		
	Planned policy (KEV2021)		-0.17	-0.17
	Reduction livestock 10-30 %	A	0.76	2.62
	Grazing	B	0.07	0.63
	Rumen: feed additives	C1	0.49	1.15
	Rumen: breeding	C2	-0.01	-0.02
	Manure housing & storage	D	-0.05	0.06
	Extending longevity by 1 year	E	0.11	0.22
	Rumen & Manure	C+D	0.67	1.50
	Reduction20&Rumen&Manure	A+C+D	2.36	3.03
	Reduction20&Rumen &Manure&Grazing	A+B+C+D	2.42	3.57
	Reduction20&Rumen&Manure &Grazing&Longevity	A+B+C+D+E	2.51	3.75
Pigs		2.43		
	Planned policy (KEV2021)		0.15	0.15
	Reduction livestock 10 – 30 %	A	0.38	0.84
	Manure: housing & storage	D	0.27	0.39
	Reduction20&Manure	A+D	0.70	0.79
Poultry		0.08		
Other animals		1.64		
Livestock total		13.29	(% compared to 13.29)	
	Rumen&Manure Dairy and pigs	C+D	0.94 (7%)	1.89 (14%)
	Reduction20&Rumen&Manure Dairy and pigs	A+C+D	3.06 (23%)	3.82 (29%)
	Reduction20&Ruumen&Manure &Grazing&Longevity Dairy and pigs	A+B+C+D+E	3.21 (24%)	4.54 (34%)

* The table only considers methane emissions. Due to increased nitrous oxide emissions, the net effect is almost nil.

** The table only considers the dairy sector. A better longevity leads to a lower beef production per kg of milk. Compensation by purchased beef reduces the net effect strongly.

Application of technical interventions in the dairy and pig sector will reduce methane emissions by 0.94 and 1.89 megaton CO₂-equivalents (7 to 14%), depending on the farmers' participation. The combination of reducing animal numbers by 20 % and the technical interventions will reduce methane emissions by 3.1 to 3.8 megaton CO₂-equivalents, a 23 to 20% reduction. When grazing and changing longevity are also taken into account, the reduction can be up to 4.54 megaton CO₂-equivalents. However, in the case of grazing a higher nitrous oxide is a serious trade-off. In the case of changing longevity, a lower beef production might lead to a higher demand for beef elsewhere.

The interventions with a slow introduction rate, such as breeding and converting to low emission housing, are contributing very limited in 2030. But it is important to start with introduction of these interventions, because these have a clear reduction potential in the period after 2030 ranging between 0.7 and 1.0 megaton CO₂-equivalents in 2040.

Enhancing the application of interventions can be realised via a compulsory system and via a system with stimuli or with a combination of both. A compulsory system requires an enforcement system in place, which is achievable in the case of building low emission housing and breeding, but which is more complicated in the case of the use of feed additives and the application of grazing. It is recommended by a study about the Accountable Mass Balance to apply regulatory levies in the case of a compulsory system and to stay away from the punitive system. Stimuli can be considered, such as investment subsidies. Also the industry is considering the application of emission reduction.

Cooperation between the government and the industry can have an added value.

Currently, measuring emissions is still too uncertain and too inaccurate. On the short term, it is not a mature solution to replace the monitoring of intermediate indicators.

The targeted reduction of methane emissions is considered as realistic and almost achievable.

However, serious efforts are required to realise a sufficient participation and to maintain a good quality of the application.

1 Inleiding

1.1 Aanleiding

In het Coalitieakkoord 2021-2025 is een indicatieve reductieopgave van 6 megaton CO₂-equivalenten opgenomen voor landbouw en landgebruik. Hiervan is 5.0 megaton CO₂-equivalenten gekoppeld aan de integrale gebiedsgerichte aanpak van het Nationaal Programma Landelijk Gebied (NPLG). De aangescherpte doelen zijn nader uitgewerkt in het beleidsprogramma Klimaat en Energie. In dat programma is een indicatieve opgave voor de restemissie opgenomen van 18.9 megaton CO₂-equivalenten voor de landbouw. Dit betekent dat de landbouwsector in 2030 niet meer dan 18.9 megaton aan broeikasgassen in CO₂-equivalenten mag uitstoten. Deze reductie moet worden gerealiseerd met de integrale gebiedsgerichte aanpak in het Nationaal Programma Landelijk Gebied, en verdere uitvoering van het Klimaatakkoord en structurele aanpak stikstof. De verwachting is dat er bovenop de gebiedsgerichte aanpak van het NPLG aanvullende maatregelen nodig zijn om de opgave voor de restemissie van 18.9 megaton te kunnen behalen.

In december 2021 heeft Nederland op de COP 26 in Glasgow de "Global Methane Pledge" ondertekend, een akkoord waarin landen toezeggen de methaanemissie in 2030 met 30 % te verlagen ten opzichte van 2020. Met het Beleidsprogramma Klimaat en Energie en de integrale gebiedsgerichte aanpak in het NPLG, wordt ook bijgedragen aan het realiseren van dit doel.

Het Planbureau voor de Leefomgeving (PBL) heeft in een quickscan in 2021 twee beleidspakketten stikstof doorgerekend op het potentieel aan broeikasgasreductie (Tiktak et al., 2021). Hierbij is gerekend met krimppercentages van 30% in de veehouderij in combinatie met een deel innovatie, gericht op het toepassen van emissiearme (stal)technieken. Op basis hiervan is voor de landbouw met de integrale gebiedsgerichte aanpak een maximaal reductiepotentieel ingeschat van 3.9 megaton tot 4.8 megaton. In deze varianten ging het om krimp van de aantallen dieren, in de melkveehouderij, varkenshouderij, en pluimveehouderij. De quickscan heeft inzicht gegeven in het reductiepotentieel voor broeikasgassen met de stikstofaanpak. De nadere invulling van de integrale gebiedsgerichte aanpak met maatregelen, moet komende tijd in de NPLG en de gebiedsprocessen verder worden uitgewerkt. Vanwege het grote aandeel van methaanemissies in de categorie landbouw, is de aandacht sterk gericht op het verminderen van die emissies uit de veehouderij. Dat wordt nader uitgewerkt in de "Nationale Methaanstrategie", deze is verschenen in november 2022. De methaanstrategie benoemt getallen van 13.4 megaton in 2020 naar 9.2 megaton in 2030, een reductie van 4.2 megaton CO₂-equivalenten in 2030 voor de veehouderij en de akkerbouw samen.

1.2 Onderzoekvragen

De verwachting is dat er, naast de huidige maatregelen uit het klimaatakkoord, aanvullende maatregelen nodig zijn, om de opgehoogde klimaatopgave voor de veehouderij te behalen. De maatregelen uit het Klimaatakkoord (tabel C4.2.1, Rijksoverheid, 2019) zijn zeer algemeen geformuleerd en hebben betrekking op methaan en lachgas. Ze richten zich op melkveehouderij, varkenshouderij en bemesting van alle landbouwgronden. De beoogde reductie is 1.2 tot 2.7 megaton CO₂-equivalenten. Deze reductie is kleiner dan hetgeen in de Methaanstrategie is opgenomen. Er zijn dus meer maatregelen nodig. Daarbij is het nodig om de maatregelen verder te specificeren. Het NPLG, in combinatie met de stikstofmaatregelen voorziet in een krimp van de veehouderijsectoren. Daarvoor zijn een aantal vragen geformuleerd:

- welke (combinaties van) maatregelen zijn er mogelijk voor de veehouderij waarbij de focus wordt gelegd op de varkens- en melkveehouderij. De krimp van sectoren wordt daarbij als een maatregel beschouwd. Het gaat om de sectoren met de grootste bijdrage aan de methaanemissies;
- wat levert dit per sector op aan emissiereductie van methaan bij verschillende implementatiegraden;

-
- op welke termijn levert het reductie op;
 - moeten deze maatregelen generiek of gebiedspecifiek worden ingezet?

1.3 Doel

Het doel van dit rapport is het geven van inzicht in de effecten van (combinaties van) maatregelen op de methaanemissies uit de melkvee- en varkenshouderij. Dat inzicht kan het ministerie van LNV helpen bij de beslissingen over het nemen van maatregelen.

Het rapport bouwt voort op eerder uitgevoerde berekeningen over de methaanemissie van de Nederlandse melkveehouderij (Vellinga en Groenestein, 2023).

2 Werkwijze

In dit hoofdstuk wordt eerst een overzicht gegeven van de belangrijkste broeikasgassen in de veehouderij en daarbinnen wordt ingegaan op de bronnen van methaan. Omdat de melkveehouderij de belangrijkste bron is en daarvan het grootste deel wordt veroorzaakt door pensfermentatie, worden de berekeningen voor de melkveehouderij meer in detail uitgevoerd dan voor de varkenshouderij.

2.1 Broeikasgassen in de veehouderij

De nationale rapportage van broeikasgassen uit de landbouw wordt uitgevoerd door de Taakgroep Landbouwemissies die gebruikt maakt van het model NEMA (Netherlands Emission Model for Agriculture, Bruggen et al., 2021). Deze Taakgroep rapporteert jaarlijks ten behoeve van de Nationale Emissie Rapportage voor de IPCC. De Klimaat- en Energie Verkenning 2021 (PBL, 2021) berekent en beschrijft de vooruitzichten van de emissies opgesteld, waarbij rekening wordt gehouden met gepland en voorgenomen beleid. De details voor de landbouwsector worden uitgewerkt door Vonk et al. (2021). In Vonk et al. (2021) zijn de emissies voor het jaar 2020 als vertrekpunt genomen, uitgedrukt in megaton CO₂-equivalenten (Tabel 1). Tabel 1 gaat over de emissies van methaan en lachgas die ontstaan in de veehouderij en akkerbouw. De emissies van CO₂ voor energie in de land- en tuinbouw en de methaanslip in de tuinbouw zijn niet in Tabel 1 opgenomen. De opwekking van energie op landbouwbedrijven door vergisters en zonnepanelen wordt ook niet meegenomen. Daarmee betreft het een deel van wat in de algemene Klimaat en Energie Verkenning 2021 (Planbureau voor de Leefomgeving, 2021, p154) en in het Ontwerp Beleidsprogramma Klimaat (Ministerie van Economische Zaken en Klimaat, 2022) wordt toegeschreven aan de landbouw.

Tabel 1 De broeikasgasemissies (megaton CO₂-equivalenten) van methaan en lachgas van de Nederlandse landbouw in 2020, zoals berekend voor de Nationale Emissie Rapportage.
Bron: Vonk et al., 2021

Groep	CH ₄ pens/darm	CH ₄ mest	N ₂ O mest	N ₂ O overig	Totaal
Melkvee & jongvee	7.22	1.95			9.17
Varkens	0.50	1.93			2.43
Pluimvee		0.08			0.08
Overige herkauwers (schapen, geiten, vleeskalveren, zoogkoeien, paarden)	1.40	0.24			1.64
Bemesting landbouwgrond			2.46		2.46
Landgebruik				2.97	2.97
Grand Total	9.12	4.20	2.46	2.97	18.75

De melkveehouderij is bij methaan uit de pens of darm de grootste uitstoter met 7.22 megaton CO₂-equivalenten. De methaan van de overige dieren heeft betrekking op schapen, geiten, vleeskalveren en zoogkoeien. Bij de methaan uit de mest leveren melkvee en varkens een gelijke bijdrage aan de emissies, zij zijn samen goed voor 90% van de emissies uit de stal.

De lachgasemissies van de veehouderij zijn in de rapportage niet gesplitst naar diergroep. Er komt 0.37 megaton lachgas uit stallen en mestopslagen en 2.09 megaton uit mestaanwending en -bewerking.

Bijna 3 megaton is afkomstig van andere stikstofbronnen die te maken hebben met landgebruik, dat betreft vooral lachgas dat vrijkomt bij de afbraak van veen. Voor zowel methaan als lachgas is de veehouderij een belangrijke bron.

Ongeveer 70 % van de methaan uit de veehouderij is afkomstig van de melkveehouderij, varkens dragen een kleine 20 % bij.

Dit rapport richt zich op de methaanemissie omdat er ten aanzien van methaanemissies afspraken zijn gemaakt in het Klimaatakkoord en Nederland zich via de Methane Pledge (Ministerie LNV, 2022) verbonden heeft aan expliciete reductiedoelstellingen. Omdat de methaanemissies van melkvee en varkens samen goed zijn voor bijna 90% van de totale methaanemissie uit de veehouderij, richt dit rapport zich op reducties die bewerkstelligd kunnen worden bij deze twee diergroepen.

De waarden in Tabel 1 betreffen slechts een deel van wat in de algemene Klimaat en Energie Verkenning 2021 (Planbureau voor de Leefomgeving, 2021; p. 154) en in het Ontwerp Beleidsprogramma Klimaat (Ministerie van Economische Zaken en Klimaat, 2022) wordt toegeschreven aan de landbouw. Tabel 1 gaat over de emissies van methaan en lachgas die ontstaan in de veehouderij en akkerbouw. De emissies van CO₂ voor energie in de land- en tuinbouw en de methaanslip (=lekkage) in de tuinbouw zijn niet in Tabel 1 opgenomen.

2.2 Waar ontstaat methaan?

Methaan wordt gevormd bij de vertering van organische stof als er weinig tot geen zuurstof aanwezig is. Bij dieren gebeurt dat tijdens de spijsvertering, vooral bij koeien waar de pens een belangrijke bron is van methaan. Maar ook in het darmstelsel van varkens wordt methaan gevormd, zij het in een veel geringere mate dan bij de pens van herkauwers. Tijdens de opslag van mest is ook weer sprake van een verdergaande afbraak van de organische stof onder zuurstofloze omstandigheden.

Er zijn veel factoren die een rol spelen bij de vorming van methaan. De belangrijkste factoren om hier te onderscheiden zijn:

- diergroep: herkauwers (koeien, schapen, geiten) produceren veel meer methaan per kg opgenomen voer dan éénmagige dieren (varkens en kippen);
- Mestsoort: drijfmest leidt tot veel meer methaanemissie dan vaste mest .

De forse methaanvorming in de pens van herkauwers is terug te zien in het aandeel van de pensfermentatie in de totale methaanemissie van melkveebedrijven: ongeveer 80%. Methaan uit mest is bij melkveehouderij ongeveer 20% van de totale emissie. Bij varkens is de methaanvorming in de darm 20% van de totale methaanemissies en is de mest dus de belangrijkste bron met 80%. Er zijn zowel maatregelen beschikbaar om methaan te verminderen vanuit de spijsvertering als bij de opslag van mest. Dat kan op verschillende manieren en wordt beschreven in hoofdstuk 2.5.

2.3 Gebruikte data en modellen

De effecten van maatregelen moeten worden berekend. Dat gebeurt met modellen en aan de hand van resultaten van experimenteel onderzoek. De onderzoekresultaten vormen de input van de modellen. De modellen gebruiken de onderzoekresultaten om voor een scala aan situaties de effecten te berekenen en om de resultaten van de metingen op te schalen naar nationaal niveau (scenariostudies). Indien nodig worden daarbij sectorspecifieke en bedrijfsspecifieke zaken meegenomen.

