

Uniforme effectinschatting landbouw-bronmaatregelen voor vermindering van ammoniakemissies

16 december 2025

Colofon

<i>Document informatie</i>	
<i>Titel</i>	Uniforme effectinschatting landbouw-bronmaatregelen voor vermindering van ammoniakemissies
<i>Auteur</i>	
<i>Versie</i>	1
<i>Status</i>	Vastgesteld
<i>Datum</i>	16 december 2025
<i>Bestandsnaam</i>	Uniforme effectinschatting landbouw-bronmaatregelen voor vermindering van ammoniakemissies
<i>ISO Document</i>	
<i>(ISO) Proces</i>	

Documenteigenaar	BIJ12	Secretariaat expertgroep
Proceseigenaar	Hans Langeveld	Projectleider 2023-2024
Procesverantwoordelijk	Evert Visser	Projectleider 2025-2026

<i>Versiebeheer/wijzigingshistorie</i>				
<i>Versie</i>	<i>Status</i>	<i>Datum</i>	<i>Beschrijving</i>	<i>Auteur</i>
0.7	Concept	6 maart 2025	Versie goedgekeurde PDFs	Hans Langeveld / Dado Kavazovic
0.8	Definitief	20 juni 2025	Kolom borging maatregelen toegevoegd met bijbehorende teksten	Hans Langeveld
0.9	Definitief	19 september 2025	Check inhoudelijke consistentie hoofdttekst en factsheets" door procesverantwoordelijke	Hans Langeveld
1.0	Definitief	29 oktober 2025	Controle tekst i.s.m. afdeling Communicatie BIJ12 en CLM	Afdeling communicatie

Inhoud

Samenvatting	5
1 Inleiding	6
1.1 Terminologie	6
1.1.1 Omschrijving	6
1.1.2 Domein	6
1.1.3 Voorwaarden	6
1.1.4 Effect	6
1.1.5 Betrouwbaarheid	7
1.1.6 Herkomst effectinschatting	7
1.1.7 Borging	7
1.1.8 Keteneffecten	7
1.1.9 Sectoreffecten	7
1.1.10 Neveneffecten	8
1.1.11 Meervoudige doelen	8
1.1.12 Rekenvoorbeeld	8
2 Uitgangspunten	8
3 Overzicht van de maatregelen	9
4 Stapeling van maatregelen	13
5 Sectoreffecten	14
6 Meervoudige doelen	14
7 Onderzoek	15
8 Toepassing van de resultaten uit dit rapport	15
9 Bijlage 1 Experts	16
9.1 Samenstelling van de groep experts	16
Werkwijze	16
9.1.1 Tabel A.1. Leden van de groep van experts	16
10 Bijlage 2 Factsheets uniforme berekeningen landbouwmaatregelen	17
11 Verlaging van ruw eiwit in veevoer	18
12 Bufferstroken	20
13 Besproeien stalvloeren/roosters.	21
14 Meer weidegang toepassen	23
15 Mest aanzuren met middelen zoals b.v. zwavel- of salpeterzuur	24
16 Emissiearme vloer, rubberen bovenlaag met mestschuif.	26
17 Graslandbeheer (gras-klavermengsel)	27
18 Chemische luchtwassers	29
19 Koelen mest	30
20 Cow toilet	31
21 Mestscheiding	32
22 Lely Sphere	33
23 Bedrijfsbeëindiging via LBV	34
24 Dagontmesting met centrale monovergisting	36
25 Bedrijfsverplaatsing	37
26 Toevoegmiddelen aan mest	39

27	Windsingels	40
28	Beluchten van mest	41
29	Verdund aanwenden mest	42
30	Bijlage 3 Vergelijking met het rapport van Ros.....	44
31	Bijlage 4 Literatuurlijst.....	46

Samenvatting

Uniform berekenen van effecten

Dit rapport presenteert het resultaat van het IPO-project Uniforme Bronmaatregel Effectinschatting Stikstof. Experts met verschillende achtergronden en kennis hebben aan de hand van (recente) wetenschappelijke literatuur en vakinhoudelijke expertises, een eenduidig overzicht met toelichting opgesteld van (deels geschatte) effecten van stikstofmaatregelen. Aan de hand van dit rapport en achterliggende factsheets, kunnen provincies de effecten van maatregelen die ze in gebiedsplannen opnemen beter bepalen. Per maatregel is een factsheet opgesteld waarin wordt omschreven op welke soort bedrijven de maatregel kan worden toegepast, onder welke voorwaarden dit dient te gebeuren en wat het effect is van de maatregel op de ammoniakemissie. Hierbij wordt onderscheid gemaakt tussen keteneffecten (effecten die in de voer-mestketen optreden, soms op andere bedrijven binnen deze keten), sectoreffecten (effecten van maatregelen op andere bedrijven in de sector), en neveneffecten (effecten op andere domeinen, b.v. waterkwaliteit of klimaat). Er wordt ook aangegeven welke effecten verwacht worden als meerdere maatregelen tegelijk worden geïmplementeerd.

Betrouwbaarheid van effectinschattingen

In dit rapport worden ook uitspraken gedaan over de betrouwbaarheid van effectinschattingen. In negen gevallen wordt de vastgestelde emissiereductie beoordeeld als betrouwbaar of zeer betrouwbaar. In ruim de helft van de gevallen is de betrouwbaarheid beoordeeld als matig of laag. De in dit rapport gemaakte inschattingen van effecten van bronmaatregelen wijken in enkele gevallen af van schattingen die elders zijn gerapporteerd. Redenen daarvoor worden in de factsheets benoemd.

Toepassing van de resultaten

De in dit rapport genoemde effecten van bronmaatregelen zijn bedoeld voor het op een uniforme wijze kunnen berekenen van effecten van maatregelen, zodat provincies hier hun programmering op kunnen baseren. Ze zijn nadrukkelijk niet bedoeld voor berekeningen als onderbouwing van vergunningverlening en kunnen niet gebruikt worden om plannen van individuele bedrijven te beoordelen. Er kan ook geen aanspraak gedaan worden op dit rapport bij geschillen of toekomstige veranderingen in inzichten.

1 Inleiding

Dit rapport beschrijft de opzet en resultaten van het project Uniforme Bronmaatregel Effectinschatting Stikstof, dat is uitgevoerd door het Interprovinciaal Programma Landelijk Gebied (IPLG) van het IPO in 2024. Doel van het project is “het vaststellen van een uniforme en gevalideerde dataset van bronmaatregel-effectrelaties van stikstof in de landbouw, gedragen door betrokken partijen zoals departementen, provincies en kennisinstellingen”. Experts met verschillende achtergronden en kennis hebben aan de hand van (recente) wetenschappelijke literatuur en vakinhoudelijke expertises, een eenduidig overzicht met nadere toelichting opgesteld van (deels geschatte) effecten van stikstofmaatregelen. Aan de hand van dit rapport en achterliggende factsheets, kunnen provincies de effecten van maatregelen die ze in gebiedsplannen hebben opgenomen beter bepalen.

In het project zijn in eerste instantie maatregelen besproken zoals deze in de provinciale plannen van de TLG's (Transitie Landelijk Gebied) zijn benoemd om te kunnen bijdragen aan vermindering van ammoniakemissies. In tweede instantie zijn deze aangevuld met maatregelen die tijdens bijeenkomsten met experts door deze experts als kansrijk werden genoemd.

De samenstelling van de expertgroep is weergegeven in bijlage 1. De groep is verschillende keren bij elkaar gekomen, onder leiding van een voorzitter. Hun bevindingen zijn weergegeven in factsheets die in bijlage 2 bij dit rapport worden gepresenteerd. Deze factsheets gaan expliciet in op verschillen met effectinschattingen die elders zijn gerapporteerd, bijv. in Ros et al. 2025. Een overzicht van deze verschillen staat in bijlage 3 bij dit rapport. De experts hebben naast effecten van individuele bronmaatregelen binnen een bedrijf, ook keten-, sector- en neveneffecten doorgenomen en bepaald, evenals de effecten van stapeling van maatregelen en de consequenties van sturing op meerdere doelen. De resultaten worden hieronder in de hoofdtekst en in factsheets per maatregel weergegeven.

1.1 Terminologie

In deze studie worden verschillende termen gebruikt. Deze termen worden hier toegelicht.

1.1.1 Omschrijving

Een omschrijving (van een bronmaatregel) is een beknopte, informatieve toelichting of uitleg over een bronmaatregel. Het doel is de belangrijkste aspecten van de bronmaatregel in beeld te brengen. Voor de factsheets biedt een omschrijving de feitelijke basis voor verdere interpretatie.

1.1.2 Domein

Onder domein wordt aangegeven binnen welke kaders de bronmaatregel kan worden geïmplementeerd. Het gaat in principe om dier- en staltypen, die aangeven op welke soort bedrijven maatregelen genomen kunnen worden.

1.1.3 Voorwaarden

Een voorwaarde is een essentiële eis of factor waaraan moet worden voldaan om een maatregel succesvol te kunnen implementeren. In de factsheets verwijst een voorwaarde naar de specifieke omstandigheden of vereisten die noodzakelijk zijn voor de effectieve implementatie en werking van de bronmaatregel.

1.1.4 Effect

Het effect omschrijft de te verwachten reductie ten opzichte van het emissieniveau zonder de maatregel (referentiewaarde). De reductie wordt uitgedrukt als percentage ten opzichte van de referentiewaarde; hierbij wordt aangegeven of het gaat om de emissies die ontstaan in de

stal, tijdens de mestopslag (in de put of externe opslag), in het veld of op bedrijfsniveau. Doel hiervan is zo concreet mogelijk aan te geven welk effect kan worden verwacht.

1.1.5 Betrouwbaarheid

De betrouwbaarheid beschrijft de mate van zekerheid over de werking van een maatregel: de kans dat emissies worden verlaagd binnen de genoemde (range van) percentages en wanneer voldaan is aan de voorwaarden. De volgende categorieën worden hierbij aangehouden:

1. Lage betrouwbaarheid: er is weinig zekerheid dat de maatregel werkt zoals aangegeven;
2. Matige betrouwbaarheid: er bestaat een kans dat de maatregel voldoet zoals ingeschat, maar hierover is geen zekerheid;
3. Betrouwbaar: de kans is groot dat de maatregel voldoet aan de verwachtingen;
4. Hoge betrouwbaarheid: de maatregel is robuust en gegarandeerd.

1.1.6 Herkomst effectinschatting

Het effect van een bepaalde maatregel kan op verschillende wijzen worden verkregen (gemeten, berekend of beredeneerd). Metingen kunnen hebben plaatsgevonden (tijdens onderzoek) op een proef- of praktijkbedrijf. Berekende effecten zijn gebaseerd op modellen, afgeleid van theorie en gevalideerd met meetgegevens. Wanneer geen metingen of berekeningen beschikbaar of mogelijk zijn, kan het effect zijn ingeschat op basis van expertoordeel.

1.1.7 Borging

Borging is het proces waarin de implementatie van een maatregel op de juiste wijze is uitgevoerd, onderhouden en gecontroleerd. Doel van de borging is te waarmerken dat de maatregel goed is doorgevoerd en effectief blijft. Borging omvat monitoring, evaluatie en documentatie, zodat de consistentie, effectiviteit en duurzaamheid van een maatregel worden gegarandeerd. In de context van de factsheets verwijst borging naar de mogelijkheden van maatregelen en/of methoden die ervoor zorgen dat ammoniak verlagende interventies daadwerkelijk worden geïmplementeerd en hun beoogde impact behouden¹. De mogelijkheden van borging worden beschreven en geclassificeerd.

1.1.8 Keteneffecten

Keteneffecten zijn effecten op de ammoniakemissie die optreden op andere plaatsen in de voer-mestketen, als gevolg van de maatregel. Maatregelen die vroeg in de keten op activiteiten op een bedrijf ingrijpen, zoals verlaging van het eiwitgehalte in het rantsoen of een emissiearme stalvloer, leiden tot een lagere (bij verlaging eiwitgehalte) of hogere hoeveelheid stikstof in de mest (bij emissiearme vloer). Dit betekent dat effecten van andere maatregelen (die aangrijpen op latere activiteiten op het bedrijf) worden beïnvloed. Keteneffecten kunnen optreden op andere bedrijven, zoals bij mestbewerking en -verwerking. Als een bedrijf mest bewerkt, waarna met de dunne fractie op een ander bedrijf kunstmest wordt vervangen, kan daar de ammoniakemissie veranderen.

1.1.9 Sectoreffecten

Naast keteneffecten zijn er ook effecten die al dan niet kunnen optreden binnen de gehele Nederlandse landbouw. Zo zal - in de huidige situatie met een landelijk mestoverschot - een verminderd mestgebruik als maatregel op een bedrijf waarschijnlijk niet leiden tot een hoger mestgebruik elders binnen de Nederlandse landbouw. Elders neemt de ammoniakemissie dan niet toe. Maar als er geen mestoverschot meer is, kan die mest in theorie elders wél worden gebruikt (in plaats van kunstmest) en neemt daar de ammoniakemissie wél toe (waterbedeffect).

¹ Een goede borging zegt iets over de invoering van een maatregel, maar niet over de te verwachten werking. De mate waarin werking kan worden verwacht wordt weergegeven met betrouwbaarheid.

1.1.10 Neveneffecten

Neveneffecten brengen in beeld welke effecten de beschreven maatregelen hebben in andere domeinen. De domeinen waarnaar wordt gekeken zijn:

- Waterkwaliteit: door wijzigingen in bemesting kan het risico op uit- en/of afspoeling van nutriënten toe- of afnemen. Dit kan gevolgen hebben voor de waterkwaliteit
- Klimaat: door de maatregel kan de emissie van broeikasgassen toe- of afnemen (koolstofdioxide, methaan en/of lachgas)
- Biodiversiteit: de maatregel kan bijdragen aan de biodiversiteit op en rondom het bedrijf, zowel in de bodem als daarboven.
- Diergezondheid en dierenwelzijn: de maatregel kan invloed hebben op diergezondheid en -welzijn.
- Overige effecten: een maatregel kan op nog meer aspecten invloed hebben. Deze worden ter plekke (in de factsheets) benoemd.

1.1.11 Meervoudige doelen

Veel maatregelen kunnen voor verschillen de doelen worden ingezet. De effecten die in dit rapport worden gepresenteerd betreffen verlaging van ammoniakemissies. De inzet van de maatregelen, en dus ook de werking, kan anders zijn als maatregelen voor andere doelen (bijvoorbeeld vermindering van uitstoot van broeikasgassen) worden ingezet. Dit geldt ook als maatregelen voor meerdere doelen tegelijk worden ingezet.

1.1.12 Rekenvoorbeeld

Voor de meeste maatregelen zijn in de factsheets een rekenvoorbeeld opgenomen. Dit dient om te laten zien hoe de maatregel in de praktijk kan uitpakken.

2 Uitgangspunten

Bij de beoordeling van de te verwachten effecten zijn alle bekende rapporten, literatuur en andere informatie (bijvoorbeeld uit praktijknetwerken) gebruikt die beschikbaar zijn. Hierbij is ook gebruik gemaakt van integrale overzichten in rapporten van bijv. Ros et al.² en Gies et al.³. Per maatregel wordt, indien beschikbaar verwezen naar bronnen. De maatregelen en effecten zijn bedoeld in de context van beleidsvoorbereiding en -evaluatie.

² G. H. Ros, H. Kager, G. Boom, en W. de Vries (2025). Verkenning effecten landbouwinnovaties. Wageningen Universiteit, Rapport 2024.159

³ E. Gies, T. Cals, H. Kros, W. Kuindersma, en J.-C. Voogd (2023) Aanvullende generieke stikstof- en klimaatbeleidsmaatregelen. Wageningen Environmental Research, Rapport 3240.

3 Overzicht van de maatregelen

Tabel 1 geeft een overzicht van de behandelde bronmaatregelen. In bijlage 2 zijn de maatregelen uitgebreider beschreven in factsheets. De meeste maatregelen hebben betrekking op melkveebedrijven en een viertal maatregelen gaat over intensieve veehouderijbedrijven. Daarnaast zijn er drie maatregelen die betrekking kunnen hebben op meerdere diersoorten.

De geschatte reductie van ammoniakemissies varieert sterk. Van één maatregel (windsingels) wordt geen noemenswaardige reductie verwacht. De overige maatregelen kunnen in meer of mindere mate bijdragen aan vermindering van ammoniakemissies. De percentages kunnen niet zonder meer onderling worden vergeleken of opgeteld, omdat deze soms worden uitgedrukt als percentage van de totale bedrijfsemisies, en soms als percentage van de stalemisies, etc. Het totale effect kan sterk verschillen.

Bij driekwart van de bronmaatregelen zijn de effecten gebaseerd op metingen. Sommige studies baseren zich deels op bronnen die zijn gebaseerd op metingen, terwijl andere bronnen zich voor een effectinschatting van dezelfde maatregel baseren op (model)berekeningen. Soms is het effect bepaald op basis van expert oordeel. De in dit rapport genoemde effecten wijken in enkele gevallen iets af van schattingen die elders worden gerapporteerd (b.v. in het rapport van Ros et al. (2025)). De redenen voor de afwijking worden in de factsheets benoemd.

In bijna de helft van de maatregelen wordt de vastgestelde emissiereductie door de experts beoordeeld met een hoge of zeer hoge betrouwbaarheid. In veel (niet alle) gevallen gaat het hier om een effect waarbij een range is weergegeven (bijvoorbeeld een afname van 0-30% als het eiwitgehalte van varkensvoer wordt verlaagd). In ruim de helft van de gevallen is de betrouwbaarheid beoordeeld als matig of laag.

De maatregelen kunnen ook effect hebben op andere duurzaamheidsthema's (zogenaamde neveneffecten). In de factsheets staat vermeld of een effect op onderstaande thema's is te verwachten, en zo ja, of dit een positief dan wel negatief effect is.

In de tabel wordt ingegaan op de manier waarop maatregelen geborgd zouden kunnen worden, zodat een provincie weet of een maatregel goed is doorgevoerd. Volgens de experts is voor veel maatregelen een (relatief) eenvoudige borging mogelijk.

Tabel 1. Beknopt overzicht van de maatregelen

Maatregel	Domein	Effect	Betrouwbaarheid				Neveneffecten				Borging		Opmerking
			Laag	Matig	Betrouwbaar	Hoog	Waterkwaliteit	Klimaat	Biodiversiteit	Gezondheid en/of dierwelzijn	(Relatief) eenvoudig	Complex	
Verlaging ruw eiwit in veevoer	Melkvee-, varkens-, en pluimvee-bedrijven	Afname stalemissie. Melkvee: 1% afname per gr. lager RE-gehalte rantsoen. Varkens: 0-30% en pluimvee: 0-10% afname haalbaar			X		0	+	0	0	X	X	Effecten gelden binnen bepaalde grenzen. Bij melkvee voor eiwitgehalten tussen 150 en 170 g RE/kg. Borging eenvoudig voor hokdieren; minder eenduidig voor melkvee.
Bufferstroken	Bedrijven met akker- en/of grasland	100% afname van de veldemissies op het areaal van de bufferstrook			X		+	0	+	0		X	Moeilijk controleerbaar of strook echt niet wordt bemest. Controle op bedrijfsniveau via plaatsingsruimte
Verdund aanwenden mest	Melkvee-bedrijven	0-36% afname veldemissies bij gebruik van sleepvoet; enkel toegestaan op klei en veen		X			-	-	0	0		X	Maatregel verplicht op klei- en veengrond sinds 2019. Borging alleen mogelijk door fysieke controle tijdens uitrijden.
Spoelen van stalvloeren / roosters	Melkvee-bedrijven met ligboxenstal	10-40% afname van de stalemissies		X			-	-	0	0	X		Vraagt voldoende waterbeschikbaarheid en mestopslag. Aanwezigheid sproeisysteem is eenvoudig te controleren.
Meer weidegang	Melkvee-bedrijven	500 uur extra weidegang geeft 5-7,5% afname van de bedrijfsemissies			X		-	0	+	+		X	Vraagt voldoende beweidbare huiskavel. Beschikbaarheid huiskavel eenvoudig. Controle uren beweiding

													vraagt meetsysteem op dier-niveau (toegangspoortjes).
Aanzuren mest	Melkvee-bedrijven met mestopslag	37-70% afname van de stalemissies		X		X	-	+	-	-	X		Vraagt vergunning voor opslag en gebruik zuur. Controle van aankoopbonnen van middelen. Verbruiksmeting doseersysteem lijkt wenselijk.
Toevoegmiddelen mest	Melkvee-bedrijven	15-25% afname van de bedrijfsemissies			X		?	?	?	?	X		Toepassing in stal en veld. Effect afhankelijk van toevoegmiddel. Controle via aankoopbonnen van toevoegmiddelen.
Emissiearme vloer, mestrobot	Melkvee-bedrijven	20% afname van de stalemissies		X			-	-	0	+	X		In praktijk valt werking vaak tegen. Geen uitspraak over borging.
Emissiearme vloer (rubberen bovenlaag)	Melkvee-bedrijven met een klassieke ligboxenstal	30% afname van de stalemissies		X			-	0	0	?	X		In praktijk valt werking vaak tegen. Borging is relatief eenvoudig (aanwezigheid). Of schuif wordt gebruikt, is controleerbaar m.b.v. een sensor.
Gras-klovermengsel	Bedrijven met grasland	20-50% afname van kunstmest-emissies		X			+	+	+	0	X		Indirecte borging door registratie van aanvoer van kunstmest en krachtvoer
Chemische lucht-wassers	Varkens- en pluimvee-bedrijven	70-90% afname van de stalemissies				X	0	0	0	0	X		Borging aanwezigheid is eenvoudig. Gebruik is controleerbaar via energie- en zuurgebruik. Er zijn protocollen voor borging van het gebruik.
Koelen mest	Varkens-bedrijven met mestopslag	40% afname van emissies mestopslag		X			-	+	0	0	X		Borging aanwezigheid is eenvoudig. Borging van werking via vergunningverlening.
Beluchten mest	Varkens- en melkvee-bedrijven	Tegenstrijdige resultaten	X				+	+	-	+	X		Aanwezigheid van beluchting kan ter plaatse worden gecontroleerd.

	met mestopslag												
Wind-singels	Alle veehouderij-bedrijven	In de praktijk zeer geringe (<1%) afname van de stalemissies		X			0	0	+	0	X		Positieve bijdrage aan landschap. Kan natuurlijke ventilatie belemmeren. Eenvoudige borging (controle aanwezigheid).
Cowtoilet	Melkvee-bedrijven met een ligboxenstal met roostervloer	38% afname van de stalemissies		X	X		-	-	0	?	X		Eenvoudige controle van aanwezigheid. Monitoring van werking middels opgevangen urine (kan mee gefraudeerd). Aanvullende monitoring met camera's of bewegingsmeters.
Gazoo	Rundvee-bedrijven met ligboxenstal met traditionele roostervloer	tot 62% afname van de stalemissies		X	X		0	?	0	0	X		Vraagt vergunning voor opslag en gebruik zuur. Risico bodemverzuring na toediening vloeibare fractie. Eenvoudige controle (aanwezigheid). De hoeveelheid geproduceerde stikstofmeststof is een indicatie voor de effectiviteit van de installatie.
Lely Sphere	Rundvee-bedrijven met traditionele roostervloer	77% afname van de stalemissies			X		0	?	0	0	X		Vraagt vergunning voor opslag en gebruik zuur. Risico bodemverzuring bij toediening vloeibare fractie. Borging is zelfde als bij de Gazoo.
Bedrijfs-beëindiging	Bedrijven met rundvee	95 tot 100% afname van de stalemissies				X	-	+	0	0	X		Omzetting gras- naar akkerland is slecht voor waterkwaliteit en biodiversiteit. Verlaagt druk op de mestmarkt. Innemen van rechten goed borgbaar (fysiek bezoek).
Krimp bedrijf	Melkvee-bedrijven	50% van bestaande stalemissies van het aantal dieren dat verdwijnt		X			+	+	0	0		X	Verlaagt druk op de mestmarkt. Emissies opslag (d.w.z. 50% van de stalemissies) veranderen niet. Bij terugbrengen aantal dieren is het onduidelijk of het met mest besmeurd oppervlak ook wordt verlaagd.

4 Stapeling van maatregelen

Veel maatregelen hebben impact op slechts een deel van de emissies die op een bedrijf kunnen optreden. Er zijn maatregelen die alleen stalemissies verlagen, of alleen de emissies in het veld. Het combineren – stapelen – van bronmaatregelen leidt in de praktijk vaak tot andere reducties dan op basis van effecten van individuele maatregelen kan worden verwacht. Dit komt omdat maatregelen de effectiviteit van andere maatregelen beïnvloeden. Als meerdere maatregelen gezamenlijk worden geïmplementeerd kunnen de effecten van individuele maatregelen niet zonder meer bij elkaar worden opgeteld.

De te verwachten emissiereductie van gecombineerde – gestapelde – maatregelen is in veel gevallen **lager** dan de som van individuele bronmaatregelen afzonderlijk. De reductie in procenten van de aanwezige stikstof (b.v. 10 of 20%) blijft vaak hetzelfde, maar omdat er minder stikstof aanwezig is zal het eindresultaat – uitgedrukt in kg of kton reductie – lager zijn.

Het volgende vereenvoudigde rekenvoorbeeld laat zien hoe dit werkt:

Stel dat een technische aanpassing in de stal normaal gesproken de stalemissie verlaagt met 20 %. Bij een normaal dieet levert dit bij melkvee in een stal een reductie op van 20 % * 13 kg per melkkoe. Een verlaagd eiwitgehalte in het dieet van de dieren zal de hoeveelheid beschikbare stikstof in de mest verlagen. Uit de fiches blijkt dat een verlaging tot ongeveer 10% minder stikstof voor melkvee mogelijk is.

De verlaging van de emissie door de stalmaatregel levert dan 20% van 90% op.

In de tabel staat dit voorbeeld uitgewerkt voor een melkveestal, uitgaande van een verlaagd eiwitgehalte in het voer (met een reductie van 10% tot gevolg), gevolgd door een emissiereductie van 20% door een stalaanpassing. Uitgangspunt is een emissie van 13 kg ammoniak per koe. De combinatie van deze twee maatregelen geeft eerst een reductie van 10% door de voermaatregel, waardoor de emissie $13 - 1,3 = 11,7$ kg ammoniak wordt. Door de stalaanpassing is de uiteindelijke emissie $(100 - 20\%) * 11,7 = 9,4$ kg ammoniak (-3,6 kg t.o.v. de standardsituatie). De totale reductie is dus geen $(10\% + 20\%) = 30\%$, maar 'slechts' 28% $(= 3,6/13)$.

Standaard = 13 kg NH₃/koe	Effect losse maatregel		Stapeleffect	
	%	kg NH₃/koe	%	kg NH₃/koe
<i>Verlaagd eiwitgehalte voer</i>	-10%	-1,3 kg		
<i>Stalmaatregel</i>	-20%	-2,6 kg		
<i>Verlaagd eiwitgehalte + stalmaatregel</i>			-28%	-3,6 kg

Enkele uitgangspunten voor het combineren (stapelen) van bronmaatregelen:

Het verlagen van de stikstofexcretie (in het begin van de voer-mestketen, bijvoorbeeld door het verlagen van het eiwitgehalte in het voer) is het meest effectief, want dat werkt overal door waar emissie plaatsheeft: stal, opslag, aanwending. Wat er niet in gaat komt er ook niet uit.