De actuele emissies worden berekend in opdracht van het ministerie van EZK door de Taakgroep Landbouwemissies, een werkgroep bestaande uit onderzoekers van Wageningen Universiteit en Research (WUR), het Centraal Bureau voor de Statistiek (CBS) en het Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM). Het gebruikte model is het Netherlands Emissions Model for Agriculture (NEMA). De resultaten van de berekeningen met NEMA vormen de input voor de jaarlijkse nationale emissierapportages voor het Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC).

De manier om in deze studie de verandering in emissies te berekenen sluit nauw aan op de berekening van de nationale emissies. Voor de melkveehouderij wordt gebruik gemaakt van het model GLEAM dat gekalibreerd is op de berekeningen van NEMA (Vellinga en Groenestein, 2023). Het NEMA model is een monitoringsinstrument, terwijl het model GLEAM een simulatie-instrument is, dat rekening kan houden met de vele interacties tussen het land- en diermanagement, het rantsoen en de emissies van methaan uit pens en mest. Met GLEAM kunnen daarom toekomstige ontwikkelingen en scenario's makkelijker doorgerekend worden. GLEAM is voor deze studie alleen beschikbaar voor melkvee, daarom wordt voor varkens gebruik gemaakt van de emissiecijfers van NEMA, waarop de benodigde correcties worden toegepast.

2.4 Referentiescenario

Als referentie worden de berekeningen van de Klimaat en Energie verkenning voor de landbouw gebruikt (Vonk et al., 2021), hierna genoemd als KEV2021. Hierbij is methaanuitstoot (omgerekend naar CO₂-equivalenten) op basis van de KEV2021 voor 2030 geraamd op: 9.2 megaton uit de melkveehouderij, 2.3 megaton uit de varkenshouderij en 1.7 megaton uit de overige veehouderij.

In het Coalitieakkoord is 5 megaton CO₂-equivalenten broeikasgasreductie gekoppeld aan de gecombineerde aanpak in het landelijk gebied. Er is een indicatieve restemissie opgenomen van 18.9 megaton CO₂-equivalenten voor de landbouw in 2030 en voor het landgebruik 1.8 tot 2.7 megaton CO₂-equivalenten in 2030 (Ministerie LNV, 2022). Dat betekent dat de landbouwsector in 2030 niet meer dan 18.9 megaton aan broeikasgassen in CO₂-equivalenten mag uitstoten (inclusief het energieverbruik in de landbouw en de glastuinbouw en de CO₂-emissies door toediening van meststoffen). Een groot deel van de opgave moet worden bereikt in de veehouderij via de integrale gebiedsgerichte aanpak in het Nationaal Programma Landelijk Gebied, en verdere uitvoering van het Klimaatakkoord (Rijksoverheid, 2019) en de Structurele aanpak stikstof¹.

Met het realiseren van deze klimaatopgave wordt ook bijgedragen aan de doelen van de 'Global Methane Pledge' waar Nederland zich aan heeft gecommitteerd, om de methaanuitstoot in 2030 met 30% te verminderen ten opzichte van 2020. In de Nationale Methaanstrategie (Ministerie LNV, 2022) is opgenomen dat landbouw in 2030 maximaal nog 10.1 megaton CO₂-equivalenten aan methaan mag uitstoten. Het grootste aandeel aan methaanemissiereductie (minimaal ongeveer 3.8 megaton CO₂-equivalenten) moet gerealiseerd worden in de melkveehouderij en akkerbouw via de integrale gebiedsgerichte aanpak in het NPLG (brief voortgang Nationaal Programma Landelijk Gebied, 25 november 2022).

2.5 Maatregelen

Vermindering van de methaanemissie richt zich op de veehouderij, in feite de enige bron van methaan in de landbouw in Nederland. Daarbinnen zijn diverse lijnen waarlangs de emissie verminderd kan worden:

- verminderen via de spijsvertering. Op basis van de resultaten in tabel 1 gaat daarbij de aandacht voor deze studie alleen uit naar de spijsvertering van het melkvee en het bijbehorende jongvee, omdat het een grote bijdrage levert aan de totale methaanvorming. De categorie "overig vee" bestaat voor een aanzienlijk deel uit paarden, kleinere herkauwers, schapen en geiten en de vleeskalveren. Ook daar is methaan uit pens- en darmfermentatie van belang. De bijdrage van varkens is met 5 % beperkt;
- verminderen via de mestopslagen. Op basis van de waarden in Tabel 1 zijn zowel melkvee als varkens interessant. Bij de overige dieren is de methaan uit mest slechts beperkt.

¹ <https://www.aanpakstikstof.nl/>

2.5.1 Verminderen via spijsvertering

Rantsoenen voor melkvee:

De kwaliteit van het voer is hierbij essentieel op twee manieren. Ten eerste, hoe beter de verteerbaarheid van het voer is, hoe meer de koe de aanwezige energie kan benutten. Dat betekent dat er per kg opgenomen voer meer melk geproduceerd wordt. Daarmee daalt niet perse de totale hoeveelheid methaan, maar wel de methaanemissie per kg geproduceerde melk. Een hogere verteerbaarheid betekent ook dat er minder organische stof in de mest terecht komt, de grondstof voor methaanvorming uit de mest. Dat is ook al duidelijk gebleken uit de analyse van Vellinga en Groenestein (2023). De betere verteerbaarheid heeft, samen met een hogere voeropnamecapaciteit, in de veehouderijpraktijk geleid tot een daling van de totale methaanemissie per kg melk. Ten tweede, is de methaanemissie per kg opgenomen voer afhankelijk van het type voer. Door een gerichte keuze van de voedermiddelen in het rantsoen kan de methaanemissie worden verlaagd. Door André Bannink (oktober 2022, persoonlijke communicatie) wordt een bandbreedte van 0 tot 10% genoemd.

Beweiding van melkvee wordt vaak genoemd in relatie tot rantsoenen. De eerste resultaten van beweidingsonderzoek laten een ongeveer 20% lagere methaanemissie zien voor directe opname van gras door beweiding ten opzichte van geconserveerd gras (Cindy Klootwijk, oktober 2022, persoonlijke communicatie). In de meest vergaande vorm kan in het beweidingseizoen (april tot november, afhankelijk van weersomstandigheden) de voeropname volledig uit weidegras bestaan.

Snijmais is een ander voedermiddel dat een lage methaanemissie geeft. Het wordt al relatief veel gebruikt in met name het zuiden en oosten van Nederland.

Bij beweiding en rantsoenaanpassingen bestaat er wel een risico op afwentelingen: de emissies van andere bronnen kan toenemen, zoals de footprint van de voedermiddelen zelf, maar ook via ammoniak- en lachgasemissies of door ander landgebruik. Deze maatregel kan relatief snel worden ingevoerd, het vergt beperkte investeringen en aanpassingen aan voortschrijdende inzichten zijn snel te maken. Het is erg lastig om in het algemeen via maatregelen te sturen op rantsoensamenstelling. Het is namelijk onder meer afhankelijk van omstandigheden op het bedrijf, zoals grondsoort en verkaveling. Maar ook tussen jaren kunnen door weersomstandigheden verschillen ontstaan. Stimuleren van een maatregel, zoals beweiding is wel mogelijk. Daar zijn al ervaringen mee. Wel is de nauwkeurige registratie van het aantal uren beweiding nog een knelpunt (Vellinga en de Haan, 2022).

Toevoegmiddelen aan veevoer voor melkvee:

Er is in de afgelopen jaren veel onderzoek gedaan naar het gebruik van toevoegmiddelen om de methaanemissie uit de pens te verminderen. Er zijn uit de veelheid aan middelen drie naar voren gekomen die een blijvend effect hebben en die veilig geacht worden voor gebruik. Het gaat om plantaardige oliën (zonnebloemolie, raapolie, lijnolie e.d.), nitraat en 3-nitrooxypropanol (3NOP). Het gebruik van zeewier wordt hier buiten beschouwing gelaten, omdat de werking is gebaseerd op de aanwezigheid van bromide, een giftige stof. Er loopt nog onderzoek naar de toepassing van zeewier. Reducties van 10 tot 30% van de methaan uit pensfermentatie zijn mogelijk. Combinatie van toevoegmiddelen kan mogelijk nog tot grotere reducties leiden. Dijkstra et al. (2018) noemen een bovengrens van 39%. Het middel 3NOP is in 2022 door de Europese Unie toegelaten voor toepassing bij melkkoeien op basis van voedselveiligheid en het wordt op praktijkschaal getest. In de eerste projecten waar het middel wordt ingezet, worden de meerkosten geschat op ongeveer 1 cent per kg melk. Ook dit is een maatregel die snel ingevoerd kan worden en geen lange termijn investeringen vergt. Er zijn eenvoudig aanpassingen te maken aan voortschrijdende inzichten. Het gebruik van plantaardige oliën en nitraat maakt aanpassingen aan rantsoenen nodig. Er wordt immers respectievelijk een erg energie- en stikstofrijk product toegevoegd. Die aanpassing is niet in alle gevallen mogelijk. Zeker in grasrijke rantsoenen is de toepassing van nitraat lastig te corrigeren. Toepassing van 3NOP leidt tot een lichte verhoging van de kostprijs van melk. Zeewier en algen, beiden werken op basis van bromide, zijn momenteel nog in onderzoek (Tabel 2).

Tabel 2 *Overzicht van bestaande effectieve manieren om de methaanemissie uit de pens te verminderen.*

Additief	Reductie methaan uit de pens	Toelichting
Plantaardige olie	10 – 20 %	Energierijk, rantsoen aanpassen met tegeneffect, grote oliebehoefte Footprint olie is belangrijk, kan het effect van methaanreductie teniet doen. Toediening uitvoerbaar voor alle diergroepen?
Nitraat	10 – 20 %	Stikstofrijk, sterke correctie nodig in rantsoen, niet geschikt op grasbedrijven, risico op stijging ammoniakemissie. Toediening uitvoerbaar?
3NOP	20 – 30 %	Lage dosis: 0.06 gram per kg opname van droge stof . Geen invloed op rantsoen, toe te dienen aan koeien en drachtige vaarzen.
Zeewier	?	Werkt op basis van broom, mogelijk gevaar voor volksgezondheid en luchtkwaliteit. Nog in onderzoek

De sturing op het gebruik van deze toevoegmiddelen moet dan komen uit een verplichting of een stimulering van het gebruik middels toeslagen. De controle van de toediening is nog niet helder. De methaanemissie van koeien wordt (nog) niet in een stelsel van bedrijfsemissie monitoring gemeten. Bovendien zijn ook metingen omgeven door onzekerheden en bestaat er aanzienlijke spreiding in emissies tussen bedrijven waardoor het al dan niet gebruiken van een additief niet louter uit een bedrijfsemissieniveau kan worden bepaald (Vellinga en de Haan, 2022; Korevaar en Winkel, 2022). De relatie tussen de concentraties kooldioxide en methaan biedt wel een houvast dat op termijn bruikbaar is (Schep et al., 2022).

Fokkerij van melkvee:

Er zijn mogelijkheden om via fokkerij dieren te selecteren die een lagere methaanemissie per kg opgenomen voer realiseren. De verwachtingen daarvan variëren, maar op de langere termijn (2050) lijken reducties van 5 tot 15% van de methaan uit pensfermentatie mogelijk (De Haas et al., 2021). De auteurs verwachten wel dat de sturing op lagere methaanemissie mogelijk kan leiden tot een beperktere stijging van de dierproductiviteit.

De maatregel vergt een langere aanlooptijd. Er zijn momenteel nog geen stieren geselecteerd die minder methaan produceren. Het onderzoek loopt nog. Als er geschikte stieren zijn, kan de introductie snel plaatsvinden. Het bereiken van het maximale resultaat is echter een kwestie van lange adem. Als de fokkerij organisaties zich verbinden aan de selectie van stieren met een lagere methaanemissie is de uitvoering van de maatregel technisch eenvoudig te organiseren. Controle van de toepassing kan op populatieniveau worden uitgevoerd door het aantal inseminaties per stier te registreren. Dergelijke cijfers worden al verzameld en gerapporteerd.

Mogelijk toekomstige maatregelen:

Er gebeurt momenteel nationaal en internationaal veel onderzoek naar methaanemissie bij herkauwers. Onderlinge afstemming en overleg vinden plaats in de Global Research Alliance (GRA, <https://globalresearchalliance.org/>). Er is onderzoek naar het microbiom en de invloed daarvan op de methaanemissie. In Nieuw Zeeland wordt onderzoek gedaan naar een vaccinering. Het is nu (nog) niet mogelijk om van deze nieuwe oplossingsrichtingen een inschatting te geven van de reductie. Hooguit kunnen ze de verwachting geven dat in de toekomst nog andere mogelijkheden voor reductie ontstaan.

Varkens:

De methaanemissie van varkens ligt per kg opgenomen voer ongeveer een factor 10 lager dan die van rundvee. Verlaging van het vezelgehalte in het rantsoen kan leiden tot lagere methaanemissies (Jørgensen et al., 2011; Philippe & Nicks, 2015).

De potentie van het verminderen van het vezelgehalte wordt momenteel onderzocht (Alfons Jansman, oktober 2022, persoonlijke communicatie)

Daarom wordt dit nu niet als maatregel in beschouwing genomen. Bij varkens wordt de aandacht gericht op de vermindering van methaan uit mest (zie hoofdstuk 2.5.2).

Overige dieren:

In deze groep is ruim de helft van de methaanemissies afkomstig van schapen. De andere twee dieren in deze groep zijn geiten en paarden. Aangezien het kleine sectoren zijn, worden deze eerst buiten beschouwing gelaten. In theorie zouden toevoegmiddelen voor de herkauwers (schapen en geiten) gebruikt kunnen worden. Schapen weiden een aanzienlijk deel van het jaar, ook gedurende de winter. Toediening van toevoegmiddelen zal voor deze groep erg lastig uitvoerbaar zijn.

2.5.2 Verminderen via methaan uit mest

Stal en weide voor melkvee:

De mest is ook een bron van methaan. Daar zijn verschillende mogelijkheden om de emissie te verminderen. Weidegang is hiervoor al genoemd, omdat weidegras een lagere enterische methaanemissie heeft per kg opgenomen voer. De methaan uit de weidemest is veel lager dan in de stal, er wordt minder organische stof uitgescheiden en de emissie van losse mestflatten in de buitenlucht is slechts 6% ten opzichte van de stalemissie per eenheid uitgescheiden organische stof. Wel is er bij beweiding sprake van een toename van de emissie van lachgas uit urineplekken en meer kans op nitraatuitspoeling. Meer beweiden kan snel worden geïntroduceerd en vergt beperkte investeringen. De emissie van lachgas uit het stikstof uit mest en urine in de weide ligt veel hoger dan voor mest en urine in de stal/opslag. Ook als de aanwending van dierlijke mest uit de stal wordt meegenomen in de berekeningen, is de lachgasemissie van een kg stikstof uit weidemest 54 gram N_2O , terwijl de lachgasemissie van 1 kg stikstof uit stalrest (inclusief de aanwending) 19 gram N_2O bedraagt, dat verschil is bijna een factor 3. Daarbij wordt aan de goed verdeelde stikstof uit de stalrest nog een bemestende waarde toegekend, terwijl de hoge concentraties in de mest- en urineplekken een beperkte bemestende waarde hebben.

Uitloop voor varkens en kippen:

Voor varkens en kippen is weidegang geen optie. Voor deze dieren is er wel sprake van de mogelijkheid van een vrije uitloop. De effecten van uitloop van varkens en pluimvee op de emissies van methaan, lachgas en ammoniak zijn kwantitatief nog grotendeels onbekend (Lesschen et al., 2021).

Naar veestallen met externe mestopslagen

Methaan ontstaat door anaerobe omzetting van organische stof in drijfmest. Door de mestkelders onder de stal kan de methaan ontsnappen. Belangrijke factoren die de methaanemissie bepalen zijn de opslagtijd en de temperatuur. De oplossing wordt gezocht in het frequent verwijderen van de mest uit de stal naar een externe afgesloten opslag, in combinatie met behandeling van de mest in de opslag. Indien de mest met een zeer hoge frequentie (ca. één keer per uur) en schoon (eventueel met spoelwater) wordt verwijderd kan ook de ammoniakemissie worden verminderd.

Voor het behandelen van de mest in de opslag zijn op dit moment drie behandelingsmethoden in beeld: koelen, oxideren en vergisten. Naast de opslagtijd is de mesttemperatuur van belang. Bij een lage temperatuur emitteert er minder methaan. De reductie van koelen, ten opzichte van een referentietemperatuur van 12 tot 14 graden Celsius, wordt op basis van de Arrheniusvergelijking ingeschat op 7 procentpunten per graad Celsius koeling (Sommer et al., 2006). Zeeman (1991) vindt eveneens duidelijke effecten van temperatuur op de vorming van methaan uit mest, de grens waarbij de methaanvorming volledig stil ligt is niet scherp aan te geven. De koeling van methaan vergt energie, door warmteterugwinning en gebruik van hernieuwbare energie kan op termijn de emissie daarvan geheel worden teruggebracht (Sefeedpari et al., 2021). De mogelijke reductie van methaan wordt ingeschat op 25 tot 75% ten opzichte van de situatie zonder koeling.

Bij varkens impliceert het verwijderen uit de stal naar een buitenopslag al een koeling van de mest. In een varkensstal is de staltemperatuur 20-25 graden Celsius, buiten is de gemiddelde temperatuur op jaarbasis 11 graden Celsius, de mesttemperatuur daalt dan navenant.

Wanneer koelen niet kan, of dit als te duur wordt ingeschat, kan ook besloten worden het gevormde methaan te oxideren tot koolstofdioxide. Er zijn op dit moment twee technieken om methaan te oxideren: bacteriële omzetting en verbranden. Bacteriële omzetting kan door de lucht door een biofilter of een veldfilter te leiden. Het verbranden gebeurt met een affakkelininstallatie. Afhankelijk van de toegepaste techniek kan dit een reductie opleveren van 60 tot 90%.

Mestvergisting in plaats van opslag is ook een effectieve methode om methaanemissie te voorkomen. Ook bij de vergisting van dierlijke mest is een snelle afvoer uit stal/opslag naar de vergister essentieel. In dat geval kan nagenoeg de volledige methaanemissie worden voorkomen. Er is dan alleen sprake van een gemiddelde methaanlekage uit de vergister van 4% van de geproduceerde hoeveelheid methaan (Melse en Groenestein, 2016). Recent onderzoek geeft aan dat dit voor de huidige installaties 2-3% zal zijn (Groenestein, mondelinge mededeling). Als de mest niet direct wordt afgevoerd naar de vergister, zal de methaanvorming in de opslag al op gang komen en is de mate van voorkomen van methaanemissie naar de atmosfeer veel geringer. Deze wordt ingeschat op de helft van de potentiële reductie bij dagelijkse afvoer van de mest naar de vergister. Bovendien kan de gevormde methaan als energiebron worden gebruikt. Deze maatregel is kostbaar en momenteel alleen aantrekkelijk met subsidies.

Het aanzuren van de mest is ook onderzocht. Dat vereist grote hoeveelheden zuur omdat de mest een sterk bufferende materie is. Gebruik van zwavelzuur wordt afgeraden, vanwege de toevoeging van zwavel, die bij het uitrijden van de mest weer op het land terecht komt en zwaveldioxidevorming tot gevolg heeft (Commissie Deskundigen meststoffenwet, 2014). Ook kost de productie van het zuur energie en is aanvullende bekalking nodig wanneer deze mest wordt uitgereden. Mogelijkheden om al dan niet gescheiden mest aan te zuren zijn nog in onderzoek. Het aanzuren van mest is minder zinvol als de mest in externe, gesloten opslagen wordt bewaard en daar wordt behandeld om methaanvorming te voorkomen of af te vangen.

Het aanleggen van externe mestopslagen vergt investeringen die meestal alleen haalbaar zijn als er sprake is van nieuwbouw of forse renovatie van rundveestallen. Ook bij alleen aanleg van een externe opslag zal de stalvloer en het mestafvoersysteem moeten worden aangepast. Deze maatregel kan daarom niet snel op grote schaal worden ingevoerd. Als de aanpassingen naar een externe opslag en de aanleg van een koeling- of oxidatietechniek eenmaal zijn gerealiseerd, kunnen deze niet snel weer worden veranderd, tenzij de investeringen versneld worden afgeschreven. De maatregel is dus niet erg flexibel. De snelheid van invoeren is ook laag, de vervangingssnelheid van de bestaande stallen door nieuwe zal dan een periode van 25 jaar vergen. Daarbij is voor de eenvoud uitgegaan met een afschrijvingstermijn van 25 jaar voor alle gebouwen en opslagen.

In het geval van meer beweiding van melkvee zal het mestvolume in de stal afnemen.. De procentuele daling van de stalemissies zal nog steeds hetzelfde zijn, maar door een kleiner volume aan mest is de verminderde hoeveelheid methaan uit de stal wel kleiner. De mest die in de wei terechtkomt, emitteert veel minder dan de mest die in de stal terechtkomt.

De externe opslagen kunnen ook worden toegepast bij intermediairs.

2.5.3 Het karakter van de maatregelen

In het voorgaande is al geschreven over de snelheid waarmee maatregelen kunnen worden ingevoerd. Deze worden in dit onderdeel op een rij gezet, samen met een aantal andere aspecten die een rol spelen bij de toepassing van maatregelen.

Tabel 3 *Overzicht van maatregelen om methaanemissies in de melkveehouderij (en varkenshouderij, alleen stallen en krimp) te verminderen en eigenschappen voor toepassing.*

Omschrijving	Grijpt aan op	Snelheid van invoeren*	Flexibel **	Volhoudbaar?***	Kostprijs melk	Betrouwbare monitoring****
Beweiding	Pens en mest	Hoog	Beperkt	Matig	Lager tot neutraal	In ontwikkeling
Additieven	Pens	Hoog	Sterk	Matig	Hoger (1cent/kg melk)	Lastig, via aankoopfacturen?
Fokkerij	Pens	Laag	Zeer beperkt	Goed	Neutraal,	Goed, controle stierkeuze
Levensduur	Pens en mest	Matig	Beperkt	Goed	Lager	Veeadministratie
Stallen, dichte vloer, externe opslag, behandeling mest	Mest	Laag	Zeer beperkt	Goed	Hoger (nu nog)	Goed, controle stal en installaties
Krimp	Pens en mest	Matig tot laag	Niet	Goed	Hoog	Goed

* Snelheid van invoeren: Hoog: 1 – 2 jaar, Matig: 2 – 10 jaar; Laag: 5 – 25 jaar.

** Flexibel: kan bij nieuwe inzichten de maatregel worden aangepast?

*** Volhoudbaar: is een gekozen maatregel eenvoudig vol te houden, of kan makkelijk worden afgeweken van deze keuze? Als stimulansen voor beweiding of additieven wegvallen, kan gemakkelijk worden opgehouden met de uitvoering. Beoordeling door experts.

**** Betrouwbare monitoring: kan eenvoudig en eenduidig, kwalitatief en kwantitatief, worden vastgesteld dat de maatregel is toegepast? Beoordeling op basis van ervaring met KringloopWijzer.

Er zijn twee maatregelen die, technisch gesproken, snel kunnen worden toegepast: de stijging van het aantal uren weidegang en het gebruik van toevoegmiddelen. Toepassing van deze maatregelen is nodig om in 2030 reductiedoelstellingen te bereiken. Beweiding leidt niet tot kostenverhogingen, het gebruik van toevoegmiddelen als 3NOP leidt tot verhoging van de kostprijs met ongeveer 1 cent per kg melk. . De andere maatregelen, zoals fokkerij en aanpassing van stal en mestopslag vergen een lange adem, het effect begint langzaam en het kan ongeveer 25 jaar duren voor het effect volledig is bereikt, ervan uitgaande dat deze technieken dan niet zijn ingehaald door nieuwe. Bij fokkerij wordt ieder jaar een kleine verbetering bereikt, bij de stallen wordt ieder jaar een beperkt deel van de stallen en opslagen nieuw gebouwd of gerenoveerd. De aanpassingen van stal en mestopslag om de emissies van mest te verminderen zijn waarschijnlijk duurder t.o.v. maatregelen die gericht zijn op pensfermentatie. De aanpassingen van de stal kunnen dan mogelijk plaatsvinden wanneer een verbouwing of nieuwbouw aan de orde is, maar het is niet bekend wat de kosten zullen zijn van een externe opslag ten opzichte van kelders onder de stal. Het ruimtebeslag op het erf kan groter worden. Daar komen dan nog de kosten bij van het goed dicht maken van de opslagen en, in geval van drijfmest, de installaties om de mest te koelen en te oxideren. Daarnaast zijn er nog de exploitatiekosten (arbeid, energie) om de installaties te laten draaien. Het reductiepotentieel van de mestmaatregelen is hoog. In absolute zin is in de melkveehouderij de emissiereductie relatief beperkt, omdat de methaan uit de mest slechts 20% bedraagt van de totale methaanemissie. Bij varkenshouderij is de methaanemissie uit de mest 80 % van de totale methaanemissie. Daar is het relatieve belang van mestmaatregelen dus groter.

De maatregelen fokkerij en aanpassing van stallen dragen slechts beperkt bij aan het bereiken van de reductiedoelstellingen in 2030.

Maar aangezien de vermindering van de broeikasgasemissies ook na 2030 door moet gaan is het tijdig beginnen van deze "lange-adem" maatregelen wel zinvol. In tabel 2 worden de reductiepercentages en de snelheden van invoering van maatregelen samengevat. Met deze waarden worden vervolgens een aantal scenario's ontwikkeld.

Tabel 4 De scenario's om de methaan uit pensfermentatie en mest te verminderen. Onder- en bovengrens van de reductie en uiteindelijke deelname aan maatregelen in procenten.

	Onder Grens van de maatregel	Boven Grens van de maatregel	Deelname door veehouders	Toelichting
Reductie methaan in pens				
Beweiding	1500 uur	3000 uur	50 en 100 %	Reductie geldt alleen in de weideperiode en is afhankelijk van aandeel weidegras in het totale rantsoen gedurende die periode (van 0 – 90 %) Introductie 2023 – 2030
Levensduur	-	4 naar 5 jaar	50 en 100 %	
Fokkerij	0.22%/jaar Totaal 5%	0.68%/jaar Totaal 15%	50 en 100 %	Begin effect 2027, doorlopend tot 2050. Omdat (bijna) alles via KI gaat, alleen 100 % deelname.
Additieven	10%	30%	50 en 100 %	Introductie 2023 – 2026
Rantsoen	0%	10%	50 en 100 %	Andere voedermiddelen in ruwvoerrantsoen, buiten het weidegras. Introductie 2023 – 2026
Reductie methaan in mest				
Stallen met externe opslag van mest			50 en 100%	Beginnend in 2025, jaarlijks 2 – 4 %, afhankelijk van deelname
Bij externe opslag worden de volgende maatregelen toegepast:				
Koelen	25%	75%	40%	Gemiddelde van boven- en ondergrens van effectiviteit wordt gebruikt
Oxideren	60%	90%	40%	Gemiddelde van boven- en ondergrens van effectiviteit wordt gebruikt
Vergisten	43%	85%	20%	Late aanvoer van mest naar vergister leidt tot verminderde reductie methaan. 2.5% lekkage van geproduceerde methaan. Gemiddelde van boven- en ondergrens van effectiviteit wordt gebruikt
Weiden (fractie mest in weide, is gekoppeld aan uren weidegang. Zie boven.)	11%	35%	50 en 100 %	Start toename beweiding in 2023, 3% meer mest in weide per jaar, 35% bereikt in 2030.

2.5.4 Maatregelpakketten

Autonome ontwikkeling:

Dit "nul"-pakket gaat uit van de autonome ontwikkeling zoals deze ook wordt toegepast bij de Klimaat- en Energieverkenning 2021 (de KEV2021, Vonk, 2021). In de KEV2021 is een autonome ontwikkeling geschetst op basis van vastgesteld en voorgenomen beleid tot 2040. Deze autonome ontwikkeling tot 2040 betreft een lichte daling van het aantal dieren, een autonome verhoging van de productiviteit per dier, geen aanpassingen van stallen en opslagen, beweiding blijft even belangrijk als het nu is en wordt geen gebruik gemaakt van toevoegmiddelen aan het voer. In feite is dit een pakket waarbij nauwelijks actie is vereist, iedereen doet wat hij vooraf ook al deed. Er wordt alleen verder gewerkt aan optimalisering van de bedrijfsvoering. Veranderingen van de methaanemissie zijn alleen een gevolg van de ontwikkeling in aantal dieren en van de iets hogere melkproductie per koe.

Krimp van de veestapel met 0 tot 30%:

Rekenkundig is deze maatregel eenvoudig: de reductie is even groot als de reductie in dieren aantallen. De emissies van de KEV2021 worden eenvoudig verminderd met 10 tot 30%.

De maatregel wordt toegepast voor melkvee inclusief jongvee, vleesvee, schapen, geiten, varkens en pluimvee. De effecten zullen vooral sterk zijn voor de melkveehouderij. De methaanemissie in de varkenshouderij is 26% ten opzichte van de melkveehouderij.

De effecten zullen dus naar verhouding beperkter zijn. Het aandeel van de overige veehouderijsectoren aan de methaanemissie bedraagt slechts 13 % (Tabel 1), krimp heeft daar relatief beperkt effect op de methaanemissie.

Toename van de beweiding tot 1500 en 3000 uur:

De gemiddelde beweidingstuur in Nederland bedraagt in de afgelopen jaren ongeveer 900 uur per koe per jaar. In de scenario's wordt deze beweiding uitgebreid tot respectievelijk 1500 en 3000 uur, hetgeen neerkomt op een weideseizoen van 150 dagen met 10 en 20 uur weidegang per dag.