Het verlagen van emissies in de stal (b.v. door de vloer vaker schoon te maken) leidt tot een hoger stikstofgehalte in de mest. Hierdoor hebben maatregelen die emissies verlagen tijdens de opslag of tijdens het toedienen van de mest een groter effect op de hoeveelheid ammoniak die in kg wordt verminderd, maar de emissiereductie in % van de uit te rijden mest blijft gelijk⁴.

⁴ Deze redenering is gebaseerd op berekeningen met forfaitaire waarden voor het stikstofgehalte van de mest. Indien wordt gerekend met het daadwerkelijke stikstofgehalte in de mest zou de boer minder dierlijke mest (met een hoger N gehalte) mogen toedienen om binnen de norm van 170 kg N te blijven. In dat geval blijft de emissie(reductie) gelijk.

In gesloten stalsystemen (stallen voor varkens en pluimvee) met een luchtwasser leidt verlaging van het eiwitgehalte van het voer of een emissiearme vloer tot een **vermindering van het rendement** van de luchtwasser (in kg uitgedrukt, emissiereductie in % van de totale N in de mest blijft gelijk). Deze maatregelen verlagen de emissies in de stal, en hiermee de invoer van de luchtwasser.

Meer beweiden leidt tot een geringere hoeveelheid mest in de stal, en **verlaagt dus het rendement** van maatregelen die stalemissies verlagen (b.v. het vaker schoonmaken van de vloer, koelen van mest, additieven toevoegen aan mest in de put).

5 Sectoreffecten

Maatregelen beïnvloeden verschillende activiteiten op het bedrijf, en daarmee vervolgvactiteiten zowel binnen als buiten het bedrijf (mest bevat bijvoorbeeld minder stikstof).

Doordat veel bedrijven meer mest produceren dan ze op eigen land mogen toedienen leidt een eventuele verlaging van de plaatsingsruimte op eigen bedrijf (bijvoorbeeld doordat op een deel van de gronden geen dierlijke mest wordt gebruikt) ertoe dat er (meer) mest wordt afgevoerd. Gevolg hiervan kan zijn dat ontvangende bedrijven die nog niet de maximale toegestane hoeveelheid dierlijke mest op hun bedrijf toedienen ertoe overgaan om hun mestgift te verhogen. De als gevolg hiervan toenemende ammoniakemissie wordt gezien als een sectoreffect.

Wanneer er nergens plaatsingsruimte is en de mest wordt geëxporteerd naar een naburig land, dan zal de emissie daar plaatsvinden. Dit is dus geen emissievermindering, maar emissieverplaatsing.

6 Meervoudige doelen

Maatregelen hebben vaak verschillende effecten. Omdat in dit rapport vermindering van ammoniakemissies centraal staat, worden andere effecten beschouwd als neveneffecten. Stuur men op meerdere doelen, dan kan dat gevolgen hebben voor het beoogde hoofdeffect van de maatregelen (vermindering van ammoniakemissie). In zijn algemeenheid is het aan te bevelen integraal te sturen op meerdere doelen.

Indien integraal wordt gestuurd op meervoudige doelen (bijvoorbeeld ammoniak, broeikasgassen en waterkwaliteit - uit- en afspoeling van nutriënten), kan het beoogde effect op deze thema's in bepaalde gevallen niet maximaal zijn. Dit wordt zichtbaar in de volgende voorbeelden:

- Eiwitarm voeren biedt perspectief voor verlaging van de ammoniakemissie. Structuurarm voer draagt bij aan verlaging van de methaanemissie. Dit maakt dat het niet eenvoudig is zodanig te voeren dat voor beide doelen maximaal reductie wordt bereikt. De kans is groot dat er voor beide doelen een vermindering wordt gerealiseerd. Deze zal echter lager zijn dan als op één doel wordt gestuurd.
- Veel staltechnieken zijn gericht op één emissie (alleen ammoniak, of alleen broeikasgassen).

7 Onderzoek

Het is aan te bevelen om de maatregelen met een lage en matige betrouwbaarheid nader te onderzoeken om de effectiviteit beter te kunnen bepalen. De toepassing van maatregelen in de praktijk heeft veel invloed op de effectiviteit van de maatregel. Daarom is het van belang om te onderzoeken hoe de effectiviteit geborgd kan worden, bijvoorbeeld door metingen of sensoren. Daarnaast zijn de volgende onderzoeksvragen van belang:

- Doorrekening van (stapelen van) maatregelen op bestaande bedrijven, de keten en over sectoren. Dit zou onderzocht kunnen worden met de modellen NEMA en INITIATOR eventueel na aanpassing.
- Een van de belangrijkste onzekerheden in de vaststelling van de emissie zijn de bedrijfsspecifieke excretiefactoren. Onderzoek naar het bepalen van excretiefactoren in relatie tot voersamenstelling en het dier is van belang.
- Onderzoek naar integrale maatregelen en de effectiviteit t.a.v. doelbereik.
- Betere bepaling van de met weidegang gerealiseerde reductie en de potentiële neveneffecten.
- Nader onderzoek naar neveneffecten van bepaalde maatregelen, b.v. effecten van toediening van gebruikte zuren
- Nader onderzoek naar reductiemogelijkheden voor alle veehouderijsectoren

8 Toepassing van de resultaten uit dit rapport

De in dit rapport genoemde effecten van bronmaatregelen zijn bedoeld voor het op een uniforme wijze kunnen berekenen van effecten van maatregelen, zodat provincies hier hun programmering op kunnen baseren. Ze zijn nadrukkelijk niet bedoeld voor berekeningen als onderbouwing van vergunningverlening en kunnen niet gebruikt worden om plannen van individuele bedrijven te beoordelen. Er kan ook geen aanspraak gedaan worden op dit rapport bij geschillen of toekomstige veranderingen in inzichten.

9 Bijlage 1 Experts

9.1 Samenstelling van de groep experts

De groep van experts bestond uit vijf leden, plus voorzitter en secretaris. Tabel A1 geeft een overzicht van de samenstelling van de expert groep. De leden zijn afkomstig van het Centrum voor Milieuwetenschappen Leiden (Jan Willem Erisman; Universiteit Leiden), WUR (Edo Gies), CBS (Cor van Bruggen), provincie Noord-Brabant (Theo van de Ven) en de Omgevingsdienst Noord Holland Noord (Jannie de Bruine). De experts zijn elk op hun eigen terrein zeer deskundig en op verschillende manieren betrokken bij het stikstofdossier. Jan Willem Erisman en Edo Gies werken als wetenschappelijk onderzoekers; Cor van Bruggen beheert namens de taakgroep Landbouw van de Emissieregistratie het NEMA-model. Theo van de Ven is projectleider en beleidsadviseur bij de provincie. Jannie de Bruine werkt bij de omgevingsdienst waar ze betrokken is bij vergunningverlening. Tezamen vormen de leden van de expertgroep een evenwichtige vertegenwoordiging uit de wereld van onderzoekers, beleidsmakers en handhavers.

Werkwijze

De leden van de expertgroep zijn bijgestaan door een voorzitter (Frits van de Schans, CLM Onderzoek en Advies) en een inhoudelijk adviseur (Carin Rougoor, CLM Onderzoek en Advies). Namens de IPLG waren Hans Langeveld en Dado Kavazović betrokken als organisatoren van bijeenkomsten. Zij hebben conceptteksten voorbereid ter bespreking tijdens de bijeenkomsten, in nauwe afstemming en samenwerking met de voorzitter en inhoudelijke adviseur van de expert groep. Genoemde IPLG-medewerkers hebben tevens de inbreng van experts tijdens bijeenkomsten en hun schriftelijke input op conceptteksten voor en na bijeenkomsten verwerkt. De experts hebben zich akkoord verklaard met de in dit rapport geformuleerde verwachtingen ten aanzien van effecten van de bronmaatregelen. Verantwoordelijkheid voor dit rapport ligt volledig bij het IPO – Interprovinciaal Programma Landelijk Gebied (IPLG).

9.1.1 Tabel A.1. Leden van de groep van experts

Naam	Organisatie	Functie
Jan Willem Erisman	CML Leiden	Hoogleraar
Edo Gies	WUR	Projectleider provinciale scenariostudies
Cor van Bruggen	CBS	Beheerder NEMA model CBS
Theo van de Ven	Provincie Noord-Brabant	Projectleider Innovatie Veehouderij, Beleidsadviseur Landbouw
Jannie de Bruine	Omgevingsdienst Noord Holland Noord	Specialist stikstof Natura 2000
Frits van der Schans	CLM Onderzoek en Advies	Voorzitter
Carin Rougoor	CLM Onderzoek en Advies	Inhoudelijk adviseur

10 Bijlage 2 Factsheets uniforme berekeningen landbouwmaatregelen

In deze bijlage worden de volledige analyse en berekeningen weergegeven per landbouwmaatregel.

Overzicht maatregelen

1. Verlaging van ruw eiwit in veevoer	18
2. Bufferstroken	20
3. Besproeien stalvloeren/roosters	21
4. Meer weidegang toepassen	23
5. Mest aanzuren met middelen zoals b.v. zwavel- of salpeterzuur	24
6. Emissiearme vloer, rubberen bovenlaag met mestschuif	26
7. Graslandbeheer (gras-klavermengsel)	27
8. Chemische luchtwassers	29
9. Koelen mest	30
10. Cow toilet	31
11. Mest Scheiding	32
12. Lely Sphere	33
13. Bedrijfsbeëindiging via LBV	34
14. Krimp van de veestapel per bedrijf	34
15. Dagontmesting met centrale monovergisting	36
16. Bedrijfsverplaatsing	37

Opties die bij voorkeur niet als "maatregel" worden opgevoerd

1. Toevoegmiddelen aan mest	39
2. Windsingels	40
3. Beluchten van mest	41
4. Verdund aanwenden mest	42

11 Verlaging van ruw eiwit in veevoer

Omschrijving	Veevoer bevat eiwitten. Wanneer de hoeveelheid eiwit in veevoer wordt verlaagd, daalt de stikstofemissie.		
Domein	Toepasbaar voor melkvee, pluimvee en varkens		
Voorwaarden	Indien toegepast bij melkveebedrijven, gelden de effecten alleen binnen bepaalde grenzen. Bij melkvee is dit tussen een eiwitgehalte van 150 en 170 gram ruw eiwit per kilogram droge stof in het totale rantsoen. Indien toegepast bij pluimveebedrijven of varkenshouders, moet er uitgegaan worden van het standaard eiwitgehalte in het voer.		
Effect	Melkvee: 1 gram eiwitreductie staat gelijk aan 1% stikstofemissiereductie vanuit de stal. Deze reductie is lineair in het traject tussen een RE gehalte van 170 en 150 gram. Vervolgens daalt de behaalde reductie per vermindering van eiwitgehalte. Varkens: 0-30% stalemissie reductie, niet lineair. Afnemende reductie bij een lager eiwitgehalte. Pluimvee: 0-10% stalemissie reductie, niet lineair. Afnemende reductie bij een lager eiwitgehalte.		
Betrouwbaarheid	Koeien, betrouwbaar Varkens, betrouwbaar Pluimvee, betrouwbaar.		
Berekend of gemeten	Melkvee: o.a. voederproeven in combinatie met modelberekeningen (2017) Varkens: ammoniakmetingen in stallen (2011/12) Pluimvee: metingen en schattingen met wisselende resultaten (vanwege grote invloed van vochtgehalte strooisel op de ammoniakemissie) (2012)		
Neveneffecten	Stikstof uit- en afspoeling/waterkwaliteit	0	Uitspoeling blijft gelijk, als er door een herberekening meer mest mag worden uitgereden dat minder stikstof bevat.
	Broeikasgasemissies	0/+	Vermindering emissies door vermindering aanvoer
	Biodiversiteit	0	Geen effect, als er door een herberekening meer mest mag worden uitgereden dat minder stikstof bevat.
	Dierwelzijn/gezondheid	0	Geen effect
	Overig	0	Geen effect
Borging	Voor varkens- en pluimveehouderij is dit relatief eenvoudig via aankoop van voer te verifiëren. Voor melkveehouderij kan het worden ingeschat via de Kringloopwijzer, maar dit is relatief fraudegevoelig.		
Rekenvoorbeeld	<u>Voorbeeld 1, huidige situatie:</u> Een stal met 100 melkkoeien, zonder emissie verlagende maatregelen, heeft voer dat gemiddeld over het jaar 162 gram eiwit per kg droge stof bevat. De	<u>Voorbeeld 1, nieuwe situatie:</u> Wanneer het eiwitgehalte met 10 gram daalt (van 162-->152 g/kg ds) daalt de stalemissie met 10%. Stalemissie is dan $1.300 * 0,9 = 1.170$ kg/NH3/jaar.	<u>Voorbeeld 1, reductie:</u> Totale reductie is 130 kg/NH3/jaar. Dit is een reductie van 5 % op bedrijfsniveau <u>Voorbeeld 2, reductie:</u> Totale reductie is 80 kg/NH3/jaar.