De methaanvorming uit de pens is lager door een groter aandeel weidegras in het rantsoen. Op basis van voorlopige gegevens (Cindy Klootwijk, oktober 2022, persoonlijke communicatie) is de methaanemissie van vers weidegras 20% lager aangehouden dan die van kuilgras. De hoeveelheid mest in de stal neemt af, de methaanemissie van weidemest is lager dan van stalmest. Weidemest komt niet in een kelder, maar ligt op de grond en er is veel minder sprake van een anaerobe situatie. Wel is er sprake van een hogere emissie van lachgas (zie hoofdstuk 3.5.1). Door beweiding kan ook de uitspoeling van nitraat toenemen, met name op de drogere zandgronden, in combinatie met beweiding tot laat in het groeiseizoen. De potentie van beweiding is relatief beperkt, omdat bij volledige weidegang (zes maanden, dag en nacht weiden, alleen mest in de wachtruimte) nog steeds 55% van het mestvolume in de kelder terechtkomt (ten opzichte van 85 tot 90% in de huidige situatie). De maatregel heeft dus betrekking op slechts een deel van de mest. Een gemiddelde beweidingstuur van 3000 uur per jaar voor de gehele melkveestapel vereist een deelname van nagenoeg alle veehouders. Een gemiddelde duur van 1500 uur per jaar kan worden beschouwd als de optie dat alle boeren 1500 uur per jaar weiden of dat een deel van de boeren 720 uur per jaar weidt en een ander deel meer uren weidt, zolang het gemiddeld maar op 1500 uur per jaar uit komt.

Verminderen van methaan uit de pens en de mest:

De vermindering van methaanemissie uit pensfermentatie vindt plaats langs twee sporen:

- Toevoegmiddelen: er wordt gerekend met een gebruik van zowel plantaardige oliën, nitraat en 3NOP, in de verhoudingen 10:20:70. De reductie van methaan is voor oliën en nitraat 12.5%, voor 3NOP is 20% aangehouden, het midden van de boven- en ondergrens uit Tabel 2. Het gebruik van de middelen begint in 2023 met 25% van de veehouders, jaarlijks stijgt de deelname met 25% en is volledig in 2026, uitgaande van volledige deelname. Als de totale deelname slechts 50% bedraagt, stijgt de deelname per jaar met 12.5%.
- Fokkerij: de eerste effecten van minder methaan door fokkerij kunnen optreden in 2027, hetgeen betekent dat in 2025 al stieren beschikbaar moeten zijn. Vanaf 2027 daalt de methaanemissie per kg opgenomen voer met 0.22 tot 0,68 % per jaar, resulterend in een daling van 5 tot 15% in 2050. Het is waarschijnlijk dat er sprake is van een grote deelname bij het inzetten van stieren die leiden tot verminderde methaanvorming. Toch kunnen veehouders overwegen om andere stieren in te zetten, omdat zij de nadruk leggen op andere kwaliteiten. Om de bandbreedte te verkennen, worden deelnames van 50 en 100% gebruikt in de berekeningen.

De meest effectieve manier om emissies uit mest in de stal te verminderen bestaat uit een combinatie van zeer frequente en schone afvoer (voor ammoniak om de 1 a 2 uur, voor methaan kan dat minder frequent en minder schoon) met een afgesloten externe mestopslag. De externe mestopslag is soms al kouder dan de opslag onder de vloer. Daarom staat bij methaan uit mest één maatregel centraal: alle stallen worden omgebouwd naar systemen met een externe afgedekte/afgesloten opslag van mest. Dat wordt gecombineerd met dagverse ontmesting, gecombineerd met behandeling van de mest om methaanemissie uit de opslag te verminderen. In dit scenario is geen onderscheid gemaakt tussen stallen met vaste mest en gier en stallen met drijfmest. Ook de gier kan, door vermenging met enige mest, een bron van methaan vormen. Er wordt volop ingezet op de vermindering van methaan uit drijfmest door koelen en oxidatie of door mestvergisting. Omdat er in alle gevallen sprake is van investeringen, ook bij alleen het plaatsen van een externe opslag, vindt deze stalaanpassing plaats in het tempo van nieuwbouw/renovatie. De implementatieperiode is dan ook 25 jaar, met een groei van 2 tot 4% per jaar, afhankelijk van de deelname (resp. 50 en 100% in totaal). De toepassing van de maatregelen koeling, oxidatie en mestvergisting worden gekoppeld aan de aanpassing van de stal en opslag.

Mestvergisting is een relatief dure methode om methaan te verminderen, en zal in beperkte mate worden toegepast indien er geen financiële compensatie (subsidie) voor veehouders tegenover staat. Van alle bedrijven met drijfmest is aangenomen dat 40% gebruik zal maken van koelen, 40% van oxideren en 20% van mestvergisting.

De maatregelen voor methaan uit mest worden toegepast voor melkveebedrijven en varkensbedrijven.

Verlenging van de productieve levensduur

De verlenging van de productieve levensduur met één jaar betekent dat veehouders minder jongvee voor vervanging hoeven aan te houden. Daarmee daalt de methaanemissie per kg melk. Ook daalt de vleesproductie die verwant is aan de melkproductie; wel meer kalveren voor de mestering, maar minder volwassen koeien naar de slacht. Maar dat is een vraagstuk op macroniveau. Op bedrijfsniveau en voor de nationale rapportage daalt de methaanemissie. In de afgelopen jaren hebben de veehouders het aantal stuks jongvee al verlaagd naar 0.56 stuks jongvee per melkkoe. Dat komt neer op een productieve levensduur van vier jaar voor melkkoeien. Een verdere verlaging naar vijf productieve levensjaren is verkend, hetgeen neerkomt op 0,45 stuks jongvee per melkkoe. Deze maatregel is alleen van toepassing op de melkveehouderij. Het effect van een langere levensduur van zeugen op de emissies van methaan uit mest is erg beperkt.

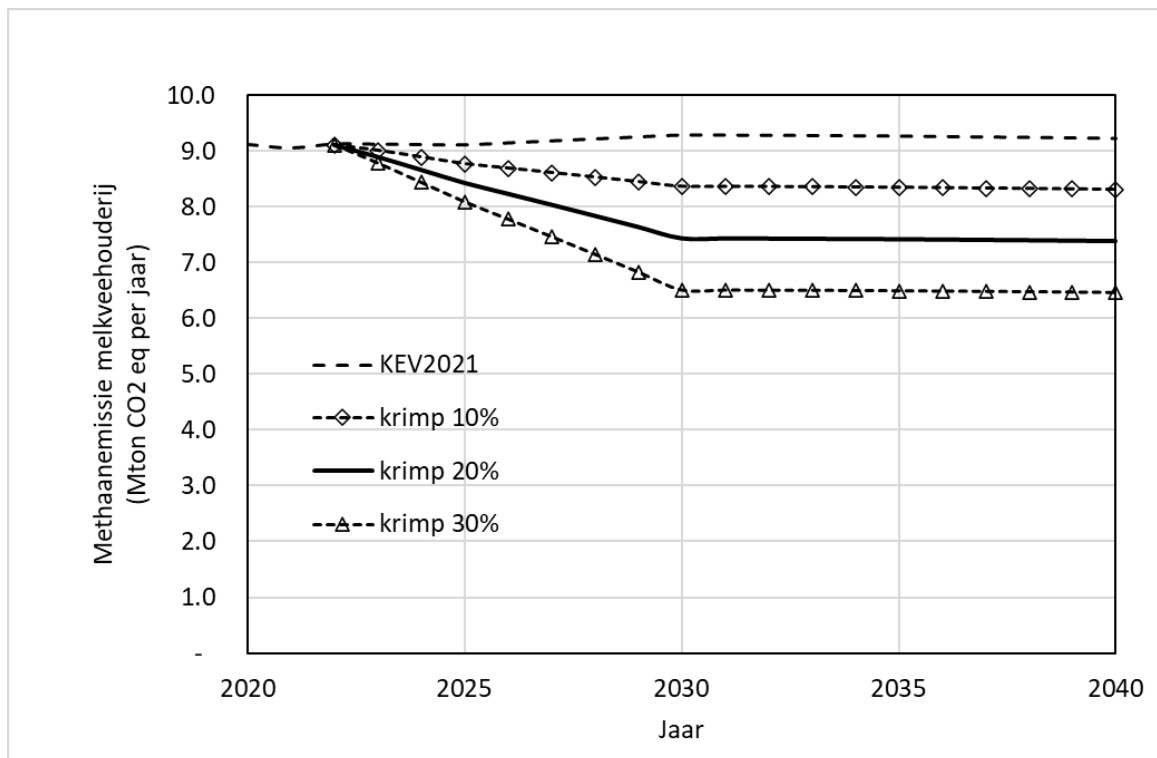
Combinaties van de maatregelen

De bovenstaande maatregelen worden als enkele maatregel berekend, maar daarnaast worden een aantal combinaties voor de melkveehouderij en varkenshouderij berekend:

- krimp met beweiding van 1500 en 3000 uur (alleen melkveehouderij);
- krimp met pens- en mestmaatregelen, met deelname van 50 en 100% van de melkveeouders (mest voor zowel melkvee als varkens).

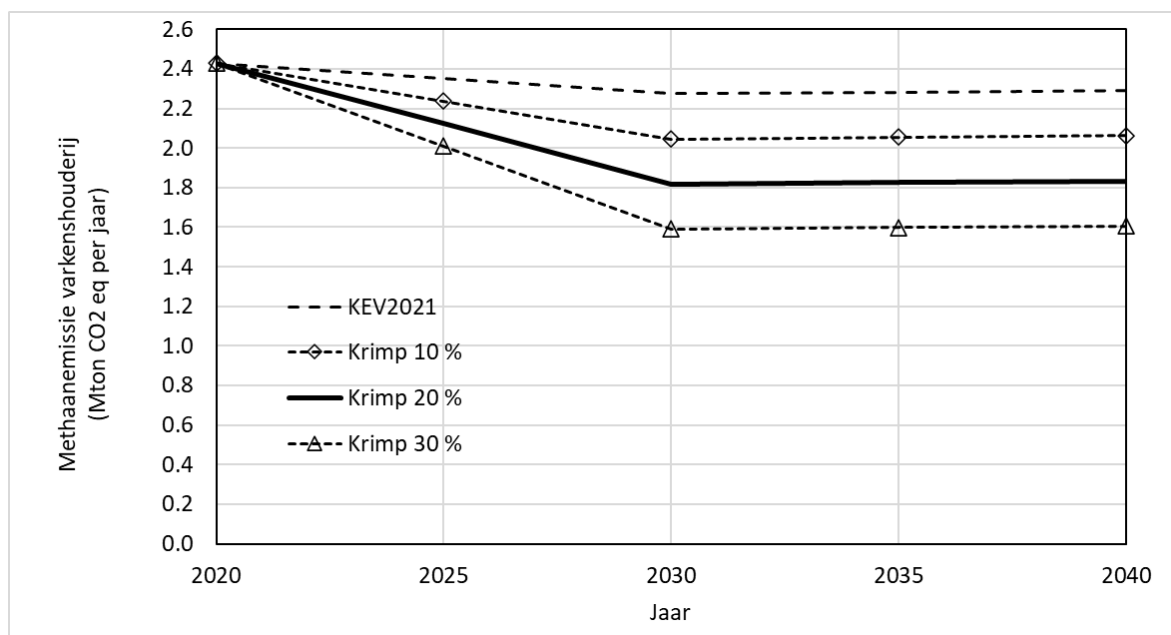
3 Resultaten

3.1 De effecten van krimp bij melkvee en varkens



Figuur 1 De methaanemissie uit de melkveehouderij bij ongewijzigd beleid (KEV2021) en als gevolg van het inkrimpen van de veestapel met 10 tot 30% in het jaar 2030.

In de melkveehouderij is er bij ongewijzigd beleid nog een lichte stijging te zien van de methaanemissie tot ongeveer 9.3 megaton, een gevolg van meer emissie per dier door een hogere melkproductie in combinatie met minder koeien vanwege de fosfaatregelgeving. Een krimp daar bovenop van 10 tot 30% leidt tot een reductiepotentieel ten opzichte van 2020 van 0,76 tot 2,62 megaton CO₂-equivalenten. Na 2030 is er sprake van een licht stijgende emissie, wat dezelfde oorzaak heeft als bij het ongewijzigd beleid.

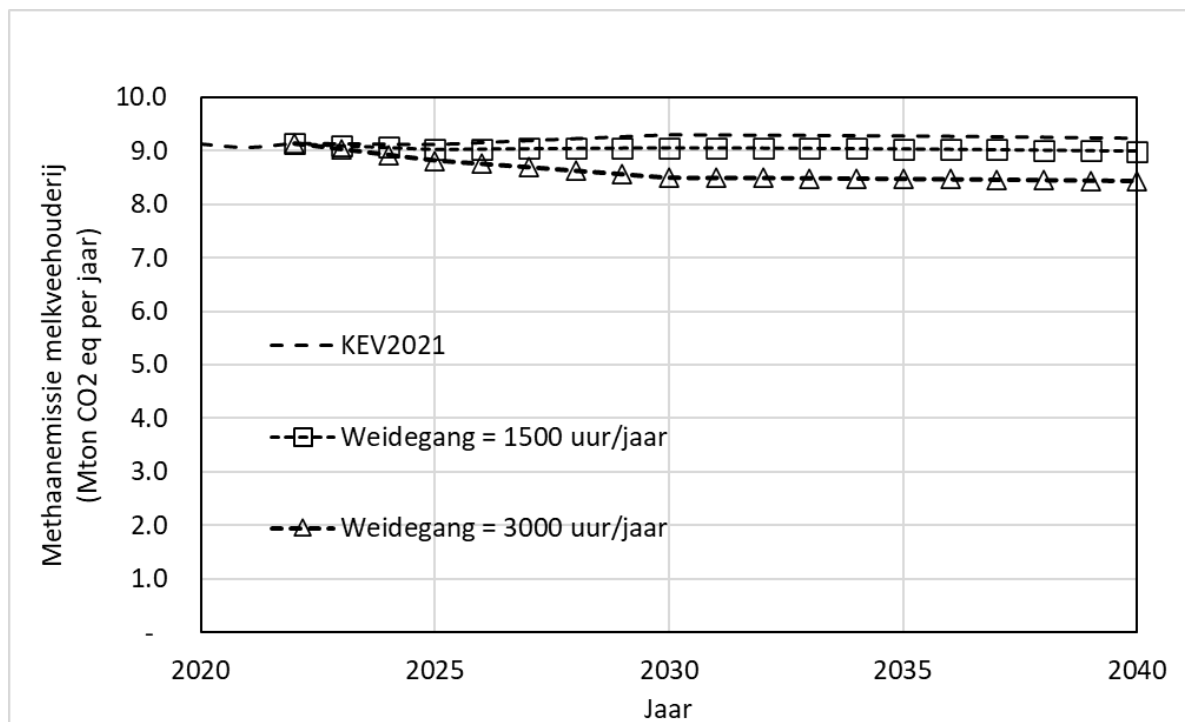


Figuur 2 De methaanemissie uit de varkenshouderij bij ongewijzigd beleid (KEV2021) en als gevolg van het inkrimpen van de veestapel met 10 tot 30% in het jaar 2030.

Bij de varkenshouderij is het beeld iets anders, ook bij ongewijzigd beleid treedt al een daling op van de methaanemissie. Dat is een gevolg van een verwachte daling in aantallen dieren tussen 2020 en 2030. Als daar de krimp van 10 tot 30% nog bovenop komt, is het reductiepotentieel ten opzichte van 2020 0.38 tot 0.84 megaton CO₂-equivalenten. In de jaren na 2030 is er sprake van een nagenoeg constante methaanemissie.

3.2 De effecten van maatregelen bij melkvee en varkens

3.2.1 Beweiding



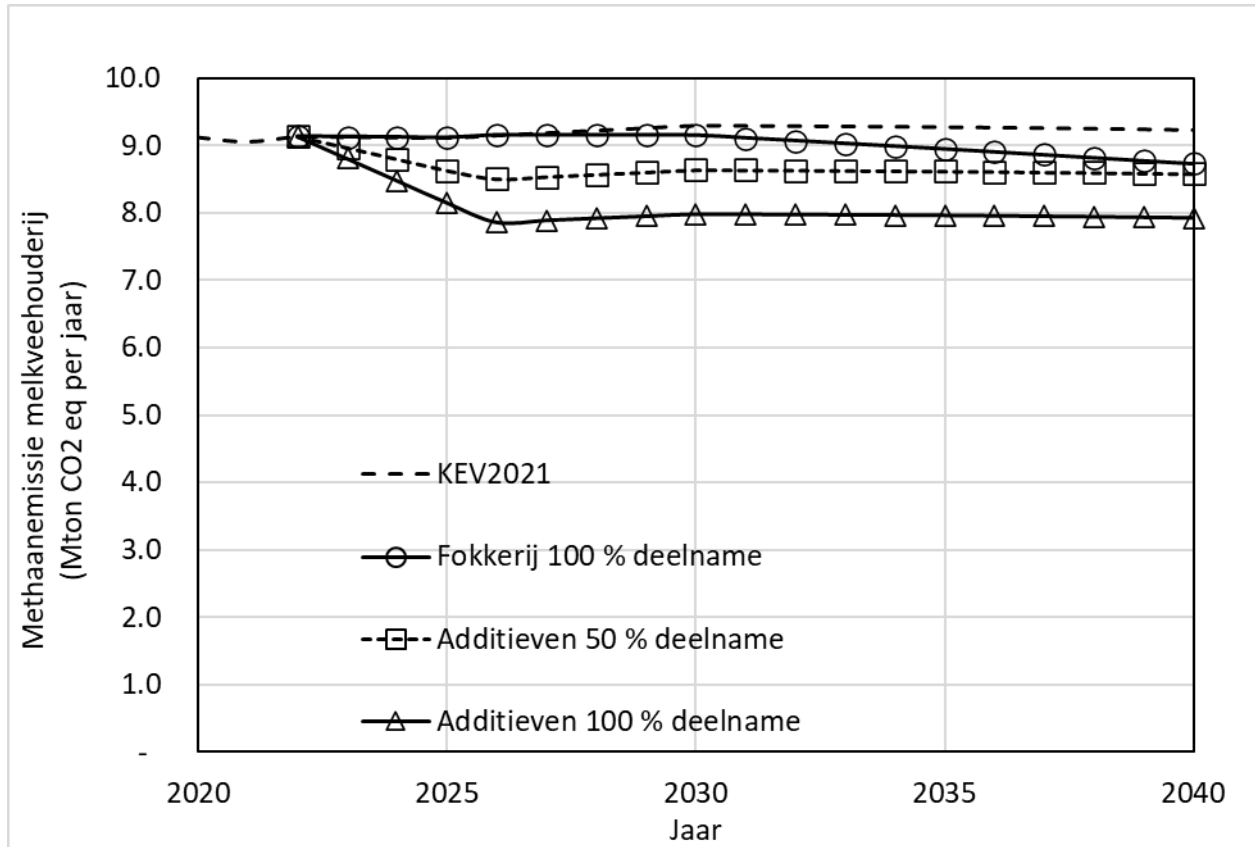
Figuur 3 De verandering van methaanemissie in de melkveehouderij bij ongewijzigd beleid (KEV2021) en bij de toepassing van gemiddeld 1500 en 3000 uur weidegang per jaar voor melkvee.

Beweiding is een maatregel die zowel invloed heeft op de methaanvorming uit de pens als uit de mest. Daarom wordt deze maatregel eerst apart besproken. Beweiding kent ook een aantal neveneffecten, die worden in hoofdstuk 3.5.1 besproken.

Door weidegang bij melkvee is er bij gemiddeld 1500 uur per jaar sprake van een lichte daling van 0,07 megaton CO₂-equivalenten ten opzichte van 2020 (Figuur 3). De lichte daling van de methaanemissie door beweiding is net iets groter dan de stijging door de verhoogde emissie van de koeien, waardoor er een zeer beperkte daling optreedt. Bij 3000 uur weiden per jaar is er sprake van een daling van de methaanemissies van 0,63 megaton CO₂-equivalenten in 2030 ten opzichte van 2020. Deze daling verloopt gestaag omdat de introductie van de weidegang begint in 2023 en pas is voltooid in 2030. Omdat de beweiding na 2030 niet meer verandert blijven de emissies in de jaren erna nagenoeg gelijk.

3.2.2 Maatregelen pensfermentatie

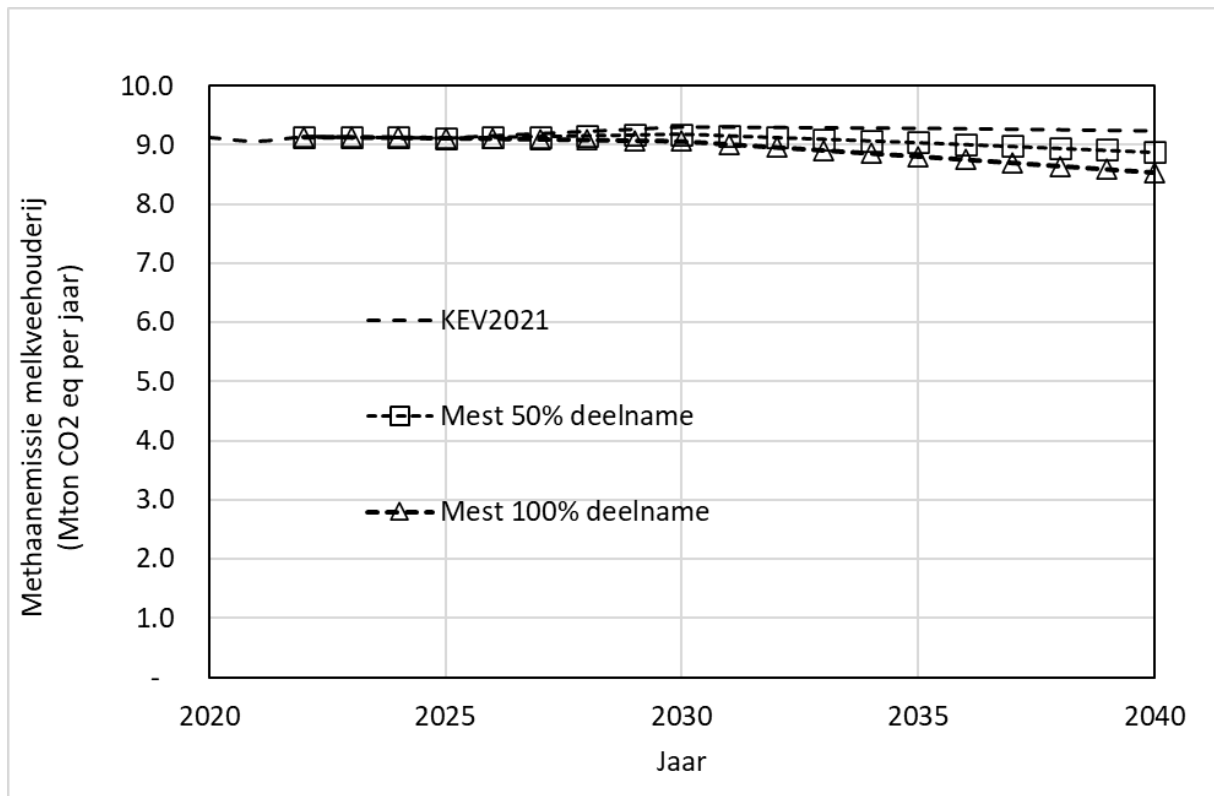
Hoewel beweiding ook invloed heeft op de methaanvorming uit de pens, worden in deze paragraaf alleen de effecten van maatregelen besproken die zich specifiek richten op vermindering van de pensfermentatie. Het effect door beweiding is al weergegeven in hoofdstuk 3.2.1. Het gaat dan om het gebruik van toevoegmiddelen en om fokkerij van koeien die minder methaan produceren. De effecten van deze maatregelen zijn weergegeven in Figuur 4.



Figuur 4 De verandering van methaanemissie in de melkveehouderij bij ongewijzigd beleid (KEV2021) en bij de toepassing van toevoegmiddelen aan veevoer bij een deelname van 50 en 100% en bij fokkerij een deelname van 100% voor dieren met een lagere methaanemissie uit de pens.

Bij de toepassing van de maatregelen om de methaanvorming in de pens te verminderen is er bij de toevoegmiddelen eerst een snelle daling tot en met 2026, als gevolg van een toenemend gebruik van ervan in de jaren 2023 tot 2026. Het reductiepotentieel in 2030 bedraagt bij de toevoegmiddelen 0,45 tot 1.15 megaton CO₂-equivalenten ten opzichte van 2020. Daarna volgen de lijnen het verloop van de KEV2021, zij het op een lager niveau. De werking van de toevoegmiddelen verandert dan niet meer. Bij de fokkerij is er sprake van een ander verloop, pas in 2027, als de eerste dieren met verminderde methaanvorming aanwezig zijn gaat deze maatregel effect sorteren. Omwille van het overzicht is in Figuur 4 alleen de lijn met 100 % deelname weergegeven. De lijn met 50 % deelname ligt precies tussen de lijn van de KEV2021 en 100 % deelname in. Er is in de eerste jaren van de toepassing nog nauwelijks sprake van een absolute daling, maar zorgt de maatregel er wel voor dat de emissie niet meer stijgt, zoals nog wel het geval is bij de KEV2021. Daarom is het reductiepotentieel in 2030 nul. Maar na 2030 zet de ontwikkeling zich door en neemt het reductiepotentieel in de jaren naar 2040 nog toe tot 0,40 megaton CO₂-equivalenten ten opzichte van 2020. Ook in de jaren erna zal het reductiepotentieel nog verder toenemen. Bij beweiding is de toepassing van toevoegmiddelen nog een knelpunt. De werking van het toevoegmiddel is gebaseerd op een regelmatige verstrekking over de dag. Bij beweiding is dat lastig te realiseren, zeker als dag en nacht wordt beweide. Er wordt gewerkt aan oplossingen, maar die zijn op dit moment nog niet beschikbaar.

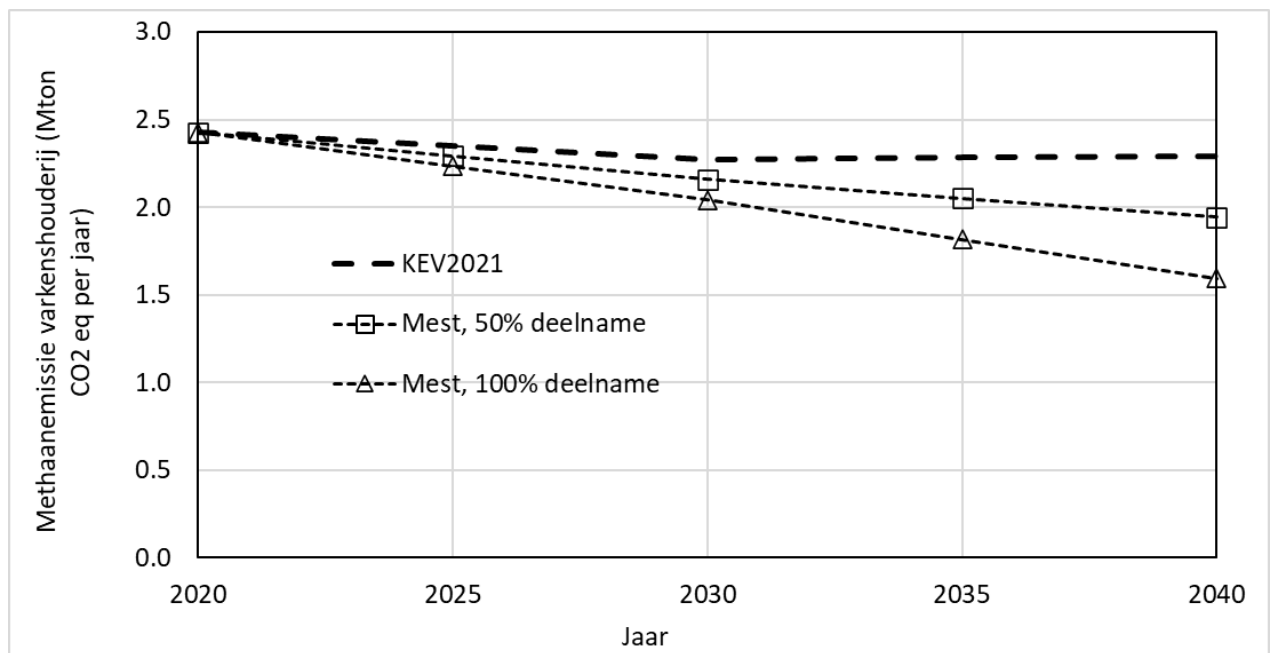
3.2.3 Maatregelen mest melkveehouderij



Figuur 5 De verandering van methaanemissie in de melkveehouderij bij ongewijzigd beleid (KEV2021) en bij de toepassing van maatregelen om de methaanemissie uit mest te verminderen bij een deelname van 50 en 100%.

De maatregelen om de emissies uit mest te verminderen bestaan uit aanpassingen aan stallen in combinatie met behandeling van de mest op verschillende manieren. Deze maatregelen kunnen slechts langzaam worden ingevoerd omdat het om renovatie/nieuwbouw van de stal gaat. Dergelijke grote investeringen vinden pas plaats als de "oude" stal is afgeschreven of technisch aan zijn eind is. Daarom zorgen ook de maatregelen voor mest in de periode tot 2030 niet of nauwelijks voor een daling van de totale methaanemissies ten opzichte van 2020. Het reductiepotentieel bedraagt in 2030 -0.05 tot 0.06 megaton CO₂-equivalenten ten opzichte van 2020 (Figuur 5, een negatief reductiepotentieel duidt op een toename). Er is ten opzichte van de KEV2021 dan wel sprake van een afname (beide rode lijnen liggen onder de zwarte stippellijn van de KEV), maar ten opzichte van de referentiesituatie in 2020 is het een toename. In de jaren na 2030 zet de vermindering van de methaanemissie wel door tot 0.25 tot 0,60 megaton CO₂-equivalenten door een toenemend aantal stallen met aanpassingen. En net als bij fokkerij is de maatregel nog niet volledig ingevoerd. Dus ook na 2040 is er nog een daling te verwachten.