	stalemissie is 1.300 kg/NH₃/jaar, veldemissie is 1.300 kg/NH₃/jaar; bedrijfsemissie 2.600 kg NH₃/jaar. <u>Voorbeeld 2 Huidige situatie:</u> Een stal met 100 melkkoeien, gevoerd met voer dat gemiddeld over het jaar 162 gram eiwit per kilogram droge stof bevat. Er is een emissiearme vloer; de stalemissie is 900 kg/NH₃/jaar, veldemissie is 1.300 Kg/NH₃/Jaar. Totale bedrijfsemissie is 2.200 kg/NH₃/jaar	Veldemissie verandert niet. <u>Voorbeeld 2, nieuwe situatie:</u> Wanneer het eiwitgehalte met 10 gram daalt, van 162-->152, daalt de stalemissie met 10%. $900 \times 0,9 = 810$ kg/NH₃/jaar. Veldemissie verandert niet.	
Keteneffecten	Bij een verlaging van het eiwitgehalte in het voer vermindert het stikstofgehalte in de mest. Hiermee daalt de emissie van de vloer, uit de put Dit houdt in dat eventuele maatregelen die ingrijpen op de vloeremissie, in absolute zin minder effectief zijn. Werking van maatregelen zoals emissiearme vloeren wordt hiermee beperkter.		
Literatuurlijst	Groenestein K, Bikker P, van Bruggen C, Ellen H, van Harn J, Huijsmans J, Ogink N, Šebek L & Vermeij I (2019). PAS. Aanvullende reservemaatregelen Landbouw: uitwerking van een Quick scan. Livestock Research, Wageningen. Rapport 1145, 53 pp. Ros et al 2024 Verkenning effecten landbouwinnovaties. Wageningen Universiteit, Rapport 2024.159		

12 Bufferstroken

Omschrijving	Een bufferstrook is een strook landbouwgrond die niet wordt bemest. Dit volgens de richtlijnen van het landbouw en waterbeleid.		
Domein	Bedrijven met akkerland en/of grasland		
Voorwaarden	Geen voorwaarden aan verbonden		
Effect	100% reductie van de veldemissie op de bufferstrook. Dit betekent dat er een effect van 0-0,5% stikstofemissie reductie plaatsvindt op bedrijfsniveau per % landbouwgrond die niet meer wordt bemest De reductie vindt plaats op het veld (emissie daalt met 0 tot 1% per niet bemeste % landbouwgrond).		
Betrouwbaarheid	Betrouwbaar		
Berekend of gemeten	Beredeneerd		
Neveneffecten	Stikstofuit- en afspoeling/waterkwaliteit	+	Doordat er ruimte ontstaat tussen sloten en de bemeste grond, daalt de kans op uit- en afspoeling
	Broeikasgasemissies	0/+	Minder kunstmestgebruik zorgt voor vermindering in N2O emissies
	Biodiversiteit	+	
	Dierenwelzijn/gezondheid	0	
	Overig	-	Minder mestplaatsingsruimte, druk op mestmarkt neemt toe, meer mestafzetkosten, met groter risico op overbemesting
Borging	Moeilijk controleerbaar of strook daadwerkelijk niet wordt bemest. Controle op bedrijfsniveau via plaatsingsruimte. Kans op overbemesting neemt toe wanneer de druk om te mestmarkt toeneemt.		
Rekenvoorbeeld	<u>Voorbeeld, huidige situatie:</u> Een stal met 100 melkkoeien, zonder emissie verlagende maatregelen. De stalemissie is 1.300 kg/NH3/jaar, veldemissie is 1.300 kg/NH3/jaar; bedrijfsemissie 2.600 kg NH3/jaar.	<u>Voorbeeld, nieuwe situatie:</u> De boer besluit om 4% van zijn areaal om te zetten in bufferstroken. De stalemissies blijven gelijk op 1300 kg/NH3/jaar. De veldemissie daalt tussen de 0 en 4 %. Veldemissie = $1.300 * 1 = 1.300$ tot $1.300 * 0,096 = 1.248$ kg/NH3/jaar.	<u>Voorbeeld, reductie:</u> Totale reductie is maximaal 52 kg/NH3/jaar. Dit is een reductie van 2 % op bedrijfsniveau.
Keteneffecten	Geen effecten bekend.		
Literatuurlijst	Onze analyse wijkt af van Ros et al. (2024); aangezien we ervan uitgaan dat daar waar niet wordt bemest, geen emissie meer plaatsvindt. Bufferstroken RVO.nl		

13 Besproeien stalvloeren/roosters

Omschrijving	Besproeien van de stalvloeren (10 l/per dag/m ²) verlaagt emissies in de stal. Direct effect is het verlagen van de vloeremissie. Indirect leidt een verdunning van de mest in de opslag tot een verlaging van de emissie uit de mestput. Een ander indirect effect kan een verlaging zijn van de veldemissies bij toediening van de (verdunde) mest.		
Domein	Melkveebedrijven met ligboxstallen		
Voorwaarden	Voldoende waterbeschikbaarheid		
Effect	5-20% NH ₃ reductie van de bedrijfsemissie. 10-40% NH ₃ reductie van de stalemissie.		
Betrouwbaarheid	Matig. Deel van het onderzoek loopt nog.		
Berekend of gemeten	Berekend & gemeten		
Neveneffecten	Stikstofuit- en -afspoeling/ waterkwaliteit	-	Doordat er meer stikstof in de mest zit, en deze mest verdund wordt toegediend, is de kans op uitspoeling groter.
	Broeikasgasemissies:	-	Kleine toename door meer transport van water en mest. Ook is er meer kans op N ₂ O emissies.
	Biodiversiteit:	0	
	Dierwelzijn/gezondheid:	0	
	Overig:	- =	Grotere mestopslag vereist; hogere transportkosten als mest moet worden afgezet. Ook moet er voldoende water beschikbaar zijn,
Borging	Aanwezigheid sproeisysteem is eenvoudig controleerbaar (met watermeter erop is daadwerkelijk gebruik ook te monitoren)		
Rekenvoorbeeld	<u>Oude situatie:</u> Een stal met 100 melkkoeien, zonder emissie verlagende maatregelen. De stalemissie is 1.300 kg/NH ₃ /jaar, veldemissie is 1.300 kg/NH ₃ /jaar; bedrijfsemissie 2.600 kg NH ₃ /jaar.	<u>Nieuwe situatie:</u> De boer gaat in zijn stal water sproeien. De veldemissie blijft gelijk. De nieuwe stalemissie ligt tussen de $1.300 * 0,90 = 1.170$ en $1.300 * 0,60 = 780$ kg/NH ₃ /jaar	<u>Reductie:</u> De behaalde reductie ligt tussen de 130 en 520 kg/NH ₃ /jaar. Dit is een afname van tussen de 0 en 20% op bedrijfsniveau
Keteneffecten	Het verdunnen van mest leidt tot afname emissie vanaf stalvloeren en uit de put. Als gevolg hiervan zit er meer stikstof in de verdunde mest. Hierdoor is er een kans op verhoogde veldemissie.		
Literatuurlijst	Akiyama H, Yan X & K Yagi (2010) Evaluation of effectiveness of enhanced-efficiency fertilizers as mitigation options for N ₂ O and NO emissions from agricultural soils: meta-analysis. Global Change Biology 16, 1837-1846. Anonymus (1998) Adviesbasis bemesting grasland en voedergewassen. Commissie bemesting Grasland en voedergewassen. Themaboekje 1998. PR Lelystad. Pp53		

	Berntsen P, Menkveld N, Rougoor C & F van der Schans (2022). Pragmatische aanpak stikstofcrisis. Effectiviteit en kosten van stikstof reducerende maatregelen in de melkveehouderij. ABN-publicatie, 35 pp. Dooren, H.J.C. van, K. Blanken, N.W.M. Ogink, 2022. Reductie van ammoniakemissie door gebruik van water in melkveestallen; Resultaten van emissiemetingen op Dairy Campus. Wageningen Livestock Research, Openbaar Rapport 1304.
--	--

14 Meer weidegang toepassen

Omschrijving	De melkkoeien worden 500 uur extra (of een veelvoud daarvan) per jaar geweid		
Domein	Melkveebedrijven		
Voorwaarden	Er is voldoende ruime huiskavel voor meer weidegang (als dieren te intensief weiden op klein perceel, treedt vervuiling en ammoniakemissie op) Om ammoniakemissie te verlagen moet de stal opdrogen tijdens weidegang (bij vrije keuze weidegang deel van stal afsluiten voor koeien), of stal wordt gereinigd op moment dat dieren gaan weiden		
Effect	Zowel de veldemissies als de stalemissies nemen af. Bij 500 uur extra weidegang per jaar is de ammoniakemissiereductie circa 5% tot 7,5% van de totale bedrijfsemisssies. Dit effect is niet lineair en neemt toe naar mate de weidegang toeneemt, tot een punt waarna meer weidegang voor weinig vermindering in stikstofemissies zorgt en het effect afvlakt.		
Betrouwbaarheid	Betrouwbaar		
Berekend of gemeten	Berekend		
Neveneffecten	Stikstofuit- en -afspoeling/ waterkwaliteit	-	Beperkt verhoogd risico op nitraatuitspoeling
	Broeikasgasemissies:	+/-	Minder methaan (door vers gras), minder dieselgebruik, mogelijk meer lachgasemissie
	Biodiversiteit:	+	Koeienflatsen vormen een mini-ecosysteem
	Dierwelzijn/gezondheid:	+	Positief voor dierwelzijn
	Overig	+	Weidegang draagt bij aan het landschap en aan maatschappelijke waardering melkveehouderij
Borging	Eenvoudige controle op voldoende huiskavel beschikbaar en of het bedrijf is ingericht op weidegang (aanwezigheid voldoende huiskavel, afrastering, drinkbakken etc.). Hoeveel uren daadwerkelijk wordt geweid is alleen te controleren met een meetsysteem op koe-niveau (weidepoortjes). Veel technieken beschikbaar, maar lage implementatiegraad, dus moeilijk in praktijk. Ook borgen van weidegang jongvee is moeilijk		
Rekenvoorbeeld	Huidige situatie: Een stal met 100 melkkoeien, zonder emissie verlagende maatregelen. Er is 720 uur weidegang. De stalemissie is 1.300 kg/NH3/jaar, veldemissie is 1.300 kg/NH3/jaar; bedrijfsemissie 2.600 kg NH3/jaar.	Nieuwe situatie: De boer verhoogde de weidegang met 500 uur. Totaal wordt 1220 uur. De nieuwe totale bedrijfsemissie ligt tussen de $2.600 * 0,95 = 2.470$ en $2600 * 0,925 = 2.405$ kg/NH3/jaar	Reductie: Totale reductie is 130 tot 195 kg/NH3/jaar Dat is een bedrijfsreductie van tussen de 5 en 7,5% in ammoniakemissie
Keteneffecten	Beweiden heeft effect op de emissies die in de stal vanaf de stalvloer en uit de put komen. Maatregelen zoals een emissiearme vloer zullen hierdoor minder effect hebben.		
Literatuurlijst	Oenema J & K Verloop (2018). CDM Advies: Effecten van beweiding en mesttoediening op ammoniakemissies. Plant Research Wageningen, 16 pp. Onze analyse wijkt af van Ros et al. (2024); aangezien hij geen aantal uren noemt, wij hebben het gespecificeerd.		

15 Mest aanzuren met middelen zoals b.v. zwavel- of salpeterzuur

Omschrijving	Het aanzuren van mest in de opslag met behulp van verzurende middelen.		
Domein	Melkveebedrijven met een mestopslag		
Voorwaarden	Vergunning voor gebruik en opslag van zwavel- of salpeterzuur		
Effect	Een ammoniakreductie van 16-35% op bedrijfsniveau 37-70% emissiereductie op stalniveau.		
Betrouwbaarheid	Matige betrouwbaarheid		
Berekend of gemeten	Berekend & gemeten		
Neveneffecten	Stikstofuit- en -afspoeling/ waterkwaliteit:	-	Salpeterzuur bevat stikstof; dit verhoogt gehalte stikstof in de mest. Hierdoor ontstaat er een verhoogde kans op uitspoeling.
	Broeikasgasemissies:	+	Leidt tot methaanemissiereductie vanuit de mest (72% tot 99%)
	Biodiversiteit:	-	Zuur vormt risico voor bodemleven, flora en fauna
	Dierwelzijn/gezondheid:	-	Zwavel op grasland kan risico vormen voor koeien
	Overig:	-	Risico aantasting opslag (corrosie); veiligheids-risico door opslag en gebruik sterk zuur. Sommige gewassen zijn gevoelig voor zwavel.
Borging	Controle via aankoopbonnen van middelen. Verbruiksmeting op het doseersysteem lijkt wenselijk.		
Rekenvoorbeeld	Huidige situatie: Een stal met 100 melkkoeien, zonder emissie verlagende maatregelen. De stalemissie is 1.300 kg/NH ₃ /jaar, veldemissie is 1.300 kg/NH ₃ /jaar; bedrijfsemissie 2.600 kg NH ₃ /jaar.	Nieuwe situatie De boer besluit een van de bovengenoemde middelen te gebruiken. Stalemissie na implementatie ligt tussen de $1300 \cdot 0,63 = 819$ en $1300 \cdot 0,30 = 390$ kg/NH ₃ /jaar.	<u>Reductie</u> Behaalde reductie ligt tussen de 481 en 910 kg/NH ₃ /jaar. Op bedrijfsniveau is dit een reductie in ammoniakemissie van tussen de 16 en 35%
Keteneffecten	Het aanzuren van mest leidt tot lagere emissies vanuit de stal. Bij aanwending bevat de mest nog meer stikstof, en bevat zuur. Deze maatregel beïnvloedt daarmee ook de emissie bij aanwending. Hierdoor beïnvloedt deze maatregel dus ook de effectiviteit van andere maatregelen.		
Literatuurlijst	Habtewold, J., Gordon, R., Sokolov, V., VanderZaag, A., Wagner-Riddle, C., & Dunfield, K. (2018). Reduction in Methane Emissions From Acidified Dairy Slurry Is Related to Inhibition of Methanosarcina Species. <i>Frontiers in Microbiology</i> , 8. doi:10.3389/fmicb.2018.02806 Sommer, S.G., Clough, T.J., Balaine, N., Hafner, S.D., & Cameron, K.C. (2017). Transformation of Organic Matter and the Emissions of Methane and Ammonia during Storage of Liquid Manure as Affected by Acidification. <i>Journal of Environmental Quality</i> , May-June, 514-521. doi:10.2134/jeq2016.10.0409.		

	Vera (2016). Vera Verification Statement. https://www.vera-verification.eu/app/uploads/sites/9/2019/05/VERA-Statement006_JH-Forsuring-NH4.pdf van Boxmeer, E., & Ogink, N. (2023). <i>Mestadditieven voor ammoniakemissiereductie uit rundveemest</i>. (Rapport / Wageningen Livestock Research; No. 1443). Wageningen Livestock Research. https://doi.org/10.18174/635331 Puente-Rodríguez, D., Gollenbeek, L., Verdoes, N., & Bos, A. P. (2022). <i>Perspectief van het aanzuren van mest in Nederland om methaan- en ammoniakemissie te reduceren</i>. (Rapport / Wageningen Livestock Research; No. 1375). Wageningen Livestock Research. https://doi.org/10.18174/572080
--	--

16 Emissiearme vloer, rubberen bovenlaag met mestschuif.

Omschrijving	De installatie van een rubberen toplaag op de vloer met een mestschuif zorgt ervoor dat er minder urine op de roosters blijft liggen dat in contact komt met mest. Met als gevolg dat er minder ammoniak ontstaat.		
Domein	Melkveebedrijven, in de stal		
Voorwaarden	Het bedrijf moet een klassieke ligboxstal zijn. Vormt onderdeel van een totaal stalsysteem, met specifieke maatregelen (zie leaflet stalsysteem RAV)		
Effect	10% reductie op bedrijfsniveau 20% reductie op stalniveau		
Betrouwbaarheid	Laag. Werking staat momenteel ter discussie		
Berekend of gemeten	Beredeneerd op basis expert judgment en onderzoeken waar is gemeten. De effectiviteit van emissiearme stalsystemen moeten volgens meetprotocol worden gemeten. In praktijk bleek dit echter soms een overschatting, omdat het effect van management niet goed wordt meegenomen (onderhoud mestschuif etc.)		
Neveneffecten	Stikstofuit- en -afspoeling/ waterkwaliteit:	-	Meer risico op uitspoeling (doordat meer stikstof in de mest achterblijft en wordt aangewend).
	Broeikasgasemissie:	-	Kleine toename door energiegebruik schuif
	Biodiversiteit:	0	
	Dierwelzijn/gezondheid:	0	Gunstig voor klauwgezondheid en beloopbaarheid; kans op uitglijden als de toplaag glad is
	Overig: geen	0	
Borging	Relatief eenvoudig (controle op aanwezigheid rubberen bollen, schuif en onderhoudsniveau. Of schuif altijd wordt gebruikt, is controleerbaar m.b.v. sensor)		
Rekenvoorbeeld	<u>Huidige situatie</u> Een stal met 100 melkkoeien, zonder emissie verlagende maatregelen. De stalemissie is 1.300 kg/NH3/jaar, veldemissie is 1.300 kg/NH3/jaar; bedrijfsemis­sie 2.600 kg NH3/jaar.	<u>Nieuwe situatie</u> De boer besluit een mestschuif te installeren. Na de implementatie aalt de stalemissie. Die wordt $1.300 * 0,8 = 1.040$ kg/NH3/jaar	<u>Opgeleverde reductie</u> Dit is een reductie van 260 Kg/NH3/Jaar. Op bedrijfsniveau is dit een ammoniakemissie reductie van 10%
Keteneffecten	Door een hoger TAN gehalte in de mest kan de emissie per kubieke meter toediening toenemen.		
Literatuurlijst	Brusselman E, Beck B, De Campeneere S, Demeyer P, Goossens K, Kerselaers E, Maertens L, Millet S, Reubens B, Riebbels G, Vandaele L, Vangeyte J & Zwertvaegher I (2016). Screening van maatregelen Evers A, De Haan M, Migchels G, Joosten L & van Leeuwen M (2019). Effecten van ammoniak reducerende maatregelen in bedrijfsverband: Scenariostudie voor proeftuin Natura 2000 in veenweidegebied RVO (2024): Innovatieve stalsystemen gebruiken https://www.rvo.nl/onderwerpen/innovatieve-stalsystemen#nieuwe-en-bestaande-stalsystemen		

17 Graslandbeheer (gras-klavermengsel)

Omschrijving	Klaver is een stikstof fixerende plant die stikstof uit de lucht haalt en in bruikbare form in de grond bewaart. Hierdoor is minder kunstmest nodig		
Domein	Melkveebedrijven		
Voorwaarden	Melkveebedrijf met graslanden (op minerale gronden, d.w.z. klei, zand en/of loss) en is in staat om het gebruik hiervan aan te passen. Kunstmestgebruik moet worden verlaagd.		
Effect	Reductie op bedrijfsniveau is +- 0-1% 20-50% NH3 reductie van kunstmestemissies		
Betrouwbaarheid	Matig		
Berekend of gemeten	Gemeten		
Neveneffecten	Stikstofuit- en -afspoeling / waterkwaliteit:	+	Er is minder uitspoeling doordat er minder kunstmest wordt gebruikt
	Broeikasgasemissie:	+	Doordat er minder kunstmest wordt geproduceerd daalt de emissie. Deze daalt ook doordat er minder verkeer is.
	Biodiversiteit:	+	Grasland dat diverser is (flora); draagt bij aan de biodiversiteit
	Dierwelzijn/gezondheid:	0	
	Overig: geen	0	
Borging	Indirecte borging door registratie van aanvoer van kunstmest en krachtvoer		
Rekenvoorbeeld	<u>Huidige situatie</u> Gemiddelde kunstmestgebruik in 2022 was 100 Kg/N/hectare/jaar. Dit kan oplopen tot 140 kg/N/hectare/jaar i.v.m. met het verdwijnen van de derogatie. Dit voorbeeld zal werken met 120 Kg/N/hectare/jaar. Indien dit als KAS (kalk-amonsalpeter) wordt toegediend, gaat 2,5% stikstof verloren als NH3 $120 * 0,025 = 3$ kg/NH3/hectare/jaar	<u>Nieuwe situatie</u> De nieuwe emissie wordt tussen de $0,8 * 3 = 2,4$ Kg/NH3/ha/jaar $0,5 * 3 = 1,5$ Kg/NH3/ha/jaar	<u>Opgeleverde reductie</u> De opgeleverde reductie ligt tussen de 0,6 en 1,5 kg/NH3/hectare/jaar
Keteneffecten	Als maatregel, staat het effect van deze maatregel los van de stikstofketen zoals wordt beschreven in het hoofdstuk "keteneffecten". Dit betekent dat de implementatie van deze maatregel, geen invloed heeft op de effectiviteit van andere maatregelen die wel ingrijpen op de keten.		
Literatuurlijst	Dewhurst, R. J.; Delaby, L.; Moloney, A.; Boland, T.; Lewis, E., 2009. Nutritive value of forage legumes used for grazing and silage. Irish J. Agric. Food Res., 48 (2): 167-187		

	Broderick, Glen. (2002). An analysis of the relative value of lucerne and red clover silages for lactating cows. Onze analyse wijkt af van Ros et al. (2024); aangezien hij de reductie uitdrukt t.o.v. veldemissies, wij kijken alleen naar kunstmestemissies.
--	---

18 Chemische luchtwassers

Omschrijving	Luchtwassers halen ammoniak uit de stallucht door de lucht te “wassen” voordat het de open lucht in gaat. In chemische luchtwassers wordt het waswater zuur gemaakt om ammoniak en een deel van de geurverbindingen uit de stroom uitgaande stallucht te verwijderen. Dit zuur wordt in een externe tank bewaard.		
Domein	Pluimvee- en varkenshouderijen		
Voorwaarden	De maatregel kan alleen worden geïmplementeerd in gesloten stalsystemen. Vergunning voor opslag van zuur.		
Effect	70-90% NH3 reductie vanuit de stal		
Betrouwbaarheid	Hoog		
Berekend of gemeten	Gemeten (RAV-waarden)		
Neveneffecten	Stikstofuit- en -afspoeling/waterkwaliteit:	0	
	Broeikasgasemissie:	0	Meer emissie door energiegebruik, minder emissie door vervanging kunstmest
	Biodiversiteit:	0	
	Dierwelzijn/gezondheid:	0	
	Overig:	+	Minder geuroverlast en fijnstof bij combi-luchtwasser, minder kunstmestgebruik doordat spuiwater als meststof wordt aangewend
	Overig:	+	Positief effect op geur en fijnstof doordat de luchtwasser dit gedeeltelijk uit de lucht wast
Borging	Relatief eenvoudig (aanwezigheid luchtwasser is te controleren, of deze altijd in gebruik is, is controleerbaar via energie- en zuurgebruik). Er zijn duidelijke protocollen over de borging van het gebruik van luchtwassers. Deze dienen te worden gevolgd		
Rekenvoorbeeld	<u>Huidige situatie</u>	<u>Nieuwe situatie</u>	<u>Verskil</u>
	Een vleesvarkensbedrijf met 4.000 varkens heeft een emissie van 1,6* 4000 = 6400 Kg/NH3/jaar	De implementatie van deze maatregel zorgt ervoor dat de nieuwe emissie tussen de 0,3 * 6400 = 1.940 en 0,1*6400 = 640 Kg/NH3/jaar wordt	Dit levert een reductie op van tussen de 4.760 en 5.760 Kg/NH3/jaar vanuit de stal.
Keteneffecten	Dit is een maatregel die ingrijpt op de emissies uit de stal. Andere maatregelen die ook op deze plek in de keten ingrijpen, zullen daarom in absolute zin minder effectief zijn.		
Literatuurlijst	Laanen, L.; Plant, L.; De Cock, B.; Zwartvaegher, I; Brusselman, E., 2018 Meetploeg – Eindrapport meetcampagne luchtwassers en biobedden. Van Bruggen, C., Bannink, A., Groenestein, C. M., Huijsmans, J. F. M., & Lagerwerf, L. A. (2017). Emissies naar lucht uit de landbouw in 2017.		

19 Koelen mest

Omschrijving	Door het koelen van de mest in opslag (put) neemt ammoniakemissie af.		
Domein	Bedrijven met stallen waar mest wordt opgeslagen (put of extern). Voor melkveebedrijven nog niet praktijkrijp		
Voorwaarden	Beschikbaarheid van (koud) grondwater		
Effect	Voor varkenshouderijen is het effect 40% bedrijfsemissie reductie, hier wordt de techniek ook al toegepast. Emissiereductie van de stalemissie kon bij melkvee niet worden aangetoond. De techniek is voor melkvee ook nog niet praktijkrijp.		
Betrouwbaarheid	Matig.		
Berekend of gemeten	Berekend & gemeten		
Neveneffecten	Stikstofuit- en -afspoeling / waterkwaliteit:	-	Doordat er meer stikstof in de mest zit en de hoeveelheid mest die wordt uitgereden gelijk blijft, stijgt de kans op afspoeling- en uitspoeling.
	Broeikasgasemissie:	+	(Sterke) reductie van methaanemissie (circa 69% minder methaanemissie vanuit de mest), verhoging energiegebruik
	Biodiversiteit:	0	
	Dierwelzijn/gezondheid:	0	
	Overig:	0	
Borging	Relatief eenvoudig (aanwezigheid koelsysteem). Werking dient te worden geborgd (via vergunningverlening RAV)		
Rekenvoorbeeld	<u>Huidige situatie</u> Een vleesvarkensbedrijf met 4.000 varkens heeft een emissie van 1,6* $4000 = 6400$ Kg/NH3/jaar	<u>Nieuwe situatie</u> Na het implementeren van de maatregel, wordt dit $0,6 * 6400 = 3840$ Kg/Nh3/jaar	<u>Verskil</u> De Opgeleverde reductie is 2.560 Kg/Nh3/jaar
Keteneffecten	Verlagen van emissies in de stal leidt tot meer stikstof in de mest; dit verhoogt emissies in het veld bij toedienen van de mest		
Literatuurlijst	Ros et al. (in pres); citerend uit Kager et al. (2021) Puente-Rodriguez, Vonk, Bos, Maasdam, Aarnink (2024) Mest koelen tegen het opwarmen van de aarde. WUR 10.18174/658567 Opm.: Er staat een koeldekstelsysteem op de RAV-lijst (RAV-maatregel 3.2.3 (vleesvarkens), zonder emissiefactor. Document voor maatregel 3.2.3.2 (BWL 2019.05) uit 2020 verwijst naar ASG-rapport P 1.155.		