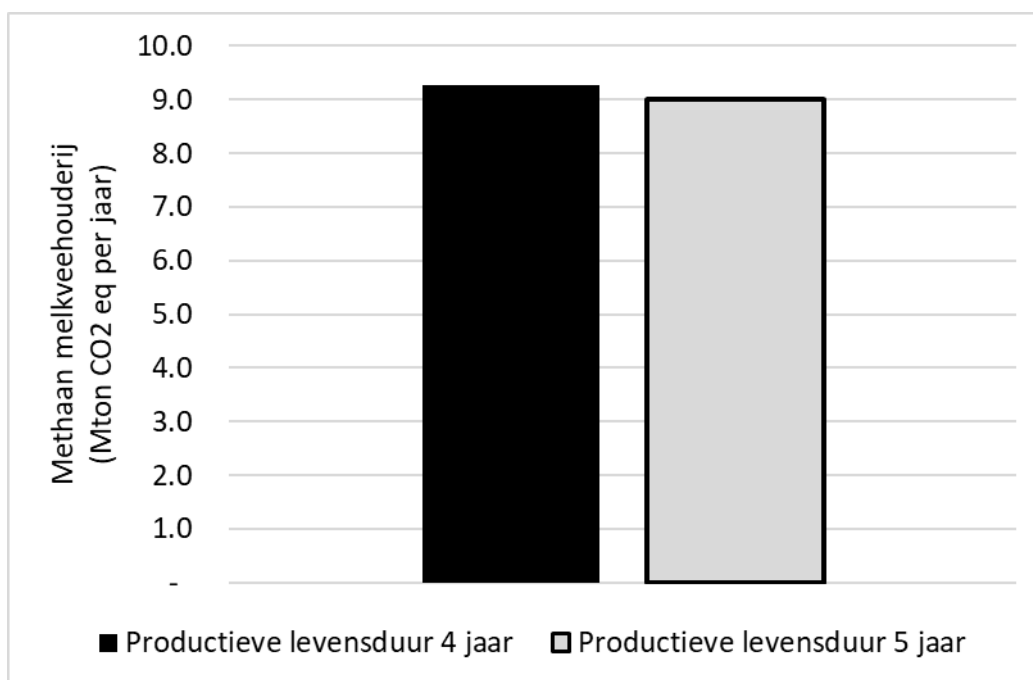
3.2.4 Maatregelen mest varkenshouderij



Figuur 6 De verandering van methaanemissie in de varkenshouderij bij ongewijzigd beleid (KEV2021) en bij 50 en 100% deelname aan de maatregelen om de emissies uit mest te verminderen.

Bij de varkenshouderij is de daling van de methaanemissies alleen een gevolg van stalmaatregelen en is er sprake van een gestage daling in de loop van de tijd. Deze daling zet zich voort na 2030. Het reductiepotentieel ten opzichte van 2020 bedraagt 0.27 tot 0.39 megaton CO₂-equivalenten. Voortzetting van de stalaanpassingen en maatregelen om emissies te verminderen leiden in 2040 tot reducties van 0,48 tot 0.83 megaton.

3.3 Verlenging van de productieve levensduur bij melkvee

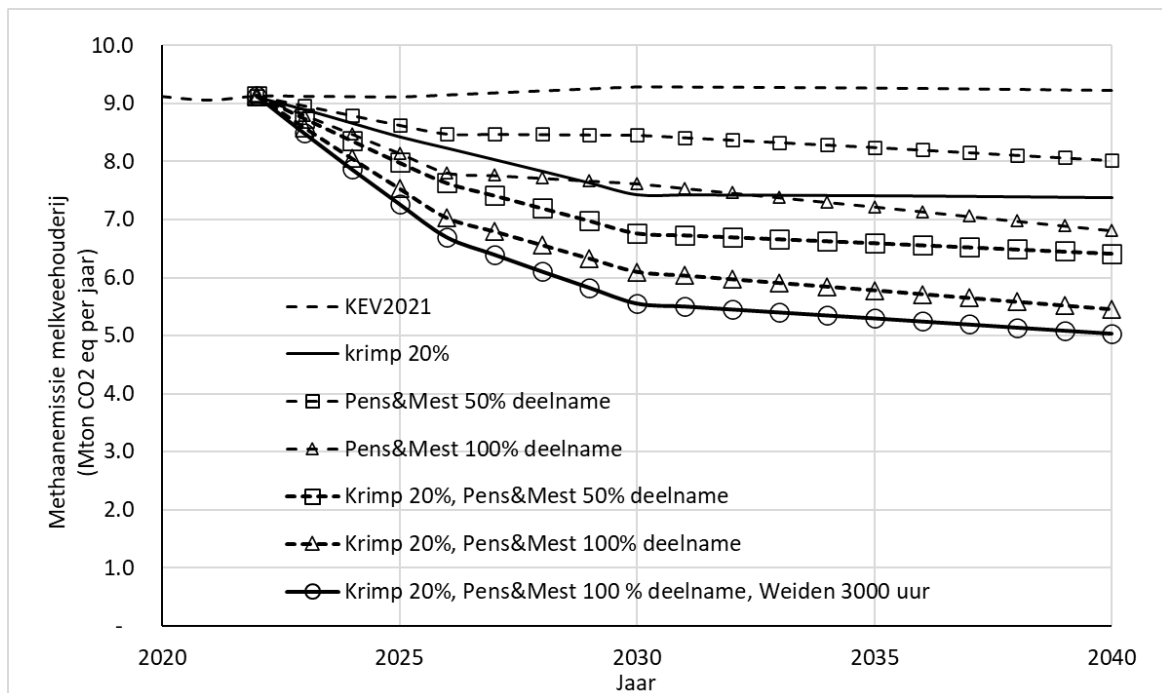


Figuur 7 De methaanemissie van de Nederlandse melkveestapel, inclusief jongvee in megaton CO₂-equivalenten bij een productieve levensduur van 4 en 5 jaar.

De verlenging van de productieve levensduur van melkvee is een maatregel om de methaanemissie van de melkveehouderij te verminderen. Dat wordt veroorzaakt door het feit dat er op de bedrijven minder jongvee hoeft te worden aangehouden. In de berekeningen van de KEV2021 wordt er 0.56 stuks jongvee aangehouden per koe voor vervanging, hetgeen betekent dat de productieve levensduur 4 jaar is. Verlenging van de productieve levensduur van 4 naar 5 jaar vergt een daling van 0.56 naar 0,45 stuks jongvee per koe. Berekeningen met deze lagere vervanging en bijbehorende langere productieve levensduur van koeien leidt tot een daling van 0.22 megaton CO₂-equivalenten uit methaan, als dit voor de gehele melkveestapel wordt gedaan. Als ook hier een deelname van 50 en 100% wordt aangenomen, zal de reductie respectievelijk 0.11 en 0.22 megaton CO₂-equivalenten zijn. Er dienen enkele kanttekeningen te worden geplaatst bij de verlenging van de productieve levensduur. Deze verlenging werkt alleen als er daadwerkelijk over de gehele sector minder jongvee wordt aangehouden. Dat is niet eenvoudig, omdat veehouders niet het risico willen lopen dat ze een tekort aan vervangingsdieren hebben. Er kunnen zich immers calamiteiten voordoen. Tegelijkertijd is het makkelijker om volwassen koeien te vervangen als men eenmaal meer jongvee heeft aangehouden. En komt de gemiddelde levensduur van de koeien toch weer lager uit dan oorspronkelijk de bedoeling was. Technisch gesproken is het dus eenvoudig, maar de uitvoering is moeilijker. Door de verlenging van de productieve levensduur is de instroom van drachtige vaarzen lager en worden er daardoor iets minder kalveren geboren. Ook zijn er minder vrouwelijke kalveren die pas op een volwassen gewicht worden geslacht. De productie van levend gewicht aan koeien en vleeskalveren daalt van 31 naar 29 gram per kg melk.

3.4 Gecombineerde effecten bij melkvee en varkens

3.4.1 Gecombineerde effecten melkveehouderij

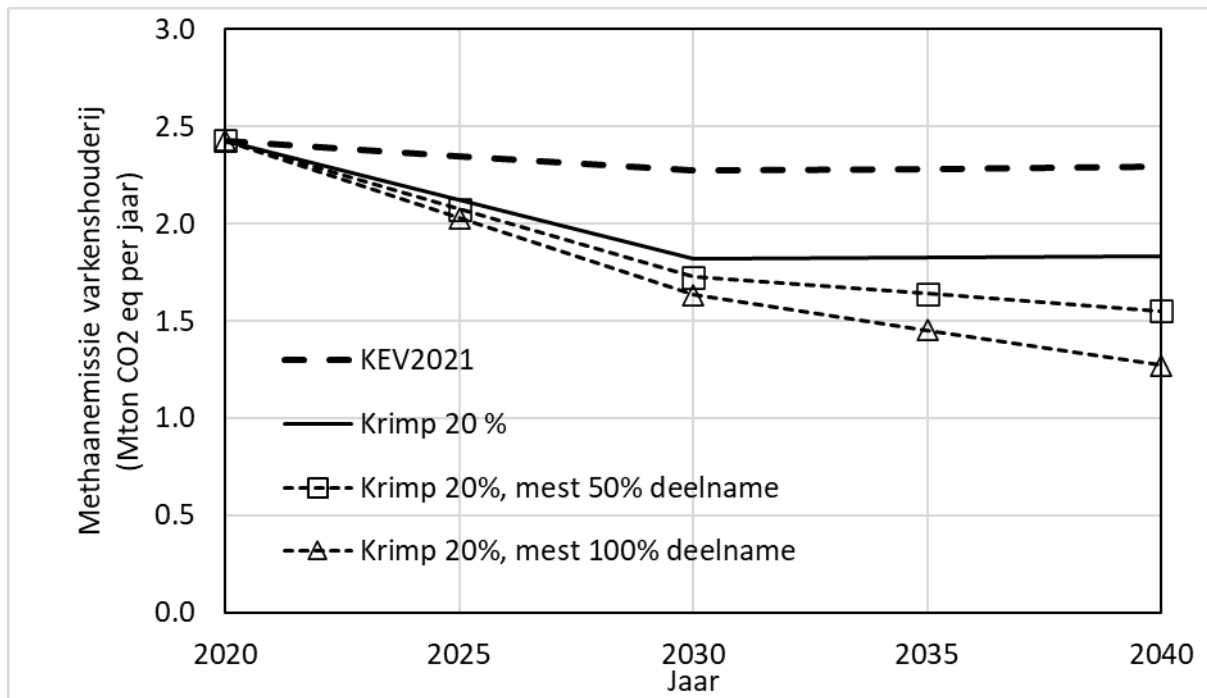


Figuur 8 De effecten van 20% krimp in 2030, maatregelpakketten gericht op pens en mest met deelname van 50 en 100%; de krimp van 20%; de combinatie van krimp en maatregelpakketten voor pens en mest; en de combinatie van 20% krimp, 3000 uur per jaar weiden en 100% deelname aan maatregelen voor pens en mest

Tot nu toe zijn de maatregelen krimp, weiden, pensgerichte en mestgerichte maatregelen los van elkaar beschouwd. Het is nuttig om de gecombineerde effecten van een krimp van de veestapel en het toepassen van maatregelen te onderzoeken. In Figuur 8 is a) het effect van de combinatie van pens (fokkerij en toevoegmiddelen)- en mestmaatregelen weergegeven met "Maatr50" en "Maatr100"; en b) het effect van 20 % krimp en toepassing van de maatregelen zoals genoemd onder a) voor de melkveehouderij weergegeven. De gelijktijdige toepassing van maatregelen gericht op pens en mest zorgen voor een reductiepotentieel van 0.67 tot 1.50 megaton CO₂-equivalenten. Ook hier is hetzelfde effect te zien als bij de enkelvoudige maatregelen: de maatregelen fokkerij en mest zorgen na 2030 nog voor een verdergaande vermindering van de emissies, waarmee het reductiepotentieel in 2040 uitkomt op 1.11 tot 2.32 megaton CO₂-equivalenten. Door de combinatie van 20 % krimp en 50 tot 100 % deelname aan maatregelen voor pens en mest kan de methaanemissie worden gereduceerd 2.36 tot 3.03 megaton CO₂-equivalenten in 2030. Het samengestelde effect is niet een eenvoudige optelling: in de combinatie van krimp en maatregelen hebben de maatregelen betrekking op minder dieren en zorgen ze dus samen ook voor een iets kleiner effect. Omdat de maatregelen om methaan uit mest te verminderen, de aanpassingen aan stal en opslag, na het jaar 2030 nog doorgaat, gaat de afname van de methaanemissie verder naar beneden. In 2040 kan dan een reductie van 2.71 tot 3.68 megaton CO₂-equivalenten worden bereikt. Het meest vergaande scenario is de situatie van een combinatie van 100 % deelname aan maatregelen, 3000 uur weidegang en een krimp van 20 %. Dan wordt een reductie van de emissies van 3.57 megaton CO₂-equivalenten bereikt in 2030 en van 4.10 megaton in 2040 (de zwarte lijn met open rondjes in Figuur 8). Ook bij deze "drie-weg-combinatie" is er sprake van interactie en is het totale effect kleiner dan de eenvoudige optelling van de effecten.

3.4.2 Gecombineerde effecten varkenshouderij

Figuur 9 laat de effecten in de varkenshouderij zien. Een combinatie van krimp en maatregelen leidt tot potentiële reducties van 0.70 tot 0.79 megaton CO₂-equivalenten. Ook hier zet de daling zich voort na 2030 en zijn potentiële reducties mogelijk van 0.87 tot 1.15 megaton CO₂-equivalenten.



Figuur 9 De gecombineerde effecten in de varkenshouderij van 20 % krimp in 2030 en deelname van 50 en 100 % aan de maatregelen om methaanemissie te verminderen

3.5 De overige veehouderijsectoren

In de voorgaande tekst is de aandacht alleen uitgegaan naar melkvee en varkens. Die zijn samen goed voor bijna 90% van de totale methaanemissie uit de Nederlandse veehouderij. De overige belangrijke bron van methaanemissie is de pensfermentatie van overig vee (Tabel 1). Dat bestaat uit vleeskalveren uit de melkveehouderij, zoogkoeien/vleesvee, schapen, geiten en paarden. Voor geen van deze sectoren zijn maatregelen bekend om de methaanemissie te verminderen. De productie van vleeskalveren in Nederland bestaat vooral uit de zogeheten blankvleesproductie. Omdat ook daar een deel van het rantsoen uit ruwvoer bestaat, is er sprake van methaanemissie uit de pens. Schapen en runderen voor de vleesproductie worden hoofdzakelijk geweid. Een review van de tot nu toe geteste toevoegmiddelen (Hegarty et al., 2021) geeft aan dat geen van de toevoegmiddelen is getest onder weideomstandigheden en dat toediening ervan bij beweiding nog niet is uitgewerkt. Voor schapen zijn er daarom nog weinig mogelijkheden tot vermindering van methaanemissie. Omdat schapen en runderen voor de vleesproductie veel weiden, bestaat het rantsoen voor een zeer groot deel uit vers weidegras, dat een ongeveer 20 % lagere methaanemissie geeft dan geconserveerd gras. Deze lagere methaanemissie is echter nog niet verwerkt in de emissierapportages omdat de resultaten van het onderzoek op dat moment nog niet beschikbaar waren. In principe kan de berekende methaanemissie van overige sectoren mogelijk nog iets afnemen. Bij nieuwe emissiefactoren worden ook de effecten met terugwerkende kracht tot 1990 berekend. Het zal dus niet leiden tot een procentueel sterkere daling van 2030 ten opzichte van 2020.