20 Cow toilet

Omschrijving	Een CowToilet vangt urine op tijdens het voeren zodat deze niet bij de vaste mest komt op de vloer of in de put. De opgevangen urine kan gebruikt worden als bron van stikstof en kalium		
Domein	Nieuwbouw ligboxenstal en alle type rundveebedrijven met roostervloeren		
Voorwaarden	Ombouwen van een automatische voerplaats		
Effect	CowToilet: 30% lagere stalemissies		
Betrouwbaarheid	Matig tot hoog		
Berekend of gemeten	Gemeten over een jaar		
Neveneffecten	Stikstofuit- en -afspoeling / waterkwaliteit:	-	Doordat er meer stikstof in de mest zit en de hoeveelheid mest die wordt uitgereden gelijk blijft, stijgt de kans op afspoeling- en uitspoeling.
	Broeikasgasemissie:	-	Het toilet gebruikt elektriciteit.
	Biodiversiteit	0	
	Dierwelzijn/gezondheid:	X	Er is geen consensus over in hoeverre deze maatregel natuurlijk gedrag belemmert
	Overig:	0	
Borging	Relatief eenvoudig door te controleren op aanwezigheid van de apparatuur. De werking van kan worden gemonitord middels het meten van opgevangen urine hoewel hier in principe gemakkelijk mee kan worden gefraudeerd. Aanvullende monitoring is mogelijk middels camera's of bewegingsmeters met een logfunctie.		
Rekenvoorbeeld	<u>Oude situatie:</u> Een stal met 100 melkkoeien zonder emissie verlagende maatregelen geeft 1.300 kg NH3 stalemissie per jaar.	<u>Nieuwe situatie:</u> Bij een reductiepercentage van 33% wordt de stalemissie 871 kg NH3 per jaar	<u>Reductie:</u> Reductie is 429 kg NH3 per jaar
Keteneffecten	Verliezen tijdens het toedienen van de urine in het veld zijn niet bekend. Flinke investering		
Literatuurlijst	Ros et al. (2024). Verkenning effecten landbouwinnovaties. Wageningen Universiteit, Rapport 2024.159 Hanskamp (2024). Definitieve Emissie Factor voor het CowToilet vastgesteld https://hanskamp.com/kenniscentrum/definitieve-emissie-factor-voor-cowtoilet/		

21 Mestscheiding

Omschrijving	Mestscheiding gevolgd door behandeling van de dunne fractie met loog waarbij de ammoniakale stikstof met een zuur wordt omgezet naar een vloeibare meststof (Bio-Grow) met 15% stikstof welke als kunstmest kan worden ingezet. Er zijn acht installaties in gebruik		
Domein	Ligboxenstal en alle type bedrijven met roostervloeren		
Voorwaarden	Vergunning voor opslag van zuur		
Effect	31% reductie op bedrijfsniveau. Tot 62% reductie van stalemissies (in vergelijking met traditionele rooster-vloer). Er is geen rekening gehouden met mogelijke emissiereductie bij aanwending.		
Betrouwbaarheid	Matig tot hoog		
Berekend of gemeten	Gemeten		
Borging	Relatief eenvoudig door te controleren op aanwezigheid van de apparatuur. De hoeveelheid geproduceerde meststof is een indicatie voor de effectiviteit van de installatie		
Neveneffecten	Stikstofuit- en -afspoeling/ waterkwaliteit:	0	
	Broeikasgasemissie:	+	Reductie van kunstmestgebruik leidt tot een aanzienlijke vermindering van broeikasgassen. De installatie gebruikt energie.
	Biodiversiteit:	0	
	Dierwelzijn/gezondheid:	0	
	Overig:	-	Overig: risico op verzuren van de bodem bij toediening vloeibare fractie.
Borging	Relatief eenvoudig door te controleren op aanwezigheid van de apparatuur. De hoeveelheid geproduceerde stikstofmeststof is een indicatie voor de effectiviteit van de installatie		
Rekenvoorbeeld	<u>Oude situatie:</u> Een stal met 100 melkkoeien zonder emissie verlagende maatregelen geeft 1.300 kg NH3 stalemissie per jaar.	<u>Nieuwe situatie:</u> Bij een reductiepercentage van 62% wordt de stalemissie 494 kg NH3 per jaar	<u>Reductie:</u> Reductie is 806 kg NH3 per jaar Dit is een reductie van 31% op bedrijfsniveau
Keteneffecten	Deze maatregel grijpt in op de emissies vanuit de stal en wei. Maatregelen die op dezelfde plekken in de keten ingrijpen, worden in absolute zin, minder effectief. Verliezen tijdens het toedienen van de gewonnen stikstofmeststof in het veld zijn niet bekend.		
Literatuurlijst	Ros et al. (2024). Verkenning effecten landbouwinnovaties. Wageningen Universiteit, Rapport 2024.159 Countus (2023): https://www.countus.nl/kenniscentrum/nieuws/wat-is-het-rendement-van-de-stikstofkraker#:~:text=De%20JOZ%20Gazoo%20(stikstofkraker)%20is,levert%20het%2060%25%20methaanreductie%20op. Boerderij (2024): https://www.boerderij.nl/ervaring/stikstofkraker-is-meer-dan-mestafzet-oplossen		

22 Lely Sphere

Omschrijving	Dit systeem scheidt de vaste en vloeibare fracties van de mest, waarna de stikstof uit de vloeibare fractie wordt verwijderd. Deze vorm van mestverwerking draagt bij aan het scheiden en opwaarderen van de stikstof in de mest.		
Domein	Alle type rundveebedrijven met roostervloeren		
Voorwaarden	Schoon werken. Gescheiden opvang van vaste fractie. Controle op urine gaatjes. Vergunning voor opslag van zuur.		
Effect	36% reductie op bedrijfsniveau. 77% reductie van de ammoniakemissie in de stal (in vergelijking met traditionele roostervloer)		
Betrouwbaarheid	Betrouwbaar		
Berekend of gemeten	Gemeten		
Neveneffecten	Stikstofuit- en -afspoeling/ waterkwaliteit:	0	
	Broeikasgasemissie:	+/- (onzeke r)	Reductie van kunstmestgebruik leidt tot een vermindering van broeikasgassen. De installatie gebruikt veel energie.
	Biodiversiteit:	0	
	Dierwelzijn/gezondheid:	0	
	Overig:	-	Risico op verzuren van de bodem bij toediening vloeibare fractie.
Borging	Relatief eenvoudig door te controleren op aanwezigheid van de apparatuur. De hoeveelheid geproduceerde meststof is een indicatie voor de effectiviteit van de installatie		
Rekenvoorbeeld	<u>Oude situatie:</u> Een stal met 100 melkkoeien zonder emissie verlagende maatregelen geeft 1.300 kg NH3 stalemissie per jaar	<u>Nieuwe situatie:</u> Bij een reductiepercentage van 77% wordt de stalemissie 299 kg NH3 per jaar	<u>Reductie:</u> Reductie is 1.001 kg NH3 per jaar (bij volledig opstallen, zie bij keteneffecten invloed weidegang)
Keteneffecten	Ammoniakemissiereductie wordt minder als ook weidegang wordt toepast, omdat bij weidegang de ammoniakemissie vanuit de stal al lager is en een deel van de mest niet in de stal maar in de wei terechtkomt. Als 720 uur (=8% van de tijd) wordt beweide, komt 8% van de mest niet in de stal. De stalemissie in de oude situatie is dan $0,92 \cdot 1.300 = 1.193$ kg ammoniak. De reductie door de Lelysphere is dan 77% hiervan, ofwel 919 kg ammoniak. De reductie (in kg ammoniak) door de Lelysphere is dus ook 8% lager. Verliezen tijdens het toedienen van de gewonnen stikstofmeststof in het veld zijn niet bekend.		
Literatuurlijst	Ros et al. (2024). Verkenning effecten landbouwinnovaties. Wageningen Universiteit, Rapport 2024.159		

23 Bedrijfsbeëindiging via LBV

Omschrijving	Bedrijfsbeëindiging als maatregel; opkopen van productierechten (Fosfaatrechten, varkensrechten, pluimveerechten) en natuurvergunning intrekken. Eis van de LBV-regeling is dat minimaal 95% van de productierechten komt te vervallen. Deze factsheet brengt in beeld wat er gebeurt als een ondernemer stopt met het werk als veehouder.		
Domein	Het beëindigen van bedrijven met kalveren en of runderen.		
Voorwaarden	Voorwaarden worden gesteld in de overeenkomst met het Rijk		
Effect	95% tot 100% reductie van de stalemissies		
Betrouwbaarheid	Hoge betrouwbaarheid		
Berekend of gemeten	Beredeneerd		
Neveneffecten	Stikstofuit- en -afspoeling/ waterkwaliteit:	-	Mogelijk negatief effect op waterkwaliteit als grasland wordt omgezet in akkerbouwland
	Broeikasgasemissie:	+	Positief effect op klimaat (door minder methaanemissie)
	Biodiversiteit:	0	Effect op biodiversiteit hangt af van grondgebruik in de toekomst
	Dierwelzijn/gezondheid:	0	
	Overig	+	Verminderde mestproductie waardoor de druk op de mestmarkt afneemt
Borging	Innemen van de rechten is goed borgbaar. Na de implementatie van de maatregel, hoeft het bevoegde gezag slechts een tweetal keer fysiek langs te komen om te verifiëren dat de maatregel is geïmplementeerd.		
Rekenvoorbeeld	<u>Huidige situatie</u> Een stal met 100 melkkoeien, zonder emissie verlagende maatregelen. De stalemissie is 1.300 kg/NH3/jaar, veldemissie is 1.300 kg/NH3/jaar; bedrijfsemis­sie 2.600 kg NH3/jaar.	<u>Nieuwe situatie</u> Door te stoppen met de bedrijfsvoering, verdwijnt 95% tot 100% van de stalemissies van de veehouder. De nieuwe emissie ligt tussen $2.600 \times 0 = 0$ Kg NH3/ jaar tot $2.600 \times 0,05 = 130$ kg NH3/jaar.	<u>Reductie</u> Behaalde reductie ligt tussen de 2.470 en 2.600 kg/NH3/jaar
Keteneffecten	Afhankelijk van het toekomstig grondgebruik kan de veldemissie toe- of afnemen		
Literatuurlijst			

1. Krimp van de veestapel per bedrijf

Omschrijving	Deze factsheet evalueert effecten van krimp als maatregel; bedrijven kunnen ook zelf krimpen om de gestelde normen op bedrijfsniveau en omgeving te behalen. Deze maatregel omschrijft bedrijf krimp als het houden van minder dieren op hetzelfde bedrijf.
Domein	Melkveehouderij, varkenshouders en pluimveebedrijven.
Voorwaarden	Bij melkveehouders moeten de dierplaatsen die vrijkomen, in de stal worden afgeschermd van andere koeien om te voorkomen dat de oppervlakte

	besmeurde vloer gelijk blijft. Dit is essentieel. Gebeurt dit niet, dan kan er minder emissiereductie worden ingeboekt. Bij varkens- en pluimveehouders gelden dezelfde voorwaarden		
Effect	Melkvee Het effect is afhankelijk van de emissiefactor van de stal, waarbij we ervan uitgaan dat de helft van de stalemissies van de vloer komen en de andere helft uit de put. Verdwijnen er dieren uit de stal, dan is het effect (aantal dieren dat er verdwijnt * de emissiefactor per dierplaats * 0,5) Indien de stal een gesloten vloer heeft, vindt er geen emissie vanuit de put plaats. Dan kan er worden gerekend met de volgende formule (aantal dieren dat er verdwijnt * de emissiefactor per dierplaats). Varkens- en pluimveehouderij Het effect staat gelijk aan de emissiefactor die gekoppeld is aan de varkens of pluimvee op het bedrijf: omvang krimp (in aantal dieren) * emissiefactor per dier.		
Betrouwbaarheid	Matig. Bij terugbrengen van het aantal dieren is het onduidelijk of het met mest besmeurd oppervlak in dezelfde mate wordt verlaagd.		
Berekend of gemeten	Berekend		
Neveneffecten	Stikstofuit- en -afspoeling/ waterkwaliteit:	+	Minder mestaanwending
	Broeikasgasemissie:	+	Verminderde methaanuitstoot
	Biodiversiteit:	0	
	Dierwelzijn/gezondheid:	0	
	Overig	+	Krimp van de veestapel is een vorm van extensivering met als voordeel dat het mestoverschot op eigen bedrijf afneemt. Verminderde mestproductie waardoor de druk op de mestmarkt afneemt.
Borging	Om het effect te behalen, moet er worden nageleefd dat de dierplaatsen die vrijkomen, niet toegankelijk zijn voor andere koeien. Dit kan het bevoegde gezag controleren door af en toe langs te komen.		
Rekenvoorbeeld	Huidige situatie Een stal, met open stalvloer heeft 100 melkkoeien. De stalemissie is 1.300 kg/NH3/jaar, veldemissie is 1.300 kg/NH3/jaar; bedrijfsemmissie 2.600 kg NH3/jaar.	Nieuwe situatie en behaalde reductie 10% van de koeien verdwijnen. Er zijn nog 90 koeien over. De stal emissie van deze koeien is 13* 90 = 1.170Kg/NH3/jaar De emissiereductie is: 10 * 13*0,5= 65 Kg/NH3/jaar Nieuwe stalemissie is 1.235 kg/NH3/jaar. Wat een reductie van 2.5% is op bedrijfsniveau.	
Keteneffecten	Geen keteneffecten		
Literatuurlijst	Informatiepunt Leefomgeving (2025). Systeembeschrijvingen voor stallen per diercode. https://iplo.nl/regelgeving/regels-voor-activiteiten/dierenverblijven/systeembeschrijvingen-stallen/systeembeschrijvingen-stallen-per-diercode/#hb8922352-7e50-4965-a6c4-8c257e000f		

24 Dagontmesting met centrale monovergisting

Omschrijving	Dagverse mest wordt dagelijks opgehaald om op een centraal punt te worden vergist en gestript. De dunne fractie wordt verder verdund en uitgereden. Vergisten en strippen van mest gebeurt op een locatie met mestaanvoer van meerdere bedrijven.		
Domein	Bedrijven met runderen.		
Voorwaarden	De mest wordt dagelijks opgehaald.		
Effect	40 tot 77% op stalniveau Dit effect kan lager zijn wanneer de dikke fractie van het digestaat wordt gebruikt als boxvulling.		
Betrouwbaarheid	Matig		
Berekend of gemeten	Berekend		
Borging	Relatief eenvoudig te controleren door een logboek bij te houden op de mestverwerkingslocatie waarin staat welke boeren hoe vaak mest hebben gebracht om deze te laten vergisten & strippen. Toezicht & handhaving kan vervolgens de gegevens die in dit logboek staan vergelijken met het aantal dieren dat een boer heeft om na te gaan of de maatregel op de juiste manier wordt nageleefd.		
Neveneffecten	Stikstofuit- en -afspoeling/ waterkwaliteit:	0	
	Broeikasgasemissie:	+	Door de gestripte stikstof te gebruiken als kunstmest in plaats van kunstmest, daalt de CO2 uitstoot. Mestvergisting levert groene energie
	Biodiversiteit:	0	
	Dierwelzijn/gezondheid:	0	
	Overig	0	
Rekenvoorbeeld	Oude situatie: Een stal met 100 melkkoeien zonder emissie verlagende maatregelen geeft 1.300 kg NH3 stalemissie per jaar.	Nieuwe situatie: Bij een reductiepercentage van 40% wordt de stalemissie 780 kg NH3 per jaar	Reductie: Reductie is 520 kg NH3 per jaar, per bedrijf.
Keteneffecten			
Literatuurlijst	Verdoes. Verdoes, N., Casu, F., van Gastel, J., & Hekkert, G. (2023). Berekeningen over emissies, massabalansen en economie bij gezamenlijke monomestvergisting: Scenariostudie voor energiecoöperatie Wijnjewoude. (Rapport / Wageningen Livestock Research). Oltmer, K., Luesink, H., de Koeijer, T. (2023). Verkenning kosteneffectiviteit van potentiële technische innovaties voor de reductie van de ammoniakemissie. Wageningen Economic Research. Rapport 2023-089.		

25 Bedrijfsverplaatsing

Omschrijving	Deze factsheet beschrijft de maatregel <i>bedrijfsverplaatsing</i> . Dit houdt in dat een bedrijf zijn werkzaamheden op locatie A beëindigt en deze vervolgens op locatie B hervat.		
Domein	Alle stikstofemiterende bedrijven		
Voorwaarden	Er heeft reductie van emissie plaats door inzet van Best available techniek of andere maatregelen		
Effect	Afhankelijk van het type bedrijf dat wordt verplaatst, de uitgangssituatie op dit bedrijf en de technologieën en managementmaatregelen op het nieuwe bedrijf, kan de te behalen emissiereductie tussen de 20 en 60% zijn. De omvang van de emissiereductie hangt af van het verschil tussen de oude en de nieuwe stal. Eenzelfde bedrijf kan dus grote of kleine stappen maken qua emissiereductie. Naast deze emissiereductie, is een groot positief effect dat afhankelijk van de locatie, de depositie op natura2000 gebieden significant kan dalen.		
Betrouwbaarheid	Matig		
Berekend of gemeten	Beredeneerd		
Borging	Effect is relatief eenvoudig te borgen. Toezicht en handhaving moet 1. Controleren of de werkzaamheden op locatie A zijn beëindigd 2. Waarnemen welke maatregelen zijn geïmplementeerd op locatie B		
Neveneffecten	Stikstofuit- en -afspoeling/ waterkwaliteit:	X	Afhankelijk van de maatregelen op locatie B
	Broeikasgasemissie:	X	Afhankelijk van de maatregelen op locatie B
	Biodiversiteit:	X	Afhankelijk van de maatregelen op locatie B
	Dierwelzijn/gezondheid:	X	Afhankelijk van de maatregelen op locatie B
	Overig	X	Afhankelijk van de maatregelen op locatie B
Rekenvoorbeeld	Oude situatie: Een stal heeft 100 melkkoeien. De stalemissie is 1.300 kg/NH₃/jaar, veldemissie is 1.300 kg/NH₃/jaar; bedrijfsemis­sie 2.600 kg NH₃/jaar. Deze stal staat 50 m naast een n2000 gebied en heeft een depositie (op basis van Aerius berekeningen) van hoogste bijdrage van 527,7 Mol N/Ha/jaar	Nieuwe situatie: De stal gaat verplaatsen naar een nieuwe locatie Op deze nieuw locatie worden er maatregelen geïmplementeerd die de stikstofemissie op bedrijfsniveau reduceren met 50% De nieuwe stal wordt op 200 m afstand van de oude stal gebouwd, verder weg van het N2000. De emissie wordt $0,5 \cdot 2.600 = 1.300$ De hoogste depositie wordt 34,76 mol N/ Ha/ jaar	Reductie: De behaalde emissiereductie is 1.300 Kg/NH₃/jaar. De behaalde depositie reductie van de meest belaste Ha= 492.84 Mol N/Ha/jaar.

Keteneffecten	
Literatuurlijst	Verdoes, N., Casu, F., van Gastel, J., & Hekkert, G. (2023). <i>Berekeningen over emissies, massabalansen en economie bij gezamenlijke monomestvergisting: Scenariostudie voor energiecoöperatie Wijnjewoude</i> . (Rapport / Wageningen Livestock Research; No. 1449). Wageningen Livestock Research. https://doi.org/10.18174/640987

In deze sectie zijn opties opgenomen die niet als maatregel door de provincies kunnen worden gebruikt. De motivatie hiervoor is dat een maatregel geen effect heeft ('windsingel'), of te abstract is ('toevoegmiddelen aan de mest'). Er kan ook nog te veel onzekerheid zijn over de maatregel ('het beluchten van mest') om hem op te voeren). Ondanks deze redenen worden maatregelen in deze sectie vaker genoemd door actoren. Om duidelijkheid te geven over deze maatregelen, is ervoor gekozen om ze wel mee te nemen in de lijst van factsheets.

26 Toevoegmiddelen aan mest

Omschrijving	NH ₃ ontstaat als gevolg van een chemische reactie, deze reactie kan worden vertraagd en/of gestopt met toevoegingsmiddelen. Er zijn meer dan 30 mogelijke varianten waarvan de effectiviteit verschilt.		
Domein	Melkveehouderij, op de stalvloer en in het veld		
Voorwaarden	Is afhankelijk van het toevoegingsmiddel		
Effect	15-25% emissiereductie op bedrijfsniveau		
Betrouwbaarheid	Matige betrouwbaarheid		
Berekend of gemeten	Berekend en gemeten		
Neveneffecten	Verschilt per middel		
Borging	Controle via aankoopbonnen van toevoegmiddelen		
Rekenvoorbeeld	Huidige situatie: Een stal met 100 melkkoeien, zonder emissie verlagende maatregelen. De stalemissie is 1.300 kg/NH ₃ /jaar, veldemissie is 1.300 kg/NH ₃ /jaar; bedrijfsemis­sie 2.600 kg NH ₃ /jaar.	Nieuwe situatie: Emissie na implementatie ligt tussen de 2600*0,85 = 2210 en 2600 * 0,75 = 1950 kg/NH ₃ /jaar.	Reductie: Behaalde reductie ligt tussen de 390 en 650 kg/NH ₃ /jaar. Dit is een ammoniakemissiereductie op bedrijfsniveau van tussen de 15 en 25%
Keteneffecten	Maatregelen zoals verlaging van RE in het voer, zorgen ervoor dat deze maatregel dezelfde procentuele effectiviteit behoudt, maar in absolute aantallen minder reductie oplevert. Maatregelen zoals bufferstroken worden wat betreft stikstofemissie reductie niet beïnvloed door deze maatregel.		
Literatuurlijst	Bakker R, Klijberg S, Verhoeven M & Saaltink R (2020). Additieven voor dierlijke mest. HAS Kennistransfer en Bedrijfsopleidingen. 131 pp. Den Bosch. Bobrowski AB, Van Dooren HJ, Ogink N, Hagenkamp-Korth F, Hasler M & Hartung E (2021) Reduction of ammonia emissions by using a urease inhibitor in a mechanically ventilated dairy housing system. Biosystems Engineering. 204 p 115-129.		

27 Windsingels

Omschrijving	Door het plaatsen van windsingels rondom boerderijen kan ammoniak worden ingevangen		
Domein	Alle veehouderijbedrijven		
Voorwaarden	Het duurt zeker 10 jaar voordat substantiële effecten worden bereikt (groei van de beplanting)		
Effect	In de praktijk (eenvoudige windsingels met een beperkte omvang) wordt een zeer geringe werking (<1%) voorzien		
Betrouwbaarheid	Matig		
Berekend of gemeten	Combinatie van concentratiemetingen rondom landschapselementen die zijn vergeleken met modelberekeningen voor een situatie zonder landschapselement		
Neveneffecten	Stikstofuit- en -afspoeling / waterkwaliteit:	0	
	Broeikasgasemissie:	0	
	Biodiversiteit:	+	Bomen vormen een habitat voor dieren
	Dierwelzijn/gezondheid:	0	
	Overig:	+ & -	Positieve bijdrage aan landschap. Risico dat natuurlijke ventilatie uit melkveestallen wordt belemmerd.
Borging	Eenvoudig (fysieke controle)		
Rekenvoorbeeld	Geen significant effect voorzien		
Keteneffecten			
Literatuurlijst	Van Dijk, Dueck, Wamelink en Mosquera (2005) Invloed van een landschapselement (windsingel) op de verspreiding van ammoniak uit een varkenshouderij Onze analyse wijkt af van Ros et al. (2024); aangezien de expertgroep zich baseert op andere literatuur.		

28 Beluchten van mest

Omschrijving	Beluchten van mest gaat via bellenbeluchting, waarbij de mest van onderuit de mestkelder wordt belucht (in de varkenshouderij) of wordt gemixt met luchtmixsystemen (melkveehouderij)		
Domein	Varkenshouderij en melkveehouderij		
Voorwaarden			
Effect	Tegenstrijdige resultaten. Variërend van 'geen effect' (of zelfs meer ammoniak) tot een ammoniakreductie van 40% van de stalemissies		
Betrouwbaarheid	Laag		
Berekend of gemeten	Berekend & gemeten		
Neveneffecten	Stikstofuit- en -afspoeling/waterkwaliteit:	+	Er vindt omzetting plaats van TAN naar organisch gebonden stikstof, hierdoor is er minder uitspoeling.
	Broeikasgasemissie:	+	Afname methaanemissie uit mest met circa 20%
	Biodiversiteit:	-	Er is meer organisch gebonden stikstof wat beter is voor bodembiodiversiteit.
	Dierwelzijn/gezondheid:	X	Onduidelijk omdat de ammoniakemissie hoger en lager kan zijn.
	Overig:	+	Geuremissie wordt (volgens de theoretische benadering) circa 20% tot 40% lager
Borging	Aanwezigheid van beluchting kan ter plaatse worden gecontroleerd		
Rekenvoorbeeld	<u>Oude situatie:</u>	<u>Nieuwe situatie:</u>	Reductie:
Keteneffecten			
Literatuurlijst	Aarnink, A., De Groot, J., Ogink, N. (2019). Brongerichte maatregelen voor beperking emissies uit bestaande varkensstallen. Wageningen Livestock Research: rapport 1205. Calvet et al. (2017) Low frequency aeration of pig slurry affects slurry characteristics and emission of greenhouse gases and ammonia. Biosystems Engineering. Vol. 159, p. 121-132. https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2017.04.011 Van Dooren e.a. (2015) Effect van het Aeromix systeem op ammoniakemissie in een melkveestal. Verkennend onderzoek op Dairy Campus. https://edepot.wur.nl/335747 Van Dooren e.a. (2022) Effect van frequent mixen van drijfmest op de ammoniakemissie bij melkvee. Onderzoek op Dairy Campus. https://edepot.wur.nl/478047		

29 Verdund aanwenden mest

Omschrijving	Dierlijke mest met 1/3 water verdunnen voordat het wordt aangewend op landbouwgrond.		
Domein	Alleen beschreven voor melkveebedrijven (bemesten van grasland). Verdund toedienen op klei- en veengrond is verplicht sinds 2019.		
Voorwaarden	De grond waar de mest op wordt aangewend is kleigrond en/ of veengrond (op zandgrond werd geen effect gemeten) De bemesting wordt uitgevoerd met een sleepvoet		
Effect	De te verwachte daling van emissie op bedrijfsniveau ligt tussen de 0% en 18% NH ₃ . De te verwachte daling van de veldemissie ligt tussen de 0% en 36% NH ₃ . Slechte weersomstandigheden (warm en droog) kunnen daling reduceren. Omdat deze maatregel al verplicht is op klei- en veengrond is er geen bovenwettelijke effect.		
Betrouwbaarheid	Matig		
Berekend of gemeten	Gemeten en geschat		
Neveneffecten	Stikstofuit- en afspoeling/ waterkwaliteit:	-	Beperkt verhoogd risico op nitraatuitspoeling
	Broeikasgasemissies:	-	(Kleine) toename door meer transport en kans op toename lachgasemissie
	Biodiversiteit	0	
	Dierenwelzijn/gezondheid:	0	
	Overig:	+	Betere stikstofopname geeft betere gewasopbrengst
	Overig:	0	Maatregel is al sinds 2019 verplicht op klei- en veengrond
Borging	Moeilijk (alleen door fysieke controle op moment van uitrijden)		
Rekenvoorbeeld	<u>Huidige situatie:</u> Een stal met 100 melkkoeien, zonder emissie-verlagende maatregelen. De stalemissie is 1.300 kg/NH ₃ /jaar, veldemissie is 1.300 kg/NH ₃ /jaar; bedrijfsemissie 2.600 kg NH ₃ /jaar.	<u>Nieuwe situatie:</u> Aanwending verdunde mest met een sleepvoetbemester op kleigrond. De stalemissie blijft gelijk. De nieuwe veldemissie ligt tussen de $1.300 * 0 = 1.300$ en $1.300 * 0,82 = 1066$ kg/NH ₃ /jaar	<u>Reductie:</u> Behaalde reductie is 234 kg/NH ₃ /jaar. Dit is een reductie van 18% op bedrijfsniveau
Keteneffecten			
Literatuurlijst	Akiyama H, Yan X & K Yagi (2010) Evaluation of effectiveness of enhanced-efficiency fertilizers as mitigation options for N ₂ O and NO emissions from agricultural soils: meta-analysis. Global Change Biology 16, 1837-1846. Berntsen P, Menkveld N, Rougoor C & F van der Schans (2022). Pragmatische aanpak stikstofcrisis. Effectiviteit en kosten van stikstof reducerende maatregelen in de melkveehouderij. ABN-publicatie.		