4 Discussie en conclusies

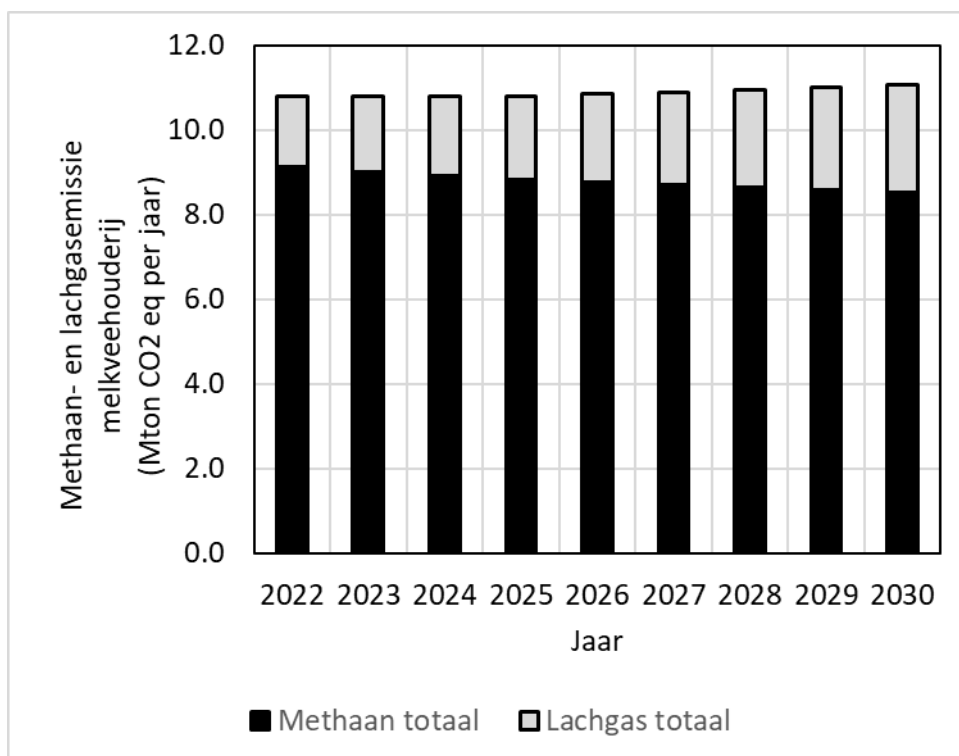
4.1 Mogelijke neveneffecten

Uiteraard heeft ook de krimp van de dieren aantallen grote neveneffecten, die onder meer betrekking hebben op de werkgelegenheid en de omzet in de primaire landbouw. Het valt buiten de scope van dit rapport om op al die sociaaleconomische effecten in te gaan. Dit rapport beperkt zich tot een technische beschouwing van neveneffecten.

4.1.1 Beweiding

Beweiding leidt tot een lagere methaanemissie. Maar methaan is niet het enige broeikasgas dat ertoe doet. De emissie van lachgas verandert ook. Dat gebeurt door twee oorzaken: a) het eiwitgehalte van het rantsoen verandert door een groter aandeel weidegras, meestal neemt het toe; b) de emissiefactor van lachgas uit stikstof van mest en urine in de weide is hoger dan die in de stal en mestopslag. Het hogere eiwitgehalte in de weide kan worden gecompenseerd door bijvoeding van eiwitarme producten, zoals mais of eiwitarm mengvoer. Bij volledige weidegang zijn die mogelijkheden echter beperkt. Dan is vers gras immers veruit het grootste deel van de voeropname.

In Figuur 10 is berekend wat er gebeurt met methaan en lachgas samen als er meer wordt geweid. In



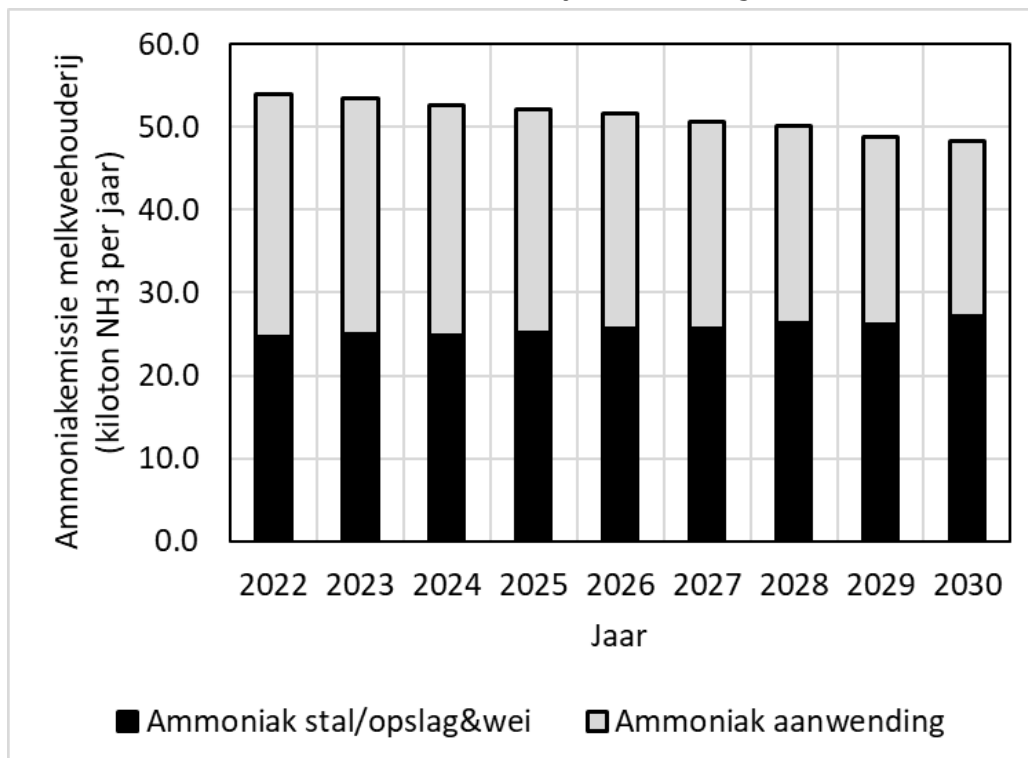
Figuur 10 De berekende emissie van methaan en lachgas bij toename van de beweiding van 880 naar 3000 uur per jaar, bij een constant gemiddeld eiwitgehalte van het rantsoen over het gehele jaar.

2022 wordt gemiddeld 880 uur geweid per weideseizoen, oplopend naar 3000 uur per weideseizoen in 2030. Voor alle jaren is het eiwit gehalte van het rantsoen op jaarbasis gelijk gehouden. De lagere methaanemissie wordt geheel teniet gedaan door de sterkere emissie van lachgas, ook al is in de berekening gezorgd dat het eiwitgehalte van het rantsoen op jaarbasis gelijk blijft.

Het is te verwachten dat het stikstofgehalte van het rantsoen in de zomer hoger zal zijn. Dan is het ook te verwachten dat de totale emissie van broeikasgassen zal stijgen.

Een ander effect van beweiding is de kans op een grotere uitspoeling van nitraat. In urineplekken is er sprake van een hoge concentratie van ureum. Zeker aan het eind van het seizoen kan dat niet meer door het gewas worden opgenomen en kan het, na omzetting tot nitraat, uitspoelen naar het grondwater. Vooral op de drogere zandgronden leidt dat tot relatief hoge nitraatconcentraties in het bovenste grondwater. Eerder stoppen met weiden aan het eind van het seizoen is een werkbare oplossing (Vellinga et al., 2004).

Ook wordt beweiding gezien als een belangrijke maatregel om de emissie van ammoniak te verminderen. Er vindt op dit moment nieuw onderzoek plaats naar de ammoniakemissie bij beweiding en de rol van de stalemissie. In Figuur 11 is dezelfde berekening gebruikt om de emissie van ammoniak te berekenen. Ook hier is dus voor alle jaren het eiwit gehalte van het rantsoen op



Figuur 11 De berekende emissie van ammoniak van de melkveehouderij bij toename van de beweiding van 880 naar 3000 uur per jaar uit stal en opslag en bij aanwending van drijfmest.

jaarbasis gelijk gehouden. In dat geval is er sprake van slechts een lichte afname van de ammoniak uit de stal en de bijbehorende mestopslag. De sterkste daling zit vooral in de lagere emissie bij aanwending. Dat laatste is puur een gevolg van een kleiner mestvolume. De beperkte daling van de ammoniakemissie uit de stal komt omdat de vloeren van de stal wel de hele tijd bevuild blijven met mest en urine. Er is de gehele zomer dus een emitterend oppervlak aanwezig.

Uiteindelijk is de winst van beweiding voor de vermindering van broeikasgassen nihil, omdat de lagere emissie van methaan teniet wordt gedaan door extra emissie van lachgas. Ook is er enige kans op meer uitspoeling van nitraat.

4.1.2 Overige neveneffecten

Het gebruik van het toevoegmiddel nitraat kan leiden tot een verhoging van het stikstofgehalte van het rantsoen.

De koe kan het stikstof in nitraat wel omzetten naar aminozuren, maar als de extra stikstof van het nitraat niet wordt gecompenseerd, zal het hogere stikstof (eiwit) gehalte van het rantsoen zorgen voor een hogere stikstofuitscheiding via de urine. Juist de stikstofuitscheiding via urine is een belangrijke bron van ammoniak.

Het negatieve effect kan dus worden voorkomen door het rantsoen van de koeien aan te passen. Maar dat is niet op alle bedrijven mogelijk, met name op bedrijven die veel weiden en veel gras en graskuil in het rantsoen hebben.

De aanpassingen aan stallen om methaanemissie te verminderen hebben geen neveneffecten. Er zal eerder een positief neveneffect kunnen optreden. Er is al eerder genoemd dat hoogfrequent (uurlijks) afvoeren van mest en urine, gecombineerd met spoelen kan leiden tot een forse afname van de ammoniakemissie uit stallen.

Bij de verlenging van de productieve levensduur van melkvee is al aangegeven dat het aantal kalvingen afneemt en dat de totale vleesproductie die gerelateerd is aan de melkveehouderij afneemt. Als de rundvleesconsumptie in Nederland gelijk blijft zal er rundvlees moeten worden geïmporteerd of geproduceerd moeten worden in de vleesveesector. Dergelijk vlees heeft een hoge emissie en de winst door verlenging van de levensduur wordt daarmee teniet gedaan (Vellinga en de Vries, 2018).

4.2 Invoering van maatregelen

De pakketten van maatregelen die in de scenario's gebruikt worden zijn relatief eenvoudig, maar het succes ervan hangt af van de mate waarin het zal worden toegepast. Er zijn verschillende manieren om de maatregelen in te voeren. Aangezien het maatregelen zijn die extra inspanningen vereisen, soms lastig uitvoerbaar zijn en er soms extra kosten gemaakt moeten worden, zullen veehouders deze niet vanzelf of slechts in beperkte mate gaan toepassen. Dat blijkt ook duidelijk uit onderzoek naar effectiviteit van emissiearme stalsystemen door Bremmer et al. (2022). Het bevorderen van de toepassing kan in principe via twee sporen: verplichten of stimuleren.

Verplichten: Bij het verplichten valt te denken aan middelvoorschriften, zoals het bouwen van een zeker huisvestingssysteem of het inbouwen van een zekere emissie reducerende techniek. Middelvoorschriften zijn vaak bekritiseerd, maar zijn in een aantal gevallen wel zeer effectief gebleken, zoals bij afdekking van mestopslagen en emissiearme aanwending (Vellinga en de Haan, 2022). De handhaving ervan is relatief eenvoudig. Het toepassen van doelvoorschriften is een andere optie, waarbij de veehouder zelf bepaalt hoe een doel wordt bereikt. De handhaving is dan veel complexer, omdat dan emissies nauwkeurig en bedrijfsspecifiek vastgesteld moeten worden. Het meten van emissies is nog geen praktijkgebruik en ook met onzekerheden omgeven (Vellinga en de Haan, 2022). Korevaar en Winkel (2022) beschrijven de stand van zaken; voor gesloten stallen zijn metingen met een redelijke nauwkeurigheid uit te voeren, maar voor open stallen is er sprake van onzekerheden. Er worden wel suggesties gedaan voor een systematiek van borging. Het moet zich nog bewijzen of de meetonzekerheden handhaving toelaten. Bij de verkenning van de Afrekenbare Stoffen Balans is gebleken dat voor handhaving de toepassing van een "punitief" systeem, oftewel strafrecht, geen bewandelbare weg is. De variatie is te groot, zowel bij berekenen als bij meten, waardoor overtredingen zeer lastig te bewijzen zijn. Het toepassen van "regulerende heffingen" wordt wel als een haalbare optie beschouwd.

Stimuleren: er zijn voorbeelden van stimuleringsregelingen uit het verleden, zoals de rentesubsidie voor de bouw van nieuwe stallen. Met een dergelijke stimulering kan bijvoorbeeld de renovatie of nieuwbouw van stallen worden bevorderd en gestuurd. Daarvoor is eerst wel voldoende zekerheid nodig wat betreft de robuustheid van het stal- en opslagsysteem en wat betreft de dagelijkse uitvoering. Anders bestaat de kans dat ook deze op zich effectieve maatregel geen stand houdt. Ook het bedrijfsleven is actief op het gebied van emissiereducties. Zij beraden zich op dezelfde vragen als hier aan de orde komen.

Betrouwbaar monitoren

Essentieel bij alle werkwijzen is dat het effect van de maatregelen op betrouwbare wijze gemonitord kan worden. Dat kan door het monitoren van gedrag en inputs, in combinatie met berekeningen van emissies (de huidige werkwijze in de KringloopWijzer) of door het meten van de emissies zelf. Dat laatste is hiervoor al beschreven en in een aantal gevallen nog niet betrouwbaar genoeg gebleken. Voor de eerste methode, het monitoren van inputs en gedrag, wordt vaak verwezen naar de toepassing van het mineralenaangifte systeem MINAS. MINAS ging om aan- en afvoer van mineralen, waarvoor in nagenoeg alle gevallen een bewijsstuk beschikbaar was. Die werkwijze is bij emissie-monitoring maar de helft van het verhaal, daar hoort nog een berekening van emissies bij, met gebruikmaking van emissiefactoren. Bovendien speelt de voeropname van de koeien een belangrijke rol bij de bepaling van de emissies. Dat is nog steeds een zwakke schakel in de monitoring van met name melkveebedrijven. Het knelpunt van de monitoring zal zich daarom vooral voordoen bij beweiding en het gebruik van toevoegmiddelen. Er zijn nog geen methoden om deze eenduidig, nauwkeurig en overtuigend te monitoren. Bij die maatregelen waar de controle lastig is, is stimuleren of lichte heffingen een passend instrument. Juist bij de vermindering van de grootste emissiebron, de pensfermentatie van de koe, is dus de monitoring en daarmee de handhaving van maatregelen een lastige kwestie.