	Holshof, Huijsmans, en Velthof (2023) Effect van toediening van verdunde drijfmest met een zodenbemester op grasopbrengst, ammoniak- en lachgasemissie op zandgrond. Verloop, K., T. Verhoeff, J. Oenema, I. Hoving, B. Meerkerk, J. Huijsmans, G. Migchels, M. de Haan, N. van Eekeren (2018). Minder ammoniakemissie uit de melkveehouderij in het veenweidegebied.
--	---

30 Bijlage 3 Vergelijking met het rapport van Ros

Maatregel	Effect	Betrouwbaarh eid Bij12				Effect, rapport Ros et al	Verschil met rapport Ros et al. (2025)
		Laag	Mati	Goed	Hoog		
Verlaging ruw eiwit in veevoer	Afname stalemissie. Melkvee: 1% afname per gr. lager RE-gehalte rantsoen. Varkens: 0-30% en pluimvee: 0-10% afname haalbaar			X		Melkvee, 0-20% reductie in NH3 Varkens, 0-30% reductie NH3 Pluimvee, verschilt per manier maar komt neer op tussen de 2 en 10%	Klein verschil (pluimvee).
Bufferstroke n	100% afname van de veld- emissies op het areaal van de bufferstrook			X		0-5% voor NH3 bij niet bemeste bufferstroken langs elk perceel,	Verschil ontstaat doordat experts kijken naar emissies van de bufferstrook (5% van het areaal), en Ros et al. naar totale veldemissies. Aanname is bemestingsruimte kleiner wordt en er daadwerkelijk minder wordt bemest.
Verdund aanwenden mest	0-36% afname veldemissies bij gebruik van sleepvoet; enkel toegestaan op klei en veen		X			5-36% voor NH3	Kleine afwijking ondergrens
Spoelen van stal-vloeren / roosters	10-40% afname van de stalemissies		X			13-40% emissiereductie in de stal	Kleine afwijking ondergrens
Meer weidegang	500 uur extra weidegang geeft 5-7,5% afname van de bedrijfsemissies			X		4-50% reductie bij optimalisatie	Schatting experts is specifiek voor aantal uren extra beweiding. Ros et al kijkt naar grotere range in uren
Aanzuren mest	37-70% afname van de stalemissies				X	40-70% voor NH3	Kleine afwijking ondergrens
Toevoegmidd elen mest	15-25% afname van de bedrijfsemissies			X		15-25% voor NH3	Geen afwijking
Emissiearme vloer, roostervloer	0-10 % afname van de stalemissies	X				8-50, maar hij vat stalvloeren samen. Denk aan extra	Ros et al. kijken naar andere systemen. Directe vergelijking niet mogelijk

met rubber toplaag, met mestschuif					mestrobot, Cowtoilet Vrijlevenstal etc.	
Gras-klaver mengsel	20-50% afname van kunstmest-emissies		X		0-20% reductie in NH3 bij toediening	Ros et al. Geeft reductie van de veldemissies weer, experts reductie van alleen kunstmestemissies; voorwaarde is dat daadwerkelijk minder kunstmest wordt toegepast. Als dat geen randvoorwaarde is, kom je op 0% vermindering emissies
Chemische lucht-wassers	70-90% afname van de stalemissies			X	70-90% reductie in NH3	Geen afwijking
Koelen mest	40% afname van emissies mestopslag		X		40% reductie in NH3	Geen afwijking
Beluchten mest	Tegenstrijdige resultaten	X			0-70 reductie mogelijk, wel alleen voor rundvee, niet varkens	Experts doen geen uitspraak. Geen conflict.
Windsingels	In de praktijk zeer geringe (<1%) afname van de stalemissies		X		0-20% vastlegging NH3	Ros et al. geeft hogere afname. Experts baseren zich op een doorrekening van de WUR.
Cowtoilet	38% afname van de stalemissies		X	X	8-50; Ros et al. vat verschillende systemen samen (mestrobot, Cowtoilet, Vrijlevenstal etc.)	Schatting valt in range Ros et al. Experts geven afname op basis van informatie fabrikant.
Gazoo	tot 62% afname van de stalemissies		X	X	8-50, Ros et al. vat verschillende systemen samen (mestrobot, Cowtoilet, Vrijlevenstal etc.)	Schatting experts valt hoger uit. Experts geven afname op basis van informatie fabrikant.
Lely Sphere	77% afname van de stalemissies			X	8-50, Ros et al. vat verschillende systemen samen (mestrobot, Cowtoilet, Vrijlevenstal etc.)	Schatting experts valt hoger uit. Experts geven afname op basis van informatie fabrikant.
Bedrijfs-beëindiging	95 tot 100% afname van de stalemissies			X	Geen uitspraak Ros et al.	Geen uitspraak Ros et al.
Krimp bedrijf	50% van bestaande stalemissies van het aantal dieren dat verdwijnt		X		Ros omschrijft hoe GVE maximalisatie kan leiden tot veestapelkrimp. 0-30% reductie. Deze maatregel staat niet een op een gelijk op die van ons.	Geen vergelijking mogelijk.

31 Bijlage 4 Literatuurlijst

- Aarnink, A., De Groot, J., Ogink, N. (2019). Brongerichte maatregelen voor beperking emissies uit bestaande varkensstallen. Wageningen Livestock Research: rapport 1205.
- Akiyama H, Yan X & K Yagi (2010) Evaluation of effectiveness of enhanced-efficiency fertilizers as mitigation options for N₂O and NO emissions from agricultural soils: meta-analysis. *Global Change Biology* 16, 1837-1846.
- Anonymus (1998) Adviesbasis bemesting grasland en voedergrassen. Commissie bemesting Grasland en voedergrassen. Themaboekje 1998. PR Lelystad. Pp53 .
- Bakker R, Klijberg S, Verhoeven M & Saaltink R (2020). Additieven voor dierlijke mest. HAS Kennistransfer en Bedrijfsopleidingen. 131 pp. Den Bosch.
- Berntsen P, Menkveld N, Rougoor C & F van der Schans (2022). Pragmatische aanpak stikstofcrisis. Effectiviteit en kosten van stikstof reducerende maatregelen in de melkveehouderij. ABN-publicatie, 35 pp.
- Boerderij (2024): <https://www.boerderij.nl/ervaring/stikstofkraker-is-meer-dan-mestafzet-oplossen>.
- Bobrowski AB, Van Dooren HJ, Ogink N, Hagenkamp-Korth F, Hasler M & Hartung E (2021) Reduction of ammonia emissions by using a urease inhibitor in a mechanically ventilated dairy housing system. *Biosystems Engineering*. 204 p 115-129.
- Broderick, Glen. (2002). An analysis of the relative value of lucerne and red clover silages for lactating cows.
- Brusselman E, Beck B, De Campeneere S, Demeyer P, Goossens K, Kerselaers E, Maertens L, Millet S, Reubens B, Riebbels G, Vandaele L, Vangeyte J & Zwervaegeher I (2016). Screening van maatregelen.
- Calvet et al. (2017) Low frequency aeration of pig slurry affects slurry characteristics and emission of greenhouse gases and ammonia. *Biosystems Engineering*. Vol. 159, p. 121-132. <https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2017.04.011>
- Countus (2023): [https://www.countus.nl/kenniscentrum/nieuws/wat-is-het-rendement-van-de-stikstofkraker#:~:text=De%20JOZ%20Gazoo%20\(stikstofkraker\)%20is,levert%20het%2060%25%20methaanreductie%20op.](https://www.countus.nl/kenniscentrum/nieuws/wat-is-het-rendement-van-de-stikstofkraker#:~:text=De%20JOZ%20Gazoo%20(stikstofkraker)%20is,levert%20het%2060%25%20methaanreductie%20op.)
- Dewhurst, R. J.; Delaby, L.; Moloney, A.; Boland, T.; Lewis, E., 2009. Nutritive value of forage legumes used for grazing and silage. *Irish J. Agric. Food Res.*, 48 (2): 167-187 .
- Dooren, H.J.C. van, K. Blanken, N.W.M. Ogink, 2022. Reductie van ammoniakemissie door gebruik van water in melkveestallen; Resultaten van emissiemetingen op Dairy Campus. Wageningen Livestock Research, Openbaar Rapport 1304.
- Evers A, De Haan M, Migchels G, Joosten L & van Leeuwen M (2019). Effecten van ammoniak reducerende maatregelen in bedrijfsverband: Scenariostudie voor proeftuin Natura 2000 in veenweidegebied.
- Groenestein K, Bikker P, van Bruggen C, Ellen H, van Harn J, Huijsmans J, Ogink N, Šebek L & Vermeij I (2019). PAS. Aanvullende reservemaatregelen Landbouw: uitwerking van een Quick scan. Livestock Research, Wageningen. Rapport 1145, 53 pp.
- E. Gies, T. Cals, H. Kros, W. Kuindersma, en J.-C. Voogd (2023) Aanvullende generieke stikstof- en klimaatbeleidsmaatregelen. Wageningen Environmental Research, Rapport 3240.
- Habtewold, J., Gordon, R., Sokolov, V., VanderZaag, A., Wagner-Riddle, C., & Dunfield, K. (2018). Reduction in Methane Emissions From Acidified Dairy Slurry Is Related to Inhibition of Methanosarcina Species. *Frontiers in Microbiology*, 8. doi:10.3389/fmicb.2018.02806
- Hanskamp (2024). Definitieve Emissie Factor voor het CowToilet vastgesteld. <https://hanskamp.com/kenniscentrum/definitieve-emissie-factor-voor-cowtoilet/>
- Holshof, Huijsmans, en Velthof (2023) Effect van toediening van verdunde drijfmest.

- Informatiepunt Leefomgeving (2025). Systeembeschrijvingen voor stallen per diercode.
<https://iplo.nl/regelgeving/regels-voor-activiteiten/dierenverblijven/systeembeschrijvingen-stallen/systeembeschrijvingen-stallen-per-diercode/#hb8922352-7e50-4965-a6c4-8c257eeea00f>
- Laanen, L.; Plant, L.; De Cock, B.; Zwartvaegher, I.; Brusselman, E., 2018. Meetploeg – Eindrapport meetcampagne luchtwassers en biobedden.
- Oenema J & K Verloop (2018). CDM Advies: Effecten van beweiding en mesttoediening op ammoniakemissies. Plant Research Wageningen, 16 pp.
- Oltmer, K., Luesink, H., de Koeijer, T. (2023). Verkenning kosteneffectiviteit van potentiële technische innovaties voor de reductie van de ammoniakemissie. Wageningen Economic Research. Rapport 2023-089.
- Puente-Rodriguez, Vonk, Bos, Maasdam, Aarnink (2024) Mest koelen tegen het opwarmen van de aarde. WUR <https://doi.org/10.18174/658567>
- Puente-Rodríguez, D., Gollenbeek, L., Verdoes, N., & Bos, A. P. (2022). Perspectief van het aanzuren van mest in Nederland om methaan- en ammoniakemissie te reduceren. (Rapport / Wageningen Livestock Research; No. 1375). Wageningen Livestock Research. <https://doi.org/10.18174/572080>
- G. H. Ros, H. Kager, G. Boom, en W. de Vries (2025). Verkenning effecten landbouwinnovaties. Wageningen Universiteit, Rapport 2024.159
- RVO (2024): Innovatieve stalsystemen gebruiken
<https://www.rvo.nl/onderwerpen/innovatieve-stalsystemen#nieuwe-en-bestaande-stalsystemen>
- Sommer, S.G., Clough, T.J., Balaine, N., Hafner, S.D., & Cameron, K.C. (2017). Transformation of Organic Matter and the Emissions of Methane and Ammonia during Storage of Liquid Manure as Affected by Acidification. Journal of Environmental Quality, May-June, 514-521. doi:10.2134/jeq2016.10.0409.
- Van Boxmeer, E., & Ogink, N. (2023). Mestadditieven voor ammoniakemissiereductie uit rundveemest. (Rapport / Wageningen Livestock Research; No. 1443). Wageningen Livestock Research
- Van Bruggen, C., Bannink, A., Groenestein, C. M., Huijsmans, J. F. M., & Lagerwerf, L. A. (2017). Emissies naar lucht uit de landbouw in 2017.
- Van Dijk, Dueck, Wamelink en Mosquera (2005) Invloed van een landschapselement (windsingel) op de verspreiding van ammoniak uit een varkenshouderij
- Van Dooren e.a. (2015) Effect van het Aeromix systeem op ammoniakemissie in een melkveestal. Verkennend onderzoek op Dairy Campus. <https://edepot.wur.nl/335747>
- Van Dooren e.a. (2022) Effect van frequent mixen van drijfmest op de ammoniakemissie bij melkvee. Onderzoek op Dairy Campus. <https://edepot.wur.nl/478047>
- Vera (2016). Vera Verification Statement. https://www.vera-verification.eu/app/uploads/sites/9/2019/05/VERA-Statement006_JH-Forsuring-NH4.pdf
- Verdoes, N., Casu, F., van Gastel, J., & Hekkert, G. (2023). *Berekeningen over emissies, massabalansen en economie bij gezamenlijke monomestvergisting: Scenariostudie voor energiecoöperatie Wijnjewoude*. (Rapport / Wageningen Livestock Research).
- Verloop, K., T. Verhoeff, J. Oenema, I. Hoving, B. Meerkerk, J. Huijsmans, G. Migchels, M. de Haan, N. van Eekeren (2018). Minder ammoniakemissie uit de melkveehouderij in het veenweidegebied.