4.3 Totaaloverzicht van effecten

Tabel 5 Overzicht van de mogelijke reductie van methaanemissies in de melkveehouderij en varkenshouderij in 2030 ten opzichte van 2020.

		KEV 2021	Potentiële reductie in 2030 t.o.v. 2020 (megaton CO ₂ -eq.)	
Groep		Jaar 2020	Onder grens	Boven grens
Melkvee		9.13		
	Voorgen. Beleid (KEV2021)		-0.17	-0.17
	Krimp 10 – 30 %	A	0.76	2.62
	Weiden*	B	0.07	0.63
	Pens: toevoegmiddelen	C1	0.49	1.15
	Pens: fokkerij	C2	-0.01	-0.02
	Mest (stal & opslag)	D	-0.05	0.06
	Levensduur **	E	0.11	0.22
	Pens & Mest	C+D	0.67	1.50
	Krimp20&Pens&Mest	A+C+D	2.36	3.03
	Krimp20&Pens&Mest&Weiden	A+B+C+D	2.42	3.57
	Krimp20&Pens&Mest&Weiden&Levensduur	A+B+C+D+E	2.51	3.75
Varkens		2.43		
	Voorgen. Beleid (KEV2021)		0.15	0.15
	Krimp 10 – 30 %	A	0.38	0.84
	Mest(stal & opslag)	D	0.27	0.39
	Krimp20&Mest	A+D	0.70	0.79
Pluimvee		0.08		
Overige dieren		1.64		
Veehouderij totaal		13.29	(% reductie t.o.v. 13.29)	
	Pens&Mest Varkens en melkvee	C+D	0.94 (7%)	1.89 (14%)
	Krimp20&Pens&Mest Varkens en melkvee	A+C+D	3.06 (23%)	3.82 (29%)
	Krimp20&Pens&Mest&Weiden&Levensduur Varkens en melkvee	A+B+C+D+E	3.21 (24%)	4.54 (34%)

* In de tabel wordt alleen gekeken naar methaanemissies. Als lachgas wordt meegenomen in de beschouwing is de reductie bijna nihil.

** In de tabel wordt alleen gekeken naar methaanemissies van de melkveehouderij. Er wordt minder vlees geproduceerd. Compensatie daarvan doet de reductie teniet.

De Nationale Methaanstrategie (LNV, 2022) spreekt van een reductie van 4.2 megaton CO₂-equivalenten van 2020 naar 2030, wat neerkomt op 31% reductie voor de veehouderij en de akkerbouw samen. Uit de berekeningen blijkt dat reducties van methaan in de melkveehouderij en varkenshouderij bij toepassing van alleen maatregelen voor pens en mest zonder krimp 0.94 en 1.89 megaton CO₂-equivalenten (7 tot 14%) liggen, afhankelijk van de deelname door veehouders (Tabel 5). De reductie door een combinatie van krimp van 20% en maatregelen gericht op vertering in pens en mest ligt tussen de 3.1 en 3.8 megaton CO₂-equivalenten, een daling van 23 tot 29 %. Als beweiding en verlenging van levensduur worden meegenomen, kan de gewenste reductie van 4.2 megaton worden bereikt, maar daar staat bij beweiding een toename van de lachgasemissie tegenover en bij de langere levensduur een extra vraag naar alternatief rundvlees. Als deze laatste optie buiten beschouwing wordt gelaten vanwege de afwentelingen, zijn reducties van meer dan 30 % in 2030 nog niet haalbaar.

De maatregelen die een lange periode van invoer kennen, zoals de fokkerij en stalmaatregelen lijken weinig bij te dragen in 2030. Desalniettemin is het belangrijk om wel te starten met de uitvoering van de maatregelen, omdat ze ook in de jaren na 2030 nog een duidelijk reductiepotentieel in zich hebben. Deze reducties kunnen in de jaren erna nog toenemen met 0.7 tot 1 megaton CO₂-equivalenten, een extra reductie van met 5 tot 7 procentpunten.

4.4 Vergelijking met de Scenariostudie NPLG

Gies et al. (2023) hebben ten behoeve van het Nationaal Programma Landelijk Gebied een scenariostudie uitgevoerd om de realisatie van doelen te verkennen. De studie van Gies et al. (2023) richt zich op water-, klimaat- en stikstofdoelen en heeft daarmee een bredere insteek. Omdat voor water en stikstof een regionale insteek erg belangrijk is, heeft de studie van Gies et al. meer aandacht besteed aan de ruimtelijke variatie van de emissies. Voor de methaanmaatregelen heeft de studie van Gies et al. de volgende keuzes gemaakt:

- Voer additieven melkvee (15% reductie in pensfermentatie), implementatie 100 %
- Stalaanpassingen melkvee en varkens (15% reductie in mestemissie), implementatie 100 %
- 20 % reductie in veestapel t.o.v. 2030 (KEV2021)
- Toename van de beweiding, zonder verandering in methaanemissies.

Het pakket van maatregelen heeft goede overeenkomsten met het scenario "Krimp 20% met Pens&Mest 100 % deelname" zoals in hoofdstuk 3.4 is beschreven.

Gies et al. (2023) komen op een bandbreedte van 3.7 tot 3.9 megaton CO₂-equivalenten, terwijl Tabel 5 (de combinatie A+C+D bij 100 % deelname) in deze studie uitkomt op 3.82 megaton CO₂-equivalenten. Daarmee komen de beide studies goed overeen.

4.5 Maximaal of haalbaar?

Een reductie van ruim 30 % door een combinatie van afname van het aantal dieren met 20 % en maatregelen om methaanemissies te verminderen is een resultaat waarmee het doel voor 2030 kan worden bereikt.

De inschatting of deze reductie realistisch is, blijft lastig. Het staat en valt enerzijds met de deelname door veehouders. In die zin kan het toepassen van stimulerende maatregelen een belangrijk instrument zijn. Ook het aanhaken op initiatieven van de zuivelindustrie kan effectief zijn. Hoewel de scope van de zuivelindustrie veel breder is (zij kijken naar de emissies in de gehele keten, volgens de LCA methode), hebben zij ook methaan reducerende maatregelen op het netvlies.

Een studie van Vellinga & Groenestein (2023) heeft de potentiële reductie in de melkveehouderij berekend bij 100 % deelname, maar bij een lage en hoge effectiviteit van de toepassing. Zij komen op een bandbreedte in de reductie van 1.67 tot 3.48 megaton CO₂-equivalenten.

De bandbreedte in deze studie is voor de melkveehouderij 2.36 tot 3.57 megaton CO₂-equivalenten. In deze laatste bandbreedte is echter ook een krimp van 20 % verwerkt, daarom ligt de ondergrens hoger.

Het feit dat de bovengrens van beide studies nagenoeg gelijk ligt, betekent dat 20 % krimp en een gemiddeld effect van de maatregelen evenveel methaanreductie geeft als 0 % krimp en een maximaal effect. Dat toont aan dat ook de kwaliteit van de uitvoering erg belangrijk is bij de reductie van emissies. Tegelijk is deze juist heel lastig te monitoren. Om dergelijke effecten van de kwaliteit van de uitvoering zichtbaar te maken, zijn metingen nodig. Als aanvulling kan nog worden vermeld dat de toediening van additieven bij weidegang nog een knelpunt is, maar er zijn goede wel indicaties dat de methaanemissie uit de pens bij weidegang bijna 20 % lager is dan bij voeding van geconserveerd gras. Tegelijk is het goed om de mogelijke afwentelingen in de gaten te houden. Deze treden vooral op bij een toename van de beweiding. De verminderde methaanemissie wordt grotendeels teniet gedaan door een hogere emissie van lachgas. Op droogtegevoelige zandgronden kan de uitspoeling van nitraat naar het grondwater toenemen, als in nazomer en herfst wordt geweid.

De vraag of de gewenste reductie van 4.2 megaton (31 %) haalbaar is kan deels bevestigend worden beantwoord, een combinatie van maatregelen voor melkvee- en varkenshouderij gericht op pens en mest leidt tot een potentiële reductie van 3.82 megaton CO₂-equivalenten, een daling van 29 %. Als beweiding en verlenging levensduur als maatregel worden meegenomen, kan de methaanemissie nog verder dalen en is een reductie van 31 % wel realiseerbaar. Het bereiken van de gewenste daling vereist het inzetten op een zo groot mogelijke deelname en een kwalitatief goede uitvoering. Er zijn ook maatregelen die na 2030 voor een verdere daling van de methaanemissie kunnen zorgen.

Literatuur

Bannink, A., 2022. Persoonlijke communicatie.

Bremmer, B., I. Huisman, F. Toemen, H.H. Ellen, J. van Harn, H.J. van Dooren, I. de Jonge, F. Stouthart, N.W.M. Ogink, 2022. Verbetering van effectiviteit emissiearme stalsystemen in de praktijk: inventarisatie, analyse kritische factoren en advies voor verbetering van toepassing van ammoniak reducerende technieken. Wageningen Livestock Research, Openbaar Rapport 1380.

Bruggen, C. van, A. Bannink, C.M. Groenestein, J.F.M. Huijsmans, L.A. Lagerwerf, H.H. Luesink, M.B.H. Ros, G.L. Velthof, J. Vonk en T. van der Zee (2021). *Emissies naar lucht uit de landbouw berekend met NEMA voor 1990-2019*. Wageningen, WOT Natuur & Milieu, WOt-technical report 203. 238 p.; 26 tab.; 8 figs.; 72 ref.; 32 bijl.

Commissie Deskundigen Meststoffenwet, 2014. Advies "Bemesting met zwavelhoudende meststoffen". 9 oktober 2014. <https://edepot.wur.nl/342461>

Dijkstra, J., Bannink, A., France, J., Kebreab, E. and van Gastelen, S., 2019. Short communication: Antimethanogenic effects of 3-nitrooxypropanol depend on supplementation dose, dietary fiber content, and cattle type. *Journal of Dairy Science*. 101:9041–9047. <https://doi.org/10.3168/jds.2018-14456>

Gies, E., Cals, T., Groenendijk, P., Kros H., Hermans, T., Lesschen, J.P., Renaud, L., Velthof, G., Voogd, J.C., 2023. Scenariostudie naar doelen en doelrealisatie in het kader van het Nationaal Programma Landelijk Gebied; Een integrale verkenning van regionale water-, klimaat- en stikstofdoelen en maatregelen in de landbouw. Wageningen, Wageningen Environmental Research, Rapport 3236. 112 blz.; 25 fig.; 6 tab.; 42 ref.

Hegarty RS, Cortez Passetti RA, Dittmer KM, Wang Y, Shelton S, Emmet-Booth J, Wollenberg E, McAllister T, Leahy S, Beauchemin K, Gurwick N. 2021. An evaluation of emerging feed additives to reduce methane emissions from livestock. Edition 1. A report coordinated by Climate Change, Agriculture and Food Security (CCAFS) and the New Zealand Agricultural Greenhouse Gas Research Centre (NZAGRC) initiative of the Global Research Alliance (GRA).

Jansman, A., 2022. Persoonlijke communicatie.

Jørgensen, H., Theil, P.K. and Bach Knudsen, K.E., 2011. Enteric Methane Emission from Pigs, Planet Earth 2011 – Global Warming Challenges and Opportunities for Policy and Practice, Prof. Elias Carayannis (Ed.), ISBN: 978-953-307-733-8, InTech, Available from: <http://www.intechopen.com/books/planetearth-2011-global-warming-challenges-and-opportunities-for-policy-and-practice/enteric-methane-emissionfrom-Pigs>

Klootwijk, C., 2022. Persoonlijke communicatie.

Korevaar, M., A. Winkel, 2022. *Quick scan sensortechnologie voor monitoring luchtkwaliteit en emissies in de veehouderij*. Wageningen Livestock Research, Openbaar Rapport 1386.

Lesschen, J.P., Reijs, J., Vellinga, T., Verhagen, J., Kros, H., Slier, T., Jongeneel, R., Gonzales Martinez, A., Vermeij, I., de Vries, M., Daatselaar, C., 2019. Scenariostudie perspectief voor ontwikkel-richtingen Nederlandse landbouw in 2050. Wageningen, Wageningen Environmental Research, ISSN 1566-7197.

-
- Melse, R.W., en C.M. Groenestein, 2016. Emissiefactoren mestbewerking. Inschatting van emissiefactoren van ammoniak, methaan en lachgas uit mestbewerking. Wageningen, Wageningen Livestock Research Rapport 962
- Ministerie van Economische Zaken en Klimaat, 2022. Ontwerp Beleidsprogramma Klimaat. Den Haag, juni 2022, 59pp.
- Ministerie van Landbouw, Natuurbeheer en Voedselkwaliteit, 2022. Nationale Methaanstrategie. Den Haag, november 2022, 12 pp.
- Philippe, F.X., B. Nicks, 2015. Review on greenhouse gas emissions from pig houses: Production of carbon dioxide, methane and nitrous oxide by animals and manure. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 199 (2015) 10–25
- Planbureau voor de Leefomgeving, 2021. Klimaat- en Energieverkenning 2021. Den Haag, publicatienummer 4681.
- Rijksoverheid, 2019. Klimaatakkoord, Den Haag, 28 juni 2019, 239 pp.
<https://www.klimaatakkoord.nl/documenten/publicaties/2019/06/28/klimaatakkoord>
- Schep, C.A., H.J.C. van Dooren, J. Mosquera, E.A.P. van Well, J.A. Keuskamp, N.W.M. Ogink, 2022. Monitoring van methaan-, ammoniak- en lachgasemissies uit melkveestallen; Praktijkmetingen in de periode oktober 2018 - oktober 2020, 2022. Wageningen Livestock Research, Openbaar Rapport 1388.
- Sefeedpari, P., G. Migchels, 2021. Verdienmodel voor dakbedekking melkveebedrijf met zonnepanelen. Factsheet, 2021.
- Tiktak, A. et al. (2021), Quicksan van twee beleidspakketten voor het vervolg van de structurele aanpak stikstof. Den Haag.
- Vellinga, T.V., A.H.J. Van Der Putten and M. Mooij, 2001. Grassland management and nitrate leaching, a model approach. *Netherlands Journal of Agricultural Science*, 49 , 229-253.
- Vellinga, T.V. en de Vries, M., 2018. Effectiveness of climate change mitigation options considering the amount of meat produced in dairy systems. *Agricultural Systems* 162 (2018) 136–144
- Vellinga, T., & Haan, M. De, 2022. Onderzoek naar de mogelijkheden van een Afrekenbare Stoffen Balans voor de melkveehouderij. Een analyse van datakwaliteit en handhaving. Rapport 1349. Wageningen, the Netherlands: Wageningen Livestock Research.
<https://doi.org/10.18174/558537>.
- Vellinga, T., & K. Groenestein, 2023. Methaanemissies in de melkveehouderij in verleden en toekomst. Wageningen Livestock Research, Rapport 1384.
- Vonk, J., C. van Bruggen, C.M. Groenestein, J.F.M. Huijsmans, H.H. Luesink, T. van der Zee en G.L. Velthof, 2021. Raming van broeikasgasemissies uit de landbouw tot 2030, met doorkijk naar 2040. Achtergronddocument veehouderij en akkerbouw bij de Klimaat- en Energieverkenning 2021. Wageningen Livestock Research, Rapport 1339.

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.

